

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ  
ЕЛЕКТРОТЕХНИЧКИ ФАКУЛТЕТ

Наташа М. Штрбац Хаџибеговић

УНАПРЕЂЕНА МЕТОДА ЗА  
ОДРЕЂИВАЊЕ РЕФЛЕКСИОНИХ  
ОСОБИНА КОЛОВОЗНИХ ПОВРШИНА  
МЕРЕЊИМА НА ТЕРЕНУ

докторска дисертација

Београд, 2019

UNIVERSITY OF BELGRADE  
FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING

Nataša M. Štrbac Hadžibegović

AN IMPROVED METHOD FOR THE  
DETERMINATION OF THE ROADWAY  
SURFACE REFLECTION PROPERTIES  
BY ON-SITE MEASUREMENTS

Doctoral Dissertation

Belgrade, 2019

**ПОДАЦИ О МЕНТОРУ, ЧЛАНОВИМА КОМИСИЈЕ ЗА ОДБРАНУ  
ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ И ДАТУМУ ОДБРАНЕ**

Ментор:

др Миомир Костић, редовни професор,  
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет

Чланови комисије:

др Зоран Радаковић, редовни професор,  
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет

др Јована Гојановић, доцент,  
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет

др Драган Драмлић,  
Научни саветник Института за физику у Београду

др Јован Цветић, редовни професор,  
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет

др Јован Трифуновић, доцент,  
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет

Датум одбране докторске дисертације:

---

## ИЗЈАВЕ ЗАХВАЛНОСТИ

У овој дисертацији су коришћени резултати мерења спроведених у оквиру пројекта "Mesure Et Modélisation Photométriques In Situ" развојног центра компаније Schröder (R-Tech) у Лијежу (Белгија). Узимање узорака коловоза који су коришћени за потребе валидације методе, њихово обезбеђивање и транспорт до лабораторије у Лијежу урађено је у сарадњи са надлежним белгијским институцијама. Желела бих да се захвалим Лорану Магу, Кристијану Марвилу и Марку Франкинеу који су ми обезбедили несметано коришћење лабораторије и приступ потребним подацима, као и на несебичној помоћи и бројним корисним саветима. Такође бих желела да изразим захвалност почившем директору компаније Minel-Schröder, Владимиру Мајсторовићу, као и свом руководиоцу, Ани Дрндаревић, који су ми омогућили боравак у Лијежу и учешће у горе наведеном пројекту.

Велику захвалност дугујем својој породици, посебно својим родитељима, који су ми усадили љубав према знању, учењу и усавршавању.

Посебно сам захвална свом ментору, професору Миомиру Костићу, на великој подршци, разумевању и помоћи при изради докторске дисертације, као и у досадашњем високошколском образовању.



## ПОДАЦИ О ДОКТОРСКОЈ ДИСЕРТАЦИЈИ

Наслов докторске дисертације:

УНАПРЕЂЕНА МЕТОДА ЗА ОДРЕЂИВАЊЕ РЕФЛЕКСИОНИХ ОСОБИНА  
КОЛОВОЗНИХ ПОВРШИНА МЕРЕЊИМА НА ТЕРЕНУ

### Сажетак

За постизање добре видљивости и адекватног видног комфора потребно је постићи стандардима или међународним препорукама захтеване вредности нивоа сјајности и опште и подужне равномерности сјајности, као и учинити прихватљивим физиолошко бљештање. У циљу испуњења наведених фотометријских захтева при пројектовању осветљења посматране саобраћајнице, који зависе од њене светлотехничке класе, неопходно је познавати геометријске параметре саобраћајнице, светлосни флуks извора светлости, расподелу светлости светиљке, и рефлексивне особине коловозне површине. Пошто су геометрија саобраћајнице, светлосни флуks изабраног извора светлости и расподела светлосног интензитета светиљке познати (реномирани произвођачи извора светлости и светиљки публикују прецизне податке о својим производима), тачност прорачуна сјајности доминантно зависи од тачности одређивања рефлексивних особина коловоза.

R - класификациони систем, који се данас у пракси најчешће користи за одређивање рефлексивних особина коловозних површина, базиран је на мерењима рефлексивних особина сувих коловозних површина извршених током шездесетих и седамдесетих година прошлог века. Током времена, због употребе нових типова агрегата, дошло је до значајних промена у изради површинског слоја коловозних површина, а самим тим и њихових рефлексивних особина. Многбројна мерења су показала да R класе не представљају адекватно рефлексивне особине многих коловозних површина које се данас користе.

Довољно тачне вредности елемената табеле рефлексивности могу да се добију само уз помоћ скувих и дуготрајних лабораторијских мерења на узорцима стварног

коловоза, што је скопчано са бројним тешкоћама (узимање узорака, њихов транспорт, поправка коловоза...).

Из тог разлога је, последњих десетак година, посебна пажња усмерена на развој мобилних (портабл) рефлектометара, намењених мерењима рефлексивних особина коловоза на терену. Њихова примена омогућава мерења на већем броју локација на коловозу и не оштећује његов површински слој. Међутим, због конструктивних и механичких ограничења, овакви уређаји имају и одређене недостатке, због чега портабл рефлектометре по правилу не карактерише потребна тачност.

У овом раду је представљена нова метода која повећава тачност једног од таквих уређаја, под називом Memphis, који је конструисала Schröder Group. Ова метода омогућава да се, на основу малог броја вредности коефицијента сјајности измерених применом мобилног рефлектометра, добије комплетна табела рефлексивне посматране коловозне површине, која довољно тачно репрезентује њене рефлексивне особине.

Прво је потврђено да за свих 20 комбинација углова ( $\gamma, \beta$ ) за које уређај Memphis може да врши мерења ( $\gamma$  је угао упада светлости, а  $\beta$  угао између вертикалне равни упада светлости и вертикалне равни посматрања) вредност коефицијента сјајности ( $q$ ) за угао посматрања  $\alpha = 1^\circ$  може да се одреди поступком екстраполације на основу девет вредности  $q \cdot \sin \alpha$  за углове посматрања за које мобилни рефлектометар Memphis може да врши мерења (они су у опсегу  $5^\circ$ – $80^\circ$ ). У циљу проналажења оптималног облика екстраполације, тестирано је 25 различитих узорака коловозних површина. Кандидаткиња је самостално извршила избор узорака коловоза и сва потребна мерења помоћу лабораторијског рефлектометра. За сваку од 20 комбинација углова ( $\gamma, \beta$ ) примењено је по 80 различитих облика екстраполације. Изабрани су они облици екстраполације при којима су добијена минимална средња квадратна одступања за 25 разматраних узорака коловоза. Одређивање оптималних типова екстраполације за сваку комбинацију углова ( $\gamma, \beta$ ) представља један од најважнијих доприноса ове дисертације.

Потом је, на основу 447  $g$ -табела које постоје у бази Schröder Group (измерених помоћу прецизног лабораторијског рефлектометра на 447 узорака коловозних површина узетих широм света током претходне две деценије), формирана нова база. Она садржи 447 редукованих  $q$ -табела (значајно мањих димензија него код одговарајућих  $g$ -табела), од којих свака садржи коефицијенте сјајности који одговарају углу посматрања  $1^\circ$  за свих 20 комбинација углова  $\gamma$  и  $\beta$  за које Memphis може да врши мерења (претходна база рефлектометра Memphis садржала је 56 тродимензионалних редукованих  $q$ -табела (за 56 узорака коловоза), чије су вредности одговарале већим угловима посматрања ( $5^\circ$ – $80^\circ$ )). Применом предложене методе значајно је повећан како број, тако и разноврсност расположивих редукованих  $q$  табела.

Применом оригиналног алгоритма, 20 коефицијената сјајности, добијених применом оптималног облика екстраполације за сваку комбинацију углова ( $\gamma, \beta$ ), пореде се са одговарајућим подацима у свакој од 447 редукованих  $q$ -табела у новој бази. Применом методе најмањих квадрата, одређује се најприближнија  $q$ -табела из новоформиране базе, а на основу ње и одговарајућа комплетна  $g$ -табела и стварни средњи коефицијент сјајности.

У циљу валидације предложене методе, извршена су мерења сјајности на 11 коловоза са различитим инсталацијама осветљења. Поређењем измерених и израчунатих вредности, утврђено је да се применом предложене методе добијају подаци чија је тачност слична оној која карактерише податке добијене помоћу лабораторијског рефлектометра, и то у погледу свих фактора квалитета уличног осветљења (нивоа сјајности и опште и подужне равномерности сјајности).

Иако је метода предложена у овој дисертацији примењена на један од постојећих портабл рефлектометара (Memphis), она лако може да се модификује и примени на било који портабл рефлектометар који мери коефицијенте сјајности под угловима већим од  $1^\circ$ . То се посебно односи на процедуру одређивања оптималног облика екстраполације помоћу које се добијају коефицијенти сјајности који одговарају углу посматрања  $\alpha=1^\circ$ , формирање одговарајуће базе редукованих  $q$ -табела и

израчунавање стварне вредности средњег коефицијента сјајности коловоза. Значајна предност нове методе у односу на иницијално развијену методу коју користи уређај Memphis састоји се у одсуству потребе за било каквим мерењима рефлексивних особина коловоза (нису потребна мерења нити на терену нити у лабораторији). Подсећамо да је због веома скувих мерења неопходних за добијање референтне базе уређај Memphis имао ограничене могућности примене. Захваљујући методи развијеној у оквиру израде предметне дисертације, конструктори будућих мобилних рефлектометара заснованих на мерењу коефицијента сјајности који одговарају угловима  $\alpha$ ,  $\beta$  и  $\gamma$  који су исти (или слични) са онима за које уређај Memphis врши мерења једино треба да поседују референтну базу  $\gamma$ -табела.

С обзиром на то да је мерења на терену могуће извести брзо и једноставно, без оштећивања коловоза, на свакој саобраћајници може да се уради већи број мерења и на тај начин формира резултантна табела рефлексивности, која на бољи начин описује целу коловозну површину, а самим тим омогућава и прецизније прорачуне сјајности на улицама и путевима. Примена портабл рефлектометра је посебно важна при одређивању табеле рефлексивности коловоза код којих се рефлексивне особине значајно разликују од особина четири стандардне рефлексивне класе.

Ово истраживање је показало следеће: иако се описаним мерењима на терену добијају коефицијенти сјајности за само 20 комбинација углова  $\gamma$  и  $\beta$ , уколико постоји квалитетна база  $\gamma$ -табела, применом одговарајућег математичког модела на податке измерене портабл рефлектометром може да се одреди довољно тачна комплетна  $\gamma$ -табела (са 396 елемената). Због тога се она препоручује уместо  $\gamma$ -табеле која одговара некој од стандардних рефлексивних класа. Примена таквих  $\gamma$ -табела је доводила до значајних одступања израчунатих и измерених фотометријских параметара саобраћајнице.

Дефинисање процедуре за аутоматско одбацавање резултата мерења који значајно одступају од оних добијених мерењима на осталим тачкама исте коловозне површине представља тему за даља (завршна) истраживања у овој области.

Кључне речи: рефлексивне карактеристике коловозне површине, мобилни рефлектометар, нова метода, побољшана тачност израчунавања сјајности, валидација методе

Научна област: Електротехника

Ужа научна област: Осветљење путева

УДК број: 621.3

Title of doctoral dissertation:

AN IMPROVED METHOD FOR THE DETERMINATION OF THE ROADWAY  
SURFACE REFLECTION PROPERTIES BY ON-SITE MEASUREMENTS

**Abstract**

In order to achieve good visibility and adequate visual comfort, it is necessary to achieve the luminance level and overall and longitudinal luminance uniformities, as well as reduce physiological glare, in accordance with the relevant international standards or recommendations. In order to fulfill the stated photometric requirements when designing the illumination of the observed road, which depend on its lighting class, it is necessary to possess all data regarding the geometric parameters of the roadway, the luminous flux of the light source, the light distribution of the luminaire and the reflection properties of the roadway surface. Since the geometry of the roadway, the luminous flux of the selected light source and the luminous intensity distribution of the luminaire are known (renowned producers of light sources and luminaires publish precise data about their products), the accuracy of luminance calculations predominantly depends on the accuracy of the determination of the carriageway reflection properties.

The R classification system, which is nowadays most frequently used for determining the roadway reflection properties, was based on the measurements of the reflection properties of dry roadway surfaces carried out during the sixties and seventies of the twentieth century. Over time, due to the use of new types of aggregates, there have been significant changes in the construction of the roadway surface layer, and, consequently, in their reflection properties. Numerous measurements have shown that R classes do not adequately represent reflection properties of many roadway surfaces used today.

Sufficiently accurate values of the elements of the reflection table can be obtained only by costly and long-lasting laboratory measurements carried out on the samples of the actual roadway, which is encountered with numerous difficulties (sampling, transport of the samples, repair of the roadway...).

For this reason, over the last decade special attention has been paid to the development of mobile (portable) reflectometers, designed to measure roadway reflection properties on-site. Their application allows measurements on a number of locations on the carriageway, without damaging its surface. However, due to the constructive and mechanical constraints, such devices also have certain drawbacks, which generally prevent portable reflectometers to be sufficiently accurate.

This paper presents a new method that improves the accuracy of one of such devices, called Memphis, which was constructed by the Schröder Group. This method enables, based on the small number of the luminance coefficients measured using the mobile reflectometer, to obtain a complete reflection table of the observed roadway surface, which rather accurately represents its reflection properties.

First, it was confirmed that for all 20 combinations of angles ( $\gamma$ ,  $\beta$ ) for which the Memphis device can measure the luminance coefficient ( $\gamma$  is the angle of light incidence, and  $\beta$  the angle between the vertical plane of light incidence and the vertical plane of observation), the luminance coefficient ( $q$ ) for the angle of observation of  $\alpha=1^\circ$  can be determined by the extrapolation procedure on the basis of nine values of  $q \cdot \sin \alpha$  corresponding to the angles of observation for which the mobile reflectometer Memphis can perform measurements (they are in the range of  $5^\circ$ - $80^\circ$ ). In order to find the optimal type of extrapolation, 25 different road surface samples were tested. The candidate personally carried out a selection of the road samples and all necessary measurements using a laboratory reflectometer. For each of the 20 combinations of the angles ( $\gamma$ ,  $\beta$ ), 80 different types of extrapolation were applied. Extrapolation types in which minimal average square deviations were obtained for the 25 tested road samples were selected. Determining the optimal extrapolation type for each combination of the angles ( $\gamma$ ,  $\beta$ ) is one of the most important contributions of this dissertation.

Then, based on the 447 r-tables that exist in the Schröder Group database (measured using a precise laboratory reflectometer on 447 road samples taken worldwide over the past two decades), a new database was formed. It contains 447 reduced q-tables (with significantly smaller dimensions than the corresponding r-tables), each of which contains luminance

coefficients corresponding to the observation angle of  $1^\circ$  for all 20 combinations of the angles  $\gamma$  and  $\beta$  for which Memphis can perform measurements (the previous database of the Memphis reflectometer contained 56 three-dimensional reduced q-tables (for the 56 carriageway samples), their values corresponding to larger angles of observation ( $5^\circ$ - $80^\circ$ )). The application of the proposed method significantly increased both the number and variety of the available reduced q-tables.

Using an original algorithm, 20 luminance coefficients obtained by applying the optimal type of extrapolation for each combination of the angles ( $\gamma$ ,  $\beta$ ) are compared with the corresponding data in each of the 447 reduced q-tables in the new database. By applying the least squares method, the closest q-table from the new database is determined, and, based on it, the corresponding complete r-table and the actual average luminance coefficient.

In order to validate the proposed method, measurements of luminance on 11 roads with different lighting installations were performed. By comparing the measured and calculated values, it was determined that the accuracy of the data obtained using the proposed method is similar to that characterizing the data obtained using a laboratory reflectometer, in terms of all photometric parameters influencing the street lighting quality (the luminance level and overall and longitudinal luminance uniformities).

Although the method proposed in this dissertation is applied to one of the existing portable reflectometers (Memphis), it can easily be modified and applied to any portable reflectometer that measures luminance coefficients at the angles greater than  $1^\circ$ . This particularly refers to the procedure for determining the optimum extrapolation type by which luminance coefficients corresponding to the angle of observation of  $\alpha=1^\circ$  are obtained, the creation of the corresponding database of the reduced q-tables and the calculation of the actual value of the average luminance coefficient of the carriageway. Its significant advantage over the initially developed method used by the Memphis device is the absence of need for any measurements of the reflection properties of roadway surfaces (no measurements are required either on-site or in the laboratory). Note that due to very expensive measurements necessary for obtaining a reference database, the



Memphis device had limited application capabilities. Thanks to the method developed within this dissertation, the constructors of future mobile reflectometers based on the measurement of the luminance coefficients corresponding to the angles  $\alpha$ ,  $\beta$  and  $\gamma$ , which are the same as (or similar to) those for which the Memphis device performs measurements, only need to possess the reference database of r-tables.

Since on-site measurements can be carried out quickly and easily, without damaging the carriageway, a greater number of the measurements can be performed on each roadway and the resulting reflection table, which better describes the entire roadway surface, can be formed, providing more accurate calculations of luminance on streets and roads. The use of a portable reflectometer is particularly important in determining the reflection properties of roadway surfaces, the reflection properties of which differ significantly from those of the four standard reflection classes.

This research has shown the following: although the described on-site measurements provide luminance coefficients for only 20 combinations of the angles  $\gamma$  and  $\beta$ , if a high-quality r-table database exists, applying a suitable mathematical model on the data measured by a portable reflectometer a sufficiently accurate complete r-table (with 396 elements) can be determined. Therefore, its usage is recommended instead of an r-table corresponding to one of the standard reflection classes. The application of such r-tables has led to significant differences between the calculated and measured photometric parameters of the road.

The definition of a procedure for automatic disregard of the measurement results which are considerably different from those obtained by measurements at the remaining points of the same roadway surface represents the topic for further (final) research in this field.

Keywords: roadway surface reflection properties, mobile reflectometer, new method, improved accuracy of luminance calculations, method validation

Scientific field: Electrical engineering

Scientific subfield: Road lighting

UDK number: 621.3

## Садржај

Текст рада по поглављима .....	1
1. ОСВЕТЉЕЊЕ ПУТЕВА ЗА МОТОРНИ И МЕШОВИТИ САОБРАЋАЈ .....	4
1.1. Увод [1–3].....	4
1.2. Фактори квалитета осветљења путева за моторни и мешовити саобраћај [2, 4] .....	5
1.2.1. Средња сјајност коловоза, $L_{sr}$ .....	5
1.2.2. Општа равномерност сјајности, $U_0$ .....	7
1.2.3. Подужна равномерност сјајности, $U_1$ .....	7
1.2.4. Релативни пораст прага, $TI$ (threshold increment).....	7
1.2.5. Коефицијент окружења, $SR$ (surround ratio).....	9
1.3. Одређивање светлотехничке класе путева и улица за моторни или мешовити саобраћај .....	10
1.4. Фотометријски захтеви за путеве и улице за моторни и мешовити саобраћај [3] .....	11
1.5. Прорачуни фотометријских величина [4] .....	12
1.5.1. Поље посматрања .....	12
1.5.2. Поље вредновања .....	13
1.5.3. Положај посматрача при прорачуну сјајности.....	15
1.6. Инжењерски поступак пројектовања осветљења улице (пута).....	17
2. ЗНАЧАЈ МЕРЕЊА РЕФЛЕКСИОНИХ КАРАКТЕРИСТИКА КОЛОВОЗА НА ПУТЕВИМА ЗА МОТОРНИ ИЛИ МЕШОВИТИ САОБРАЋАЈ.....	19
3. РЕФЛЕКСИОНЕ КАРАКТЕРИСТИКЕ КОЛОВОЗНИХ ПОВРШИНА .....	24
3.1. Увод [1] .....	24
3.2. Рефлексионе карактеристике коловозних површина .....	26
3.3. Класификација сувих коловозних површина.....	36

3.3.1. R – класификациони систем .....	36
3.3.2. N – класификациони систем .....	44
3.3.3. C – класификациони систем .....	44
3.4. Одређивање рефлексионих карактеристика конкретних коловозних површина .....	45
4. МЕРЕЊЕ РЕФЛЕКСИОНИХ КАРАКТЕРИСТИКА КОЛОВОЗНИХ ПОВРШИНА.....	48
4.1. Лабораторијски рефлектометар.....	51
4.2. Одређивање рефлексионих карактеристика коловозних површина на терену.....	54
4.2.1. Мобилни (портабл) рефлектометри .....	55
4.2.2. Мобилни рефлектометар Memphis.....	59
4.2.3. Мобилни рефлектометар Memphis друге генерације.....	61
5. НОВА МЕТОДА ЗА ОДРЕЂИВАЊЕ РЕФЛЕКСИОНИХ КАРАКТЕРИСТИКА КОЛОВОЗНИХ ПОВРШИНА .....	70
5.1. Избор оптималног типа екстраполације .....	70
5.2. Нова база редукованих табела коефицијента сјајности (редукованих q-табела) .....	78
5.3. Одабир најприближније редуковане q-табеле из новоформиране базе .....	79
6. ВАЛИДАЦИЈА ПРЕДЛОЖЕНЕ ПРОЦЕДУРЕ .....	81
7. ЗАКЉУЧАК.....	96
Литература.....	101
Прилог А.....	105
Прилог Б .....	115
Прилог В.....	176
Прилог Г .....	182

Прилог Д.....	188
Прилог Ђ.....	198
Прилог Е.....	206
Прилог Ж.....	214
Прилог З.....	222
Прилог И.....	229
Прилог Ј.....	234
Прилог К.....	239
Прилог Л.....	244
Биографија.....	249
Изјава о ауторству.....	253
Изјава о истоветности штампане и електронске верзије докторског рада.....	254
Изјава о коришћењу.....	255

## Текст рада по поглављима

Текст докторске дисертације је подељен у 7 поглавља.

У првом поглављу је описан инжењерски поступак пројектовања осветљења улице (пута) који треба да обезбеди постизање стандардима (међународним препорукама) захтеваних перформанси у погледу безбедности саобраћаја и видног комфора возача. Дат је преглед свих релевантних фактора квалитета осветљења улица и путева за моторни и мешовити саобраћај, приказана је њихова класификација и изнети су захтеви који треба да буду испуњени за сваку изабрану светлотехничку класу. Приказана је и методологија израчунавања параметара вредновања фактора квалитета осветљења саобраћајница.

У другом поглављу је истакнут значај што је могуће тачнијег одређивања рефлексивних особина коловоза. Приказано је како избор табеле рефлексивности утиче на резултате фотометријских прорачуна, а самим тим и на добру видљивост и адекватан видни комфор возача, као и на енергетску ефикасност и економску оправданост пројектованог осветљења улице (пута).

Треће поглавље је посвећено представљању рефлексивних особина коловозних површина. Приказани су типови рефлексивности, дате су дефиниције коефицијента сјајности и редукованог коефицијента сјајности, који квантитативно третирају рефлексивне карактеристике коловоза, дат је опис коловозних површина помоћу табела рефлексивности и приказана је њихова класификација према важећим препорукама Међународне комисије за осветљење (СIE).

У четвртном поглављу су разматране разне могућности за одређивање (мерење) рефлексивних особина коловозних површина, како у лабораторији тако и на терену. Дат је детаљан опис лабораторијског рефлектометра, уз навођење његових предности и недостатака. Такође, дат је преглед доступних типова мобилних (портабл) рефлектометара намењених мерењима на терену. За демонстрацију и

верификацију методе развијене током истраживања коришћен је мобилни рефлектометар назван Memphis, конструисан у развојном центру компаније Schröder у Лијежу. Његов детаљан опис и принцип рада такође су приказани у овом поглављу. Као и сваки други мобилни рефлектометар, и уређај Memphis има одређене недостатке (услед конструктивних ограничења), који су такође наведени у овом поглављу.

Новопредложена метода за одређивање рефлексионих особина коловозних површина мерењима на терену, која омогућава најширу могућу примену мобилних рефлектометара (укључујући и уређај Memphis), настала је као резултат истраживања у оквиру израде ове докторске дисертације и приказана је у петом поглављу. Ова метода омогућава да се, на основу малог броја коефицијената сјајности измерених применом мобилног рефлектометра, добије комплетна табела рефлексије посматране коловозне површине, која довољно тачно репрезентује њене рефлексионе особине. Најпре је, на репрезентативном броју узорака коловоза, показано да су криве помоћу којих се приказује зависност коефицијента сјајности од угла посматрања ( $\alpha$ ) глатке, и то за све комбинације углова  $\beta$  и  $\gamma$  за које мобилни уређај врши мерења (укупно 20 комбинација). Потом су, применом различитих поступака екстраполације, одређене вредности коефицијента сјајности за угао посматрања  $\alpha=1^\circ$  за сваку разматрану комбинацију углова  $\beta$  и  $\gamma$ . Поређењем израчунатих вредности коефицијента сјајности, добијених применом различитих облика екстраполације, са вредностима коефицијента сјајности које су измерене помоћу прецизног лабораторијског рефлектометра за угао посматрања  $\alpha=1^\circ$ , утврђен је оптималан поступак екстраполације за сваку од 20 комбинација углова  $\beta$  и  $\gamma$ . На основу 447 расположивих табела рефлексије (r-табела) снимљених применом прецизног лабораторијског рефлектометра компаније Schröder у последњих 20 година, поступком линеарне интерполације формирана је нова база са редукованим табелама коефицијента сјајности (са по 20 елемената) у којима комбинације углова  $\beta$  и  $\gamma$  одговарају комбинацијама тих углова за које могу да се врше мерења помоћу мобилног рефлектометра Memphis. Применом оригиналног алгоритма, који уважава чињеницу да коловозне површине могу да имају сличне табеле рефлексије, али значајно различите средње коефицијенте сјајности, за сваку

од овако добијених табела приказан је поступак избора најприближније редуковане табеле коефицијента сјајности рефлексије из новоформиране базе, као и њој одговарајућа комплетна табела рефлексије.

Шесто поглавље је посвећено валидацији предложене методе. За репрезентативан број саобраћајница за које су урађена напред описана мерења табела рефлексије, извршена су фотометријска мерења и урађени фотометријски прорачуни коришћењем пет  $r$ -табела (три стандардне CIE  $r$ -табеле, оне која је добијена у лабораторији и оне која је одређена применом предложене методе). Поређењем измерених нивоа и равномерности сјајности на терену са онима који су добијени применом предложене методе, методе засноване на коришћењу узорака коловоза и лабораторијског рефлектометра, као и методе прорачуна засноване на коришћењу стандардних табела рефлексије, извршена је верификација тачности предложене методе.

У седмом поглављу су дата закључна разматрања. С обзиром на то да је утврђено да предложену методу карактерише задовољавајућа тачност, препоручена је њена примена уместо оне која је заснована на усвајању неке од стандардних рефлексионих класа, чија је практична примена доводила до значајних одступања измерених од израчунатих фотометријских параметара саобраћајнице. Такође, јасно су исказане предности коришћења (у техничком, економском или безбедносном смислу) података о рефлексионим својствима коловоза добијених применом предложене методе, и то не само у односу на примену података из одговарајуће стандардне CIE  $r$ -табеле, него и у односу на примену података добијених помоћу лабораторијског рефлектометра.

# 1. ОСВЕТЉЕЊЕ ПУТЕВА ЗА МОТОРНИ И МЕШОВИТИ САОБРАЋАЈ

## 1.1. Увод [1–3]

Сјајност осветљене површине представља мерило интензитета светлосног утиска особе која је посматра. То је једина фотометријска величина коју око непосредно осећа. Оно што око прима од секундарног извора, на пример од осветљене површине пута, зависи како од осветљености те површине, тако и од њених рефлексивних карактеристика. Сјајност апсолутно црног тела је једнака нули без обзира на ниво осветљености.

Визуелна перцепција неког објекта (нпр. објекта на путу) потиче од субјективног утиска да постоји контраст, односно разлика сјајности, између објекта и његове позадине, при чему сјајност позадине зависи од рефлексивних карактеристика површине коловоза. Пракса је показала да треба применити принцип осветљеног коловоза у односу на који се препреке на путу уочавају као тамне силуете (принцип негативног контраста).

При пројектовању осветљења путева, најпре је потребно да се дефинишу фактори квалитета осветљења (доминантни светлотехнички параметри), а затим одреде њихове граничне прихватљиве вредности, које зависе од светлотехничке класе саобраћајнице.

Поред захтева за добром видљивошћу, односно задовољавајућим перформансама доброг виђења, потребно је дефинисати и захтеве за прихватљивим видним комфором, који укључује смањење замора и психичке напетости возача у току вожње, а самим тим и спречавање губитка концентрације.

Добра видљивост у ноћним сатима подразумева видне услове који ће омогућити возачу да правовремено и јасно уочи ток и границе пута (улице), укрштања,



прикључке и одвојке, пешачке прелазе, опасна места и саобраћајну сигнализацију. Посебно је важно да возач правовремено уочи препреку на путу и буде у могућности да одреди њену величину, удаљеност, смер и брзину кретања. Само под тим претпоставкама моћи ће довољно брзо да изврши потребан маневар, који неће бити опасан нити по њега и његове сапутнике, нити по остале учеснике у саобраћају.

Бројне студије су потврдиле да је један од основних светлотехничких параметара од кога зависе видне перформансе возача – ниво сјајности, односно средња сјајност коловоза ( $L_{sr}$ ). Из тог разлога, као критеријум за осветљавање путева за моторни и мешовити саобраћај примењује се концепт заснован на сјајности.

## **1.2. Фактори квалитета осветљења путева за моторни и мешовити саобраћај [2, 4]**

### **1.2.1. Средња сјајност коловоза, $L_{sr}$**

Средња сјајност коловоза утиче и на видљивост и на видни комфор. Што је већа, то су веће контрастна осетљивост, оштрина вида, брзина запажања и контрасти препрека на путу. Помоћу средње сјајности се уважава чињеница да видне перформансе возача не зависе само од осветљености коловоза, него и од његових рефлексивних својстава.

Средња сјајност је аритметичка средина сјајности у тачкама вредновања на коловозу, односно:

$$L_{sr} = \frac{\sum_{i=1}^N L_i}{N} \quad (1)$$

где је  $L_i$  сјајност у  $i$ -тој тачки вредновања, а  $N$  укупан број тачака вредновања.

За израчунавање почетне сјајности у  $i$ -тој тачки вредновања, која представља допринос  $n$  светиљки, примењује се формула:

$$L_i = \sum_{k=1}^n \frac{I_k(C, \gamma) \cdot r_k}{H^2} \quad (2)$$

у којој су (слика 1):

$I_k(C, \gamma)$  – светлосни интензитет у правцу који одређују  $k$ -та светиљка и  $i$ -та тачка,  
 $C$  – угао азимута (дефинише вертикалну полураван у којој се налази посматрани правац),

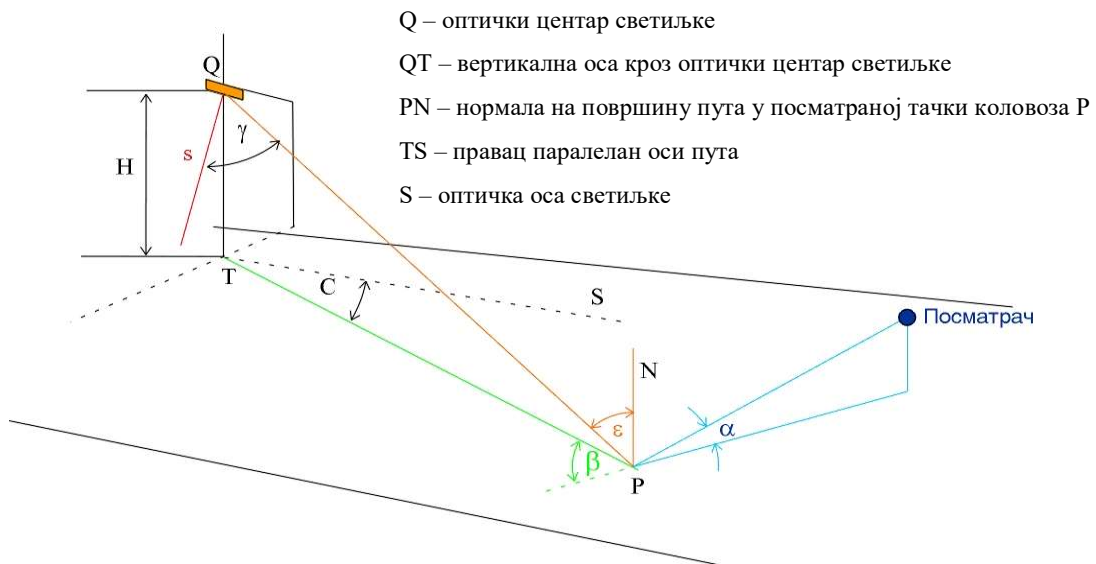
$\gamma$  – угао инклинације (у одговарајућој  $C$  полуравни рачуна се од доњег дела оптичке осе светиљке),

$r_k$  – редуковани коефицијент сјајности, који зависи од рефлексивне класе коловоза и углова  $\beta$  и  $\epsilon$  (видети поглавље 3.2),

$\beta$  – угао између вертикалне равни упада светлости и вертикалне равни посматрања,

$\epsilon$  – угао инциденције – угао између правца упада светлости и нормале на раван пута (уколико је нагиб светиљке једнак нули, углови  $\gamma$  и  $\epsilon$  су једнаки), и

$H$  – висина монтаже светиљке у односу на раван пута.



Слика 1. Углови који су битни при прорачунима сјајности

### 1.2.2. Општа равномерност сјајности, $U_0$

Поред средње сјајности коловоза, на добру видљивост веома утиче и општа равномерност сјајности ( $U_0$ ), дефинисана као однос минималне сјајности у тачкама површине коловоза и његове средње сјајности:

$$U_0 = \frac{L_{min}}{L_{sr}}. \quad (3)$$

Што је већа општа равномерност сјајности, то је већа моћ уочавања ознака на путу, препрека и осталих учесника у саобраћају.

### 1.2.3. Подужна равномерност сјајности, $U_l$

Подужна равномерност сјајности ( $U_l$ ), која утиче на видни комфор (пре свега код дугих деоница пута), дефинише се за сваку возну траку, и то као однос минималне ( $L_{min}$ ) и максималне ( $L_{max}$ ) сјајности у тачкама осе возне траке:

$$U_l = \frac{L_{min}}{L_{max}}. \quad (4)$$

Подужна равномерност сјајности показује да ли је наизменично појављивање делова коловоза већих и мањих сјајности прихватљиво за возача, за кога се узима да се налази у вертикалној осној равни возне траке.

### 1.2.4. Релативни пораст прага, TI (threshold increment)

На добру видљивост значајно утиче и физиолошко бљештање, које треба редуковати у целокупном јавном осветљењу. Релативни пораст прага је показатељ успешности ограничења физиолошког бљештања. За нивое сјајности између  $0.05 \text{ cd/m}^2$  и  $5 \text{ cd/m}^2$  (наведеном опсегу припадају нивои сјајности свих саобраћајница), важи следећа (емпиријски добијена) релација:

$$TI = 65 \cdot \frac{L_v}{L_{sr}^{0.8}} (\%), \quad (5)$$

у којој су:

- $L_v$  еквивалентна заслепљујућа сјајност, и
- $L_{sr}$  средња сјајност коловоза.

Еквивалентна заслепљујућа сјајност показује степен заслепљености возача која настаје када се у његовом видном пољу појави извор бљештања. Може да се израчуна применом следеће (емпиријске) формуле:

$$L_v = \frac{k}{65} \sum_{i=1}^n \frac{E_i}{\theta_i^2}, \quad (6)$$

у којој су:

$k$  – фактор старости возача.

$E_i$  – компонента осветљености на оку у правцу гледања, која представља допринос  $i$ -тог извора бљештања (у луксима),

$\theta_i$  – угао између правца гледања и правца који одређују око и  $i$ -ти извор бљештања (у степенима), и

$n$  – укупан број извора бљештања у видном пољу возача.

Фактор старости возача (који износи  $k=650$  за возача који има 23 године), може да се израчуна помоћу формуле:

$$k = 641 \cdot \left[ 1 + \left( \frac{A}{66.4} \right) \right]^4, \quad (7)$$

у којој је са  $A$  означена старост возача (у годинама).

Приликом израчунавања еквивалентне заслепљујуће сјајности најчешће се узима да је  $k=650$ , потребно је да су испуњени следећи услови:

- очи возача су на висини од 1.5 m, и
- правац гледања припада вертикалној равни паралелној са осом пута, а образује угао од  $1^\circ$  са хоризонталном равни, при чему се налази испод ње.

Израчунавање релативног пораста прага врши се за најнеповољнији случај, односно за случај највећег физиолошког бљештања у току експлоатације инсталације уличног осветљења. Из формуле 5 произлази да је то случај нове инсталације.

Не постоји прихватљива метода за квантитативну оцену психолошког бљештања у јавном осветљењу које утиче на видни комфор возача, због чега је у важећем EN 13201 стандарду [5] и релевантној CIE 140 [4] препоруци психолошко бљештање изостављено са листе фактора квалитета осветљења путева и улица.

#### **1.2.5. Коефицијент окружења, SR (surround ratio)**

Коефицијент окружења, који утиче на видљивост, представља показатељ квалитета осветљења непосредне околине пута, одакле људи, животиње и објекти могу да се појаве на путу.

За непосредно окружење коловоза, коефицијент окружења се дефинише као однос средње хоризонталне осветљености две траке од којих се свака наставља на коловоз и средње хоризонталне осветљености њима суседних делова коловоза. Ширина сваке од тих трака износи 5 m, или је једнака половини ширине коловоза, или ширини дела пута који се наставља на коловоз (узима се најмања од наведених ширина). Путеви са одвојеним коловозом за сваки смер вожње и невозним појасом између њих третирају се као јединствена површина (изузев када је ширина невозног појаса већа од 10 m). При прорачуну средње осветљености траке која се наставља на коловоз и њој суседног дела коловоза треба користити исти распоред тачака вредновања као при прорачуну средње осветљености пешачке стазе.

### **1.3. Одређивање светлотехничке класе путева и улица за моторни или мешовити саобраћај**

Због своје функције и значаја, различити путеви и улице захтевају различите нивое сјајности (осветљености). Да би се поједноставило дефинисање светлотехничких захтева за мноштво различитих саобраћајница, извршена је њихова класификација. Од избора светлотехничке класе зависе фотометријски захтеви које осветљење саобраћајница треба да испуни, што утиче на број и снагу светиљки. Усвајање ниже светлотехничке класе од оне која је заиста потребна може да угрози безбедност учесника у саобраћају, док усвајање више светлотехничке класе доводи до неоправдано скупог решења и непотребног расипања електричне енергије.

У препоруци CIE 115-2010 Међународне комисије за осветљење [3] дат је поступак за одређивање светлотехничке класе саобраћајница за моторни и мешовити саобраћај.

#### 1.4. Фотометријски захтеви за путеве и улице за моторни и мешовити саобраћај [3]

Према важећој CIE препоруци (115-2010) [3], као и према важећој Европској норми (EN 13201-1) [6], границе опсега средње сјајности коловоза ( $L_{sr}$ ) за све путеве и улице износе 0.3 и 2 cd/m<sup>2</sup>, док су према америчкој (ANSI/IES RP-8-14 [7]) регулативи граничне вредности нивоа сјајности 0.1 и 1.2 cd/m<sup>2</sup>.

У табели 1 су дефинисани фотометријски захтеви које треба да испуни осветљење саобраћајница свих светлотехничких класа одређених према [3]. За сваку светлотехничку класу дате су минималне захтеване вредности средње сјајности коловоза ( $L_{sr}$ ), опште и подужне равномерности сјајности коловоза (редом  $U_0$  и  $U_1$ ) и коефицијента окружења (SR), као и максимална дозвољена вредност релативног пораста прага (TI). При томе, под средњом сјајношћу коловоза подразумева се њена погонска вредност (добijена множењем почетне вредности и фактора одржавања).

Табела 1. Фотометријски захтеви за светлотехничке класе саобраћајница за моторни или мешовити саобраћај [3]

Светлотехничка класа	Површина коловоза					
	Сува					Влажна
	$L_{sr}$ (cd/m <sup>2</sup> )	$U_0$	$U_1$	TI (%)	SR	$U_0$
M1	2.00	0.40	0.70	10	0.50	0.15
M2	1.50	0.40	0.70	10	0.50	0.15
M3	1.00	0.40	0.60	15	0.50	0.15
M4	0.75	0.40	0.60	15	0.50	0.15
M5	0.50	0.35	0.40	15	0.50	0.15
M6	0.30	0.35	0.40	20	0.50	0.15

## 1.5. Прорачуни фотометријских величина [4]

Као што је напред речено, на видљивост и видни комфор на саобраћајници за моторни или мешовити саобраћај утичу ниво сјајности, општа и подужна равномерност сјајности, коефицијент окружења и релативни пораст прага. У том циљу, потребно је дефинисати део коловоза у чијим се изабраним тачкама израчунава или мери сјајност (осветљеност). На основу тих вредности се израчунавају сви остали светлотехнички параметри. Како у пракси ниједан коловоз нема савршено дифузну рефлексију, сјајност у некој тачки коловоза зависи и од положаја посматрача (возача), па је и њега потребно дефинисати.

У референци [4] описане су методе за прорачун сјајности и осветљености при пројектовању осветљења путева и улица (препоручене су и стандардне процедуре за мерење сјајности).

При изради фотометријских прорачуна важе следеће претпоставке:

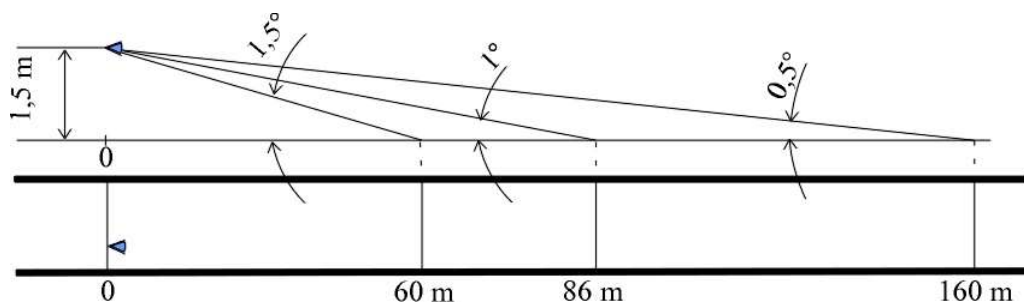
- светиљке се посматрају као тачкасти извори светлости,
- занемарује се утицај светлости која се рефлектује од околине,
- не узимају се у обзир дрвеће и остали објекти који спречавају да поједини светлосни зраци стигну до коловоза,
- сматра се да је површина коловоза равна и да су њена рефлексиона својства иста у свим тачкама, и
- занемарују се атмосферски услови (на пример, киша, снег, магла).

### 1.5.1. Поље посматрања

Поље посматрања се дефинише као део коловоза који почиње на 60 m од посматрача, а дугачак је 100 m. У свим прорачунима просечна висина очију посматрача износи 1.5 m, због чега посматрач овај део коловоза види под угловима који су између  $0.5^\circ$  и  $1.5^\circ$  (слика 2). Прорачун сјајности је ограничен облашћу примене табеле рефлексије (r-табеле), дефинисане у поглављу 3.3. С обзиром на то



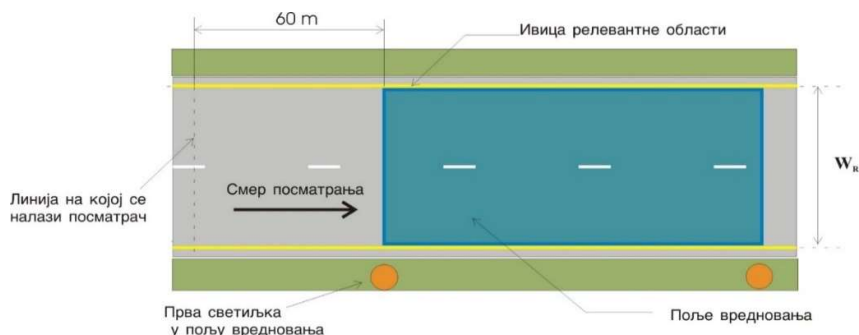
да се вредности у г-табели односе на угао посматрања од  $1^\circ$ , за усвојену висину очију од 1.5 m добија се да је тачка посматрања на 86 m испред посматрача. Истраживања су показала [8] да г-табела може да се користи за опсег углова од  $0.5^\circ$  до  $1.5^\circ$ , што значи да г-табела може да се примени на све тачке које су удаљене од посматрача 57–72 m (усваја се опсег 60–170 m).



Слика 2. Поље посматрања

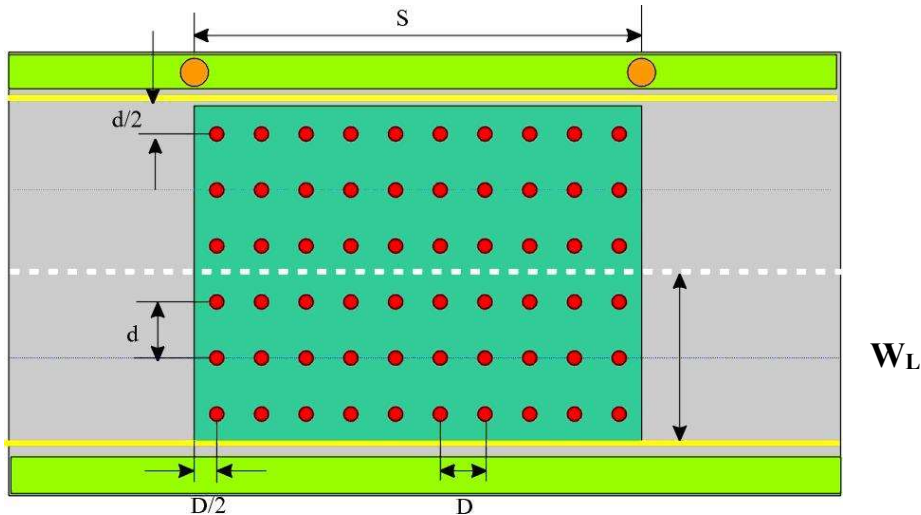
### 1.5.2. Поље вредновања

Пошто се при вожњи поље посматрања креће заједно са возачем, јасно је да се слика сјајности периодично понавља између сваке две суседне светиљке. Део коловоза између две суседне светиљке истог низа светиљки, који почиње на 60 m од посматрача, назива се поље вредновања (слика 3). Код путева без средњег невозног (централног) појаса ширина поља вредновања једнака је ширини целог коловоза, док је код оних других једнака ширини коловоза за један смер вожње. Код двостраног помереног (цик-цак) распореда поље вредновања почне код светиљке левог низа, гледано у смеру вожње.



Слика 3. Поље вредновања

Тачке вредновања су тачке у пољу вредновања у којима се израчунава сјајност. Оне су равномерно распоређене у пољу вредновања (као што је приказано на слици 4).



Слика 4. Распоред тачака вредновања при прорачуну сјајности

Ознаке на слици 4 имају следеће значење:

$S$  – растојање између суседних светиљки истог низа,

$D$  – растојање између суседних тачака вредновања у уздужном смеру,

$d$  – растојање између суседних тачака вредновања у попречном смеру, и

$W_L$  – ширина возне траке.

У попречном смеру, за сваку возну траку треба предвидети 3 тачке вредновања, чије растојање износи:

$$d = \frac{W_L}{3}, \quad (8)$$

а обе крајње тачке су на растојању  $d/2$  од ближе ивице возне траке.

Највеће дозвољено растојање између тачака вредновања у уздужном смеру износи 3 m, због чега је број таквих тачака ( $N$ ):

- за  $S \leq 30$  m,  $N = 10$ , a
- за  $S > 30$  m,  $N$  је најмањи цео број који обезбеђује задовољавање услова  $D \leq 3$  m.

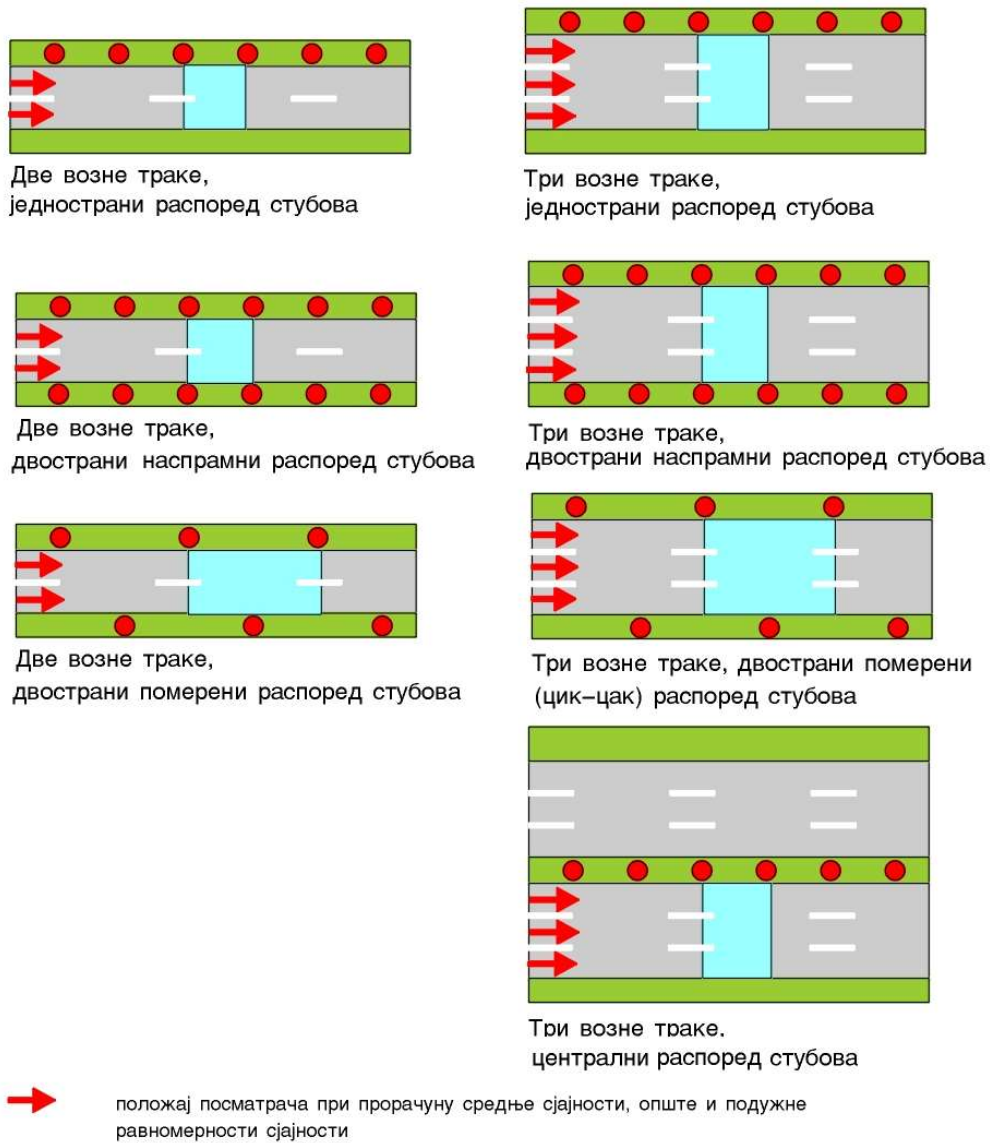
Први попречни низ тачака вредновања налази се на растојању  $D/2$  иза прве светиљке, гледано са места посматрача.

Уколико постоји зауставна трака на којој је потребно израчунати средњу сјајност, треба користити исти број и распоред тачака вредновања као при прорачуну сјајности за возну траку.

### **1.5.3. Положај посматрача при прорачуну сјајности**

Посматрач се представља помоћу онолико тачака колико има возних трака. Свака од тих тачака налази се на 1.5 m изнад коловоза и 60 m од почетка поља вредновања, у симетралној равни одговарајуће возне траке. Средња сјајност и општа равномерност сјајности рачунају се за цео коловоз (за сваки положај посматрача), док се подужна равномерност сјајности рачуна само у тачкама коловоза које се налазе у симетралним осама возних трака.

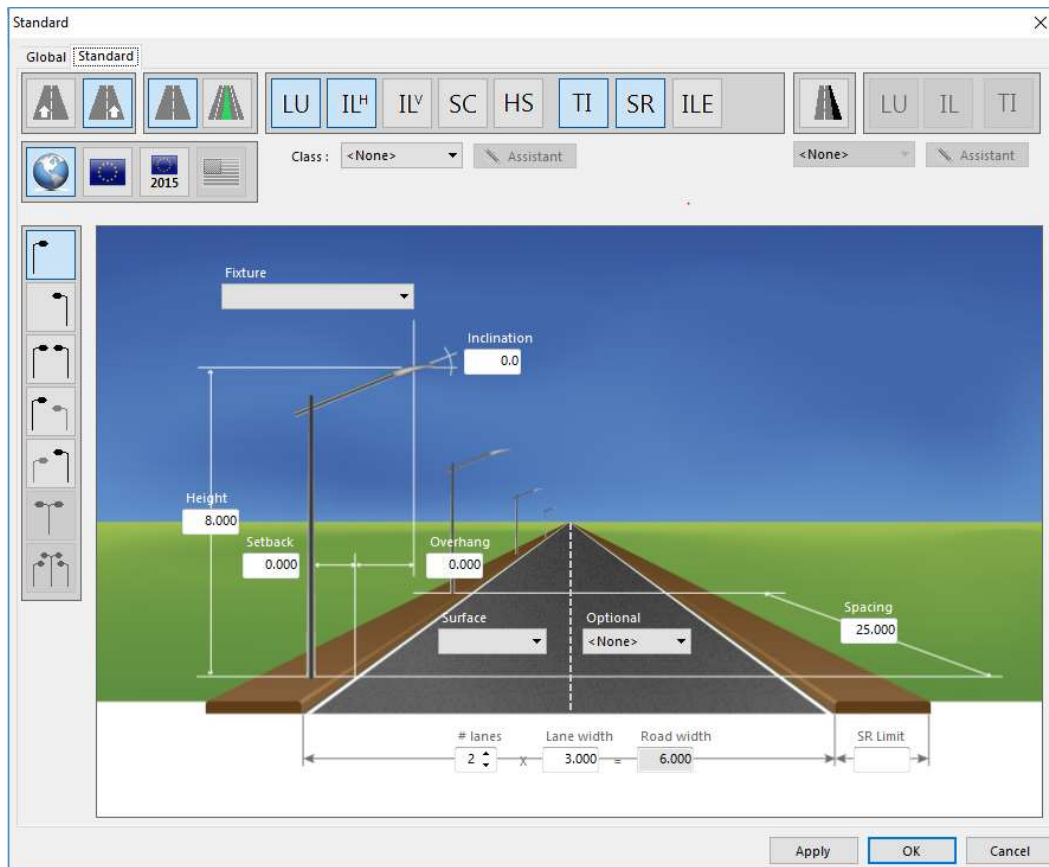
На слици 5 су приказани примери положаја посматрача за неколико карактеристичних типова саобраћајница и распореда стубова.



Слика 5. Неки од положаја посматрача при прорачуну сјајности

## 1.6. Инжењерски поступак пројектовања осветљења улице (пута)

Већ деценијама се фотометријски прорачуни врше применом одговарајућих (лиценцираних) софтвера. На слици 6 је приказан прозор за унос улазних података при пројектовању осветљења улице или пута за моторни или мешовити саобраћај применом стандардног модула програмског пакета Ulysse, који је развила компанија Schréder. Након уноса геометријских података о саобраћајници и распореду стубова, затим избора светиљке и табеле рефлексије коловоза, програм брзо и прецизно израчунава вредности свих релевантних фотометријских параметара (број и распоред прорачунских тачака, као и положаји посматрача одређени су у складу са изабраним стандардом/препоруком).



Слика 6. Прозор за унос улазних података приликом примене стандардног модула програмског пакета Ulysse

Поред стандардног модула, на располагању је и модул за анализу, који омогућава унос опсега могућих висина стубова, њиховог растојања, дужина лира и нагиба, као и већег броја различитих типова светиљки. У зависности од изабраног стандарда/препоруче овај модул даје преглед могућих решења која задовољавају захтеве изабране светлотехничке класе за различите комбинације улазних података. Задатак пројектанта осветљења је да пажљиво анализира сва понуђена решења и изабере оптимално решење, које ће бити енергетски ефикасно, чији ће укупни трошкови бити минимални, које ће задовољити захтеве безбедности моторног саобраћаја и сигурности пешака, осветљен простор учинити привлачним и свести на минимум бљештање, сијање неба и “залуталу” светлост.

## 2. ЗНАЧАЈ МЕРЕЊА РЕФЛЕКСИОНИХ КАРАКТЕРИСТИКА КОЛОВОЗА НА ПУТЕВИМА ЗА МОТОРНИ ИЛИ МЕШОВИТИ САОБРАЋАЈ

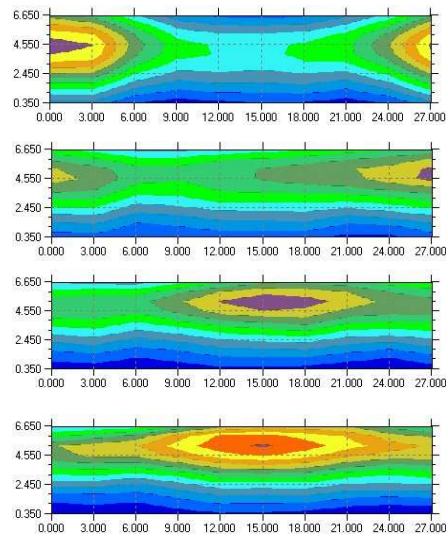
При пројектовању осветљења улица (путева) за моторни или мешовити саобраћај неопходно је познавати геометрију саобраћајнице, светлосну расподелу светиљки и рефлексione особине коловозне површине. Геометрија саобраћајнице и светлосна расподела усвојених светиљки су познате (реномирани произвођачи светиљки дају прецизне податке за сваку светиљку), тако да тачност прорачуна сјајности практично зависи од података који описују рефлексione особине коловоза.

Од типа коловозне површине зависе не само сви фотометријски параметри саобраћајнице, него и инсталисана снага осветљења. Илустрације ради, на слици 7 су приказани резултати фотометријских прорачуна за светлотехничку класу M1 на саобраћајници ширине 7 m, са једностраним распоредом стубова висине 8 m, растојањем између суседних стубова 30 m, нагибом светиљки 5° и превесом светиљке једнаким нули, а коришћена је светиљка FURYO 3, рефлектор 1887 (Schréder) са натријумовим извором високог притиска снаге 150 W. Исти прорачун је урађен за све четири стандардне рефлексione класе представљене у поглављу 3.3.1 (применом њима придружених  $r$ -табела). Променом само  $r$ -табеле у прорачуну, добијају се веома различите средње сјајности ( $L_{av}$ ), као и опште ( $U_0$ ) и подужне ( $U_l$ ) равномерности сјајности, које у неким случајевима не задовољавају захтеве разматране светлотехничке класе. На пример, у случају рефлексione класе R1 средња сјајност је значајно већа од захтеване ( $2 \text{ cd/m}^2$ ), док подужна равномерност сјајности не испуњава захтев изабране светлотехничке класе (мања је од 0.7). Овакво решење би, за случај да рефлексione карактеристике посматране саобраћајнице заиста могу да се сврстају у класу R1, било и економски неоправдано и лоше са аспекта безбедности: превисока средња сјајност указује да треба применити извор светлости мањег светлосног флукса, односно мање снаге, док

подужна равномерност сјајности нижа од захтеване указује на израженије наизменично појављивање делова коловоза већих и мањих сјајности у видном пољу возача, што доводи до његовог бржег замора. У овом случају би требало применити светиљку мање снаге, али са другачијом расподелом светлосног интензитета, како би и подужне равномерности сјајности имале задовољавајуће вредности.

Са слике 7 се јасно види како се мења слика сјајности на коловозу са променом табеле рефлексије: код коловозне површине са доминантно дифузном рефлексијом (R1) максималне сјајности се налазе око стубова. Са повећањем усмерене компоненте рефлексије, максималне сјајности се све више одмичу од стубова, тако да се код коловозне површине са доминантно усмереном рефлексијом (R4) оне налазе у зони средине растојања између суседних стубова.

- R1:  $L_{av} = 3.03 \text{ cd/m}^2$   
 $U_o = 62.0\% \quad U_l = 62.2\%$
- R2:  $L_{av} = 2.25 \text{ cd/m}^2$   
 $U_o = 53.3\% \quad U_l = 70.9\%$
- R3:  $L_{av} = 2.18 \text{ cd/m}^2$   
 $U_o = 48.3\% \quad U_l = 74.8\%$
- R4:  $L_{av} = 2.4 \text{ cd/m}^2$   
 $U_o = 42.9\% \quad U_l = 73.1\%$



Слика 7. Резултати фотометријских прорачуна на истој саобраћајници са истим типом светиљке, али за четири стандардне табеле рефлексије (прорачунско поље је ограничено са четири крајње прорачунске тачке)

Уважавајући различите рефлексионе карактеристике коловозних површина које се срећу у пракси, компанија Schréder годинама производи светиљке чије су светлосне карактеристике прилагођене примени на коловозним површинама са различитим рефлексионим карактеристикама. На пример, на слици 8 су приказани рефлектори

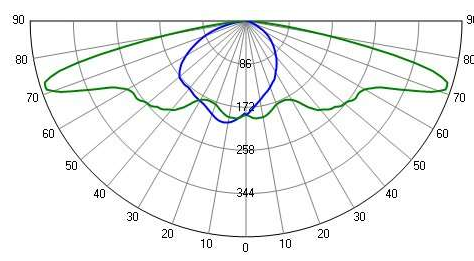
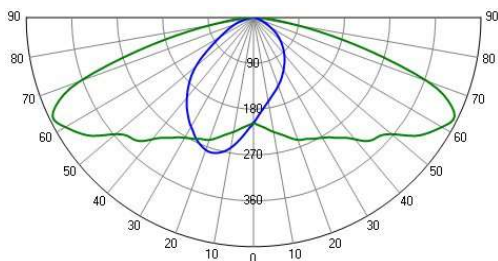


1890 и 1887 који се користе у светиљци FURYO 3 са конвенционалним изворима, као и њихови поларни дијаграми. Рефлектор 1890 се користи за осветљавање коловозних површина са доминантно дифузном рефлексијом, док је рефлектор 1887 прилагођен коловозним површинама са слабо усмереном рефлексионом карактеристиком.

Рефлектор 1890



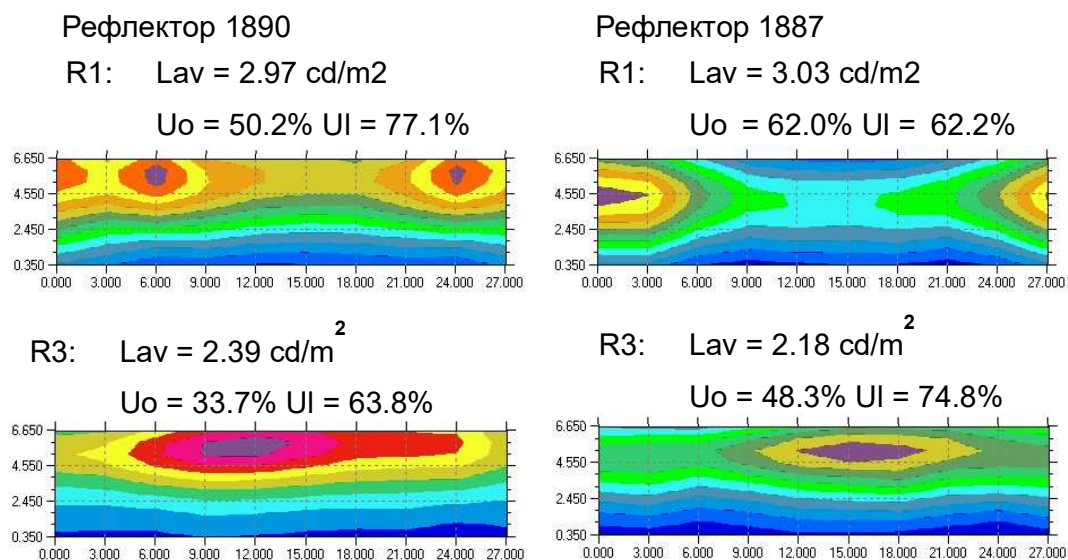
Рефлектор 1887



Слика 8. Рефлектори 1890 и 1887 и њима припадајући поларни дијаграми

За стандардне рефлексионе класе коловоза R1 и R3, на слици 9 су поред резултата претходно наведеног прорачуна (за рефлектор 1887) представљени резултати прорачуна урађени за исту светиљку (FURYO 3), али за други тип рефлектора (1890). Они јасно показују како се коришћењем светлосне расподеле светиљке која одговара предметној коловозној површини могу добити значајно бољи резултати. Коришћењем рефлектора 1890, који је конструисан за осветљавање површина са доминантно дифузном рефлексијом, добијају се одличне вредности опште и подужне равномерности сјајности за рефлексиону класу R1, док вредности истих

параметара нису задовољавајуће за рефлексиону класу R3 коју карактерише значајан удео усмерене рефлексије. У случају коришћења исте светиљке са рефлектором 1887, који је прилагођен коловозима са слабо усмереним типом рефлексије, добијају се одличне вредности опште и подужне равномерности сјајности за рефлексиону класу R3, док вредности истих параметара нису задовољавајуће за рефлексиону класу R1.



Слика 9. Резултати фотометријских прорачуна сјајности који се односе на различите типове рефлектора и рефлексионе класе коловоза R1 и R3 (прорачунско поље је ограничено са четири крајње прорачунске тачке)

У претходним примерима су разматране само стандардне рефлексионе класе R1, R2, R3 и R4. Међутим, рефлексионе особине предметног коловоза могу значајно да одступају од оних које су представљене помоћу стандардних г-табела, што може драстично редуковати тачност прорачуна сјајности уколико се усвоји нека од њих. Уколико је реална коловозна површина светлија од оне којој одговара изабрана стандардна рефлексиона класа, након извођења инсталације осветљења одређене на основу спроведених прорачуна стварни ниво сјајности на коловозу биће већи од израчунатог (а самим тим и од захтеваног), што резултује неекономичним решењем. Међутим, уколико је посматрана коловозна површина тамнија, стварна

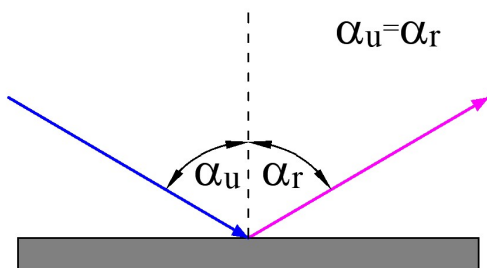
средња сјајност може бити мања од захтеване, што би могло да угрози безбедност учесника у саобраћају. С друге стране, начин рефлексије од посматране коловозне површине може да буде значајно различит од врсте рефлексије која карактерише изабрану стандардну рефлексиону класу, што може да доведе до разлика између израчунатих и реалних вредности подужне и опште равномерности сјајности. Ниже опште и подужне равномерности од захтеваних за посматрану саобраћајницу доводе до лошијих видних перформанси и незадовољавајућег видног комфора. Због тога се препоручује да се, кад год је то могуће, пре спровођења фотометријских прорачуна на основу којих ће бити изабрано оптимално решење осветљења улице (пута) за моторни или мешовити саобраћај, табела рефлексије (r-табела) на основу које ће они бити засновани одреди помоћу лабораторијских или мерења на терену.

### 3. РЕФЛЕКСИОНЕ КАРАКТЕРИСТИКЕ КОЛОВОЗНИХ ПОВРШИНА

#### 3.1. Увод [1]

Коловозна површина, као и свака друга површина, рефлектује део упадне светлости. Однос рефлектованог и укупног светлосног флукса који падне на неку површину назива се фактор рефлексије (најчешће се обележава грчким словом  $\rho$ ). Издвајају се четири врсте рефлексије: усмерена, дифузна, полудифузна и мешовита.

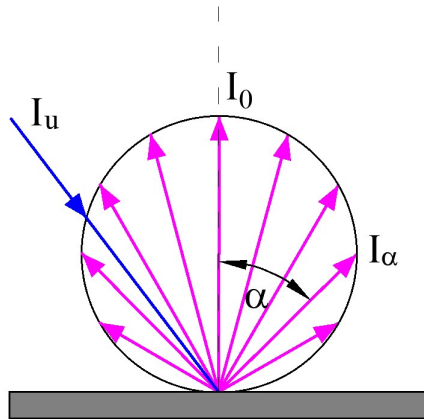
Код усмерене рефлексије, која се јавља код углачаних металних површина, упадни угао светлосног зрака једнак је одбијеном, при чему упадни зрак, одбијени зрак и нормала припадају истој равни (слика 10).



Слика 10. Усмерена рефлексија

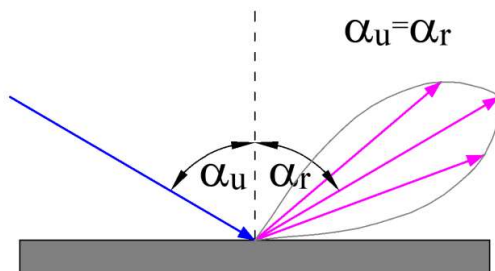
Дифузна рефлексија се јавља код хрпавих површина и материјала које образују сићушни кристали. Сваки зрак који падне на неку од тих сићушних честица рефлектује се по правилима усмерене рефлексије. Пошто површине честица припадају различитим равнима, рефлектовани зраци се распршују на све стране. Као посебан облик дифузне рефлексије издваја се савршена дифузна рефлексија, код које врхови вектора светлосних интензитета рефлектованих зрака образују сферу, која рефлектујућу површину додирује у тачки рефлексије. Због тога

површине које се одликују савршеном дифузној рефлексијом (као што су, на пример, мат бели папир, снег, гипсани зидови) зраче по Ламбертовом закону. Важна карактеристика савршене дифузне рефлексије је иста сјајност у свим правцима. Савршена дифузна рефлексија је шематски приказана на слици 11 .



Слика 11. Шематски приказ савршене дифузне рефлексије

Код полудифузне рефлексије расподела светлосног интензитета је делимично усмерена (слика 12), са максималним светлосним интензитетом у правцу одбијеног угла који је једнак упадном.



Слика 12. Шематски приказ полудифузне рефлексије

Мешовита рефлексија, која представља комбинацију неких од три претходно наведена типа рефлексије, од посебне је важности у уличном осветљењу, јер је карактеристична мешовита рефлексија састављена од полудифузне и дифузне компоненте за већину сувих коловозних површина.

### 3.2. Рефлексионе карактеристике коловозних површина

Познавање закона физике који описују наведене типове рефлексије довело је до бољег разумевања механизма рефлексије светлости од коловозних површина. Међутим, то није било довољно за практичну примену, односно за фотометријске прорачуне неопходне при изради пројекта уличног осветљења. Због тога је усвојен поједностављен систем погодан за практичну употребу.

У том циљу, уведен је појам коефицијента сјајности ( $q$ ), који се у некој тачки  $P$  коловоза дефинише као однос сјајности ( $L_P$ ), коју на оку возача изазива светлосни зрак настао рефлексијом у тачки  $P$ , и хоризонталне осветљености ( $E_{hp}$ ) у тој тачки:

$$q = \frac{L_P}{E_{hp}}. \quad (9)$$

Свакој тачки  $P$  на коловозу одговара онолико коефицијената сјајности колико има праваца упадне светлости и праваца посматрања, односно сјајност на оку возача зависи како од рефлексионих карактеристика коловозне површине, тако и од смера упадне светлости и положаја посматрача. На слици 13 је илустративно приказана зависност рефлектоване сјајности у смеру возача од упадног угла светлости.

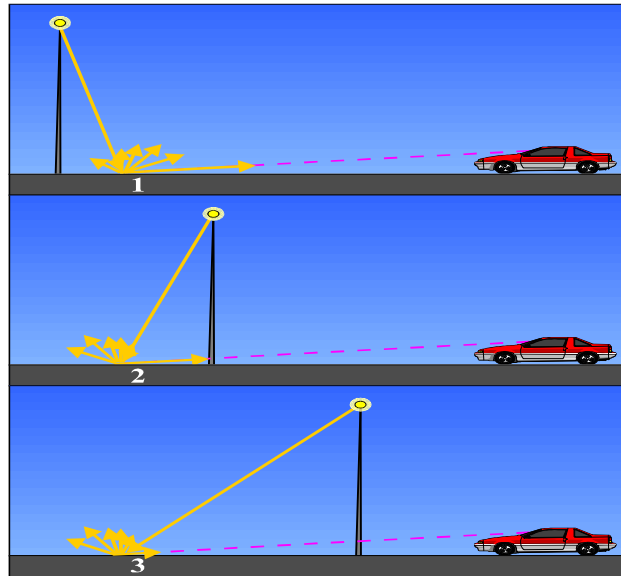
Положаји светиљке и возача у односу на тачку  $P$  могу да се одреде помоћу углова  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  и  $\delta$ , приказаних на слици 14, на којој су:

$\alpha$  – угао посматрања,

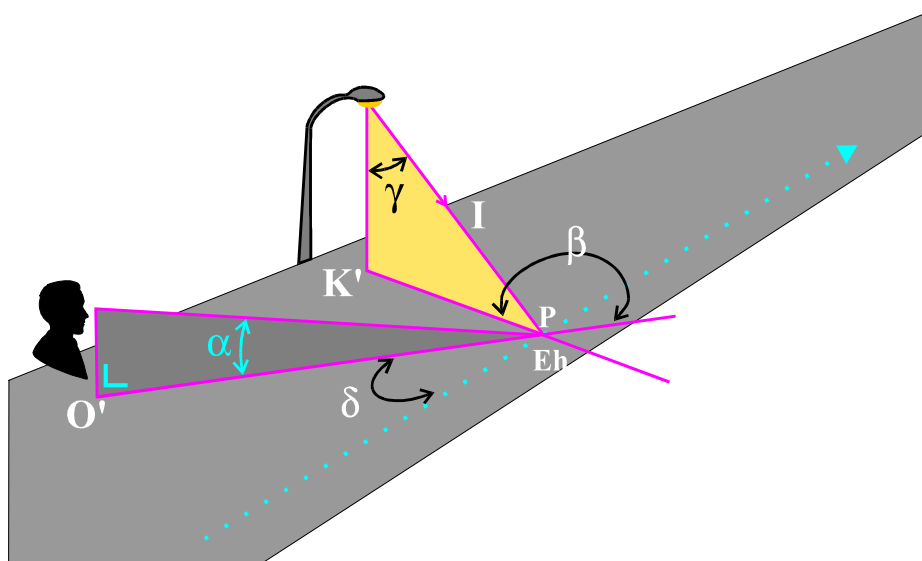
$\beta$  – угао између вертикалних равни упада светлости и посматрања (тачније, угао између пројекције правца посматрања на коловоз (смер према посматрачу) и полуправе  $K'P$ ),

$\gamma$  – упадни угао светлости, и

$\delta$  – угао између вертикалне равни посматрања и осе пута.



Слика 13. Промена рефлектоване сјајности у смеру према возачу у зависности од упадног угла светлости



Слика 14. Углови од којих зависи коефицијент сјајности

За дато поље посматрања и усвојену висину посматрања од 1.5 m за возаче моторних возила, угао посматрања  $\alpha$  варира у опсегу од  $0.5^\circ$  до  $1.5^\circ$ . Експерименти су показали [8] да се у овом опсегу зависност коефицијента сјајности ( $q$ ) од угла  $\alpha$  може занемарити, због чега је усвојено да се мерења коефицијента сјајности врше за угао посматрања  $\alpha=1^\circ$  [4,5].

Као последица чињенице да се при ширини поља посматрања до 25 m и при удаљеностима возача већим од 60 m угао  $\delta$  мења само у опсегу од  $0^\circ$  до  $20^\circ$ , установљено је и да се утицај угла  $\delta$  на вредност коефицијента сјајности може занемарити.

Због напред наведених разлога, у пракси се узима да коефицијент сјајности зависи само од преостала два угла, односно  $q=q(\beta,\gamma)$ .

Рефлексионе особине комплетне коловозне површине у пракси се најчешће приказују помоћу дводимензионалне табеле у којој је коефицијент сјајности ( $q$ ) дат за читав низ комбинација углова  $\beta$  и  $\gamma$ .

Због лакшег израчунавања сјајности, рефлексиона својства коловоза се представљају помоћу табела које садрже са вредности редукованог коефицијента сјајности ( $r$ ), дефинисаног помоћу формуле

$$r = q \cdot \cos^3\gamma = r(\beta, \gamma) \quad (10)$$

На основу напред наведеног, сјајност у некој тачки Р коловоза може да се израчуна помоћу формуле

$$L_P = q \cdot E_{hP} = q \cdot \frac{I_\gamma}{h^2} \cdot \cos^3\gamma = r \cdot \frac{I_\gamma}{h^2}, \quad (11)$$

у којој су:

$I_\gamma$  – светлосни интензитет светиљке у правцу оптички центар светиљке – тачка Р, и



$h$  – висина монтаже светиљке.

Табеле редукованог коефицијента сјајности називају се и табеле рефлексије или  $r$  - табеле. Оне омогућавају израчунавање сјајности коју посматрана светиљка ствара у произвољној тачки коловозне површине, за унапред задат положај возача.

У циљу проналажења начина за адекватну класификацију постојећих коловозних површина, у периоду од 1963. до 1976. године извршени су бројни експерименти (Westerman [9], De Boer [10], Roch, Smiatek [11], Range [12], Erbay [13, 14], Massar [15]).

Међународна комисија за осветљење (СІЕ) усвојила је 1976. године два параметра, помоћу којих довољно тачно могу да се представе рефлексионе карактеристике коловозних површина [16]. То су:

- Степен светлине (или степен сивог, од белог ка црном), који се процењује на основу средњег коефицијента сјајности  $Q_0$ , дефинисаног релацијом

$$Q_0 = \frac{\int_0^{\Omega_0} q \cdot d\Omega}{\Omega_0} \quad (12)$$

- Степен огледалности (усмерености рефлексије), који се процењује на основу фактора  $S_1$  и  $S_2$

$$S_1 = \frac{r(0,2)}{r(0,0)} = 0.089 \cdot \frac{q(0,2)}{q(0,0)} \quad (13)$$

$$S_2 = \frac{Q_0}{r(0,0)} \quad (14)$$

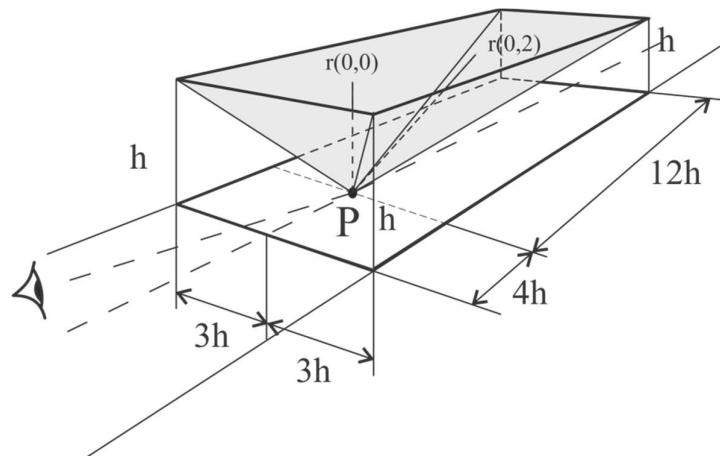
Параметри у формулама 12-14 имају следеће значење:

$q$  – коефицијент сјајности,

$\Omega_0$  – просторни угао, приказан на слици 15 (слика преузета из референце [1]), који садржи све смерове упада светлости у посматрану тачку коловоза (P) који практично утичу на њену сјајност,

$r(0,2)$  – редуковани коефицијент сјајности у правцу дефинисаном са  $\beta=0^\circ$  и  $\text{tg}\gamma=2$ ,  
и

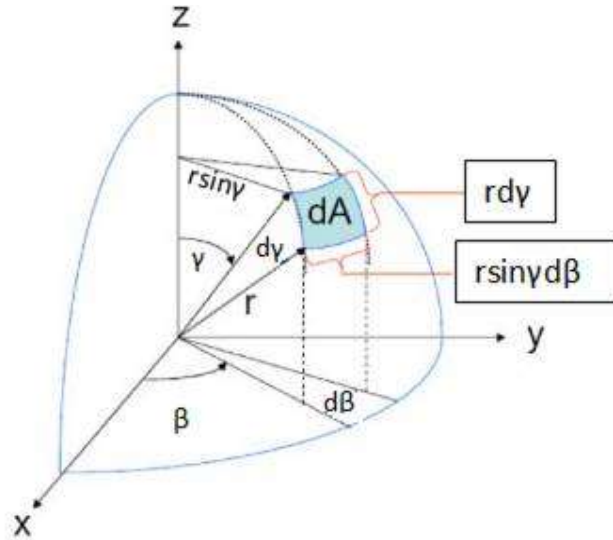
$r(0,0)$  – редуковани коефицијент сјајности у правцу дефинисаном са  $\beta=0^\circ$  и  $\text{tg}\gamma=0$ .



Слика 15. Просторни угао за израчунавање средњег коефицијента сјајности (h је висина оптичког центра светиљке)

Треба нагласити да је СИЕ у препоруци СИЕ 144-2001 изоставила фактор  $S_2$  [17].

Средњи коефицијент сјајности  $Q_0$  представља средњу вредност коефицијената сјајности за све правце у оквиру релевантног просторног угла  $\Omega_0$ . На слици 16 приказан је просторни угао  $d\Omega$  помоћу углова  $\beta$  и  $\gamma$ .



Слика 16. Просторни угао  $d\Omega$

Како је, на основу слике 16

$$d\Omega = \frac{dA}{r^2} = \frac{r \cdot dy \cdot r \cdot \sin\gamma \cdot d\beta}{r^2} = \sin\gamma \cdot d\gamma d\beta, \quad (15)$$

средњи коефицијент сјајности може да се израчуна као

$$Q_0 = \frac{\int_{\Omega_0} q \cdot d\Omega}{\Omega_0} = \frac{\iint^{\beta, \gamma} q \cdot \sin\gamma \cdot d\gamma \cdot d\beta}{\Omega_0} \quad (16)$$

$$Q_0 = \frac{1}{\Omega_0} \int^{\beta} \int^{\gamma} \frac{r(\beta, \gamma)}{(\cos\gamma)^3} \cdot \sin\gamma \cdot d\gamma \cdot d\beta \quad (17)$$

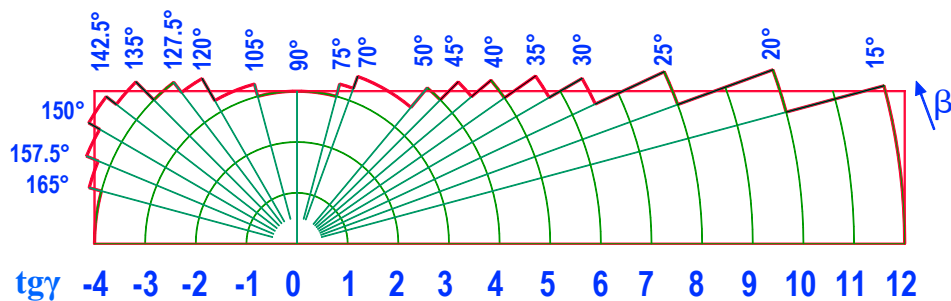
$$Q_0 = \frac{1}{\Omega_0} \int^{\beta} \int^{\gamma} r(\beta, \gamma) \cdot \frac{\sin\gamma}{\cos\gamma} \cdot \frac{d\gamma}{(\cos\gamma)^2} \cdot d\beta \quad (18)$$

односно

$$Q_0 = \frac{1}{\Omega_0} \int^{\beta} \int^{tg\gamma} r(\beta, \gamma) \cdot tg\gamma \cdot d(tg\gamma) d\beta \quad (19)$$

Последња формула представља основу за израчунавање средњег коефицијента сјајности.

На слици 17 су приказане границе интеграције по променљивим  $\text{tgy}$  и  $\beta$  (угао  $\beta$  се мења од  $0^\circ$  до  $180^\circ$  – видети слику 1).



Слика 17. Границе интеграције по променљивим  $\text{tgy}$  и  $\beta$ , приказане у равни коловоза

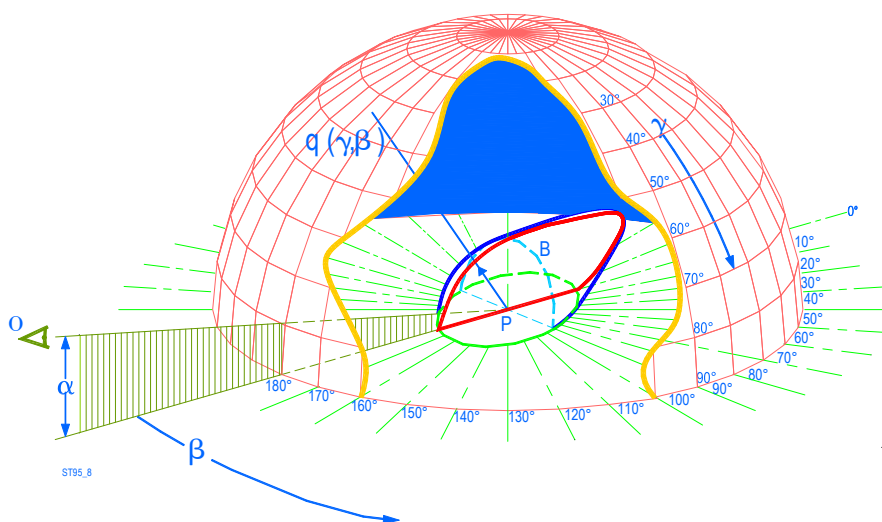
За наведене границе интеграције, Sørensen [18] је дао табелу тежинских фактора, помоћу којих може да се израчуна средњи коефицијент сјајности на основу табеле рефлексије. Ти тежински фактори су одређени помоћу Симпсонове методе интеграције и коришћењем квадратне интерполације унутар граница интерполације. Израчунавање средњег коефицијента сјајности врши се тако што се свака вредност из  $\tau$ -табеле помножи са одговарајућим тежинским фактором и са одговарајућом вредношћу  $\text{tgy}$ , да би се на крају сума свих тако добијених вредности поделила са  $9.936 \cdot 10^7$ .

У табели 2 су приказане вредности тежинских фактора за израчунавање средњег коефицијента сјајности на основу табеле рефлексије [16, 17, 19, 20].

Табела 2. Тежински фактори за израчунавање  $Q_0$  [16]

$\beta$ tg $\gamma$	0	2	5	10	15	20	25	30	35	40	45	60	75	90	105	120	135	150	165	180
0	8	8	32	22	40	20	40	30	40	25	45	120	60	120	60	120	60	120	60	60
0,25	32	32	128	88	160	80	160	80	160	100	180	480	240	480	240	480	240	480	240	240
0,50	16	16	64	44	80	40	80	40	80	50	90	240	120	240	120	240	120	240	120	120
0,75	32	32	128	88	160	80	160	80	160	100	180	480	240	480	240	480	240	480	240	240
1	16	16	64	44	80	40	80	40	80	50	90	240	120	240	120	240	120	240	120	120
1,25	32	32	128	88	160	80	160	80	160	100	180	480	240	480	240	480	240	480	240	240
1,5	16	16	64	44	80	40	80	40	80	50	90	240	120	240	120	240	120	240	120	120
1,75	32	32	128	88	160	80	160	80	160	100	180	480	240	480	240	480	240	480	240	240
2	24	24	96	66	120	60	120	60	120	75	135	360	180	360	180	360	180	360	180	180
2,5	64	64	256	176	320	160	320	160	320	200	360	960	480	960	480	960	480	960	480	480
3	32	32	128	88	160	80	160	80	160	100	120	510	222	240	180	480	240	480	240	240
3,5	64	64	256	176	320	160	320	160	320	200	120	270	33	0	30	690	480	960	480	480
4	32	32	128	88	160	80	160	80	160	100	60	0	0	0	-75	-30	255	510	222	120
4,5	64	64	256	176	320	160	320	160	320	155	75	0	0	0	0	0	135	372	33	0
5	32	32	128	88	160	80	160	105	125	5	-15	0	0	0	0	0	0	33	0	0
5,5	64	64	256	176	320	160	320	170	90	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	32	32	128	88	160	80	160	40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6,5	64	64	256	176	320	160	275	35	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	32	32	128	88	160	105	80	-25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7,5	64	64	256	176	320	170	90	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	32	32	128	88	160	85	45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8,5	64	64	256	176	320	80	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	32	32	128	88	160	40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9,5	64	64	256	176	320	80	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	32	32	128	88	115	-5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10,5	64	64	256	176	230	-10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	32	32	128	113	80	-25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11,5	64	64	256	186	90	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	16	16	64	69	45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

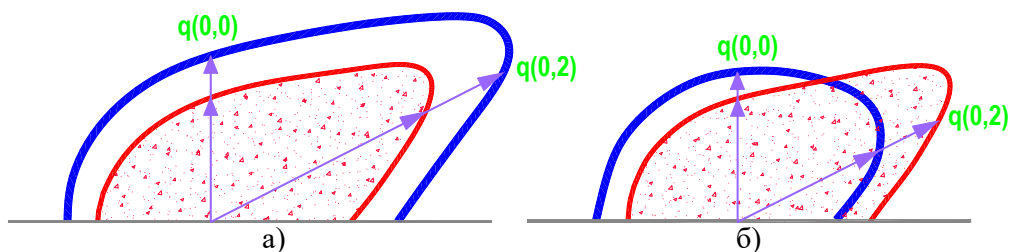
Рефлексиона својства површине коловоза могу да се прикажу и помоћу индикатрисе рефлексије или  $q$ -тела (слика 18). Она представља геометријско место врхова вектора коефицијента сјајности, чије је заједничко исходиште у тачки  $P$  на коловозу. Сваки од тих вектора одговара одређеној комбинацији углова  $\beta$  и  $\gamma$ , а усмерен је од тачке  $P$  према светиљци.



Слика 18. Индикатриса рефлексије

Облик индикатрисе рефлексије одређује степен огледалности (утиче на вредност фактора  $S_1$ ), док њена запремина одређује ниво укупне рефлексије површине коловоза (степен светлине), који утиче на вредност средњег коефицијента сјајности  $Q_0$ .

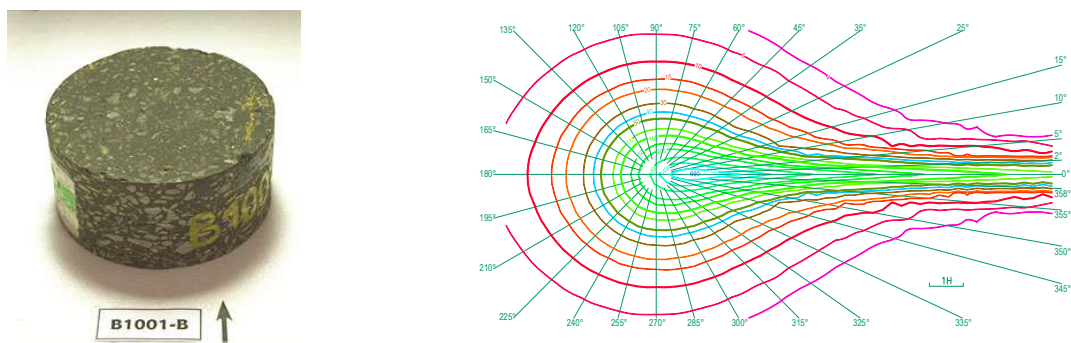
Ако се мења само вредност средњег коефицијента сјајности  $Q_0$ , а фактор  $S_1$  остаје непромењен, мења се само запремина индикатрисе, док њен облик (степен огледалности) остаје исти (слика 19а). Уколико би се променила само вредност фактора  $S_1$ , а средњи коефицијент сјајности остао исти, променио би се облик индикатрисе, док би запремина остала непромењена (слика 19б).



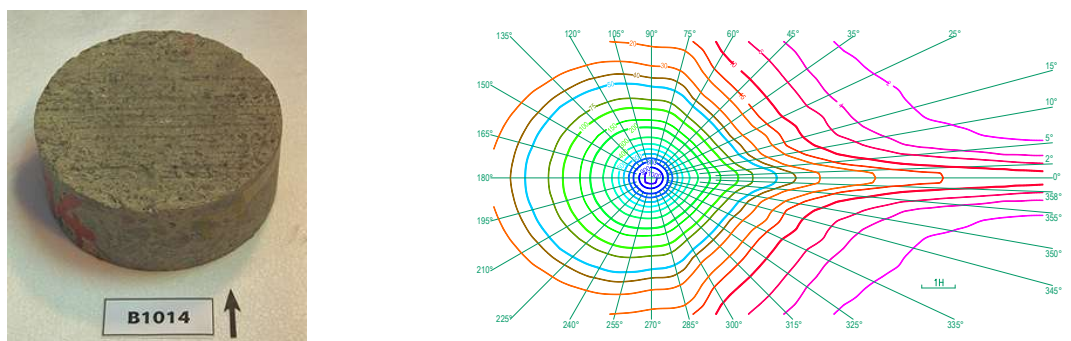
Слика 19. Пресек индикатрисе рефлексије кроз раван  $\beta=0^\circ$  а)  $S_1=\text{const.}$ ,  $Q_0=\text{var.}$   
 б)  $S_1=\text{var.}$ ,  $Q_0=\text{const.}$

Облик индикатрисе рефлексије показује природу рефлексионих особина коловозне површине: што је ближи полулопти, то је већи утицај дифузне компоненте рефлексије, док је у случају издуженог облика индикатрисе већи утицај усмерене компоненте рефлексије.

Табела рефлексије може да се представи и графички, помоћу изо-г дијаграма, који представља скуп кривих, од којих свака садржи тачке коловозне површине које имају исту вредност редукованог коефицијента сјајности  $r$ . На сликама 20 и 21 редом су приказани узорци асфалтног и бетонског коловоза, и њима припадајући изо-г дијаграма. Са слика 20 и 21 јасно се види разлика у облику изо-г дијаграма код различитих типова коловозних површина: код бетонских коловозних површина (са претежно дифузном рефлексијом), облик изо-г дијаграма је заобљен, док је код асфалтних коловозних површина (код којих је значајно присутна усмерена компонента рефлексије), дијаграм издуженог облика.



Слика 20. Узорак асфалтног пута и њему припадајући изо-г дијаграм



Слика 21. Узорак бетонског пута и њему припадајући изо-г дијаграм

### 3.3. Класификација сувих коловозних површина

Потпуна табела рефлексије за конкретну коловозну површину може да се добије само уз помоћ дугих лабораторијских мерења на узорцима стварног коловоза. Пошто се ради о веома скупој методи, а постоје и бројни проблеми који се односе на узимање и транспорт узорака коловоза, у међународним препорукама [16, 17, 19, 20] дефинисане су стандардне (фиктивне) рефлексионе класе коловоза, одабране тако да репрезентују скоро све врсте сувих коловозних површина које су у то време биле у употреби. Свакој стандардној рефлексионој класи придружена је стандардна табела рефлексије, чиме је посао пројектанта уличног осветљења веома упрошћен – довољно је да се утврди којој класи припада посматрана коловозна површина.

Напоменимо да су параметри  $S_1$  и  $Q_0$  узети као база за дефинисање стандардних класификационих система за све суве коловозне површине [16, 17, 19, 20]. У употреби су три класификациона система: R, C и N. У сва три класификациона система границе класа су изабране само на бази фактора огледалности  $S_1$ .

#### 3.3.1. R – класификациони систем

R – класификациони систем, усвојен од стране CIE [16, 17, 19, 20], представља најмасовније коришћени систем. Према овом систему, свака сува коловозна површина може да се сврста у једну од четири стандардне рефлексионе класе коловоза ( $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_3$  и  $R_4$ ), а у зависности од реалне измерене вредности фактора  $S_1$  (видети табелу 3). Свакој од тих класа придружен је нормализовани средњи коефицијент сјајности. Одређена је и стандардна вредност фактора  $S_1$ , која нема употребну вредност у процесу пројектовања уличног осветљења.



Табела 3. R-класификациони систем за суве коловозне површине

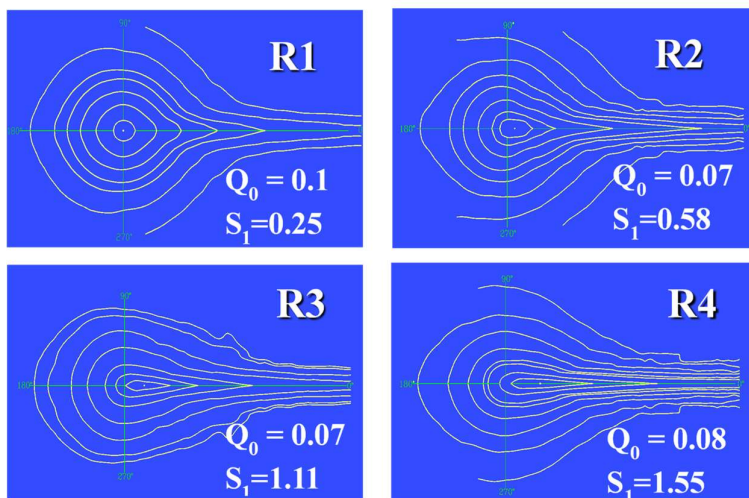
Класа	S <sub>1</sub> -границе	S <sub>1</sub> стандардно	Q <sub>0</sub> нормализовано	Тип рефлексије
R <sub>1</sub>	S <sub>1</sub> <0.42	0.25	0.10	Дифузна
R <sub>2</sub>	0.42≤S <sub>1</sub> <0.85	0.58	0.07	Приближно дифузна
R <sub>3</sub>	0.85≤S <sub>1</sub> <1.35	1.11	0.07	Слабо усмерена
R <sub>4</sub>	S <sub>1</sub> ≥1.35	1.55	0.08	Усмерена

Да би се овај систем правилно применио, неопходно је да се располаже реалним измереним вредностима параметара S<sub>1</sub> и Q<sub>0</sub> коловозне површине за коју се пројектује осветљење. На основу вредности фактора S<sub>1</sub> врши се избор најприближније стандардне рефлексионе класе. Да би се добила r-табела посматраног коловоза, потребно је да се редуковани коефицијенти сјајности из табеле која је придружена стандардној рефлексионој класи помноже корекционим фактором

$$K = \frac{Q_0(\text{измерено})}{Q_0(\text{нормализовано})} \quad (20)$$

У табели 4 [20] описно је дат састав површинског слоја коловоза за сваку од стандардне рефлексионе класе коловоза (R<sub>1</sub>, R<sub>2</sub>, R<sub>3</sub> и R<sub>4</sub>).

У табелама 5–8 приказане су табеле рефлексије стандардних рефлексионих класа сувих коловозних површина, а на слици 22 одговарајући изо-r дијаграми.



Слика 22 Изо-г дијаграми стандардних рефлексиних класа коловоза

Табела 4. Опис састава површинског слоја коловоза који припадају стандардним рефлексионим класама R<sub>1</sub>, R<sub>2</sub>, R<sub>3</sub> и R<sub>4</sub> [20]

Класа	Опис
R <sub>1</sub>	<p>Асфалтни путни покривач са најмање 15% вештачког материјала за повећање сјајности (Grenette, Luxovite, Synopal и сл.) или са најмање 30% јако светлих анортозита (арцлит, лабрадорит и сл.).</p> <p>Покривачи са каменом ситнежи која покрива више од 80% површине коловоза, при чему је камена ситнеж претежно састављена од материјала за повећање сјајности или од 100% веома светлих анортозита.</p> <p>Бетонска површина.</p>
R <sub>2</sub>	<p>Покривачи са храпавом текстуром и нормалним агрегатима.</p> <p>Асфалтни покривачи са 10% до 15% вештачког материјала за повећање сјајности.</p> <p>Груб и храпав асфалтни бетон богат шљунком (&gt;60%), са зрнима величине изнад 10 mm.</p> <p>Ливени асфалт непосредно по изливању.</p>
R <sub>3</sub>	<p>Асфалтни бетон у хладном стању (ливени асфалт) са шљунком гранулације до 10 mm, али са храпавом текстуром.</p> <p>Покривач са грубом текстуром, али углачаном.</p>
R <sub>4</sub>	<p>Ливени асфалт после више месеци коришћења.</p> <p>Покривачи са прилично глатком или углачаном текстуром.</p>

Табела 5. Табела рефлексије стандардне рефлексционе класе R<sub>1</sub> [20]

$\beta$ tgy	0	2	5	10	15	20	25	30	35	40	45	60	75	90	105	120	135	150	165	180								
0	655	655	655	655	655	655	655	655	655	655	655	655	655	655	655	655	655	655	655	655								
0.25	619	619	619	619	610	610	610	610	610	610	610	610	610	601	601	601	601	601	601	601								
0.5	539	539	539	539	539	539	521	521	521	521	521	503	503	503	503	503	503	503	503	503								
0.75	431	431	431	431	431	431	431	431	431	431	395	386	371	371	371	371	371	386	395	395								
1	341	341	341	341	323	323	305	296	287	287	278	269	269	269	269	269	269	278	278	278								
1.25	269	269	269	260	251	242	224	207	198	189	189	180	180	180	180	180	189	198	207	224								
1.5	224	224	224	215	198	180	171	162	153	148	144	144	139	139	139	144	148	153	162	180								
1.75	189	189	189	171	153	139	130	121	117	112	108	103	99	99	103	108	112	121	130	139								
2	162	162	157	135	117	108	99	94	90	85	85	83	84	84	86	90	94	99	103	111								
2.5	121	121	117	95	79	66	60	57	54	52	51	50	51	52	54	58	61	65	69	75								
3	94	94	86	66	49	41	38	36	34	33	32	31	31	33	35	38	40	43	47	51								
3.5	81	80	66	46	33	28	25	23	22	22	21	21	22	22	24	27	29	31	34	38								
4	71	69	55	32	23	20	18	16	15	14	14	14	15	17	19	20	22	23	25	27								
4.5	63	59	43	24	17	14	13	12	12	11	11	11	12	13	14	14	16	17	19	21								
5	57	52	36	19	14	12	10	9	9	8.8	8.7	8.7	9	10	11	13	14	15	16	16								
5.5	51	47	31	15	11	9	8.1	7.8	7.7	7.7																		
6	47	42	25	12	8.5	7.2	6.5	6.3	6.2																			
6.5	43	38	22	10	6.7	5.8	5.2	5																				
7	40	34	18	8.1	5.6	4.8	4.4	4.2																				
7.5	37	31	15	6.9	4.7	4	3.8																					
8	35	28	14	5.7	4	3.6	3.2																					
8.5	33	25	12	4.8	3.6	3.1	2.9																					
9	31	23	10	4.1	3.2	2.8																						
9.5	30	22	9	3.7	2.8	2.5																						
10	29	20	8.2	3.2	2.4	2.2																						
10.5	28	18	7.3	3	2.2	1.9																						
11	27	16	6.6	2.7	1.9	1.7																						
11.5	26	15	6.1	2.4	1.7																							
12	25	14	5.6	2.2	1.6																							

r - табела за стандардну рефлексionу класу R<sub>1</sub>

Карактеристични рефлексioni параметри:

$Q_0=0.10$

$S_1=0.25$

Табела 6. Табела рефлексије стандардне рефлексione класе R<sub>2</sub> [20]

$\beta$ tgy	0	2	5	10	15	20	25	30	35	40	45	60	75	90	105	120	135	150	165	180
0	390	390	390	390	390	390	390	390	390	390	390	390	390	390	390	390	390	390	390	390
0.25	411	411	411	411	411	411	411	411	411	411	379	368	357	357	346	346	346	335	335	335
0.5	411	411	411	411	403	403	384	379	370	346	325	303	281	281	271	271	271	260	260	260
0.75	379	379	379	368	357	346	325	303	281	260	238	216	206	206	206	206	206	206	206	206
1	335	335	335	325	292	291	260	238	216	195	173	152	152	152	152	152	141	141	141	141
1.25	303	303	292	271	238	206	184	152	130	119	108	100	103	106	106	106	114	114	119	119
1.5	271	271	260	227	179	152	141	119	108	93	80	76	76	80	84	87	89	91	93	95
1.75	249	238	227	195	152	124	106	91	78	67	61	52	54	58	63	67	69	71	73	74
2	227	216	195	152	117	95	80	67	61	52	45	40	41	45	49	52	54	56	57	58
2.5	195	190	146	110	74	58	48	40	35	30	27	24	26	28	30	33	35	38	40	41
3	160	155	115	67	43	33	26	21	18	17	16	16	17	17	18	21	22	24	26	27
3.5	146	131	87	41	25	18	15	13	12	11	11	11	11	11	12	14	15	17	18	21
4	132	113	67	27	15	12	10	9.4	8.7	8.2	7.9	7.6	7.9	8.7	9.6	11	12	13	15	17
4.5	118	95	50	20	12	8.9	7.4	6.6	6.3	6.1	5.7	5.6	5.8	6.3	7.1	8.4	10	12	13	14
5	106	81	38	14	8.2	6.3	5.4	5	4.8	4.7	4.5	4.4	4.8	5.2	6.2	7.4	8.5	9.5	10	11
5.5	96	69	29	11	6.3	5.1	4.4	4.1	3.9	3.8										
6	87	58	22	8	5	3.9	3.5	3.4	3.2											
6.5	78	50	17	6.1	3.8	3.1	2.8	2.7												
7	71	43	14	4.9	3.1	2.5	2.3	2.2												
7.5	67	38	12	4.1	2.6	2.1	1.9													
8	63	33	10	3.4	2.2	1.8	1.7													
8.5	58	28	8.7	2.9	1.9	1.6	1.5													
9	55	25	7.4	2.5	1.7	1.4														
9.5	52	23	6.5	2.2	1.5	1.3														
10	49	21	5.6	1.9	1.4	1.2														
10.5	47	18	5	1.7	1.3	1.2														
11	44	16	4.4	1.6	1.2	1.1														
11.5	42	14	4	1.5	1.1															
12	41	13	3.6	1.4	1.1															

r - табела за стандардну рефлексionу класу R2

Карактеристични рефлексioni параметри:

$Q_0=0.07$

$S_1=0.8$

Табела 7. Табела рефлексије стандардне рефлексционе класе R<sub>3</sub> [20]

$\beta$ tgγ	0	2	5	10	15	20	25	30	35	40	45	60	75	90	105	120	135	150	165	180								
0	294	294	294	294	294	294	294	294	294	294	294	294	294	294	294	294	294	294	294	294								
0.25	326	326	321	321	317	312	308	308	303	298	294	280	271	262	258	253	249	244	240	240								
0.5	344	344	339	339	326	317	308	298	289	276	262	235	217	204	199	199	199	199	194	194								
0.75	357	353	353	339	321	303	285	267	244	222	204	176	158	149	149	149	145	136	136	140								
1	362	362	352	326	276	249	226	204	181	158	140	118	104	100	100	100	100	100	100	100								
1.25	357	357	348	298	244	208	176	154	136	118	104	83	73	70	71	74	77	77	77	78								
1.5	353	348	326	267	217	176	145	117	100	86	78	72	60	57	58	60	60	60	61	62								
1.75	339	335	303	231	172	127	104	89	79	70	62	51	45	44	45	46	45	45	46	47								
2	326	321	280	190	136	100	82	71	62	54	48	39	34	34	34	35	36	36	37	38								
2.5	289	280	222	127	86	65	54	44	38	34	25	23	22	23	24	24	24	24	24	25								
3	253	235	163	85	53	38	31	25	23	20	18	15	15	14	15	15	16	16	17	17								
3.5	217	194	122	60	35	25	22	19	16	15	13	9.9	9	9	9.9	11	11	12	12	13								
4	190	163	90	43	26	20	16	14	12	9.9	9	7.4	7	7.1	7.5	8.3	8.7	9	9	9.9								
4.5	163	136	73	31	20	15	12	9.9	9	8.3	7.7	5.4	4.8	4.9	5.4	6.1	7	7.7	8.3	8.5								
5	145	109	60	24	16	12	9	8.2	7.7	6.8	6.1	4.3	3.2	3.3	3.7	4.3	5.2	6.5	6.9	7.1								
5.5	127	94	47	18	14	9.9	7.7	6.9	6.1	5.7																		
6	113	77	36	15	11	9	8	6.5	5.1																			
6.5	104	68	30	11	8.3	6.4	5.1	4.3																				
7	95	60	24	8.5	6.5	5.2	4.3	3.4																				
7.5	87	53	21	7.1	5.3	4.4	3.6																					
8	83	47	17	6.1	4.4	3.6	3.1																					
8.5	78	42	15	5.2	3.7	3.1	2.6																					
9	73	38	12	4.3	3.2	2.4																						
9.5	69	34	9.9	3.8	3.5	2.2																						
10	65	32	9	3.3	2.4	2																						
10.5	62	29	8	3	2.1	1.9																						
11	59	26	7.1	2.6	1.9	1.8																						
11.5	56	24	6.3	2.4	1.8																							
12	53	22	5.6	2.1	1.8																							

r - табела за стандардну рефлексionу класу R<sub>3</sub>

Карактеристични рефлексioni параметри:

$Q_0=0.07$

$S_1=1.11$

Табела 8. Табела рефлексије стандардне рефлексione класе R<sub>4</sub> [20]

$\beta$ tg $\beta$	0	2	5	10	15	20	25	30	35	40	45	60	75	90	105	120	135	150	165	180								
0	264	264	264	264	264	264	264	264	264	264	264	264	264	264	264	264	264	264	264	264								
0.25	297	317	317	317	317	310	304	290	284	277	271	244	231	224	224	218	218	211	211	211								
0.5	330	343	343	343	330	310	297	284	277	264	251	218	198	185	178	172	172	165	165	165								
0.75	376	383	370	350	330	304	277	251	231	211	198	165	139	132	132	125	125	125	119	119								
1	396	396	396	330	290	251	218	198	185	165	145	112	86	86	86	86	86	87	87	87								
1.25	403	409	370	310	251	211	178	152	132	115	103	77	66	65	65	63	65	66	67	68								
1.5	409	396	356	284	218	172	139	115	100	88	79	61	50	50	50	50	52	55	55	55								
1.75	409	396	343	251	178	139	108	88	75	66	59	44	37	37	37	38	40	41	42	45								
2	409	383	317	224	145	106	86	71	59	53	45	33	29	29	29	30	32	33	34	37								
2.5	396	356	264	152	100	73	55	45	37	32	28	21	20	20	20	21	22	24	25	26								
3	370	304	211	95	63	44	30	25	21	17	16	13	12	12	13	13	15	16	17	19								
3.5	343	271	165	63	40	26	19	15	13	12	11	9.8	9.1	8.8	8.8	9.4	11	12	13	15								
4	317	238	132	45	24	16	13	11	9.6	9	8.4	7.5	7.4	7.4	7.5	7.9	8.6	9.4	11	12								
4.5	297	211	106	33	17	11	9.2	7.9	7.3	6.6	6.3	6.1	6.1	6.2	6.5	6.7	7.1	7.7	8.7	9.6								
5	277	185	79	24	13	8.3	7	6.3	5.7	5.1	5	5	5.1	5.4	5.5	5.8	6.1	6.3	6.9	7.7								
5.5	257	161	59	19	9.9	7.1	5.7	5	4.6	4.2																		
6	244	140	46	13	7.7	5.7	4.8	4.1	3.8																			
6.5	231	122	37	11	5.9	4.6	3.7	3.2																				
7	218	106	32	9	5	3.8	3.2	2.6																				
7.5	205	94	26	7.5	4.4	3.3	2.8																					
8	193	82	22	6.3	3.7	2.9	2.4																					
8.5	184	74	19	5.3	3.2	2.5	2.1																					
9	174	66	16	4.6	2.8	2.1																						
9.5	169	59	13	4.1	2.5	2																						
10	164	53	12	3.7	2.2	1.7																						
10.5	158	49	11	3.3	2.1	1.7																						
11	153	45	9.5	3	2	1.7																						
11.5	149	41	8.4	2.6	1.7																							
12	145	37	7.7	2.5	1.7																							

r - табела за стандардну рефлексionу класу R<sub>4</sub>

Карактеристични рефлексioni параметри:

$$Q_0 = 0.08$$

$$S_1 = 1.55$$

### 3.3.2. N – класификациони систем

N – класификациони систем је такође усвојен од стране CIE, а највише се примењује у скандинавским земљама.

Он је такође базиран на факторима  $Q_0$  и  $S_1$ . Као и у R – класификационом систему, према вредностима фактора  $S_1$  дефинисане су четири стандардне рефлексионе класе типа N и одређене њима придружене r-табеле. У скандинавским земљама се по правилу додају вештачки материјали помоћу којих се постижу дифузне рефлексије површине коловоза, па су граничне вредности  $S_1$  ниже него код R – класификационог система.

Табела 9. N – класификациони систем за суве коловозне површине

Класа	$S_1$ -границе	Стандардна вредност $S_1$	Нормализована вредност $Q_0$
N I	$S_1 < 0.28$	0.18	0.10
N II	$0.28 \leq S_1 < 0.60$	0.41	0.07
N III	$0.60 \leq S_1 < 1.30$	0.88	0.07
N IV	$1.30 \leq S_1 < 2$	1.61	0.08

### 3.3.3. C – класификациони систем

C – класификациони систем, који је последњи предложен, уводи само две класе коловоза: C I и C II. За сваку од њих је одређена стандардна r-табела. Овај класификациони систем се примењује у британском стандарду BS 5489-1 [21], и користи се у земљама које примењују овај стандард. Класа C I приближно одговара класи R1, док остале три класе R - класификационог система спадају у класу C II. Евентуално усвајање овог система од стране CIE даље би поједноставило третирање рефлексионих карактеристика коловозних површина.



Табела 10. С - класификациони систем за суве коловозне површине

Класа	$S_1$ -границе	Стандардна вредност $S_1$	Нормализована вредност $Q_0$
С I	$S_1 < 0.4$	0.24	0.10
С II	$S_1 \geq 0.4$	0.97	0.07

Треба напоменути да, иако последњи технички извештај Међународне комисије за осветљење CIE 144-2001 [17] препоручује употребу С – класификационог система, у пракси се и даље најчешће користи R - класификациони систем.

#### 3.4. Одређивање рефлексионих карактеристика конкретних коловозних површина

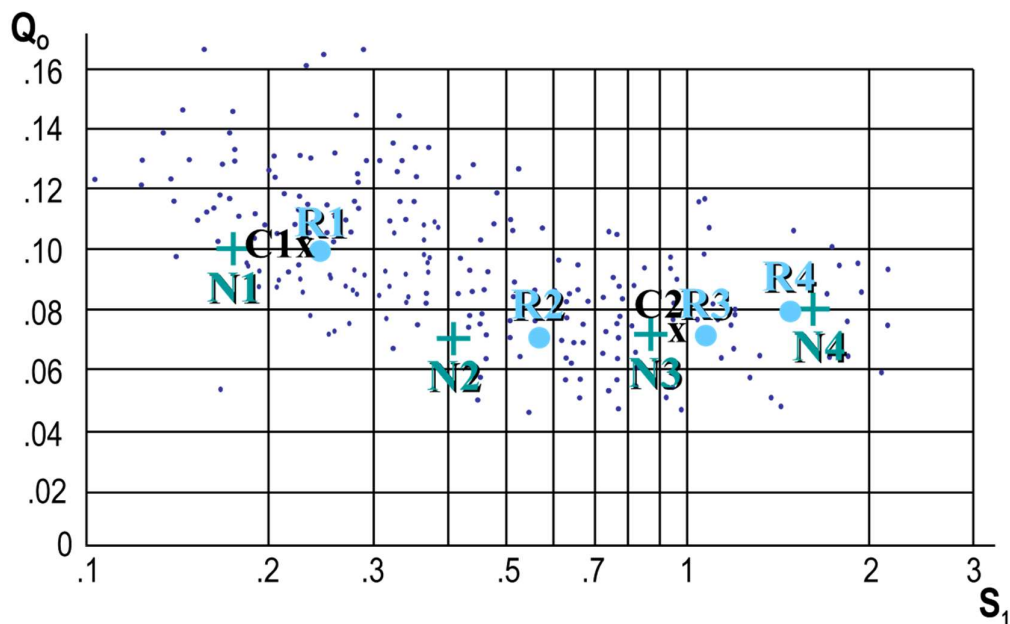
Табела рефлексије и одговарајућа вредност коефицијента  $Q_0$  могу да се одреде на три начина:

- Лабораторијским мерењима извршеним на узорцима стварног коловоза,
- Мерењима на терену помоћу портабл рефлектометра, и
- Сврставањем коловозне површине у једну од стандардних рефлексионих класа према вредности  $S_1$  (уколико је позната) или применом описног система, а потом усвајањем одговарајуће стандардне  $r$ -табеле и  $Q_{0 \text{ normal}}$ .

R – класификациони систем је базиран на бројним мерењима рефлексионих особина сувих коловозних површина извршених шездесетих и седамдесетих година прошлог века. На слици 23 у  $Q_0$ - $S_1$  дијаграму представљене су рефлексионе карактеристике коловозних површина које су биле измерене у том периоду [16]. На дијаграму су означени и положаји стандардних класа рефлексије у сва три класификациона система.

Међутим, током година, коловозне површине су се мењале. За израду путних покривача су коришћене нове врсте агрегата, што је значајно утицало на промену

рефлексионих особина коловоза. Бројна мерења су показала да стандардне г-табеле не репрезентују адекватно многе коловозне површине које се данас користе [22-29]. Због тога је Међународна комисија за осветљење 2007. године основала две радне групе, R4-30 “Measuring systems for in-situ road characteristics” и R4-32 “Reflection properties of road surfaces”, које имају задатак да дефинишу нове границе класа и нове стандардне табеле рефлексије које ће боље одговарати рефлексионим особинама коловозних површина које су данас у употреби.



Слика 23. Вредности фактора  $Q_0$  и  $S_1$  за бројне узорке стварних коловоза (измерене у лабораторији) и за све стандардне рефлексионе класе

Пошто рефлексионе особине посматраног коловоза могу значајно да одступају од оних које су представљене помоћу стандардних г-табела, пожељно је да се, кад год је то могуће, табела рефлексије одреди мерењем.

Препоручује се да се, макар за важније саобраћајнице, одређивање табеле рефлексије изврши употребом мобилног или лабораторијског рефлектометра. Уколико то није могуће, на основу вредности фактора  $S_1$  (уколико се она поседује) треба одредити стандардну рефлексиону класу која одговара посматраном

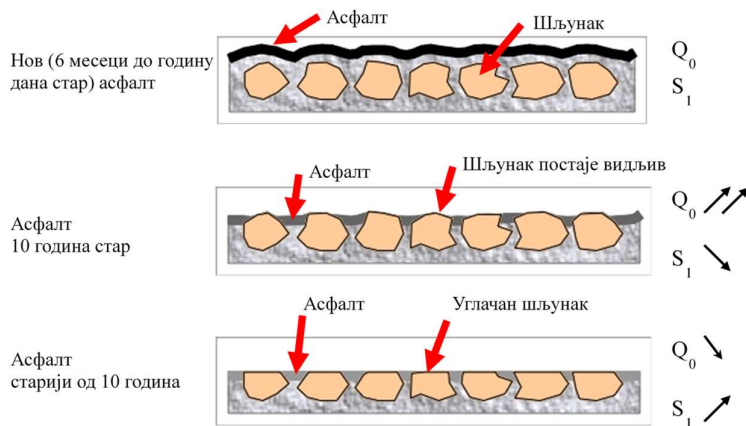
коловозу. С обзиром на то да је ниво сјајности коловоза линеарно пропорционалан са вредношћу средњег коефицијента сјајности  $Q_0$ , фотометријске прорачуне треба вршити коришћењем стварне (измерене) вредности коефицијента  $Q_0$ .

Ако вредност фактора  $S_1$  није позната, стандардна рефлексiona класа која одговара посматраном коловозу може да се одреди коришћењем табеле 4, дате у поглављу 3.3.1, која садржи опис површинског слоја коловоза за све четири стандардне рефлексione класе. У таквим случајевима, углавном се не располаже ни вредношћу коефицијента  $Q_0$ , па се усваја нормализован средњи коефицијент сјајности који је придружен изабраној стандардној рефлексionoј класи.

Код новопроектлованих саобраћајница, као и код постојећих саобраћајница код којих се врши комплетна реконструкција (замена коловозног покривача и инсталације осветљења), ситуација је неповољнија, у смислу да није могуће извршити одређивање елемената г-табеле (адекватна мерења могу да се изврше тек након годину дана коришћења коловоза). У таквим случајевима, а за потребе израде пројекта осветљења, могу се користити подаци о рефлексionим особинама коловоза какви постоје на постојећим саобраћајницама на којима је коришћен исти или сличан материјал површинског слоја.

#### 4. МЕРЕЊЕ РЕФЛЕКСИОНИХ КАРАКТЕРИСТИКА КОЛОВОЗНИХ ПОВРШИНА

Као што је напред речено, комплетна табела рефлексије која одговара конкретној коловозној површини може да се добије само на основу дугих лабораторијских мерења на узорцима стварног коловоза. Сваки узорак коловоза на коме се врше мерења рефлексионих особина треба да буде у стању у каквом ће бити током већег дела свог века трајања. Када нови коловоз почне да се користи, услед хабања његовог површинског слоја долази до сталних промена рефлексионих особина коловозног покривача. Пракса је показала да се после једногодишње употребе површина коловоза стабилизује у погледу даљих промена рефлексионих особина. На слици 24 приказане су промене на површинском слоју асфалта које се дешавају услед хабања. На почетку експлоатационог периода асфалт је веома таман и у потпуности прекрива камен и шљунак. Тада фактор  $Q_0$  има малу, а фактор  $S_1$  велику вредност. Током експлоатације, површински слој асфалта се смањује услед хабања, вредност фактора  $Q_0$  се повећава, а вредност фактора  $S_1$  смањује. Отприлике након 10 година шљунак постаје видљив, површина коловозног покривача је и даље хрпава, фактор  $Q_0$  достиже своју максималну, а фактор  $S_1$  минималну вредност у току века трајања. Током даље експлоатације долази до углачавања површинског слоја, услед чега рефлексије постају усмереније, коефицијент  $S_1$  почиње да расте, а коефицијент  $Q_0$  да опада.



Слика 24. Промене на површинском слоју асфалта које се дешавају услед хабања

У табели 11 приказане су вредности добијене лабораторијским мерењима на узорцима истог асфалтног коловоза различите старости.

Табела 11. Промене параметара  $Q_0$  и  $S_1$  услед хабања површинског слоја коловоза

Старост асфалта	$Q_0$	$S_1$
нов асфалт	0.03	0.63
1-10 година	0.07	0.58
11 година	0.09	0.50
15 година	0.07	0.80

Пошто након 10 година употребе долази до великих промена рефлексиних карактеристика коловоза, које утичу и на сјајност и њену равномерност, препоручује се замена површинског слоја асфалта сваких 10 година.

С обзиром на то да рефлексине карактеристике површине коловоза нису исте у свим њеним тачкама, треба узети неколико узорка са разних делова коловоза: са оних који остају испод точкова возила, са делова коловоза између њих, као и са оних уз ивицу пута. Тачна места са којих ће се узети узорци треба да се одреде посматрањем при дневном и вештачком осветљењу (понекад закрпе на путу нису визуелно различите од осталог коловоза при дневној светлости, али могу да буду веома уочљиве током ноћних сати при осветљеном коловозу).

Узорци коловозне површине треба да буду у облику правога ваљка (чија је изводница нормална на основу). Горња површина узорка не сме да буде оштећена приликом вађења, а након узимања узорка морају да се предузму све неопходне мере како би он остао у истом стању у коме је био пре узимања. Код узорка еластичних коловоза посебно треба водити рачуна о њиховом обезбеђивању пре мерења, како би се спречила њихова деформација. На узорку обавезно мора да се обележи смер вожње.

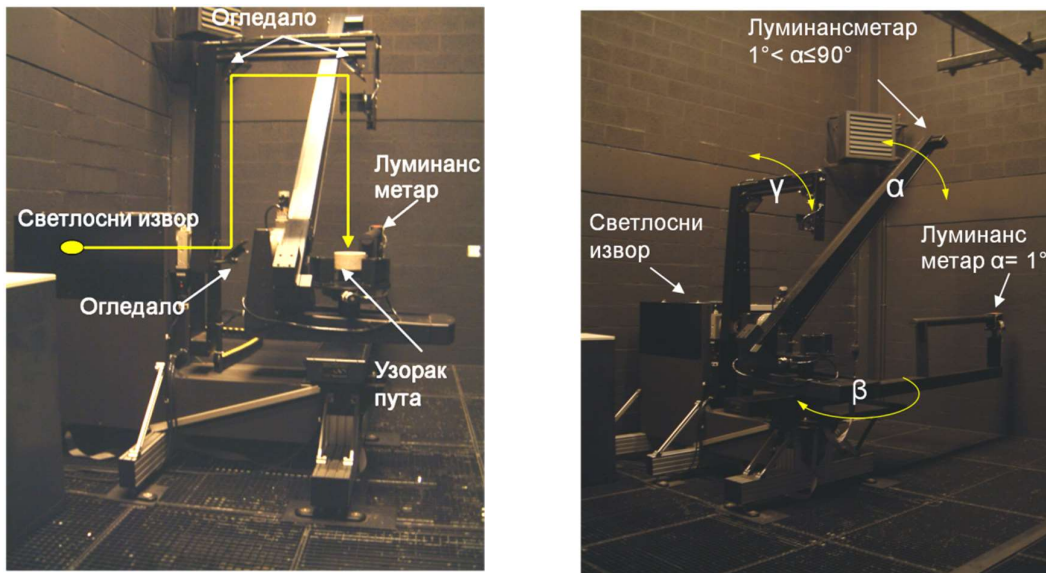
На слици 25 приказан је процес узимања узорка коловоза који подразумева коришћење специјалних машина, обустављање саобраћаја и обезбеђивање локације са које се узимају узорци. Узимање узорака, њихово обезбеђивање и транспорт, као и поправке коловоза, веома су скупи. Да би се овај проблем превазишао, у развојном центру компаније Schröder у Лијежу приступило се развоју мобилног портабл рефлектометра, који треба да омогући да се за посматрани коловоз на лицу места одреди довољно тачна табела рефлексије. У овом поглављу ће бити описани и лабораторијски и мобилни рефлектометар, уз навођење предности и недостатака оба рефлектометра.



Слика 25. Узимање узорка пута

#### 4.1. Лабораторијски рефлектометар

Принцип рада лабораторијског рефлектометра приказан је на примеру четвороугаоног рефлектометра развијеног у лабораторији компаније Schröder у Лијежу (слика 26), којим се врши одређивање елемената  $r$ -табеле за одређену коловозну површину, а на основу одабраних узорака.



Слика 26. Лабораторијски рефлектометар у Лијежу, чеони и бочни изглед

Он садржи три основна елемента:

- постоље на које се фиксира узорак коловозне површине,
- уређај за осветљавање са светлосним извором и оптичким системом, и
- уређај који носи луминансметар.

Уређај користи халогену сијалицу (у складу са препоруком CIE 30.2-1982 [20], која препоручује употребу инкандесцентне сијалице са већом температуром боје), снаге 50 W, као извор светлости. Оптички систем чине три огледала, која су постављена тако да се након одбијања од њих добије паралелан сноп светлосних зракова. Носач на коме су постављена огледала може да ротира око хоризонталне

осе, чиме се упадни угао светлости на мереном узорку ( $\gamma$ ) мења од  $0^\circ$  до  $87^\circ$ . При ротацији растојање од светлосног извора до узорка на коме се врше мерења остаје непромењено.

Лабораторијски рефлектометар у Лијежу има два луминансметра, који се налазе на два одвојена носача. Први луминансметар је веома прецизно позициониран на носачу дужине 2.5 m, тако да се површина мерног узорка види тачно под углом од  $1^\circ$ . Други се налази на носачу који може да ротира око хоризонталне осе, чиме су омогућена мерења при угловима посматрања ( $\alpha$ ) од  $1^\circ$  до  $90^\circ$ . Оба носача са луминансметрима могу да ротирају око вертикалне осе која се налази у центру узорка чије се рефлексивне карактеристике мере, чиме се омогућава промена угла  $\beta$  од  $0^\circ$  до  $180^\circ$ . Сва неопходна кретања у мерном систему се одвијају аутоматски, обезбеђујући унапред задате промене релевантних углова  $\beta$  и  $\gamma$ .

Први луминансметар који мери рефлектовану светлост под углом  $\alpha=1^\circ$  користи се за мерење дводимензионалних табела рефлексивности коловоза (елементи г-табеле су функција само углова  $\beta$  и  $\gamma$ ). Други луминансметар, који врши мерења при угловима посматрања већим од  $1^\circ$  може да се користи при одређивању рефлексивних карактеристика површина које се налазе у вертикалним равнима (нпр. зидови у тунелу). За таква мерења је неопходно обезбедити промену 4 угла: промену упадних углова светлости и углова посматрања, и то како у вертикалним, тако и у хоризонталним равнима (одатле потиче назив четвороугаони рефлектометар).

Оптички систем луминансметра дефинише величину мерног поља које се налази унутар осветљеног поља на узорку коловоза чије се рефлексивне особине одређују. Величина осветљеног поља је оптички (помоћу система огледала) и геометријски (димензијама носача) усклађена са величином мерног узорка (осветљено поље мора да буде веће од површине коју „види“ луминансметар).

Напред је наведено да узорци коловоза треба да буду у облику ваљка чија је изводница нормална на основу. За потребе рефлектометра, пречник основе треба да буде 10 cm, а висина 9 cm.



Мерења извршена лабораторијским рефлектометром су веома прецизна. Њима се добијају сви елементи  $\gamma$ -табеле, што је велика предност ове методе. Њени недостаци су велики трошкови узимања узорака и поправке коловоза, због чега се најчешће узима мали број узорака (2-3 узорка), уз неповољну могућност да узети узорци можда не репрезентују посматрану коловозну површину на најбољи начин (коловозна површина никад није хомогена). Уз то, постоји и могућност оштећења узорака приликом транспорта, који такође није јефтин.

На основу измерених табела рефлексије свих узорака коловоза, формира се јединствена табела рефлексије (сваки елемент новоформиране табеле израчунава се као аритметичка средина одговарајућих елемената из измерених табела), која репрезентује рефлексионе карактеристике целог посматраног коловоза. Јасно је да број узетих узорака значајно утиче на тачност резултата. С обзиром на то да коловозне површине нису хомогене, увек се поставља и питање да ли одабрани узорци заиста верно репрезентују посматрану коловозну површину

## 4.2. Одређивање рефлексионих карактеристика коловозних површина на терену

У циљу превазилажења тешкоћа које прате лабораторијска мерења, пре десетак година почели су да се конструишу мобилни (портабл) рефлектометри, намењени теренским мерењима рефлексионих особина коловоза. Њихова примена омогућава мерења на већем броју позиција на коловозу, и то без оштећења његовог површинског слоја. С обзиром на то да појединачна мерења на једној позицији трају кратко, могуће је брзо извршити мерења на великом броју позиција на посматраној коловозној површини. Иако је свако појединачно мерење мање тачности него да је извршено у лабораторији на истом узорку, велики број мерења омогућава формирање резултантне табеле рефлексије која боље репрезентује целу коловозну површину. У овом поглављу је дат преглед доступних типова мобилних рефлектометара који се користе у свелотехничкој пракси. Међутим, због конструктивних и механичких ограничења са којима се суочавају конструктори свих мобилних рефлектометара, овакви уређаји имају одређене недостатке, од којих су најважнији:

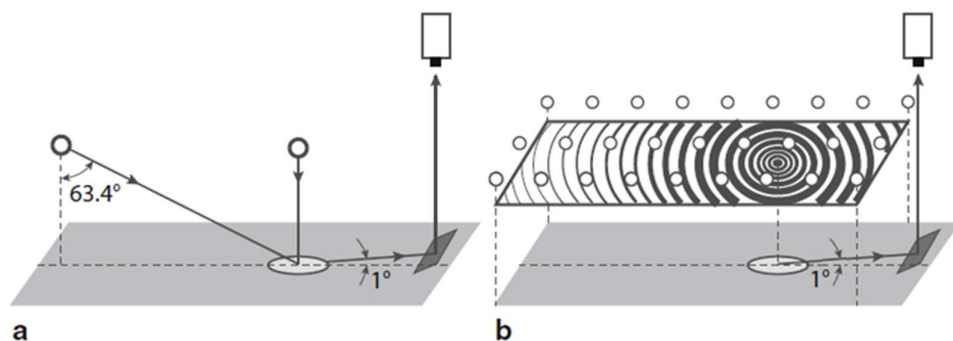
- немогућност мерења сјајности за све релевантне комбинације углова  $\beta$  и  $\gamma$ , и
- код појединих типова мобилних рефлектометара мерења се врше за углове посматрања који су (значајно) већи од угла  $\alpha = 1^\circ$ , на коме се заснивају сви међународни стандарди и препоруке из области уличног осветљења [4].

Последица напред наведеног је да мобилне рефлектометре најчешће не карактерише потребна тачност.

#### 4.2.1. Мобилни (портабл) рефлектометри

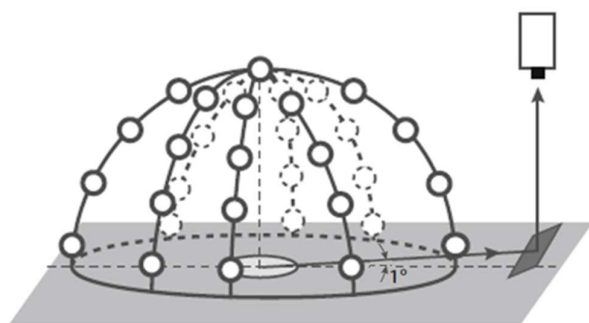
У циљу превазилажења недостатака методе мерења рефлексионих особина коловозних површина лабораторијским рефлектометром, развијени су следећи типови мобилних рефлектометара [30]:

1. Уређаји који не мере појединачне вредности елемената  $r$ -табеле, већ само вредности  $S_1$  и  $Q_0$  (при углу посматрања од  $1^\circ$ ) [31-33]. Теоријски, мерење фактора  $S_1$  може да се изврши помоћу два независна извора светлости који се засебно укључују и који су постављени под одговарајућим угловима у рефлектометру ( $\gamma=0^\circ$  и  $\gamma=63.4^\circ$ ). Принцип рада оваквих уређаја приказан је на слици 27а. Множењем количника ова два мерења са  $\cos^3(63.4^\circ)$  израчунава се вредност фактора  $S_1$ . С обзиром на то да није могуће извршити прецизно мерење под углом од  $1^\circ$  при малом растојању, а уређај мора да има димензије прихватљиве за транспорт, мерења се врше коришћењем система огледала. Мерење средњег коефицијента сјајности  $Q_0$  значајно је компликованије. Први уређај за мерење средњег коефицијента сјајности  $Q_0$  конструисан је још 1967. године [31]. Његов принцип рада приказан је на слици 27б. Он садржи велики број извора светлости равномерно распоређених на горњој површини уређаја (испод њих се налази филтер који се састоји од концентричних црно-белих кругова који обезбеђују све смерове упада светлости у посматрану тачку коловоза (P) дефинисане просторним углом  $\Omega_0$  који практично утичу на њену сјајност. Мерење се врши под углом од  $1^\circ$  уз помоћ система огледала. Уређај је био веома гломазан, и зато непрактичан. Пре сваког мерења требало је извршити низ подешавања, што га је чинило компликованим за употребу, па није ни наишао на ширу употребу у пракси. Пре неколико година направљен је прототип новог (побољшаног) инструмента, који је базиран на истим принципима, али је знатно једноставнији за употребу [32]. Такође конструисан је и прототип уређаја у коме су извори светлости распоређени на хемисфери [33].



Слика 27. Принцип рада уређаја за одређивање фактора  $S_1$  (а) и средњег коефицијента сјајности  $Q_0$  (б) (слика преузета из референце [30] уз допуну)

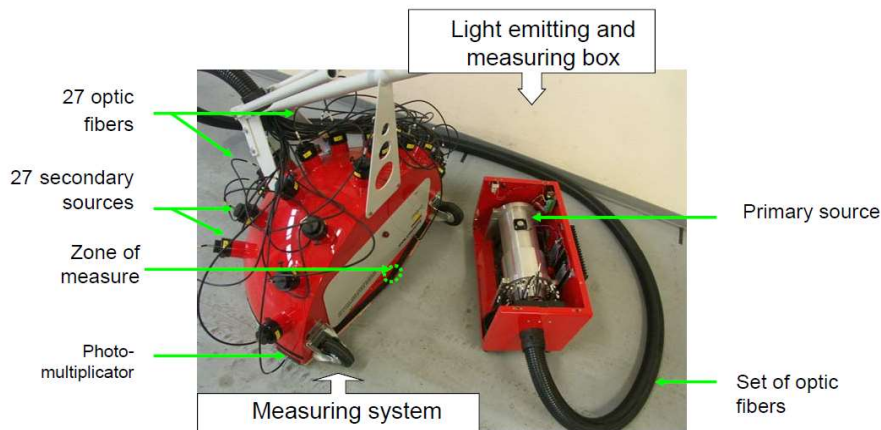
2. Рефлектометри који мере одређен број елемената табеле рефлексије (при углу посматрања од  $1^\circ$ ), за одређени број упадних углова светлости ( $\gamma$ ) и углова између вертикалне равни упада светлости и вертикалне равни посматрања ( $\beta$ ). Преостали елементи табеле рефлексије се потом израчунавају коришћењем одговарајућег математичког модела. Развијено је више различитих математичких модела за израчунавање елемената табеле који не могу да се измере [34-36] и израђено је неколико прототипова оваквих уређаја [37, 38]. Принцип рада оваквих уређаја приказан је на слици 28.



Слика 28. Рефлектометри који мере одређен број елемената табеле рефлексије (при углу посматрања од  $1^\circ$ ). Кружићи представљају изворе светлости (слика преузета из референце [30] уз неопходне допуне)

3. Рефлектометри у којима је примењен инверзни принцип, према коме се светлосни зраци понашају исто уколико се замене правац упада светлости и

правац посматрања [39, 40]. Уређаји који раде на овом принципу осветљавају површину под углом од  $1^\circ$  и мере сјајност под различитим угловима посматрања, при којима је лакше могуће поставити детекторе који мере сјајност. Овакви рефлектометри такође омогућавају одређивање ограниченог броја елемената табеле рефлексије, а преостали елементи се израчунавају коришћењем одговарајућег математичког модела. На слици 29 приказан је један такав рефлектометар, под називом Coluroute (COefficient de LUminance des ROUTEs) [39]. Системом оптичких влакана обезбеђује се упадни угао светлости од  $1^\circ$ , док 27 детектора светлости мери сјајност подлоге под одређеним угловима  $\beta$  и  $\gamma$ . Према инверзном принципу, положај ових 27 детектора дефинише 27 коефицијената сјајности, а измерене вредности представљају улазне податке за математички модел помоћу кога се одређују остали елементи табеле рефлексије, фактор  $S_1$  и средњи коефицијент сјајности  $Q_0$ .



Слика 29. Мобилни рефлектометар Coluroute

Инверзни принцип користи и рефлектометар NSVV развијен у Холандији [40]. Овај рефлектометар врши мерења под углом од  $1^\circ$  у само две  $\beta$  равни ( $0^\circ$  и  $90^\circ$ ), а остали елементи се израчунавају помоћу математичког модела. Коришћени модел даје добре резултате на коловозним површинама израђеним од порозног асфалта типа Zoab који се користи у Холандији, али

примена овог модела не даје поуздане резултате на другим коловозним површинама.

4. С обзиром на то да је, због релативно малих димензија портабл уређаја, веома тешко извршити поуздано мерење при углу посматрања од  $1^\circ$ , конструисани су уређаји који мере сјајност за одређени број парова углова  $\beta$  и  $\gamma$  при једном или више углова посматрања који су већи од  $1^\circ$ . У овом раду је разматран уређај таквог типа, под називом Memphis, који је развила групација Schröder [41-43]. У даљем тексту је дат детаљан приказ тог уређаја. Описан је оригиналан начин одређивања табеле рефлексije и предложена нова метода за коришћење уређаја Memphis.

#### 4.2.2. Мобилни рефлектометар Memphis

У циљу превазилажења недостатака методе за мерење рефлексионих особина коловозних површина лабораторијским рефлектометром, у развојном центру R - Tech компаније Schröder приступило се развоју мобилног портабл рефлектометра у оквиру пројекта Measure Et Modélisation Photométriques In Situ (фотометријска мерења и моделовања на терену). Име мобилног рефлектометра је састављено од почетних слова назива пројекта.

Мерења извршена мобилним рефлектометром свакако су мање прецизна од лабораторијских мерења. Међутим, конструкцијом уређаја довољно малих димензија (да би лако могао да се транспортује) омогућено је извођење мерења у повећаном броју тачака на коловозу, што повољно утиче на укупну тачност мерења.

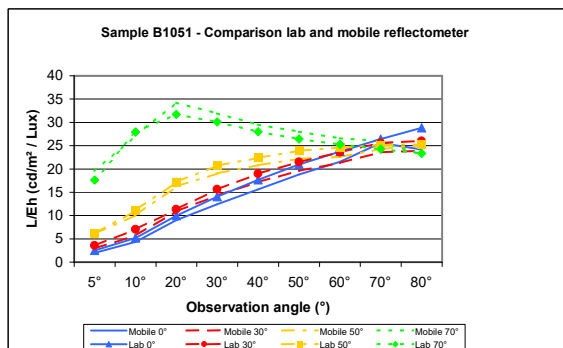
Прототип мобилног рефлектометра Memphis прве генерације, приказан на слици 30, могао је да мери вредности за 576 различитих комбинација углова  $\alpha$ ,  $\beta$  и  $\gamma$  (9 углова  $\alpha$ , 16 углова  $\beta$  и 4 угла  $\gamma$ ). Систем се састојао од четири извора светлости опремљених одговарајућим оптичким системом и 9 фотоћелија које су имале улогу поједностављених луминансметара. Носач на коме су се налазили „луминансметри“ имао је облик кружног лука и могао је да ротира око вертикалне осе од  $0^\circ$  до  $150^\circ$ , са кораком од  $10^\circ$  (укупно 16 положаја, односно 16 углова  $\beta$ ). Детаљнији опис ће бити дат касније, приликом описа мобилног рефлектометра друге генерације. Уређај је био повезан са рачунаром. Комплетан процес контроле рада извора светлости и сензора, као и процес прикупљања података мерења, био је потпуно аутоматизован. Уређај је имао аутономно напајање из оловне акумулаторске батерије од 12 V. Једно мерење (одређивање свих 576 вредности) трајало је 4-5 минута због ротационог кретања носача са луминансметрима.



Слика 30. Мобилни рефлектометар Memphis прве генерације (прототип)

У циљу валидације концепта и уређаја, вршене су бројне провере: после извршених мерења мобилним рефлектометром, узимани су узорци коловоза (са истих локација на којима је вршено мерење са мобилним уређајем) чије су рефлексионе карактеристике потом мерене помоћу лабораторијског рефлектометра (вршена су мерења са циљем да се добије стварна  $r$ -табела (за угао посматрања  $1^\circ$ ), као и  $r$ -табеле које одговарају угловима које може да мери мобилни рефлектометар). Вршена су и мерења сјајности на посматраним саобраћајницама.

На основу великог броја мерења извршених на истом узорку пута помоћу мобилног и лабораторијског рефлектометра за комбинације углова  $\alpha$ ,  $\beta$  и  $\gamma$  за које мобилни рефлектометар врши мерења, утврђено је да су мерења мобилним рефлектометром задовољавајуће тачности. На слици 31 приказани су резултати мерења добијени помоћу лабораторијског рефлектометра и мобилног рефлектометра на једном узорку коловоза.



Слика 31. Поређење резултата мерења добијених помоћу лабораторијског и мобилног рефлектометра на истом узорку коловоза



У жељи да се смање димензије уређаја, које су биле релативно велике, приступило се поновној анализи података који су добијени мерењима помоћу описаног мобилног рефлектометра, којом је утврђено да се тачност резултата неће битно променити уколико се смањи број  $\beta$  равни у којима се врше мерења. Наиме, анализа је показала да се узимањем у обзир само углова  $\beta$  од  $0^\circ$ ,  $10^\circ$ ,  $20^\circ$ ,  $30^\circ$  и  $150^\circ$  апсолутна вредност процентуалне грешке израчунатог нивоа сјајности (на основу  $g$ -табеле одређене на основу мерења са смањеним бројем углова  $\beta$ ) у односу на измерени ниво сјајности повећава само 1,5%. Због тога се приступило конструкцији мобилног рефлектометра друге генерације, значајно мањих димензија, који ради са битно мањим бројем углова  $\beta$  (значајно мање димензије уређаја учиниле су га лакшим и за транспорт и за употребу).

#### 4.2.3. Мобилни рефлектометар Memphis друге генерације

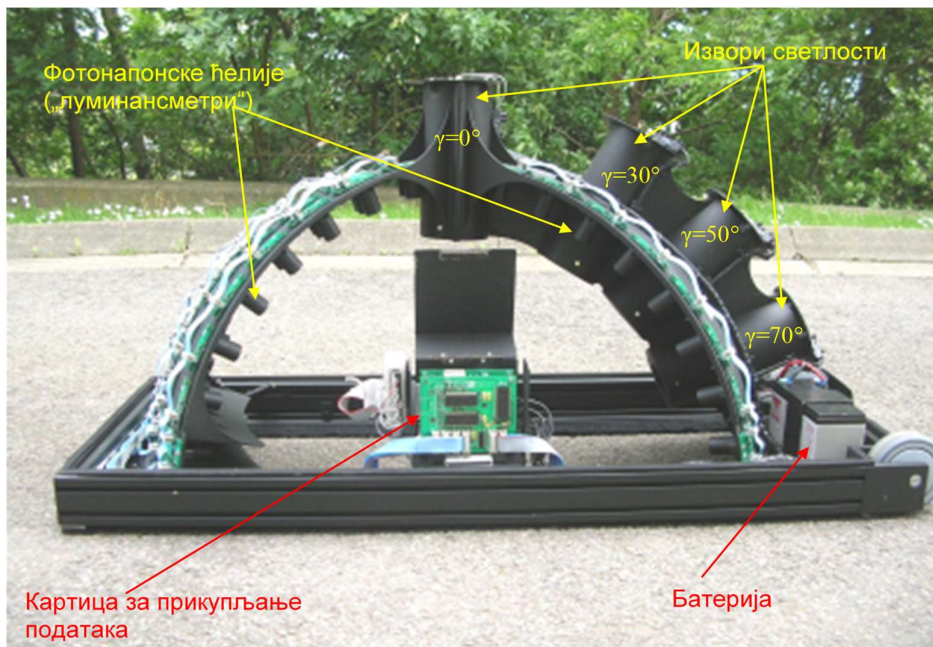
Мобилни рефлектометар Memphis друге генерације представља компактан уређај приказан на слици 32, у коме нема ротирајућих делова, а време мерења износи свега 12 секунди.



Слика 32. Мобилни рефлектометар Memphis друге генерације

Овај уређај се састоји од следећих делова приказаних на слици 33:

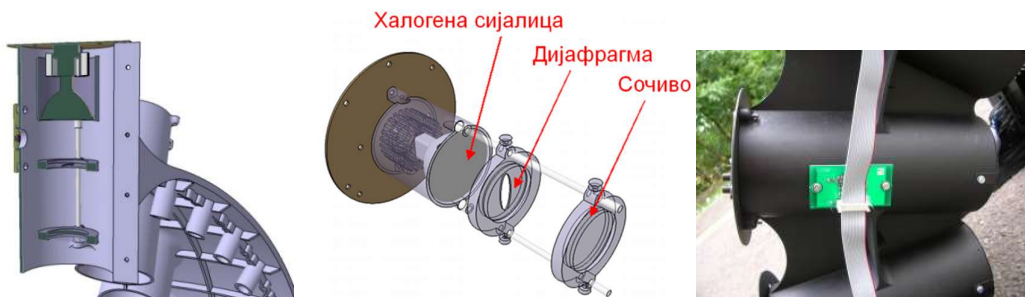
- Четири извора светлости опремљених одговарајућим оптичким системом,
- 45 фотонапонских ћелија које служе као луминансметри,
- Картице за прикупљање података и управљање радом извора светлости, преко које је уређај повезан са рачунаром (Acquisition card), и
- Оловне батерије 12 V која омогућава аутономан рад уређаја.



Слика 33. Основни делови мобилног рефлектометра Memphis друге генерације

### Извори светлости

Сваки извор светлости садржи халогену сијалицу снаге 50 W, одговарајући оптички систем и фотонапонску ћелију за аутокалибрацију. Оптички систем се састоји од дијафрагме и сочива (приказаних на слици 34), који су посебно дизајнирани за сваки извор светлости тако да се, без обзира на упадни угао светлости, на површини на којој се врше мерења увек осветљава иста кружна површина пречника 113 mm (приближно је једнака површини узорака коловоза који се користе при мерењима помоћу лабораторијског рефлектометра).



Слика 34. Извор светлости са припадајућим оптичким системом (изглед, подужни пресек и спољни изглед са приказаном фотоћелијом за аутокалибрацију)

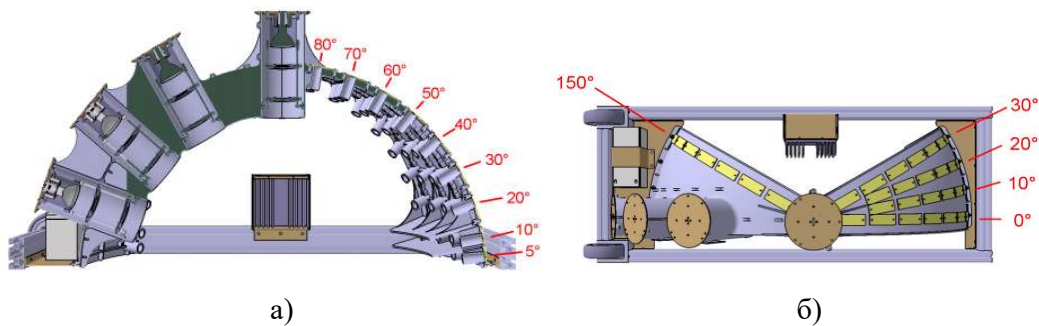
Халогена сијалица је изабрана из три разлога: има довољно велики светлосни флукс који обезбеђује постизање потребне вредности хоризонталне осветљености, може да издржи честа укључења/искључења и погодан је облика и малих димензија.

Иако споро, светлосни флукс халогене сијалице опада током времена, па би, у циљу постизања константне осветљености, требало редовно вршити калибрацију. Да би се то избегло, сваки извор светлости је опремљен фотонапонском ћелијом, помоћу које у сваком тренутку може да се изврши процена светлосног флукса сијалице, а самим тим и осветљености. Приликом калибрације фотонапонске ћелије врши се мерење напона који она даје и хоризонталне осветљености на површини на којој се врши мерење. У току коришћења рефлектометра, хоризонтална осветљеност може да се израчуна помоћу формуле

$$E_h = \frac{U_{\text{измерено}}}{U_{\text{током калибрације}}} \cdot E_h \text{ током калибрације} \quad (21)$$

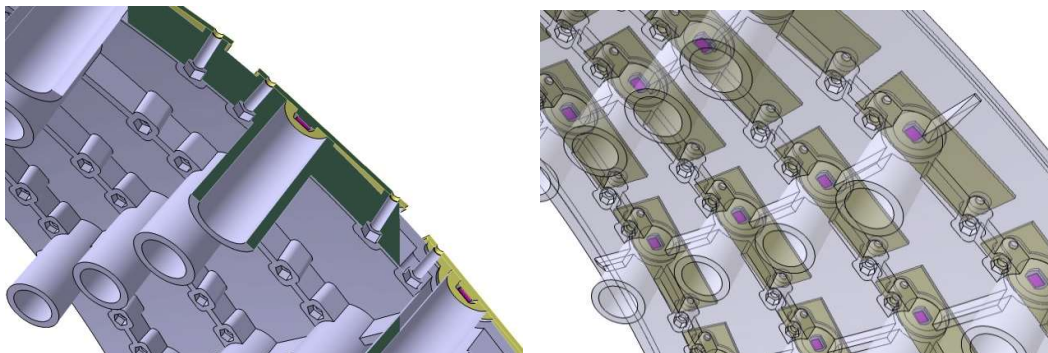
### Мерење сјајности

За мерење сјајности мобилни рефлектометар користи 45 фотонапонских ћелија распоређених у 5  $\beta$  – равни (по 9 у свакој  $\beta$  – равни за 9 углова посматрања  $\alpha$  (слика 35)).



Слика 35. Распоред фотоћелија: а) 9 углова посматрања  $\alpha$ , б) 5 равни  $\beta$

На фотоћелијама је извршена V- $\lambda$  корекција, а избављарене су тако да мере сјајност. На тај начин је добијено 45 малих „луминансметара“ који мере сјајност рефлектоване светлости (слика 36).



Слика 36. „Луминансметри“ мобилног рефлектометра Memphis

### Мерење

Напред је речено да је мобилни рефлектометар Memphis друге генерације малих димензија и да мерење траје свега 12 s, што омогућава извођење великог броја мерења у разним тачкама на истој коловозној површини.

За сваку изабрану тачку у којој ће се извршити мерење, процес мерења је веома једноставан: рефлектометар се постави у изабрану тачку, укључе се и он и рачунар, унесу подаци о локацији на којој се врши мерење и притисне тастер на екрану Start acquisition, после чега се мерење одвија потпуно аутоматизовано. На почетку мерења су сви извори светлости искључени, а свака фотоћелија мери шум (уколико постоји значајна количина светлости која потиче од неког другог извора). Након тога се укључује извор светлости на позицији  $\gamma=0^\circ$ , уређај чека 3 s да се стабилизује светлосни флуks извора, врши се калибрација извора (ради одређивања хоризонталне осветљености), после чега се очитавају показивања свих 45 фотоћелија. На крају описане процедуре искључује се извор светлости на позицији  $\gamma=0^\circ$  и укључује онај на позицији  $\gamma=30^\circ$ . Описана процедура се понавља за сва четири извора светлости (слика 37).



Слика 37. Етапе мерења мобилним рефлектометром

### Одређивање табеле рефлексије

Пошто димензије мобилног рефлектометра не омогућавају мерење сјајности за све релевантне комбинације углова  $\beta$  и  $\gamma$ , као и због чињенице да се мерења врше за углове посматрања који су (значајно) већи од угла  $\alpha = 1^\circ$ , на коме се заснивају сви међународни стандарди и препоруке из ове области, за одређивање елемената  $r$ -табеле развијена је метода (са пратећим софтвером) заснована на одговарајућој бази података, која методом поређења омогућава одређивање комплетне табеле рефлексије која најмање одступа од стварне, као и одговарајућег коефицијента  $Q_0$ .

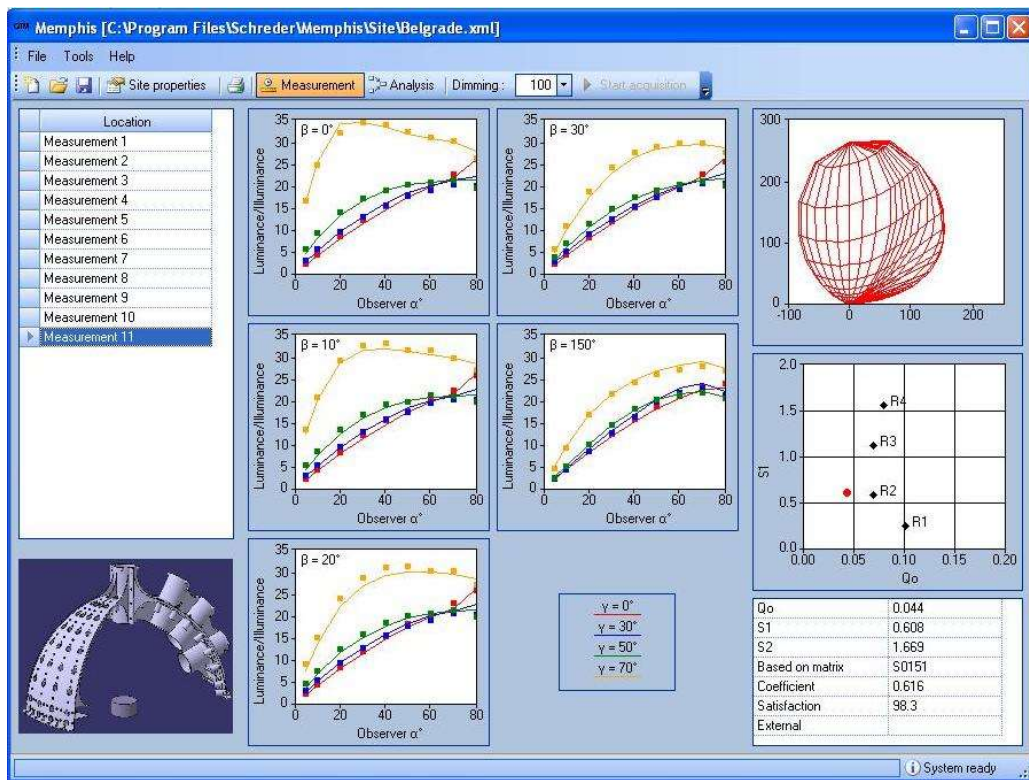
За примену ове методе било је неопходно прво формирати базу података која за што је могуће већи број узорака референтних коловозних површина садржи резултате мерења коефицијената сјајности ( $q$ ) извршених помоћу мобилног уређаја (за углове посматрања  $\alpha = 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ, 30^\circ, 40^\circ, 50^\circ, 60^\circ, 70^\circ$  и  $80^\circ$ , у пет  $\beta$  равни ( $\beta = 0^\circ, 10^\circ, 20^\circ, 30^\circ$  и  $150^\circ$ ) и за четири упадна угла светлости ( $\gamma = 0^\circ, 30^\circ, 50^\circ$  и  $70^\circ$ )) и њима придружене комплетне  $r$ -табеле измерене за исте узорке помоћу прецизног лабораторијског рефлектометра (за угао посматрања  $\alpha = 1^\circ$  и све релевантне комбинације углова  $\beta$  и  $\gamma$ ).

Приликом одређивања рефлексивних карактеристика, софтвер пореди свих 180 (=  $9 \cdot 5 \cdot 4$ ) измерених вредности коефицијента сјајности са одговарајућим вредностима из базе које се односе на сваки референтан узорак, проналази најприближнији узорак применом методе минималног средњег квадратног одступања, одређује коефицијент пропорције и на основу тога формира одговарајућу  $r$ -табелу чији су елементи добијени множењем елемената  $r$ -табеле која одговара најприближнијем узорку израчунатим коефицијентом.



Програм има два модула, од којих први (модул Measurement) служи за приказивање резултата појединачно извршених мерења на одређеној коловозној површини. Он даје најприближнију табелу рефлексије и фактор  $Q_0$  за конкретно мерење, коефицијент пропорције, као и коефицијент који показује у ком проценту се рефлексионе карактеристике посматране површине поклапају са карактеристикама изабране коловозне површине (из базе).

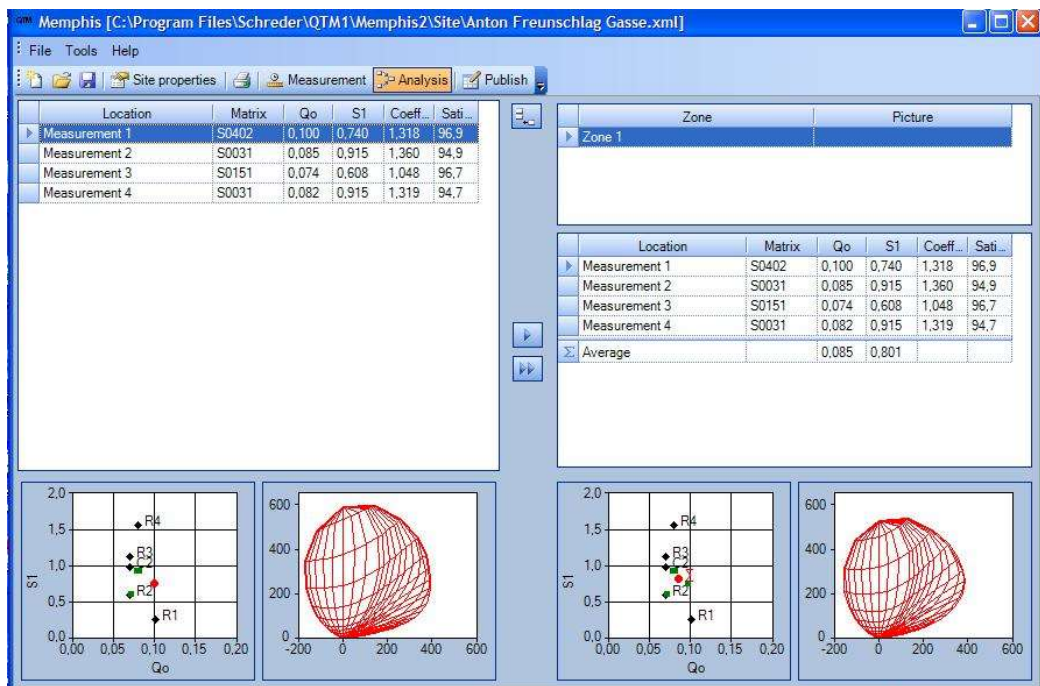
Програм приказује тродимензионалну слику рефлексионих карактеристика ( $q$ -тело) за посматрану коловозну површину, која кориснику омогућава добијање визуелне представе о рефлексионим особинама посматране површине (слика 38). Он такође приказује вредности фактора  $Q_0$  и  $S_1$ .



Слика 38. Прозор програма са приказаним резултатима мерења

Други модул (Analysis), приказан на слици 39, служи за анализу резултата мерења и формирање резултантне табеле рефлексije за посматрану површину на основу резултата мерења који се односе на све или одабране мерне тачке на коловозној површини (сваки елемент новоформиране r-табеле израчунава се као аритметичка средина одговарајућих елемената r-табела које су добијене на основу мерења у изабраним мерним тачкама). Уколико резултати мерења у некој мерној тачки драстично одступају од осталих (уколико вредности параметара  $S_1$  и  $Q_0$  за ту мерну тачку значајно одступају од вредности тих параметара израчунатих на основу резултата мерења у осталим мерним тачкама, или уколико је коефицијент који показује у ком проценту се рефлексione карактеристике посматране површине поклапају са рефлексionим карактеристикама изабране коловозне површине из базе мањи од 0.85), они не треба да се узму у обзир приликом одређивања резултантне r-табеле (могло је да се догоди да је на том делу коловоза било просуто уље или нека друга хемикалија, а да то није било приметно приликом избора места на коме је извршено мерење). Пошто резултати таквог мерења вероватно лоше репрезентују рефлексione особине целе коловозне површине, они не треба да се узму у обзир.

Резултантна табела рефлексije може да се експортује и потом користи у програму за израчунавање сјајности.



Слика 39. Прозор за анализу резултата мерења

Тачност описане методе је ограничена значајном разликом између углова посматрања на којима су заснована мерења мобилним рефлектометром на терену ( $5^{\circ} - 80^{\circ}$ ) и стандардима (препуракама) дефинисаног угла посматрања од  $1^{\circ}$  (који се користи приликом мерења табеле рефлексије у лабораторији). Такође, тачност ове методе веома зависи и од величине и садржаја базе података. Она коју уређај користи садржи податке за 56 различитих коловозних површина, које припадају путној мрежи на уском географском подручју (које је покривало територије Белгије и Француске). Услед наведеног недостатка, база се није могла сматрати референтном, због чега је било неопходно извршити велики број додатних мерења мобилним и лабораторијским рефлектометром на локацијама широм света. С обзиром на то да је за лабораторијска мерења потребно узети и узорак (узорке) коловоза, проширивање базе би било веома скупо, захтевно, дуготрајно и компликовано, због чега се од тога одустало.



С обзиром на то да групација Schröder поседује велику базу г-табела (током претходне две деценије мерењима помоћу прецизног лабораторијског рефлектометра добијено је 447 г-табела које описују рефлексивне карактеристике 447 узорака различитих коловозних површина које потичу из целог света), у раду је предложена другачији приступ одређивању г-табеле на основу резултата мерења извршених помоћу мобилног рефлектометра Memphis: уколико би коефицијенти сјајности измерени помоћу мобилног уређаја (за углове посматрања  $\alpha = 5-80^\circ$ ) могли погодном да се екстраполирају и тако добију довољно тачне вредности коефицијента сјајности за угао посматрања  $\alpha=1^\circ$ , било би могуће користити целокупну базу са 447 табела рефлексивне, односно не би морала да се врше било каква додатна мерења.

Циљ истраживања у предложеној докторској дисертацији је развој методе, засноване на коришћењу респектабилне (референтне) базе са чак 447 табела рефлексивне, помоћу које би се, на основу ограниченог броја вредности коефицијента сјајности које могу да се измере применом мобилног рефлектометра, одредила комплетна табела рефлексивне која довољно тачно репрезентује рефлексивне карактеристике посматране коловозне површине.

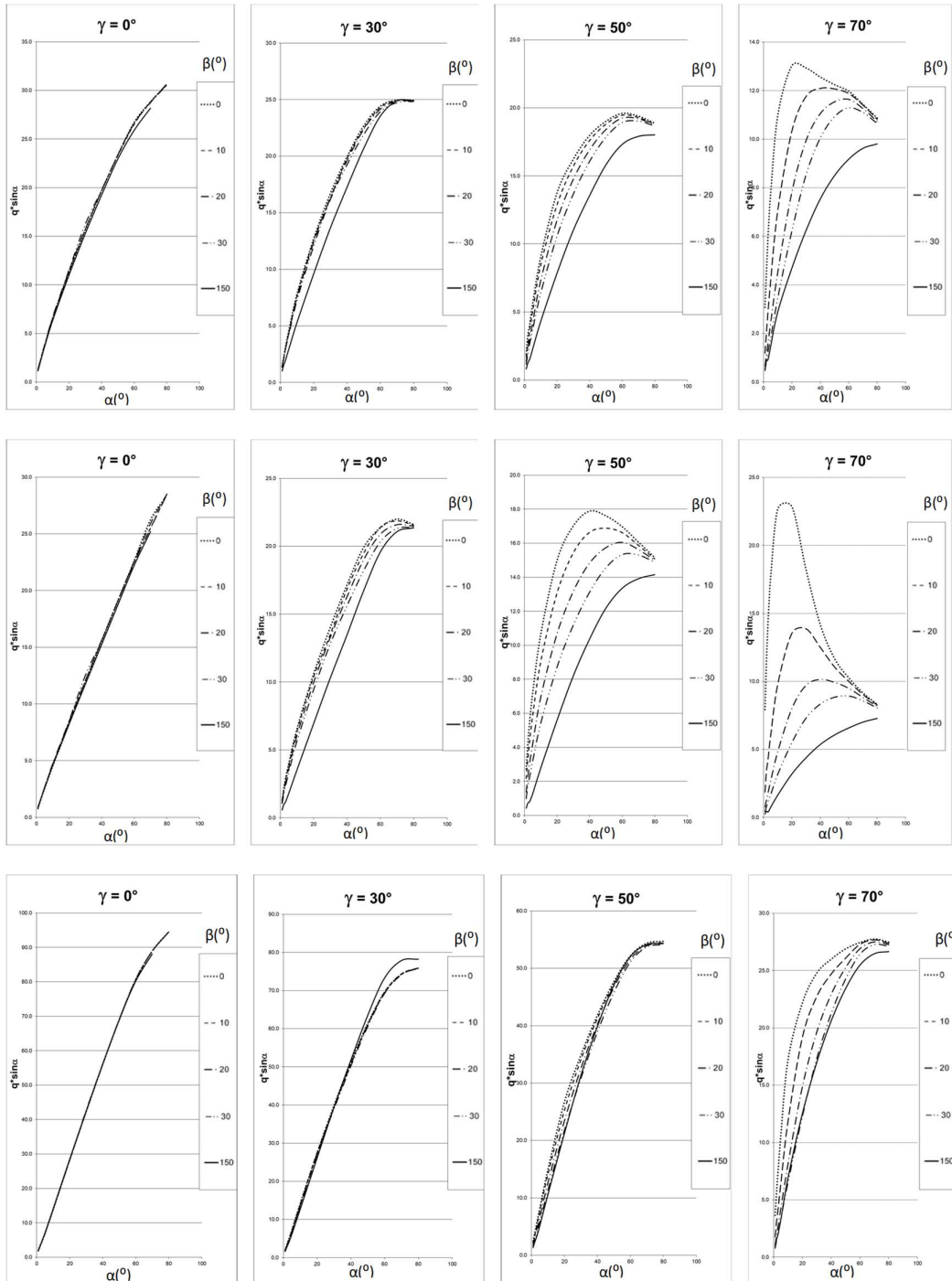
## 5. НОВА МЕТОДА ЗА ОДРЕЂИВАЊЕ РЕФЛЕКСИОНИХ КАРАКТЕРИСТИКА КОЛОВОЗНИХ ПОВРШИНА

### 5.1. Избор оптималног типа екстраполације

Имајући у виду да мобилни уређај мери коефицијенте сјајности за 20 комбинација углова ( $\gamma$ ,  $\beta$ ), а сваки од њих за 9 углова посматрања (значајно) већих од  $\alpha = 1^\circ$ , као и да су табеле рефлексије у бази одређене за угао посматрања  $\alpha=1^\circ$  (у складу са валидним препорукама), било је неопходно извршити довољно тачну екстраполацију коефицијената сјајности да би се одредиле њихове вредности које одговарају углу посматрања  $\alpha=1^\circ$ . Екстраполација може да се изврши само уколико су криве које представљају зависност  $q=f(\alpha)$  глатке. Провера је извршена на 25 репрезентативних узорка пута (14 асфалтних, 8 бетонских и 3 израђена од порозног асфалта), који су узети са коловоза широм света. Кандидаткиња је самостално извршила избор узорка коловоза и сва потребна мерења помоћу лабораторијског рефлектометра. Мерењима на тим узорцима за углове посматрања  $\alpha=1^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ, 30^\circ, 40^\circ, 50^\circ, 60^\circ, 70^\circ$  и  $80^\circ$  (уређај Memphis врши мерења за све наведене углове посматрања осим за  $\alpha=1^\circ$ ), која су извршена коришћењем прецизног лабораторијског рефлектометра који поседује компанија Schröder, проверено је да ли су глатке криве помоћу којих се приказује зависност коефицијента сјајности од угла посматрања  $\alpha$ , и то за све комбинације углова  $\beta$  и  $\gamma$  за које мобилни уређај Memphis врши мерења. С обзиром на то да је коефицијент сјајности  $q$  обрнуто пропорционалан са  $\sin\alpha$ , са смањењем угла  $\alpha$  вредност  $q$  нагло расте, због чега је за одређивање типа екстраполације било погодније посматрати криве  $q \cdot \sin\alpha=f(\alpha)$  него криве  $q=f(\alpha)$ .

Резултати извршених мерења су потврдили да су криве  $q \cdot \sin\alpha=f(\alpha)$  глатке за релевантне (уже или шире) опсеге угла  $\alpha$ . Као илустрација, на слици 40 су приказане криве које показују зависност  $q \cdot \sin\alpha$  од угла  $\alpha$  за 4 упадна угла светлости ( $\gamma=0^\circ, 30^\circ, 50^\circ$ , и  $70^\circ$ ) за три посматрана узорка коловоза. За сваки упадни угао приказано је по пет кривих, које одговарају различитим угловима  $\beta$  за које мобилни

рефлектометар врши мерења ( $\beta = 0^\circ, 10^\circ, 20^\circ, 30^\circ, \text{ и } 150^\circ$ ). У прилогу А су приказане криве  $q \cdot \sin \alpha = f(\alpha)$  за свих 25 тестираних узорака коловозних површина.



Слика 40. Криве које приказују зависност  $q \cdot \sin \alpha = f(\alpha)$  за свих 20 комбинација углова  $\gamma$  и  $\beta$ , за три посматрана узорка коловоза

Пошто су добијене криве глатке, коефицијенти сјајности  $q$  за угао посматрања  $\alpha=1^\circ$  могу да се одреде применом погодних метода екстраполације вредности функције  $q \cdot \sin \alpha$  за углове посматрања за које уређај Memphis врши мерења. У циљу налажења погодних метода екстраполације, уочено је да облик кривих доминантно зависи од упадног угла  $\gamma$ , док при већим угловима  $\gamma$  и утицај угла  $\beta$  на облик кривих постаје значајан. Због тога је за сваки од 20 парова углова  $(\gamma, \beta)$  анализирано по 25 кривих (које одговарају тестираним узорцима коловоза). Свака од ових 500 (25x20) кривих је посебно анализирана, како би се одредио оптималан тип екстраполације за сваку комбинацију углова  $\beta$  и  $\gamma$ , као и параметри релевантни за изабрани тип екстраполације. На сваку криву је примењено по 80 типова фитовања и екстраполације: 18 линеарних, 34 квадратне и 28 кубних. Теоријски, вредност  $q \cdot \sin \alpha$  требало би да буде једнака нули за  $\alpha=0^\circ$ . Међутим, на основу екстраполираних кривих примењено је да у великом броју случајева то није тачно. Због тога су за сваку комбинацију разматране по две криве: крива која мора да садржи тачку (0,0) и крива која не мора да је садржи. Коефицијенти сјајности добијени поступком екстраполације за  $\alpha=1^\circ$  затим су поређени са одговарајућим вредностима измереним у лабораторији (за исти угао посматрања  $\alpha=1^\circ$ ). Сва израчунавања су урађена у програму Excel, коришћењем функције TREND. У табелама 12–14 приказани су сви разматрани облици екстраполације и дате су израчунате апсолутне вредности минималне и максималне процентуалне грешке, као и вредност средњег квадратног одступања, за све посматране узорке коловоза за комбинацију углова  $\beta=0^\circ$ ,  $\gamma=0^\circ$ . Табеле које садрже податке за свих 20 комбинација углова  $(\gamma, \beta)$  дате су у прилогу Б.

Табела 12. Разматрани облици линеарне екстраполације и апсолутне вредности минималне и максималне процентуалне грешке, као и вредност средњег квадратног одступања, за 25 посматраних узорака пута (за  $\gamma = 0^\circ$  и  $\beta = 0^\circ$ ) – знак \* означава да екстраполациона крива мора да садржи тачку (0,0)

Облик линеарне екстраполације	Минимална процентуална грешка (%)	Средње квадратно одступање (%)	Максимална процентуална грешка (%)
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ, 30^\circ$	11.7	43.9	95.4
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ, 30^\circ *$	5.2	40.6	57.7
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ$	2.0	34.5	66.4
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ *$	4.4	38.9	54.6
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ, 30^\circ$	0.1	17.7	60.0
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ, 30^\circ *$	5.2	40.6	57.7
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ$	1.8	19.6	56.7
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ *$	4.4	38.9	54.6
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ$	4.0	29.8	53.1
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ *$	3.8	35.7	55.3
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ$	3.9	32.5	54.1
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ *$	3.9	32.5	54.1
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ$	0.4	17.6	42.2
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ *$	3.8	35.7	55.3
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 80^\circ$	3.0	92.8	210.7
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 80^\circ *$	15.5	46.6	63.1
$\alpha = 5^\circ - 80^\circ$	27.0	148.1	302.0
$\alpha = 5^\circ - 80^\circ *$	15.5	46.6	63.1

Табела 13. Разматрани облици квадратне екстраполације и апсолутне вредности минималне и максималне процентуалне грешке, као и вредност средњег квадратног одступања, за 25 посматраних узорака пута (за  $\gamma = 0^\circ$  и  $\beta = 0^\circ$ ) – знак \* означава да екстраполациона крива мора да садржи тачку (0,0)

Облик квадратне екстраполације	Минимална процентуална грешка (%)	Средње квадратно одступање (%)	Максимална процентуална грешка (%)
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ, 30^\circ$	1.7	22.0	51.3
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ, 30^\circ *$	2.9	34.5	55.6
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ$	0.1	12.7	34.0
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ *$	3.4	32.3	55.8
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ, 30^\circ$	4.4	27.3	54.3
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ, 30^\circ *$	2.9	34.5	55.6
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ$	3.8	30.2	53.8
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ *$	3.8	30.2	53.8
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ$	4.0	29.2	52.9
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ *$	4.0	29.2	52.9
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 30^\circ$	3.8	30.2	53.6
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 30^\circ *$	3.2	33.3	55.8
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ, 30^\circ$	0.7	13.8	35.9
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ, 30^\circ *$	3.2	33.3	55.8
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 40^\circ$	0.9	24.1	56.9
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 40^\circ *$	1.8	35.9	54.7
$\alpha = 5^\circ - 40^\circ$	3.9	29.2	61.7
$\alpha = 5^\circ - 40^\circ *$	1.8	35.9	54.7
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 50^\circ$	8.6	22.2	60.2
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 50^\circ *$	0.9	36.9	53.8
$\alpha = 5^\circ - 50^\circ$	14.7	36.7	70.1
$\alpha = 5^\circ - 50^\circ *$	0.9	36.9	53.8
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 60^\circ$	1.3	23.4	68.3
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 60^\circ *$	0.2	37.3	54.8
$\alpha = 5^\circ - 60^\circ$	13.8	47.2	126.4
$\alpha = 5^\circ - 60^\circ *$	0.2	37.3	54.8
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 70^\circ$	0.4	32.3	84.9
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 70^\circ *$	3.1	36.7	56.0
$\alpha = 5^\circ - 70^\circ$	2.7	57.0	161.1
$\alpha = 5^\circ - 70^\circ *$	3.1	36.7	56.0
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 80^\circ$	2.3	44.9	118.6
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 80^\circ *$	5.9	36.1	56.8
$\alpha = 5^\circ - 80^\circ$	3.5	73.4	259.4
$\alpha = 5^\circ - 80^\circ *$	5.9	36.1	56.8

Табела 14. Разматрани облици кубне екстраполације и апсолутне вредности минималне и максималне процентуалне грешке, као и вредност средњег квадратног одступања, за 25 посматраних узорака пута (за  $\gamma = 0^\circ$  и  $\beta = 0^\circ$ ) – знак \* означава да екстраполациона крива мора да садржи тачку (0,0)

Облик кубне екстраполације	Минимална процентуална грешка (%)	Средње квадратно одступање (%)	Максимална процентуална грешка (%)
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 30^\circ$	4.2	28.4	52.3
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 30^\circ *$	4.2	28.4	52.3
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 20^\circ$	4.3	28.1	51.8
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 20^\circ *$	4.3	28.1	51.8
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 30^\circ$	3.9	29.7	54.1
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 30^\circ *$	3.7	30.7	55.6
$\alpha = 5^\circ - 30^\circ$	2.8	13.2	30.7
$\alpha = 5^\circ - 30^\circ *$	3.7	30.7	55.6
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 40^\circ$	3.8	29.3	54.0
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 40^\circ *$	4.1	32.3	56.3
$\alpha = 5^\circ - 40^\circ$	0.4	15.2	42.3
$\alpha = 5^\circ - 40^\circ *$	4.1	32.3	56.3
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 50^\circ$	4.5	27.9	54.2
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 50^\circ *$	3.5	33.6	56.2
$\alpha = 5^\circ - 50^\circ$	0.7	18.5	45.1
$\alpha = 5^\circ - 50^\circ *$	3.5	33.6	56.2
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 60^\circ$	4.4	25.7	53.1
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 60^\circ *$	3.5	34.9	56.8
$\alpha = 5^\circ - 60^\circ$	1.6	20.2	41.7
$\alpha = 5^\circ - 60^\circ *$	3.5	34.9	56.8
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 70^\circ$	1.2	19.9	50.0
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 70^\circ *$	5.6	37.3	58.1
$\alpha = 5^\circ - 70^\circ$	1.3	28.8	57.3
$\alpha = 5^\circ - 70^\circ *$	5.6	37.3	58.1
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 80^\circ$	1.2	17.7	52.0
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 80^\circ *$	5.7	38.2	57.6
$\alpha = 5^\circ - 80^\circ$	8.8	35.9	60.1
$\alpha = 5^\circ - 80^\circ *$	5.7	38.2	57.6

Поређењем вредности коефицијента сјајности који одговарају углу  $\alpha=1^\circ$ , израчунатих применом свих 80 облика екстраполације, са вредностима коефицијента сјајности које су измерене помоћу прецизног лабораторијског рефлектометра (такође за угао посматрања  $\alpha=1^\circ$ ), утврђен је оптималан поступак екстраполације за сваку од 20 комбинација углова  $\beta$  и  $\gamma$  за које мобилни рефлектометар Memphis мери коефицијент сјајности. Оптималном екстраполацијом сматрана је она код које је средње квадратно одступање коефицијената сјајности одређених екстраполацијом и лабораторијским мерењима било минимално за све тестиране узорке пута. На пример, за  $\gamma=\beta=0^\circ$ , изабрана је квадратна екстраполација заснована на резултатима мерења за  $\alpha = 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ$ , зато што је при овом облику екстраполације добијено најмање средње квадратно одступање, које је износило 12.7% (видети табеле 12–14). У табели 15 приказани су изабрани (препоручени) облици екстраполација и одговарајућа средња квадратна одступања за све разматране комбинације углова ( $\gamma, \beta$ ).

Важност установљених оптималних екстраполација проистиче из чињенице да оне омогућавају да се за било коју коловозну површину одреде довољно тачне вредности коефицијената сјајности који одговарају углу посматрања  $\alpha=1^\circ$  за све комбинације углова  $\beta$  и  $\gamma$  за које мобилни рефлектометар Memphis врши мерења.

Иако је изложена процедура одређивања оптималног облика екстраполације примењена на један од постојећих портабл рефлектометара (Memphis), она лако може да се модификује и да се примени на било који портабл рефлектометар који мери коефицијенте сјајности под угловима посматрања већим од  $1^\circ$ .



Табела 15. Оптимални облици екстраполације и одговарајућа средња квадратна одступања за све комбинације углова ( $\gamma$ ,  $\beta$ ) – знак \* означава да екстраполациона крива мора да садржи тачку (0,0)

$\gamma$ (°)	$\beta$ (°)	Облик екстраполације	Средње квадратно одступање (%)
0	0	Квадратна $\alpha=5^\circ, 10^\circ, 20^\circ$	12.7
	10	Линеарна $\alpha=5^\circ, 10^\circ$	13.5
	20	Квадратна $\alpha=5^\circ, 10^\circ, 20^\circ$	14.0
	30	Квадратна $\alpha=5^\circ, 10^\circ, 30^\circ$	11.7
	150	Кубна $\alpha=0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 30^\circ$ *	5.1
30	0	Кубна $\alpha=0^\circ, 5^\circ-70^\circ$	16.1
	10	Кубна $\alpha=5^\circ-30^\circ$	14.1
	20	Кубна $\alpha=0^\circ, 5^\circ-80^\circ$	14.9
	30	Кубна $\alpha=5^\circ-30^\circ$	11.1
	150	Кубна $\alpha=0^\circ, 5^\circ-80^\circ$	16.3
50	0	Линеарна $\alpha=0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ$	16.0
	10	Линеарна $\alpha=0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ$	12.4
	20	Кубна $\alpha=5^\circ-30^\circ$	13.6
	30	Линеарна $\alpha=0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ$	12.1
	150	Кубна $\alpha=0^\circ, 5^\circ-80^\circ$ *	16.0
70	0	Линеарна $\alpha=0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ$	13.3
	10	Кубна $\alpha=0^\circ, 5^\circ-80^\circ$	13.3
	20	Линеарна $\alpha=0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ$	11.5
	30	Линеарна $\alpha=0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ$	11.8
	150	Линеарна $\alpha=0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ$	17.1

Применом постојећих алгоритама на којима су засновани установљени оптимални облици екстраполације за свих 20 комбинација углова  $\beta$  и  $\gamma$ , за сваки узорак коловоза лако може да се одреди редукована табела коефицијената сјајности (са само 20 елемената) за угао посматрања  $\alpha=1^\circ$ .

## 5.2. Нова база редукованих табела коефицијента сјајности (редукованих q-табела)

У циљу одређивања најприближније r-табеле из базе од 447 r-табела, било је потребно је најпре формирати нову базу са 447 q-табела са по 20 елемената који одговарају комбинацијама углова  $\gamma$  и  $\beta$  за које мобилни рефлектометар Memphis може да врши мерења.

Као што је напред речено, групација Schréder располаже са 447 r-табела које су снимљене током претходне две деценије применом прецизног лабораторијског рефлектометра на узорцима коловоза из целог света. Табеле рефлексије мерене пре више од 20 година нису узете у обзир због застарелости (раније су се користили значајно другачији агрегати при изради путних покривача). Новоформирана база садржи 447 редукованих q-табела (значајно мањих димензија од одговарајућих r-табела), а свака од њих садржи вредности коефицијента сјајности (q) за 20 комбинација углова  $\gamma$  и  $\beta$  за које мобилни рефлектометар Memphis може да врши мерења. С обзиром на то да у стандардној r-табели не постоје елементи који одговарају угловима  $\gamma=30^\circ$ ,  $50^\circ$ , и  $70^\circ$ , њима одговарајући коефицијенти сјајности одређени су поступком линеарне интерполације. У новоформираној бази, свакој редукованој q-табели придружене су вредности средњег коефицијента сјајности ( $Q_0$ ) и фактора огледалности ( $S_1$ ), израчунате на основу одговарајућих комплетних r-табела измерених у лабораторији.

Новоформирана база омогућава поређење 20 израчунатих вредности q за  $\alpha=1^\circ$  (добитених екстраполацијом података измерених помоћу мобилног рефлектометра) са одговарајућим елементима из свих 447 редукованих q-табела у новоформираној бази. Применом методе најмањих квадрата одступања, може да се одреди најприближнија редукована q-табела из нове базе, а на основу ње и одговарајућа комплетна r-табела. Поступак за одређивање најприближније редуковане q-табеле из новоформиране базе дат је у наредном поглављу.

### 5.3. Одабир најприближније редуковане q-табеле из новоформиране базе

Применом оригиналног алгоритма, који уважава чињеницу да коловозне површине могу да имају сличне табеле рефлексије, али значајно различите средње коефицијенте сјајности, за q-табелу са 20 елемената (добијену после примене оптималних облика екстраполације), која описује рефлексивне карактеристике коловоза одређене помоћу мобилног рефлектометра Memphis, врши се избор најприближније редуковане табеле рефлексије из новоформиране базе, чиме је одређена и комплетна табела рефлексије.

Пошто индикатресе рефлексије различитих узорака коловозних површина могу да буду сличне по облику, али различите по запремини, за сваку од 447 редукованих q-табела из новоформиране базе најпре се одређује се коефицијент сразмерности (k) за који је минимална разлика степена светлине између одговарајућег узорка из базе и посматраног коловоза. Коефицијент k се одређује на основу формуле:

$$\frac{d\left(\sum_{i=1}^{i=20}(k \cdot q_{ti} - q_{mi})^2\right)}{dk} = 0, \quad (22)$$

у којој су:

$q_{ti}$  – i-ти елемент (i = 1 до 20) разматране редуковане q-табеле из базе, и

$q_{mi}$  – i-ти елемент (i = 1 до 20) измерене редуковане q-табеле (добијене екстраполацијом вредности коефицијента сјајности измерених помоћу мобилног рефлектометра Memphis).

Тиме се за сваку редуковану q-табелу из базе рачуна сума  $\sum_{i=1}^{i=20} (k \cdot q_{ii} - q_{mi})^2$ , а редукована q-табела за коју је она најмања усваја се као најприближнија оној која је добијена мерењима помоћу Memphis-a.

Решење једначине 22 је:

$$k = \frac{\sum_{i=1}^{i=20} q_{mi} \cdot q_{ii}}{\sum_{i=1}^{i=20} q_{ii}^2}. \quad (23)$$

Стварна вредност средњег коефицијента сјајности посматране коловозне површине ( $Q'_0$ ) израчунава се помоћу следеће релације:

$$Q'_0 = k \cdot Q_0, \quad (24)$$

у којој је  $Q_0$  средњи коефицијент сјајности r-табеле која одговара изабраној редукованој q-табели из нове базе. Фактор  $S_1$  финалне r-табеле једнак је фактору  $S_1$  усвојене r-табеле (из базе). Сви елементи финалне r-табеле добијени су множењем одговарајућих елемената усвојене r-табеле (из базе) коефицијентом сразмерности ( $k$ ).

## 6. ВАЛИДАЦИЈА ПРЕДЛОЖЕНЕ ПРОЦЕДУРЕ

Иако средња квадратна одступања приказана у табели 15 нису велика (крећу се у опсегу 5.1 – 17.1%), било је потребно извршити валидацију предложене методе. У том циљу, развојни центар R-Tech (Schröder Group) извршио је детаљна мерења сјајности (помоћу прецизног LMT L 1009 луминансметра, са угловима мерења 2' у вертикалној и 20' у хоризонталној равни) за 11 изведених инсталација уличног осветљења. Распоред тачака у мерном пољу и положај посматрача (луминансметра) били су у складу са важећом препоруком CIE 140-2000 [4]. Истовремено су на свих 11 саобраћајница (на некима од њих је одабрано по неколико локација) извршена мерења рефлексионих особина коловоза помоћу мобилног рефлектометра Memphis. Поред тога, са истих локација на којима су вршена мерења помоћу мобилног рефлектометра (укупно 20 локација) узети су узорци коловоза и транспортовани у Schröder-ову лабораторију, где су измерене њихове рефлексионе карактеристике ( $r$ -табела,  $Q_0$  и  $S_1$ ) помоћу прецизног лабораторијског рефлектометра. Разматране су саобраћајнице различитих геометрија, са бетонским или асфалтним површинским слојем, са једностраним или наспрамним распоредом стубова, осветљене светиљкама са натријумовим изворима високог притиска са различитим светлосним расподелама (засењене, полузасењене и незасењене). Детаљни подаци о свим саобраћајницама на којима су вршена мерења, резултати мерења сјајности на терену и резултати извршених фотометријских прорачуна, дати су у прилозима В–Л.

Пре мерења су све светиљке биле очишћене, извршена је замена свих сијалица и проверен њихов положај. Због тога је у фотометријским прорачунима фактор одржавања био једнак јединици. За познату геометрију саобраћајнице, распоред стубова, тип светиљки и положај посматрача, урађени су детаљни прорачуни сјајности у професионалном програмском пакету (Ulysse, Schröder Group).

Треба напоменути да су разлике између измерених и израчунатих вредности сјајности неизбежне. У прорачунима сјајности, прорачунске тачке су бесконачно

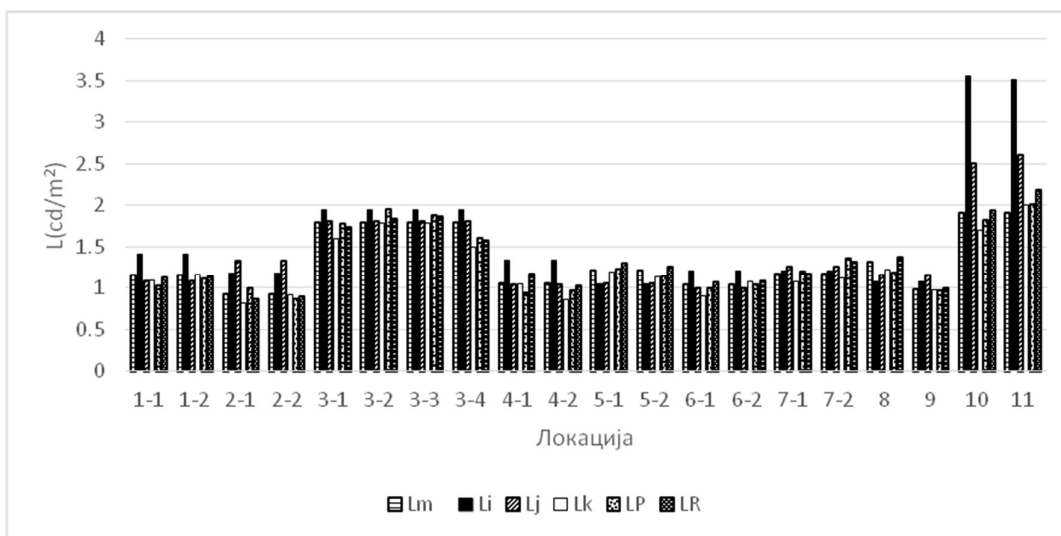
мале (немају димензију), док су при мерењима „тачке“ реалне површине са израженијом димензијом у подужном смеру. Иако су мерења извршена помоћу луминансметра који има веома мали мерни угао у вертикалној равни (свега 2'), мерне „тачке“ и даље имају значајну подужну димензију, која је посебно изражена у даљим тачкама (које су ближе крају мерног поља). Ова чињеница не утиче значајно на средњу вредност (ниво) сјајности, али њен утицај на измерене равномерности сјајности може да буде велики (измерена минимална вредност је често већа, а измерена максимална вредност мања од стварних вредности у прорачунским тачкама). Из тог разлога су измерене равномерности сјајности обично веће од стварних.

У прорачунима сјајности коришћене су:

1. Стандардне  $g$ -табеле са стандардним (нормализованим) вредностима  $Q_0$ , које се уобичајено користе када се рефлексиона класа одређује на основу изгледа коловоза или када је познат само опис површинског слоја коловозне површине. Пошто одређивање рефлексионе класе на овај начин није прецизно, разматране су две суседне (највероватније) класе  $R_i$  и  $R_j=R_{i+1}$  – видети табеле 16–18.
2. Стандардне  $g$ -табеле са промењеним вредностима фактора  $Q_0$  ( $Q'_0$ ) – индекс  $k$  у табелама 16–18. У овим случајевима, за сваки узорак коловоза рефлексиона класа је одређена на основу вредности  $S_1$  и примењен је средњи коефицијент сјајности  $Q'_0$ , при чему су вредности  $S_1$  и  $Q'_0$  израчунате на основу  $g$ -табеле измерене помоћу лабораторијског рефлектометра. Вредности индекса  $k$  и  $Q'_0$  за сваку саобраћајницу (односно за сваку разматрану локацију на саобраћајници) такође су приказане у табели 16 (у колони  $L_k$  у табели 16  $k = n$  значи да је изабрана стандардна рефлексиона класа  $R_n$ ).
3.  $g$ -табеле одређене методом предложеном у овој дисертацији (индекс  $P$ ), и
4.  $g$ -табеле измерене у R-Tech-у коришћењем лабораторијског рефлектометра на узорцима коловоза (индекс  $R$ ).

Индекси  $i, j, k, P$  и  $R$  у табелама 16–18 имају значење наведено у тексту изнад, док се индекс  $m$  односи на вредности сјајности измерене на терену (помоћу луминансметра). Саобраћајнице 1, 4, 6, 10 и 11 имају бетонски, а саобраћајнице 2, 3, 5, 7, 8 и 9 асфалтни коловозни покривач.

Израчунате и измерене (индекс  $m$ ) средње вредности сјајности коловоза ( $L$ ) и одговарајуће процентуалне грешке ( $\Delta$ ) приказане су у табели 16, а због визуелне прегледности нивои сјајности су приказани и графички на слици 41. С обзиром на то да је са појединих саобраћајница узето више узорака, прва цифра у ознаци локације на слици 41 означава редни број саобраћајнице, а друга редни број локације (узорка). На пример, локација 3-2 означава да се подаци о средњој сјајности односе на другу локацију на трећој посматраној саобраћајници.



Слика 41. Измерене ( $L_m$ ) и израчунате ( $L_i, L_j, L_k, L_P$  and  $L_R$ ) средње вредности сјајности

Табела 16. Средње вредности сјајности и њима припадајуће процентуалне грешке (процентуална разлика између израчунатих и измерених вредности)

Р. бр.	Материјал	$L_m$ (cd/m <sup>2</sup> )	$L_i$ (cd/m <sup>2</sup> )	$\Delta_i$ (%)	$L_j$ (cd/m <sup>2</sup> )	$\Delta_j$ (%)	$L_k$ (cd/m <sup>2</sup> )	$\Delta_k$ (%)	$L_p$ (cd/m <sup>2</sup> )	$\Delta_p$ (%)	$L_R$ (cd/m <sup>2</sup> )	$\Delta_R$ (%)
1	бетон	1.16	1.41 i=1	21.55	1.08 j=2	-6.90	1.09 k=2 Q <sub>v</sub> =0.071	-6.03	1.02	-12.07	1.12	-3.45
		1.16	1.41 i=1	21.55	1.08 j=2	-6.90	1.16 k=2 Q <sub>v</sub> =0.076	0.00	1.11	-4.31	1.14	-1.72
2	асфалт	0.92	1.18 i=2	28.26	1.33 j=3	44.57	0.81 k=2 Q <sub>v</sub> =0.048	-11.96	1.00	8.70	0.86	-6.52
		0.92	1.18 i=2	28.26	1.33 j=3	44.57	0.91 k=2 Q <sub>v</sub> =0.054	-1.09	0.86	-6.52	0.89	-3.26
3	асфалт	1.8	1.95 i=2	8.33	1.81 j=3	0.56	1.6 k=3 Q <sub>v</sub> =0.621	-11.11	1.78	-1.11	1.74	-3.33
		1.8	1.95 i=2	8.33	1.81 j=3	0.56	1.78 k=2 Q <sub>v</sub> =0.064	-1.11	1.96	8.89	1.84	2.22
		1.8	1.95 i=2	8.33	1.81 j=3	0.56	1.78 k=2 Q <sub>v</sub> =0.064	-1.11	1.88	4.44	1.87	3.89
		1.8	1.95 i=2	8.33	1.81 j=3	0.56	1.5 k=2 Q <sub>v</sub> =0.054	-16.67	1.6	-11.11	1.58	-12.22
4	бетон	1.05	1.33 i=1	26.67	1.04 j=2	-0.95	1.05 k=1 Q <sub>v</sub> =0.079	0.00	0.94	-10.48	1.17	11.43
		1.05	1.33 i=1	26.67	1.04 j=2	-0.95	0.86 k=1 Q <sub>v</sub> =0.065	-18.10	0.96	-8.57	1.03	-1.90
5	асфалт	1.22	1.04 i=2	-14.75	1.06 j=3	-13.11	1.19 k=2 Q <sub>v</sub> =0.080	-2.46	1.23	0.82	1.30	6.56
		1.22	1.04 i=2	-14.75	1.06 j=3	-13.11	1.13 k=2 Q <sub>v</sub> =0.076	-7.38	1.14	-6.56	1.25	2.46
6	бетон	1.04	1.2 i=1	15.38	0.99 j=2	-4.81	0.9 k=1 Q <sub>v</sub> =0.075	-13.46	1	-3.85	1.07	2.88
		1.04	1.2 i=1	15.38	0.99 j=2	-4.81	1.08 k=2 Q <sub>v</sub> =0.076	3.85	1.04	0.00	1.09	4.81
			1.2 i=1		0.99 j=2		1.08 k=2 Q <sub>v</sub> =0.054					



Табела 16. (наставак) Средње вредности сјајности и њима припадајуће процентуалне грешке (процентуална разлика између израчунатих и измерених вредности)

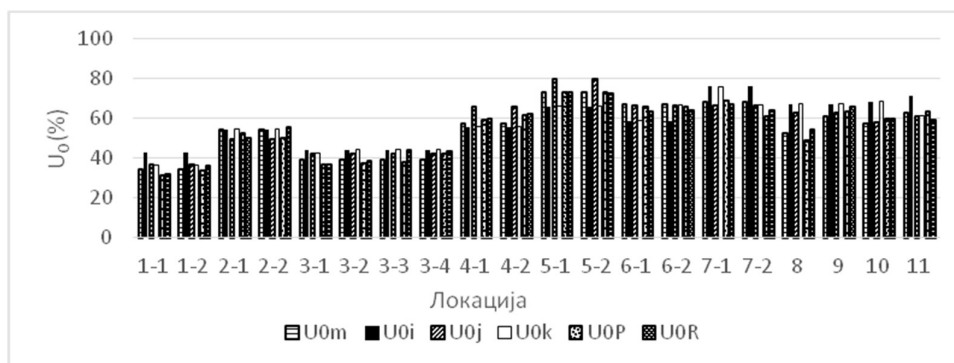
Р. бр.	Материјал	$L_m$ (cd/m <sup>2</sup> )	$L_i$ (cd/m <sup>2</sup> )	$\Delta_i$ (%)	$L_j$ (cd/m <sup>2</sup> )	$\Delta_j$ (%)	$L_k$ (cd/m <sup>2</sup> )	$\Delta_k$ (%)	$L_p$ (cd/m <sup>2</sup> )	$\Delta_p$ (%)	$L_R$ (cd/m <sup>2</sup> )	$\Delta_R$ (%)
7	асфалт	1.17	1.2 i=2	2.56	1.26 j=3	7.69	1.07 k=2 $Q'_0=0.062$	-8.55	1.2	2.56	1.17	0.00
		1.17	1.2 i=2	2.56	1.26 j=3	7.69	1.12 k=3 $Q'_0=0.062$	-4.27	1.36	16.24	1.32	12.82
8	асфалт	1.31	1.07 i=2	-18.32	1.15 j=3	-12.21	1.22 k=2 $Q'_0=0.080$	6.87	1.18	-9.92	1.37	4.58
9	асфалт	0.98	1.07 i=2	9.18	1.15 j=3	17.35	0.98 k=2 $Q'_0=0.064$	0.00	0.96	-2.04	0.99	1.02
10	бетон	1.91	3.55 i=1	85.86	2.51 j=2	31.41	1.7 k=1 $Q'_0=0.048$	-10.99	1.83	-4.19	1.94	1.05
11	бетон	1.91	3.51 i=1	83.77	2.61 j=2	36.65	2.01 k=2 $Q'_0=0.054$	5.24	2.01	5.24	2.19	14.66

На основу резултата приказаних су у табели 16, може да се уочи следеће:

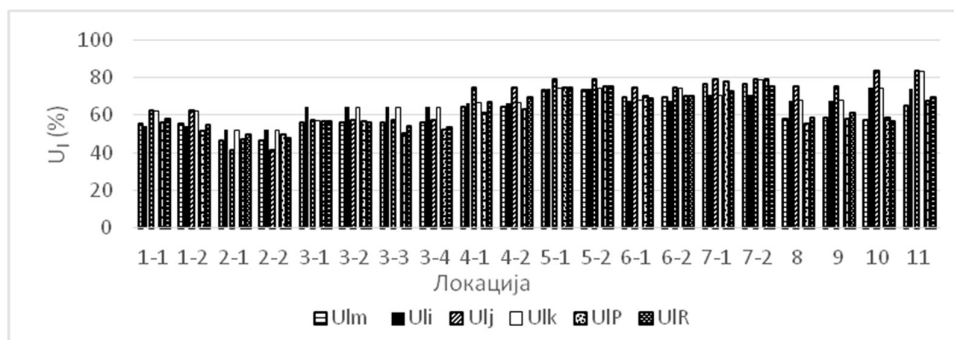
- Уколико се у прорачунима нивоа сјајности користе стандардне г-табеле са припадајућим нормализованим вредностима  $Q_0$ , максимална процентуална грешка израчуната у односу на измерену вредност нивоа сјајности коловоза износи чак 85.9%, док мања средња апсолутна процентуална грешка која се односи на једну од две стандардне рефлексивне класе коловоза (нпр. R2 и R3) износи 15.4%,
- Коришћење одговарајуће стандардне г-табеле (изабране према измереној вредности  $S_1$ ), али са модификованом вредношћу коефицијента  $Q_0$  ( $Q'_0$ , је одређено на основу г-табеле измерене помоћу лабораторијског рефлектометра на стварном узорку коловоза), доводи до значајног смањења апсолутне вредности максималне процентуалне грешке нивоа сјајности – она износи 18.1%, док средња апсолутна процентуална грешка износи 7.0%, и

- ако се у прорачуну користи  $t$ -табела добијена мерењем у лабораторији, максимална процентуална грешка нивоа сјајности износи 14.7%, а уколико се користи  $t$ -табела добијена применом методе предложене у дисертацији ова грешка износи 16.2%, (средње процентуалне грешке износе редом 5.1% и 6.4%).

Поред нивоа сјајности, разматрани су и остали фактори квалитета уличног осветљења који се односе на расподелу сјајности на коловозу. Измерене и израчунате вредности опште ( $U_0$ ) и подужне равномерности сјајности ( $U_1$ ), као и одговарајуће процентуалне грешке ( $\Delta U_0$  и  $\Delta U_1$ ), приказане су редом у табелама 17 и 18. Измерене и израчунате вредности опште и подужне равномерности сјајности приказане су и графички на сликама 42 и 43.



Слика 42. Измерене ( $U_{0m}$ ) и израчунате вредности ( $U_{0i}$ ,  $U_{0j}$ ,  $U_{0k}$ ,  $U_{0P}$  и  $U_{0R}$ ) опште равномерности сјајности



Слика 43. Измерене ( $U_{1m}$ ) и израчунате вредности ( $U_{1i}$ ,  $U_{1j}$ ,  $U_{1k}$ ,  $U_{1P}$  and  $U_{1R}$ ) подужне равномерности сјајности

Табела 17. Општа равномерност сјајности и одговарајуће процентуалне грешке (процентуалне разлике опште равномерности сјајности одређене на основу израчунатих и измерених вредности сјајности)

Р. бр.	Материјал	$U_{0m}$ (%)	$U_{0i}$ (%)	$\Delta U_{0i}$ (%)	$U_{0j}$ (%)	$\Delta U_{0j}$ (%)	$U_{0k}$ (%)	$\Delta U_{0k}$ (%)	$U_{0p}$ (%)	$\Delta U_{0p}$ (%)	$U_{0r}$ (%)	$\Delta U_{0r}$ (%)
1	бетон	34.53	42.99	24.50	36.52	5.76	36.52	5.76	31.29	-9.38	32.08	-7.10
		34.53	42.99	24.50	36.52	5.76	36.52	5.76	33.87	-1.91	36.43	5.50
2	асфалт	54.42	54.67	0.46	49.45	-9.13	54.67	0.46	52.85	-2.88	50.22	-7.72
		54.42	54.67	0.46	49.45	-9.13	54.67	0.46	50.46	-7.28	55.60	2.17
3	асфалт	38.99	44.12	13.16	42.29	8.46	42.29	8.46	36.87	-5.44	36.87	-5.44
		38.99	44.12	13.16	42.29	8.46	44.12	13.16	37.65	-3.44	38.38	-1.56
		38.99	44.12	13.16	42.29	8.46	44.12	13.16	37.87	-2.87	44.28	13.57
		38.99	44.12	13.16	42.29	8.46	44.12	13.16	42.53	9.08	43.49	11.54
4	бетон	57.39	55.90	-2.61	66.21	15.37	55.90	-2.61	59.03	2.86	59.77	4.15
		57.39	55.90	-2.61	66.21	15.37	55.90	-2.61	62.01	8.05	62.43	8.78
5	асфалт	73.51	66.21	-9.93	80.03	8.87	66.21	-9.93	73.25	-0.35	73.25	-0.35
		73.51	66.21	-9.93	80.03	8.87	66.21	-9.93	73.50	-0.02	72.68	-1.13
6	бетон	67.15	58.70	-12.58	66.60	-0.82	58.70	-12.58	66.16	-1.47	63.54	-5.38
		67.15	58.70	-12.58	66.60	-0.82	66.60	-0.82	66.16	-1.47	64.38	-4.13
7	асфалт	68.48	76.20	11.27	66.82	-2.42	76.20	11.27	69.06	0.85	67.21	-1.85
		68.48	76.20	11.27	66.82	-2.42	66.82	-2.42	61.28	-10.53	63.90	-6.69
8	асфалт	52.66	67.20	27.61	62.83	19.31	67.20	27.61	48.73	-7.46	54.35	3.21
9	асфалт	61.39	67.20	9.46	62.83	2.35	67.20	9.46	63.49	3.42	66.03	7.56
10	бетон	57.73	68.63	18.88	58.19	0.80	68.63	18.88	59.60	3.24	59.97	3.88
11	бетон	62.88	71.66	13.95	61.23	-2.62	61.23	-2.62	63.53	1.03	59.56	-5.28

Табела 18. Подужне равномерности сјајности и њима припадајуће процентуалне грешке (процентуалне разлике подужних равномерности сјајности одређене на основу израчунатих и измерених вредности сјајности)

Р. бр.	Материјал	$U_{\text{ин}}$ (%)	$U_{\text{и}}$ (%)	$\Delta U_{\text{и}}$ (%)	$U_{\text{ј}}$ (%)	$\Delta U_{\text{ј}}$ (%)	$U_{\text{к}}$ (%)	$\Delta U_{\text{к}}$ (%)	$U_{\text{р}}$ (%)	$\Delta U_{\text{р}}$ (%)	$U_{\text{р}}$ (%)	$\Delta U_{\text{р}}$ (%)
1	бетон	55.56	53.93	-2.93	62.15	11.86	62.15	11.86	56.00	0.79	57.55	3.58
		55.56	53.93	-2.93	62.15	11.86	62.15	11.86	51.63	-7.07	54.87	-1.24
2	асфалт	46.15	52.03	12.74	41.17	-10.79	52.04	12.76	46.94	1.71	49.38	7.00
		46.15	52.03	12.74	41.17	-10.79	52.04	12.76	49.84	8.00	47.55	3.03
3	асфалт	56.25	64.19	14.12	56.98	1.30	56.98	1.30	56.88	1.12	56.88	1.12
		56.25	64.19	14.12	56.98	1.30	64.19	14.12	56.41	0.28	55.97	-0.50
		56.25	64.19	14.12	56.98	1.30	64.19	14.12	50.07	-10.99	54.08	-3.86
		56.25	64.19	14.12	56.98	1.30	64.19	14.12	51.92	-7.70	53.11	-5.58
4	бетон	64.29	66.56	3.53	74.24	15.48	66.56	3.53	60.88	-5.30	66.73	3.80
		64.29	66.56	3.53	74.24	15.48	66.56	3.53	63.28	-1.57	69.52	8.14
5	асфалт	73.33	74.24	1.24	79.01	7.75	74.24	1.24	74.76	1.95	74.76	1.95
		73.33	74.24	1.24	79.01	7.75	74.24	1.24	74.94	2.20	75.08	2.39
6	бетон	69.23	67.77	-2.11	74.42	7.50	67.77	-2.11	69.87	0.92	68.65	-0.84
		69.23	67.77	-2.11	74.42	7.50	74.42	7.50	69.87	0.92	70.22	1.43
7	асфалт	76.47	70.57	-7.72	78.68	2.89	70.57	-7.72	77.70	1.61	72.54	-5.14
		76.47	70.57	-7.72	78.68	2.89	78.68	2.89	78.95	3.24	74.97	-1.96
8	асфалт	57.69	67.63	17.23	75.23	30.40	67.63	17.23	55.13	-4.44	58.80	1.92
9	асфалт	58.33	67.63	15.94	75.23	28.97	67.63	15.94	57.80	-0.91	61.30	5.09
10	бетон	57.14	74.34	30.10	83.58	46.27	74.34	30.10	58.53	2.43	56.58	-0.98
11	бетон	65.00	74.02	13.88	83.31	28.17	83.31	28.17	67.59	3.98	69.53	6.97

Из табеле 17 може да се уочи следеће:

- процентуалне грешке опште равномерности сјајности износе до 27.6% када се у прорачунима сјајности користе стандардне  $t$ -табеле (без обзира на вредност  $Q_0$ ). Мања средња процентуална грешка која се односи на једну од две стандардне рефлексционе класе коловоза (нпр. R2 и R3) износи 7.2 %, а средња процентуална грешка за стандардну рефлексциону класу одређену према фактору  $S_1$  и уз претпостављени средњи коефицијент сјајности коловоза  $Q'_0$  износи 8.6%, и
- уколико се у прорачунима сјајности користи  $t$ -табела измерена помоћу лабораторијског рефлектометра, максимална процентуална грешка опште равномерности сјајности износи 13.6%, док је њена вредност 10.5% уколико се користи  $t$ -табела одређена применом предложене методе. Средње процентуалне грешке редом износе 5.3% и 4.2%.

Резултати приказани у табели 18 показују:

- процентуалне грешке које се односе на подужну равномерност сјајности износе до 46.3% у случајевима када се сјајност рачуна коришћењем стандардних  $t$ -табела. Мања средња процентуална грешка која се односи на једну од две стандардне рефлексционе класе коловоза (нпр. R2 и R3) износи 9.7%, а средња процентуална грешка за стандардну рефлексциону класу одређену према фактору  $S_1$  и уз претпостављени средњи коефицијент сјајности коловоза  $Q'_0$  износи 10.7%,
- уколико се у прорачунима сјајности користе  $t$ -табеле измерене у лабораторији, процентуалне грешке које се односе на подужну равномерност сјајности крећу се од 0.5% до 8.1%, док је средња вредност процентуалне грешке 3.3%, и
- уколико се у прорачунима сјајности користе  $t$ -табеле одређене применом предложене методе, процентуалне грешке које се односе на подужну равномерност сјајности крећу се у опсегу 0.3–11.0%, док је средња вредност процентуалне грешке 3.4%.

На основу резултата приказаних у табелама 16–18 може да се закључи да, уколико се рефлексиона класа коловоза одређује само на основу изгледа или описа коловозне површине, коришћење стандардне  $g$ -табеле у прорачунима сјајности може да доведе до неприхватљиво великих разлика између израчунатих и измерених вредности нивоа сјајности (чак до 85.9%), опште равномерности сјајности (до 27.6%) и подужне равномерности сјајности (до 46.3%). У случајевима када су познате вредности  $S_1$  и  $Q_0$  (одређене мерењима на узорку коловоза), може да се усвоји адекватна рефлексиона класа и тачна (адекватна) вредност  $Q'_0$ . У том случају, максимална процентуална грешка која се односи на ниво сјајности се смањује на 18.1%, максимална процентуална грешка опште равномерности остаје иста (27.6%), док је максимална процентуална грешка за подужну равномерност смањена на 30.1%. У случајевима када се користе модификоване вредности  $Q_0$  ( $Q'_0$ ), израчунати нивои сјајности су значајно ближи измереним вредностима, али у појединим случајевима општа и подужна равномерност сјајности и даље значајно одступају од измерених вредности. Велике грешке између израчунатих и измерених вредности нивоа сјајности, као што је већ речено у поглављу 2, значе да је инсталација осветљења лоше пројектована: уколико је стварни ниво сјајности значајно већи од израчунатог, инсталација је неекономична и неефикасна, а потрошња електричне енергије већа него што је потребно, док у случају када је стварни ниво сјајности значајно мањи од израчунатог (који би требало да буде већи или једнак захтеваном нивоу сјајности за изабрану светлотехничку класу улице), може да буде угрожена безбедност саобраћаја (ниво сјајности доминантно утиче на све видне перформансе возача).

Приказани резултати показују да прорачуни сјајности са  $g$ -табелама одређеним применом предложене методе и  $g$ -табелама измереним у лабораторији на свих 20 анализираних узорака узетих са 11 различитих саобраћајница, дају сличне резултате у погледу свих фактора квалитета (процентуалне грешке се разликују за свега неколико процената). То значи да резултати прорачуна сјајности са  $g$ -табелама одређеним применом предложене методе дају довољно тачне резултате, што омогућава израду поузданијих и избалансиранијих фотометријских решења и

израду инсталација уличног осветљења које ће омогућити да ситуација на терену више одговара пројектованим вредностима. На тај начин би се повећала безбедност учесника у саобраћају, јер би се обезбедила добра видљивост (на коју доминантно утичу ниво и општа равномерност сјајности), али и побољшао видни комфор (на који доминантно утичу ниво и подужна равномерност сјајности).

Треба нагласити да је приликом одабира узорака на којима се врши мерење веома важно изабрати оне који добро репрезентују целу коловозну површину. Међутим, с обзиром на то да су коловозне површине прилично нехомогене, рефлексивне особине узорака узетих са истог коловоза могу да буду значајно различите. Из тог разлога, препоручује се да број мерења буде што је могуће већи, и да се на основу њих одреде резултантна  $r$ -табела и одговарајући фактори  $S_1$  и  $Q_0$  (употреба уређаја Memphis омогућава извођење великог броја оваквих мерења, јер мерење на једној локацији траје само 12 s). У циљу утврђивања оправданости употребе резултантних  $r$ -табела, у којима су појединачни елементи израчунати као аритметичка средина одговарајућих елемената из свих  $r$ -табела измерених на истој саобраћајници, на шест саобраћајница су извршена по два, а на једној саобраћајници четири мерења. Резултати прорачуна нивоа и равномерности сјајности са одговарајућим резултантним  $r$ -табелама за ових седам саобраћајница приказани су у табелама 19–21. У овим табелама индекс  $k$  се односи на модификоване стандардне  $r$ -табеле, које су одређене на основу вредности фактора  $S_1$  и  $Q_0'$  израчунатих на основу резултантне  $r$ -табеле измерене помоћу лабораторијског рефлектометра. Индекс  $P$  се односи на резултантну  $r$ -табелу добијену применом предложене методе, а индекс  $R$  на резултантну  $r$ -табелу добијену лабораторијским мерењима.

Табела 19. Израчунате средње вредности у нивоу сјајности (коришћењем резултантних г-табела) и одговарајуће процентуалне грешке (процентуалне грешке између израчунатих и измерених вредности)

Р. бр.	Материјал	$L_k$ (cd/m <sup>2</sup> )	$\Delta_k$ (%)	$L_p$ (cd/m <sup>2</sup> )	$\Delta_p$ (%)	$L_R$ (cd/m <sup>2</sup> )	$\Delta_R$ (%)
1	бетон	1.120 k=2 Q' <sub>0</sub> =0.073	-3.45	1.06	-8.62	1.13	-2.59
2	асфалт	0.860 k=2 Q' <sub>0</sub> =0.051	-6.52	0.93	1.09	0.88	-4.35
3	асфалт	1.700 k=2 Q' <sub>0</sub> =0.061	-5.56	1.80	0.17	1.76	-2.41
4	бетон	0.960 k=1 Q' <sub>0</sub> =0.072	-8.57	0.95	-9.76	1.10	4.52
5	асфалт	1.160 k=2 Q' <sub>0</sub> =0.078	-4.92	1.19	-2.87	1.28	4.51
6	бетон	0.910 k=1 Q' <sub>0</sub> =0.076	-12.50	1.02	-2.08	1.08	3.46
7	асфалт	1.120 k=3 Q' <sub>0</sub> =0.062	-4.27	1.28	9.34	1.25	6.50

На основу резултата приказаних у табели 19, може да се уочи да, када се у прорачунима сјајности користи модификована стандардна г-табела, процентуалне разлике нивоа сјајности износе од 3.4% до 12.5% (средња процентуална грешка



износи 6.5%). У случајевима када је резултантна г-табела одређена применом предложене методе, процентуалне разлике нивоа сјајности крећу се у опсегу 0.2 – 9.8%, а када се користи табела одређена лабораторијским мерењем, процентуалне разлике су у опсегу 2.4–6.5% (средње процентуалне грешке редом износе 4.8% и 4.0%).

Табела 20. Израчунате опште равномерности сјајности (добијене коришћењем резултантних г-табела) и одговарајуће процентуалне грешке (процентуалне разлике између израчунатих и измерених вредности)

Р. бр.	Материјал	$U_{0k}$ (%)	$\Delta U_{0k}$ (%)	$U_{0p}$ (%)	$\Delta U_{0p}$ (%)	$U_{0R}$ (%)	$\Delta U_{0R}$ (%)
1	бетон	36.52	5.76	33.56	-2.81	34.27	-0.75
2	асфалт	54.67	0.46	51.76	-4.89	52.92	-2.76
3	асфалт	44.12	13.16	38.60	-1.00	40.73	4.46
4	бетон	55.89	-2.61	60.69	5.74	61.23	6.69
5	асфалт	66.21	-9.93	73.38	-0.18	72.98	-0.72
6	бетон	58.70	-12.58	66.14	-1.51	63.96	-4.75
7	асфалт	66.82	-2.42	64.92	-5.20	65.46	-4.41

Из табеле 20 може да се види да процентуалне грешке које се односе на општу равномерност сјајности износе од 0.5% до 13.2% када се у прорачунима сјајности користи модификована стандардна г-табела (средња вредност процентуалне грешке износи 6.7%). У случају коришћења резултантне г-табеле одређене применом предложене методе, процентуалне разлике опште равномерности сјајности крећу се у опсегу 0.2–5.7%, а у случајевима када се користи табела одређена лабораторијским мерењима оне износе 0.7–6.7% (средње процентуалне грешке редом износе 3.0% и 3.5%).

Табела 21. Израчунате вредности подужне равномерности сјајности (добијене коришћењем резултантних  $r$ -табела) и одговарајуће процентуалне грешке (процентуалне разлике између израчунатих и измерених вредности)

Р. бр.	Материјал	$U_{lk}$ (%)	$\Delta U_{lk}$ (%)	$U_{IP}$ (%)	$\Delta U_{IP}$ (%)	$U_{IR}$ (%)	$\Delta U_{IR}$ (%)
1	бетон	62.15	11.86	55.81	0.45	56.09	0.95
2	асфалт	52.04	12.76	48.27	4.59	48.43	4.94
3	асфалт	64.19	14.12	53.88	-4.21	56.04	-0.37
4	бетон	66.56	3.53	62.95	-2.08	68.16	6.03
5	асфалт	74.24	1.24	75.59	3.08	76.02	3.67
6	бетон	67.77	-2.11	69.91	0.98	69.46	0.33
7	асфалт	78.68	2.89	78.49	2.64	73.81	-3.48

Резултати приказани у табели 21 показују да процентуалне грешке које се односе на подужну равномерност сјајности износе од 1.2–14.1 % када се у прорачунима сјајности користи модификована стандардна  $r$ -табела (средња вредност процентуалне грешке износи 6.6%). У случају коришћења резултантне  $r$ -табеле одређене применом предложене методе, процентуалне разлике подужне равномерности сјајности крећу се у опсегу 0.4–4.6%, а у случајевима када се користи табела одређена лабораторијским мерењима оне износе 0.3–6.0% (средње процентуалне грешке редом износе 2.6% и 2.8%).

Резултати приказани у табелама 19–21 показују да, у случају када се у прорачунима сјајности користе резултантне  $r$ -табеле, процентуалне грешке свих параметара квалитета уличног осветљења не зависе значајно од примењене процедуре (наравно, вршено је поређење само 3 процедуре чија се тачност показала прихватљивом у претходној анализи). Међутим, резултати приказани у табелама 16–18 показују да постоје  $r$ -табеле за поједине узорке коловоза за које су одступања између измерених и израчунатих вредности како нивоа тако и опште и подужне равномерности сјајности веома велика. Такве  $r$ -табеле неадекватно репрезентују

посматрану коловозну површину, негативно утичу на тачност резултантне r-табеле, а самим тим и умањују тачност прорачуна сјајности. Међутим, мобилни рефлектометар Memphis омогућава да се изврши велики број мерења на посматраном коловозу и да се након тога одбаце мерења у којима резултати значајно одступају од резултата добијених на осталим локацијама (тачкама). На тај начин може да се одреди резултантна r-табела која на бољи и поузданији начин описује посматрану коловозну површину. Чак уколико се овакве r-табеле не одбаце, а број извршених мерења је велики, њихов утицај на тачност резултантне r-табеле неће бити значајан. Иако је било лако извршити велики број мерења мобилним уређајем Memphis, а затим једноставно одредити поузданију резултантну r-табелу, у овом истраживању то није урађено - узета су у обзир сва мерења извршена на локацијама са којих су узети узорци коловоза на којима су касније извршена мерења у лабораторији.

Дефинисање процедуре за аутоматско одбацивање резултата мерења који значајно одступају од оних добијених мерењима на осталим тачкама исте коловозне површине представља тему за даља (завршна) истраживања у овој области.

## 7. ЗАКЉУЧАК

За постизање добре видљивости и адекватног видног комфора потребно је постићи стандардима или међународним препорукама захтеване вредности нивоа сјајности и опште и подужне равномерности сјајности, као и учинити прихватљивим физиолошко бљештање. У циљу испуњења наведених фотометријских захтева при пројектовању осветљења посматране саобраћајнице, који зависе од њене светлотехничке класе, неопходно је познавати геометријске параметре саобраћајнице, светлосни флуks извора светлости, расподелу светлости светиљке, и рефлексивне особине коловозне површине. Пошто су геометрија саобраћајнице, светлосни флуks изабраног извора светлости и расподела светлосног интензитета светиљке познати (реномирани произвођачи извора светлости и светиљки публикују прецизне податке о својим производима), тачност прорачуна сјајности доминантно зависи од тачности одређивања рефлексивних особина коловоза.

У пракси се рефлексивне особине коловозне површине приказују помоћу дводимензионалне табеле рефлексивности или  $r$ -табеле, у којој су вредности редукованог коефицијента сјајности ( $r$ ) дате за бројне комбинације релевантних углова  $\beta$  и  $\gamma$  ( $\beta$  представља угао између равни упада светлости и равни посматрања, а  $\gamma$  је угао упада светлости). Довољно тачне вредности елемената  $r$ -табеле могу да се добију само помоћу скупих и дуготрајних лабораторијских мерења на узорцима коловоза, која се врше помоћу лабораторијског рефлектометра. Међутим, оваква мерења су праћена бројним тешкоћама (избор репрезентативних узорака, узимање узорака, њихов транспорт,...). Због тога су у међународним препорукама, а у оквиру тзв. R класификационог система, дефинисане четири стандардне рефлексивне класе коловоза, одабране тако да репрезентују скоро све тада познате врсте сувих коловозних покривача. Свакој стандардној рефлексивној класи придружена је стандардна  $r$ -табела, као и нормализована вредност средњег коефицијента сјајности ( $Q_0$ ). Пројектовање осветљења улица и путева данас се најчешће врши тако што се предметној саобраћајници придружи нека од четири стандардне рефлексивне класе и усвоји нормализована вредност коефицијента сјајности  $Q_0$ .

R – класификациони систем је базиран на бројним мерењима рефлексионих особина сувих коловозних површина, која су извршена шездесетих и седамдесетих година прошлог века. Међутим, током година су се коловозне површине мењале. Сада се у изради коловозних покривача користе нове врсте агрегата, које значајно утичу и на промену рефлексионих особина коловозних површина. Бројна мерења показују да стандардне  $g$ -табеле не могу адекватно да репрезентују многе коловозне површине које се данас користе.

Због тога су пре десетак година почели да се конструишу мобилни (портабл) рефлектометри, намењени теренским мерењима рефлексионих особина коловоза. Њихова примена омогућава мерења на већем броју локација на коловозу, и то без његовог оштећења. Међутим, због конструктивних и механичких ограничења са којима се суочавају конструктори свих мобилних рефлектометара, овакви уређаји имају одређене недостатке, као што су немогућност мерења сјајности за све комбинације углова  $\beta$  и  $\gamma$  из  $g$ -табеле и чињеница да се мерења најчешће врше за углове посматрања који су (значајно) већи од угла  $\alpha=1^\circ$ , на коме се заснивају сви стандарди и међународне препоруке из ове области. Последица напред наведеног је да мобилне рефлектометре по правилу не карактерише потребна тачност.

Циљ истраживања приказаног у докторској дисертацији био је развој методе помоћу које, а на основу ограниченог броја вредности коефицијената сјајности који могу да се измере применом мобилног рефлектометра, може да се одреди комплетна табела рефлексије која довољно тачно репрезентује рефлексионе карактеристике посматране коловозне површине (број измерених коефицијената сјајности износи само 5% броја елемената табеле рефлексије).

Као студија случаја, за верификацију методе развијене током истраживања коришћен је мобилни рефлектометар назван Memphis, конструисан у развојном центру компаније Schröder у Лијежу.

Да би резултати предложене докторске дисертације имали општу вредност, изабран је довољан број (25) различитих узорака коловоза. Кандидаткиња је самостално

извршила избор узорака коловоза и сва потребна мерења помоћу лабораторијског рефлектометра. Мерењима на тим узорцима за углове посматрања  $\alpha=1^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ, 30^\circ, 40^\circ, 50^\circ, 60^\circ, 70^\circ$  и  $80^\circ$ , која су обављена коришћењем прецизног лабораторијског рефлектометра који поседује компанија Schréder, најпре је утврдила да су криве помоћу којих се приказује зависност коефицијента сјајности од угла посматрања  $\alpha$  глатке за релевантне опсеге тог угла. Потом је, на основу вредности измерених помоћу лабораторијског рефлектометра за углове посматрања  $\alpha=5^\circ, 10^\circ, 20^\circ, 30^\circ, 40^\circ, 50^\circ, 60^\circ, 70^\circ$  и  $80^\circ$ , применом чак 80 различитих поступака екстраполације одредила вредности коефицијента сјајности за угао посматрања  $\alpha=1^\circ$  за сваку разматрану комбинацију углова  $\beta$  и  $\gamma$ . Поређењем израчунатих вредности коефицијента сјајности, добијених применом различитих облика екстраполације, са вредностима коефицијента сјајности које су измерене помоћу прецизног лабораторијског рефлектометра за угао посматрања  $\alpha=1^\circ$ , утврдила је оптималан облик екстраполације за сваку од 20 комбинација углова  $\beta$  и  $\gamma$  за које мобилни рефлектометар Memphis мери коефицијенте сјајности. Одређивање оптималног облика екстраполације за сваку комбинацију углова ( $\gamma, \beta$ ) представља један од најважнијих доприноса ове дисертације.

На основу 447 расположивих  $\gamma$ -табела, снимљених применом прецизног лабораторијског рефлектометра компаније Schréder у последњих 20 година, поступком линеарне интерполације кандидаткиња је формирала нову базу са редукованим табелама коефицијента сјајности (са по 20 елемената) у којима комбинације углова  $\beta$  и  $\gamma$  одговарају комбинацијама тих углова за које могу да се врше мерења помоћу мобилног рефлектометра Memphis.

Да би се за табелу коефицијента сјајности добијену помоћу мобилног рефлектометра одредила најприближнија редукована табела из новоформиране базе, кандидаткиња је креирала оригиналан алгоритам који је уважио чињеницу да коловозне површине могу да имају сличне табеле рефлексије, али значајно различите средње коефицијенте сјајности. Одређивањем најприближније редуковане табеле из базе, одређена је и њој одговарајућа комплетна табела рефлексије.

У циљу валидације предложене методе, изабран је репрезентативан број коловоза чије су рефлексионе особине одређене и помоћу мобилног рефлектометра и коришћењем прецизног лабораторијског рефлектометра. На крају су за саобраћајнице које садрже те коловозе извршена фотометријска мерења. Кандидаткиња је урадила фотометријске прорачуне коришћењем пет  $g$ -табела: две стандардне и једне модификоване СИЕ  $g$ -табеле, оне добијене у лабораторији и оне која је одређена применом предложене методе. Упоредно је приказала резултате мерења нивоа и равномерности сјајности на свим разматраним саобраћајницама и резултате фотометријских прорачуна базираних на  $g$ -табелама одређеним применом предложене методе, методе засноване на коришћењу узорака коловоза и лабораторијског рефлектометра и методе прорачуна засноване на коришћењу стандардних  $g$ -табела. Анализом резултата добијених мерењима и прорачунима, утврђено је да се применом предложене методе добијају резултати слични онима који су засновани на лабораторијским мерењима, и то у погледу свих фактора квалитета уличног осветљења (нивоа сјајности и опште и подужне равномерности сјајности). Компарацијом тачности свих разматраних метода извршена је верификација предложене методе. Закључено је да су резултати прорачуна сјајности са  $g$ -табелама одређеним применом предложене методе довољно тачни, што омогућава израду поузданих фотометријских прорачуна, односно израду инсталација уличног осветљења које ће омогућити да ситуација на терену одговара пројектованим параметрима.

Иако је метода предложена у овој дисертацији примењена на један од постојећих портабл рефлектометара (Memphis), она лако може да се модификује и примени на било који портабл рефлектометар који мери коефицијенте сјајности под угловима већим од  $1^\circ$ . То се посебно односи на процедуру одређивања оптималног облика екстраполације помоћу које се добијају коефицијенти сјајности који одговарају углу посматрања  $\alpha=1^\circ$ , формирање одговарајуће базе редукованих  $q$ -табела и израчунавање стварне вредности средњег коефицијента сјајности коловоза. Њена значајна предност у односу на иницијално развијену методу коју користи уређај Memphis састоји се у одсуству потребе за било каквим мерењима рефлексионих

особина коловоза (нису потребна мерења нити на терену нити у лабораторији). Подсећамо да је због веома скувих мерења неопходних за добијање референтне базе уређај Memphis имао ограничене могућности примене. Захваљујући методи развијеној у оквиру израде предметне дисертације, конструктори будућих мобилних рефлектометара заснованих на мерењу коефицијената сјајности који одговарају угловима  $\alpha$ ,  $\beta$  и  $\gamma$  који су исти (или слични) са онима за које уређај Memphis врши мерења једино треба да поседују референтну базу г-табела.

С обзиром на то да је мерења на терену могуће извести брзо и једноставно, без оштећивања коловоза, на свакој саобраћајници може да се уради већи број мерења и на тај начин формира резултантна табела рефлексије која на бољи начин описује целу коловозну површину, а самим тим омогућава и прецизније прорачуне сјајности на улицама и путевима.

Предложена метода омогућава једноставно одређивање комплетне табеле рефлексије која довољно тачно репрезентује рефлексионе карактеристике посматране коловозне површине на основу мерења на терену неагресивном методом (без оштећења коловоза). Коришћењем тако одређене табеле рефлексије у прорачунима сјајности, омогућава се тачније израчунавање свих релевантних параметара осветљеног коловоза (нивоа сјајности, опште и подужне равномерности сјајности и релативног пораста прага), што доприноси како пројектовању квалитетнијег уличног осветљења, тако и оптимизацији укупних (почетних и експлоатационих) трошкова одговарајуће инсталације. Због тога се препоручује примена предложене методе уместо оне која је заснована на усвајању неке од стандардних рефлексионих класа, а која је у пракси доводила до значајних одступања израчунатих и измерених фотометријских параметара саобраћајнице.



## Литература

- [1] М. Б. Костић, *Водич кроз свет технике осветљења*, Minel- Schröder, 2000.
- [2] М. Б. Костић, *Осветљење путева*, Minel- Schröder, 2000.
- [3] Commission Internationale de l'Eclairage, *Lighting of roads for motor and pedestrian traffic*, Publication CIE 115 (2nd edition), 2010.
- [4] Commission Internationale de l'Eclairage, *Road lighting calculations*, Publication CIE 140, 2000.
- [5] CEN, *Road Lighting – Part 3: Calculation of Performance*, Publication EN 13201-3:2015, 2015.
- [6] CEN, *Road Lighting – Part 1: Guidelines on selection of lighting classes*, Publication EN 13201-1:2014, 2014.
- [7] American National Standards Institute/ Illuminating Engineering Society, *American National Standard Practice for Roadway and Street Lighting*, ANSI/IES RP-8-14, 2014.
- [8] J.B. de Boer, V. Onate, A. Oostrijk, Practical methods for measuring and calculating the luminance of road surfaces, Philips Research Report 7, 1952
- [9] H.O. Westermann, *Reflexionswerte von Strassenbelägen*, Lichttechnik 15, No. 10 pages 506-510, 1963.
- [10] J.B. De Boer, H. Westermann, *Die Unterscheidung von Straßenbelägen nach Reflexionskennwerten und deren Bedeutung für die Straßenbeleuchtung*, Lichttechnik 16:117, 1964
- [11] J. Roch, G. Smiatek, *Das qs-Verfahren zur lichttechnischen Kennzeichnung von Fahrbahndecken*, Lichttechnik 24, No. 6, pages 329-334
- [12] H. Range, *Ein vereinfachtes Verfahren zur lichttechnischen Kennzeichnung von Fahrbahnbelägen*, Lichttechnik, 24, No. 12, pages 608-610, 1972
- [13] A. Erbay, *Verfahren zur Kennzeichnung der Reflexionseigenschaften von Fahrbahndecken*, Berlin 1973 (Thesis, Technische Universität, Berlin)
- [14] A. Erbay, *Ein neues Verfahren zur Kennzeichnung der Reflexionseigenschaften von Fahrbahndecken*, Lichttechnik 26, 1974
- [15] P. Massart, *Trials for the Classification of Road Surfaces*, Public Lighting 39, No. 166, pages 156-160, 1974.

- [16] Commission Internationale de l'Eclairage, *Calculation and Measurement of Luminance and Illuminance in Road Lighting*, CIE Publication 30, 1976.
- [17] Commission Internationale de l'Eclairage, *Road Surface and Road Marking Reflection Characteristics*, CIE Publication 144, 2001.
- [18] K. Sørensen, *Description and classification of light reflection properties of road surfaces*, Lysteknisk Laboratorium, Lyngby, Denmark, Report no. 7, 1974.
- [19] Commission Internationale de l'Eclairage, *Road surfaces and lighting (joint technical report CIE/PIARC)*, CIE Publication 66, 1984.
- [20] Commission Internationale de l'Eclairage. *Calculation and Measurement of Illuminance and Luminance in Road Lighting*, CIE Publication 30.2, 1982.
- [21] British Standards Institution, *Code of practice for the design of road lighting. Lighting of roads and public amenity areas*, Publication BS 5489-1:2013, 2013.
- [22] H.W. Bodmann, H.J. Schmidt, *Road surface reflection and road lighting: Field investigations*, *Lighting Research and Technology*; 21: 159-170, 1989.
- [23] S. Fotios, P. Boyce, C. Ellis, *The effect of pavement material on road lighting performance*. UK Department for Transport, UK Roads Liaison Group, 2005.
- [24] C. Chain, F. Lopez, P. Verny, *Impact of real road photometry on public lighting design*, Proceedings of the 26th Session of the CIE, Beijing, China: 4-11 July 2007.
- [25] E. Dumont, J. L. Paumier, *Are standard tables R still representative of the properties of road surfaces in France?* Proceedings of the 26th Session of the CIE, Beijing, China: 4-11 July 2007.
- [26] A. Ekrias, A. Ylinen, M. Eloholma, L. Halonen, *Effects of pavement lightness and colour on road lighting performance*, Proceedings of the CIE International Symposium on Road Surface Photometric Characteristics: Measurement Systems and Results, Torino, Italy: 9-10 July 2008.
- [27] A. Ylinen, M. Puolakka, L. Halonen, *Road surface reflection properties and applicability of the r-tables for today's pavement materials in Finland*, *Light & Engineering*; 18: 78-90, 2010.

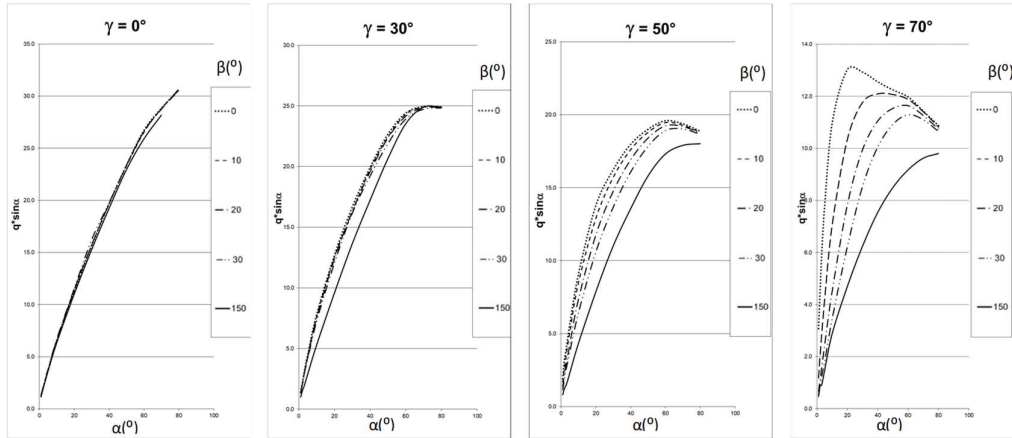
- [28] P. Iacomussi, G. Rossi, M. A. Zinzi, *Comparison between standard and titanium dioxide treated road surfaces in lighting applications*, Proceedings of the 27th Session of the CIE, Sun City, South Africa: 9-16 July 2011.
- [29] I. Petrinska, D. Ivanov, D. Pavlov, K. Nikolova, *Road surface reflection properties of typical for Bulgaria pavement materials*, Proceedings of Lux junior 2015, Dörmfeld, Germany: 25-27 September 2015.
- [30] W. Van Bommel, *Road Lighting – Fundamentals, Technology and Application*, Switzerland: Springer International Publishing, 2015.
- [31] J.B. De Boer, J.Vermeulen, *Simple luminance calculations based on road surface classification*, Proceedings of the 16th Session of the CIE, Washington DC, USA: 19-28 June 1967.
- [32] B. Panhans, J. De Boer, A. Otto, F. Wellner, *A new 'in-situ' measuring device for determining photometric parameters of road surfaces*, Proceedings of Lux Europa 2009, Istanbul, Turkey: 9-11 September 2009.
- [33] X. Chen, X. Zheng, C. Wu, *Portable instrument to measure the average luminance coefficient of a road surface*, Measurement Science and Technology; 25: 035203, 2014.
- [34] N Debergh, J. J. Embrechts, *Mathematical modelling of reduced luminance coefficients for dry road surfaces*, Lighting Research and Technology, 40: 243–256, 2008
- [35] L. Fellin, P. Fiorentin, E. Pedrotti, A. Scroccaro, *The importance of pavement reflectance: a portable system for on site measurements*, Proceedings of Lux Europa 2009, Istanbul, Turkey: 9-11 September 2009.
- [36] A. A. Korobko, *Approximation of road surface luminance coefficient*, Light & Engineering; 21: 39–43, 2013.
- [37] D. Beacco, P. Fiorentin, G. Rossi, *A system for in situ measurements of road reflection properties: Proceedings of the 20th IEEE Instrumentation and Measurement Technology Conference*, Vail, USA: 20-22 May 2003.
- [38] M. Casol, P. Fiorentin, A. Scroccaro, *On road measurements of the luminance coefficient of paving: 16th IMEKO TC4 International Symposium on Exploring New Frontiers of Instrumentation and Methods for Electrical and Electronic Measurements*, Florence, Italy: 22-24 September 2008.

- [39] V. Muzet, J.L. Paumier, Y. Guillard, *Coluroute: a mobile goniophotometer to characterize the road surface photometry: Proceedings of the International CIE symposium on road surface photometric characteristics*, Torino, Italy: 9-10 July 2008.
- [40] D. Schreuder, *A portable reflectometer for on road measurements: Experiences from Netherlands: Proceedings of the International CIE symposium on road surface photometric characteristics*, Torino, Italy: 9-10 July 2008.
- [41] Schröder Group, *Characterization of road surfaces using a mobile gonio-reflectometer*. CIE NEWS 2006; 78: 5-6.
- [42] M.Laurent, *Characterisation of road surfaces using Memphis mobile gonio reflectometer: Proceedings of the International CIE symposium on road surface photometric characteristics*, Torino, Italy: 9-10 July 2008.
- [43] M. J. Jackett, W. J.Frith, *Measurement of the reflection properties of road surfaces to improve the safety and sustainability of road lighting*. NZ Transport Agency research report 383, 2009.

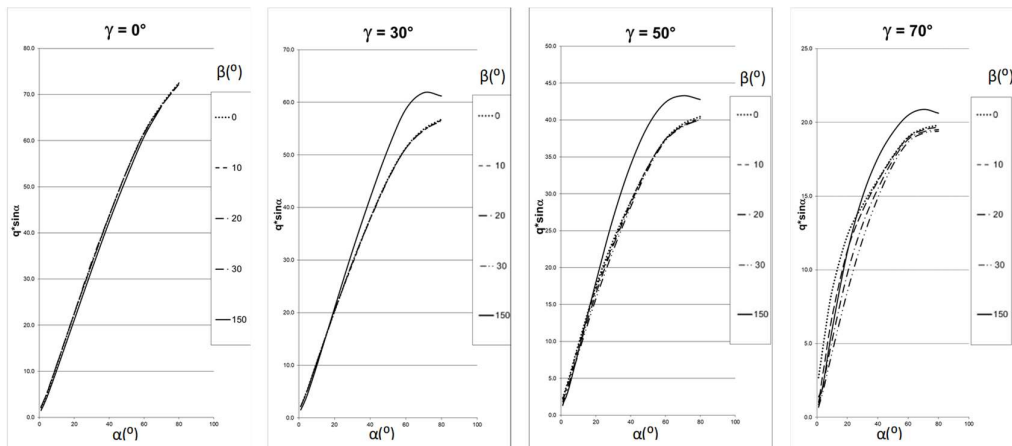
## Прилог А

Криве које показују зависност  $q \cdot \sin \alpha = f(\alpha)$  за свих 20 комбинација углова  $\gamma$  и  $\beta$ , за свих 25 посматраних узорака коловоза

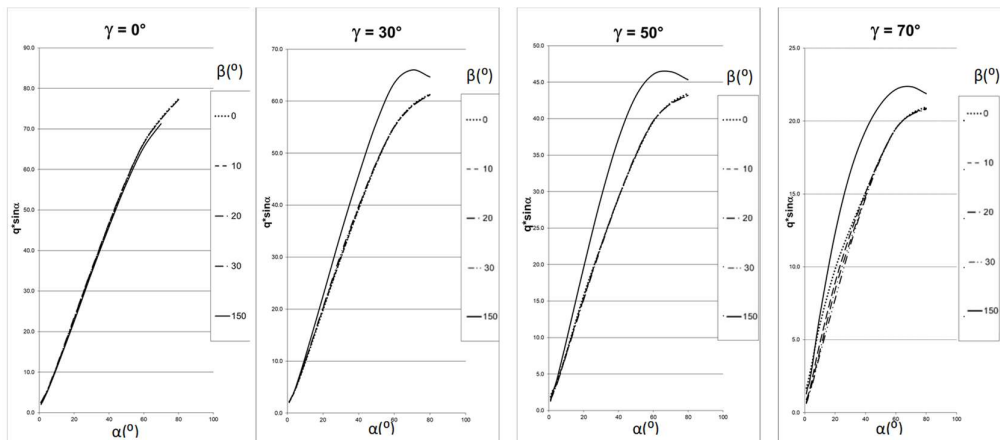
Ознака узорка 1BK147, тип коловозне површине: асфалт



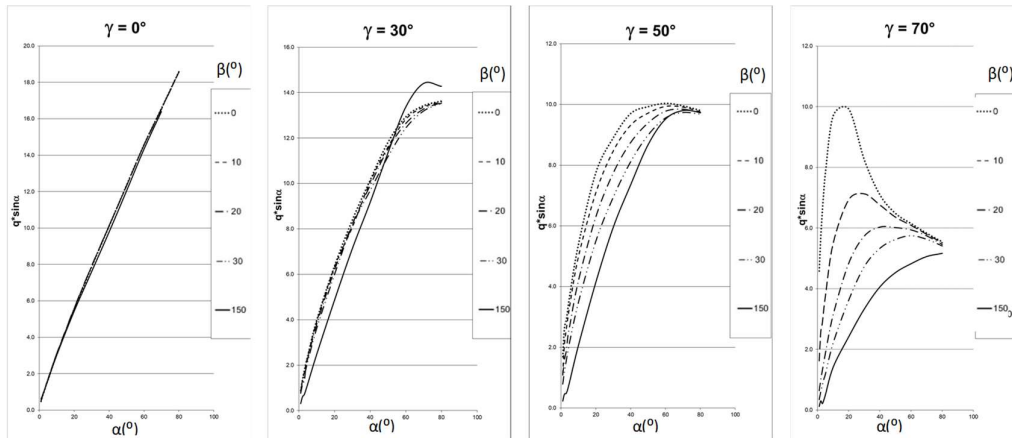
Ознака узорка 26D06, тип коловозне површине: бетон



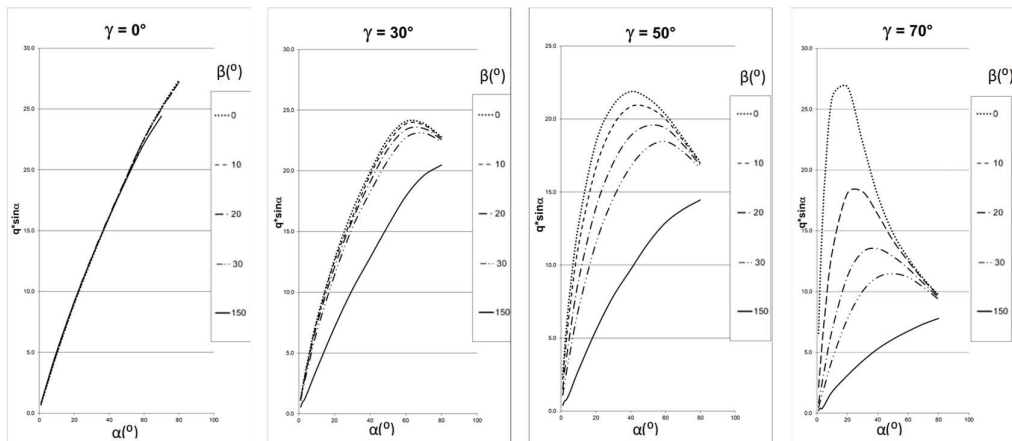
Ознака узорка 26D07, тип коловозне површине: бетон



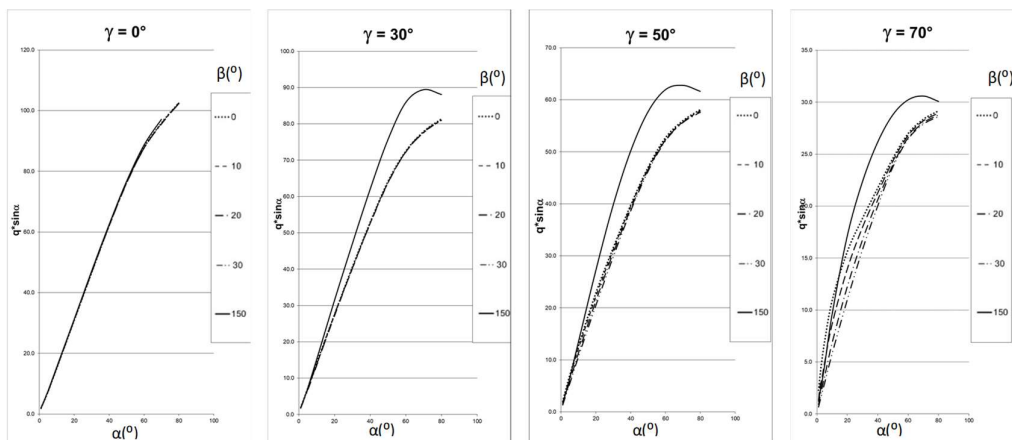
Ознака узорка A4E04, тип коловозне површине: порозни асфалт



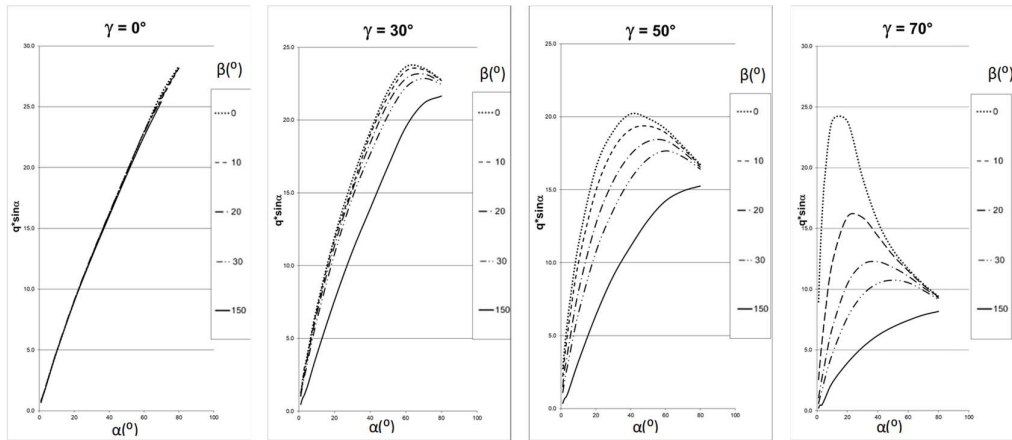
Ознака узорка B1001, тип коловозне површине: асфалт



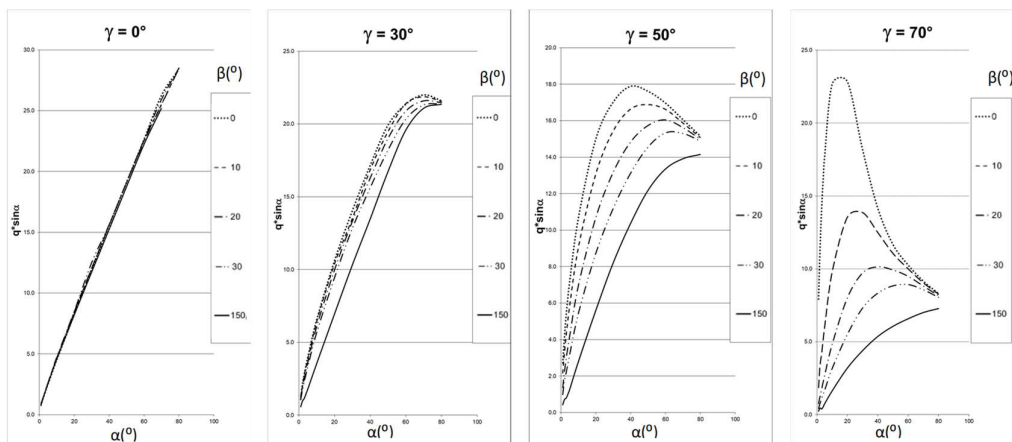
Ознака узорка B1020, тип коловозне површине: бетон



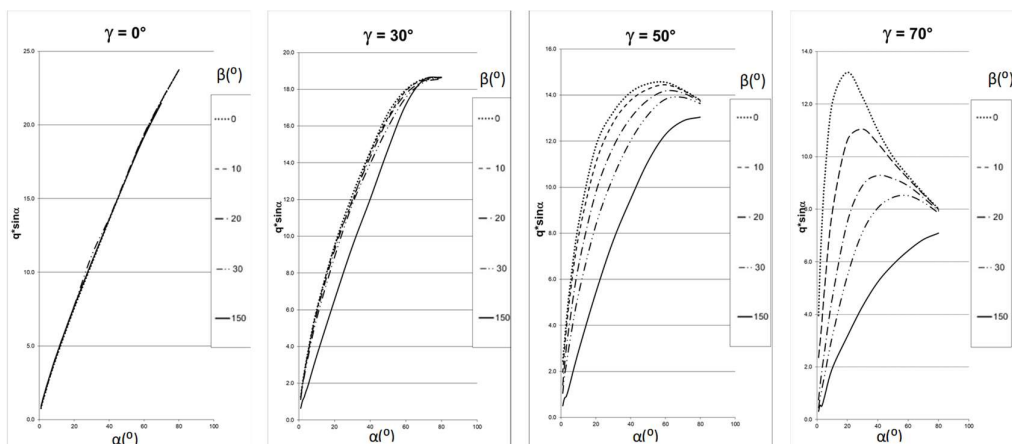
Ознака узорка В1039, тип коловозне површине: асфалт



Ознака узорка F, тип коловозне површине: асфалт

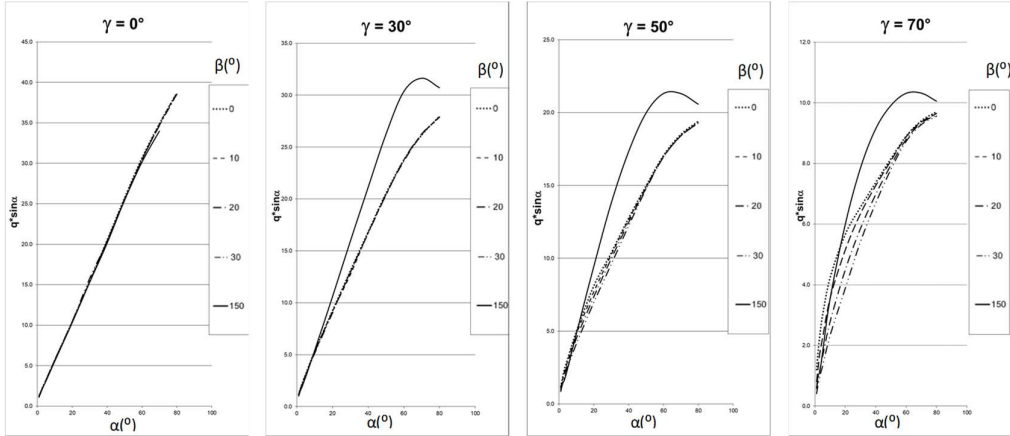


Ознака узорка RNE04, тип коловозне површине: порозни асфалт

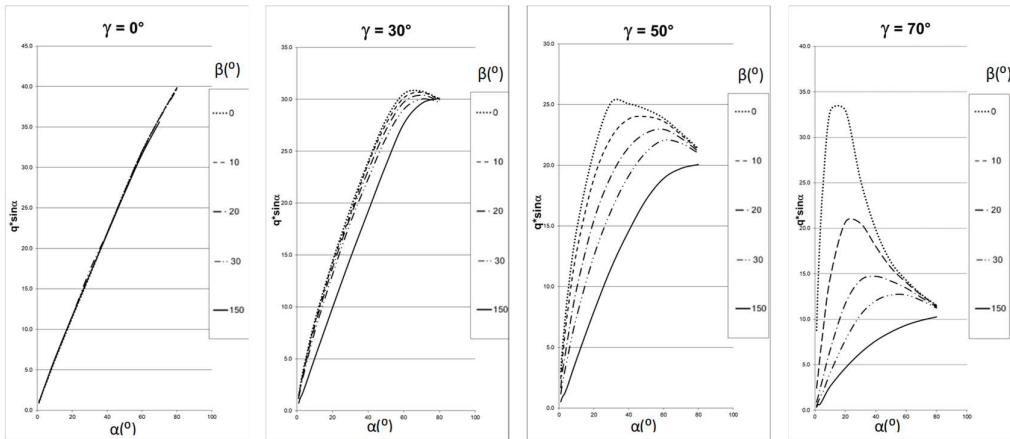




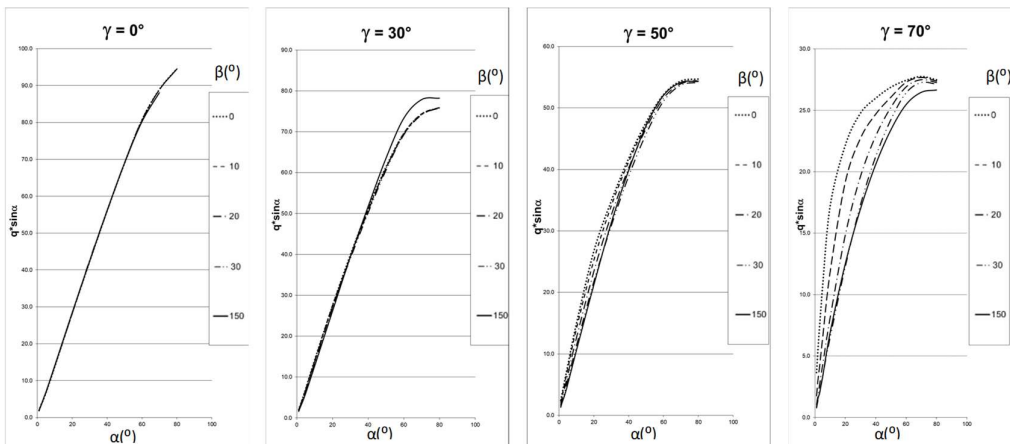
Ознака узорка S0271, тип коловозне површине: асфалт



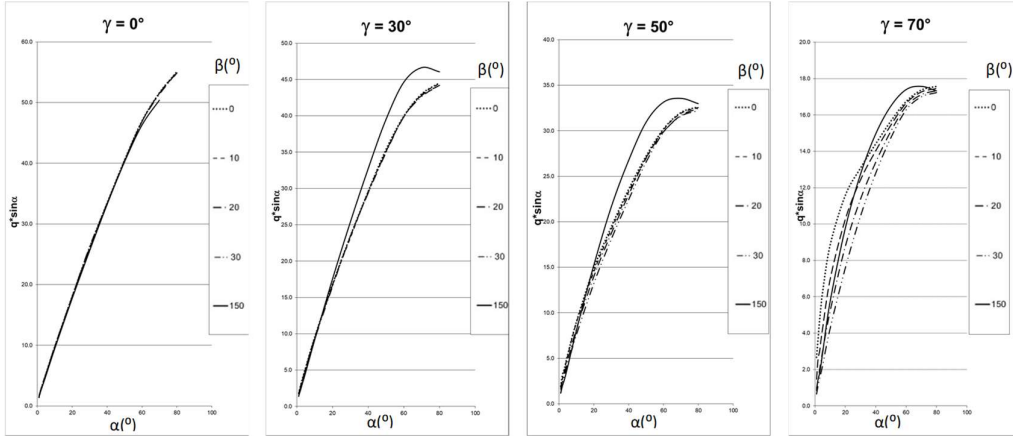
Ознака узорка S0321, тип коловозне површине: асфалт



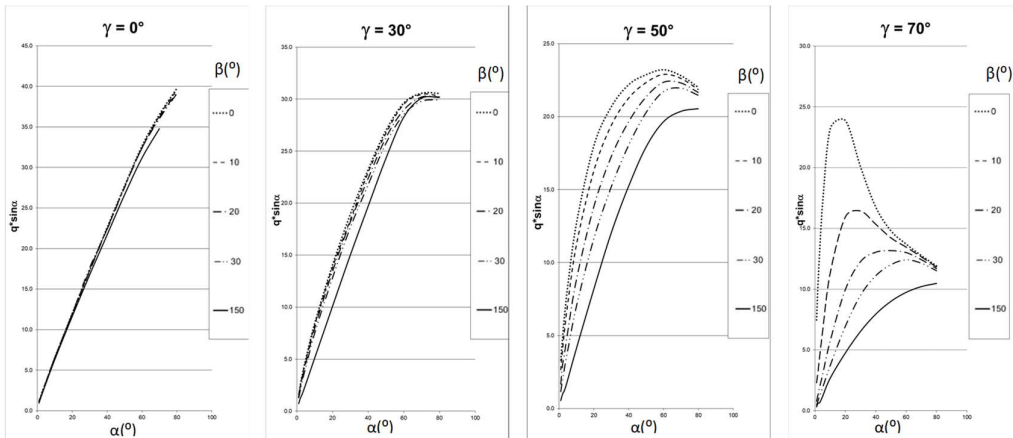
Ознака узорка S0361, тип коловозне површине: бетон



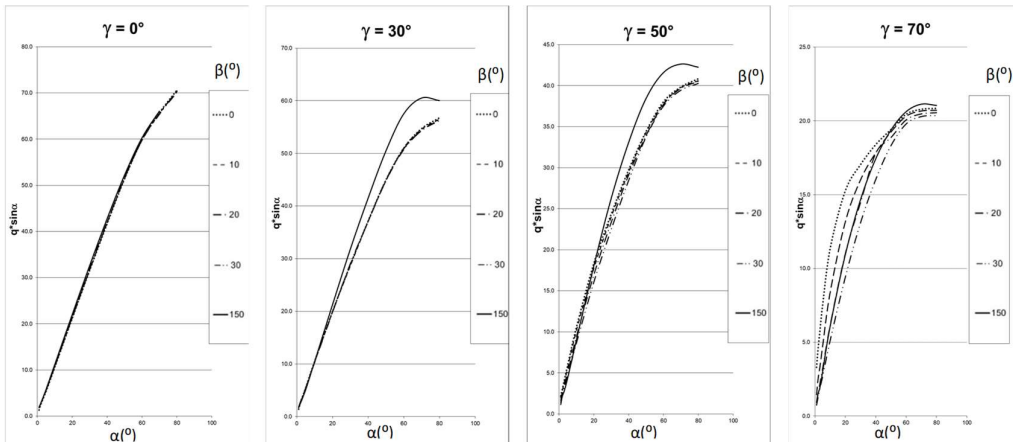
Ознака узорка S0381, тип коловозне површине: асфалт



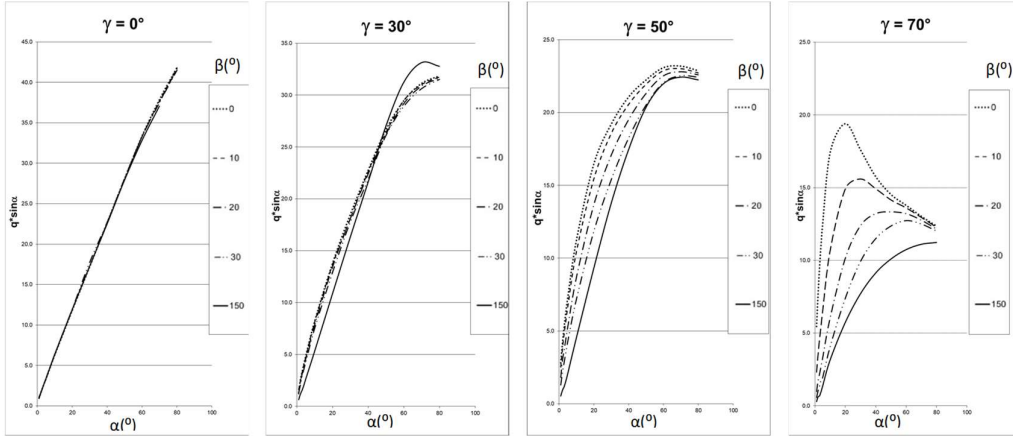
Ознака узорка S0411, тип коловозне површине: асфалт



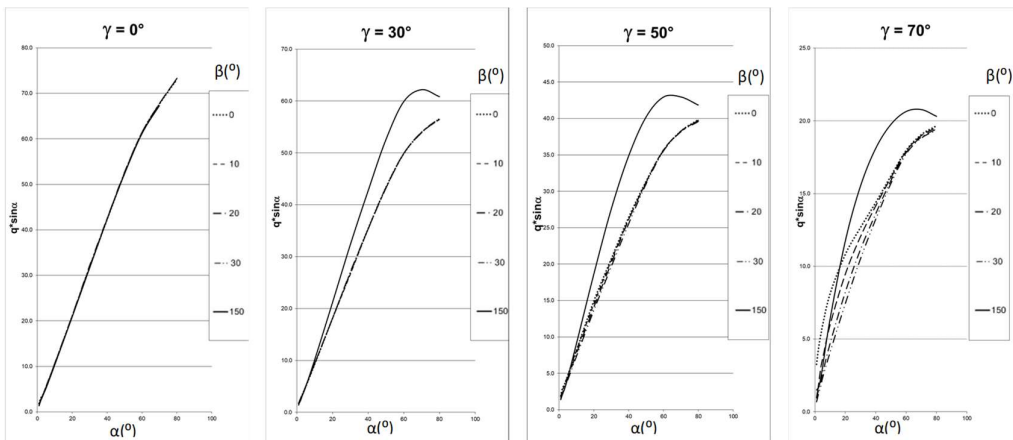
Ознака узорка S0421, тип коловозне површине: асфалт



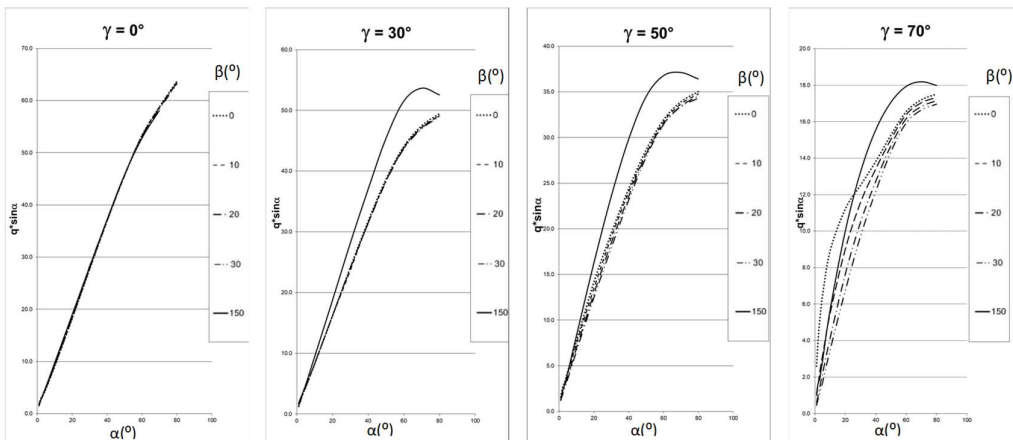
Ознака узорка S0431, тип коловозне површине: асфалт



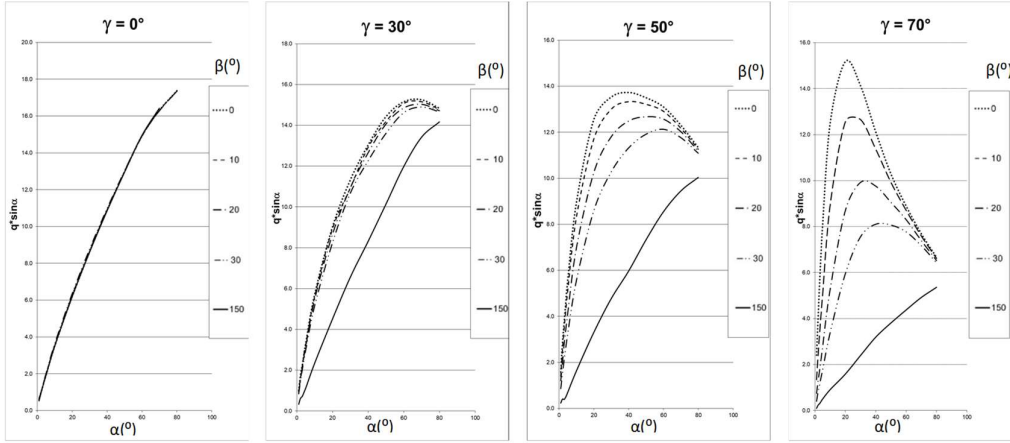
Ознака узорка S0611, тип коловозне површине: бетон



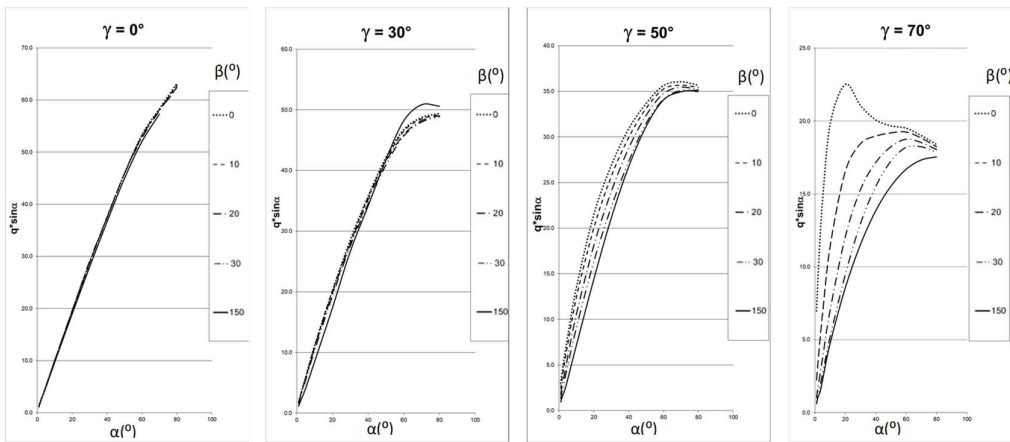
Ознака узорка S0621, тип коловозне површине: бетон



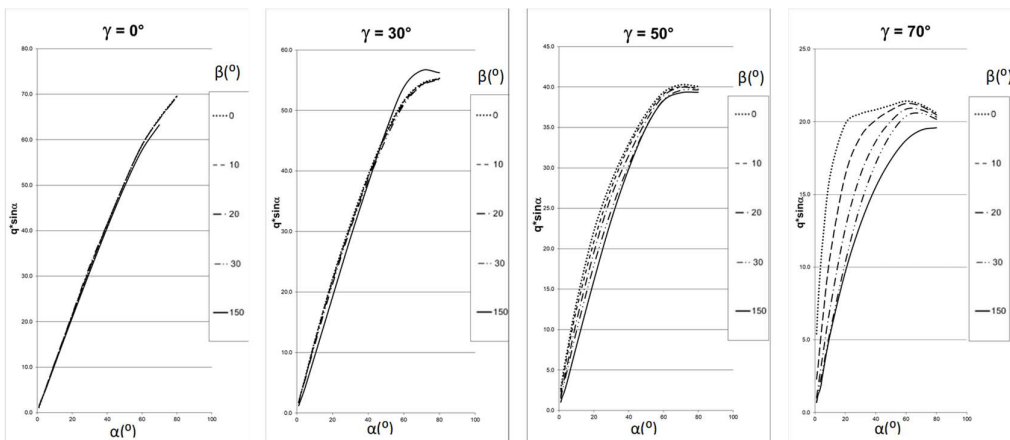
Ознака узорка S0721, тип коловозне површине: асфалт



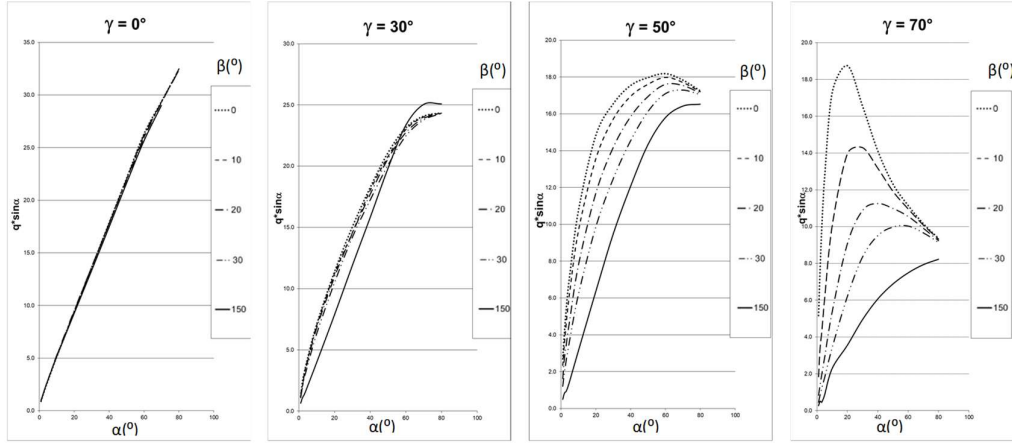
Ознака узорка S0831, тип коловозне површине: бетон



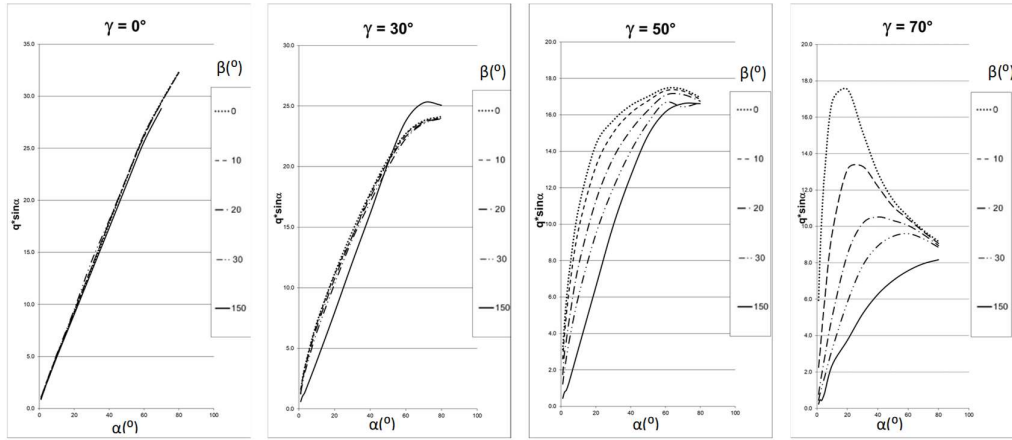
Ознака узорка S0841, тип коловозне површине: бетон



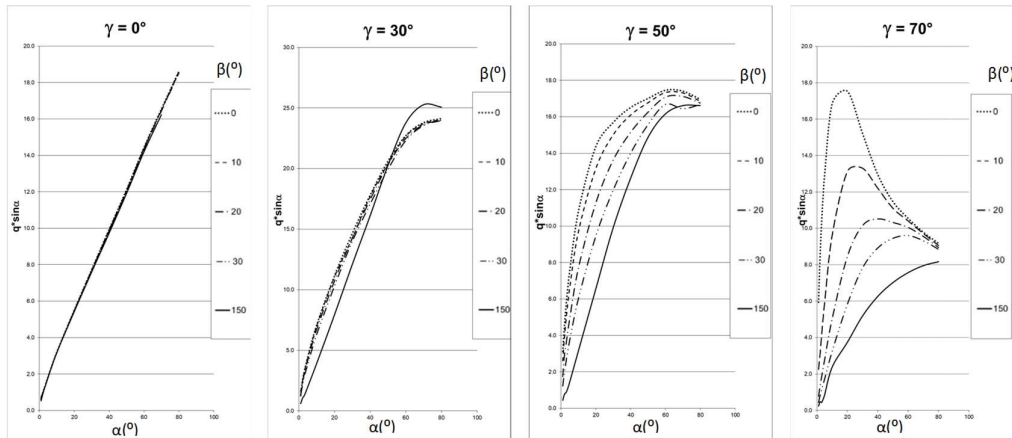
Ознака узорка S0911, тип коловозне површине: асфалт



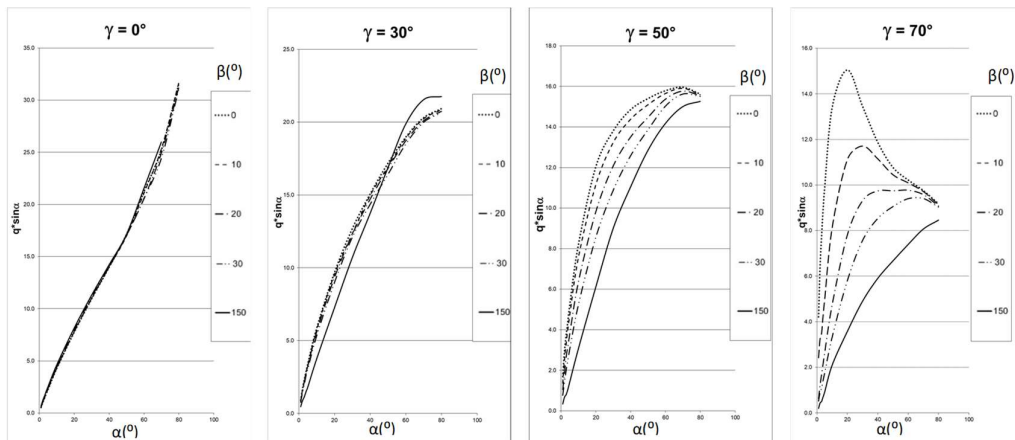
Ознака узорка S0921, тип коловозне површине: асфалт



Ознака узорка VR001, тип коловозне површине: порозни асфалт



Ознака узорка YU005, тип коловозне површине: асфалт



## Прилог Б

Разматрани облици екстраполације и апсолутне вредности минималне и максималне процентуалне грешке, као и вредност средњег квадратног одступања, за 25 посматраних узорака пута (за свих 20 комбинација углова ( $\gamma$ ,  $\beta$ ))

Разматрани облици линеарне екстраполације и апсолутне вредности минималне и максималне процентуалне грешке, као и вредност средњег квадратног одступања, за 25 посматраних узорака пута (за  $\gamma = 0^\circ$ ,  $\beta = 0^\circ$ ) – знак \* означава да екстраполациона крива мора да садржи тачку (0,0)

Тип линеарне екстраполације	Минимална процентуална грешка (%)	Средње квадратно одступање (%)	Максимална процентуална грешка (%)
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ, 30^\circ$	11.7	43.9	95.4
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ, 30^\circ$ *	5.2	40.6	57.7
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ$	2.0	34.5	66.4
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ$ *	4.4	38.9	54.6
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ, 30^\circ$	0.1	17.7	60.0
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ, 30^\circ$ *	5.2	40.6	57.7
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ$	1.8	19.6	56.7
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ$ *	4.4	38.9	54.6
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ$	4.0	29.8	53.1
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ$ *	3.8	35.7	55.3
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ$	3.9	32.5	54.1
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ$ *	3.9	32.5	54.1
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ$	0.4	17.6	42.2
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ$ *	3.8	35.7	55.3
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 80^\circ$	3.0	92.8	210.7
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 80^\circ$ *	15.5	46.6	63.1
$\alpha = 5^\circ - 80^\circ$	27.0	148.1	302.0
$\alpha = 5^\circ - 80^\circ$ *	15.5	46.6	63.1



Разматрани облици квадратне екстраполације и апсолутне вредности минималне и максималне процентуалне грешке, као и вредност средњег квадратног одступања, за 25 посматраних узорака пута (за  $\gamma = 0^\circ$ ,  $\beta = 0^\circ$ ) – знак \* означава да екстраполациона крива мора да садржи тачку (0,0)

Тип квадратне екстраполације	Минимална процентуална грешка (%)	Средње квадратно одступање (%)	Максимална процентуална грешка (%)
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ, 30^\circ$	1.7	22.0	51.3
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ, 30^\circ *$	2.9	34.5	55.6
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ$	0.1	12.7	34.0
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ *$	3.4	32.3	55.8
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ, 30^\circ$	4.4	27.3	54.3
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ, 30^\circ *$	2.9	34.5	55.6
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ$	3.8	30.2	53.8
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ *$	3.8	30.2	53.8
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ$	4.0	29.2	52.9
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ *$	4.0	29.2	52.9
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 30^\circ$	3.8	30.2	53.6
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 30^\circ *$	3.2	33.3	55.8
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ, 30^\circ$	0.7	13.8	35.9
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ, 30^\circ *$	3.2	33.3	55.8
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 40^\circ$	0.9	24.1	56.9
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 40^\circ *$	1.8	35.9	54.7
$\alpha = 5^\circ - 40^\circ$	3.9	29.2	61.7
$\alpha = 5^\circ - 40^\circ *$	1.8	35.9	54.7
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 50^\circ$	8.6	22.2	60.2
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 50^\circ *$	0.9	36.9	53.8
$\alpha = 5^\circ - 50^\circ$	14.7	36.7	70.1
$\alpha = 5^\circ - 50^\circ *$	0.9	36.9	53.8
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 60^\circ$	1.3	23.4	68.3
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 60^\circ *$	0.2	37.3	54.8
$\alpha = 5^\circ - 60^\circ$	13.8	47.2	126.4
$\alpha = 5^\circ - 60^\circ *$	0.2	37.3	54.8
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 70^\circ$	0.4	32.3	84.9
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 70^\circ *$	3.1	36.7	56.0
$\alpha = 5^\circ - 70^\circ$	2.7	57.0	161.1
$\alpha = 5^\circ - 70^\circ *$	3.1	36.7	56.0
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 80^\circ$	2.3	44.9	118.6
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 80^\circ *$	5.9	36.1	56.8
$\alpha = 5^\circ - 80^\circ$	3.5	73.4	259.4
$\alpha = 5^\circ - 80^\circ *$	5.9	36.1	56.8

Разматрани облици кубне екстраполације и апсолутне вредности минималне и максималне процентуалне грешке, као и вредност средњег квадратног одступања, за 25 посматраних узорака пута (за  $\gamma = 0^\circ$ ,  $\beta = 0^\circ$ ) – знак \* означава да екстраполациона крива мора да садржи тачку (0,0)

Тип кубне екстраполације	Минимална процентуална грешка (%)	Средње квадратно одступање (%)	Максимална процентуална грешка (%)
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 30^\circ$	4.2	28.4	52.3
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 30^\circ *$	4.2	28.4	52.3
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 20^\circ$	4.3	28.1	51.8
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 20^\circ *$	4.3	28.1	51.8
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 30^\circ$	3.9	29.7	54.1
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 30^\circ *$	3.7	30.7	55.6
$\alpha = 5^\circ - 30^\circ$	2.8	13.2	30.7
$\alpha = 5^\circ - 30^\circ *$	3.7	30.7	55.6
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 40^\circ$	3.8	29.3	54.0
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 40^\circ *$	4.1	32.3	56.3
$\alpha = 5^\circ - 40^\circ$	0.4	15.2	42.3
$\alpha = 5^\circ - 40^\circ *$	4.1	32.3	56.3
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 50^\circ$	4.5	27.9	54.2
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 50^\circ *$	3.5	33.6	56.2
$\alpha = 5^\circ - 50^\circ$	0.7	18.5	45.1
$\alpha = 5^\circ - 50^\circ *$	3.5	33.6	56.2
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 60^\circ$	4.4	25.7	53.1
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 60^\circ *$	3.5	34.9	56.8
$\alpha = 5^\circ - 60^\circ$	1.6	20.2	41.7
$\alpha = 5^\circ - 60^\circ *$	3.5	34.9	56.8
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 70^\circ$	1.2	19.9	50.0
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 70^\circ *$	5.6	37.3	58.1
$\alpha = 5^\circ - 70^\circ$	1.3	28.8	57.3
$\alpha = 5^\circ - 70^\circ *$	5.6	37.3	58.1
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 80^\circ$	1.2	17.7	52.0
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 80^\circ *$	5.7	38.2	57.6
$\alpha = 5^\circ - 80^\circ$	8.8	35.9	60.1
$\alpha = 5^\circ - 80^\circ *$	5.7	38.2	57.6

Разматрани облици линеарне екстраполације и апсолутне вредности минималне и максималне процентуалне грешке, као и вредност средњег квадратног одступања, за 25 посматраних узорака пута (за  $\gamma = 0^\circ$ ,  $\beta = 10^\circ$ ) – знак \* означава да екстраполациона крива мора да садржи тачку (0,0)

Тип линеарне екстраполације	Минимална процентуална грешка (%)	Средње квадратно одступање (%)	Максимална процентуална грешка (%)
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ, 30^\circ$	1.5	33.2	68.2
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ, 30^\circ$ *	20.8	46.6	63.3
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ$	3.8	24.8	55.2
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ$ *	19.5	45.0	60.7
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ, 30^\circ$	0.2	19.2	57.1
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ, 30^\circ$ *	20.8	46.6	63.3
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ$	5.1	25.5	54.6
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ$ *	19.5	45.0	60.7
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ$	14.4	36.0	52.7
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ$ *	17.4	42.0	55.4
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ$	15.8	38.7	53.6
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ$ *	15.8	38.7	53.6
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ$	0.4	13.5	43.5
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ$ *	17.4	42.0	55.4
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 80^\circ$	6.0	78.7	176.5
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 80^\circ$ *	29.9	52.2	67.2
$\alpha = 5^\circ - 80^\circ$	15.9	129.5	259.9
$\alpha = 5^\circ - 80^\circ$ *	29.9	52.2	67.2

Разматрани облици квадратне екстраполације и апсолутне вредности минималне и максималне процентуалне грешке, као и вредност средњег квадратног одступања, за 25 посматраних узорака пута (за  $\gamma = 0^\circ$ ,  $\beta = 10^\circ$ ) – знак \* означава да екстраполациона крива мора да садржи тачку (0,0)

Тип квадратне екстраполације	Минимална процентуална грешка (%)	Средње квадратно одступање (%)	Максимална процентуална грешка (%)
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ, 30^\circ$	0.1	15.9	46.8
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ, 30^\circ *$	16.4	40.9	54.9
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ$	0.7	14.6	38.8
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ *$	15.3	38.7	54.7
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ, 30^\circ$	13.0	33.7	53.2
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ, 30^\circ *$	16.4	40.9	54.9
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ$	14.5	36.6	53.3
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ *$	14.5	36.6	53.3
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ$	14.2	35.5	52.6
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ *$	14.2	35.5	52.6
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 30^\circ$	14.6	36.5	53.1
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 30^\circ *$	15.8	39.7	54.9
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ, 30^\circ$	1.2	13.8	40.1
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ, 30^\circ *$	15.8	39.7	54.9
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 40^\circ$	12.0	30.5	55.0
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 40^\circ *$	16.9	42.3	56.9
$\alpha = 5^\circ - 40^\circ$	1.2	20.2	56.4
$\alpha = 5^\circ - 40^\circ *$	16.9	42.3	56.9
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 50^\circ$	6.2	28.2	59.0
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 50^\circ *$	16.8	43.1	59.0
$\alpha = 5^\circ - 50^\circ$	1.8	26.3	68.0
$\alpha = 5^\circ - 50^\circ *$	16.8	43.1	59.0
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 60^\circ$	8.9	28.8	66.8
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 60^\circ *$	15.7	43.5	60.9
$\alpha = 5^\circ - 60^\circ$	3.7	36.9	98.9
$\alpha = 5^\circ - 60^\circ *$	15.7	43.5	60.9
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 70^\circ$	13.0	36.9	82.9
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 70^\circ *$	13.0	42.7	61.9
$\alpha = 5^\circ - 70^\circ$	2.6	49.2	144.5
$\alpha = 5^\circ - 70^\circ *$	13.0	42.7	61.9
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 80^\circ$	7.3	65.7	213.2
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 80^\circ *$	11.2	42.1	62.6
$\alpha = 5^\circ - 80^\circ$	12.3	46.8	99.5
$\alpha = 5^\circ - 80^\circ *$	11.2	42.1	62.6

Разматрани облици кубне екстраполације и апсолутне вредности минималне и максималне процентуалне грешке, као и вредност средњег квадратног одступања, за 25 посматраних узорака пута (за  $\gamma = 0^\circ$ ,  $\beta = 10^\circ$ ) – знак \* означава да екстраполациона крива мора да садржи тачку (0,0)

Тип кубне екстраполације	Минимална процентуална грешка (%)	Средње квадратно одступање (%)	Максимална процентуална грешка (%)
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 30^\circ$	1.6	24.6	51.7
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 30^\circ *$	19.8	44.1	57.8
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 20^\circ$	6.4	25.5	51.3
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 20^\circ *$	19.8	44.1	57.8
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 30^\circ$	0.0	20.1	45.0
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 30^\circ *$	20.7	43.4	57.4
$\alpha = 5^\circ - 30^\circ$	3.4	27.0	48.9
$\alpha = 5^\circ - 30^\circ *$	20.7	43.4	57.4
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 40^\circ$	5.2	16.7	38.3
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 40^\circ *$	18.0	41.3	56.2
$\alpha = 5^\circ - 40^\circ$	10.1	32.2	51.9
$\alpha = 5^\circ - 40^\circ *$	18.0	41.3	56.2
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 50^\circ$	1.5	14.8	39.1
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 50^\circ *$	16.5	40.1	55.7
$\alpha = 5^\circ - 50^\circ$	12.9	34.2	52.8
$\alpha = 5^\circ - 50^\circ *$	16.5	40.1	55.7
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 60^\circ$	0.1	14.3	39.9
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 60^\circ *$	15.5	38.8	55.2
$\alpha = 5^\circ - 60^\circ$	13.9	35.6	53.2
$\alpha = 5^\circ - 60^\circ *$	15.5	38.8	55.2
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 70^\circ$	0.1	16.3	36.2
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 70^\circ *$	14.5	37.1	54.4
$\alpha = 5^\circ - 70^\circ$	14.2	36.0	53.4
$\alpha = 5^\circ - 70^\circ *$	14.5	37.1	54.4
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 80^\circ$	13.8	34.3	51.8
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 80^\circ *$	13.8	34.3	51.8
$\alpha = 5^\circ - 80^\circ$	13.9	34.7	52.1
$\alpha = 5^\circ - 80^\circ *$	13.9	34.7	52.1

Разматрани облици линеарне екстраполације и апсолутне вредности минималне и максималне процентуалне грешке, као и вредност средњег квадратног одступања, за 25 посматраних узорака пута (за  $\gamma = 0^\circ$ ,  $\beta = 20^\circ$ ) – знак \* означава да екстраполациона крива мора да садржи тачку (0,0)

Тип линеарне екстраполације	Минимална процентуална грешка (%)	Средње квадратно одступање (%)	Максимална процентуална грешка (%)
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ, 30^\circ$	0.8	44.5	108.7
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ, 30^\circ *$	18.9	43.2	55.7
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ$	10.0	35.8	81.1
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ *$	19.4	41.4	54.4
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ, 30^\circ$	0.2	18.8	58.0
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ, 30^\circ *$	18.9	43.2	55.7
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ$	3.7	21.3	55.7
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ *$	19.4	41.4	54.4
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ$	8.1	31.8	52.1
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ *$	17.9	38.0	54.7
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ$	12.6	34.6	53.3
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ *$	12.6	34.6	53.3
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ$	3.7	19.4	43.2
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ *$	17.9	38.0	54.7
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 80^\circ$	2.6	88.9	175.9
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 80^\circ *$	26.6	49.3	64.0
$\alpha = 5^\circ - 80^\circ$	3.2	143.9	269.9
$\alpha = 5^\circ - 80^\circ *$	26.6	49.3	64.0

Разматрани облици квадратне екстраполације и апсолутне вредности минималне и максималне процентуалне грешке, као и вредност средњег квадратног одступања, за 25 посматраних узорака пута (за  $\gamma = 0^\circ$ ,  $\beta = 20^\circ$ ) – знак \* означава да екстраполациона крива мора да садржи тачку (0,0)

Тип квадратне екстраполације	Минимална процентуална грешка (%)	Средње квадратно одступање (%)	Максимална процентуална грешка (%)
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ, 30^\circ$	1.9	22.6	49.0
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ, 30^\circ *$	14.8	36.7	54.8
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ$	0.1	14.0	41.9
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ *$	10.7	34.4	55.1
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ, 30^\circ$	2.8	29.1	53.6
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ, 30^\circ *$	14.8	36.7	54.8
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ$	8.4	32.3	52.9
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ *$	8.4	32.3	52.9
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ$	7.3	31.2	51.9
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ *$	7.3	31.2	51.9
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 30^\circ$	8.5	32.2	52.6
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 30^\circ *$	12.4	35.4	55.1
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ, 30^\circ$	0.0	14.8	42.8
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ, 30^\circ *$	12.4	35.4	55.1
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 40^\circ$	4.7	26.2	56.3
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 40^\circ *$	17.9	38.2	53.9
$\alpha = 5^\circ - 40^\circ$	1.3	30.0	61.6
$\alpha = 5^\circ - 40^\circ *$	17.9	38.2	53.9
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 50^\circ$	7.5	23.5	59.9
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 50^\circ *$	17.8	39.3	54.3
$\alpha = 5^\circ - 50^\circ$	1.3	38.0	74.1
$\alpha = 5^\circ - 50^\circ *$	17.8	39.3	54.3
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 60^\circ$	0.3	24.1	67.8
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 60^\circ *$	14.7	39.8	54.8
$\alpha = 5^\circ - 60^\circ$	1.3	48.6	115.7
$\alpha = 5^\circ - 60^\circ *$	14.7	39.8	54.8
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 70^\circ$	0.1	33.1	83.3
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 70^\circ *$	10.4	39.1	54.3
$\alpha = 5^\circ - 70^\circ$	1.4	59.4	175.5
$\alpha = 5^\circ - 70^\circ *$	10.4	39.1	54.3
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 80^\circ$	0.4	73.6	282.1
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 80^\circ *$	7.3	38.5	53.6
$\alpha = 5^\circ - 80^\circ$	2.4	44.6	129.9
$\alpha = 5^\circ - 80^\circ *$	7.3	38.5	53.6

Разматрани облици кубне екстраполације и апсолутне вредности минималне и максималне процентуалне грешке, као и вредност средњег квадратног одступања, за 25 посматраних узорака пута (за  $\gamma = 0^\circ$ ,  $\beta = 20^\circ$ ) – знак \* означава да екстраполациона крива мора да садржи тачку (0,0)

Тип кубне екстраполације	Минимална процентуална грешка (%)	Средње квадратно одступање (%)	Максимална процентуална грешка (%)
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 30^\circ$	1.6	34.5	59.1
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 30^\circ *$	8.4	40.2	56.4
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 20^\circ$	7.0	20.0	52.6
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 20^\circ *$	8.4	40.2	56.4
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 30^\circ$	1.6	26.0	57.3
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 30^\circ *$	11.1	39.4	57.0
$\alpha = 5^\circ - 30^\circ$	7.2	21.9	50.0
$\alpha = 5^\circ - 30^\circ *$	11.1	39.4	57.0
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 40^\circ$	1.0	19.1	41.9
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 40^\circ *$	11.5	37.1	56.0
$\alpha = 5^\circ - 40^\circ$	5.9	27.4	52.6
$\alpha = 5^\circ - 40^\circ *$	11.5	37.1	56.0
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 50^\circ$	0.6	18.5	43.8
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 50^\circ *$	11.7	35.6	55.5
$\alpha = 5^\circ - 50^\circ$	5.2	30.0	53.4
$\alpha = 5^\circ - 50^\circ *$	11.7	35.6	55.5
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 60^\circ$	0.8	14.6	40.5
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 60^\circ *$	10.4	34.4	55.6
$\alpha = 5^\circ - 60^\circ$	6.5	31.2	53.2
$\alpha = 5^\circ - 60^\circ *$	10.4	34.4	55.6
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 70^\circ$	0.9	14.4	40.3
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 70^\circ *$	7.9	32.7	55.0
$\alpha = 5^\circ - 70^\circ$	7.2	31.7	53.3
$\alpha = 5^\circ - 70^\circ *$	7.9	32.7	55.0
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 80^\circ$	6.0	30.1	50.7
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 80^\circ *$	6.0	30.1	50.7
$\alpha = 5^\circ - 80^\circ$	6.3	30.4	51.2
$\alpha = 5^\circ - 80^\circ *$	6.3	30.4	51.2



Разматрани облици линеарне екстраполације и апсолутне вредности минималне и максималне процентуалне грешке, као и вредност средњег квадратног одступања, за 25 посматраних узорака пута (за  $\gamma = 0^\circ$ ,  $\beta = 30^\circ$ ) – знак \* означава да екстраполациона крива мора да садржи тачку (0,0)

Тип линеарне екстраполације	Минимална процентуална грешка (%)	Средње квадратно одступање (%)	Максимална процентуална грешка (%)
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ, 30^\circ$	3.7	33.8	77.0
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ, 30^\circ *$	17.8	45.7	61.1
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ$	1.8	26.5	52.5
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ *$	17.2	44.3	58.6
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ, 30^\circ$	1.9	19.3	55.4
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ, 30^\circ *$	17.8	45.7	61.1
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ$	2.5	23.3	54.0
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ *$	17.2	44.3	58.6
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ$	13.9	34.8	52.4
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ *$	15.9	41.0	55.3
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ$	14.8	37.6	53.7
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ *$	14.8	37.6	53.7
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ$	0.0	12.3	40.4
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ *$	15.9	41.0	55.3
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 80^\circ$	2.2	87.2	184.9
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 80^\circ *$	27.9	52.1	67.5
$\alpha = 5^\circ - 80^\circ$	8.3	142.4	270.8
$\alpha = 5^\circ - 80^\circ *$	27.9	52.1	67.5

Разматрани облици квадратне екстраполације и апсолутне вредности минималне и максималне процентуалне грешке, као и вредност средњег квадратног одступања, за 25 посматраних узорака пута (за  $\gamma = 0^\circ$ ,  $\beta = 30^\circ$ ) – знак \* означава да екстраполациона крива мора да садржи тачку (0,0)

Тип квадратне екстраполације	Минимална процентуална грешка (%)	Средње квадратно одступање (%)	Максимална процентуална грешка (%)
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ, 30^\circ$	2.2	18.1	45.0
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ, 30^\circ *$	15.6	40.4	55.6
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ$	0.1	12.5	36.8
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ *$	14.7	37.5	55.2
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ, 30^\circ$	12.8	31.4	53.2
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ, 30^\circ *$	15.6	40.4	55.6
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ$	14.1	35.3	53.1
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ *$	14.1	35.3	53.1
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ$	13.8	34.2	52.1
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ *$	13.8	34.2	52.1
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 30^\circ$	14.1	35.3	52.9
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 30^\circ *$	15.0	38.7	55.4
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ, 30^\circ$	1.5	11.7	37.5
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ, 30^\circ *$	15.0	38.7	55.4
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 40^\circ$	12.9	31.0	55.0
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 40^\circ *$	13.6	40.8	56.2
$\alpha = 5^\circ - 40^\circ$	0.7	21.1	60.1
$\alpha = 5^\circ - 40^\circ *$	13.6	40.8	56.2
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 50^\circ$	3.9	28.1	58.0
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 50^\circ *$	13.2	41.7	57.5
$\alpha = 5^\circ - 50^\circ$	0.4	26.9	74.6
$\alpha = 5^\circ - 50^\circ *$	13.2	41.7	57.5
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 60^\circ$	9.3	27.6	65.2
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 60^\circ *$	12.8	42.2	58.5
$\alpha = 5^\circ - 60^\circ$	0.3	37.9	102.4
$\alpha = 5^\circ - 60^\circ *$	12.8	42.2	58.5
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 70^\circ$	8.3	34.6	80.5
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 70^\circ *$	10.5	41.6	59.6
$\alpha = 5^\circ - 70^\circ$	0.6	49.8	146.3
$\alpha = 5^\circ - 70^\circ *$	10.5	41.6	59.6
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 80^\circ$	6.5	66.5	218.4
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 80^\circ *$	8.5	41.2	60.3
$\alpha = 5^\circ - 80^\circ$	5.5	43.6	99.3
$\alpha = 5^\circ - 80^\circ *$	8.5	41.2	60.3

Разматрани облици кубне екстраполације и апсолутне вредности минималне и максималне процентуалне грешке, као и вредност средњег квадратног одступања, за 25 посматраних узорака пута (за  $\gamma = 0^\circ$ ,  $\beta = 30^\circ$ ) – знак \* означава да екстраполациона крива мора да садржи тачку (0,0)

Тип кубне екстраполације	Минимална процентуална грешка (%)	Средње квадратно одступање (%)	Максимална процентуална грешка (%)
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 30^\circ$	3.1	23.7	57.0
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 30^\circ *$	16.9	42.5	58.2
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 20^\circ$	8.5	25.9	51.2
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 20^\circ *$	16.9	42.5	58.2
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 30^\circ$	0.1	16.7	38.7
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 30^\circ *$	16.8	41.9	57.8
$\alpha = 5^\circ - 30^\circ$	10.1	27.1	48.7
$\alpha = 5^\circ - 30^\circ *$	16.8	41.9	57.8
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 40^\circ$	0.3	13.4	37.3
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 40^\circ *$	14.5	39.9	56.5
$\alpha = 5^\circ - 40^\circ$	16.3	32.0	51.9
$\alpha = 5^\circ - 40^\circ *$	14.5	39.9	56.5
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 50^\circ$	0.2	13.7	40.0
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 50^\circ *$	15.3	39.1	55.9
$\alpha = 5^\circ - 50^\circ$	15.0	33.4	53.1
$\alpha = 5^\circ - 50^\circ *$	15.3	39.1	55.9
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 60^\circ$	0.5	20.0	37.8
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 60^\circ *$	16.8	38.7	55.7
$\alpha = 5^\circ - 60^\circ$	13.0	33.6	53.1
$\alpha = 5^\circ - 60^\circ *$	16.8	38.7	55.7
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 70^\circ$	1.4	16.9	35.5
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 70^\circ *$	14.0	35.4	54.9
$\alpha = 5^\circ - 70^\circ$	13.8	34.5	53.4
$\alpha = 5^\circ - 70^\circ *$	14.0	35.4	54.9
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 80^\circ$	13.4	33.0	50.9
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 80^\circ *$	13.4	33.0	50.9
$\alpha = 5^\circ - 80^\circ$	13.5	33.3	51.4
$\alpha = 5^\circ - 80^\circ *$	13.5	33.3	51.4

Разматрани облици линеарне екстраполације и апсолутне вредности минималне и максималне процентуалне грешке, као и вредност средњег квадратног одступања, за 25 посматраних узорака пута (за  $\gamma = 0^\circ$ ,  $\beta = 150^\circ$ ) – знак \* означава да екстраполациона крива мора да садржи тачку (0,0)

Тип линеарне екстраполације	Минимална процентуална грешка (%)	Средње квадратно одступање (%)	Максимална процентуална грешка (%)
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ, 30^\circ$	0.8	46.5	94.0
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ, 30^\circ *$	20.3	41.3	58.0
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ$	8.5	37.0	76.2
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ *$	20.8	39.4	54.8
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ, 30^\circ$	0.9	18.5	54.6
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ, 30^\circ *$	20.3	41.3	58.0
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ$	1.4	18.7	48.5
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ *$	20.8	39.4	54.8
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ$	21.4	30.0	45.0
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ *$	21.7	36.0	48.6
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ$	22.2	32.8	45.4
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ *$	22.2	32.8	45.4
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ$	1.0	20.7	51.2
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ *$	21.7	36.0	48.6

Разматрани облици квадратне екстраполације и апсолутне вредности минималне и максималне процентуалне грешке, као и вредност средњег квадратног одступања, за 25 посматраних узорака пута (за  $\gamma = 0^\circ$ ,  $\beta = 150^\circ$ ) – знак \* означава да екстраполациона крива мора да садржи тачку (0,0)

Тип квадратне екстраполације	Минимална процентуална грешка (%)	Средње квадратно одступање (%)	Максимална процентуална грешка (%)
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ, 30^\circ$	3.9	23.6	55.3
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ, 30^\circ *$	22.1	34.8	48.6
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ$	0.0	14.7	46.6
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ *$	22.4	32.4	46.6
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ, 30^\circ$	16.4	27.3	45.2
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ, 30^\circ *$	22.1	34.8	48.6
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ$	21.8	30.5	45.5
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ *$	21.8	30.5	45.5
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ$	20.5	29.5	44.9
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ *$	20.5	29.5	44.9
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 30^\circ$	21.8	30.4	45.4
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 30^\circ *$	22.4	33.4	46.8
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ, 30^\circ$	1.8	16.3	48.5
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ, 30^\circ *$	22.4	33.4	46.8
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 40^\circ$	6.8	23.8	49.0
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 40^\circ *$	20.8	36.3	50.2
$\alpha = 5^\circ - 40^\circ$	1.5	30.7	66.0
$\alpha = 5^\circ - 40^\circ *$	20.8	36.3	50.2
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 50^\circ$	2.0	20.9	54.7
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 50^\circ *$	19.0	37.4	52.2
$\alpha = 5^\circ - 50^\circ$	0.2	40.6	81.4
$\alpha = 5^\circ - 50^\circ *$	19.0	37.4	52.2
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 60^\circ$	1.6	24.2	65.5
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 60^\circ *$	16.4	37.8	54.0
$\alpha = 5^\circ - 60^\circ$	6.0	52.7	125.5
$\alpha = 5^\circ - 60^\circ *$	16.4	37.8	54.0
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 70^\circ$	5.9	34.2	86.3
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 70^\circ *$	12.7	37.0	54.8
$\alpha = 5^\circ - 70^\circ$	6.2	65.1	170.0
$\alpha = 5^\circ - 70^\circ *$	12.7	37.0	54.8

Разматрани облици кубне екстраполације и апсолутне вредности минималне и максималне процентуалне грешке, као и вредност средњег квадратног одступања, за 25 посматраних узорака пута (за  $\gamma = 0^\circ$ ,  $\beta = 150^\circ$ ) – знак \* означава да екстраполациона крива мора да садржи тачку (0,0)

Тип кубне екстраполације	Минимална процентуална грешка (%)	Средње квадратно одступање (%)	Максимална процентуална грешка (%)
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 30^\circ$	1.8	21.7	51.6
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 30^\circ *$	22.7	35.3	49.5
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 20^\circ$	14.8	25.2	44.3
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 20^\circ *$	22.7	35.3	49.5
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 30^\circ$	0.5	18.0	44.4
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 30^\circ *$	21.8	33.8	47.9
$\alpha = 5^\circ - 30^\circ$	18.6	27.9	45.1
$\alpha = 5^\circ - 30^\circ *$	21.8	33.8	47.9
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 40^\circ$	0.7	17.0	44.2
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 40^\circ *$	21.5	32.5	47.8
$\alpha = 5^\circ - 40^\circ$	20.0	29.3	45.1
$\alpha = 5^\circ - 40^\circ *$	21.5	32.5	47.8
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 50^\circ$	0.7	14.1	43.0
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 50^\circ *$	21.5	30.9	46.3
$\alpha = 5^\circ - 50^\circ$	20.6	29.8	45.5
$\alpha = 5^\circ - 50^\circ *$	21.5	30.9	46.3
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 60^\circ$	3.5	27.3	44.3
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 60^\circ *$	19.2	28.6	44.3
$\alpha = 5^\circ - 60^\circ$	19.5	28.8	44.5
$\alpha = 5^\circ - 60^\circ *$	19.5	28.9	44.5
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 70^\circ$	0.8	11.0	40.1
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 70^\circ *$	0.0	10.5	32.5
$\alpha = 5^\circ - 70^\circ$	0.5	6.8	32.5
$\alpha = 5^\circ - 70^\circ *$	0.0	5.1	31.7

Разматрани облици линеарне екстраполације и апсолутне вредности минималне и максималне процентуалне грешке, као и вредност средњег квадратног одступања, за 25 посматраних узорака пута (за  $\gamma = 30^\circ$ ,  $\beta = 0^\circ$ ) – знак \* означава да екстраполациона крива мора да садржи тачку (0,0)

Тип линеарне екстраполације	Минимална процентуална грешка (%)	Средње квадратно одступање (%)	Максимална процентуална грешка (%)
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ, 30^\circ$	2.2	89.8	164.1
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ, 30^\circ *$	29.1	50.7	73.5
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ$	0.8	67.8	130.5
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ *$	27.9	46.8	69.4
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ, 30^\circ$	0.9	30.4	62.8
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ, 30^\circ *$	29.1	50.7	73.5
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ$	2.5	18.9	55.5
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ *$	27.9	46.8	69.4
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ$	7.8	28.2	53.0
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ *$	24.7	39.9	61.0
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ$	15.6	33.5	53.9
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ *$	15.6	33.5	53.9
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ$	3.7	39.5	89.8
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ *$	24.7	39.9	61.0
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 80^\circ$	72.9	212.7	341.8
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 80^\circ *$	40.1	63.2	82.3
$\alpha = 5^\circ - 80^\circ$	126.5	324.0	503.9
$\alpha = 5^\circ - 80^\circ *$	40.1	63.2	82.3

Разматрани облици квадратне екстраполације и апсолутне вредности минималне и максималне процентуалне грешке, као и вредност средњег квадратног одступања, за 25 посматраних узорака пута (за  $\gamma = 30^\circ$ ,  $\beta = 0^\circ$ ) – знак \* означава да екстраполациона крива мора да садржи тачку (0,0)

Тип квадратне екстраполације	Минимална процентуална грешка (%)	Средње квадратно одступање (%)	Максимална процентуална грешка (%)
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ, 30^\circ$	5.4	40.6	90.4
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ, 30^\circ *$	21.0	37.1	58.5
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ$	0.3	25.7	67.3
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ *$	13.9	32.8	55.2
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ, 30^\circ$	0.9	23.2	54.1
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ, 30^\circ *$	21.0	37.1	58.5
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ$	8.8	29.0	53.6
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ *$	8.8	29.0	53.6
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ$	6.2	27.2	52.8
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ *$	6.2	27.2	52.8
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 30^\circ$	8.8	29.0	53.4
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 30^\circ *$	16.9	34.7	55.2
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ, 30^\circ$	1.5	28.9	72.4
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ, 30^\circ *$	16.9	34.7	55.2
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 40^\circ$	0.4	18.1	57.0
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 40^\circ *$	23.9	40.1	62.9
$\alpha = 5^\circ - 40^\circ$	3.9	50.3	103.3
$\alpha = 5^\circ - 40^\circ *$	23.9	40.1	62.9
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 50^\circ$	1.6	19.5	60.7
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 50^\circ *$	24.7	42.3	66.0
$\alpha = 5^\circ - 50^\circ$	5.1	60.0	113.6
$\alpha = 5^\circ - 50^\circ *$	24.7	42.3	66.0
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 60^\circ$	1.2	23.8	69.0
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 60^\circ *$	22.5	43.0	67.9
$\alpha = 5^\circ - 60^\circ$	4.1	64.9	113.7
$\alpha = 5^\circ - 60^\circ *$	22.5	43.0	67.9
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 70^\circ$	4.9	29.5	86.3
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 70^\circ *$	19.6	42.6	68.8
$\alpha = 5^\circ - 70^\circ$	8.2	69.8	125.4
$\alpha = 5^\circ - 70^\circ *$	19.6	42.6	68.8
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 80^\circ$	5.2	75.8	158.8
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 80^\circ *$	17.1	42.0	69.5
$\alpha = 5^\circ - 80^\circ$	4.2	35.7	105.4
$\alpha = 5^\circ - 80^\circ *$	17.1	42.0	69.5



Разматрани облици кубне екстраполације и апсолутне вредности минималне и максималне процентуалне грешке, као и вредност средњег квадратног одступања, за 25 посматраних узорака пута (за  $\gamma = 30^\circ$ ,  $\beta = 0^\circ$ ) – знак \* означава да екстраполациона крива мора да садржи тачку (0,0)

Тип кубне екстраполације	Минимална процентуална грешка (%)	Средње квадратно одступање (%)	Максимална процентуална грешка (%)
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 30^\circ$	4.4	62.4	134.9
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 30^\circ *$	28.2	42.7	64.2
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 20^\circ$	1.6	16.5	50.9
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 20^\circ *$	28.2	42.7	64.2
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 30^\circ$	3.0	61.0	140.6
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 30^\circ *$	27.3	41.1	62.1
$\alpha = 5^\circ - 30^\circ$	1.3	16.1	49.8
$\alpha = 5^\circ - 30^\circ *$	27.3	41.1	62.1
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 40^\circ$	0.6	48.7	108.8
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 40^\circ *$	23.0	38.2	59.0
$\alpha = 5^\circ - 40^\circ$	1.4	19.8	53.1
$\alpha = 5^\circ - 40^\circ *$	23.0	38.2	59.0
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 50^\circ$	2.1	35.2	83.9
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 50^\circ *$	17.7	35.1	55.7
$\alpha = 5^\circ - 50^\circ$	1.0	24.5	54.0
$\alpha = 5^\circ - 50^\circ *$	17.7	35.1	55.7
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 60^\circ$	1.9	28.7	73.5
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 60^\circ *$	13.4	32.6	55.8
$\alpha = 5^\circ - 60^\circ$	5.6	27.1	53.7
$\alpha = 5^\circ - 60^\circ *$	13.4	32.6	55.8
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 70^\circ$	0.9	20.6	57.7
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 70^\circ *$	8.9	29.6	55.1
$\alpha = 5^\circ - 70^\circ$	6.8	27.9	53.9
$\alpha = 5^\circ - 70^\circ *$	8.9	29.6	55.1
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 80^\circ$	3.4	25.1	51.9
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 80^\circ *$	3.4	25.1	51.9
$\alpha = 5^\circ - 80^\circ$	4.1	25.7	52.3
$\alpha = 5^\circ - 80^\circ *$	4.1	25.7	52.3

Разматрани облици линеарне екстраполације и апсолутне вредности минималне и максималне процентуалне грешке, као и вредност средњег квадратног одступања, за 25 посматраних узорака пута (за  $\gamma = 30^\circ$ ,  $\beta = 10^\circ$ ) – знак \* означава да екстраполациона крива мора да садржи тачку (0,0)

Тип линеарне екстраполације	Минимална процентуална грешка (%)	Средње квадратно одступање (%)	Максимална процентуална грешка (%)
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ, 30^\circ$	4.1	77.6	171.4
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ, 30^\circ$ *	28.1	54.5	72.0
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ$	8.3	54.7	110.8
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ$ *	26.6	50.6	67.3
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ, 30^\circ$	3.8	24.5	59.2
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ, 30^\circ$ *	28.1	54.5	72.0
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ$	0.7	16.9	54.7
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ$ *	26.6	50.6	67.3
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ$	17.2	34.6	51.6
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ$ *	25.7	44.6	58.9
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ$	24.0	39.1	52.1
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ$ *	24.0	39.1	52.1
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ$	0.9	29.7	57.5
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ$ *	25.7	44.6	58.9
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 80^\circ$	69.4	184.1	295.5
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 80^\circ$ *	38.9	65.6	80.7
$\alpha = 5^\circ - 80^\circ$	124.5	285.0	444.4
$\alpha = 5^\circ - 80^\circ$ *	38.9	65.6	80.7

Разматрани облици квадратне екстраполације и апсолутне вредности минималне и максималне процентуалне грешке, као и вредност средњег квадратног одступања, за 25 посматраних узорака пута (за  $\gamma = 30^\circ$ ,  $\beta = 10^\circ$ ) – знак \* означава да екстраполациона крива мора да садржи тачку (0,0)

Тип квадратне екстраполације	Минимална процентуална грешка (%)	Средње квадратно одступање (%)	Максимална процентуална грешка (%)
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ, 30^\circ$	7.7	29.3	59.8
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ, 30^\circ *$	23.9	41.3	55.4
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ$	0.9	17.7	39.5
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ *$	22.0	38.4	53.2
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ, 30^\circ$	11.8	31.4	53.7
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ, 30^\circ *$	23.9	41.3	55.4
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ$	17.8	35.2	52.1
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ *$	17.8	35.2	52.1
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ$	15.8	33.7	51.5
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ *$	15.8	33.7	51.5
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 30^\circ$	17.7	35.1	51.8
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 30^\circ *$	23.9	39.7	52.8
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ, 30^\circ$	2.1	20.1	43.9
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ, 30^\circ *$	23.9	39.7	52.8
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 40^\circ$	1.8	22.4	55.2
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 40^\circ *$	24.4	44.9	61.2
$\alpha = 5^\circ - 40^\circ$	3.3	45.2	77.8
$\alpha = 5^\circ - 40^\circ *$	24.4	44.9	61.2
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 50^\circ$	2.6	19.0	58.8
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 50^\circ *$	23.8	46.7	64.2
$\alpha = 5^\circ - 50^\circ$	3.1	51.6	96.1
$\alpha = 5^\circ - 50^\circ *$	23.8	46.7	64.2
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 60^\circ$	0.9	20.2	67.4
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 60^\circ *$	21.6	47.5	66.2
$\alpha = 5^\circ - 60^\circ$	3.2	57.6	111.3
$\alpha = 5^\circ - 60^\circ *$	21.6	47.5	66.2
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 70^\circ$	1.9	27.4	84.7
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 70^\circ *$	18.4	47.1	67.1
$\alpha = 5^\circ - 70^\circ$	10.4	62.2	124.8
$\alpha = 5^\circ - 70^\circ *$	18.4	47.1	67.1
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 80^\circ$	5.5	67.4	158.0
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 80^\circ *$	15.7	46.4	67.6
$\alpha = 5^\circ - 80^\circ$	0.9	35.5	103.8
$\alpha = 5^\circ - 80^\circ *$	15.7	46.4	67.6

Разматрани облици кубне екстраполације и апсолутне вредности минималне и максималне процентуалне грешке, као и вредност средњег квадратног одступања, за 25 посматраних узорака пута (за  $\gamma = 30^\circ$ ,  $\beta = 10^\circ$ ) – знак \* означава да екстраполациона крива мора да садржи тачку (0,0)

Тип кубне екстраполације	Минимална процентуална грешка (%)	Средње квадратно одступање (%)	Максимална процентуална грешка (%)
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 30^\circ$	0.6	52.3	92.7
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 30^\circ *$	28.0	47.3	62.6
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 20^\circ$	1.3	16.4	49.3
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 20^\circ *$	28.0	47.3	62.6
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 30^\circ$	1.3	49.0	84.3
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 30^\circ *$	28.7	45.8	60.2
$\alpha = 5^\circ - 30^\circ$	0.3	19.1	48.2
$\alpha = 5^\circ - 30^\circ *$	28.7	45.8	60.2
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 40^\circ$	0.5	36.4	64.5
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 40^\circ *$	26.1	42.8	56.9
$\alpha = 5^\circ - 40^\circ$	8.1	26.1	51.5
$\alpha = 5^\circ - 40^\circ *$	26.1	42.8	56.9
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 50^\circ$	5.2	28.9	51.5
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 50^\circ *$	23.8	40.1	53.2
$\alpha = 5^\circ - 50^\circ$	11.9	30.9	52.8
$\alpha = 5^\circ - 50^\circ *$	23.8	40.1	53.2
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 60^\circ$	0.2	18.7	51.2
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 60^\circ *$	19.8	37.0	53.0
$\alpha = 5^\circ - 60^\circ$	16.4	34.4	52.8
$\alpha = 5^\circ - 60^\circ *$	19.8	37.0	53.0
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 70^\circ$	0.5	14.1	31.0
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 70^\circ *$	18.6	36.2	53.7
$\alpha = 5^\circ - 70^\circ$	16.7	34.6	52.6
$\alpha = 5^\circ - 70^\circ *$	18.6	36.2	53.7
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 80^\circ$	13.6	32.0	50.9
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 80^\circ *$	13.6	32.0	50.9
$\alpha = 5^\circ - 80^\circ$	14.2	32.5	51.3
$\alpha = 5^\circ - 80^\circ *$	14.2	32.5	51.3

Разматрани облици линеарне екстраполације и апсолутне вредности минималне и максималне процентуалне грешке, као и вредност средњег квадратног одступања, за 25 посматраних узорака пута (за  $\gamma = 30^\circ$ ,  $\beta = 20^\circ$ ) – знак \* означава да екстраполациона крива мора да садржи тачку (0,0)

Тип линеарне екстраполације	Минимална процентуална грешка (%)	Средње квадратно одступање (%)	Максимална процентуална грешка (%)
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ, 30^\circ$	1.1	79.9	158.9
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ, 30^\circ$ *	25.0	50.3	68.1
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ$	3.7	60.2	126.9
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ$ *	24.2	46.6	63.7
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ, 30^\circ$	0.3	26.4	56.5
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ, 30^\circ$ *	25.0	50.3	68.1
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ$	0.9	15.5	53.1
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ$ *	24.2	46.6	63.7
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ$	15.0	29.5	52.0
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ$ *	22.9	40.2	54.9
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ$	22.1	34.3	52.4
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ$ *	22.1	34.3	52.4
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ$	3.2	34.8	79.9
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ$ *	22.9	40.2	54.9
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 80^\circ$	70.2	204.3	297.6
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 80^\circ$ *	36.2	62.4	77.8
$\alpha = 5^\circ - 80^\circ$	125.6	312.0	445.5
$\alpha = 5^\circ - 80^\circ$ *	36.2	62.4	77.8

Разматрани облици квадратне екстраполације и апсолутне вредности минималне и максималне процентуалне грешке, као и вредност средњег квадратног одступања, за 25 посматраних узорака пута (за  $\gamma = 30^\circ$ ,  $\beta = 20^\circ$ ) – знак \* означава да екстраполациона крива мора да садржи тачку (0,0)

Тип квадратне екстраполације	Минимална процентуална грешка (%)	Средње квадратно одступање (%)	Максимална процентуална грешка (%)
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ, 30^\circ$	3.7	35.9	82.8
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ, 30^\circ *$	22.3	37.5	52.8
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ$	1.4	22.4	55.9
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ *$	20.4	33.6	53.1
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ, 30^\circ$	6.8	24.9	52.8
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ, 30^\circ *$	22.3	37.5	52.8
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ$	15.8	30.2	52.3
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ *$	15.8	30.2	52.3
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ$	13.5	28.5	51.9
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ *$	13.5	28.5	51.9
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 30^\circ$	15.7	30.1	52.2
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 30^\circ *$	22.0	35.3	53.0
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ, 30^\circ$	1.5	25.1	61.7
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ, 30^\circ *$	22.0	35.3	53.0
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 40^\circ$	0.7	19.2	55.1
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 40^\circ *$	22.0	40.2	56.7
$\alpha = 5^\circ - 40^\circ$	1.1	44.6	99.7
$\alpha = 5^\circ - 40^\circ *$	22.0	40.2	56.7
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 50^\circ$	2.1	17.6	58.4
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 50^\circ *$	20.9	42.2	59.9
$\alpha = 5^\circ - 50^\circ$	1.4	53.2	113.1
$\alpha = 5^\circ - 50^\circ *$	20.9	42.2	59.9
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 60^\circ$	0.1	20.8	67.4
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 60^\circ *$	18.3	42.9	61.9
$\alpha = 5^\circ - 60^\circ$	8.5	60.2	114.1
$\alpha = 5^\circ - 60^\circ *$	18.3	42.9	61.9
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 70^\circ$	0.5	27.7	84.0
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 70^\circ *$	14.9	42.5	62.9
$\alpha = 5^\circ - 70^\circ$	8.0	66.4	122.7
$\alpha = 5^\circ - 70^\circ *$	14.9	42.5	62.9
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 80^\circ$	4.5	71.3	152.5
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 80^\circ *$	12.0	41.8	63.5
$\alpha = 5^\circ - 80^\circ$	0.0	35.6	101.3
$\alpha = 5^\circ - 80^\circ *$	12.0	41.8	63.5

Разматрани облици кубне екстраполације и апсолутне вредности минималне и максималне процентуалне грешке, као и вредност средњег квадратног одступања, за 25 посматраних узорака пута (за  $\gamma = 30^\circ$ ,  $\beta = 20^\circ$ ) – знак \* означава да екстраполациона крива мора да садржи тачку (0,0)

Тип кубне екстраполације	Минимална процентуална грешка (%)	Средње квадратно одступање (%)	Максимална процентуална грешка (%)
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 30^\circ$	3.0	57.1	122.2
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 30^\circ *$	25.5	42.8	58.3
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 20^\circ$	0.2	14.9	50.2
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 20^\circ *$	25.5	42.8	58.3
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 30^\circ$	3.0	53.7	115.6
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 30^\circ *$	26.3	41.3	55.9
$\alpha = 5^\circ - 30^\circ$	0.0	15.5	48.3
$\alpha = 5^\circ - 30^\circ *$	26.3	41.3	55.9
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 40^\circ$	4.9	41.9	96.3
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 40^\circ *$	24.9	38.4	54.3
$\alpha = 5^\circ - 40^\circ$	1.1	21.1	51.0
$\alpha = 5^\circ - 40^\circ *$	24.9	38.4	54.3
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 50^\circ$	1.9	30.9	76.4
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 50^\circ *$	22.5	35.6	53.5
$\alpha = 5^\circ - 50^\circ$	9.1	26.1	52.6
$\alpha = 5^\circ - 50^\circ *$	22.5	35.6	53.5
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 60^\circ$	2.5	25.4	65.9
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 60^\circ *$	19.8	33.4	53.6
$\alpha = 5^\circ - 60^\circ$	13.4	28.4	52.4
$\alpha = 5^\circ - 60^\circ *$	19.8	33.4	53.6
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 70^\circ$	1.1	18.8	45.1
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 70^\circ *$	16.3	30.7	53.2
$\alpha = 5^\circ - 70^\circ$	14.3	29.2	52.5
$\alpha = 5^\circ - 70^\circ *$	16.3	30.7	53.2
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 80^\circ$	10.6	26.7	51.5
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 80^\circ *$	10.6	26.7	51.5
$\alpha = 5^\circ - 80^\circ$	11.5	27.2	51.7
$\alpha = 5^\circ - 80^\circ *$	11.5	27.2	51.7

Разматрани облици линеарне екстраполације и апсолутне вредности минималне и максималне процентуалне грешке, као и вредност средњег квадратног одступања, за 25 посматраних узорака пута (за  $\gamma = 30^\circ$ ,  $\beta = 30^\circ$ ) – знак \* означава да екстраполациона крива мора да садржи тачку (0,0)

Тип линеарне екстраполације	Минимална процентуална грешка (%)	Средње квадратно одступање (%)	Максимална процентуална грешка (%)
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ, 30^\circ$	2.9	68.5	158.2
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ, 30^\circ$ *	21.4	50.6	64.5
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ$	7.6	54.1	116.7
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ$ *	20.4	47.3	60.4
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ, 30^\circ$	0.4	22.7	54.6
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ, 30^\circ$ *	21.4	50.6	64.5
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ$	0.4	15.8	53.2
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ$ *	20.4	47.3	60.4
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ$	12.9	32.0	51.0
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ$ *	21.5	41.7	52.8
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ$	19.6	36.4	51.8
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ$ *	19.6	36.4	51.8
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ$	3.8	28.2	61.0
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ$ *	21.5	41.7	52.8
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 80^\circ$	71.8	193.7	302.0
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 80^\circ$ *	33.3	62.4	74.8
$\alpha = 5^\circ - 80^\circ$	127.3	297.1	453.0
$\alpha = 5^\circ - 80^\circ$ *	33.3	62.4	74.8



Разматрани облици квадратне екстраполације и апсолутне вредности минималне и максималне процентуалне грешке, као и вредност средњег квадратног одступања, за 25 посматраних узорака пута (за  $\gamma = 30^\circ$ ,  $\beta = 30^\circ$ ) – знак \* означава да екстраполациона крива мора да садржи тачку (0,0)

Тип квадратне екстраполације	Минимална процентуална грешка (%)	Средње квадратно одступање (%)	Максимална процентуална грешка (%)
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ, 30^\circ$	1.3	33.8	65.2
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ, 30^\circ *$	19.4	39.4	52.7
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ$	0.9	15.2	39.1
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ *$	17.7	35.9	53.0
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ, 30^\circ$	5.7	28.0	52.1
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ, 30^\circ *$	19.4	39.4	52.7
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ$	13.6	32.7	51.6
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ *$	13.6	32.7	51.6
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ$	11.6	31.2	50.9
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ *$	11.6	31.2	50.9
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 30^\circ$	13.6	32.7	51.4
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 30^\circ *$	20.1	37.4	53.0
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ, 30^\circ$	1.6	18.9	44.8
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ, 30^\circ *$	20.1	37.4	53.0
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 40^\circ$	0.7	24.4	56.3
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 40^\circ *$	18.1	41.1	54.1
$\alpha = 5^\circ - 40^\circ$	7.7	37.7	67.2
$\alpha = 5^\circ - 40^\circ *$	18.1	41.1	54.1
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 50^\circ$	6.2	20.6	60.6
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 50^\circ *$	17.1	42.8	55.9
$\alpha = 5^\circ - 50^\circ$	2.6	45.5	84.4
$\alpha = 5^\circ - 50^\circ *$	17.1	42.8	55.9
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 60^\circ$	0.3	20.9	68.2
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 60^\circ *$	14.8	43.6	58.3
$\alpha = 5^\circ - 60^\circ$	11.1	54.1	105.9
$\alpha = 5^\circ - 60^\circ *$	14.8	43.6	58.3
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 70^\circ$	0.6	28.1	83.6
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 70^\circ *$	11.4	43.2	59.5
$\alpha = 5^\circ - 70^\circ$	3.8	60.7	122.5
$\alpha = 5^\circ - 70^\circ *$	11.4	43.2	59.5
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 80^\circ$	5.0	67.7	160.1
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 80^\circ *$	8.3	42.4	59.9
$\alpha = 5^\circ - 80^\circ$	2.5	36.9	100.6
$\alpha = 5^\circ - 80^\circ *$	8.3	42.4	59.9

Разматрани облици кубне екстраполације и апсолутне вредности минималне и максималне процентуалне грешке, као и вредност средњег квадратног одступања, за 25 посматраних узорака пута (за  $\gamma = 30^\circ$ ,  $\beta = 30^\circ$ ) – знак \* означава да екстраполациона крива мора да садржи тачку (0,0)

Тип кубне екстраполације	Минимална процентуална грешка (%)	Средње квадратно одступање (%)	Максимална процентуална грешка (%)
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 30^\circ$	4.6	46.2	86.6
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 30^\circ *$	22.2	43.7	57.0
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 20^\circ$	3.4	17.0	51.3
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 20^\circ *$	22.2	43.7	57.0
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 30^\circ$	1.7	38.7	67.1
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 30^\circ *$	22.9	42.1	54.8
$\alpha = 5^\circ - 30^\circ$	0.8	20.3	50.1
$\alpha = 5^\circ - 30^\circ *$	22.9	42.1	54.8
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 40^\circ$	1.4	29.2	53.2
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 40^\circ *$	20.6	39.4	53.5
$\alpha = 5^\circ - 40^\circ$	8.0	26.6	52.4
$\alpha = 5^\circ - 40^\circ *$	20.6	39.4	53.5
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 50^\circ$	0.0	26.3	58.3
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 50^\circ *$	19.9	37.6	53.5
$\alpha = 5^\circ - 50^\circ$	9.2	29.8	52.3
$\alpha = 5^\circ - 50^\circ *$	19.9	37.6	53.5
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 60^\circ$	1.4	26.4	62.0
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 60^\circ *$	18.4	36.4	54.0
$\alpha = 5^\circ - 60^\circ$	10.7	31.0	51.6
$\alpha = 5^\circ - 60^\circ *$	18.4	36.4	54.0
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 70^\circ$	1.0	11.1	29.4
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 70^\circ *$	13.6	33.3	53.0
$\alpha = 5^\circ - 70^\circ$	12.0	31.8	51.9
$\alpha = 5^\circ - 70^\circ *$	13.6	33.3	53.0
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 80^\circ$	9.4	29.5	50.1
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 80^\circ *$	9.4	29.5	50.1
$\alpha = 5^\circ - 80^\circ$	9.9	29.9	50.5
$\alpha = 5^\circ - 80^\circ *$	9.9	29.9	50.5

Разматрани облици линеарне екстраполације и апсолутне вредности минималне и максималне процентуалне грешке, као и вредност средњег квадратног одступања, за 25 посматраних узорака пута (за  $\gamma = 30^\circ$ ,  $\beta = 150^\circ$ ) – знак \* означава да екстраполациона крива мора да садржи тачку (0,0)

Тип линеарне екстраполације	Минимална процентуална грешка (%)	Средње квадратно одступање (%)	Максимална процентуална грешка (%)
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ, 30^\circ$	1.0	31.0	83.7
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ, 30^\circ *$	16.9	33.0	53.3
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ$	1.2	31.7	82.4
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ *$	17.3	32.6	50.8
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ, 30^\circ$	8.3	28.8	62.3
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ, 30^\circ *$	16.9	33.0	53.3
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ$	16.7	31.6	55.5
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ *$	17.3	32.6	50.8
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ$	18.7	32.9	48.0
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ *$	18.4	32.3	47.2
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ$	18.5	32.6	47.6
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ *$	18.5	32.6	47.6
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ$	0.2	35.7	70.1
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ *$	18.4	32.3	47.2
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 80^\circ$	111.8	180.3	276.7
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 80^\circ *$	26.6	42.5	63.3
$\alpha = 5^\circ - 80^\circ$	175.1	270.2	400.5
$\alpha = 5^\circ - 80^\circ *$	26.6	42.5	63.3

Разматрани облици квадратне екстраполације и апсолутне вредности минималне и максималне процентуалне грешке, као и вредност средњег квадратног одступања, за 25 посматраних узорака пута (за  $\gamma = 30^\circ$ ,  $\beta = 150^\circ$ ) – знак \* означава да екстраполациона крива мора да садржи тачку (0,0)

Тип квадратне екстраполације	Минимална процентуална грешка (%)	Средње квадратно одступање (%)	Максимална процентуална грешка (%)
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ, 30^\circ$	2.2	37.2	79.6
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ, 30^\circ *$	16.3	31.9	48.0
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ$	9.4	38.9	90.4
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ *$	19.4	32.1	49.0
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ, 30^\circ$	20.4	33.0	49.8
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ, 30^\circ *$	16.3	31.9	48.0
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ$	18.9	32.7	48.4
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ *$	18.9	32.7	48.4
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ$	18.7	32.9	48.1
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ *$	18.7	32.9	48.1
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 30^\circ$	18.8	32.7	48.2
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 30^\circ *$	18.0	32.0	48.6
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ, 30^\circ$	8.6	38.5	88.0
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ, 30^\circ *$	18.0	32.0	48.6
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 40^\circ$	23.9	36.2	55.8
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 40^\circ *$	14.0	30.7	46.3
$\alpha = 5^\circ - 40^\circ$	0.6	48.1	94.5
$\alpha = 5^\circ - 40^\circ *$	14.0	30.7	46.3
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 50^\circ$	18.7	36.7	64.2
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 50^\circ *$	14.3	30.4	47.4
$\alpha = 5^\circ - 50^\circ$	5.2	47.0	109.3
$\alpha = 5^\circ - 50^\circ *$	14.3	30.4	47.4
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 60^\circ$	15.2	42.8	79.9
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 60^\circ *$	11.1	29.2	47.9
$\alpha = 5^\circ - 60^\circ$	2.1	59.8	135.0
$\alpha = 5^\circ - 60^\circ *$	11.1	29.2	47.9
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 70^\circ$	23.7	69.7	113.4
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 70^\circ *$	4.3	25.2	46.8
$\alpha = 5^\circ - 70^\circ$	18.3	115.9	207.9
$\alpha = 5^\circ - 70^\circ *$	4.3	25.2	46.8
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 80^\circ$	58.9	193.2	299.6
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 80^\circ *$	1.2	20.2	44.7
$\alpha = 5^\circ - 80^\circ$	43.6	111.0	163.0
$\alpha = 5^\circ - 80^\circ *$	1.2	20.2	44.7

Разматрани облици кубне екстраполације и апсолутне вредности минималне и максималне процентуалне грешке, као и вредност средњег квадратног одступања, за 25 посматраних узорака пута (за  $\gamma = 30^\circ$ ,  $\beta = 150^\circ$ ) – знак \* означава да екстраполациона крива мора да садржи тачку (0,0)

Тип кубне екстраполације	Минимална процентуална грешка (%)	Средње квадратно одступање (%)	Максимална процентуална грешка (%)
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 30^\circ$	0.4	41.5	104.1
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 30^\circ *$	20.8	39.2	55.4
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 20^\circ$	2.7	16.3	43.0
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 20^\circ *$	20.8	39.2	55.4
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 30^\circ$	1.9	28.4	60.7
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 30^\circ *$	17.3	36.4	52.7
$\alpha = 5^\circ - 30^\circ$	1.0	21.9	43.0
$\alpha = 5^\circ - 30^\circ *$	17.3	36.4	52.7
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 40^\circ$	1.3	33.2	92.4
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 40^\circ *$	14.3	32.5	50.2
$\alpha = 5^\circ - 40^\circ$	15.5	32.4	48.4
$\alpha = 5^\circ - 40^\circ *$	14.3	32.5	50.2
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 50^\circ$	4.1	43.4	100.1
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 50^\circ *$	15.9	31.8	49.8
$\alpha = 5^\circ - 50^\circ$	21.2	33.8	49.2
$\alpha = 5^\circ - 50^\circ *$	15.9	31.8	49.8
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 60^\circ$	0.1	29.2	82.9
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 60^\circ *$	19.8	33.0	50.2
$\alpha = 5^\circ - 60^\circ$	19.4	32.5	48.6
$\alpha = 5^\circ - 60^\circ *$	19.8	33.0	50.2
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 70^\circ$	7.9	39.6	94.9
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 70^\circ *$	19.9	32.3	49.5
$\alpha = 5^\circ - 70^\circ$	19.4	32.7	48.8
$\alpha = 5^\circ - 70^\circ *$	19.9	32.3	49.5
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 80^\circ$	18.5	33.2	47.7
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 80^\circ *$	18.5	33.2	47.7
$\alpha = 5^\circ - 80^\circ$	18.6	33.1	48.0
$\alpha = 5^\circ - 80^\circ *$	18.6	33.1	48.0

Разматрани облици линеарне екстраполације и апсолутне вредности минималне и максималне процентуалне грешке, као и вредност средњег квадратног одступања, за 25 посматраних узорака пута (за  $\gamma = 50^\circ$ ,  $\beta = 0^\circ$ ) – знак \* означава да екстраполациона крива мора да садржи тачку (0,0)

Тип линеарне екстраполације	Минимална процентуална грешка (%)	Средње квадратно одступање (%)	Максимална процентуална грешка (%)
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ, 30^\circ$	19.5	109.6	239.6
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ, 30^\circ$ *	44.4	67.7	84.3
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ$	4.5	74.1	164.3
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ$ *	40.4	62.3	79.6
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ, 30^\circ$	1.9	29.0	89.5
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ, 30^\circ$ *	44.4	67.7	84.3
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ$	0.2	16.0	55.2
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ$ *	40.4	62.3	79.6
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ$	21.0	39.0	55.4
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ$ *	34.7	53.8	70.9
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ$	29.1	45.8	60.7
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ$ *	29.1	45.8	60.7
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ$	2.1	39.6	79.6
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ$ *	34.7	53.8	70.9
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 80^\circ$	92.9	188.0	325.7
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 80^\circ$ *	57.3	80.5	92.8
$\alpha = 5^\circ - 80^\circ$	158.4	296.4	491.9
$\alpha = 5^\circ - 80^\circ$ *	57.3	80.5	92.8

Разматрани облици квадратне екстраполације и апсолутне вредности минималне и максималне процентуалне грешке, као и вредност средњег квадратног одступања, за 25 посматраних узорака пута (за  $\gamma = 50^\circ$ ,  $\beta = 0^\circ$ ) – знак \* означава да екстраполациона крива мора да садржи тачку (0,0)

Тип квадратне екстраполације	Минимална процентуална грешка (%)	Средње квадратно одступање (%)	Максимална процентуална грешка (%)
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ, 30^\circ$	3.9	35.1	71.6
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ, 30^\circ *$	31.2	49.4	67.6
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ$	0.7	22.6	41.1
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ *$	26.2	45.1	61.6
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ, 30^\circ$	12.3	34.3	58.1
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ, 30^\circ *$	31.2	49.4	67.6
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ$	21.5	40.1	56.0
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ *$	21.5	40.1	56.0
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ$	19.1	37.7	55.2
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ *$	19.1	37.7	55.2
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 30^\circ$	21.5	39.9	55.6
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 30^\circ *$	29.1	47.0	64.3
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ, 30^\circ$	0.2	25.1	47.8
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ, 30^\circ *$	29.1	47.0	64.3
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 40^\circ$	5.7	24.8	58.0
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 40^\circ *$	34.0	53.5	72.4
$\alpha = 5^\circ - 40^\circ$	4.7	48.3	109.4
$\alpha = 5^\circ - 40^\circ *$	34.0	53.5	72.4
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 50^\circ$	0.6	17.5	59.0
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 50^\circ *$	35.8	56.8	75.7
$\alpha = 5^\circ - 50^\circ$	4.5	62.0	150.2
$\alpha = 5^\circ - 50^\circ *$	35.8	56.8	75.7
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 60^\circ$	2.4	17.8	62.3
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 60^\circ *$	36.5	59.4	78.5
$\alpha = 5^\circ - 60^\circ$	6.3	76.5	188.1
$\alpha = 5^\circ - 60^\circ *$	36.5	59.4	78.5
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 70^\circ$	0.3	24.3	78.3
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 70^\circ *$	36.0	61.3	80.6
$\alpha = 5^\circ - 70^\circ$	10.6	88.5	219.3
$\alpha = 5^\circ - 70^\circ *$	36.0	61.3	80.6
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 80^\circ$	2.9	100.0	247.5
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 80^\circ *$	35.5	62.8	82.3
$\alpha = 5^\circ - 80^\circ$	0.2	34.0	101.2
$\alpha = 5^\circ - 80^\circ *$	35.5	62.8	82.3

Разматрани облици кубне екстраполације и апсолутне вредности минималне и максималне процентуалне грешке, као и вредност средњег квадратног одступања, за 25 посматраних узорака пута (за  $\gamma = 50^\circ$ ,  $\beta = 0^\circ$ ) – знак \* означава да екстраполациона крива мора да садржи тачку (0,0)

Тип кубне екстраполације	Минимална процентуална грешка (%)	Средње квадратно одступање (%)	Максимална процентуална грешка (%)
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 30^\circ$	4.2	52.2	121.9
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 30^\circ *$	36.2	53.9	72.4
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 20^\circ$	2.0	20.5	53.2
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 20^\circ *$	36.2	53.9	72.4
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 30^\circ$	0.5	43.0	96.2
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 30^\circ *$	34.6	51.7	70.1
$\alpha = 5^\circ - 30^\circ$	3.0	25.6	53.4
$\alpha = 5^\circ - 30^\circ *$	34.6	51.7	70.1
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 40^\circ$	3.1	33.8	66.9
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 40^\circ *$	31.3	49.0	67.5
$\alpha = 5^\circ - 40^\circ$	7.8	31.6	56.5
$\alpha = 5^\circ - 40^\circ *$	31.3	49.0	67.5
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 50^\circ$	6.3	29.1	60.2
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 50^\circ *$	27.3	46.5	64.6
$\alpha = 5^\circ - 50^\circ$	15.1	35.8	57.2
$\alpha = 5^\circ - 50^\circ *$	27.3	46.5	64.6
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 60^\circ$	1.7	21.9	67.5
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 60^\circ *$	23.6	44.0	60.7
$\alpha = 5^\circ - 60^\circ$	19.0	38.5	57.1
$\alpha = 5^\circ - 60^\circ *$	23.6	44.0	60.7
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 70^\circ$	2.7	18.3	32.7
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 70^\circ *$	21.5	41.7	58.1
$\alpha = 5^\circ - 70^\circ$	19.6	39.1	56.7
$\alpha = 5^\circ - 70^\circ *$	21.5	41.7	58.1
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 80^\circ$	16.6	35.0	54.4
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 80^\circ *$	16.6	35.0	54.4
$\alpha = 5^\circ - 80^\circ$	17.2	35.9	54.8
$\alpha = 5^\circ - 80^\circ *$	17.2	35.9	54.8



Разматрани облици линеарне екстраполације и апсолутне вредности минималне и максималне процентуалне грешке, као и вредност средњег квадратног одступања, за 25 посматраних узорака пута (за  $\gamma = 50^\circ$ ,  $\beta = 10^\circ$ ) – знак \* означава да екстраполациона крива мора да садржи тачку (0,0)

Тип линеарне екстраполације	Минимална процентуална грешка (%)	Средње квадратно одступање (%)	Максимална процентуална грешка (%)
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ, 30^\circ$	10.8	114.7	247.1
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ, 30^\circ$ *	40.5	63.6	80.7
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ$	4.1	81.4	174.7
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ$ *	38.2	58.2	75.8
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ, 30^\circ$	3.2	31.8	94.6
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ, 30^\circ$ *	40.5	63.6	80.7
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ$	0.2	12.4	37.9
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ$ *	38.2	58.2	75.8
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ$	17.6	34.9	50.2
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ$ *	32.9	49.2	66.5
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ$	26.8	41.4	56.5
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ$ *	26.8	41.4	56.5
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ$	0.4	40.4	84.2
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ$ *	32.9	49.2	66.5
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 80^\circ$	102.0	211.7	348.6
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 80^\circ$ *	51.2	77.3	90.5
$\alpha = 5^\circ - 80^\circ$	171.2	328.4	523.4
$\alpha = 5^\circ - 80^\circ$ *	51.2	77.3	90.5

Разматрани облици квадратне екстраполације и апсолутне вредности минималне и максималне процентуалне грешке, као и вредност средњег квадратног одступања, за 25 посматраних узорака пута (за  $\gamma = 50^\circ$ ,  $\beta = 10^\circ$ ) – знак \* означава да екстраполациона крива мора да садржи тачку (0,0)

Тип квадратне екстраполације	Минимална процентуална грешка (%)	Средње квадратно одступање (%)	Максимална процентуална грешка (%)
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ, 30^\circ$	3.2	39.1	82.5
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ, 30^\circ *$	28.8	45.2	63.2
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ$	1.8	22.0	60.3
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ *$	22.4	40.1	56.6
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ, 30^\circ$	7.5	28.8	49.3
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ, 30^\circ *$	28.8	45.2	63.2
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ$	18.0	35.7	50.6
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ *$	18.0	35.7	50.6
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ$	15.8	33.6	49.6
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ *$	15.8	33.6	49.6
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 30^\circ$	18.1	35.6	50.4
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 30^\circ *$	25.6	42.2	59.5
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ, 30^\circ$	1.1	25.3	65.2
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ, 30^\circ *$	25.6	42.2	59.5
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 40^\circ$	1.3	20.1	45.6
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 40^\circ *$	30.4	49.2	67.9
$\alpha = 5^\circ - 40^\circ$	0.1	51.8	115.1
$\alpha = 5^\circ - 40^\circ *$	30.4	49.2	67.9
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 50^\circ$	1.2	14.8	42.1
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 50^\circ *$	32.2	52.3	71.3
$\alpha = 5^\circ - 50^\circ$	1.3	64.3	153.4
$\alpha = 5^\circ - 50^\circ *$	32.2	52.3	71.3
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 60^\circ$	1.7	17.4	57.9
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 60^\circ *$	33.6	54.7	74.1
$\alpha = 5^\circ - 60^\circ$	2.3	77.2	191.0
$\alpha = 5^\circ - 60^\circ *$	33.6	54.7	74.1
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 70^\circ$	1.1	26.1	81.4
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 70^\circ *$	32.1	56.3	76.2
$\alpha = 5^\circ - 70^\circ$	5.4	88.6	222.2
$\alpha = 5^\circ - 70^\circ *$	32.1	56.3	76.2
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 80^\circ$	5.4	101.0	251.1
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 80^\circ *$	29.7	57.7	78.0
$\alpha = 5^\circ - 80^\circ$	0.4	36.2	104.7
$\alpha = 5^\circ - 80^\circ *$	29.7	57.7	78.0

Разматрани облици кубне екстраполације и апсолутне вредности минималне и максималне процентуалне грешке, као и вредност средњег квадратног одступања, за 25 посматраних узорака пута (за  $\gamma = 50^\circ$ ,  $\beta = 10^\circ$ ) – знак \* означава да екстраполациона крива мора да садржи тачку (0,0)

Тип кубне екстраполације	Минимална процентуална грешка (%)	Средње квадратно одступање (%)	Максимална процентуална грешка (%)
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 30^\circ$	15.3	56.3	124.9
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 30^\circ *$	32.0	49.6	67.8
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 20^\circ$	2.8	16.5	42.1
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 20^\circ *$	32.0	49.6	67.8
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 30^\circ$	10.5	48.6	100.9
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 30^\circ *$	30.3	47.6	65.6
$\alpha = 5^\circ - 30^\circ$	3.2	20.4	43.6
$\alpha = 5^\circ - 30^\circ *$	30.3	47.6	65.6
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 40^\circ$	3.8	38.3	79.6
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 40^\circ *$	28.0	44.8	62.9
$\alpha = 5^\circ - 40^\circ$	3.8	26.3	47.2
$\alpha = 5^\circ - 40^\circ *$	28.0	44.8	62.9
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 50^\circ$	1.5	32.5	76.2
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 50^\circ *$	24.2	42.3	60.0
$\alpha = 5^\circ - 50^\circ$	10.8	30.5	49.4
$\alpha = 5^\circ - 50^\circ *$	24.2	42.3	60.0
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 60^\circ$	1.2	24.8	65.6
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 60^\circ *$	20.5	39.5	56.2
$\alpha = 5^\circ - 60^\circ$	14.8	33.5	50.4
$\alpha = 5^\circ - 60^\circ *$	20.5	39.5	56.2
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 70^\circ$	2.7	17.2	51.1
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 70^\circ *$	17.2	36.3	51.6
$\alpha = 5^\circ - 70^\circ$	15.7	34.4	50.4
$\alpha = 5^\circ - 70^\circ *$	17.2	36.3	51.6
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 80^\circ$	13.4	31.2	48.5
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 80^\circ *$	13.4	31.2	48.5
$\alpha = 5^\circ - 80^\circ$	13.9	31.9	48.9
$\alpha = 5^\circ - 80^\circ *$	13.9	31.9	48.9

Разматрани облици линеарне екстраполације и апсолутне вредности минималне и максималне процентуалне грешке, као и вредност средњег квадратног одступања, за 25 посматраних узорака пута (за  $\gamma = 50^\circ$ ,  $\beta = 20^\circ$ ) – знак \* означава да екстраполациона крива мора да садржи тачку (0,0)

Тип линеарне екстраполације	Минимална процентуална грешка (%)	Средње квадратно одступање (%)	Максимална процентуална грешка (%)
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ, 30^\circ$	9.1	106.4	208.1
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ, 30^\circ$ *	31.5	58.4	73.2
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ$	3.6	71.9	139.8
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ$ *	28.9	53.3	68.1
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ, 30^\circ$	3.7	32.4	75.3
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ, 30^\circ$ *	31.5	58.4	73.2
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ$	1.6	13.7	49.2
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ$ *	28.9	53.3	68.1
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ$	20.5	33.6	49.8
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ$ *	25.3	45.3	59.0
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ$	23.4	38.9	50.0
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ$ *	23.4	38.9	50.0
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ$	1.0	32.7	62.5
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ$ *	25.3	45.3	59.0
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 80^\circ$	107.2	232.7	353.6
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 80^\circ$ *	45.2	73.0	85.2
$\alpha = 5^\circ - 80^\circ$	177.1	356.2	528.3
$\alpha = 5^\circ - 80^\circ$ *	45.2	73.0	85.2

Разматрани облици квадратне екстраполације и апсолутне вредности минималне и максималне процентуалне грешке, као и вредност средњег квадратног одступања, за 25 посматраних узорака пута (за  $\gamma = 50^\circ$ ,  $\beta = 20^\circ$ ) – знак \* означава да екстраполациона крива мора да садржи тачку (0,0)

Тип квадратне екстраполације	Минимална процентуална грешка (%)	Средње квадратно одступање (%)	Максимална процентуална грешка (%)
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ, 30^\circ$	8.3	31.7	57.1
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ, 30^\circ *$	23.1	41.3	55.4
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ$	2.8	16.8	48.8
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ *$	21.9	37.2	49.9
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ, 30^\circ$	12.4	28.6	50.8
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ, 30^\circ *$	23.1	41.3	55.4
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ$	21.0	34.1	49.8
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ *$	21.0	34.1	49.8
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ$	19.0	32.5	49.8
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ *$	19.0	32.5	49.8
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 30^\circ$	21.1	34.1	49.7
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 30^\circ *$	22.4	39.0	52.1
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ, 30^\circ$	0.0	19.7	50.6
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ, 30^\circ *$	22.4	39.0	52.1
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 40^\circ$	0.1	20.6	52.7
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 40^\circ *$	23.7	44.5	59.6
$\alpha = 5^\circ - 40^\circ$	0.6	43.4	81.4
$\alpha = 5^\circ - 40^\circ *$	23.7	44.5	59.6
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 50^\circ$	0.4	15.3	56.6
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 50^\circ *$	24.1	47.2	62.7
$\alpha = 5^\circ - 50^\circ$	3.5	54.7	114.7
$\alpha = 5^\circ - 50^\circ *$	24.1	47.2	62.7
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 60^\circ$	2.0	18.8	62.9
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 60^\circ *$	23.2	49.1	65.2
$\alpha = 5^\circ - 60^\circ$	3.7	67.6	147.5
$\alpha = 5^\circ - 60^\circ *$	23.2	49.1	65.2
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 70^\circ$	1.7	27.2	78.4
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 70^\circ *$	21.4	50.2	67.2
$\alpha = 5^\circ - 70^\circ$	8.0	79.8	175.4
$\alpha = 5^\circ - 70^\circ *$	21.4	50.2	67.2
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 80^\circ$	15.1	92.2	200.9
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 80^\circ *$	19.8	51.2	68.9
$\alpha = 5^\circ - 80^\circ$	2.1	37.0	93.8
$\alpha = 5^\circ - 80^\circ *$	19.8	51.2	68.9

Разматрани облици кубне екстраполације и апсолутне вредности минималне и максималне процентуалне грешке, као и вредност средњег квадратног одступања, за 25 посматраних узорака пута (за  $\gamma = 50^\circ$ ,  $\beta = 20^\circ$ ) – знак \* означава да екстраполациона крива мора да садржи тачку (0,0)

Тип кубне екстраполације	Минимална процентуална грешка (%)	Средње квадратно одступање (%)	Максимална процентуална грешка (%)
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 30^\circ$	1.1	46.5	92.0
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 30^\circ *$	26.1	45.3	59.5
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 20^\circ$	5.4	16.8	48.2
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 20^\circ *$	26.1	45.3	59.5
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 30^\circ$	0.8	40.1	68.2
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 30^\circ *$	25.2	43.6	57.5
$\alpha = 5^\circ - 30^\circ$	3.4	20.3	46.6
$\alpha = 5^\circ - 30^\circ *$	25.2	43.6	57.5
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 40^\circ$	2.1	31.2	51.0
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 40^\circ *$	23.5	41.1	55.1
$\alpha = 5^\circ - 40^\circ$	11.2	26.2	50.0
$\alpha = 5^\circ - 40^\circ *$	23.5	41.1	55.1
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 50^\circ$	0.6	25.2	49.9
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 50^\circ *$	22.7	38.9	52.4
$\alpha = 5^\circ - 50^\circ$	15.1	30.0	50.1
$\alpha = 5^\circ - 50^\circ *$	22.7	38.9	52.4
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 60^\circ$	1.7	18.4	50.7
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 60^\circ *$	22.0	36.7	50.1
$\alpha = 5^\circ - 60^\circ$	18.2	32.4	50.1
$\alpha = 5^\circ - 60^\circ *$	22.0	36.7	50.1
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 70^\circ$	0.2	13.6	45.4
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 70^\circ *$	20.6	34.3	50.3
$\alpha = 5^\circ - 70^\circ$	19.2	33.0	50.1
$\alpha = 5^\circ - 70^\circ *$	20.6	34.3	50.3
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 80^\circ$	16.9	30.8	49.7
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 80^\circ *$	16.9	30.8	49.7
$\alpha = 5^\circ - 80^\circ$	17.4	31.3	49.8
$\alpha = 5^\circ - 80^\circ *$	17.4	31.3	49.8

Разматрани облици линеарне екстраполације и апсолутне вредности минималне и максималне процентуалне грешке, као и вредност средњег квадратног одступања, за 25 посматраних узорака пута (за  $\gamma = 50^\circ$ ,  $\beta = 30^\circ$ ) – знак \* означава да екстраполациона крива мора да садржи тачку (0,0)

Тип линеарне екстраполације	Минимална процентуална грешка (%)	Средње квадратно одступање (%)	Максимална процентуална грешка (%)
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ, 30^\circ$	10.0	101.9	210.3
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ, 30^\circ$ *	24.3	51.4	68.5
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ$	2.3	67.3	139.5
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ$ *	22.4	46.6	63.1
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ, 30^\circ$	1.5	31.7	79.8
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ, 30^\circ$ *	24.3	51.4	68.5
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ$	0.6	12.1	47.5
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ$ *	22.4	46.6	63.1
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ$	13.9	28.2	47.9
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ$ *	20.1	39.3	53.6
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ$	18.8	33.2	48.4
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ$ *	18.8	33.2	48.4
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ$	0.2	33.0	65.0
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ$ *	20.1	39.3	53.6
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 80^\circ$	100.8	253.9	370.3
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 80^\circ$ *	37.8	66.5	80.6
$\alpha = 5^\circ - 80^\circ$	169.9	383.2	550.9
$\alpha = 5^\circ - 80^\circ$ *	37.8	66.5	80.6

Разматрани облици квадратне екстраполације и апсолутне вредности минималне и максималне процентуалне грешке, као и вредност средњег квадратног одступања, за 25 посматраних узорака пута (за  $\gamma = 50^\circ$ ,  $\beta = 30^\circ$ ) – знак \* означава да екстраполациона крива мора да садржи тачку (0,0)

Тип квадратне екстраполације	Минимална процентуална грешка (%)	Средње квадратно одступање (%)	Максимална процентуална грешка (%)
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ, 30^\circ$	0.1	29.0	51.5
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ, 30^\circ *$	18.4	35.4	50.8
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ$	0.8	16.9	40.7
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ *$	17.8	32.0	48.8
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ, 30^\circ$	7.8	24.2	48.9
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ, 30^\circ *$	18.4	35.4	50.8
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ$	14.4	28.7	48.1
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ *$	14.4	28.7	48.1
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ$	12.5	27.2	47.8
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ *$	12.5	27.2	47.8
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 30^\circ$	14.4	28.7	48.0
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 30^\circ *$	18.0	33.4	48.6
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ, 30^\circ$	0.5	19.2	43.1
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ, 30^\circ *$	18.0	33.4	48.6
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 40^\circ$	3.3	17.3	50.5
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 40^\circ *$	18.8	38.4	54.8
$\alpha = 5^\circ - 40^\circ$	1.8	40.9	79.8
$\alpha = 5^\circ - 40^\circ *$	18.8	38.4	54.8
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 50^\circ$	0.5	12.9	54.1
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 50^\circ *$	18.0	40.6	58.0
$\alpha = 5^\circ - 50^\circ$	0.8	51.5	111.6
$\alpha = 5^\circ - 50^\circ *$	18.0	40.6	58.0
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 60^\circ$	2.6	17.3	63.0
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 60^\circ *$	16.1	41.9	60.5
$\alpha = 5^\circ - 60^\circ$	2.4	60.9	140.4
$\alpha = 5^\circ - 60^\circ *$	16.1	41.9	60.5
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 70^\circ$	3.7	25.1	79.6
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 70^\circ *$	13.3	42.3	62.1
$\alpha = 5^\circ - 70^\circ$	6.3	69.8	161.3
$\alpha = 5^\circ - 70^\circ *$	13.3	42.3	62.1
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 80^\circ$	2.1	79.8	181.7
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 80^\circ *$	10.9	42.5	63.2
$\alpha = 5^\circ - 80^\circ$	3.2	34.0	96.5
$\alpha = 5^\circ - 80^\circ *$	10.9	42.5	63.2



Разматрани облици кубне екстраполације и апсолутне вредности минималне и максималне процентуалне грешке, као и вредност средњег квадратног одступања, за 25 посматраних узорака пута (за  $\gamma = 50^\circ$ ,  $\beta = 30^\circ$ ) – знак \* означава да екстраполациона крива мора да садржи тачку (0,0)

Тип кубне екстраполације	Минимална процентуална грешка (%)	Средње квадратно одступање (%)	Максимална процентуална грешка (%)
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 30^\circ$	1.8	48.2	91.4
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 30^\circ *$	21.9	39.9	57.7
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 20^\circ$	4.0	13.1	46.0
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 20^\circ *$	21.9	39.9	57.7
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 30^\circ$	2.5	45.0	78.1
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 30^\circ *$	22.3	38.4	55.3
$\alpha = 5^\circ - 30^\circ$	0.9	14.8	44.0
$\alpha = 5^\circ - 30^\circ *$	22.3	38.4	55.3
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 40^\circ$	0.8	32.2	53.3
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 40^\circ *$	20.9	35.8	51.8
$\alpha = 5^\circ - 40^\circ$	6.9	21.0	46.7
$\alpha = 5^\circ - 40^\circ *$	20.9	35.8	51.8
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 50^\circ$	0.3	23.1	44.2
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 50^\circ *$	19.2	33.4	49.1
$\alpha = 5^\circ - 50^\circ$	9.9	25.2	48.2
$\alpha = 5^\circ - 50^\circ *$	19.2	33.4	49.1
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 60^\circ$	3.3	17.8	44.2
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 60^\circ *$	17.4	31.3	48.9
$\alpha = 5^\circ - 60^\circ$	12.5	27.4	48.4
$\alpha = 5^\circ - 60^\circ *$	17.4	31.3	48.9
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 70^\circ$	0.5	13.6	36.3
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 70^\circ *$	14.9	29.4	49.0
$\alpha = 5^\circ - 70^\circ$	13.1	27.9	48.4
$\alpha = 5^\circ - 70^\circ *$	14.9	29.4	49.0
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 80^\circ$	10.3	25.4	47.4
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 80^\circ *$	10.3	25.4	47.4
$\alpha = 5^\circ - 80^\circ$	10.9	25.9	47.6
$\alpha = 5^\circ - 80^\circ *$	10.9	25.9	47.6

Разматрани облици линеарне екстраполације и апсолутне вредности минималне и максималне процентуалне грешке, као и вредност средњег квадратног одступања, за 25 посматраних узорака пута (за  $\gamma = 50^\circ$ ,  $\beta = 150^\circ$ ) – знак \* означава да екстраполациона крива мора да садржи тачку (0,0)

Тип линеарне екстраполације	Минимална процентуална грешка (%)	Средње квадратно одступање (%)	Максимална процентуална грешка (%)
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ, 30^\circ$	0.5	31.1	76.9
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ, 30^\circ *$	6.1	28.3	52.7
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ$	3.2	49.8	87.3
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ *$	4.8	27.2	49.8
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ, 30^\circ$	3.0	26.6	51.9
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ, 30^\circ *$	6.1	28.3	52.7
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ$	20.5	35.8	52.5
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ *$	4.8	27.2	49.8
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ$	22.2	34.6	46.7
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ *$	6.7	27.9	45.7
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ$	17.5	31.6	43.6
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ *$	17.5	31.6	43.6
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ$	19.6	68.4	133.2
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ *$	6.7	27.9	45.7
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 80^\circ$	141.6	312.9	428.2
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 80^\circ *$	29.0	45.9	65.9
$\alpha = 5^\circ - 80^\circ$	215.1	457.8	612.7
$\alpha = 5^\circ - 80^\circ *$	29.0	45.9	65.9

Разматрани облици квадратне екстраполације и апсолутне вредности минималне и максималне процентуалне грешке, као и вредност средњег квадратног одступања, за 25 посматраних узорака пута (за  $\gamma = 50^\circ$ ,  $\beta = 150^\circ$ ) – знак \* означава да екстраполациона крива мора да садржи тачку (0,0)

Тип квадратне екстраполације	Минимална процентуална грешка (%)	Средње квадратно одступање (%)	Максимална процентуална грешка (%)
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ, 30^\circ$	21.9	78.5	149.0
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ, 30^\circ *$	4.4	26.1	43.3
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ$	24.1	79.3	163.3
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ *$	10.2	29.2	42.5
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ, 30^\circ$	23.7	37.2	51.6
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ, 30^\circ *$	4.4	26.1	43.3
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ$	19.9	33.3	43.8
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ *$	19.9	33.3	43.8
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ$	23.1	35.3	48.1
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ *$	23.1	35.3	48.1
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 30^\circ$	20.5	33.5	44.3
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 30^\circ *$	7.4	27.8	42.5
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ, 30^\circ$	26.6	79.1	160.2
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ, 30^\circ *$	7.4	27.8	42.5
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 40^\circ$	33.5	46.3	61.4
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 40^\circ *$	0.5	22.6	43.8
$\alpha = 5^\circ - 40^\circ$	24.9	97.9	161.4
$\alpha = 5^\circ - 40^\circ *$	0.5	22.6	43.8
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 50^\circ$	34.7	53.3	73.7
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 50^\circ *$	0.3	20.7	44.7
$\alpha = 5^\circ - 50^\circ$	19.1	104.9	148.5
$\alpha = 5^\circ - 50^\circ *$	0.3	20.7	44.7
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 60^\circ$	35.3	65.0	92.7
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 60^\circ *$	0.9	18.8	44.7
$\alpha = 5^\circ - 60^\circ$	23.5	123.7	188.9
$\alpha = 5^\circ - 60^\circ *$	0.9	18.8	44.7
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 70^\circ$	41.0	81.6	118.1
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 70^\circ *$	2.4	17.1	44.0
$\alpha = 5^\circ - 70^\circ$	37.8	151.0	231.1
$\alpha = 5^\circ - 70^\circ *$	2.4	17.1	44.0
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 80^\circ$	47.2	168.1	252.6
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 80^\circ *$	1.0	16.0	43.5
$\alpha = 5^\circ - 80^\circ$	45.5	94.4	136.1
$\alpha = 5^\circ - 80^\circ *$	1.0	16.0	43.5

Разматрани облици кубне екстраполације и апсолутне вредности минималне и максималне процентуалне грешке, као и вредност средњег квадратног одступања, за 25 посматраних узорака пута (за  $\gamma = 50^\circ$ ,  $\beta = 150^\circ$ ) – знак \* означава да екстраполациона крива мора да садржи тачку (0,0)

Тип кубне екстраполације	Минимална процентуална грешка (%)	Средње квадратно одступање (%)	Максимална процентуална грешка (%)
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 30^\circ$	10.6	89.3	132.2
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 30^\circ *$	1.7	24.0	45.4
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 20^\circ$	32.7	46.3	65.8
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 20^\circ *$	1.7	24.0	45.4
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 30^\circ$	6.5	71.6	117.2
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 30^\circ *$	3.3	26.2	45.2
$\alpha = 5^\circ - 30^\circ$	27.3	39.6	55.4
$\alpha = 5^\circ - 30^\circ *$	3.3	26.2	45.2
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 40^\circ$	13.9	75.6	155.7
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 40^\circ *$	4.1	26.9	44.2
$\alpha = 5^\circ - 40^\circ$	27.3	38.5	56.9
$\alpha = 5^\circ - 40^\circ *$	4.1	26.9	44.2
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 50^\circ$	19.9	80.2	179.4
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 50^\circ *$	6.2	27.8	44.0
$\alpha = 5^\circ - 50^\circ$	26.4	37.1	54.4
$\alpha = 5^\circ - 50^\circ *$	6.2	27.8	44.0
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 60^\circ$	21.0	63.1	143.1
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 60^\circ *$	12.2	30.6	43.9
$\alpha = 5^\circ - 60^\circ$	19.8	34.1	46.0
$\alpha = 5^\circ - 60^\circ *$	12.2	30.6	43.9
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 70^\circ$	19.4	79.7	179.2
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 70^\circ *$	15.6	31.6	43.2
$\alpha = 5^\circ - 70^\circ$	20.2	33.9	44.9
$\alpha = 5^\circ - 70^\circ *$	15.6	31.6	43.2
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 80^\circ$	26.6	37.5	52.8
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 80^\circ *$	26.6	37.5	52.8
$\alpha = 5^\circ - 80^\circ$	25.3	36.7	51.2
$\alpha = 5^\circ - 80^\circ *$	25.3	36.7	51.2

Разматрани облици линеарне екстраполације и апсолутне вредности минималне и максималне процентуалне грешке, као и вредност средњег квадратног одступања, за 25 посматраних узорака пута (за  $\gamma = 70^\circ$ ,  $\beta = 0^\circ$ ) – знак \* означава да екстраполациона крива мора да садржи тачку (0,0)

Тип линеарне екстраполације	Минимална процентуална грешка (%)	Средње квадратно одступање (%)	Максимална процентуална грешка (%)
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ, 30^\circ$	47.6	146.9	276.7
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ, 30^\circ$ *	68.5	82.7	91.7
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ$	19.5	111.9	197.8
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ$ *	61.8	76.1	86.9
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ, 30^\circ$	0.2	35.7	104.4
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ, 30^\circ$ *	68.5	82.7	91.7
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ$	0.2	13.3	41.4
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ$ *	61.8	76.1	86.9
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ$	23.1	43.7	57.8
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ$ *	45.0	63.9	77.1
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ$	33.1	52.9	66.6
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ$ *	33.1	52.9	66.6
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ$	12.1	58.7	103.0
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ$ *	45.0	63.9	77.1
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 80^\circ$	44.2	126.2	294.6
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 80^\circ$ *	80.5	92.6	97.8
$\alpha = 5^\circ - 80^\circ$	101.5	214.5	451.0
$\alpha = 5^\circ - 80^\circ$ *	80.5	92.6	97.8

Разматрани облици квадратне екстраполације и апсолутне вредности минималне и максималне процентуалне грешке, као и вредност средњег квадратног одступања, за 25 посматраних узорака пута (за  $\gamma = 70^\circ$ ,  $\beta = 0^\circ$ ) – знак \* означава да екстраполациона крива мора да садржи тачку (0,0)

Тип квадратне екстраполације	Минимална процентуална грешка (%)	Средње квадратно одступање (%)	Максимална процентуална грешка (%)
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ, 30^\circ$	10.0	62.9	115.4
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ, 30^\circ *$	36.6	59.6	74.2
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ$	1.9	30.6	54.6
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ *$	27.4	51.4	66.9
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ, 30^\circ$	10.4	33.9	51.1
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ, 30^\circ *$	36.6	59.6	74.2
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ$	23.2	45.0	59.6
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ *$	23.2	45.0	59.6
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ$	21.1	41.9	56.0
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ *$	21.1	41.9	56.0
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 30^\circ$	23.5	45.0	59.4
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 30^\circ *$	31.2	54.9	70.0
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ, 30^\circ$	5.9	37.5	68.0
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ, 30^\circ *$	31.2	54.9	70.0
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 40^\circ$	3.1	19.1	43.5
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 40^\circ *$	46.0	66.5	80.0
$\alpha = 5^\circ - 40^\circ$	1.2	91.4	161.8
$\alpha = 5^\circ - 40^\circ *$	46.0	66.5	80.0
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 50^\circ$	0.1	14.1	43.0
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 50^\circ *$	54.4	72.0	84.3
$\alpha = 5^\circ - 50^\circ$	15.6	115.9	199.4
$\alpha = 5^\circ - 50^\circ *$	54.4	72.0	84.3
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 60^\circ$	3.8	23.9	74.5
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 60^\circ *$	60.8	76.1	87.5
$\alpha = 5^\circ - 60^\circ$	25.6	134.9	243.4
$\alpha = 5^\circ - 60^\circ *$	60.8	76.1	87.5
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 70^\circ$	0.8	35.0	104.7
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 70^\circ *$	63.1	79.1	89.8
$\alpha = 5^\circ - 70^\circ$	24.5	147.4	283.7
$\alpha = 5^\circ - 70^\circ *$	63.1	79.1	89.8
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 80^\circ$	21.3	156.2	317.5
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 80^\circ *$	64.8	81.3	91.4
$\alpha = 5^\circ - 80^\circ$	3.4	45.9	132.7
$\alpha = 5^\circ - 80^\circ *$	64.8	81.3	91.4

Разматрани облици кубне екстраполације и апсолутне вредности минималне и максималне процентуалне грешке, као и вредност средњег квадратног одступања, за 25 посматраних узорака пута (за  $\gamma = 70^\circ$ ,  $\beta = 0^\circ$ ) – знак \* означава да екстраполациона крива мора да садржи тачку (0,0)

Тип кубне екстраполације	Минимална процентуална грешка (%)	Средње квадратно одступање (%)	Максимална процентуална грешка (%)
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 30^\circ$	18.9	106.2	181.6
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 30^\circ *$	45.7	67.4	80.7
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 20^\circ$	0.3	14.3	36.0
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 20^\circ *$	45.7	67.4	80.7
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 30^\circ$	8.0	89.4	156.1
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 30^\circ *$	40.2	63.6	77.7
$\alpha = 5^\circ - 30^\circ$	3.2	20.0	41.7
$\alpha = 5^\circ - 30^\circ *$	40.2	63.6	77.7
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 40^\circ$	12.8	69.5	126.2
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 40^\circ *$	34.5	59.3	74.2
$\alpha = 5^\circ - 40^\circ$	4.9	28.7	48.4
$\alpha = 5^\circ - 40^\circ *$	34.5	59.3	74.2
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 50^\circ$	0.2	50.0	94.1
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 50^\circ *$	29.2	54.7	70.2
$\alpha = 5^\circ - 50^\circ$	14.4	36.6	52.4
$\alpha = 5^\circ - 50^\circ *$	29.2	54.7	70.2
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 60^\circ$	1.4	31.8	61.0
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 60^\circ *$	24.6	50.0	65.9
$\alpha = 5^\circ - 60^\circ$	19.3	41.6	56.6
$\alpha = 5^\circ - 60^\circ *$	24.6	50.0	65.9
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 70^\circ$	2.0	19.5	40.4
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 70^\circ *$	21.2	45.5	61.3
$\alpha = 5^\circ - 70^\circ$	20.3	42.8	57.8
$\alpha = 5^\circ - 70^\circ *$	21.2	45.5	61.3
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 80^\circ$	18.8	38.4	53.1
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 80^\circ *$	18.8	38.4	53.1
$\alpha = 5^\circ - 80^\circ$	19.1	39.3	53.4
$\alpha = 5^\circ - 80^\circ *$	19.1	39.3	53.4

Разматрани облици линеарне екстраполације и апсолутне вредности минималне и максималне процентуалне грешке, као и вредност средњег квадратног одступања, за 25 посматраних узорака пута (за  $\gamma = 70^\circ$ ,  $\beta = 10^\circ$ ) – знак \* означава да екстраполациона крива мора да садржи тачку (0,0)

Тип линеарне екстраполације	Минимална процентуална грешка (%)	Средње квадратно одступање (%)	Максимална процентуална грешка (%)
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ, 30^\circ$	19.6	171.0	296.3
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ, 30^\circ$ *	51.3	67.2	81.6
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ$	17.7	107.8	188.2
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ$ *	41.9	59.2	75.1
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ, 30^\circ$	6.8	55.2	120.7
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ, 30^\circ$ *	51.3	67.2	81.6
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ$	0.7	16.6	43.8
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ$ *	41.9	59.2	75.1
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ$	17.6	34.6	54.4
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ$ *	31.1	47.8	64.9
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ$	24.9	40.6	59.2
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ$ *	24.9	40.6	59.2
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ$	1.6	37.4	72.1
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ$ *	31.1	47.8	64.9
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 80^\circ$	131.2	258.7	434.6
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 80^\circ$ *	65.0	84.4	93.3
$\alpha = 5^\circ - 80^\circ$	216.7	397.2	645.5
$\alpha = 5^\circ - 80^\circ$ *	65.0	84.4	93.3



Разматрани облици квадратне екстраполације и апсолутне вредности минималне и максималне процентуалне грешке, као и вредност средњег квадратног одступања, за 25 посматраних узорака пута (за  $\gamma = 70^\circ$ ,  $\beta = 10^\circ$ ) – знак \* означава да екстраполациона крива мора да садржи тачку (0,0)

Тип квадратне екстраполације	Минимална процентуална грешка (%)	Средње квадратно одступање (%)	Максимална процентуална грешка (%)
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ, 30^\circ$	1.5	29.2	64.8
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ, 30^\circ *$	19.9	41.1	60.0
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ$	3.1	18.4	68.2
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ *$	16.1	36.5	55.9
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ, 30^\circ$	8.6	28.1	48.6
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ, 30^\circ *$	19.9	41.1	60.0
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ$	17.1	34.4	54.3
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ *$	17.1	34.4	54.3
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ$	16.0	33.4	53.4
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ *$	16.0	33.4	53.4
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 30^\circ$	17.4	34.6	54.4
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 30^\circ *$	17.5	38.4	57.6
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ, 30^\circ$	0.7	18.7	67.5
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ, 30^\circ *$	17.5	38.4	57.6
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 40^\circ$	0.6	16.5	46.6
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 40^\circ *$	26.3	46.2	64.7
$\alpha = 5^\circ - 40^\circ$	5.6	57.5	106.1
$\alpha = 5^\circ - 40^\circ *$	26.3	46.2	64.7
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 50^\circ$	0.0	15.6	42.8
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 50^\circ *$	31.6	51.4	69.7
$\alpha = 5^\circ - 50^\circ$	23.6	94.0	167.2
$\alpha = 5^\circ - 50^\circ *$	31.6	51.4	69.7
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 60^\circ$	1.4	31.0	77.6
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 60^\circ *$	36.9	56.2	73.8
$\alpha = 5^\circ - 60^\circ$	32.7	130.7	230.8
$\alpha = 5^\circ - 60^\circ *$	36.9	56.2	73.8
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 70^\circ$	2.6	50.3	118.2
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 70^\circ *$	41.2	60.1	77.1
$\alpha = 5^\circ - 70^\circ$	38.4	161.1	293.9
$\alpha = 5^\circ - 70^\circ *$	41.2	60.1	77.1
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 80^\circ$	44.1	187.2	352.8
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 80^\circ *$	44.1	63.3	79.8
$\alpha = 5^\circ - 80^\circ$	1.9	70.1	158.5
$\alpha = 5^\circ - 80^\circ *$	44.1	63.3	79.8

Разматрани облици кубне екстраполације и апсолутне вредности минималне и максималне процентуалне грешке, као и вредност средњег квадратног одступања, за 25 посматраних узорака пута (за  $\gamma = 70^\circ$ ,  $\beta = 10^\circ$ ) – знак \* означава да екстраполациона крива мора да садржи тачку (0,0)

Тип кубне екстраполације	Минимална процентуална грешка (%)	Средње квадратно одступање (%)	Максимална процентуална грешка (%)
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 30^\circ$	9.9	69.0	117.9
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 30^\circ *$	24.8	45.7	64.5
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 20^\circ$	0.5	13.3	41.0
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 20^\circ *$	24.8	45.7	64.5
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 30^\circ$	5.2	44.5	78.5
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 30^\circ *$	19.7	42.3	61.3
$\alpha = 5^\circ - 30^\circ$	0.5	18.3	43.2
$\alpha = 5^\circ - 30^\circ *$	19.7	42.3	61.3
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 40^\circ$	1.6	25.5	62.6
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 40^\circ *$	15.4	38.9	58.3
$\alpha = 5^\circ - 40^\circ$	6.9	26.4	47.6
$\alpha = 5^\circ - 40^\circ *$	15.4	38.9	58.3
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 50^\circ$	2.1	22.6	73.2
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 50^\circ *$	12.8	36.4	56.3
$\alpha = 5^\circ - 50^\circ$	12.6	30.9	50.9
$\alpha = 5^\circ - 50^\circ *$	12.8	36.4	56.3
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 60^\circ$	0.7	23.8	74.3
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 60^\circ *$	12.4	34.8	54.7
$\alpha = 5^\circ - 60^\circ$	14.8	32.7	52.5
$\alpha = 5^\circ - 60^\circ *$	12.4	34.8	54.7
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 70^\circ$	0.0	23.6	69.6
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 70^\circ *$	14.0	33.5	53.2
$\alpha = 5^\circ - 70^\circ$	15.1	33.0	52.9
$\alpha = 5^\circ - 70^\circ *$	14.0	33.5	53.2
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 80^\circ$	14.9	32.2	52.5
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 80^\circ *$	14.9	32.2	52.5
$\alpha = 5^\circ - 80^\circ$	14.9	32.4	52.6
$\alpha = 5^\circ - 80^\circ *$	14.9	32.4	52.6

Разматрани облици линеарне екстраполације и апсолутне вредности минималне и максималне процентуалне грешке, као и вредност средњег квадратног одступања, за 25 посматраних узорака пута (за  $\gamma = 70^\circ$ ,  $\beta = 20^\circ$ ) – знак \* означава да екстраполациона крива мора да садржи тачку (0,0)

Тип линеарне екстраполације	Минимална процентуална грешка (%)	Средње квадратно одступање (%)	Максимална процентуална грешка (%)
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ, 30^\circ$	9.4	142.3	252.7
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ, 30^\circ *$	33.7	48.4	66.1
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ$	3.5	72.7	134.7
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ *$	27.2	41.1	59.1
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ, 30^\circ$	2.7	49.7	108.6
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ, 30^\circ *$	33.7	48.4	66.1
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ$	1.0	11.5	36.4
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ *$	27.2	41.1	59.1
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ$	9.0	25.8	39.5
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ *$	16.9	33.2	49.9
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ$	12.6	29.2	43.6
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ *$	12.6	29.2	43.6
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ$	0.1	19.7	45.6
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ *$	16.9	33.2	49.9
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 80^\circ$	170.8	380.3	597.1
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 80^\circ *$	51.3	71.7	84.4
$\alpha = 5^\circ - 80^\circ$	267.8	562.8	868.8
$\alpha = 5^\circ - 80^\circ *$	51.3	71.7	84.4

Разматрани облици квадратне екстраполације и апсолутне вредности минималне и максималне процентуалне грешке, као и вредност средњег квадратног одступања, за 25 посматраних узорака пута (за  $\gamma = 70^\circ$ ,  $\beta = 20^\circ$ ) – знак \* означава да екстраполациона крива мора да садржи тачку (0,0)

Тип квадратне екстраполације	Минимална процентуална грешка (%)	Средње квадратно одступање (%)	Максимална процентуална грешка (%)
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ, 30^\circ$	0.0	26.6	82.2
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ, 30^\circ *$	5.5	26.0	46.4
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ$	0.6	22.5	54.9
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ *$	5.6	25.6	42.5
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ, 30^\circ$	7.4	24.8	40.4
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ, 30^\circ *$	5.5	26.0	46.4
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ$	7.4	25.3	40.0
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ *$	7.4	25.3	40.0
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ$	8.3	25.1	38.7
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ *$	8.3	25.1	38.7
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 30^\circ$	7.6	25.3	39.9
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 30^\circ *$	5.5	25.8	43.7
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ, 30^\circ$	0.3	23.0	58.6
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ, 30^\circ *$	5.5	25.8	43.7
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 40^\circ$	1.4	20.6	41.6
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 40^\circ *$	7.5	27.5	50.2
$\alpha = 5^\circ - 40^\circ$	2.3	24.5	70.6
$\alpha = 5^\circ - 40^\circ *$	7.5	27.5	50.2
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 50^\circ$	1.7	13.6	40.6
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 50^\circ *$	11.8	30.2	53.2
$\alpha = 5^\circ - 50^\circ$	0.6	33.1	81.3
$\alpha = 5^\circ - 50^\circ *$	11.8	30.2	53.2
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 60^\circ$	0.0	16.0	45.0
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 60^\circ *$	17.4	33.5	55.7
$\alpha = 5^\circ - 60^\circ$	3.0	62.8	133.4
$\alpha = 5^\circ - 60^\circ *$	17.4	33.5	55.7
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 70^\circ$	2.9	33.6	81.0
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 70^\circ *$	20.1	36.5	57.7
$\alpha = 5^\circ - 70^\circ$	3.6	95.4	192.7
$\alpha = 5^\circ - 70^\circ *$	20.1	36.5	57.7
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 80^\circ$	3.2	129.3	263.4
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 80^\circ *$	21.8	39.5	60.8
$\alpha = 5^\circ - 80^\circ$	1.7	53.8	124.6
$\alpha = 5^\circ - 80^\circ *$	21.8	39.5	60.8

Разматрани облици кубне екстраполације и апсолутне вредности минималне и максималне процентуалне грешке, као и вредност средњег квадратног одступања, за 25 посматраних узорака пута (за  $\gamma = 70^\circ$ ,  $\beta = 20^\circ$ ) – знак \* означава да екстраполациона крива мора да садржи тачку (0,0)

Тип кубне екстраполације	Минимална процентуална грешка (%)	Средње квадратно одступање (%)	Максимална процентуална грешка (%)
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 30^\circ$	1.5	30.2	97.2
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 30^\circ *$	2.2	25.5	51.1
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 20^\circ$	1.1	19.9	37.2
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 20^\circ *$	2.2	25.5	51.1
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 30^\circ$	0.8	35.3	118.2
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 30^\circ *$	0.8	24.2	48.6
$\alpha = 5^\circ - 30^\circ$	6.3	24.2	39.0
$\alpha = 5^\circ - 30^\circ *$	0.8	24.2	48.6
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 40^\circ$	3.4	43.0	127.7
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 40^\circ *$	0.5	23.2	45.9
$\alpha = 5^\circ - 40^\circ$	12.1	27.1	41.1
$\alpha = 5^\circ - 40^\circ *$	0.5	23.2	45.9
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 50^\circ$	0.3	41.1	107.1
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 50^\circ *$	1.7	23.7	43.5
$\alpha = 5^\circ - 50^\circ$	10.1	26.4	40.1
$\alpha = 5^\circ - 50^\circ *$	1.7	23.7	43.5
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 60^\circ$	0.8	33.1	83.0
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 60^\circ *$	3.9	24.6	42.3
$\alpha = 5^\circ - 60^\circ$	7.8	25.4	38.8
$\alpha = 5^\circ - 60^\circ *$	3.9	24.6	42.3
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 70^\circ$	0.8	22.4	52.4
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 70^\circ *$	5.9	25.4	40.4
$\alpha = 5^\circ - 70^\circ$	7.2	25.2	39.3
$\alpha = 5^\circ - 70^\circ *$	5.9	25.4	40.4
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 80^\circ$	9.3	24.9	38.4
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 80^\circ *$	9.3	24.9	38.4
$\alpha = 5^\circ - 80^\circ$	8.9	25.0	38.2
$\alpha = 5^\circ - 80^\circ *$	8.9	25.0	38.2

Разматрани облици линеарне екстраполације и апсолутне вредности минималне и максималне процентуалне грешке, као и вредност средњег квадратног одступања, за 25 посматраних узорака пута (за  $\gamma = 70^\circ$ ,  $\beta = 30^\circ$ ) – знак \* означава да екстраполациона крива мора да садржи тачку (0,0)

Тип линеарне екстраполације	Минимална процентуална грешка (%)	Средње квадратно одступање (%)	Максимална процентуална грешка (%)
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ, 30^\circ$	18.2	100.0	211.4
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ, 30^\circ$ *	18.9	36.6	53.2
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ$	4.7	52.7	128.2
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ$ *	16.0	31.5	49.4
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ, 30^\circ$	0.7	35.5	86.9
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ, 30^\circ$ *	18.9	36.6	53.2
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ$	0.5	11.8	42.5
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ$ *	16.0	31.5	49.4
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ$	5.4	22.2	46.4
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ$ *	7.7	25.6	43.5
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ$	6.4	23.7	45.1
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ$ *	6.4	23.7	45.1
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ$	2.2	20.3	78.8
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ$ *	7.7	25.6	43.5
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 80^\circ$	182.6	409.4	661.5
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 80^\circ$ *	36.8	60.3	72.6
$\alpha = 5^\circ - 80^\circ$	279.0	599.0	953.7
$\alpha = 5^\circ - 80^\circ$ *	36.8	60.3	72.6

Разматрани облици квадратне екстраполације и апсолутне вредности минималне и максималне процентуалне грешке, као и вредност средњег квадратног одступања, за 25 посматраних узорака пута (за  $\gamma = 70^\circ$ ,  $\beta = 30^\circ$ ) – знак \* означава да екстраполациона крива мора да садржи тачку (0,0)

Тип квадратне екстраполације	Минимална процентуална грешка (%)	Средње квадратно одступање (%)	Максимална процентуална грешка (%)
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ, 30^\circ$	3.9	28.5	102.9
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ, 30^\circ *$	1.2	20.9	42.9
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ$	1.6	36.2	120.3
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ *$	0.1	20.1	43.0
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ, 30^\circ$	4.6	20.2	45.4
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ, 30^\circ *$	1.2	20.9	42.9
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ$	3.5	21.3	45.5
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ *$	3.5	21.3	45.5
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ$	5.2	21.8	46.6
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ *$	5.2	21.8	46.6
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 30^\circ$	3.8	21.5	45.7
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 30^\circ *$	0.7	20.4	42.9
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ, 30^\circ$	3.2	33.5	116.5
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ, 30^\circ *$	0.7	20.4	42.9
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 40^\circ$	1.4	21.5	49.0
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 40^\circ *$	1.9	20.5	42.1
$\alpha = 5^\circ - 40^\circ$	1.2	35.2	120.9
$\alpha = 5^\circ - 40^\circ *$	1.9	20.5	42.1
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 50^\circ$	3.0	21.1	54.1
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 50^\circ *$	1.2	20.8	44.2
$\alpha = 5^\circ - 50^\circ$	0.6	34.4	120.5
$\alpha = 5^\circ - 50^\circ *$	1.2	20.8	44.2
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 60^\circ$	1.4	19.5	62.0
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 60^\circ *$	0.7	21.6	45.6
$\alpha = 5^\circ - 60^\circ$	8.5	37.7	100.3
$\alpha = 5^\circ - 60^\circ *$	0.7	21.6	45.6
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 70^\circ$	3.6	24.0	77.6
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 70^\circ *$	1.9	22.3	46.0
$\alpha = 5^\circ - 70^\circ$	0.3	47.3	128.1
$\alpha = 5^\circ - 70^\circ *$	1.9	22.3	46.0
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 80^\circ$	0.2	61.1	170.5
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 80^\circ *$	4.0	23.4	46.0
$\alpha = 5^\circ - 80^\circ$	2.7	31.3	92.0
$\alpha = 5^\circ - 80^\circ *$	4.0	23.4	46.0

Разматрани облици кубне екстраполације и апсолутне вредности минималне и максималне процентуалне грешке, као и вредност средњег квадратног одступања, за 25 посматраних узорака пута (за  $\gamma = 70^\circ$ ,  $\beta = 30^\circ$ ) – знак \* означава да екстраполациона крива мора да садржи тачку (0,0)

Тип кубне екстраполације	Минимална процентуална грешка (%)	Средње квадратно одступање (%)	Максимална процентуална грешка (%)
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 30^\circ$	0.5	45.6	164.0
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 30^\circ *$	0.5	19.8	43.7
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 20^\circ$	1.0	23.7	55.0
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 20^\circ *$	0.5	19.8	43.7
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 30^\circ$	0.8	41.4	148.6
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 30^\circ *$	0.1	20.0	44.6
$\alpha = 5^\circ - 30^\circ$	1.1	22.3	45.3
$\alpha = 5^\circ - 30^\circ *$	0.1	20.0	44.6
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 40^\circ$	0.4	40.8	137.6
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 40^\circ *$	1.4	19.8	43.9
$\alpha = 5^\circ - 40^\circ$	5.8	22.8	45.3
$\alpha = 5^\circ - 40^\circ *$	1.4	19.8	43.9
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 50^\circ$	1.1	33.0	112.6
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 50^\circ *$	1.8	20.4	44.0
$\alpha = 5^\circ - 50^\circ$	5.5	21.3	45.1
$\alpha = 5^\circ - 50^\circ *$	1.8	20.4	44.0
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 60^\circ$	1.2	24.7	93.4
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 60^\circ *$	0.0	20.9	44.2
$\alpha = 5^\circ - 60^\circ$	3.6	20.6	45.0
$\alpha = 5^\circ - 60^\circ *$	0.0	20.9	44.2
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 70^\circ$	10.8	43.1	127.6
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 70^\circ *$	1.0	19.9	43.5
$\alpha = 5^\circ - 70^\circ$	3.4	20.9	45.2
$\alpha = 5^\circ - 70^\circ *$	1.0	19.9	43.5
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 80^\circ$	7.2	22.5	47.9
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 80^\circ *$	7.2	22.5	47.9
$\alpha = 5^\circ - 80^\circ$	6.4	22.1	47.4
$\alpha = 5^\circ - 80^\circ *$	6.4	22.1	47.4



Разматрани облици линеарне екстраполације и апсолутне вредности минималне и максималне процентуалне грешке, као и вредност средњег квадратног одступања, за 25 посматраних узорака пута (за  $\gamma = 70^\circ$ ,  $\beta = 150^\circ$ ) – знак \* означава да екстраполациона крива мора да садржи тачку (0,0)

Тип линеарне екстраполације	Минимална процентуална грешка (%)	Средње квадратно одступање (%)	Максимална процентуална грешка (%)
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ, 30^\circ$	9.3	87.7	202.8
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ, 30^\circ *$	1.4	34.7	58.3
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ$	1.5	32.8	115.2
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ *$	2.2	30.3	53.6
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ, 30^\circ$	0.6	32.0	97.6
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ, 30^\circ *$	1.4	34.7	58.3
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ$	0.3	17.1	44.4
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ *$	2.2	30.3	53.6
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ$	20.3	39.1	67.5
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ *$	1.6	26.5	48.1
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ$	4.7	31.0	49.6
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ *$	4.7	31.0	49.6
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ$	27.4	132.3	395.9
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ *$	1.6	26.5	48.1
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 80^\circ$	152.1	366.6	726.2
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 80^\circ *$	8.0	53.8	73.5
$\alpha = 5^\circ - 80^\circ$	223.5	536.3	1022.5
$\alpha = 5^\circ - 80^\circ *$	8.0	53.8	73.5

Разматрани облици квадратне екстраполације и апсолутне вредности минималне и максималне процентуалне грешке, као и вредност средњег квадратног одступања, за 25 посматраних узорака пута (за  $\gamma = 70^\circ$ ,  $\beta = 150^\circ$ ) – знак \* означава да екстраполациона крива мора да садржи тачку (0,0)

Тип квадратне екстраполације	Минимална процентуална грешка (%)	Средње квадратно одступање (%)	Максимална процентуална грешка (%)
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ, 30^\circ$	17.0	92.8	244.8
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ, 30^\circ *$	2.5	24.2	49.9
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ$	68.1	215.5	609.7
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ *$	1.8	24.2	45.8
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ, 30^\circ$	3.8	32.3	51.8
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ, 30^\circ *$	2.5	24.2	49.9
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ$	9.2	32.9	53.4
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ *$	9.2	32.9	53.4
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ$	22.4	40.8	72.6
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ *$	22.4	40.8	72.6
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 30^\circ$	15.1	34.8	58.2
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 30^\circ *$	1.7	24.2	48.9
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ, 30^\circ$	63.8	188.5	529.4
$\alpha = 5^\circ, 10^\circ, 30^\circ *$	1.7	24.2	48.9
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 40^\circ$	10.8	29.8	53.5
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 40^\circ *$	4.4	24.7	52.2
$\alpha = 5^\circ - 40^\circ$	1.7	56.9	153.8
$\alpha = 5^\circ - 40^\circ *$	4.4	24.7	52.2
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 50^\circ$	8.6	27.4	56.3
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 50^\circ *$	3.1	25.2	55.6
$\alpha = 5^\circ - 50^\circ$	4.7	45.2	140.7
$\alpha = 5^\circ - 50^\circ *$	3.1	25.2	55.6
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 60^\circ$	1.4	23.2	66.4
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 60^\circ *$	0.4	25.7	56.7
$\alpha = 5^\circ - 60^\circ$	1.1	36.6	137.7
$\alpha = 5^\circ - 60^\circ *$	0.4	25.7	56.7
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 70^\circ$	1.3	19.7	70.7
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 70^\circ *$	1.8	26.3	55.0
$\alpha = 5^\circ - 70^\circ$	0.0	34.2	142.5
$\alpha = 5^\circ - 70^\circ *$	1.8	26.3	55.0
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 80^\circ$	4.0	41.3	168.3
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 80^\circ *$	0.8	27.1	53.4
$\alpha = 5^\circ - 80^\circ$	0.7	20.6	88.1
$\alpha = 5^\circ - 80^\circ *$	0.8	27.1	53.4

Разматрани облици кубне екстраполације и апсолутне вредности минималне и максималне процентуалне грешке, као и вредност средњег квадратног одступања, за 25 посматраних узорака пута (за  $\gamma = 70^\circ$ ,  $\beta = 150^\circ$ ) – знак \* означава да екстраполациона крива мора да садржи тачку (0,0)

Тип кубне екстраполације	Минимална процентуална грешка (%)	Средње квадратно одступање (%)	Максимална процентуална грешка (%)
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 30^\circ$	1.8	64.6	195.0
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 30^\circ *$	2.2	24.4	57.8
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 20^\circ$	14.8	32.3	58.2
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 20^\circ *$	2.2	24.4	57.8
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 30^\circ$	1.6	74.6	216.7
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 30^\circ *$	2.1	24.3	55.5
$\alpha = 5^\circ - 30^\circ$	1.4	32.5	55.8
$\alpha = 5^\circ - 30^\circ *$	2.1	24.3	55.5
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 40^\circ$	5.9	84.5	209.6
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 40^\circ *$	2.2	24.0	49.7
$\alpha = 5^\circ - 40^\circ$	2.2	31.9	54.0
$\alpha = 5^\circ - 40^\circ *$	2.2	24.0	49.7
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 50^\circ$	21.9	104.4	250.9
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 50^\circ *$	1.9	23.8	45.4
$\alpha = 5^\circ - 50^\circ$	5.0	31.5	51.9
$\alpha = 5^\circ - 50^\circ *$	1.9	23.8	45.4
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 60^\circ$	55.9	157.2	421.0
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 60^\circ *$	0.5	23.8	45.6
$\alpha = 5^\circ - 60^\circ$	6.8	31.6	50.1
$\alpha = 5^\circ - 60^\circ *$	0.5	23.8	45.6
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 70^\circ$	76.2	266.8	762.1
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 70^\circ *$	0.9	24.6	47.5
$\alpha = 5^\circ - 70^\circ$	4.4	31.0	49.6
$\alpha = 5^\circ - 70^\circ *$	0.9	24.6	47.5
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 80^\circ$	29.3	49.5	93.7
$\alpha = 0^\circ, 5^\circ - 80^\circ *$	29.3	49.5	93.7
$\alpha = 5^\circ - 80^\circ$	28.0	45.7	84.3
$\alpha = 5^\circ - 80^\circ *$	28.0	45.7	84.3

## **Прилог В**

Подаци о инсталацији осветљења, резултатима мерења сјајности и резултатима фотометријских прорачуна за саобраћајницу под редним бројем 1

Саобраћајница: Neuville-en-Condroz, Route de France - N677 direction Neuville,  
бетонски део саобраћајнице



Подаци о саобраћајници и инсталацији осветљења	
број возних трака	2
ширина возне траке [m]	3
висина оптичког центра светиљке [m]	7.3
превес [m]	-1.5
нагиб [°]	5
растојање између суседних стубова [m]	47.5
распоред стубова	једностранни

тип светиљке: MC12 PMMA deep bowl 1317 -32/100 100 W

тип извора светлости: натријум високог притиска снаге 100 W

#### Резултати мерења сјајности на терену

X' [m] \ Y' [m]	1.48	4.45	7.42	10.39	13.36	16.33	19.3	22.27	25.23	28.2	31.17	34.14	37.11	40.08	43.05	46.02
8.5	0.7	0.6	0.6	0.4	0.4	0.4	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.4	0.6	0.6	0.7
7.5	0.9	0.9	0.7	0.6	0.5	0.5	0.7	0.7	0.6	0.6	0.6	0.7	0.6	0.7	0.9	0.9
6.5	1.5	1.1	0.9	0.9	0.9	0.8	0.9	0.9	0.8	0.9	0.9	0.9	1	0.9	1.2	1.5
5.5	2	1.5	1.2	1.3	1.1	1	1	1.1	1.1	1.1	1	1.3	1.5	1.5	1.6	2
4.5	2.3	2	1.5	1.5	1.3	1.3	1.4	1.5	1.5	1.5	1.3	1.5	1.9	1.7	2.3	2.3
3.5	2	1.7	1.3	1.5	1.4	1.5	1.7	1.8	2	1.9	1.5	1.6	1.9	1.6	2	2.2

$L_{Av}$ [cd/m <sup>2</sup> ]	1.16
$U_0$ [%]	34.53
$U_1$ [%]	55.56

Резултати прорачуна сјајности у коме је коришћена табела рефлексије измерена помоћу лабораторијског рефлектометра на првом узорку коловоза (матрица S0151,  $Q_0=0.071$ )

X' [m] \ Y' [m]	1.48	4.45	7.42	10.39	13.36	16.33	19.3	22.27	25.23	28.2	31.17	34.14	37.11	40.08	43.05	46.02
8.5	0.565	0.502	0.478	0.36	0.403	0.432	0.469	0.505	0.515	0.491	0.459	0.455	0.389	0.533	0.552	0.593
7.5	0.887	0.707	0.603	0.532	0.571	0.574	0.644	0.642	0.656	0.67	0.618	0.676	0.6	0.688	0.784	0.924
6.5	1.332	0.948	0.798	0.834	0.816	0.787	0.837	0.83	0.872	0.883	0.851	0.983	0.997	0.932	1.07	1.395
5.5	1.76	1.307	1.127	1.193	1.061	1.022	1.096	1.151	1.188	1.143	1.06	1.342	1.564	1.396	1.496	1.82
4.5	2.035	1.846	1.397	1.455	1.336	1.359	1.451	1.544	1.648	1.591	1.34	1.593	1.886	1.743	2.176	2.094
3.5	1.796	1.55	1.206	1.33	1.324	1.439	1.687	1.868	2.037	1.987	1.601	1.705	1.925	1.62	1.939	1.971

$L_{Av}$ [cd/m <sup>2</sup> ]	1.12
$U_0$ [%]	32.08
$U_1$ [%]	57.55

Резултати прорачуна сјајности у коме је коришћена табела рефлексије измерена помоћу лабораторијског рефлектометра на другом узорку коловоза (матрица S0161,  $Q_0=0.076$ )

X' [m] \ Y' [m]	1.48	4.45	7.42	10.39	13.36	16.33	19.3	22.27	25.23	28.2	31.17	34.14	37.11	40.08	43.05	46.02
8.5	0.69	0.621	0.584	0.417	0.457	0.477	0.512	0.542	0.545	0.518	0.487	0.487	0.421	0.593	0.639	0.7
7.5	1.074	0.856	0.714	0.601	0.636	0.611	0.67	0.66	0.662	0.676	0.63	0.697	0.629	0.749	0.895	1.096
6.5	1.603	1.128	0.91	0.914	0.865	0.791	0.822	0.809	0.83	0.84	0.817	0.963	1.006	0.988	1.209	1.652
5.5	2.069	1.51	1.245	1.273	1.07	0.959	1.013	1.052	1.07	1.027	0.965	1.249	1.519	1.436	1.656	2.131
4.5	2.343	2.07	1.473	1.462	1.24	1.193	1.278	1.343	1.419	1.371	1.175	1.43	1.779	1.748	2.367	2.413
3.5	2.084	1.704	1.237	1.292	1.189	1.237	1.444	1.585	1.704	1.682	1.38	1.51	1.787	1.597	2.078	2.24

$L_{Av}$ [cd/m <sup>2</sup> ]	1.14
$U_0$ [%]	36.43
$U_1$ [%]	54.87

Резултати прорачуна сјајности у коме је коришћена табела рефлексије одређена предложеном методом на основу мерења мобилним рефлектометром на првом узорку коловоза (матрица B3002mod,  $Q_0=0.067$ )

X' [m] \ Y' [m]	1.48	4.45	7.42	10.39	13.36	16.33	19.3	22.27	25.23	28.2	31.17	34.14	37.11	40.08	43.05	46.02
8.5	0.51	0.467	0.442	0.318	0.353	0.376	0.414	0.439	0.436	0.417	0.407	0.394	0.338	0.474	0.496	0.526
7.5	0.796	0.64	0.543	0.464	0.497	0.484	0.554	0.554	0.555	0.569	0.544	0.587	0.521	0.612	0.701	0.829
6.5	1.191	0.841	0.696	0.715	0.7	0.655	0.704	0.7	0.741	0.755	0.746	0.869	0.874	0.833	0.958	1.268
5.5	1.58	1.155	0.978	1.031	0.904	0.861	0.936	0.991	1.023	0.974	0.92	1.197	1.435	1.266	1.36	1.664
4.5	1.865	1.639	1.226	1.303	1.201	1.228	1.307	1.392	1.47	1.424	1.186	1.454	1.833	1.637	1.996	1.942
3.5	1.644	1.366	1.086	1.246	1.267	1.406	1.647	1.838	1.954	1.896	1.506	1.604	1.838	1.559	1.888	1.884

$L_{Av}$ [cd/m <sup>2</sup> ]	1.02
$U_0$ [%]	31.29
$U_1$ [%]	56.00

Резултати прорачуна сјајности у коме је коришћена табела рефлексије одређена предложеном методом на основу мерења мобилним рефлектометром на другом узорку коловоза (матрица Sigaumod,  $Q_0=0.071$ )

X' [m] \ Y' [m]	1.48	4.45	7.42	10.39	13.36	16.33	19.3	22.27	25.23	28.2	31.17	34.14	37.11	40.08	43.05	46.02
8.5	0.697	0.64	0.602	0.415	0.446	0.456	0.486	0.51	0.503	0.474	0.44	0.44	0.374	0.531	0.597	0.688
7.5	1.093	0.883	0.736	0.602	0.625	0.585	0.632	0.626	0.619	0.627	0.575	0.631	0.564	0.669	0.84	1.081
6.5	1.644	1.166	0.933	0.917	0.851	0.755	0.77	0.755	0.769	0.78	0.75	0.865	0.894	0.913	1.137	1.636
5.5	2.124	1.559	1.275	1.277	1.049	0.909	0.952	0.979	0.979	0.945	0.884	1.118	1.36	1.365	1.556	2.115
4.5	2.45	2.182	1.513	1.44	1.187	1.123	1.214	1.264	1.296	1.242	1.069	1.274	1.611	1.567	2.212	3.394
3.5	2.158	1.815	1.351	1.456	1.368	1.366	1.507	1.582	1.619	1.526	1.21	1.306	1.566	1.421	1.939	2.257

$L_{Av}$ [cd/m <sup>2</sup> ]	1.11
$U_0$ [%]	33.87
$U_1$ [%]	51.63

Резултати прорачуна сјајности у коме је коришћена стандардна табела рефлексије за класу R1 са нормализованим коефицијентом сјајности (матрица R1010,  $Q_0=0.1$ )

X' [m] \ Y' [m]	1.48	4.45	7.42	10.39	13.36	16.33	19.3	22.27	25.23	28.2	31.17	34.14	37.11	40.08	43.05	46.02
8.5	1.05	0.893	0.867	0.642	0.727	0.748	0.785	0.824	0.814	0.767	0.724	0.723	0.605	0.806	0.869	1.047
7.5	1.594	1.241	1.022	0.893	0.977	0.919	0.979	0.958	0.947	0.957	0.889	0.974	0.86	0.948	1.217	1.581
6.5	2.314	1.607	1.261	1.292	1.237	1.095	1.12	1.096	1.096	1.105	1.067	1.243	1.286	1.191	1.608	2.296
5.5	2.888	2.073	1.675	1.71	1.416	1.168	1.213	1.232	1.252	1.198	1.119	1.422	1.757	1.664	2.211	2.863
4.5	3.13	2.775	1.839	1.777	1.407	1.234	1.326	1.32	1.35	1.323	1.162	1.422	1.916	1.946	3.013	3.089
3.5	2.702	2.254	1.464	1.473	1.221	1.139	1.291	1.317	1.343	1.341	1.164	1.32	1.66	1.564	2.377	2.717

$L_{Av}$ [cd/m <sup>2</sup> ]	1.41
$U_0$ [%]	42.99
$U_1$ [%]	53.93

Резултати прорачуна сјајности у коме је коришћена стандардна табела рефлексије за класу R2 са нормализованим коефицијентом сјајности (матрица R2007,  $Q_0=0.07$ )

X' [m] \ Y' [m]	1.48	4.45	7.42	10.39	13.36	16.33	19.3	22.27	25.23	28.2	31.17	34.14	37.11	40.08	43.05	46.02
8.5	0.596	0.522	0.527	0.393	0.436	0.473	0.473	0.504	0.541	0.567	0.56	0.52	0.407	0.466	0.494	0.595
7.5	0.901	0.702	0.627	0.56	0.597	0.604	0.634	0.628	0.671	0.749	0.726	0.768	0.635	0.612	0.716	0.893
6.5	1.303	0.899	0.777	0.841	0.812	0.783	0.803	0.785	0.854	0.927	0.931	1.057	1.042	0.821	0.987	1.293
5.5	1.66	1.22	1.046	1.175	1.018	0.961	1.021	1.047	1.107	1.144	1.082	1.351	1.497	1.354	1.426	1.668
4.5	1.885	1.722	1.258	1.392	1.24	1.242	1.335	1.378	1.461	1.457	1.287	1.531	1.786	1.759	2.124	1.941
3.5	1.66	1.408	1.07	1.253	1.217	1.304	1.52	1.63	1.756	1.718	1.384	1.547	1.821	1.552	1.942	1.834

$L_{Av}$ [cd/m <sup>2</sup> ]	1.08
$U_0$ [%]	36.52
$U_1$ [%]	62.15

Резултати прорачуна сјајности у коме је коришћена стандардна табела рефлексије за класу R2 са модификованим коефицијентом сјајности (матрица R2007,  $Q_0=0.071$ )

X' [m] \ Y' [m]	1.48	4.45	7.42	10.39	13.36	16.33	19.3	22.27	25.23	28.2	31.17	34.14	37.11	40.08	43.05	46.02
8.5	0.604	0.529	0.535	0.398	0.442	0.48	0.48	0.511	0.548	0.575	0.568	0.527	0.413	0.472	0.501	0.603
7.5	0.914	0.712	0.636	0.568	0.606	0.613	0.643	0.637	0.68	0.759	0.737	0.779	0.644	0.621	0.726	0.906
6.5	1.322	0.912	0.788	0.853	0.824	0.794	0.814	0.796	0.866	0.94	0.944	1.072	1.057	0.833	1.001	1.311
5.5	1.684	1.238	1.061	1.192	1.033	0.975	1.036	1.062	1.123	1.16	1.098	1.37	1.518	1.373	1.446	1.692
4.5	1.912	1.747	1.276	1.412	1.258	1.259	1.355	1.398	1.482	1.477	1.306	1.553	1.811	1.784	2.155	1.968
3.5	1.684	1.428	1.085	1.271	1.234	1.323	1.541	1.653	1.781	1.743	1.404	1.569	1.847	1.574	1.969	1.86

$L_{Av}$ [cd/m <sup>2</sup> ]	1.09
$U_0$ [%]	36.52
$U_1$ [%]	62.15

Резултати прорачуна сјајности у коме је коришћена стандардна табела рефлексије за класу R2 са модификованим коефицијентом сјајности (матрица R2007,  $Q_0=0.076$ )

X' [m] \ Y' [m]	1.48	4.45	7.42	10.39	13.36	16.33	19.3	22.27	25.23	28.2	31.17	34.14	37.11	40.08	43.05	46.02
8.5	0.644	0.564	0.57	0.425	0.471	0.512	0.512	0.545	0.585	0.613	0.605	0.562	0.44	0.503	0.534	0.643
7.5	0.975	0.759	0.678	0.606	0.646	0.653	0.686	0.68	0.726	0.809	0.786	0.83	0.687	0.662	0.774	0.966
6.5	1.41	0.973	0.84	0.909	0.878	0.846	0.868	0.849	0.923	1.002	1.007	1.143	1.127	0.888	1.067	1.398
5.5	1.795	1.32	1.131	1.271	1.101	1.039	1.104	1.133	1.198	1.237	1.17	1.461	1.619	1.464	1.542	1.804
4.5	2.039	1.862	1.361	1.506	1.341	1.343	1.444	1.49	1.58	1.575	1.392	1.655	1.931	1.902	2.297	2.099
3.5	1.795	1.523	1.157	1.355	1.316	1.41	1.643	1.762	1.899	1.858	1.497	1.673	1.969	1.678	2.1	1.983

$L_{Av}$ [cd/m <sup>2</sup> ]	1.16
$U_0$ [%]	36.52
$U_1$ [%]	62.15

Резултати прорачуна сјајности у коме је коришћена стандардна табела рефлексије за класу R2 са модификованим коефицијентом сјајности (матрица R2007,  $Q_0=0.073$ )

X' [m] \ Y' [m]	1.48	4.45	7.42	10.39	13.36	16.33	19.3	22.27	25.23	28.2	31.17	34.14	37.11	40.08	43.05	46.02
8.5	0.621	0.544	0.55	0.409	0.455	0.494	0.494	0.526	0.564	0.592	0.584	0.542	0.424	0.485	0.515	0.62
7.5	0.94	0.732	0.654	0.584	0.623	0.63	0.661	0.655	0.7	0.781	0.758	0.8	0.663	0.639	0.746	0.931
6.5	1.359	0.938	0.81	0.877	0.847	0.816	0.837	0.818	0.89	0.967	0.971	1.102	1.087	0.857	1.029	1.348
5.5	1.731	1.273	1.091	1.225	1.062	1.002	1.065	1.092	1.155	1.193	1.129	1.409	1.561	1.412	1.487	1.74
4.5	1.966	1.796	1.312	1.452	1.293	1.295	1.393	1.437	1.523	1.519	1.343	1.596	1.862	1.835	2.215	2.024
3.5	1.731	1.468	1.116	1.307	1.269	1.36	1.585	1.7	1.831	1.792	1.443	1.614	1.899	1.618	2.025	1.912

$L_{Av}$ [cd/m <sup>2</sup> ]	1.12
$U_0$ [%]	36.52
$U_1$ [%]	62.15



Резултати прорачуна сјајности у коме је коришћена резултантна табела рефлексије формирана на основу табела измерених помоћу лабораторијског рефлектометра на оба узорка коловоза

X' [m] \ Y' [m]	1.48	4.45	7.42	10.39	13.36	16.33	19.3	22.27	25.23	28.2	31.17	34.14	37.11	40.08	43.05	46.02
8.5	0.628	0.562	0.531	0.389	0.430	0.455	0.491	0.524	0.530	0.505	0.473	0.471	0.405	0.563	0.596	0.647
7.5	0.981	0.782	0.659	0.567	0.604	0.593	0.657	0.651	0.659	0.673	0.624	0.687	0.615	0.719	0.840	1.010
6.5	1.468	1.038	0.854	0.874	0.841	0.789	0.830	0.820	0.851	0.862	0.834	0.973	1.002	0.960	1.140	1.524
5.5	1.915	1.409	1.186	1.233	1.066	0.991	1.055	1.102	1.129	1.085	1.013	1.296	1.542	1.416	1.576	1.976
4.5	2.189	1.958	1.435	1.459	1.288	1.276	1.365	1.444	1.534	1.481	1.258	1.512	1.833	1.746	2.272	2.254
3.5	1.940	1.627	1.222	1.311	1.257	1.338	1.566	1.727	1.871	1.835	1.491	1.608	1.856	1.609	2.009	2.106

$L_{Av}$ [cd/m <sup>2</sup> ]	1.13
$U_0$ [%]	34.27
$U_1$ [%]	56.09

Резултати прорачуна сјајности у коме је коришћена резултантна табела рефлексије формирана на основу табела одређених помоћу предложене методе на оба узорка коловоза

X' [m] \ Y' [m]	1.48	4.45	7.42	10.39	13.36	16.33	19.3	22.27	25.23	28.2	31.17	34.14	37.11	40.08	43.05	46.02
8.5	0.604	0.554	0.522	0.367	0.400	0.416	0.450	0.475	0.470	0.446	0.424	0.417	0.356	0.503	0.547	0.607
7.5	0.945	0.762	0.640	0.533	0.561	0.535	0.593	0.590	0.587	0.598	0.560	0.609	0.543	0.641	0.771	0.955
6.5	1.418	1.004	0.815	0.816	0.776	0.705	0.737	0.728	0.755	0.768	0.748	0.867	0.884	0.873	1.048	1.452
5.5	1.852	1.357	1.127	1.154	0.977	0.885	0.944	0.985	1.001	0.960	0.902	1.158	1.398	1.316	1.458	1.890
4.5	2.158	1.911	1.370	1.372	1.194	1.176	1.261	1.328	1.383	1.333	1.128	1.364	1.722	1.602	2.104	2.168
3.5	1.901	1.591	1.219	1.351	1.318	1.386	1.577	1.710	1.787	1.711	1.358	1.455	1.702	1.490	1.914	2.071

$L_{Av}$ [cd/m <sup>2</sup> ]	1.06
$U_0$ [%]	33.56
$U_1$ [%]	55.81

## **Прилог Г**

Подаци о инсталацији осветљења, резултатима мерења сјајности и резултатима фотометријских прорачуна за саобраћајницу под редним бројем 2

Саобраћајница: Neuville-en-Condroz, Route de France - N677 direction Neuville,  
асфалтни део саобраћајнице



Подаци о саобраћајници и инсталацији осветљења	
број возних трака	1
ширина возне траке [m]	3
висина оптичког центра светиљке [m]	7.3
превес [m]	1.5
нагиб [°]	5
растојање између суседних стубова [m]	47.5
распоред стубова	једностранни

тип светиљке: MC12 PMMA deep bowl 1317 -32 100 W

тип извора светлости: натријум високог притиска снаге 100 W

Резултати мерења сјајности на терену

X' [m] \ Y' [m]	1.48	4.45	7.42	10.39	13.36	16.33	19.3	22.27	25.23	28.2	31.17	34.14	37.11	40.08	43.05	46.02
2.5	1.3	1	0.8	0.8	0.7	0.7	0.8	0.9	1	1.1	0.9	1.1	1.2	1.2	1.3	1.4
1.5	1.2	1	0.7	0.7	0.6	0.7	0.8	0.9	1.1	1.2	0.9	1	1.2	1	1.3	1.3
0.5	0.8	0.8	0.6	0.6	0.5	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	0.8	0.8	1.1	0.9	1	0.9

$L_{Av}$ [cd/m <sup>2</sup> ]	0.92
$U_0$ [%]	54.42
$U_1$ [%]	46.15

Резултати прорачуна сјајности у коме је коришћена табела рефлексије измерена помоћу лабораторијског рефлектометра на првом узорку коловоза (матрица S0132,  $Q_0=0.048$ )

$X'$ [m] \ $Y'$ [m]	1.48	4.45	7.42	10.39	13.36	16.33	19.3	22.27	25.23	28.2	31.17	34.14	37.11	40.08	43.05	46.02
2.5	1.147	0.815	0.615	0.606	0.577	0.642	0.758	0.886	1.057	1.118	0.932	1.001	1.153	0.997	1.165	1.283
1.5	1.103	0.856	0.632	0.630	0.593	0.670	0.776	0.917	1.114	1.162	0.933	0.960	1.156	0.973	1.191	1.201
0.5	0.759	0.662	0.508	0.529	0.431	0.465	0.525	0.647	0.808	0.861	0.779	0.841	1.130	0.851	0.955	0.846

$L_{Av}$ [cd/m <sup>2</sup> ]	0.86
$U_0$ [%]	50.22
$U_1$ [%]	49.38

Резултати прорачуна сјајности у коме је коришћена табела рефлексије измерена помоћу лабораторијског рефлектометра на другом узорку коловоза (матрица S0141,  $Q_0=0.054$ )

$X'$ [m] \ $Y'$ [m]	1.48	4.45	7.42	10.39	13.36	16.33	19.3	22.27	25.23	28.2	31.17	34.14	37.11	40.08	43.05	46.02
2.5	1.347	0.989	0.739	0.722	0.652	0.693	0.812	0.914	1.053	1.086	0.893	0.950	1.094	0.957	1.193	1.407
1.5	1.261	1.012	0.718	0.707	0.629	0.685	0.789	0.902	1.063	1.092	0.876	0.893	1.084	0.938	1.231	1.322
0.5	0.887	0.804	0.615	0.646	0.496	0.511	0.569	0.670	0.802	0.832	0.742	0.794	1.069	0.817	0.978	0.924

$L_{Av}$ [cd/m <sup>2</sup> ]	0.89
$U_0$ [%]	55.60
$U_1$ [%]	47.55

Резултати прорачуна сјајности у коме је коришћена табела рефлексије одређена предложеном методом на основу мерења мобилним рефлектометром на првом узорку коловоза (матрица Sit8bmod,  $Q_0=0.055$ )

$X'$ [m] \ $Y'$ [m]	1.48	4.45	7.42	10.39	13.36	16.33	19.3	22.27	25.23	28.2	31.17	34.14	37.11	40.08	43.05	46.02
2.5	1.483	1.070	0.787	0.764	0.700	0.756	0.882	1.000	1.161	1.205	0.995	1.065	1.238	1.096	1.373	1.596
1.5	1.416	1.124	0.805	0.792	0.717	0.788	0.906	1.050	1.227	1.257	1.004	1.021	1.232	1.087	1.435	1.527
0.5	0.977	0.870	0.653	0.679	0.529	0.553	0.615	0.731	0.885	0.925	0.829	0.892	1.211	0.936	1.125	1.049

$L_{Av}$ [cd/m <sup>2</sup> ]	1.00
$U_0$ [%]	52.85
$U_1$ [%]	46.94

Резултати прорачуна сјајности у коме је коришћена табела рефлексије одређена предложеном методом на основу мерења мобилним рефлектометром на другом узорку коловоза (матрица T2AVPmod,  $Q_0=0.049$ )

X' [m] \ Y' [m]	1.48	4.45	7.42	10.39	13.36	16.33	19.3	22.27	25.23	28.2	31.17	34.14	37.11	40.08	43.05	46.02
2.5	1.248	0.904	0.656	0.637	0.572	0.615	0.732	0.831	0.973	1.019	0.853	0.926	1.078	0.945	1.169	1.343
1.5	1.216	0.986	0.717	0.713	0.651	0.725	0.842	0.970	1.143	1.160	0.917	0.927	1.111	0.956	1.244	1.307
0.5	0.818	0.736	0.547	0.573	0.436	0.453	0.512	0.608	0.740	0.780	0.709	0.775	1.055	0.807	0.958	0.879

$L_{Av}$ [cd/m <sup>2</sup> ]	0.86
$U_0$ [%]	50.46
$U_1$ [%]	49.84

Резултати прорачуна сјајности у коме је коришћена стандардна табела рефлексије за класу R2 са нормализованим коефицијентом сјајности (матрица R2007,  $Q_0=0.07$ )

X' [m] \ Y' [m]	1.48	4.45	7.42	10.39	13.36	16.33	19.3	22.27	25.23	28.2	31.17	34.14	37.11	40.08	43.05	46.02
2.5	1.546	1.146	0.846	0.921	0.854	0.935	1.100	1.214	1.399	1.438	1.180	1.284	1.525	1.379	1.663	1.830
1.5	1.494	1.223	0.903	0.982	0.900	0.997	1.139	1.275	1.445	1.504	1.230	1.244	1.493	1.312	1.729	1.678
0.5	1.020	0.932	0.700	0.818	0.646	0.686	0.768	0.888	1.065	1.100	0.978	1.073	1.490	1.178	1.364	1.202

$L_{Av}$ [cd/m <sup>2</sup> ]	1.18
$U_0$ [%]	54.67
$U_1$ [%]	52.04

Резултати прорачуна сјајности у коме је коришћена стандардна табела рефлексије за класу R3 са нормализованим коефицијентом сјајности (матрица R3007,  $Q_0=0.07$ )

X' [m] \ Y' [m]	1.48	4.45	7.42	10.39	13.36	16.33	19.3	22.27	25.23	28.2	31.17	34.14	37.11	40.08	43.05	46.02
2.5	1.233	0.934	0.803	0.886	0.934	1.119	1.333	1.58	1.916	2.032	1.671	1.71	1.842	1.462	1.505	1.449
1.5	1.23	1.044	0.894	0.995	1.019	1.207	1.431	1.715	2.11	2.172	1.701	1.671	1.88	1.46	1.601	1.434
0.5	0.83	0.757	0.656	0.749	0.684	0.798	0.915	1.15	1.465	1.567	1.398	1.438	1.804	1.248	1.235	0.969

$L_{Av}$ [cd/m <sup>2</sup> ]	1.33
$U_0$ [%]	49.45
$U_1$ [%]	41.17

Резултати прорачуна сјајности у коме је коришћена стандардна табела рефлексије за класу R2 са модификованим коефицијентом сјајности (матрица R2007,  $Q_0=0.048$ )

X' [m] \ Y' [m]	1.48	4.45	7.42	10.39	13.36	16.33	19.3	22.27	25.23	28.2	31.17	34.14	37.11	40.08	43.05	46.02
2.5	1.060	0.786	0.580	0.631	0.585	0.641	0.754	0.833	0.959	0.986	0.809	0.880	1.046	0.946	1.141	1.255
1.5	1.025	0.838	0.619	0.673	0.617	0.683	0.781	0.874	0.991	1.031	0.843	0.853	1.024	0.900	1.185	1.151
0.5	0.700	0.639	0.480	0.561	0.443	0.470	0.527	0.609	0.730	0.755	0.670	0.735	1.022	0.808	0.935	0.824

$L_{AV}$ [cd/m <sup>2</sup> ]	0.81
$U_0$ [%]	54.67
$U_1$ [%]	52.04

Резултати прорачуна сјајности у коме је коришћена стандардна табела рефлексије за класу R2 са модификованим коефицијентом сјајности (матрица R2007,  $Q_0=0.054$ )

X' [m] \ Y' [m]	1.48	4.45	7.42	10.39	13.36	16.33	19.3	22.27	25.23	28.2	31.17	34.14	37.11	40.08	43.05	46.02
2.5	1.192	0.884	0.653	0.710	0.659	0.721	0.848	0.937	1.079	1.109	0.910	0.991	1.176	1.064	1.283	1.411
1.5	1.153	0.943	0.697	0.757	0.694	0.769	0.879	0.983	1.115	1.160	0.949	0.959	1.152	1.012	1.333	1.295
0.5	0.787	0.719	0.540	0.631	0.498	0.529	0.592	0.685	0.822	0.849	0.754	0.827	1.150	0.909	1.052	0.927

$L_{AV}$ [cd/m <sup>2</sup> ]	0.91
$U_0$ [%]	54.67
$U_1$ [%]	52.04

Резултати прорачуна сјајности у коме је коришћена стандардна табела рефлексије за класу R2 са модификованим коефицијентом сјајности (матрица R2007,  $Q_0=0.051$ )

X' [m] \ Y' [m]	1.48	4.45	7.42	10.39	13.36	16.33	19.3	22.27	25.23	28.2	31.17	34.14	37.11	40.08	43.05	46.02
2.5	1.126	0.835	0.616	0.671	0.622	0.681	0.801	0.885	1.019	1.048	0.859	0.936	1.111	1.005	1.212	1.333
1.5	1.089	0.891	0.658	0.715	0.655	0.726	0.83	0.929	1.053	1.096	0.896	0.906	1.088	0.956	1.259	1.223
0.5	0.743	0.679	0.51	0.596	0.471	0.5	0.559	0.647	0.776	0.802	0.712	0.781	1.086	0.858	0.994	0.876

$L_{AV}$ [cd/m <sup>2</sup> ]	0.86
$U_0$ [%]	54.67
$U_1$ [%]	52.04

Резултати прорачуна сјајности у коме је коришћена резултантна табела рефлексије формирана на основу табела измерених помоћу лабораторијског рефлектометра на оба узорка коловоза

X' [m] \ Y' [m]	1.48	4.45	7.42	10.39	13.36	16.33	19.3	22.27	25.23	28.2	31.17	34.14	37.11	40.08	43.05	46.02
2.5	1.247	0.902	0.677	0.664	0.615	0.668	0.785	0.900	1.055	1.102	0.913	0.976	1.124	0.977	1.179	1.345
1.5	1.182	0.934	0.675	0.669	0.611	0.678	0.783	0.910	1.089	1.127	0.905	0.927	1.120	0.956	1.211	1.262
0.5	0.823	0.733	0.562	0.588	0.464	0.488	0.547	0.659	0.805	0.847	0.761	0.818	1.100	0.834	0.967	0.885

$L_{Av}$ [cd/m <sup>2</sup> ]	0.88
$U_0$ [%]	52.92
$U_1$ [%]	48.43

Резултати прорачуна сјајности у коме је коришћена резултантна табела рефлексије формирана на основу табела одређених помоћу предложене методе на оба узорка коловоза

X' [m] \ Y' [m]	1.48	4.45	7.42	10.39	13.36	16.33	19.3	22.27	25.23	28.2	31.17	34.14	37.11	40.08	43.05	46.02
2.5	1.366	0.987	0.722	0.701	0.636	0.686	0.807	0.916	1.067	1.112	0.924	0.996	1.158	1.021	1.271	1.470
1.5	1.316	1.055	0.761	0.753	0.684	0.757	0.874	1.010	1.185	1.209	0.961	0.974	1.172	1.022	1.340	1.417
0.5	0.898	0.803	0.600	0.626	0.483	0.503	0.564	0.670	0.813	0.853	0.769	0.834	1.133	0.872	1.042	0.964

$L_{Av}$ [cd/m <sup>2</sup> ]	0.93
$U_0$ [%]	51.76
$U_1$ [%]	48.27

## **Прилог Д**

Подаци о инсталацији осветљења, резултатима мерења сјајности и резултатима фотометријских прорачуна за саобраћајницу под редним бројем 3



Саобраћајница: Nandrin, N63 direction Marche km 16.4 Rond Point



Подаци о саобраћајници и инсталацији осветљења	
број возних трака	2
ширина возне траке [m]	3.5
ширина централног невозног појаса [m]	6
висина оптичког центра светиљке [m]	8
превес [m]	-2
нагиб [°]	0
растојање између суседних стубова [m]	33
распоред стубова	двострани наспрамни

тип светиљке: MC2 PC deep bowl 1312 -25/110 150 W

тип извора светлости: натријум високог притиска снаге 150 W

Резултати мерења сјајности на терену

X' [m] \ Y' [m]	1.5	4.5	7.5	10.5	13.5	16.5	19.5	22.5	25.5	28.5	31.5
6.42	0.7	0.8	0.8	0.9	0.9	0.9	0.9	0.8	0.8	0.9	0.9
5.25	1	1	1.1	1.1	1.1	1.2	1.2	1.2	1.1	1.1	1
4.08	1.3	1.5	1.3	1.5	1.3	1.2	1.5	1.8	1.5	1.6	1.4
2.92	2	2	1.7	1.8	1.5	1.5	2	2.4	2.1	2.3	2.1
1.75	2.9	2.5	2	2.1	1.8	1.8	2.5	3.2	2.7	3	3
0.58	3.5	2.8	2.3	2.5	2.1	2.3	3.1	3.8	2.9	3.3	3.7

$L_{Av}$ [cd/m <sup>2</sup> ]	1.80
$U_0$ [%]	38.99
$U_1$ [%]	56.25

Резултати прорачуна сјајности у коме је коришћена табела рефлексије измерена помоћу лабораторијског рефлектометра на првом узорку коловоза (матрица S0031,  $Q_0=0.062$ )

$X' [m] \backslash Y' [m]$	1.5	4.5	7.5	10.5	13.5	16.5	19.5	22.5	25.5	28.5	31.5
6.42	0.67	0.676	0.642	0.674	0.725	0.687	0.756	0.715	0.656	0.674	0.668
5.25	0.884	0.907	0.903	1.004	0.943	0.88	1.031	1.106	0.947	0.918	0.903
4.08	1.233	1.416	1.268	1.378	1.176	1.131	1.378	1.623	1.413	1.504	1.268
2.92	1.939	1.95	1.685	1.752	1.463	1.442	1.884	2.318	2.03	2.168	2.011
1.75	2.845	2.512	2.133	2.164	1.813	1.902	2.535	3.187	2.64	2.82	2.932
0.58	3.544	3.006	2.562	2.737	2.364	2.573	3.424	4.024	2.925	3.281	3.59

$L_{Av} [cd/m^2]$	1.74
$U_0 [%]$	36.87
$U_1 [%]$	56.88

Резултати прорачуна сјајности у коме је коришћена табела рефлексије измерена помоћу лабораторијског рефлектометра на другом узорку коловоза (матрица S0041,  $Q_0=0.064$ )

$X' [m] \backslash Y' [m]$	1.5	4.5	7.5	10.5	13.5	16.5	19.5	22.5	25.5	28.5	31.5
6.42	0.732	0.738	0.707	0.753	0.806	0.77	0.852	0.799	0.731	0.75	0.746
5.25	0.96	0.986	0.985	1.115	1.038	0.981	1.156	1.234	1.05	1.017	1.003
4.08	1.325	1.524	1.365	1.519	1.281	1.246	1.529	1.799	1.555	1.652	1.376
2.92	2.057	2.062	1.788	1.886	1.567	1.553	2.042	2.512	2.205	2.354	2.171
1.75	2.99	2.601	2.206	2.266	1.886	1.975	2.651	3.37	2.816	3.023	3.133
0.58	3.654	3.007	2.523	2.706	2.321	2.516	3.389	4.078	3.045	3.451	3.768

$L_{Av} [cd/m^2]$	1.84
$U_0 [%]$	38.38
$U_1 [%]$	55.97

Резултати прорачуна сјајности у коме је коришћена табела рефлексије измерена помоћу лабораторијског рефлектометра на трећем узорку коловоза (матрица S0051,  $Q_0=0.064$ )

X' [m] \ Y' [m]	1.5	4.5	7.5	10.5	13.5	16.5	19.5	22.5	25.5	28.5	31.5
6.42	0.866	0.877	0.827	0.876	0.954	0.911	1.007	0.961	0.894	0.908	0.897
5.25	1.113	1.125	1.112	1.245	1.199	1.113	1.311	1.421	1.233	1.196	1.165
4.08	1.483	1.682	1.501	1.627	1.417	1.339	1.641	1.961	1.752	1.872	1.555
2.92	2.227	2.202	1.879	1.959	1.635	1.546	2.013	2.555	2.338	2.555	2.366
1.75	3.059	2.605	2.147	2.219	1.806	1.77	2.34	3.117	2.792	3.125	3.273
0.58	3.502	2.753	2.155	2.345	1.938	1.988	2.673	3.421	2.768	3.351	3.747

$L_{Av}$ [cd/m <sup>2</sup> ]	1.87
$U_0$ [%]	44.28
$U_1$ [%]	54.08

Резултати прорачуна сјајности у коме је коришћена табела рефлексије измерена помоћу лабораторијског рефлектометра на четвртом узорку коловоза (матрица S0061,  $Q_0=0.054$ )

X' [m] \ Y' [m]	1.5	4.5	7.5	10.5	13.5	16.5	19.5	22.5	25.5	28.5	31.5
6.42	0.685	0.714	0.686	0.716	0.766	0.741	0.825	0.77	0.707	0.723	0.71
5.25	0.892	0.907	0.904	0.99	0.959	0.926	1.105	1.177	0.999	0.963	0.93
4.08	1.187	1.332	1.209	1.292	1.151	1.146	1.423	1.677	1.46	1.532	1.252
2.92	1.773	1.745	1.514	1.572	1.357	1.366	1.815	2.272	2.014	2.139	1.916
1.75	2.431	2.085	1.758	1.812	1.531	1.615	2.212	2.882	2.478	2.675	2.682
0.58	2.793	2.242	1.834	1.986	1.71	1.876	2.619	3.27	2.526	2.911	3.11

$L_{Av}$ [cd/m <sup>2</sup> ]	1.58
$U_0$ [%]	43.49
$U_1$ [%]	53.11

Резултати прорачуна сјајности у коме је коришћена табела рефлексије одређена предложеном методом на основу мерења мобилним рефлектометром на првом узорку коловоза (матрица S0031mod1,  $Q_0=0.063$ )

X' [m] \ Y' [m]	1.5	4.5	7.5	10.5	13.5	16.5	19.5	22.5	25.5	28.5	31.5
6.42	0.683	0.69	0.655	0.688	0.74	0.701	0.772	0.73	0.67	0.688	0.682
5.25	0.902	0.926	0.921	1.025	0.962	0.898	1.052	1.128	0.966	0.936	0.922
4.08	1.258	1.445	1.294	1.406	1.2	1.154	1.406	1.656	1.442	1.535	1.293
2.92	1.978	1.989	1.719	1.788	1.493	1.471	1.922	2.365	2.072	2.212	2.052
1.75	2.903	2.563	2.176	2.208	1.85	1.94	2.587	3.252	2.693	2.877	2.992
0.58	3.616	3.067	2.614	2.793	2.412	2.626	3.493	4.106	2.984	3.348	3.663

$L_{Av}$ [cd/m <sup>2</sup> ]	1.78
$U_0$ [%]	36.87
$U_I$ [%]	56.88

Резултати прорачуна сјајности у коме је коришћена табела рефлексије одређена предложеном методом на основу мерења мобилним рефлектометром на другом узорку коловоза (матрица sit4amod,  $Q_0=0.066$ )

X' [m] \ Y' [m]	1.5	4.5	7.5	10.5	13.5	16.5	19.5	22.5	25.5	28.5	31.5
6.42	0.766	0.773	0.738	0.78	0.837	0.797	0.879	0.828	0.758	0.778	0.773
5.25	1.008	1.035	1.032	1.159	1.083	1.017	1.195	1.279	1.091	1.058	1.042
4.08	1.398	1.607	1.44	1.584	1.343	1.299	1.589	1.871	1.622	1.726	1.445
2.92	2.184	2.193	1.898	1.989	1.656	1.637	2.146	2.64	2.315	2.472	2.286
1.75	3.19	2.795	2.371	2.421	2.022	2.119	2.835	3.584	2.982	3.194	3.316
0.58	3.934	3.287	2.779	2.975	2.561	2.782	3.724	4.429	3.263	3.68	4.022

$L_{Av}$ [cd/m <sup>2</sup> ]	1.96
$U_0$ [%]	37.65
$U_I$ [%]	56.41

Резултати прорачуна сјајности у коме је коришћена табела рефлексије одређена предложеном методом на основу мерења мобилним рефлектометром на трећем узорку коловоза (матрица МАА01mod,  $Q_0=0.067$ )

X' [m] \ Y' [m]	1.5	4.5	7.5	10.5	13.5	16.5	19.5	22.5	25.5	28.5	31.5
6.42	0.76	0.765	0.711	0.741	0.793	0.769	0.847	0.795	0.728	0.758	0.756
5.25	1.003	1.007	0.995	1.093	1.013	0.966	1.175	1.261	1.07	1.047	1.024
4.08	1.394	1.549	1.363	1.448	1.261	1.232	1.52	1.859	1.632	1.746	1.451
2.92	2.207	2.113	1.794	1.798	1.46	1.523	2.063	2.573	2.306	2.524	2.348
1.75	3.222	2.669	2.205	2.239	1.739	1.841	2.579	3.473	2.978	3.332	3.435
0.58	3.906	3.089	2.45	2.576	2.163	2.364	3.255	4.082	3.172	3.757	4.145

$L_{Av}$ [cd/m <sup>2</sup> ]	1.88
$U_0$ [%]	37.87
$U_1$ [%]	50.07

Резултати прорачуна сјајности у коме је коришћена табела рефлексије одређена предложеном методом на основу мерења мобилним рефлектометром на четвртом узорку коловоза (матрица ВС311mod,  $Q_0=0.059$ )

X' [m] \ Y' [m]	1.5	4.5	7.5	10.5	13.5	16.5	19.5	22.5	25.5	28.5	31.5
6.42	0.733	0.715	0.679	0.717	0.773	0.743	0.813	0.77	0.702	0.717	0.716
5.25	0.938	0.902	0.897	1.004	0.972	0.933	1.09	1.158	0.987	0.948	0.935
4.08	1.243	1.327	1.199	1.303	1.165	1.151	1.41	1.62	1.443	1.512	1.275
2.92	1.857	1.731	1.494	1.562	1.351	1.385	1.81	2.22	1.919	2.119	1.998
1.75	2.559	2.073	1.723	1.785	1.506	1.686	2.237	2.901	2.429	2.683	2.871
0.58	3.065	2.328	1.83	1.994	1.739	2.037	2.713	3.225	2.637	2.999	3.482

$L_{Av}$ [cd/m <sup>2</sup> ]	1.60
$U_0$ [%]	42.53
$U_1$ [%]	51.92

Резултати прорачуна сјајности у коме је коришћена стандардна табела рефлексије за класу R2 са нормализованим коефицијентом сјајности (матрица R2007,  $Q_0=0.07$ )

X' [m] \ Y' [m]	1.5	4.5	7.5	10.5	13.5	16.5	19.5	22.5	25.5	28.5	31.5
6.42	0.933	0.927	0.896	0.976	1.076	1.035	1.107	0.954	0.86	0.897	0.937
5.25	1.17	1.16	1.186	1.396	1.362	1.275	1.428	1.42	1.112	1.143	1.184
4.08	1.512	1.678	1.572	1.807	1.612	1.535	1.795	1.995	1.562	1.749	1.522
2.92	2.219	2.198	1.935	2.157	1.848	1.747	2.201	2.619	2.187	2.364	2.241
1.75	3.042	2.717	2.225	2.478	2.086	1.996	2.585	3.087	2.858	2.994	3.109
0.58	3.59	3.008	2.368	2.699	2.277	2.291	3.06	3.552	2.993	3.442	3.689

$L_{Av}$ [cd/m <sup>2</sup> ]	1.95
$U_0$ [%]	44.12
$U_1$ [%]	64.19

Резултати прорачуна сјајности у коме је коришћена стандардна табела рефлексије за класу R3 са нормализованим коефицијентом сјајности (матрица R3007,  $Q_0=0.07$ )

X' [m] \ Y' [m]	1.5	4.5	7.5	10.5	13.5	16.5	19.5	22.5	25.5	28.5	31.5
6.42	0.81	0.873	0.864	0.884	0.954	0.941	1.021	0.904	0.81	0.767	0.766
5.25	0.986	1.038	1.056	1.175	1.182	1.164	1.344	1.325	1.048	0.966	0.955
4.08	1.291	1.439	1.371	1.512	1.395	1.417	1.679	1.863	1.486	1.469	1.267
2.92	1.879	1.897	1.723	1.843	1.645	1.695	2.128	2.6	2.09	2.045	1.902
1.75	2.561	2.357	2.104	2.204	1.926	2.097	2.75	3.381	2.617	2.687	2.644
0.58	3.133	2.794	2.5	2.726	2.436	2.647	3.453	3.937	2.75	3.144	3.174

$L_{Av}$ [cd/m <sup>2</sup> ]	1.81
$U_0$ [%]	42.29
$U_1$ [%]	56.80

Резултати прорачуна сјајности у коме је коришћена стандардна табела рефлексије за класу R3 са модификованим коефицијентом сјајности (матрица R3007,  $Q_0=0.062$ )

X' [m] \ Y' [m]	1.5	4.5	7.5	10.5	13.5	16.5	19.5	22.5	25.5	28.5	31.5
6.42	0.718	0.774	0.765	0.783	0.845	0.833	0.904	0.8	0.718	0.68	0.678
5.25	0.873	0.919	0.936	1.041	1.047	1.031	1.191	1.173	0.928	0.856	0.846
4.08	1.143	1.275	1.214	1.339	1.235	1.255	1.487	1.65	1.316	1.301	1.122
2.92	1.664	1.68	1.526	1.632	1.457	1.501	1.885	2.303	1.851	1.811	1.685
1.75	2.268	2.088	1.864	1.952	1.706	1.858	2.436	2.994	2.318	2.38	2.342
0.58	2.775	2.475	2.214	2.415	2.158	2.344	3.058	3.487	2.435	2.784	2.811

$L_{Av}$ [cd/m <sup>2</sup> ]	1.60
$U_0$ [%]	42.29
$U_1$ [%]	56.98

Резултати прорачуна сјајности у коме је коришћена стандардна табела рефлексије за класу R2 са модификованим коефицијентом сјајности (матрица R2007,  $Q_0=0.064$ )

X' [m] \ Y' [m]	1.5	4.5	7.5	10.5	13.5	16.5	19.5	22.5	25.5	28.5	31.5
6.42	0.853	0.848	0.819	0.892	0.984	0.946	1.012	0.872	0.786	0.82	0.857
5.25	1.07	1.061	1.084	1.277	1.246	1.166	1.306	1.298	1.017	1.045	1.082
4.08	1.383	1.534	1.438	1.652	1.474	1.404	1.641	1.824	1.428	1.599	1.391
2.92	2.028	2.01	1.769	1.972	1.69	1.598	2.012	2.394	1.999	2.162	2.049
1.75	2.781	2.484	2.034	2.265	1.908	1.825	2.363	2.822	2.613	2.738	2.843
0.58	3.282	2.75	2.165	2.468	2.082	2.095	2.797	3.247	2.737	3.147	3.372

$L_{Av}$ [cd/m <sup>2</sup> ]	1.78
$U_0$ [%]	44.12
$U_1$ [%]	64.19

Резултати прорачуна сјајности у коме је коришћена стандардна табела рефлексије за класу R2 са модификованим коефицијентом сјајности (матрица R2007,  $Q_0=0.054$ )

X' [m] \ Y' [m]	1.5	4.5	7.5	10.5	13.5	16.5	19.5	22.5	25.5	28.5	31.5
6.42	0.72	0.715	0.691	0.753	0.83	0.798	0.854	0.736	0.663	0.692	0.723
5.25	0.903	0.895	0.915	1.077	1.051	0.984	1.102	1.095	0.858	0.881	0.913
4.08	1.167	1.294	1.213	1.394	1.244	1.184	1.384	1.539	1.205	1.349	1.174
2.92	1.711	1.696	1.492	1.664	1.426	1.348	1.698	2.02	1.687	1.824	1.729
1.75	2.346	2.096	1.716	1.911	1.609	1.54	1.994	2.381	2.205	2.31	2.398
0.58	2.769	2.32	1.827	2.082	1.757	1.767	2.36	2.74	2.309	2.655	2.845

$L_{Av}$ [cd/m <sup>2</sup> ]	1.50
$U_0$ [%]	44.12
$U_1$ [%]	64.19

Резултати прорачуна сјајности у коме је коришћена стандардна табела рефлексије за класу R2 са модификованим коефицијентом сјајности (матрица R2007,  $Q_0=0.061$ )

X' [m] \ Y' [m]	1.5	4.5	7.5	10.5	13.5	16.5	19.5	22.5	25.5	28.5	31.5
6.42	0.813	0.808	0.781	0.85	0.938	0.902	0.965	0.831	0.749	0.782	0.817
5.25	1.02	1.011	1.033	1.217	1.187	1.111	1.245	1.237	0.969	0.996	1.032
4.08	1.318	1.462	1.37	1.574	1.405	1.338	1.564	1.739	1.361	1.524	1.326
2.92	1.933	1.915	1.686	1.88	1.611	1.523	1.918	2.282	1.905	2.06	1.953
1.75	2.65	2.367	1.939	2.159	1.818	1.739	2.252	2.69	2.49	2.609	2.709
0.58	3.128	2.621	2.063	2.352	1.984	1.997	2.666	3.095	2.609	2.999	3.214

$L_{Av}$ [cd/m <sup>2</sup> ]	1.70
$U_0$ [%]	44.12
$U_1$ [%]	64.19



Резултати прорачуна сјајности у коме је коришћена резултантна табела рефлексије формирана на основу табела измерених помоћу лабораторијског рефлектометра на оба узорка коловоза

X' [m] \ Y' [m]	1.5	4.5	7.5	10.5	13.5	16.5	19.5	22.5	25.5	28.5	31.5
6.42	0.738	0.751	0.716	0.755	0.813	0.777	0.860	0.811	0.747	0.764	0.755
5.25	0.962	0.981	0.976	1.089	1.035	0.975	1.151	1.235	1.057	1.024	1.000
4.08	1.307	1.489	1.336	1.454	1.256	1.216	1.493	1.765	1.545	1.640	1.363
2.92	1.999	1.990	1.717	1.792	1.506	1.477	1.939	2.414	2.147	2.304	2.116
1.75	2.831	2.451	2.061	2.115	1.759	1.816	2.435	3.139	2.682	2.911	3.005
0.58	3.373	2.752	2.269	2.444	2.083	2.238	3.026	3.698	2.816	3.249	3.554

$L_{Av}$ [cd/m <sup>2</sup> ]	1.76
$U_0$ [%]	40.73
$U_1$ [%]	56.04

Резултати прорачуна сјајности у коме је коришћена резултантна табела рефлексије формирана на основу табела одређених помоћу предложене методе на оба узорка коловоза

X' [m] \ Y' [m]	1.5	4.5	7.5	10.5	13.5	16.5	19.5	22.5	25.5	28.5	31.5
6.42	0.736	0.736	0.696	0.732	0.786	0.753	0.828	0.781	0.715	0.735	0.732
5.25	0.963	0.968	0.961	1.070	1.008	0.954	1.128	1.207	1.029	0.997	0.981
4.08	1.323	1.482	1.324	1.435	1.242	1.209	1.481	1.752	1.535	1.630	1.366
2.92	2.057	2.007	1.726	1.784	1.490	1.504	1.985	2.450	2.153	2.332	2.171
1.75	2.969	2.525	2.119	2.163	1.779	1.897	2.560	3.303	2.771	3.022	3.154
0.58	3.630	2.943	2.418	2.585	2.219	2.452	3.296	3.961	3.014	3.446	3.828

$L_{Av}$ [cd/m <sup>2</sup> ]	1.80
$U_0$ [%]	38.60
$U_1$ [%]	53.88

## **Прилог Ђ**

Подаци о инсталацији осветљења, резултатима мерења сјајности и резултатима фотометријских прорачуна за саобраћајницу под редним бројем 4

Саобраћајница: Allieur, Avenue de l'Informatique vers rue de l'énergie (фотографија преузета са сајта <https://www.google.com/maps>)



Подаци о саобраћајници и инсталацији осветљења	
број возних трака	2
ширина возне траке [m]	3
висина оптичког центра светиљке [m]	10
превес [m]	0
нагиб [°]	5
растојање између суседних стубова [m]	32
распоред стубова	једностранни

тип светиљке: MC2 PC deep bowl 1312 -25/110 100W

тип извора светлости: натријум високог притиска снаге 100 W

Резултати мерења сјајности на терену

X' [m] Y' [m]	1.45	4.36	7.27	10.18	13.09	16	18.9	21.82	24.73	27.6	30.55
5.5	1	0.9	0.8	0.7	0.7	0.7	0.7	0.6	0.8	1	1.1
4.5	1.2	1	0.9	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	1	1.1	1.2
3.5	1.4	1.2	1.1	0.9	0.9	1	0.9	0.9	1.1	1.2	1.4
2.5	1.4	1.3	1.2	0.9	1	1	0.9	0.9	1.3	1.3	1.4
1.5	1.4	1.3	1.2	0.9	1	1	1	1	1.3	1.4	1.4
0.5	1.2	1.2	1	0.9	1	1.1	1	1	1.2	1.2	1.3

$L_{Av}$ [cd/m <sup>2</sup> ]	1.05
$U_0$ [%]	57.39
$U_1$ [%]	64.29

Резултати прорачуна сјајности у коме је коришћена табела рефлексије измерена помоћу лабораторијског рефлектометра на првом узорку коловоза (матрица S0382,  $Q_0=0.079$ )

X' [m] \ Y' [m]	1.45	4.36	7.27	10.18	13.09	16	18.91	21.82	24.73	27.64	30.55
5.5	1.124	0.996	0.861	0.721	0.735	0.721	0.734	0.698	0.885	1.035	1.165
4.5	1.287	1.15	1.028	0.867	0.894	0.911	0.876	0.842	1.038	1.162	1.29
3.5	1.483	1.323	1.234	0.984	0.999	1.063	0.999	0.952	1.246	1.316	1.473
2.5	1.596	1.468	1.367	1.042	1.088	1.187	1.054	1.015	1.404	1.476	1.6
1.5	1.573	1.479	1.4	1.087	1.134	1.253	1.117	1.065	1.428	1.512	1.596
0.5	1.409	1.369	1.305	1.094	1.162	1.278	1.149	1.128	1.31	1.391	1.429

$L_{Av}$ [cd/m <sup>2</sup> ]	1.17
$U_0$ [%]	59.77
$U_1$ [%]	66.73

Резултати прорачуна сјајности у коме је коришћена табела рефлексије измерена помоћу лабораторијског рефлектометра на другом узорку коловоза (матрица S0412,  $Q_0=0.065$ )

X' [m] \ Y' [m]	1.45	4.36	7.27	10.18	13.09	16	18.91	21.82	24.73	27.64	30.55
5.5	0.995	0.877	0.76	0.641	0.652	0.646	0.667	0.646	0.831	0.964	1.069
4.5	1.171	1.031	0.918	0.785	0.81	0.834	0.817	0.794	0.967	1.085	1.192
3.5	1.322	1.167	1.087	0.889	0.903	0.947	0.891	0.881	1.149	1.218	1.319
2.5	1.377	1.258	1.169	0.918	0.961	1.035	0.933	0.911	1.258	1.321	1.385
1.5	1.321	1.246	1.173	0.932	0.978	1.086	0.975	0.937	1.27	1.312	1.341
0.5	1.159	1.134	1.076	0.914	0.98	1.087	0.982	0.978	1.142	1.17	1.17

$L_{Av}$ [cd/m <sup>2</sup> ]	1.03
$U_0$ [%]	62.43
$U_1$ [%]	69.52

Резултати прорачуна сјајности у коме је коришћена табела рефлексије одређена предложеном методом на основу мерења мобилним рефлектометром на првом узорку коловоза (матрица TR2B2mod,  $Q_0=0.064$ )

X' [m] \ Y' [m]	1.45	4.36	7.27	10.18	13.09	16	18.91	21.82	24.73	27.64	30.55
5.5	0.976	0.863	0.736	0.59	0.573	0.555	0.57	0.567	0.719	0.894	1.026
4.5	1.16	1.023	0.895	0.727	0.717	0.726	0.706	0.719	0.892	1.03	1.16
3.5	1.293	1.142	1.039	0.784	0.774	0.805	0.749	0.746	1.006	1.103	1.268
2.5	1.346	1.226	1.115	0.798	0.801	0.855	0.771	0.746	1.112	1.189	1.333
1.5	1.314	1.225	1.127	0.822	0.825	0.893	0.8	0.812	1.08	1.198	1.312
0.5	1.163	1.126	1.051	0.834	0.855	0.924	0.831	0.787	0.989	1.091	1.157

$L_{Av}$ [ $cd/m^2$ ]	0.94
$U_0$ [%]	59.03
$U_1$ [%]	60.88

Резултати прорачуна сјајности у коме је коришћена табела рефлексије одређена предложеном методом на основу мерења мобилним рефлектометром на првом узорку коловоза (матрица 1059bmod,  $Q_0=0.068$ )

X' [m] \ Y' [m]	1.45	4.36	7.27	10.18	13.09	16	18.91	21.82	24.73	27.64	30.55
5.5	0.926	0.812	0.701	0.592	0.604	0.595	0.612	0.594	0.766	0.887	0.98
4.5	1.083	0.956	0.855	0.733	0.76	0.778	0.756	0.738	0.927	1.016	1.113
3.5	1.251	1.097	1.02	0.838	0.848	0.887	0.829	0.825	1.084	1.139	1.265
2.5	1.31	1.174	1.076	0.831	0.869	0.941	0.845	0.83	1.173	1.247	1.342
1.5	1.262	1.158	1.064	0.828	0.87	0.964	0.867	0.854	1.17	1.251	1.309
0.5	1.115	1.059	0.982	0.82	0.878	0.971	0.883	0.87	1.063	1.136	1.151

$L_{Av}$ [ $cd/m^2$ ]	0.96
$U_0$ [%]	62.01
$U_1$ [%]	63.28

Резултати прорачуна сјајности у коме је коришћена стандардна табела рефлексије за класу R1 са нормализованим коефицијентом сјајности (матрица R1010,  $Q_0=0.1$ )

X' [m] \ Y' [m]	1.45	4.36	7.27	10.18	13.09	16	18.91	21.82	24.73	27.64	30.55
5.5	1.234	1.095	0.943	0.742	0.764	0.755	0.766	0.762	0.964	1.135	1.251
4.5	1.353	1.218	1.093	0.867	0.898	0.934	0.895	0.881	1.108	1.255	1.362
3.5	1.622	1.463	1.372	1.036	1.051	1.131	1.05	1.03	1.401	1.465	1.619
2.5	1.851	1.711	1.593	1.16	1.196	1.34	1.208	1.176	1.65	1.766	1.838
1.5	1.902	1.774	1.682	1.266	1.313	1.494	1.337	1.272	1.737	1.813	1.89
0.5	1.737	1.664	1.599	1.318	1.405	1.58	1.426	1.3	1.647	1.713	1.733

$L_{Av}$ [cd/m <sup>2</sup> ]	1.33
$U_0$ [%]	55.90
$U_1$ [%]	66.56

Резултати прорачуна сјајности у коме је коришћена стандардна табела рефлексије за класу R2 са нормализованим коефицијентом сјајности (матрица R2007,  $Q_0=0.07$ )

X' [m] \ Y' [m]	1.45	4.36	7.27	10.18	13.09	16	18.91	21.82	24.73	27.64	30.55
5.5	0.913	0.825	0.782	0.69	0.733	0.751	0.779	0.76	0.916	0.985	1.003
4.5	1.072	0.973	0.953	0.858	0.912	0.961	0.937	0.921	1.084	1.128	1.11
3.5	1.221	1.106	1.08	0.947	1.027	1.112	1.03	1.002	1.273	1.242	1.219
2.5	1.238	1.167	1.129	0.969	1.07	1.179	1.024	1.024	1.341	1.282	1.242
1.5	1.171	1.153	1.118	0.966	1.064	1.185	1.023	1.015	1.301	1.186	1.181
0.5	1.038	1.051	1.007	0.941	1.066	1.178	1.05	0.945	1.132	1.047	1.034

$L_{Av}$ [cd/m <sup>2</sup> ]	1.04
$U_0$ [%]	66.21
$U_1$ [%]	74.24

Резултати прорачуна сјајности у коме је коришћена стандардна табела рефлексије за класу R1 са модификованим коефицијентом сјајности (матрица R1010,  $Q_0=0.079$ )

X' [m] \ Y' [m]	1.45	4.36	7.27	10.18	13.09	16	18.91	21.82	24.73	27.64	30.55
5.5	0.976	0.865	0.746	0.587	0.604	0.597	0.605	0.603	0.762	0.898	0.989
4.5	1.07	0.963	0.864	0.686	0.71	0.739	0.708	0.697	0.876	0.992	1.077
3.5	1.283	1.157	1.084	0.819	0.831	0.894	0.83	0.814	1.108	1.158	1.28
2.5	1.464	1.353	1.26	0.917	0.946	1.06	0.955	0.93	1.305	1.396	1.453
1.5	1.504	1.402	1.33	1.001	1.038	1.182	1.057	1.006	1.374	1.434	1.495
0.5	1.373	1.315	1.265	1.042	1.111	1.249	1.128	1.028	1.302	1.354	1.371

$L_{Av}$ [cd/m <sup>2</sup> ]	1.05
$U_0$ [%]	55.90
$U_1$ [%]	66.56

Резултати прорачуна сјајности у коме је коришћена стандардна табела рефлексије за класу R1 са модификованим коефицијентом сјајности (матрица R1010,  $Q_0=0.065$ )

X' [m] \ Y' [m]	1.45	4.36	7.27	10.18	13.09	16	18.91	21.82	24.73	27.64	30.55
5.5	0.799	0.709	0.611	0.481	0.495	0.489	0.496	0.494	0.624	0.735	0.81
4.5	0.876	0.789	0.708	0.562	0.581	0.605	0.58	0.571	0.718	0.813	0.883
3.5	1.051	0.948	0.888	0.671	0.681	0.733	0.68	0.667	0.907	0.949	1.049
2.5	1.199	1.108	1.032	0.751	0.775	0.868	0.782	0.762	1.069	1.144	1.19
1.5	1.232	1.149	1.09	0.82	0.85	0.968	0.866	0.824	1.125	1.175	1.224
0.5	1.125	1.078	1.036	0.854	0.91	1.024	0.924	0.842	1.067	1.109	1.123

$L_{Av}$ [cd/m <sup>2</sup> ]	0.86
$U_0$ [%]	55.90
$U_1$ [%]	66.56

Резултати прорачуна сјајности у коме је коришћена стандардна табела рефлексије за класу R1 са модификованим коефицијентом сјајности (матрица R1010,  $Q_0=0.072$ )

X' [m] \ Y' [m]	1.45	4.36	7.27	10.18	13.09	16	18.91	21.82	24.73	27.64	30.55
5.5	0.888	0.788	0.679	0.534	0.55	0.543	0.551	0.549	0.694	0.817	0.901
4.5	0.974	0.877	0.787	0.624	0.646	0.673	0.644	0.635	0.798	0.904	0.981
3.5	1.168	1.054	0.988	0.746	0.756	0.814	0.756	0.742	1.009	1.055	1.166
2.5	1.333	1.232	1.147	0.835	0.861	0.965	0.87	0.847	1.188	1.271	1.323
1.5	1.37	1.277	1.211	0.912	0.945	1.076	0.963	0.916	1.251	1.306	1.361
0.5	1.251	1.198	1.152	0.949	1.012	1.138	1.027	0.936	1.186	1.233	1.248

$L_{Av}$ [cd/m <sup>2</sup> ]	0.956
$U_0$ [%]	55.895
$U_1$ [%]	66.56%

Резултати прорачуна сјајности у коме је коришћена резултантна табела рефлексије формирана на основу табела измерених помоћу лабораторијског рефлектометра на оба узорка коловоза

X' [m] \ Y' [m]	1.45	4.36	7.27	10.18	13.09	16	18.9	21.82	24.73	27.6	30.55
5.5	1.060	0.937	0.811	0.681	0.694	0.684	0.701	0.672	0.858	1.000	1.117
4.5	1.229	1.091	0.973	0.826	0.852	0.873	0.847	0.818	1.003	1.124	1.241
3.5	1.403	1.245	1.161	0.937	0.951	1.005	0.945	0.917	1.198	1.267	1.396
2.5	1.487	1.363	1.268	0.980	1.025	1.111	0.994	0.963	1.331	1.399	1.493
1.5	1.447	1.363	1.287	1.010	1.056	1.170	1.046	1.001	1.349	1.412	1.469
0.5	1.284	1.252	1.191	1.004	1.071	1.183	1.066	1.053	1.226	1.281	1.300

$L_{Av}$ [cd/m <sup>2</sup> ]	1.10
$U_0$ [%]	61.23
$U_1$ [%]	68.16



Резултати прорачуна сјајности у коме је коришћена резултантна табела рефлексије формирана на основу табела одређених помоћу предложене методе на оба узорка коловоза

X' [m] \ Y' [m]	1.45	4.36	7.27	10.18	13.09	16	18.9	21.82	24.73	27.6	30.55
5.5	0.951	0.838	0.719	0.591	0.589	0.575	0.591	0.581	0.743	0.891	1.003
4.5	1.122	0.990	0.875	0.730	0.739	0.752	0.731	0.729	0.910	1.023	1.137
3.5	1.272	1.120	1.030	0.811	0.811	0.846	0.789	0.786	1.045	1.121	1.267
2.5	1.328	1.200	1.096	0.815	0.835	0.898	0.808	0.788	1.143	1.218	1.338
1.5	1.288	1.192	1.096	0.825	0.848	0.929	0.834	0.833	1.125	1.225	1.311
0.5	1.139	1.093	1.017	0.827	0.867	0.948	0.857	0.829	1.026	1.114	1.154

$L_{Av}$ [cd/m <sup>2</sup> ]	0.95
$U_0$ [%]	60.69
$U_1$ [%]	62.95

## **Прилог Е**

Подаци о инсталацији осветљења, резултатима мерења сјајности и резултатима фотометријских прорачуна за саобраћајницу под редним бројем 5

Саобраћајница: Alleur, Avenue de l'Informatique vers McDonalds



Подаци о саобраћајници и инсталацији осветљења	
број возних трака	2
ширина возне траке [m]	3
висина оптичког центра светилке [m]	10
превес [m]	0
нагиб [°]	5
растојање између суседних стубова [m]	32
распоред стубова	једностранни

тип светилке: MC2 PC deep bowl 1312 -25/110 100W

тип извора светлости: натријум високог притиска снаге 100 W

Резултати мерења сјајности на терену

X' [m] Y' [m]	1.45	4.36	7.27	10.18	13.09	16	18.9	21.82	24.73	27.6	30.55
5.5	1.2	1	1	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	1	1.2	1.3
4.5	1.4	1.3	1.2	1.1	1.2	1.2	1.2	1.1	1.3	1.4	1.4
3.5	1.5	1.4	1.4	1.2	1.2	1.3	1.2	1.2	1.4	1.4	1.5
2.5	1.5	1.4	1.4	1.2	1.2	1.2	1.2	1.1	1.5	1.5	1.4
1.5	1.5	1.3	1.3	1.1	1.2	1.3	1.1	1.1	1.4	1.4	1.4
0.5	1.2	1.2	1.1	1	1	1.2	1.1	1	1.2	1.2	1.2

$L_{Av}$ [cd/m <sup>2</sup> ]	1.22
$U_0$ [%]	73.51
$U_1$ [%]	73.33

Резултати прорачуна сјајности у коме је коришћена табела рефлексије измерена помоћу лабораторијског рефлектометра на првом узорку коловоза (матрица S0392,  $Q_0=0.08$ )

X' [m] \ Y' [m]	1.45	4.36	7.27	10.18	13.09	16	18.91	21.82	24.73	27.64	30.55
5.5	1.226	1.136	1.055	0.954	0.984	0.977	0.985	0.954	1.114	1.226	1.317
4.5	1.488	1.376	1.295	1.185	1.228	1.243	1.19	1.136	1.313	1.395	1.494
3.5	1.626	1.516	1.501	1.321	1.31	1.357	1.252	1.213	1.491	1.507	1.61
2.5	1.621	1.532	1.482	1.243	1.31	1.387	1.233	1.18	1.549	1.561	1.628
1.5	1.484	1.416	1.366	1.16	1.237	1.346	1.2	1.14	1.464	1.501	1.524
0.5	1.272	1.25	1.207	1.071	1.164	1.268	1.149	1.121	1.273	1.31	1.302

$L_{Av}$ [cd/m <sup>2</sup> ]	1.30
$U_0$ [%]	73.25
$U_1$ [%]	74.76

Резултати прорачуна сјајности у коме је коришћена табела рефлексије измерена помоћу лабораторијског рефлектометра на другом узорку коловоза (матрица S0402,  $Q_0=0.076$ )

X' [m] \ Y' [m]	1.45	4.36	7.27	10.18	13.09	16	18.91	21.82	24.73	27.64	30.55
5.5	1.143	1.054	0.989	0.907	0.935	0.934	0.954	0.932	1.098	1.195	1.273
4.5	1.451	1.328	1.258	1.171	1.22	1.252	1.221	1.199	1.395	1.442	1.488
3.5	1.558	1.426	1.383	1.259	1.301	1.36	1.272	1.23	1.506	1.493	1.548
2.5	1.474	1.367	1.313	1.156	1.253	1.348	1.202	1.154	1.508	1.476	1.505
1.5	1.344	1.261	1.218	1.072	1.166	1.298	1.165	1.111	1.428	1.415	1.412
0.5	1.151	1.114	1.078	0.992	1.112	1.241	1.121	1.069	1.233	1.237	1.207

$L_{Av}$ [cd/m <sup>2</sup> ]	1.25
$U_0$ [%]	72.68
$U_1$ [%]	75.08

Резултати прорачуна сјајности у коме је коришћена табела рефлексије одређена предложеном методом на основу мерења мобилним рефлектометром на првом узорку коловоза (матрица s0392mod,  $Q_0=0.076$ )

X' [m] Y' [m]	1.45	4.36	7.27	10.18	13.09	16	18.91	21.82	24.73	27.64	30.55
5.5	1.158	1.073	0.996	0.901	0.93	0.923	0.931	0.901	1.052	1.158	1.244
4.5	1.406	1.3	1.223	1.119	1.16	1.174	1.124	1.073	1.24	1.317	1.411
3.5	1.536	1.432	1.417	1.247	1.238	1.282	1.183	1.146	1.409	1.424	1.521
2.5	1.531	1.447	1.399	1.174	1.237	1.31	1.165	1.114	1.463	1.475	1.537
1.5	1.402	1.337	1.29	1.096	1.168	1.271	1.134	1.076	1.383	1.418	1.44
0.5	1.201	1.18	1.14	1.011	1.1	1.197	1.086	1.059	1.202	1.237	1.23

$L_{Av}$ [cd/m <sup>2</sup> ]	1.23
$U_0$ [%]	73.25
$U_1$ [%]	74.76

Резултати прорачуна сјајности у коме је коришћена табела рефлексије одређена предложеном методом на основу мерења мобилним рефлектометром на првом узорку коловоза (матрица B3002mod,  $Q_0=0.074$ )

X' [m] Y' [m]	1.45	4.36	7.27	10.18	13.09	16	18.91	21.82	24.73	27.64	30.55
5.5	1.057	0.96	0.901	0.838	0.925	0.94	0.903	0.872	1.02	1.15	1.17
4.5	1.305	1.188	1.124	1.052	1.167	1.198	1.093	1.067	1.231	1.281	1.329
3.5	1.399	1.285	1.238	1.1	1.147	1.221	1.146	1.114	1.375	1.351	1.413
2.5	1.363	1.269	1.203	1.028	1.127	1.218	1.111	1.057	1.386	1.361	1.389
1.5	1.248	1.177	1.13	0.969	1.063	1.179	1.07	1.007	1.286	1.291	1.292
0.5	1.067	1.043	1.018	0.915	1.018	1.119	1.013	0.946	1.117	1.116	1.106

$L_{Av}$ [cd/m <sup>2</sup> ]	1.14
$U_0$ [%]	73.50
$U_1$ [%]	74.94

Резултати прорачуна сјајности у коме је коришћена стандардна табела рефлексије за класу R2 са нормализованим коефицијентом сјајности (матрица R2007,  $Q_0=0.07$ )

X' [m] \ Y' [m]	1.45	4.36	7.27	10.18	13.09	16	18.91	21.82	24.73	27.64	30.55
5.5	0.913	0.825	0.782	0.69	0.733	0.751	0.779	0.76	0.916	0.985	1.003
4.5	1.072	0.973	0.953	0.858	0.912	0.961	0.937	0.921	1.084	1.128	1.11
3.5	1.221	1.106	1.08	0.947	1.027	1.112	1.03	1.002	1.273	1.242	1.219
2.5	1.238	1.167	1.129	0.969	1.07	1.179	1.024	1.024	1.341	1.282	1.242
1.5	1.171	1.153	1.118	0.966	1.064	1.185	1.023	1.015	1.301	1.186	1.181
0.5	1.038	1.051	1.007	0.941	1.066	1.178	1.05	0.945	1.132	1.047	1.034

$L_{Av}$ [cd/m <sup>2</sup> ]	1.04
$U_0$ [%]	66.21
$U_1$ [%]	74.24

Резултати прорачуна сјајности у коме је коришћена стандардна табела рефлексије за класу R3 са нормализованим коефицијентом сјајности (матрица R3007,  $Q_0=0.07$ )

X' [m] \ Y' [m]	1.45	4.36	7.27	10.18	13.09	16	18.91	21.82	24.73	27.64	30.55
5.5	0.922	0.895	0.874	0.849	0.896	0.898	0.913	0.866	0.969	0.997	1.012
4.5	1.136	1.098	1.071	1.059	1.128	1.145	1.093	1.034	1.154	1.141	1.145
3.5	1.23	1.194	1.175	1.146	1.203	1.248	1.15	1.075	1.275	1.207	1.195
2.5	1.157	1.128	1.096	1.042	1.16	1.257	1.099	0.998	1.261	1.187	1.152
1.5	1.037	1.019	0.995	0.962	1.09	1.201	1.064	0.949	1.177	1.098	1.065
0.5	0.894	0.904	0.89	0.891	1.015	1.102	1.015	0.892	0.986	0.953	0.914

$L_{Av}$ [cd/m <sup>2</sup> ]	1.06
$U_0$ [%]	80.03
$U_1$ [%]	79.01

Резултати прорачуна сјајности у коме је коришћена стандардна табела рефлексије за класу R2 са модификованим коефицијентом сјајности (матрица R2007,  $Q_0=0.076$ )

X' [m] \ Y' [m]	1.45	4.36	7.27	10.18	13.09	16	18.91	21.82	24.73	27.64	30.55
5.5	0.988	0.893	0.846	0.747	0.793	0.813	0.843	0.822	0.992	1.066	1.085
4.5	1.16	1.053	1.031	0.929	0.986	1.04	1.014	0.997	1.173	1.221	1.201
3.5	1.321	1.196	1.169	1.025	1.111	1.204	1.115	1.084	1.377	1.344	1.319
2.5	1.339	1.263	1.222	1.049	1.157	1.276	1.108	1.108	1.451	1.387	1.344
1.5	1.267	1.247	1.209	1.045	1.152	1.282	1.107	1.098	1.407	1.283	1.278
0.5	1.123	1.137	1.09	1.018	1.153	1.274	1.137	1.023	1.225	1.133	1.119

$L_{Av}$ [cd/m <sup>2</sup> ]	1.13
$U_0$ [%]	66.21
$U_1$ [%]	74.24

Резултати прорачуна сјајности у коме је коришћена стандардна табела рефлексије за класу R2 са модификованим коефицијентом сјајности (матрица R2007,  $Q_0=0.08$ )

X' [m] \ Y' [m]	1.45	4.36	7.27	10.18	13.09	16	18.91	21.82	24.73	27.64	30.55
5.5	1.041	0.94	0.891	0.787	0.836	0.856	0.888	0.866	1.044	1.122	1.143
4.5	1.222	1.109	1.086	0.978	1.039	1.095	1.068	1.05	1.235	1.286	1.265
3.5	1.391	1.26	1.231	1.079	1.17	1.268	1.174	1.142	1.45	1.415	1.389
2.5	1.411	1.33	1.286	1.105	1.219	1.343	1.167	1.167	1.528	1.46	1.416
1.5	1.334	1.313	1.274	1.1	1.213	1.35	1.165	1.156	1.482	1.352	1.346
0.5	1.183	1.197	1.148	1.072	1.214	1.342	1.197	1.077	1.29	1.193	1.178

$L_{Av}$ [cd/m <sup>2</sup> ]	1.19
$U_0$ [%]	66.21
$U_1$ [%]	74.24

Резултати прорачуна сјајности у коме је коришћена стандардна табела рефлексије за класу R2 са модификованим коефицијентом сјајности (матрица R2007,  $Q_0=0.078$ )

X' [m] \ Y' [m]	1.45	4.36	7.27	10.18	13.09	16	18.91	21.82	24.73	27.64	30.55
5.5	1.018	0.92	0.871	0.769	0.817	0.837	0.868	0.847	1.021	1.097	1.117
4.5	1.195	1.084	1.062	0.956	1.016	1.071	1.044	1.027	1.208	1.257	1.237
3.5	1.36	1.232	1.203	1.055	1.144	1.24	1.148	1.117	1.418	1.384	1.358
2.5	1.379	1.3	1.258	1.08	1.192	1.314	1.141	1.141	1.494	1.428	1.384
1.5	1.305	1.284	1.245	1.076	1.186	1.32	1.139	1.131	1.449	1.322	1.316
0.5	1.157	1.171	1.122	1.048	1.187	1.312	1.17	1.053	1.262	1.166	1.152

$L_{Av}$ [cd/m <sup>2</sup> ]	1.162
$U_0$ [%]	66.213
$U_1$ [%]	74.24%

Резултати прорачуна сјајности у коме је коришћена резултантна табела рефлексије формирана на основу табела измерених помоћу лабораторијског рефлектометра на оба узорка коловоза

X' [m] \ Y' [m]	1.45	4.36	7.27	10.18	13.09	16	18.9	21.82	24.73	27.6	30.55
5.5	1.185	1.095	1.022	0.931	0.960	0.956	0.970	0.943	1.106	1.211	1.295
4.5	1.470	1.352	1.277	1.178	1.224	1.248	1.206	1.168	1.354	1.419	1.491
3.5	1.592	1.471	1.442	1.290	1.306	1.359	1.262	1.222	1.499	1.500	1.579
2.5	1.548	1.450	1.398	1.200	1.282	1.368	1.218	1.167	1.529	1.519	1.567
1.5	1.414	1.339	1.292	1.116	1.202	1.322	1.183	1.126	1.446	1.458	1.468
0.5	1.212	1.182	1.143	1.032	1.138	1.255	1.135	1.095	1.253	1.274	1.255

$L_{Av}$ [cd/m <sup>2</sup> ]	1.28
$U_0$ [%]	72.98
$U_1$ [%]	76.02



Резултати прорачуна сјајности у коме је коришћена резултантна табела рефлексије формирана на основу табела одређених помоћу предложене методе на оба узорка коловоза

X' [m] \ Y' [m]	1.45	4.36	7.27	10.18	13.09	16	18.9	21.82	24.73	27.6	30.55
5.5	1.108	1.017	0.949	0.870	0.928	0.932	0.917	0.887	1.036	1.154	1.207
4.5	1.356	1.244	1.174	1.086	1.164	1.186	1.109	1.070	1.236	1.299	1.370
3.5	1.468	1.359	1.328	1.174	1.193	1.252	1.165	1.130	1.392	1.388	1.467
2.5	1.447	1.358	1.301	1.101	1.182	1.264	1.138	1.086	1.425	1.418	1.463
1.5	1.325	1.257	1.210	1.033	1.116	1.225	1.102	1.042	1.335	1.355	1.366
0.5	1.134	1.112	1.079	0.963	1.059	1.158	1.050	1.003	1.160	1.177	1.168

$L_{Av}$ [cd/m <sup>2</sup> ]	1.19
$U_0$ [%]	73.38
$U_1$ [%]	75.59

## **Прилог Ж**

Подаци о инсталацији осветљења, резултатима мерења сјајности и резултатима фотометријских прорачуна за саобраћајницу под редним бројем 6

Саобраћајница: Alleur, Avenue de l'Energie (лева фотографија преузета са сајта

<https://www.google.com/maps>)



Подаци о саобраћајници и инсталацији осветљења	
број возних трака	2
ширина возне траке [m]	3
висина оптичког центра светиљке [m]	10
превес [m]	0.5
нагиб [°]	15
растојање између суседних стубова [m]	32
распоред стубова	једностранни

тип светиљке: MC2 PC deep bowl 1312 -23/120 100W

тип извора светлости: натријум високог притиска снаге 100 W

Резултати мерења сјајности на терену

X' [m] Y' [m]	1.45	4.36	7.27	10.18	13.09	16	18.9	21.82	24.73	27.6	30.55
5.5	1	0.9	0.8	0.7	0.7	0.7	0.8	0.7	0.9	1	1
4.5	1.2	1.1	1	0.9	0.8	0.9	0.9	0.9	1	1.2	1.3
3.5	1.3	1.2	1	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	1.2	1.2	1.3
2.5	1.3	1.2	1.1	0.9	0.9	1	0.9	0.9	1.2	1.2	1.3
1.5	1.3	1.2	1.2	1	1	1	0.9	0.9	1.2	1.3	1.3
0.5	1.3	1.2	1.2	1	1	1	0.9	1	1.3	1.3	1.3

$L_{Av}$ [cd/m <sup>2</sup> ]	1.04
$U_0$ [%]	67.15
$U_1$ [%]	69.23

Резултати прорачуна сјајности у коме је коришћена табела рефлексије измерена помоћу лабораторијског рефлектометра на првом узорку коловоза (матрица S0422,  $Q_0=0.075$ )

X' [m] \ Y' [m]	1.45	4.36	7.27	10.18	13.09	16	18.91	21.82	24.73	27.64	30.55
5.5	1.05	0.938	0.792	0.707	0.706	0.677	0.743	0.725	0.841	1.016	1.122
4.5	1.231	1.115	0.975	0.841	0.821	0.869	0.864	0.861	1.019	1.176	1.281
3.5	1.331	1.214	1.127	0.946	0.921	0.939	0.887	0.925	1.161	1.228	1.326
2.5	1.361	1.229	1.156	0.969	0.956	1.01	0.902	0.931	1.185	1.25	1.344
1.5	1.373	1.258	1.246	1.01	1.007	1.067	0.947	0.962	1.273	1.31	1.379
0.5	1.353	1.249	1.233	0.994	0.991	1.088	0.948	0.982	1.275	1.316	1.369

$L_{Av}$ [cd/m <sup>2</sup> ]	1.07
$U_0$ [%]	63.54
$U_1$ [%]	68.65

Резултати прорачуна сјајности у коме је коришћена табела рефлексије измерена помоћу лабораторијског рефлектометра на другом узорку коловоза (матрица S0432,  $Q_0=0.076$ )

X' [m] \ Y' [m]	1.45	4.36	7.27	10.18	13.09	16	18.91	21.82	24.73	27.64	30.55
5.5	1.06	0.952	0.805	0.723	0.724	0.7	0.766	0.754	0.877	1.036	1.132
4.5	1.233	1.116	0.981	0.854	0.836	0.891	0.89	0.892	1.051	1.194	1.284
3.5	1.343	1.216	1.134	0.967	0.947	0.969	0.913	0.954	1.185	1.245	1.343
2.5	1.372	1.245	1.173	1.003	0.992	1.046	0.932	0.965	1.214	1.264	1.368
1.5	1.38	1.288	1.26	1.051	1.054	1.112	0.986	0.997	1.305	1.323	1.404
0.5	1.353	1.279	1.239	1.027	1.04	1.134	0.983	1.014	1.301	1.331	1.388

$L_{Av}$ [cd/m <sup>2</sup> ]	1.09
$U_0$ [%]	64.38
$U_1$ [%]	70.22

Резултати прорачуна сјајности у коме је коришћена табела рефлексије одређена предложеном методом на основу мерења мобилним рефлектометром на првом узорку коловоза (матрица BC100m0068,  $Q_0=0.068$ )

X' [m] \ Y' [m]	1.45	4.36	7.27	10.18	13.09	16	18.91	21.82	24.73	27.64	30.55
5.5	0.947	0.85	0.718	0.662	0.684	0.673	0.753	0.737	0.852	1.003	1.043
4.5	1.15	1.061	0.937	0.842	0.836	0.885	0.878	0.883	1.048	1.176	1.235
3.5	1.231	1.129	1.04	0.889	0.881	0.916	0.869	0.915	1.162	1.184	1.235
2.5	1.204	1.086	1.009	0.861	0.872	0.941	0.849	0.885	1.14	1.159	1.212
1.5	1.242	1.146	1.094	0.894	0.906	0.975	0.879	0.901	1.216	1.222	1.257
0.5	1.247	1.164	1.109	0.896	0.893	0.991	0.882	0.904	1.214	1.23	1.261

$L_{Av}$ [ $cd/m^2$ ]	1.00
$U_0$ [%]	66.16
$U_1$ [%]	69.87

Резултати прорачуна сјајности у коме је коришћена табела рефлексије одређена предложеном методом на основу мерења мобилним рефлектометром на другом узорку коловоза (матрица BC100m007,  $Q_0=0.07$ )

X' [m] \ Y' [m]	1.45	4.36	7.27	10.18	13.09	16	18.91	21.82	24.73	27.64	30.55
5.5	0.981	0.88	0.743	0.685	0.708	0.697	0.779	0.763	0.882	1.039	1.08
4.5	1.19	1.099	0.97	0.872	0.866	0.916	0.909	0.915	1.085	1.218	1.279
3.5	1.275	1.169	1.077	0.921	0.913	0.948	0.9	0.947	1.203	1.225	1.278
2.5	1.246	1.124	1.044	0.892	0.903	0.975	0.879	0.916	1.181	1.2	1.255
1.5	1.286	1.187	1.133	0.925	0.938	1.009	0.91	0.933	1.259	1.265	1.302
0.5	1.291	1.205	1.148	0.927	0.925	1.026	0.913	0.936	1.256	1.273	1.305

$L_{Av}$ [ $cd/m^2$ ]	1.04
$U_0$ [%]	66.16
$U_1$ [%]	69.87

Резултати прорачуна сјајности у коме је коришћена стандардна табела рефлексије за класу R1 са нормализованим коефицијентом сјајности (матрица R1010,  $Q_0=0.10$ )

X' [m] \ Y' [m]	1.45	4.36	7.27	10.18	13.09	16	18.91	21.82	24.73	27.64	30.55
5.5	1.18	1.054	0.873	0.734	0.746	0.703	0.751	0.748	0.885	1.092	1.207
4.5	1.294	1.162	0.99	0.809	0.805	0.84	0.816	0.826	1.001	1.195	1.303
3.5	1.383	1.262	1.173	0.913	0.883	0.929	0.868	0.912	1.182	1.263	1.385
2.5	1.546	1.42	1.328	1.035	1.006	1.107	0.994	1.018	1.345	1.419	1.53
1.5	1.707	1.592	1.543	1.178	1.158	1.284	1.157	1.169	1.578	1.621	1.692
0.5	1.788	1.669	1.618	1.244	1.225	1.394	1.228	1.217	1.645	1.702	1.779

$L_{Av}$ [ $cd/m^2$ ]	1.20
$U_0$ [%]	58.70
$U_1$ [%]	67.77

Резултати прорачуна сјајности у коме је коришћена стандардна табела рефлексије за класу R2 са нормализованим коефицијентом сјајности (матрица R2007,  $Q_0=0.07$ )

X' [m] \ Y' [m]	1.45	4.36	7.27	10.18	13.09	16	18.91	21.82	24.73	27.64	30.55
5.5	0.866	0.786	0.715	0.658	0.69	0.688	0.759	0.738	0.837	0.942	0.961
4.5	1.041	0.954	0.899	0.808	0.822	0.887	0.894	0.887	1.017	1.108	1.126
3.5	1.167	1.075	1.045	0.918	0.939	0.983	0.924	0.965	1.156	1.163	1.153
2.5	1.144	1.062	1.039	0.939	0.975	1.052	0.913	0.944	1.176	1.157	1.133
1.5	1.119	1.095	1.101	0.969	1.002	1.063	0.915	0.963	1.229	1.123	1.122
0.5	1.087	1.084	1.064	0.939	0.979	1.069	0.912	0.919	1.181	1.081	1.089

$L_{Av}$ [ $cd/m^2$ ]	0.99
$U_0$ [%]	66.60
$U_1$ [%]	74.42

Резултати прорачуна сјајности у коме је коришћена стандардна табела рефлексије за класу R1 са модификованим коефицијентом сјајности (матрица R1010,  $Q_0=0.075$ )

X' [m] \ Y' [m]	1.45	4.36	7.27	10.18	13.09	16	18.91	21.82	24.73	27.64	30.55
5.5	0.89	0.795	0.659	0.554	0.563	0.531	0.566	0.564	0.668	0.824	0.91
4.5	0.976	0.876	0.747	0.61	0.607	0.633	0.615	0.623	0.755	0.901	0.982
3.5	1.043	0.952	0.885	0.689	0.666	0.701	0.655	0.688	0.891	0.952	1.044
2.5	1.166	1.071	1.002	0.781	0.759	0.835	0.749	0.768	1.015	1.07	1.154
1.5	1.288	1.201	1.164	0.888	0.873	0.969	0.873	0.882	1.191	1.223	1.276
0.5	1.348	1.259	1.22	0.938	0.924	1.052	0.926	0.918	1.24	1.283	1.342

$L_{Av}$ [cd/m <sup>2</sup> ]	0.90
$U_0$ [%]	58.70
$U_1$ [%]	67.77

Резултати прорачуна сјајности у коме је коришћена стандардна табела рефлексије за класу R2 са модификованим коефицијентом сјајности (матрица R2007,  $Q_0=0.076$ )

X' [m] \ Y' [m]	1.45	4.36	7.27	10.18	13.09	16	18.91	21.82	24.73	27.64	30.55
5.5	0.945	0.857	0.78	0.718	0.753	0.75	0.828	0.805	0.914	1.028	1.049
4.5	1.136	1.041	0.981	0.881	0.897	0.968	0.976	0.968	1.11	1.209	1.229
3.5	1.273	1.173	1.14	1.001	1.025	1.073	1.008	1.053	1.262	1.269	1.258
2.5	1.248	1.159	1.134	1.025	1.064	1.148	0.996	1.03	1.283	1.262	1.237
1.5	1.221	1.195	1.201	1.057	1.093	1.16	0.998	1.051	1.341	1.226	1.224
0.5	1.186	1.183	1.161	1.025	1.069	1.167	0.995	1.002	1.289	1.18	1.188

$L_{Av}$ [cd/m <sup>2</sup> ]	1.08
$U_0$ [%]	66.60
$U_1$ [%]	74.42

Резултати прорачуна сјајности у коме је коришћена стандардна табела рефлексије за класу R1 са модификованим коефицијентом сјајности (матрица R1010,  $Q_0=0.076$ )

X' [m] \ Y' [m]	1.45	4.36	7.27	10.18	13.09	16	18.91	21.82	24.73	27.64	30.55
5.5	0.896	0.801	0.664	0.558	0.567	0.535	0.571	0.569	0.673	0.83	0.917
4.5	0.983	0.883	0.752	0.615	0.611	0.638	0.62	0.628	0.761	0.908	0.99
3.5	1.051	0.959	0.892	0.694	0.671	0.706	0.66	0.693	0.898	0.96	1.052
2.5	1.175	1.079	1.009	0.787	0.765	0.841	0.755	0.773	1.022	1.078	1.163
1.5	1.298	1.21	1.173	0.895	0.88	0.976	0.879	0.888	1.2	1.232	1.286
0.5	1.359	1.268	1.229	0.945	0.931	1.06	0.934	0.925	1.25	1.293	1.352

$L_{Av}$ [cd/m <sup>2</sup> ]	0.91
$U_0$ [%]	58.70
$U_1$ [%]	67.77

Резултати прорачуна сјајности у коме је коришћена резултантна табела рефлексије формирана на основу табела измерених помоћу лабораторијског рефлектометра на оба узорка коловоза

X' [m] \ Y' [m]	1.45	4.36	7.27	10.18	13.09	16	18.9	21.82	24.73	27.6	30.55
5.5	1.055	0.945	0.799	0.715	0.715	0.689	0.755	0.740	0.859	1.026	1.127
4.5	1.232	1.116	0.978	0.848	0.829	0.880	0.877	0.877	1.035	1.185	1.283
3.5	1.337	1.215	1.131	0.957	0.934	0.954	0.900	0.940	1.173	1.237	1.335
2.5	1.367	1.237	1.165	0.986	0.974	1.028	0.917	0.948	1.200	1.257	1.356
1.5	1.377	1.273	1.253	1.031	1.031	1.090	0.967	0.980	1.289	1.317	1.392
0.5	1.353	1.264	1.236	1.011	1.016	1.111	0.966	0.998	1.288	1.324	1.379

$L_{Av}$ [cd/m <sup>2</sup> ]	1.08
$U_0$ [%]	63.96
$U_1$ [%]	69.46



Резултати прорачуна сјајности у коме је коришћена резултантна табела рефлексије формирана на основу табела одређених помоћу предложене методе на оба узорка коловоза

X' [m] \ Y' [m]	1.45	4.36	7.27	10.18	13.09	16	18.9	21.82	24.73	27.6	30.55
5.5	0.964	0.865	0.731	0.674	0.696	0.685	0.766	0.750	0.867	1.021	1.062
4.5	1.170	1.080	0.954	0.857	0.851	0.901	0.894	0.899	1.067	1.197	1.257
3.5	1.253	1.149	1.059	0.905	0.897	0.932	0.885	0.931	1.183	1.205	1.257
2.5	1.225	1.105	1.027	0.877	0.888	0.958	0.864	0.901	1.161	1.180	1.234
1.5	1.264	1.167	1.114	0.910	0.922	0.992	0.895	0.917	1.238	1.244	1.280
0.5	1.269	1.185	1.129	0.912	0.909	1.009	0.898	0.920	1.235	1.252	1.283

$L_{Av}$ [cd/m <sup>2</sup> ]	1.02
$U_0$ [%]	66.14
$U_1$ [%]	69.91

### **Прилог 3**

Подаци о инсталацији осветљења, резултатима мерења сјајности и резултатима фотометријских прорачуна за саобраћајницу под редним бројем 7

Саобраћајница: Grâce-Hollogne, Rue de l' Informatique



Подаци о саобраћајници и инсталацији осветљења	
број возних трака	2
ширина возне траке [m]	3
висина оптичког центра светиљке [m]	10.3
превес [m]	0
нагиб [°]	10
растојање између суседних стубова [m]	32
распоред стубова	једностранни

тип светиљке: MC12 PC deep bowl 1317 -32/95 100W

тип извора светлости: натријум високог притиска снаге 100 W

Резултати мерења сјајности на терену

X' [m] \ Y' [m]	1.45	4.36	7.27	10.18	13.09	16	18.91	21.82	24.73	27.64	30.55
5.5	1.3	1.4	1.2	1.2	1.2	1.5	1.4	1.3	1.5	1.5	1.6
4.5	1.6	1.5	1.3	1.3	1.3	1.6	1.3	1.3	1.3	1.3	1.7
3.5	1.5	1.2	1.2	1	1.2	1.3	1.2	1.2	1.3	1.3	1.5
2.5	1.2	1.1	1	0.9	1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.2	1.2
1.5	1	1	0.9	0.8	0.9	0.9	0.9	0.9	1	1.1	1.1
0.5	0.9	0.9	0.8	0.8	0.9	0.9	0.9	0.9	1	1.1	1

$L_{Av}$ [cd/m <sup>2</sup> ]	1.17
$U_0$ [%]	68.48
$U_1$ [%]	76.47

Резултати прорачуна сјајности у коме је коришћена табела рефлексије измерена помоћу лабораторијског рефлектометра на првом узорку коловоза (матрица S0302,  $Q_0=0.062$ )

X' [m] \ Y' [m]	1.45	4.36	7.27	10.18	13.09	16	18.91	21.82	24.73	27.64	30.55
5.5	1.541	1.434	1.322	1.102	1.168	1.401	1.268	1.186	1.37	1.39	1.532
4.5	1.537	1.385	1.297	1.118	1.205	1.392	1.248	1.205	1.367	1.36	1.541
3.5	1.428	1.252	1.178	1.049	1.144	1.27	1.145	1.144	1.256	1.262	1.463
2.5	1.255	1.136	1.074	0.984	1.068	1.14	1.031	1.073	1.187	1.195	1.318
1.5	1.104	1.087	0.983	0.894	0.948	0.976	1.003	1.056	1.096	1.177	1.168
0.5	0.988	0.981	0.885	0.788	0.835	0.973	0.975	0.912	1.016	1.08	1.062

$L_{Av}$ [ $cd/m^2$ ]	1.17
$U_0$ [%]	67.21
$U_1$ [%]	72.54

Резултати прорачуна сјајности у коме је коришћена табела рефлексије измерена помоћу лабораторијског рефлектометра на другом узорку коловоза (матрица S0312,  $Q_0=0.062$ )

X' [m] \ Y' [m]	1.45	4.36	7.27	10.18	13.09	16	18.91	21.82	24.73	27.64	30.55
5.5	1.741	1.627	1.506	1.286	1.39	1.704	1.552	1.411	1.609	1.606	1.743
4.5	1.735	1.58	1.495	1.306	1.427	1.674	1.512	1.456	1.626	1.567	1.743
3.5	1.584	1.4	1.327	1.197	1.328	1.501	1.357	1.35	1.458	1.43	1.625
2.5	1.359	1.231	1.17	1.091	1.215	1.315	1.209	1.229	1.324	1.323	1.429
1.5	1.169	1.142	1.033	0.96	1.058	1.115	1.073	1.1	1.217	1.266	1.237
0.5	1.026	1.005	0.917	0.843	0.903	0.944	0.942	0.998	1.098	1.138	1.103

$L_{Av}$ [ $cd/m^2$ ]	1.32
$U_0$ [%]	63.90
$U_1$ [%]	74.97

Резултати прорачуна сјајности у коме је коришћена табела рефлексије одређена предложеном методом на основу мерења мобилним рефлектометром на првом узорку коловоза (матрица HEL04mod,  $Q_0=0.058$ )

X' [m] \ Y' [m]	1.45	4.36	7.27	10.18	13.09	16	18.91	21.82	24.73	27.64	30.55
5.5	1.593	1.522	1.463	1.246	1.333	1.601	1.426	1.294	1.466	1.451	1.575
4.5	1.542	1.417	1.38	1.198	1.299	1.517	1.346	1.257	1.408	1.384	1.537
3.5	1.388	1.23	1.181	1.061	1.173	1.319	1.185	1.145	1.266	1.26	1.451
2.5	1.232	1.113	1.053	0.978	1.074	1.148	1.06	1.069	1.171	1.175	1.312
1.5	1.121	1.107	0.976	0.893	0.964	1.006	0.973	0.998	1.105	1.191	1.168
0.5	1.044	1.036	0.92	0.831	0.869	0.897	0.885	0.922	1.042	1.095	1.08

$L_{Av}$ [cd/m <sup>2</sup> ]	1.20
$U_0$ [%]	69.06
$U_1$ [%]	77.70

Резултати прорачуна сјајности у коме је коришћена табела рефлексије одређена предложеном методом на основу мерења мобилним рефлектометром на другом узорку коловоза (матрица M1078mod,  $Q_0=0.073$ )

X' [m] \ Y' [m]	1.45	4.36	7.27	10.18	13.09	16	18.91	21.82	24.73	27.64	30.55
5.5	1.765	1.662	1.565	1.373	1.497	1.844	1.707	1.518	1.705	1.682	1.77
4.5	1.81	1.66	1.601	1.444	1.559	1.773	1.658	1.636	1.816	1.733	1.829
3.5	1.59	1.429	1.393	1.284	1.415	1.57	1.463	1.471	1.571	1.535	1.675
2.5	1.298	1.185	1.151	1.094	1.222	1.326	1.229	1.243	1.357	1.353	1.417
1.5	1.086	1.069	0.995	0.944	1.045	1.095	1.058	1.075	1.211	1.243	1.185
0.5	0.954	0.939	0.88	0.83	0.898	0.93	0.934	0.951	1.091	1.108	1.04

$L_{Av}$ [cd/m <sup>2</sup> ]	1.36
$U_0$ [%]	61.28
$U_1$ [%]	78.95

Резултати прорачуна сјајности у коме је коришћена стандардна табела рефлексије за класу R2 са нормализованим коефицијентом сјајности (матрица R2007,  $Q_0=0.07$ )

X' [m] \ Y' [m]	1.45	4.36	7.27	10.18	13.09	16	18.91	21.82	24.73	27.64	30.55
5.5	1.453	1.334	1.284	1.055	1.153	1.39	1.267	1.179	1.401	1.405	1.494
4.5	1.526	1.332	1.285	1.078	1.196	1.406	1.264	1.247	1.433	1.422	1.527
3.5	1.44	1.219	1.179	1.021	1.144	1.302	1.164	1.155	1.337	1.336	1.47
2.5	1.296	1.176	1.129	0.995	1.093	1.174	1.075	1.14	1.252	1.249	1.331
1.5	1.181	1.193	1.071	0.952	1.028	1.066	1.019	1.045	1.188	1.212	1.2
0.5	1.103	1.125	1.016	0.916	0.962	0.992	0.961	0.943	1.112	1.129	1.127

$L_{Av}$ [cd/m <sup>2</sup> ]	1.20
$U_0$ [%]	76.20
$U_1$ [%]	70.57

Резултати прорачуна сјајности у коме је коришћена стандардна табела рефлексије за класу R3 са нормализованим коефицијентом сјајности (матрица R3007,  $Q_0=0.07$ )

X' [m] \ Y' [m]	1.45	4.36	7.27	10.18	13.09	16	18.91	21.82	24.73	27.64	30.55
5.5	1.691	1.613	1.506	1.298	1.393	1.667	1.502	1.396	1.565	1.55	1.671
4.5	1.671	1.565	1.488	1.315	1.426	1.64	1.481	1.426	1.559	1.507	1.653
3.5	1.455	1.341	1.26	1.157	1.289	1.439	1.281	1.223	1.354	1.331	1.48
2.5	1.235	1.15	1.08	1.036	1.171	1.262	1.133	1.111	1.227	1.223	1.3
1.5	1.07	1.077	0.977	0.934	1.034	1.084	1.033	1.011	1.123	1.155	1.127
0.5	0.965	0.977	0.893	0.842	0.902	0.939	0.925	0.922	1.006	1.048	1.017

$L_{Av}$ [cd/m <sup>2</sup> ]	1.26
$U_0$ [%]	66.82
$U_1$ [%]	78.68

Резултати прорачуна сјајности у коме је коришћена стандардна табела рефлексије за класу R2 са модификованим коефицијентом сјајности (матрица R2007,  $Q_0=0.062$ )

X' [m] \ Y' [m]	1.45	4.36	7.27	10.18	13.09	16	18.91	21.82	24.73	27.64	30.55
5.5	1.291	1.186	1.141	0.938	1.025	1.235	1.126	1.048	1.245	1.249	1.328
4.5	1.356	1.183	1.142	0.958	1.063	1.25	1.124	1.108	1.273	1.263	1.357
3.5	1.279	1.084	1.047	0.907	1.016	1.157	1.034	1.027	1.188	1.187	1.307
2.5	1.152	1.045	1.004	0.885	0.972	1.043	0.955	1.013	1.113	1.11	1.183
1.5	1.05	1.06	0.951	0.846	0.913	0.948	0.905	0.929	1.056	1.077	1.067
0.5	0.98	0.999	0.903	0.814	0.855	0.881	0.854	0.838	0.988	1.004	1.001

$L_{Av}$ [cd/m <sup>2</sup> ]	1.07
$U_0$ [%]	76.20
$U_1$ [%]	70.57

Резултати прорачуна сјајности у коме је коришћена стандардна табела рефлексије за класу R3 са модификованим коефицијентом сјајности (матрица R3007,  $Q_0=0.062$ )

X' [m] \ Y' [m]	1.45	4.36	7.27	10.18	13.09	16	18.91	21.82	24.73	27.64	30.55
5.5	1.509	1.439	1.344	1.158	1.243	1.487	1.34	1.245	1.396	1.383	1.491
4.5	1.491	1.396	1.328	1.173	1.273	1.463	1.321	1.272	1.391	1.345	1.475
3.5	1.298	1.196	1.125	1.033	1.15	1.284	1.143	1.091	1.208	1.187	1.32
2.5	1.102	1.026	0.964	0.925	1.045	1.126	1.011	0.991	1.094	1.091	1.16
1.5	0.955	0.96	0.872	0.833	0.922	0.967	0.922	0.902	1.002	1.031	1.006
0.5	0.861	0.872	0.797	0.751	0.804	0.838	0.825	0.823	0.897	0.935	0.907

$L_{Av}$ [cd/m <sup>2</sup> ]	1.12
$U_0$ [%]	66.82
$U_1$ [%]	78.68

Резултати прорачуна сјајности у коме је коришћена резултантна табела рефлексије формирана на основу табела измерених помоћу лабораторијског рефлектометра на оба узорка коловоза

X' [m] \ Y' [m]	1.45	4.36	7.27	10.18	13.09	16	18.91	21.82	24.73	27.64	30.55
5.5	1.641	1.531	1.414	1.194	1.279	1.553	1.410	1.299	1.490	1.498	1.638
4.5	1.636	1.483	1.396	1.212	1.316	1.533	1.380	1.331	1.497	1.464	1.642
3.5	1.506	1.326	1.253	1.123	1.236	1.386	1.251	1.247	1.357	1.346	1.544
2.5	1.307	1.184	1.122	1.038	1.142	1.228	1.120	1.151	1.256	1.259	1.374
1.5	1.137	1.115	1.008	0.927	1.003	1.046	1.038	1.078	1.157	1.222	1.203
0.5	1.007	0.993	0.901	0.816	0.869	0.959	0.959	0.955	1.057	1.109	1.083

$L_{Av}$ [cd/m <sup>2</sup> ]	1.25
$U_0$ [%]	65.46
$U_1$ [%]	73.81

Резултати прорачуна сјајности у коме је коришћена резултантна табела рефлексије формирана на основу табела одређених помоћу предложене методе на оба узорка коловоза

X' [m] \ Y' [m]	1.45	4.36	7.27	10.18	13.09	16	18.91	21.82	24.73	27.64	30.55
5.5	1.679	1.592	1.514	1.310	1.415	1.723	1.567	1.406	1.586	1.567	1.673
4.5	1.676	1.539	1.491	1.321	1.429	1.645	1.502	1.447	1.612	1.559	1.683
3.5	1.489	1.330	1.287	1.173	1.294	1.445	1.324	1.308	1.419	1.398	1.563
2.5	1.265	1.149	1.102	1.036	1.148	1.237	1.145	1.156	1.264	1.264	1.365
1.5	1.104	1.088	0.986	0.919	1.005	1.051	1.016	1.037	1.158	1.217	1.177
0.5	0.999	0.988	0.900	0.831	0.884	0.914	0.910	0.937	1.067	1.102	1.060

$L_{Av}$ [cd/m <sup>2</sup> ]	1.28
$U_0$ [%]	64.92
$U_1$ [%]	78.49



## **Прилог И**

Подаци о инсталацији осветљења, резултатима мерења сјајности и резултатима фотометријских прорачуна за саобраћајницу под редним бројем 8

Grâce-Hollogne, Rue des Nouvelles Technologies ABX



Подаци о саобраћајници и инсталацији осветљења	
број возних трака	2
ширина возне траке [m]	3
висина оптичког центра светиљке [m]	10.3
превес [m]	0
нагиб [°]	5
растојање између суседних стубова [m]	40
распоред стубова	једностранни

тип светиљке: MC12 PC deep bowl 1317 -32/95 100W

тип извора светлости: натријум високог притиска снаге 100 W

Резултати мерења сјајности на терену

X' [m] \ Y' [m]	1.43	4.29	7.14	10	12.86	15.71	18.57	21.43	24.29	27.14	30	32.86	35.71	38.57
5.5	1.394	1.285	1.373	1.28	1.245	1.127	0.949	0.997	1.156	1.053	1.038	1.27	1.295	1.561
4.5	2.051	1.973	2.056	1.821	1.618	1.415	1.245	1.317	1.452	1.414	1.517	1.769	1.815	2.119
3.5	1.93	1.798	1.78	1.644	1.486	1.374	1.259	1.318	1.381	1.3	1.378	1.52	1.565	1.809
2.5	1.631	1.611	1.498	1.328	1.187	1.101	1.02	1.071	1.125	1.097	1.204	1.42	1.563	1.602
1.5	1.408	1.378	1.291	1.103	0.968	0.896	0.829	0.862	0.934	0.948	1.075	1.298	1.404	1.437
0.5	1.284	1.112	0.986	0.889	0.81	0.732	0.688	0.717	0.771	0.823	0.916	1.017	1.169	1.34

$L_{Av}$ [cd/m <sup>2</sup> ]	1.31
$U_0$ [%]	52.66
$U_1$ [%]	57.69

Резултати прорачуна сјајности у коме је коришћена табела рефлексије измерена помоћу лабораторијског рефлектометра на узорку коловоза (матрица S0282,  $Q_0=0.080$ )

$X' [m]$ $Y' [m]$	1.43	4.29	7.14	10	12.86	15.71	18.57	21.43	24.29	27.14	30	32.86	35.71	38.57
5.5	1.434	1.323	1.413	1.316	1.283	1.169	0.99	1.037	1.188	1.069	1.034	1.27	1.307	1.601
4.5	2.209	2.167	2.265	1.976	1.73	1.499	1.325	1.406	1.546	1.517	1.634	1.903	1.96	2.287
3.5	2.014	1.87	1.859	1.719	1.554	1.439	1.325	1.389	1.451	1.359	1.425	1.541	1.58	1.864
2.5	1.706	1.68	1.558	1.376	1.232	1.148	1.066	1.113	1.163	1.127	1.231	1.448	1.605	1.672
1.5	1.478	1.447	1.359	1.163	1.026	0.953	0.886	0.917	0.98	0.985	1.112	1.339	1.459	1.507
0.5	1.351	1.178	1.049	0.947	0.865	0.786	0.744	0.771	0.815	0.86	0.962	1.053	1.218	1.405

$L_{Av} [cd/m^2]$	1.37
$U_0 [%]$	54.35
$U_1 [%]$	58.80

Резултати прорачуна сјајности у коме је коришћена табела рефлексије одређена предложеном методом на основу мерења мобилним рефлектометром на узорку коловоза (матрица bk147m,  $Q_0=0.068$ )

$X' [m]$ $Y' [m]$	1.43	4.29	7.14	10	12.86	15.71	18.57	21.43	24.29	27.14	30	32.86	35.71	38.57
5.5	1.315	1.209	1.293	1.208	1.169	1.042	0.868	0.918	1.092	1.022	1.046	1.27	1.272	1.482
4.5	1.735	1.584	1.638	1.511	1.395	1.246	1.085	1.14	1.263	1.209	1.284	1.5	1.524	1.784
3.5	1.763	1.653	1.622	1.495	1.35	1.243	1.128	1.176	1.24	1.183	1.283	1.478	1.535	1.698
2.5	1.481	1.473	1.378	1.232	1.096	1.008	0.929	0.986	1.049	1.037	1.149	1.363	1.478	1.461
1.5	1.268	1.241	1.156	0.984	0.853	0.783	0.715	0.751	0.842	0.874	1	1.215	1.293	1.297
0.5	1.15	0.98	0.859	0.773	0.699	0.624	0.575	0.61	0.684	0.749	0.825	0.945	1.072	1.211

$L_{Av} [cd/m^2]$	1.18
$U_0 [%]$	48.73
$U_1 [%]$	55.13

Резултати прорачуна сјајности у коме је коришћена стандардна табела рефлексије за класу R2 са нормализованим коефицијентом сјајности (матрица R2007,  $Q_0=0.07$ )

X' [m] \ Y' [m]	1.43	4.29	7.14	10	12.86	15.71	18.57	21.43	24.29	27.14	30	32.86	35.71	38.57
5.5	1.067	0.949	1.02	0.932	0.956	0.895	0.761	0.819	0.999	0.935	0.92	1.097	1.05	1.187
4.5	1.359	1.184	1.227	1.115	1.113	1.057	0.943	1.013	1.166	1.095	1.143	1.286	1.268	1.409
3.5	1.428	1.302	1.308	1.193	1.139	1.086	1.024	1.121	1.216	1.132	1.183	1.334	1.328	1.4
2.5	1.275	1.268	1.198	1.067	1.019	0.989	0.939	1.029	1.084	1.039	1.157	1.297	1.329	1.259
1.5	1.135	1.139	1.069	0.945	0.903	0.871	0.819	0.878	0.931	0.917	1.052	1.211	1.167	1.149
0.5	1.069	0.957	0.848	0.802	0.786	0.74	0.716	0.769	0.81	0.847	0.869	0.956	0.989	1.098

$L_{Av}$ [cd/m <sup>2</sup> ]	1.07
$U_0$ [%]	67.20
$U_1$ [%]	67.63

Резултати прорачуна сјајности у коме је коришћена стандардна табела рефлексије за класу R3 са нормализованим коефицијентом сјајности (матрица R3007,  $Q_0=0.07$ )

X' [m] \ Y' [m]	1.43	4.29	7.14	10	12.86	15.71	18.57	21.43	24.29	27.14	30	32.86	35.71	38.57
5.5	1.067	1.053	1.166	1.183	1.211	1.113	0.973	1.055	1.23	1.072	1.015	1.13	1.065	1.201
4.5	1.414	1.368	1.458	1.451	1.422	1.315	1.201	1.305	1.418	1.279	1.256	1.344	1.28	1.45
3.5	1.489	1.47	1.481	1.466	1.416	1.353	1.267	1.363	1.408	1.258	1.249	1.358	1.325	1.415
2.5	1.246	1.284	1.241	1.205	1.158	1.103	1.056	1.173	1.234	1.126	1.143	1.288	1.277	1.215
1.5	1.055	1.086	1.036	0.969	0.917	0.877	0.87	0.964	1.038	0.99	1.026	1.156	1.108	1.072
0.5	0.948	0.877	0.798	0.774	0.759	0.722	0.725	0.791	0.842	0.86	0.858	0.883	0.925	0.989

$L_{Av}$ [cd/m <sup>2</sup> ]	1.15
$U_0$ [%]	62.83
$U_1$ [%]	75.23

Резултати прорачуна сјајности у коме је коришћена стандардна табела рефлексије за класу R2 са модификованим коефицијентом сјајности (матрица R2007,  $Q_0=0.80$ )

$X'$ [m] \ $Y'$ [m]	1.43	4.29	7.14	10	12.86	15.71	18.57	21.43	24.29	27.14	30	32.86	35.71	38.57
5.5	1.223	1.088	1.17	1.069	1.096	1.026	0.872	0.938	1.145	1.072	1.055	1.258	1.204	1.361
4.5	1.559	1.358	1.407	1.279	1.276	1.212	1.081	1.161	1.336	1.255	1.31	1.474	1.454	1.616
3.5	1.637	1.493	1.5	1.368	1.306	1.246	1.174	1.285	1.394	1.297	1.357	1.53	1.523	1.605
2.5	1.462	1.454	1.373	1.223	1.169	1.134	1.076	1.18	1.242	1.191	1.327	1.487	1.523	1.443
1.5	1.301	1.306	1.225	1.083	1.035	0.998	0.939	1.006	1.067	1.052	1.205	1.388	1.337	1.317
0.5	1.226	1.097	0.972	0.919	0.901	0.849	0.821	0.882	0.928	0.971	0.996	1.097	1.134	1.258

$L_{Av}$ [cd/m <sup>2</sup> ]	1.22
$U_0$ [%]	67.20
$U_1$ [%]	67.63

## **Прилог Ј**

Подаци о инсталацији осветљења, резултатима мерења сјајности и резултатима фотометријских прорачуна за саобраћајницу под редним бројем 9

Grâce-Hollogne, Rue des Nouvelles Technologies DeRoane (фотографија преузета са сајта <https://www.google.com/maps>)



Подаци о саобраћајници и инсталацији осветљења	
број возних трака	2
ширина возне траке [m]	3
висина оптичког центра светиљке [m]	10.3
превес [m]	0
нагиб [°]	5
растојање између суседних стубова [m]	40
распоред стубова	једностранни

тип светиљке: MC12 PC deep bowl 1317 -32/95 100W

тип извора светлости: натријум високог притиска снаге 100 W

Резултати мерења сјајности на терену

X' [m] \ Y' [m]	1.43	4.29	7.14	10	12.86	15.71	18.57	21.43	24.29	27.14	30	32.86	35.71	38.57
5.5	1	0.9	0.9	0.8	0.8	0.8	0.7	0.7	0.9	0.8	0.8	1	1	1
4.5	1.3	1.1	1.1	1	1	0.9	0.8	0.9	1	1	1	1.2	1.1	1.4
3.5	1.3	1.2	1.2	1	1	0.9	0.9	0.9	1	1	1	1.2	1.2	1.3
2.5	1.2	1.2	1	1	0.9	0.9	0.8	0.9	1	0.9	1	1.2	1.3	1.2
1.5	1.1	1.1	1	0.9	0.8	0.8	0.7	0.8	0.9	0.9	1	1.2	1.2	1.2
0.5	1.1	0.9	0.9	0.8	0.7	0.7	0.6	0.7	0.8	0.8	0.9	0.9	1	1.2

$L_{Av}$ [cd/m <sup>2</sup> ]	0.98
$U_0$ [%]	61.39
$U_1$ [%]	58.33

Резултати прорачуна сјајности у коме је коришћена табела рефлексије измерена помоћу лабораторијског рефлектометра на узорку коловоза (матрица S0292,  $Q_0=0.064$ )

$X' [m]$ $Y' [m]$	1.43	4.29	7.14	10	12.86	15.71	18.57	21.43	24.29	27.14	30	32.86	35.71	38.57
5.5	1.044	0.915	0.944	0.843	0.82	0.759	0.652	0.704	0.854	0.8	0.803	0.964	0.939	1.113
4.5	1.304	1.127	1.155	1.051	0.974	0.888	0.794	0.861	0.976	0.93	0.961	1.122	1.121	1.355
3.5	1.331	1.203	1.172	1.059	0.969	0.921	0.858	0.933	1.006	0.952	1.029	1.154	1.18	1.339
2.5	1.247	1.225	1.121	0.994	0.922	0.889	0.834	0.893	0.972	0.937	1.021	1.202	1.295	1.278
1.5	1.169	1.14	1.066	0.939	0.865	0.813	0.759	0.83	0.907	0.895	0.99	1.176	1.238	1.222
0.5	1.13	0.978	0.875	0.804	0.743	0.678	0.663	0.718	0.768	0.806	0.887	0.954	1.075	1.196

$L_{Av} [cd/m^2]$	0.99
$U_0 [\%]$	66.03
$U_1 [\%]$	61.30

Резултати прорачуна сјајности у коме је коришћена табела рефлексије одређена предложеном методом на основу мерења мобилним рефлектометром на првом узорку коловоза (матрица B1059m,  $Q_0=0.065$ )

$X' [m]$ $Y' [m]$	1.43	4.29	7.14	10	12.86	15.71	18.57	21.43	24.29	27.14	30	32.86	35.71	38.57
5.5	0.969	0.851	0.892	0.814	0.806	0.756	0.658	0.717	0.886	0.822	0.832	0.997	0.96	1.071
4.5	1.269	1.105	1.133	1.041	0.976	0.907	0.828	0.909	1.051	1.013	1.064	1.226	1.198	1.346
3.5	1.299	1.176	1.145	1.048	0.966	0.934	0.893	0.969	1.064	1.011	1.089	1.218	1.199	1.304
2.5	1.144	1.127	1.035	0.913	0.835	0.807	0.778	0.852	0.935	0.927	1.016	1.187	1.251	1.18
1.5	1.062	1.044	0.979	0.832	0.74	0.707	0.685	0.739	0.823	0.84	0.947	1.151	1.184	1.115
0.5	1.054	0.91	0.806	0.724	0.667	0.618	0.61	0.651	0.715	0.771	0.84	0.937	1.035	1.111

$L_{Av} [cd/m^2]$	0.96
$U_0 [\%]$	63.49
$U_1 [\%]$	57.80



Резултати прорачуна сјајности у коме је коришћена стандардна табела рефлексије за класу R2 са нормализованим коефицијентом сјајности (матрица R2007,  $Q_0=0.07$ )

X' [m] \ Y' [m]	1.43	4.29	7.14	10	12.86	15.71	18.57	21.43	24.29	27.14	30	32.86	35.71	38.57
5.5	1.067	0.949	1.02	0.932	0.956	0.895	0.761	0.819	0.999	0.935	0.92	1.097	1.05	1.187
4.5	1.359	1.184	1.227	1.115	1.113	1.057	0.943	1.013	1.166	1.095	1.143	1.286	1.268	1.409
3.5	1.428	1.302	1.308	1.193	1.139	1.086	1.024	1.121	1.216	1.132	1.183	1.334	1.328	1.4
2.5	1.275	1.268	1.198	1.067	1.019	0.989	0.939	1.029	1.084	1.039	1.157	1.297	1.329	1.259
1.5	1.135	1.139	1.069	0.945	0.903	0.871	0.819	0.878	0.931	0.917	1.052	1.211	1.167	1.149
0.5	1.069	0.957	0.848	0.802	0.786	0.74	0.716	0.769	0.81	0.847	0.869	0.956	0.989	1.098

$L_{Av}$ [cd/m <sup>2</sup> ]	1.07
$U_0$ [%]	67.20
$U_1$ [%]	67.63

Резултати прорачуна сјајности у коме је коришћена стандардна табела рефлексије за класу R3 са нормализованим коефицијентом сјајности (матрица R3007,  $Q_0=0.07$ )

X' [m] \ Y' [m]	1.43	4.29	7.14	10	12.86	15.71	18.57	21.43	24.29	27.14	30	32.86	35.71	38.57
5.5	1.067	1.053	1.166	1.183	1.211	1.113	0.973	1.055	1.23	1.072	1.015	1.13	1.065	1.201
4.5	1.414	1.368	1.458	1.451	1.422	1.315	1.201	1.305	1.418	1.279	1.256	1.344	1.28	1.45
3.5	1.489	1.47	1.481	1.466	1.416	1.353	1.267	1.363	1.408	1.258	1.249	1.358	1.325	1.415
2.5	1.246	1.284	1.241	1.205	1.158	1.103	1.056	1.173	1.234	1.126	1.143	1.288	1.277	1.215
1.5	1.055	1.086	1.036	0.969	0.917	0.877	0.87	0.964	1.038	0.99	1.026	1.156	1.108	1.072
0.5	0.948	0.877	0.798	0.774	0.759	0.722	0.725	0.791	0.842	0.86	0.858	0.883	0.925	0.989

$L_{Av}$ [cd/m <sup>2</sup> ]	1.15
$U_0$ [%]	62.83
$U_1$ [%]	75.23

Резултати прорачуна сјајности у коме је коришћена стандардна табела рефлексије за класу R2 са модификованим коефицијентом сјајности (матрица R2007,  $Q_0=0.064$ )

$X' [m]$ \ $Y' [m]$	1.43	4.29	7.14	10	12.86	15.71	18.57	21.43	24.29	27.14	30	32.86	35.71	38.57
5.5	0.981	0.873	0.938	0.857	0.879	0.823	0.699	0.753	0.919	0.86	0.846	1.009	0.966	1.091
4.5	1.25	1.089	1.128	1.025	1.023	0.972	0.867	0.931	1.072	1.007	1.051	1.182	1.166	1.296
3.5	1.313	1.197	1.203	1.097	1.047	0.999	0.942	1.03	1.118	1.041	1.088	1.227	1.221	1.288
2.5	1.172	1.166	1.102	0.981	0.937	0.91	0.863	0.946	0.996	0.955	1.064	1.193	1.222	1.157
1.5	1.043	1.048	0.983	0.869	0.83	0.801	0.753	0.807	0.856	0.843	0.967	1.113	1.073	1.056
0.5	0.983	0.88	0.78	0.737	0.722	0.681	0.659	0.707	0.745	0.779	0.799	0.879	0.909	1.009

$L_{Av} [cd/m^2]$	0.98
$U_0 [\%]$	67.20
$U_1 [\%]$	67.63

## **Прилог К**

Подаци о инсталацији осветљења, резултатима мерења сјајности и резултатима фотометријских прорачуна за саобраћајницу под редним бројем 10

Саобраћајница: Grâce-Hollogne, Rue de l'Avenir Verres Plats



Подаци о саобраћајници и инсталацији осветљења	
број возних трака	2
ширина возне траке [m]	3.5
висина оптичког центра светиљке [m]	9.3
превес [m]	-1.7
нагиб [°]	15
растојање између суседних стубова [m]	36
распоред стубова	једностранни
ширина паркинга са обе стране коловоза [m]	2.5

тип светиљке: MC3 PC flat glass 1289 -43/135 250 W

тип извора светлости: натријум високог притиска снаге 250 W

Резултати мерења сјајности на терену

X' [m] \ Y' [m]	1.5	4.5	7.5	10.5	13.5	16.5	19.5	22.5	25.5	28.5	31.5	34.5
6.42	2.7	2.4	2.4	1.9	1.5	1.3	2.3	1.4	1.8	2.2	2.2	2.6
5.25	3.3	2.9	2.7	2.1	1.7	1.4	1.3	1.5	1.9	2.4	2.6	3.1
4.08	3	2.9	2.8	2	1.7	1.4	1.3	1.5	1.9	2.4	2.6	2.8
2.92	2.4	2.5	2.5	1.9	1.6	1.4	1.3	1.5	1.8	2.1	2.2	2.2
1.75	1.8	1.9	2.1	1.7	1.5	1.4	1.2	1.3	1.5	1.8	1.7	1.7
0.58	1.4	1.4	1.8	1.4	1.4	1.2	1.1	1.2	1.2	1.5	1.3	1.4

L <sub>Av</sub> [cd/m <sup>2</sup> ]	1.91
U <sub>0</sub> [%]	57.73
U <sub>1</sub> [%]	57.14

Резултати прорачуна сјајности у коме је коришћена табела рефлексије измерена помоћу лабораторијског рефлектометра на узорку коловоза (матрица S0322,  $Q_0=0.048$ )

X' [m] \ Y' [m]	1.5	4.5	7.5	10.5	13.5	16.5	19.5	22.5	25.5	28.5	31.5	34.5
6.42	2.799	2.466	2.394	1.895	1.47	1.206	1.164	1.373	1.788	2.284	2.272	2.695
5.25	3.455	3.017	2.743	2.099	1.624	1.34	1.263	1.487	1.942	2.532	2.741	3.296
4.08	3.087	3.001	2.784	2.076	1.714	1.409	1.312	1.528	1.873	2.471	2.715	2.949
2.92	2.407	2.53	2.551	1.951	1.664	1.434	1.322	1.46	1.89	2.238	2.294	2.308
1.75	1.873	1.97	2.227	1.7	1.546	1.367	1.26	1.309	1.518	1.921	1.806	1.805
0.58	1.457	1.413	1.811	1.458	1.378	1.25	1.16	1.182	1.267	1.57	1.322	1.427

$L_{Av}$ [cd/m <sup>2</sup> ]	1.94
$U_0$ [%]	59.97
$U_1$ [%]	56.58

Резултати прорачуна сјајности у коме је коришћена табела рефлексије одређена предложеном методом на основу мерења мобилним рефлектометром на узорку коловоза (матрица B1007mod,  $Q_0=0.050$ )

X' [m] \ Y' [m]	1.5	4.5	7.5	10.5	13.5	16.5	19.5	22.5	25.5	28.5	31.5	34.5
6.42	2.493	2.384	2.45	2.057	1.7	1.447	1.459	1.578	1.766	2	1.996	2.318
5.25	3.076	2.799	2.709	2.143	1.724	1.463	1.43	1.571	1.85	2.185	2.417	2.869
4.08	2.786	2.705	2.677	2.053	1.696	1.437	1.382	1.573	1.797	2.212	2.305	2.594
2.92	2.243	2.292	2.414	1.905	1.611	1.422	1.353	1.418	1.616	1.959	1.976	2.029
1.75	1.772	1.819	2.091	1.638	1.487	1.338	1.224	1.244	1.349	1.687	1.578	1.592
0.58	1.361	1.326	1.703	1.397	1.321	1.191	1.096	1.09	1.152	1.405	1.182	1.273

$L_{Av}$ [cd/m <sup>2</sup> ]	1.83
$U_0$ [%]	59.60
$U_1$ [%]	58.53

Резултати прорачуна сјајности у коме је коришћена стандардна табела рефлексије за класу R1 са нормализованим коефицијентом сјајности (матрица R1010,  $Q_0=0.10$ )

X' [m] \ Y' [m]	1.5	4.5	7.5	10.5	13.5	16.5	19.5	22.5	25.5	28.5	31.5	34.5
6.42	4.422	3.907	3.864	3.166	2.697	2.434	2.524	2.86	3.313	3.919	3.902	4.409
5.25	5.652	4.865	4.566	3.619	3.052	2.739	2.815	3.242	3.775	4.655	5.071	5.577
4.08	5.248	4.879	4.702	3.629	3.19	2.865	2.914	3.322	3.764	4.729	5.023	5.179
2.92	4.194	4.232	4.319	3.414	3.105	2.914	2.954	3.201	3.448	4.325	4.329	4.155
1.75	3.347	3.415	3.7	2.977	2.864	2.765	2.788	2.938	3.003	3.719	3.452	3.336
0.58	2.687	2.535	3	2.574	2.556	2.524	2.536	2.615	2.61	3.025	2.564	2.701

$L_{Av}$ [cd/m <sup>2</sup> ]	3.55
$U_0$ [%]	68.63
$U_1$ [%]	74.34

Резултати прорачуна сјајности у коме је коришћена стандардна табела рефлексије за класу R2 са нормализованим коефицијентом сјајности (матрица R2007,  $Q_0=0.07$ )

X' [m] \ Y' [m]	1.5	4.5	7.5	10.5	13.5	16.5	19.5	22.5	25.5	28.5	31.5	34.5
6.42	2.928	2.72	2.9	2.809	2.557	2.319	2.557	2.899	3.182	3.349	2.998	2.962
5.25	3.533	3.24	3.149	2.856	2.529	2.405	2.707	2.937	3.317	3.857	3.488	3.51
4.08	3.121	3.11	2.971	2.683	2.502	2.305	2.526	2.713	3.013	3.64	3.103	3.075
2.92	2.468	2.567	2.598	2.36	2.219	2.148	2.327	2.501	2.509	3.024	2.562	2.408
1.75	1.951	2.038	2.265	1.986	1.965	1.938	2.053	2.148	2.011	2.287	1.987	1.911
0.58	1.559	1.521	1.887	1.703	1.715	1.704	1.74	1.774	1.643	1.731	1.46	1.553

$L_{Av}$ [cd/m <sup>2</sup> ]	2.51
$U_0$ [%]	58.19
$U_1$ [%]	83.58

Резултати прорачуна сјајности у коме је коришћена стандардна табела рефлексије за класу R1 са модификованим коефицијентом сјајности (матрица R1010,  $Q_0=0.048$ )

$X'$ [m] \ $Y'$ [m]	1.5	4.5	7.5	10.5	13.5	16.5	19.5	22.5	25.5	28.5	31.5	34.5
6.42	2.117	1.87	1.85	1.516	1.291	1.165	1.208	1.369	1.586	1.876	1.868	2.111
5.25	2.706	2.329	2.186	1.733	1.461	1.312	1.348	1.552	1.807	2.229	2.428	2.67
4.08	2.513	2.336	2.251	1.738	1.527	1.372	1.395	1.591	1.802	2.264	2.405	2.48
2.92	2.008	2.026	2.068	1.635	1.487	1.395	1.414	1.532	1.651	2.071	2.073	1.989
1.75	1.602	1.635	1.772	1.425	1.371	1.324	1.335	1.407	1.438	1.781	1.653	1.597
0.58	1.287	1.214	1.436	1.232	1.224	1.209	1.214	1.252	1.25	1.448	1.228	1.293

$L_{Av}$ [cd/m <sup>2</sup> ]	1.70
$U_0$ [%]	68.63
$U_1$ [%]	74.34

## **Прилог Л**

Подаци о инсталацији осветљења, резултатима мерења сјајности и резултатима фотометријских прорачуна за саобраћајницу под редним бројем 11



Саобраћајница: Grâce-Hollogne, Rue de l'Avenir Verres Bombés



Подаци о саобраћајници и инсталацији осветљења	
број возних трака	2
ширина возне траке [m]	3.5
висина оптичког центра светиљке [m]	9.3
превес [m]	-1.7
нагиб [°]	20
растојање између суседних стубова [m]	36
распоред стубова	једностранни
ширина паркинга са обе стране коловоза [m]	2.5

тип светиљке: MC3 PC deep bowl PMMA smooth 1289 -43/135 250 W

тип извора светлости: натријум високог притиска снаге 250 W

Резултати мерења сјајности на терену

X' [m] \ Y' [m]	1.5	4.5	7.5	10.5	13.5	16.5	19.5	22.5	25.5	28.5	31.5	34.5
6.42	2.3	2.3	2.3	2	1.7	1.7	1.8	1.8	2.1	2.3	2.2	2.2
5.25	2.7	2.5	2.4	2	1.7	1.7	1.8	2	2.3	2.6	2.4	2.7
4.08	2.8	2.5	2.4	2	1.7	1.7	1.8	1.9	2.3	2.6	2.5	2.7
2.92	2.3	2.1	2.3	1.8	1.5	1.5	1.6	1.7	2.1	2.3	2.2	2.3
1.75	1.7	1.7	1.7	1.5	1.4	1.4	1.3	1.4	1.6	2	1.7	1.7
0.58	1.4	1.3	1.5	1.4	1.2	1.2	1.2	1.3	1.4	1.6	1.3	1.4

$L_{Av}$ [cd/m <sup>2</sup> ]	1.91
$U_0$ [%]	62.88
$U_1$ [%]	65.00

Резултати прорачуна сјајности у коме је коришћена табела рефлексије измерена помоћу лабораторијског рефлектометра на узорку коловоза (матрица S0332,  $Q_0=0.054$ )

X' [m] \ Y' [m]	1.5	4.5	7.5	10.5	13.5	16.5	19.5	22.5	25.5	28.5	31.5	34.5
6.42	2.604	2.647	2.63	2.282	1.995	1.931	2.018	2.134	2.361	2.533	2.405	2.49
5.25	3.197	2.909	2.819	2.379	1.973	1.969	2.098	2.24	2.647	2.957	2.826	3.062
4.08	3.268	2.875	2.866	2.359	1.973	1.939	2.035	2.154	2.514	2.972	2.848	3.198
2.92	2.69	2.462	2.625	2.113	1.796	1.769	1.805	1.883	2.325	2.665	2.41	2.636
1.75	2.011	1.957	2.228	1.802	1.577	1.549	1.563	1.607	1.837	2.211	1.908	1.988
0.58	1.565	1.467	1.817	1.511	1.339	1.303	1.315	1.35	1.491	1.771	1.445	1.566

$L_{Av}$ [cd/m <sup>2</sup> ]	2.19
$U_0$ [%]	59.56
$U_1$ [%]	69.53

Резултати прорачуна сјајности у коме је коришћена табела рефлексије одређена предложеном методом на основу мерења мобилним рефлектометром на узорку коловоза (матрица A4E10,  $Q_0=0.055$ )

X' [m] \ Y' [m]	1.5	4.5	7.5	10.5	13.5	16.5	19.5	22.5	25.5	28.5	31.5	34.5
6.42	2.323	2.41	2.381	2.108	1.836	1.835	1.932	2.026	2.213	2.394	2.229	2.238
5.25	2.768	2.584	2.551	2.186	1.836	1.84	1.983	2.114	2.514	2.769	2.587	2.704
4.08	2.869	2.494	2.448	2.007	1.738	1.777	1.898	2.023	2.396	2.832	2.626	2.857
2.92	2.349	2.09	2.194	1.812	1.588	1.643	1.713	1.832	2.117	2.54	2.231	2.352
1.75	1.778	1.685	1.941	1.618	1.444	1.476	1.519	1.602	1.798	2.136	1.777	1.784
0.58	1.421	1.296	1.635	1.394	1.274	1.289	1.305	1.38	1.5	1.749	1.366	1.44

$L_{Av}$ [cd/m <sup>2</sup> ]	2.01
$U_0$ [%]	63.53
$U_1$ [%]	67.59

Резултати прорачуна сјајности у коме је коришћена стандардна табела рефлексије за класу R1 са нормализованим коефицијентом сјајности (матрица R1010,  $Q_0=0.10$ )

X' [m] \ Y' [m]	1.5	4.5	7.5	10.5	13.5	16.5	19.5	22.5	25.5	28.5	31.5	34.5
6.42	3.737	3.651	3.514	2.936	2.564	2.512	2.559	2.648	2.955	3.396	3.491	3.67
5.25	5	4.483	4.355	3.549	2.921	2.805	2.856	3.059	3.663	4.332	4.504	4.858
4.08	5.472	4.675	4.683	3.684	3.077	2.974	3.009	3.191	3.819	4.675	4.725	5.362
2.92	4.624	4.127	4.403	3.491	3.045	2.967	3.003	3.152	3.539	4.401	4.186	4.574
1.75	3.59	3.436	3.825	3.155	2.85	2.842	2.875	2.954	3.196	3.84	3.471	3.584
0.58	2.939	2.708	3.216	2.789	2.574	2.596	2.628	2.673	2.836	3.232	2.745	2.963

$L_{Av}$ [cd/m <sup>2</sup> ]	3.51
$U_0$ [%]	71.66
$U_1$ [%]	74.02

Резултати прорачуна сјајности у коме је коришћена стандардна табела рефлексије за класу R2 са нормализованим коефицијентом сјајности (матрица R2007,  $Q_0=0.07$ )

X' [m] \ Y' [m]	1.5	4.5	7.5	10.5	13.5	16.5	19.5	22.5	25.5	28.5	31.5	34.5
6.42	3.117	3.244	3.192	2.905	2.606	2.491	2.599	2.698	2.885	3.037	2.945	2.946
5.25	3.765	3.571	3.405	2.978	2.58	2.576	2.781	2.824	3.312	3.711	3.354	3.472
4.08	3.612	3.305	3.164	2.816	2.532	2.477	2.61	2.623	3.105	3.657	3.08	3.432
2.92	2.89	2.661	2.753	2.459	2.235	2.238	2.344	2.453	2.6	3.115	2.586	2.793
1.75	2.175	2.132	2.393	2.127	1.994	2.031	2.097	2.149	2.154	2.39	2.053	2.126
0.58	1.744	1.665	2.047	1.853	1.749	1.778	1.789	1.806	1.791	1.871	1.597	1.741

$L_{Av}$ [cd/m <sup>2</sup> ]	2.61
$U_0$ [%]	61.23
$U_1$ [%]	83.31

Резултати прорачуна сјајности у коме је коришћена стандардна табела рефлексије за класу R2 са модификованим коефицијентом сјајности (матрица R2007,  $Q_0=0.054$ )

$X'$ [m] \ $Y'$ [m]	1.5	4.5	7.5	10.5	13.5	16.5	19.5	22.5	25.5	28.5	31.5	34.5
6.42	2.403	2.502	2.461	2.24	2.009	1.921	2.004	2.08	2.225	2.341	2.271	2.272
5.25	2.903	2.753	2.625	2.296	1.989	1.986	2.144	2.178	2.554	2.861	2.586	2.677
4.08	2.785	2.548	2.44	2.172	1.952	1.91	2.013	2.023	2.394	2.819	2.375	2.646
2.92	2.228	2.052	2.122	1.896	1.723	1.726	1.807	1.891	2.005	2.402	1.994	2.154
1.75	1.677	1.644	1.845	1.64	1.537	1.566	1.617	1.657	1.661	1.843	1.583	1.639
0.58	1.345	1.284	1.578	1.429	1.348	1.371	1.379	1.392	1.381	1.443	1.231	1.343

$L_{Av}$ [cd/m <sup>2</sup> ]	2.01
$U_0$ [%]	61.23
$U_1$ [%]	83.31

## Биографија

Наташа Штрбац Хаџибеговић је рођена 2. 7. 1969. године у Београду. Основну школу "Војвода Мишић" у Београду завршила је као носилац Вукове дипломе. Завршила је Математичку гимназију „Вељко Влаховић“ 1988. године, након чега уписује Електротехнички факултет Универзитета у Београду. Основне академске студије, на Одсеку за енергетику, Смер за енергетске претвараче и погоне, завршила је 2002. године са просечном оценом у току студија 8,14 и оценом на дипломском раду 10. Постдипломске студије је завршила 2014. године на Електротехничком факултету Универзитета у Београду, модул Енергетски претварачи и погони, са просечном оценом 10 и одбраном магистарског рада под називом „Смернице за одређивање светлотехничке класе и израду оптималног решења осветљења саобраћајнице“.

Трећу годину докторских академских студија уписала је 2016. године, такође на Електротехничком факултету Универзитета у Београду.

По окончању редовних студија, у периоду 2002-2005, радила је као хонорарни стручни сарадник на Вишој електротехничкој школи у Београду, где је учествовала у извођењу вежби на табли и у лабораторији из предмета Електричне инсталације ниског напона са осветљењем, Електричне машине, Основи електроенергетике, Енергетска електроника и Електромоторни погони.

Од 24. 5. 2004. запослена је у Фабрици светиљки „Minel-Schröder“ у Београду, у Бироу за студије и пројектовање. Тренутно је у звању одговорни инжењер пројектант. До сада је била ангажована на више различитих захтевних међународних пројеката у Турској, Израелу и Скандинавији, где се бавила пројектовањем осветљења тунела и сложених саобраћајница, као и техно-економским анализама решења. Учествовала је у реализацији пројекта „Mesure Et Modélisation Photométriques In Situ“ (фотометријска мерења и моделовања на терену) у развојном центру R-Tech компаније Schröder, где се бавила мерењем, анализом и математичким моделовањем рефлексивних особина коловоза.

Члан је Комисије Z169 „Светлост и осветљење“ при Институту за стандардизацију Србије.

Активно се служи енглеским језиком.

Током докторских и постдипломских студија кандидаткиња је објавила три рада у међународним часописима са импакт фактором, два рада у зборницима међународних стручних скупова и осам радова у зборницима скупова националног значаја. Учествовала је у изради три студије, од којих је једну наручио реномирани инострани партнер.

#### Списак објављених радова

\* У вези са темом докторске дисертације

Радови објављени у научним часописима међународног значаја (M20)

1. N. Strbac-Hadzibegovic, S. Strbac Savic and M. Kostic, "A new procedure for determining the road surface reduced luminance coefficient table by on-site measurements", *Lighting Research and Technology*, Vol. 51, pp. 65-81, 2019 (M22)\*
2. N. Strbac-Hadzibegovic and M. Kostic, "Modifications of the CIE 115-2010 procedure for the selection of lighting classes for streets and roads intended for motor or mixed traffic", *Lighting Research and Technology*, Vol. 48, pp.340-351, 2016 (M22)
3. M. Kostic, L. Djokic, D. Pojatar and N. Strbac-Hadzibegovic, "Technical and economic analysis of road lighting solutions based on mesopic vision", *Building and Environment*, Vol. 44, pp. 66-75, 2009 (M21)

Зборници са међународних научних скупова (M30)

1. A. Djuretic and N. Strbac-Hadzibegovic, "Implementation of dynamic lighting in illumination of Main post office building in Belgrade", Proceedings of the 5th Conference Balkan Light 2012, Belgrade, pp. 24-31, 2012 (M33)
2. M. Kostic, L. Djokic, D. Pojatar and N. Strbac – Hadzibegovic, "Influence of the Theory of Mesopic Vision on Road Lighting Design" (invited paper), Proceedings of the 3rd Conference Balkan Light 2005, Cluj – Napoca, Romania, pp. 23-1–23-6, 2005 (M31)

#### Предавања на скуповима националног значаја (M60)

1. Наташа Штрбац Хаџибеговић, „Показатељи успешности ограничења физиолошког бљештања у јавном осветљењу“, Српско друштво за осветљење, Саветовање „Осветљење 2018“, Сребрно језеро, октобар 2018 (M63)
2. Наташа Штрбац Хаџибеговић, „Тунелско осветљење за специјалне намене“, Српско друштво за осветљење, Саветовање „Осветљење 2017“, Ниш, новембар 2017 (M63)
3. Наташа Штрбац Хаџибеговић, „Захтеви, препоруке и трендови у тунелском осветљењу“, Српско друштво за осветљење, Саветовање „Осветљење 2016“, Златар, новембар 2016 (M63)
4. Наташа Штрбац Хаџибеговић и Олдрих Кундрат, „Осветљење аеродромских и хелидромских радних површина“, Српско друштво за осветљење, Саветовање „Осветљење 2015“, Златибор, новембар 2015 (M63)
5. Н. Штрбац Хаџибеговић, „Осветљење у функцији повећања безбедности пешака у саобраћају“, Српско друштво за осветљење, Саветовање „Осветљење 2013“, Стара планина, новембар 2013 (M63)
6. Н. Штрбац-Хаџибеговић, „Полуцилиндрична осветљеност као критеријум осветљења путева за пешачки саобраћај“, Српско друштво за осветљење, Саветовање „Осветљење 2012“, Требиње, новембар 2012 (M63)
7. Н. Штрбац-Хаџибеговић, „Светлосно загађење“, Српско друштво за осветљење, Саветовање „Осветљење 2008“, Суботица, октобар 2008 (M63)

8. Н. Штрбац Хаџибеговић, “Уређај за анализу рефлексивних карактеристика коловозних површина на терену”, Српско друштво за осветљење, Саветовање “Осветљење 2006”, Пролом бања, новембар 2006 (М63)\*
9. А. Дрндаревић, Н. Штрбац Хаџибеговић и М. Костић, „Прорачуни осветљења путева – основне разлике између препорука CIE 30.2 и CIE 140“, Српско друштво за осветљење, Саветовање “Осветљење 2003”, Кладово, октобар 2003 (М63)

### Студије

1. М. Костић, Л. Ђокић, Н. Хаџиефендић и Н. Штрбац-Хаџибеговић, “Техно-економско поређење употребе натријумових извора високог притиска побољшаних карактеристика (типа MASTER) и конвенционалних натријумових извора високог притиска (типа PRO) у уличном осветљењу“, Наручилац: ЕДБ, 2004.
2. М. Kostic, L. Djokic, D. Pojatar and N. Strbac Hadzibegovic, “Technical and Economic Analysis of Road Lighting Solutions Based on Mesopic Vision”, ordered by Philips Lighting, 2004.
3. М. Kostic, L. Djokic, N. Hadziefendic and N. Strbac-Hadzibegovic, ”Improved photometric performance and energy savings in street lighting by application of luminaires with advanced optics and sealsafe degree of protection, high pressure sodium lamps of MASTER type and step-dimming ballasts”, Final report on project No. 401-00-36/2004-01, financed by both the European Agency for Reconstruction and the Belgrade Power Utility, 2005-2006.



## Изјава о ауторству

Име и презиме аутора Наташа Штрбац Хаџибеговић

Број индекса 5044/16

### Изјављујем

да је докторска дисертација под насловом

Унапређена метода за одређивање рефлексивних особина коловозних површина мерењима на терену

- резултат сопственог истраживачког рада;
- да дисертација у целини ни у деловима није била предложена за стицање друге дипломе према студијским програмима других високошколских установа;
- да су резултати коректно наведени и
- да нисам кршио/ла ауторска права и користио/ла интелектуалну својину других лица.

У Београду,

Потпис аутора

22.04.2019.

Наташа Штрбац

**Изјава о истоветности штампане и електронске верзије  
докторског рада**

Име и презиме аутора Наташа Штрбац Хацибеговић

Број индекса 5044/16

Студијски програм Електротехника и рачунарство

Наслов рада Унапређена метода за одређивање рефлексивних особина коловозних  
површина мерењима на терену

Ментор проф. др Миомир Костић

Изјављујем да је штампана верзија мог докторског рада истоветна електронској верзији коју сам предала ради похрањења у Дигиталном репозиторијуму Универзитета у Београду.

Дозвољавам да се објаве моји лични подаци у вези са добијањем академског назива доктора наука, као што су име и презиме, година и место рођења и датум одбране рада. Ови лични подаци могу се објавити на мрежним страницама дигиталне библиотеке, у електронском каталогу и у публикацијама Универзитета у Београду.

У Београду,

Потпис аутора

22.04.2019.



## Изјава о коришћењу

Овлашћујем Универзитетску библиотеку „Светозар Марковић“ да у Дигитални репозиторијум Универзитета у Београду унесе моју докторску дисертацију под насловом:

Унапређена метода за одређивање рефлексивних особина коловозних површина мерењима на терену

која је моје ауторско дело.

Дисертацију са свим прилозима предала сам у електронском формату погодном за трајно архивирање.

Моју докторску дисертацију похрањену у Дигиталном репозиторијуму Универзитета у Београду и доступну у отвореном приступу могу да користе сви који поштују одредбе садржане у одабраном типу лиценце Креативне заједнице (Creative Commons) за коју сам се одлучила.

1. Ауторство (CC BY)
2. Ауторство – некомерцијално (CC BY-NC)
3. Ауторство – некомерцијално – без прерада (CC BY-NC-ND)
4. Ауторство – некомерцијално – делити под истим условима (CC BY-NC-SA)
5. Ауторство – без прерада (CC BY-ND)
6. Ауторство – делити под истим условима (CC BY-SA)

(Молимо да заокружите само једну од шест понуђених лиценци. Кратак опис лиценци је саставни део ове изјаве).

У Београду,

Потпис аутора

22.04.2019.



1. Ауторство - Дозвољавате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце, чак и у комерцијалне сврхе. Ово је најслободнија од свих лиценци.
2. Ауторство – некомерцијално. Дозвољавате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце. Ова лиценца не дозвољава комерцијалну употребу дела.
3. Ауторство - некомерцијално – без прераде. Дозвољавате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, без промена, преобликовања или употребе дела у свом делу, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце. Ова лиценца не дозвољава комерцијалну употребу дела. У односу на све остале лиценце, овом лиценцом се ограничава највећи обим права коришћења дела.
4. Ауторство - некомерцијално – делити под истим условима. Дозвољавате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце и ако се прерада дистрибуира под истом или сличном лиценцом. Ова лиценца не дозвољава комерцијалну употребу дела и прерада.
5. Ауторство – без прераде. Дозвољавате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, без промена, преобликовања или употребе дела у свом делу, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце. Ова лиценца дозвољава комерцијалну употребу дела.
6. Ауторство - делити под истим условима. Дозвољавате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце и ако се прерада дистрибуира под истом или сличном лиценцом. Ова лиценца дозвољава комерцијалну употребу дела и прерада. Слична је софтверским лиценцама, односно лиценцама отвореног кода. \_\_