



Česká metrologická společnost, z.s.

Novotného lávka 5, 116 68 Praha 1

tel/fax: 221 082 254

e-mail: cms-zk@csvts.cz

www.apolky-csvts.cz/cms

Metodika orientačního měření

MPM 9.1.1/02/21

**METODIKA ORIENTAČNÍHO MĚŘENÍ OSVĚTLENOSTI
POZEMNÍCH KOMUNIKACÍ DYNAMICKÝM MĚŘICÍM
SYSTÉMEM**

Praha
říjen 2021

Vzorový metodický postup byl zpracován a financován ÚNMZ v rámci Plánu standardizace – Program rozvoje metrologie 2021
Číslo úkolu: VII/3/21

Zadavatel: Česká republika – Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, organizační složka státu

Řešitel: Česká metrologická společnost, z.s.

© ÚNMZ, ČMS

Neprodejné: Metodika je volně k dispozici na stránkách ÚNMZ a ČMS. Nesmí však být dále komerčně šířena.

1 Předmět metodiky

Předmětem metodiky je popis orientačního měření osvětlenosti pozemních komunikací pomocí dynamického měřicího systému (DMS). Orientační měření pomocí DMS je určeno pro měření osvětlovací soustavy celé pozemní komunikace nebo osvětlovacích soustav celého sídla, ne pro měření dílčích referenčních úseků. Dynamický měřicí systém umožňuje, v porovnání se statickými měřicími systémy, rychlejší měření osvětlení pozemních komunikací. Této vlastnosti lze využít při zjišťování homogenity osvětlení na dané pozemní komunikaci nebo v situaci, kdy je třeba vyhodnotit osvětlení celé sítě pozemních komunikací.

2 Související normy a metrologické předpisy

ČSN EN 12665	Světlo a osvětlení - Základní termíny a kritéria pro stanovení požadavků na osvětlení	[L1]
ČSN IEC 50 (845) ed.2	Mezinárodní elektrotechnický slovník (IEV) Kapitola 845 - Osvětlení	[L2]
ČSN 36 0011-1	Měření osvětlení prostorů - Část 1: Základní ustanovení	[L3]
ČSN 36 0011-4	Měření osvětlení prostorů - Část 4: Měření umělého osvětlení venkovních prostorů	[L4]
ČSN CEN/TR 13201-1	Osvětlení pozemních komunikací - Část 1: Návod pro výběr tříd osvětlení	[L5]
ČSN EN 13201-2	Osvětlení pozemních komunikací - Část 2: Požadavky	[L6]
ČSN EN 13201-3	Osvětlení pozemních komunikací - Část 3: Výpočet	[L7]
ČSN EN 13201-4	Osvětlení pozemních komunikací - Část 4: Metody měření	[L8]
TNI 01 0115	Mezinárodní metrologický slovník – Základní a všeobecné pojmy a přidružené termíny (VIM)	[L9]
TP 98	Technologické vybavení tunelů pozemních komunikací	[L10]
ISO/CIE 19476: 2014	Characterization of the performance of illuminance meters and luminance meters	[L11]
CIE 194:2011	On Site Measurement of the Photometric Properties of Road and Tunnel Lighting	[L12]
Vyhláška č.104/1997 Sb.	Vyhláška Ministerstva dopravy a spojů, kterou se provádí zákon o pozemních komunikacích	[L13]
Zákon č.505/1990 Sb.	Zákon o metrologii	[L14]
Vyhláška č.345/2002 Sb.	Vyhláška Ministerstva průmyslu a obchodu, kterou se stanoví měřidla k povinnému ověřování a měřidla podléhající schválení typu	[L15]

3 Kvalifikace pracovníků provádějících měření

Kvalifikace pracovníků provádějících měření venkovního osvětlení DMS je dána příslušným předpisem organizace. Tito pracovníci se seznámí s metodickým postupem upraveným na konkrétní podmínky daného pracoviště provádějícího měření a případnými (interními) souvisejícími předpisy.

Doporučuje se potvrzení odborné způsobilosti těchto pracovníků prokázat vhodným způsobem, například osvědčením o interním zaškolení, o absolvování odborného kurzu nebo certifikátem odborné způsobilosti. Úroveň školení závisí na zařazení pracovníka a důležitosti prováděné měřicí operace.

4 Názvosloví, definice

Názvosloví a definice jsou obsaženy v příslušných normách [L1, L2] a v publikacích o metrologické terminologii [L9]. Pro účely tohoto dokumentu platí následující termíny a definice:

4.1 dynamický měřicí systém, DMS (dynamic measurement system)

měřicí systém, který se při měření pohybuje podél povrchu pozemní komunikace

4.2 statický měřicí systém (static measurement system)

měřicí systém, který se při měření nepohybuje

4.3 osvětlenost (illuminance)

$$E \text{ (lx)}$$

podíl světelného toku $d\Phi$ dopadajícího na elementární plošku dA obsahující daný bod a velikosti dA této plošky

4.4 udržovaná osvětlenost (maintained illuminance)

$$\bar{E}_m$$

minimální průměrná osvětlenost

POZNÁMKA 1 Hodnota průměrné osvětlenosti, pod kterou nemá osvětlenost poklesnout.

POZNÁMKA 2 Je to průměrná osvětlenost v okamžiku, kdy má být provedena údržba.

4.5 rovnoměrnost osvětlenosti (uniformity)

$$U_o \text{ (-)}$$

poměr minimální a průměrné osvětlenosti povrchu

4.6 zvláštní parametr (particular parameter)

parametr počítaný, měření nebo hodnocený podle daných přesně definovaných podmínek, ale odlišných od podmínek stanovených v EN 13201-3

POZNÁMKA 1 Spolu s výsledky měření musí být uveden soubor podmínek.

4.7 rozšířená rovnoměrnost (extended uniformity)

zvláštní parametr určený pro matematickou analýzu nehomogenity osvětlení pozemní komunikace

4.8 systém děleného čidla (split detector system)

system pro měření vodorovné osvětlenosti dvojicí (dvojicemi) čidel, kde první čidlo každé dvojice měří příspěvek osvětlenosti z předního poloprostoru a druhé čidlo měří příspěvek osvětlenosti ze zadního poloprostoru

POZNÁMKA 1 Tento systém se obvykle používá u dynamického měřicího systému, kde je jedno čidlo upevněno na přední části vozidla a druhé na zadní části vozidla.

POZNÁMKA 2 Osvětlenost v kontrolním bodě se získá součtem údajů z obou čidel ve stejných prostorových souřadnicích.

4.9 stárnutí (ageing)

doba provozu světelného zdroje nezbytná pro dosažení počátečních hodnot fotometrických a elektrických veličin

4.10 doba stabilizace (stabilisation time)

doba provozu světelného zdroje potřebná pro dosažení stabilních hodnot fotometrických veličin a elektrického příkonu při konstantních napájecích podmínkách

4.11 nejistota měření (measurement uncertainty)

nezáporný parametr charakterizující rozptýlení hodnot veličiny přiřazených k měřené veličině na základě použité informace

4.12 chyba měření (measurement error)

naměřená hodnota veličiny minus referenční hodnota veličiny.

5 Měřidla a pomocná měřicí zařízení

Dynamický měřicí systém pro orientační měření osvětlenosti se skládá z fotočlánků, které zaznamenávají osvětlenost v kontrolních bodech, zařízení pro zaznamenání polohy, řídicí jednotky a ovládacího a vyhodnocovacího programu. Systém může být vybaven jedním nebo více fotočlánky. Při měření osvětlenosti pomocí DMS se pro ověření podmínek měření používají pomocné měřicí přístroje a pomůcky. Měřidla je nutné používat s

příslušenstvím dodaným nebo doporučeným výrobcem měřidla.

5.1 Hlavní měřidlo

- Hlavním měřidel DMS je soustava fotočlánků (luxmetrů) pro měření osvětlenosti.
- Vlastnosti luxmetrů se popisují dvanácti charakteristikami [L11].
- Nejdůležitější charakteristikou luxmetrů je spektrální citlivost fotonky. Tato charakteristika udává, jak poměrná spektrální citlivost luxmetru odpovídá poměrné spektrální světelné účinnosti standardního fotometrického pozorovatele CIE. Pro měření osvětlenosti u venkovního osvětlení se používají luxmetry, jejichž spektrální citlivost je přizpůsobena poměrné spektrální světelné účinnosti standardního fotometrického pozorovatele CIE pro fotopické vidění $V(\lambda)$. Při kalibrace nebo ověřování luxmetrů se používá CIE světelný zdroj A, odpovídající žárovce s wolframovým vláknem s teplotou chromatičnosti $T_c = 2\,856$ K. Pro měření jiných světelných zdrojů se v rámci kalibrace nebo ověřování luxmetrů určují korekční činitele pro jiné světelné zdroje s odlišným spektrálním složením a teplotou chromatičnosti.
- Druhou důležitou charakteristikou luxmetrů je směrová (kosinusová) odezva. Tato charakteristika určuje přesnost měření světla, které dopadá na hlavu fotometru v jiném směru než normálovém.
- Třetí důležitou charakteristikou luxmetrů je linearita. Tato charakteristika souvisí s chybami v odečtu hodnot osvětlenosti v důsledku změn citlivosti fotometru při různých úrovních osvětlení. Pro každý měřicí rozsah se při kalibraci nebo ověřování luxmetru uvádějí korekce na rozsahy.
- Pro orientační měření jsou luxmetry pracovními měřidly nestanovenými a pro tento typ měření nemusejí mít typovou zkoušku.
- Maximální lhůta kalibrace luxmetrů pro orientační měření je 5 let [L3], pokud nejsou vyšším právním předpisem nebo vnitřním předpisem požadovány lhůty kratší.

5.2 Pomocná měřidla a pomůcky

- Voltmetry se používají pro měření napájecího napětí světelného obvodu.
- Teploměry se používají pro měření teploty v měřeném prostoru.

6 Obecné podmínky měření – veličiny ovlivňující výsledky měření

- Umělé osvětlení pozemních komunikací pomocí DMS se měří v absolutních hodnotách osvětlenosti E (lx). Hodnoty osvětlenosti může ovlivňovat řada vnějších faktorů (teplota, napájecí napětí apod.). Proto je třeba podmínky měření zaznamenat a případně zohlednit při vyhodnocování naměřených hodnot.
- Osvětlenosti pozemních komunikací lze měřit pouze při klimatických podmínkách, které neovlivňují měření (sníh, déšť, mlha, vítr).
- Hodnoty osvětlenosti ovlivňuje stav světelných zdrojů. U nových světelných zdrojů dochází na začátku jejich provozu k významným změnám fotometrických a elektrických veličin. Z tohoto důvodu je třeba nechat světelné zdroje

po předepsanou dobu v provozu (tzv. stárnutí). Po této době dosáhnou fotometrické a elektrické veličiny světelných zdrojů svých počátečních hodnot.

- Při zapnutí světelných zdrojů trvá určitou dobu než se fotometrické a elektrické parametry ustálí. Z tohoto důvodu je třeba nechat osvětlovací soustavu před začátkem měření po předepsanou dobu zapnutou (doba stabilizace). Po této době dosáhnou světelné zdroje při konstantních napájecích podmínkách stabilních hodnot fotometrických veličin a elektrického příkonu.
- V průběhu provozu dochází ke stárnutí osvětlovací soustavy a poklesu světelného toku. Před měření je vhodné získat informace o stavu údržby a stáří osvětlovací soustavy.
- Světelný tok některých typů světelných zdrojů je závislý na teplotě okolí. Z tohoto důvodu je třeba teplotu prostředí zaznamenat, a pokud je vliv teploty významný je třeba provést korekci naměřených hodnot.
- Světelný tok některých typů světelných zdrojů je závislý na napájecím napětí. Z tohoto důvodu je třeba zaznamenat napájecí napětí, a pokud je vliv napětí významný je třeba provést korekci naměřených hodnot. U světelných zdrojů připojených na napájecí síť přes elektronické předřadníky je vliv změn napájecí napětí, vzhledem ke stabilizaci napětí předřadníkem, zpravidla zanedbatelný.

7 Metrologické meze využití metody měření

Osvětlenost E je světelně technická veličina, která se v praxi používá pro vyjádření kvantitativních požadavků na osvětlení a její jednotkou je lux (lx). Požadované hodnoty osvětlenosti závisí na typu komunikace, charakteristikách dopravy a okolního prostředí, na geometrickém uspořádání pozemní komunikace a jsou uvedeny v technické normě [L6].

Metodika orientačního měření osvětlení pozemních komunikací dynamickým měřicím systémem slouží pro terénní měření, není určena pro měření laboratorní. Hodnoty osvětlenosti se u osvětlení pozemních komunikací pohybují v rozsahu desetin až desítek luxů.

Pro orientační měření osvětlenosti je třeba používat DMS s rozsahem odpovídajícím mezím hodnotám osvětlenosti. Odhad rozšířené nejistoty u orientačního měření osvětlenosti pomocí DMS je v rozsahu $15 \% < U \leq 20 \%$.

8 Kontrola měřidla před použitím a příprava na měření

Před zahájením vlastního orientačního měření osvětlenosti pomocí DMS je třeba provést přípravu.

8.1 Shromáždění informací o měřeném prostoru

- geometrie pozemní komunikace (výkresová dokumentace, půdorysy, řezy);
- projektová dokumentace silnoproudých rozvodů s rozmístěním svítidel;
- projekt umělého osvětlení;
- účel měřeného pozemní komunikace;
- informace o typu osvětlovací soustavy;
- informace o svítidlech, světelných zdrojích a předřadných přístrojích;
- informace o ovládání a řízení osvětlovací soustavy;
- informace o stáří a údržbě osvětlovací soustavy (harmonogram údržby);
- informace o provozním stavu soustavy (nesvítící sv. zdroje).

8.2 Definování kontrolních ploch

Kontrolní plochy se stanovují v závislosti na účelu měření. Pro potřeby mapování stavu osvětlovací soustavy se předpokládá měření maximálního možného rozsahu, při ověřování typových osvětlovacích soustav je možné provést měření dílčích částí osvětlení.

8.3 Příprava osvětlovací soustavy

- Před měřením je třeba nechat světelné zdroje v provozu po stanovenou dobu (tzv. stárnutí), aby dosáhly počátečních hodnot fotometrických a elektrických veličin. Doba stárnutí u žárovek a halogenových žárovek je 1 hodina u výbojových zdrojů 100 hodin, u LED modulů pro všeobecné osvětlování 0 hodin, pokud výrobce neuvede jinak.
- Před vlastním měřením je třeba světelné zdroje, které již dosáhly doby stárnutí, nechat v provozu, aby došlo ke stabilizaci jejich fotometrických veličin a elektrického příkonu. Přitom je třeba zajistit konstantní napájecí podmínky. Za stabilizovaný se světelný tok považuje tehdy, když měřená hodnota osvětlenosti při měřeních s odstupem několika minut třikrát po sobě nevykazuje výrazné změny. U výbojových zdrojů a jiných zdrojů s luminoforem se považuje za minimální dobu stabilizace světelného toku 20 minut. U uzavřených svítidel může být tato doba delší.
- V případě, že je osvětlovací soustava ovládána a řízena řídicím systémem osvětlení provede se kontrola a nastavení řídicího systému na požadovanou úroveň.
- Při měření venkovního osvětlení je třeba vyloučit vliv denního osvětlení (měření po setmění) i světla parazitních světelných zdrojů, které by ovlivnily měření (reklamy, světlomety automobilů apod.).

8.4 Příprava měřicího přístroje

- Před vlastním měřením se fotočláanky DMS vystaví osvětlení, které řádově odpovídá měřené úrovni osvětlení.
- Před měřením je nutné fotočláanky DMS teplotně stabilizovat, a to z důvodu jejich silné teplotní závislosti. Pokud by měření probíhalo mimo teplotu, definovanou výrobcem, je nutné naměřené hodnoty korigovat korekčním činitelem na teplotu.
- Před měřením se provede kontrola baterií a stavu jejich nabití.

9 Postup měření

Vlastní orientační měření osvětlenosti pomocí DMS zahrnuje doplňkové měření a hlavní měření. Při doplňkovém měření se měří faktory ovlivňující měření osvětlení (teplota vzduchu, napájecí napětí apod.). Tato měření slouží k ověření podmínek, zda je možné za daného stavu měření provádět a případně se z naměřených hodnot odvodí korekční činitele, které se použijí při vyhodnocení měření.

9.1 Doplňková měření

Měření teploty

Doporučuje se provést měření teploty na začátku a konci měření. Teplota okolí může ovlivňovat nejen velikost světelného toku vyzařovaného svítidly, ale také přesnost měření DMS.

Měření napětí

Napětí se měří na svorkách měřeného světelné obvodu. Při měření svítidel s elektronickými předřadnými přístroji je toto měření pouze orientační a korekce na napětí se zpravidla neprovádí.

Vytyčení sítě kontrolních bodů

Dynamický měřicí systém provádí měření osvětlenosti za jízdy – kontrolní body jsou definovány průběžně řídicím systémem pomocí určování polohy snímače, například na bázi GPS.

9.2 Hlavní měření

- Vozidlo, na kterém je upevněn DMS nesmí stínit světelný tok, dopadající z měřené osvětlovací soustavy na fotočlánek, pokud není toto stínění zohledněno v postupu měření (dynamický měřicí systémů s děleným čidlem).
- Stínění vozidlem lze eliminovat použitím dvou fotočláneků. První fotočlánek měří světlo z poloprostoru směrem dopředu, druhý fotočlánek měří světlo z poloprostoru směrem dozadu.
- Při použití systému děleného čidla se se v postupu měření zohlední vliv stínění vozidla. Při vyhodnocování nejistoty se zohlední odhad přesnosti algoritmu pro stanovení osvětlenosti v kontrolním bodě z předního a zadního čidla.
- Nežádoucí vlivy jako jsou stíny vržené vozidlem, světlo odražené od vozidla, odrazy světla mezi vozidlem, detektorem a jeho pouzdrem, které ovlivňují měřené hodnoty, osvětlení musí být buď eliminovány, nebo musí být jejich vliv korigován a zohledněn při vyhodnocení nejistoty měření.
- Vozidlo, na kterém je DMS umístěn, nesmí světelně ani elektricky ovlivňovat údaje přístrojů. Pokud by k takovému ovlivňování docházelo, je třeba určit korekční činitele pro omezení těchto vlivů a případně je zohlednit při vyhodnocení nejistoty měření.
- Pokud to bezpečnostní důvody dovolují, nesmí být výška umístění fotočláneků nad povrchem pozemní komunikace větší než 300 mm.
- Pro orientační měření pomocí DMS nesmí být maximální rozteč mezi kontrolními

body větší než 1,0m.

9.3 Vyhodnocení měření

Naměřené hodnoty osvětlenosti jsou hodnoty nekorigované. Pokud je DMS tvořen systémem děleného čidla, získají se hodnoty osvětlenosti v jednotlivých kontrolních bodech součtem hodnot osvětlenosti z předního a zadního fotočlásku. Z kalibračního listu fotočlásku (luxmetru) se stanoví korekční činitel pro rozsah K_{2856i} a korekční činitel světelného zdroje K_{dj} pokud je měřený světelný zdroj jiný než teplotní zdroj, při kterém byl fotočlásek (luxmetr) kalibrován.

Vliv napájecího napětí se při malých odchylkách od jmenovitého napětí zahrne do odhadu nejistoty. U větších odchylek napájecího napětí se korekční činitel K_u určí ze vzorce:

$$K_u = \left[\frac{U_n}{U_m} \right]^c \quad (-) \quad (1)$$

kde je:

- U_n skutečné napětí při měření (V);
 U_m provozní napětí svítidla (V);
 c konstanta (tab. 1) závislá na druhu světelného zdroje, (-).

Tab. 1 Hodnoty konstanty c pro různé druhy světelných zdrojů

Světelný zdroj	c (-)
Žárovky pro všeobecné použití	3,6
Zářivky – induktivní zapojení	1,4
Zářivky – kapacitní zapojení	0,6
Zářivky – zapojení DUO	1,0
Zářivky – s elektronickým předřadníkem se stabilizací	0,0
Zdroje se stabilizovaným světelným tokem (např. LED)	0,0
Rtuťové vysokotlaké výbojky	2,5
Sodíkové nízkotlaké výbojky	0,0
Sodíkové vysokotlaké výbojky	1,7
Halogenidové výbojky	3,0

Pokud se teplota okolí výrazně liší od teploty laboratorní, při které se stanovují parametry fotometrických a elektrických veličin, určí se korekční činitel teploty K_T .

Naměřené nekorigované hodnoty osvětlenosti se vynásobí korekčními činiteli a získají se korigované hodnoty osvětlenosti.

$$E_k = K_{2856i} \cdot K_{dj} \cdot K_U \cdot E \quad (lx) \quad (2)$$

kde je:

- $K_{2856i,i}$ korekční činitel pro daný rozsah luxmetru (-);
 K_{dj} korekční činitel na měřený světelný zdroj (-);

K_U	korekční činitel napětí (-);
E	nekorigovaná hodnota osvětlenosti v kontrolním bodě (lx);
E_k	korigovaná hodnota osvětlenosti v kontrolním bodě (lx).

Při měření osvětlenosti na srovnávací rovině mohou být hodnoty osvětlenosti v kontrolních bodech z různých rozsahů luxmetru. V takové případě se má hodnota osvětlenosti v každém kontrolním bodě přepočítat korekčním činitelem pro daný rozsah. Tento postup je z časového hlediska poměrně náročný. Pokud se korekční činitele navazujících rozsahů příliš neliší nebo pokud hodnot osvětleností z jiného rozsahu není příliš mnoho, lze aplikovat korekční činitel na rozsah až na výslednou průměrnou hodnotu osvětlenosti.

Z naměřených hodnot se stanoví průměrné \bar{E} (lx), minimální E_{\min} (lx), a maximální E_{\max} (lx) hodnoty osvětlenosti. Z uvedených hodnot se stanoví rovnoměrnost osvětlení.

Rovnoměrnost osvětlení:

$$U_O = \frac{E_{\min}}{\bar{E}} \quad (-) \quad (3)$$

V dalším kroku se stanoví nejistoty měření (kapitola 10). Rozšířená nejistota se přepočítá z procent na lx a připojí se k výsledným korigovaným hodnotám osvětlenosti. Například korigovaná průměrná hodnota osvětlenosti bude $\bar{E} = 10$ lx a rozšířená nejistota bude $U = \pm 13\%$. Přepočítaná rozšířená nejistota bude $U = 1,3$ lx. Výsledek bude mít následující tvar:

$$\bar{E} = (10,0 \pm 1,3) \text{ lx}$$

Vedle osvětlenosti se lze pro podrobnější analýzu osvětlení celé osvětlovací soustavy použít další tzv. zvláštní parametry popsané v technické normě [L8].

Naměřené hodnoty spolu s nejistotami se porovnají s požadavky technických norem, právních předpisů, případně projektu. Podle výsledků měření mohou nastat čtyři následující situace:

- Pokud je zjištěná hodnota i s intervalem rozšířené nejistoty ($\pm U$) sledovaného parametru nad požadovaným limitem, považuje se to za vyhovující stav.
- Pokud je hodnota i celý interval rozšířené nejistoty pod limitem, jedná se o nevyhovující stav.
- Vyskytne-li se případ, že hodnota je nad limitem, ale spodní mez intervalu rozšířené nejistoty je pod limitem, nelze tvrdit, že stav je vyhovující.
- Vyskytne-li se případ, že hodnota je pod limitem, ale horní mez intervalu rozšířené nejistoty je nad limitem, nelze tvrdit, že stav je nevyhovující.

V obou posledních případech je nutné buď měření zopakovat s přesnějším postupem

měření, nebo zajistit jiný odborný náhled (např. posouzení hygienika).

Na závěr vyhodnocení se uvede, zda podmínky osvětlení zjištěné měřením vyhovují hodnotám požadovaným právními předpisy a technickými normami, popřípadě zda odpovídají projektu.

10 Stanovení nejistoty měření (příklad)

Obecně lze nejistoty měření rozdělit dle mechanismu vzniku na nejistoty měření typu A a nejistoty měření typu B. Nejistota typu A je směrodatná odchylka aritmetického průměru. Je tedy možné ji uplatnit pouze při opakovaných měřeních. Vzhledem k tomu, že měření osvětlenosti se provádí pro každý kontrolní bod pouze jednou, určí se nejistota měření pouze z nejistoty typu B. Nejistotu typu B tvoří nejistoty měřicího přístroje (luxmetru) a nejistoty metody měření. Nejistoty luxmetru se určí z charakteristik uváděných výrobcí (tab. 2)

Tab. č. 2 Charakteristiky luxmetrů včetně dodatečných vlastností DMS

Charakteristika	Symbol	Rozdělení	Rozsah hodnot chyby (%)
Nejistota kalibrace	u_{cal}	rovnoměrné	1,5 – 3,0
Spektrální chyba	f_1	rovnoměrné	3,0 – 6,0
Citlivost na UV záření	u	rovnoměrné	1,0 – 2,0
Citlivost na IR záření	r	rovnoměrné	1,0 – 2,0
Směrová chyba	f_2	rovnoměrné	1,5 – 3,0
Linearita	f_3	rovnoměrné	1,0 – 2,0
Chyba zobrazovací jednotky	f_4	rovnoměrné	3,0 – 4,5
Únava	f_5	rovnoměrné	1,0 – 2,0
Teplotní závislost	f_6	rovnoměrné	2,0 – 10,0
Časově proměnné záření	f_7	rovnoměrné	0,2 – 0,5
Nerovnoměrnost osvětlení snímače	f_9	rovnoměrné	15,0 – 30,0
Změna rozsahu	f_{11}	rovnoměrné	0,5 – 1,0

Tab. č. 3 Chyby měřicí metody

Typ chyby	Rozdělení
Chyba plošného umístění	normální
Chyba výškového umístění	normální
Chyba odchylky od roviny	normální
Chyba souřadnic bodu	normální
Chyba efektivní plochy měřicího bodu	normální
Chyba skutečné polohy fotočlánku	normální
Ostatní	rovnoměrné

Dílčí nejistoty $u_{B,i}$ se určí ze vztahu:

$$u_{B,i} = \frac{z_{\max,i}}{\chi_i} \quad (\%) \quad (4)$$

kde je:

$z_{\max,i}$ maximální předpokládaná velikost odchylky od konvenčně správné hodnoty parametru i (%);

χ_i koeficient rozdělení parametru i (-).

Standardní nejistota typu B se určí ze vztahu:

$$u_B = \sqrt{u_{B1}^2 + u_{B2}^2 + u_{B3}^2 + \dots + u_{Bn}^2} \quad (\%) \quad (5)$$

kde je:

u_{B1} až u_{Bn} dílčí nejistoty jednotlivých parametrů (%).

Rozšířená nejistota měření U se určí podle vztahu:

$$U = k \cdot u_B \quad (\%) \quad (6)$$

kde je:

k koeficient rozšíření.

Pro pokrytí 95% pravděpodobnosti výskytu správné hodnoty ve vypočteném intervalu nejistoty měření se používá koeficient $k = 2$.

10.1 Příklad stanovení nejistoty

Bylo provedeno měření osvětlení pomocí kalibrovaného DMS s následujícími charakteristikami:

Tab. č. 4 Charakteristiky DMS

Charakteristika	Symbol	Chyba (%)	Rozdělení	Standardní nejistota (%)
spektrální chyba	f_1	6	$\sqrt{3}$	-
nejistota kalibrace daného zdroje světla		-	-	2,2
citlivost na UV záření	u	2	$\sqrt{3}$	1,15
citlivost na IR záření	r	2	$\sqrt{3}$	1,15
směrová chyba	f_2	3	$\sqrt{3}$	1,73
linearita	f_3	2	$\sqrt{3}$	1,15
chyba zobrazovací jednotky	f_4	4,5	$\sqrt{3}$	-
nejistota kalibrace pro daný měřicí rozsah		-	-	2,2
únava	f_5	1	$\sqrt{3}$	0,58
časově proměnné záření	f_7	0,2	$\sqrt{3}$	0,12
změna rozsahu	f_{11}	0,5	$\sqrt{3}$	0,29

Tab. č. 5 Nejistoty metody měření

Typ chyby	Chyba (%)	Rozdělení	Standardní nejistota (%)
Chyba plošného umístění	2	3	0,67
Chyba výškového umístění	1	3	0,33
Chyba odchylky od roviny	2	3	0,67
Chyba souřadnic bodu	2	3	1,15
Chyba efektivní plochy měřicího bodu	2	3	1,15
Chyba skutečné polohy čidla	2	3	1,15
Ostatní	5	$\sqrt{3}$	2,89

Z vypočtených nejistot byla stanovena celková standardní nejistota typu B:

$$u_B = \sqrt{2,2^2 + 1,15^2 + \dots + 1,15^2 + 2,89^2} = 5,51\%$$

Rozšířená nejistota je:

$$U = k \cdot u_B = 2 \cdot 5,51 = 11,02\%$$

11 Záznamy o měření

Protokol o měření osvětlenosti pomocí DMS má obsahovat následující informace potřebné pro kontrolu a možnost ověření měření:

- označení pozemních komunikací;
- datum a čas měření;
- účel, druh a stupeň přesnosti měření;
- informace o použitých měřicích přístrojích (kalibrační list);
- charakteristika pozemní komunikace (rozměry, zařízení, účel apod.);
- popis osvětlovací soustavy (typ, svítidla, světelné zdroje, řídicí systémy);
- stav údržby (znečištění, lhůty čištění apod.);
- podmínky a postup měření (stínění, funkční stav osvětlovací soustavy, stabilizace, stárnutí, regulace, napájecí napětí, teplota vzduchu);
- výkres se zakreslením měřených komunikací;
- výsledky měření v podobě tabulky nebo zápisu do výkresu, použité korekce;
- vyhodnocení měření, porovnání výsledků s požadavky;
- seznam osob účastnících se měření;
- objednatel;
- podpis odpovědného pracovníka.

Protokol o měření osvětlenosti pomocí DMS má mít a jedinečné kódové označení pro jeho jednoznačnou identifikaci. Jednotlivé strany protokolu mají být očíslovány.

Příklad struktury protokolu o měření osvětlenosti pomocí DMS

A. Identifikační údaje

- A1 Název projektu;
- A2 Druh měření (měřené veličiny, typ měření);
- A3 Objednatel;
- A4 Zpracovatel;
- A5 Osoby provádějící měření;
- A6 Datum a čas měření.

B. Podklady

- B1 Seznam vstupních podkladů (výkresová dokumentace, prohlídka, fotodokumentace);
- B2 Seznam použitých technických norem a právních předpisů.

C. Stavba, prostor, prostředí, okolí

- C1 Geometrie pozemní komunikace;

- C2 Typ pozemní komunikace (označení, účel);
- C3 Stínící překážky, cizí zdroje světla.

D. Osvětlovací soustava

- D1 Typ osvětlovací soustavy;
- D2 Svítidla;
- D3 Světelné zdroje;
- D4 Ovládací a řídicí zařízení a jejich nastavení;
- D5 Stav údržby.

E. Parametry prostředí

- E1 Napájecí napětí;
- E2 Klimatické podmínky (vlhko, sníh, mlha);
- E3 Teplota.

F. Měřicí přístroje

- F1 Hlavní měřicí přístroje (fotočlánky), typ, výrobce, číslo, kalibrace;
- F2 Pomocné měřicí přístroje (voltmetr, teploměr).

G. Měření

- G1 Stav osvětlovací soustavy (nefunkční zdroje, stav regulace);
- G2 Typ měření;
- G3 Měření pozemní komunikace;
- G4 Měřená pole (umístění, výška);
- G5 Kontrolní body;
- G6 Naměřené (korigované) hodnoty v tabelární nebo výkresové podobě (viz příloha);
- G7 Korekční činitele a nejistoty měření;
- G9 Stanovení požadovaných korigovaných hodnot s vyjádřením nejistoty (průměrné hodnoty osvětlenosti).

H. Vyhodnocení měření

- H1 Porovnání výsledků měření s požadavky;
- H2 Zhodnocení měření (osvětlení vyhovuje/nevyhovuje);
- H3 Podpis odpovědné osoby.

Přílohy

- P1 Výkresy situace s rozmístěním světelných míst a měřicích polí;
- P2 Naměřené hodnoty osvětleností v kontrolních bodech (tabulky nebo výkresy);
- P3 Ověřovací listy hlavních měřicích přístrojů;
- P4 Ověření odborné způsobilosti osoby zodpovědné za měření.

12 Péče o metodický postup

Originál metodického postupu je uložen u jeho zpracovatele, další vyhotovení jsou předána příslušným pracovníkům podle rozdělovníku (viz čl. 13.1 tohoto postupu).

Změny, popř. revize metodického postupu provádí jeho zpracovatel. Změny schvaluje vedoucí zpracovatele nebo metrolog organizace.

13 Rozdělovník, úprava a schválení, revize

Uvedený příklad je pouze orientační a subjekt si může tuto dokumentaci upravit podle interních předpisů o řízení dokumentů.

13.1 Rozdělovník

Metodický postup		Převzal		
Výtisk číslo	Obdrží útvar	Jméno	Podpis	Datum

13.2 Úprava a schválení

Metodický postup	Jméno	Podpis	Datum
Upravil			
Úpravu schválil			

13.3 Revize

Strana	Popis změny	Zpracoval	Schválil	Datum

Upozornění

Tento metodický postup je třeba považovat za vzorový. Doporučuje se, aby jej organizace přizpůsobila svým požadavkům s ohledem na své metrologické vybavení a konkrétní podmínky.