Metody měření osvětlení a parametrů pozemních komunikací v praxi

Publikováno: 31. 12. 2016
CDV

Úvod do problematiky

Úkolem veřejného osvětlení (VO) je kromě zvyšování atraktivity měst a obcí v nočních hodinách také zajišťovat bezpečnost dopravy, osob a majetku. Parametry, které mají vliv na kvalitu VO jsou intenzita a rovnoměrnost osvětlení pozemní komunikace (PK). Přičemž řidiče motorových vozidel ovlivňuje převážně míra oslnění a intenzita osvětlení, která má vliv na přehlednost silniční komunikace. Jak popisuje studie „Vyhodnocení vlivu úrovně hladiny osvětlení na počet dopravních nehod: 2.část“, kde na 12 sledovaných pozemních komunikacích (PK) s nově navrženým VO došlo k výraznému snížení dopravních nehod (DN). Dle statistiky nehodovosti za rok 2015 se v České republice za tento rok stalo 11 139 dopravních nehod v noci v osvětlených částech obcí a měst za nezhoršené viditelnosti, při kterých zemřelo 31 osob. Hmotné škody za tyto nehody se vyšplhaly cca na 520 mil. Kč.

Na základě těchto informací by tedy bylo vhodné věnovat pozornost kvalitě VO na rizikových úsecích PK. Proto zde vyvstává úkol zmíněné úseky identifikovat a zkoumat. Zda v daném úseku má na nehodovost vliv právě kvalita veřejného osvětlení, či jiné další parametry PK.

Představení projektu

Projekt *Vliv osvětlení pozemních komunikací na nehodovost* se zkráceným označením OPKON je zpracováván společností ELTODO, a.s. a Centrum dopravního výzkumu, v. v. i. díky podpoře TA ČR v programu OMEGA.

Primárním cílem projektu je zjištění vlivu kvality VO na dopravní nehodovost, a to pomocí měření dvou speciálních měřících vozidel na předem stanovených úsecích se zvýšenou dopravní nehodovostí, kde byl zjištěn výskyt dopravních nehod v nočních hodinách i při zapnutém veřejném osvětlení. Po identifikaci rizikových úseků na silniční síti je možné zkoumat, zdali je dopravní nehodovost způsobena jedním z parametrů PK nebo má na ni vliv i umělé osvětlení v nočních hodinách. Na těchto základech vznikne metoda pro identifikaci míst častých dopravních nehod s vlivem veřejného osvětlení a jejich přehledná vizualizace v mapě. Správa a údržba silniční sítě bude mít tak k dispozici podklady pro rozhodování, kam zacílit finanční prostředky pro odstraňování nehodových či rizikových úseků komunikací. Tím vzroste efektivita investování do údržby silniční sítě a dojde tak ke snížení celospolečenských ztrát z dopravní nehodovosti na vybraných úsecích.

Pro řešení projektu bude využito systému MOMOK® obsahující měřící vozidlo vybavené speciálním HW a SW pro stanovení míry osvětlení PK a dalšího speciálního měřícího vozidla vybaveného HW a SW prvky pro efektivní zpracování bezpečnostních inspekcí a rizikových míst na PK. Cílem měření je zhotovení komplexní analýzy stavu osvětlovací soustavy VO a identifikace rizikových charakteristických atributů na vybraných úsecích silniční sítě.

Systém MOMOK® (**MO**bilní **M**ěření **O**světlenosti **K**omunikací) měří pomocí čidel umístěných na střešní konstrukci kvalitu osvětlení komunikací. Následně data zpracovává pomocí SW aplikace a pomocí algoritmů vyhodnocuje příslušnou třídu osvětlení dle normy. Naměřená data jsou následně zaznamenávána přímo do GIS aplikace, která umožňuje pasport VO v obci v reálném čase. Princip měření vychází částečně z technické normy ČSN EN 13201 - 4, i když cílem měření není absolutní určení všech normou kladených požadavků. V průběhu měření se PK dělí do tzv. logických úseků, dle následujících parametrů, které v každém logickém úseku musejí být konstantní. Jedná se o následující parametry:

- šířka jízdního pásu
- výška světelného bodu
- pozice světelného bodu vůči jízdnímu pásu
- typ osvětlovací soustavy
- jas okolí
- intenzita dopravy
- konfliktní oblast
- parkující vozidla
- počet křižovatek

Schéma měřícího vozidla využívající systém MOMOK®

Na základě těchto měřených parametrů je možné ke každému logickému úseku přiřadit třídu osvětlení a přepočítat osvětlenost z čidel na střeše vozidla na úroveň vozovky. Zde dochází k předpokladu, že všechny měřené úseky zařazené do jiných tříd osvětlení, lze hodnotit dle převodní tabulky pro osvětlení, kterou uvádí norma ČSN CEN/TR 13201-1 jako třídy osvětlení C a M). Na každém úseku jsou pak sledované veličiny vodorovná osvětlenost a hladina osvětlení. Kvalitativní parametry, jako podélná a příčná rovnoměrnost, nejsou posuzovány.

Zásadní výhoda dynamického měření systémem MOMOK® je oproti statickému měření taková, že lze změřit celou komunikaci osazenou veřejným osvětlením v obcích nebo ve městě a v reálném čase vše zaznamenávat do databáze a GIS aplikace s informací o kvalitě navržené osvětlovací soustavy. Výsledkem měření je pak protokol, ve kterém je zaznamenána hodnota průměrné osvětlenosti měřeného úseku. Dále je v protokolu vyhodnocen stav soustavy VO měřeného úseku, kde soustava může být buď předimenzovaná, poddimenzovaná nebo optimální. Předimenzovaná soustava splňuje normu, ovšem komunikace je zbytečně přesvětlená a dochází zde k plýtvání elektrické energie. Poddimenzovaná soustava zajišťuje nedostatečnou osvětlenost povrchu komunikace a soustava optimální splňuje požadavky osvětlenosti dle normy bez zbytečných ztrát na el. energii.

Měřící vozidlo (jinak zvané inspekční) je určeno pro pasport PK a provádění bezpečnostních inspekcí na vybraných úsecích. Jedná se o komplexní systém vytvořený v rámci VaV projektu IDEKO zaměřeného na identifikaci bezpečnostních rizik na PK. Obsahuje zařízení pro měření fyzikálních veličin s přesnou lokalizací objektů v systému GPS a videozáznam projížděné komunikace.

Jedním průjezdem vozidla, pro každý směr jízdy, po komunikaci s asistovaným komentářem auditora bezpečnosti PK se identifikují a za jízdy lokalizují nejvýznamnější bezpečnostní rizika, která spolu s parametry nasvětlení PK mohou mít vliv na lokální nehodovost. V kombinaci s využitím metodiky „Řešení kritických míst na pozemních komunikacích v extravilánu se identifkují následující parametry komunikace:

- staničení
- výška,
- poloha (GPS, S-JTSK)
- rychlost, zrychlení, zpomalení
- podélný sklon,
- příčný sklon
- zájmové objekty
- bezpečnostní rizika
- GPS jednotka Mti 100-series přesnost
  - Horizontální: 1,0 m
  - Vertikální: 2,0 m
  - Rychlost: 0,1 m/s

Měřící vozidlo (inspekční vozidlo)

Osvětlení na pozemních komunikacích

Jedním z podkladů pro návrh nové soustavy nebo rekonstrukci veřejného osvětlení by měla být světelně-technická studie daného úseku na dopravní síti či prověřovaném místě, která bude zahrnovat informace o jeho aktuálním stavu. Návrh VO musí vycházet z přizpůsobení rozmístění a výšky světelných bodů, které jsou navrženy s ohledem na technicko-ekonomické parametry. Jelikož je na trhu v současné době k dispozici velké množství svítidel, které se liší typem použitého světelného zdroje, velikostí, předřadníkem, charakterem vyzařování světla atd., je na místě věnovat dostatek času výběru typu svítidla.

Jako svítidlo lze označit vše, co souvisí se směrováním, filtrováním a usměrňováním světla do požadovaného prostoru. Jedná se hlavně o světelné zdroje, optiku, předřadníky a části, které slouží pro upevnění svítidla a jeho ochranu.

Pro světelný zdroj se u osvětlování pozemní komunikace nejčastěji užívá vysokotlaké sodíkové výbojky, halogenidové výbojky a zdroje se světlo emitujícími diodami (LED).

K posouzení správnosti výběru svítidla by měla pomoci i technická norma ČSN EN 13201 – 2, která stanovuje požadavky pro osvětlení PK. Tato norma i její další části z června 2016 nově nahrazují původní normu ČSN EN 13201 z května 2005 resp. března 2007 v případě její první části.

Dle technické normy ČSN/TR 13201 – 1 je potřeba danou PK nejprve zařadit do tzv. třídy osvětlení. Třídy osvětlení se stanovují na základě parametrů dané PK, podmínek, které na ni převládají. Na komunikacích pro motorovou dopravu se rozlišují třídy od M1 (dříve ME1) na nejnáročnějších úsecích těchto komunikací až po M6 (dříve ME6), kde požadavky na osvětlení PK nejsou tolik náročné. V konfliktních oblastech se posuzuje osvětlení dle třídy C (dříve CE). Tyto oblasti jsou definovány jako místa, kde se střetávají například motorová vozidla a chodci či cyklisté a je tak zvýšené jejich riziko kolizí. Na PK, kde nelze jednoznačně vyhodnocovat jas, může být posuzována PK pro motorovou dopravu, jako třída C dle převodní tabulky *M and C lighting classes of comparable lighting level for different values of Q0 for road surface* [6]. Na PK pro pěší a oblasti, kde se vozidla pohybují malou rychlostí, se posuzuje osvětlení dle třídy P (dříve S).

Pro ověření správnosti navrženého svítidla může posloužit světelně technický výpočet dle kapitoly 7.2.3 uvedené v ČSN EN 13201 – 3. Nejčastěji se za tímto účelem používají výpočtové programy, které na základě parametrů PK, charakteristice vyzařování svítidla, výšce jeho umístění a dalších hodnot, nasimulují budoucí stav VO. Správnost návrhu lze následně reálně změřit pomocí luxmetrů a jasoměrů postupy, které stanovuje již zmiňovaná norma.

Vliv osvětlení PK na vnímání řidičů a bezpečnost silničního provozu

Jedním z parametrů, dle kterého je hodnocena kvalita osvětlení PK, je průměrný jas PK vyjádřený v kandelách na metr čtvereční (cd.m-2). Průměrný jas povrchu komunikace vyjadřuje, jak její osvětlený povrch působí na řidiče vozidel. Z toho vyplývá, že průměrný jas závisí na odrazných vlastnostech povrchu, osvětlenosti povrchu PK a poloze pozorovatele vůči pozorovanému místu. Zrakové úkony řidiče jsou při nízkých úrovních osvětlení, jako se používá v noci na PK, rychlejší s růstem jasu. Řidičovo oko ve vyšších jasech lépe rozeznává kontrasty a vidí ostřeji.

Zároveň je nutné splnění požadavku na rovnoměrnost jasů. „Celková rovnoměrnost jasů ovlivňuje míru toho, jak jsou řidiči schopni rozpoznat dopravní značky, předměty a ostatní uživatele komunikace“ [9]. Nerovnoměrnost jasů povrchu PK způsobuje nepříjemné střídání úseků s vysokým jasem, ze kterých řidič vjíždí do tmavých míst a oči se tak musejí těmto změnám stále přizpůsobovat. Proto se rovnoměrnost jasu vyjadřuje jako poměr mezi minimální hodnotou jasu a průměrnou hodnotou.

Další faktory, které v noci ovlivňují bezpečnost na pozemní komunikaci, jsou oslnění a činitel

osvětlenosti okolí. Nevhodně zvolené svítidlo může v noci negativně oslňovat uživatele pozemních komunikací a zhoršovat tak viditelnost. Poslední parametr je činitel osvětlenosti okolí, který uvádí, jak moc budou osvětleny předměty vyskytující se v bezprostřední blízkosti dané pozemní komunikace.

Základní analýza dopravních nehod

V prvním roce řešení projektu byla provedena analýza na intravilánových komunikacích v celé ČR. Pro analýzu byla použita nehodovost z let 2011 – 2015 z databáze PČR. Byly vybrány všechny nehody v noci s veřejným osvětlením (za zhoršené i nezhoršené viditelnosti), nehody pod vlivem alkoholu v souboru dat zůstaly ponechány.

Byly identifikovány kraje s největší nehodovostí v intravilánu s věřejným osvětlením v nočních hodinách. Nehodovost byla vztažena k dopravnímu výkonu. Data byla vzata souhrnně vždy pro celý kraj. Nehody nebylo možné přepočítat za pomocí intenzit, jelikož do Celostátního sčítání dopravy nejsou zahrnuty všechny silnice III. třídy. Proto bylo využito přepočtu pomocí dopravního výkonu za průměrný den. Hodnoty dopravního výkonu komunikací v noci nebylo možné použít, jelikož tato data nebyla dostupná.

Tab. 1 Kraje s nejvyšším podílem dopravních nehod

Kraj	S nehodami v křižovatkách			Bez nehod v křižovatkách		
	DN	Dopravní výkon	hustota	DN	Dopravní výkon	hustota
Moravskoslezský	2840	10878	2,6	1933	10878	1,8
Ústecký	1927	7699	205	1200	7699	1,6

Na základě předchozího srovnání byly vybrány dva kraje s nejvyšším podílem dopravních nehod (DN) – Moravskoslezský a Ústecký kraj (oba kraje mají nejvyšší podíl DN bez ohledu na to, zda jsou započítány DN v noci s veřejným osvětlením v křižovatkách či nikoliv). Analýza měla tyto okrajové podmínky: ze souboru dat byly vyloučeny nehody v křižovatkách (kvůli komplikacím s určováním silniční příslušnosti nehod), byly vyloučeny úseky komunikací o délce < 500 m, na úseku musely být vždy alespoň 3 nehody, úsekem komunikace se rozumí průtah stejné komunikace obcí. Úseky byly vybírány na základě srovnání hustoty nehod, která se stanovila jako podíl počtu nehod na úseku a délky úseku.

Na základě hustoty nehod bylo vybráno 30 úseků na silnicích I. třídy, 63 úseků na silnicích II. třídy a 62 úseků na silnicích III. třídy v těchto délkách:

Tab. 2 Délky úseků v krajích s nejvyšším podílem dopravních nehod dle tříd PK

Kraj	I. třída	II. třída	III. třída	Celkem
Moravskoslezský	115,4	129,5	76,2	321,0
Ústecký	66,0	95,2	67,2	228,5

Z vybraných úseků o celkové délce 549,5 km bylo možné zvolit potřebných 500 km intravilánových komunikací pro měření pomocí vozidel. Rozdíl mezi souhrnem délek komunikací mezi dvěma vybranými kraji je dán rozdílem celkové délky intravilánových komunikací v daných krajích (MSK – 1608 km, UK – 1218 km), percentuální zastoupení vybraných úseků jednotlivých tříd v obou krajích je přibližně stejné.

Pilotní měření v Ústeckém kraji ve městě Teplice

V rámci projektu v prvním roce řešení neproběhly jenom analytické práce, ale v obou výše zmíněných krajích probíhají měření pomocí již zmíněného měřícího vozidla CDV a měřícího systému MOMOK®. Nejnázornějším příkladem je měření města Teplice, kde byly překontrolovány úseky s vyšší nehodovostí na pozemních komunikacích. Oproti zbylým měření je zde větší hustota naměřených

úseků v rámci jednoho města či obce. Celkem v tomto městě bylo projeto a překontrolováno 14,4 km vybraných úseků. Výsledky měření jsou zachyceny v následující mapě, která interpretuje data s ohledem na tento článek, pouze z pohledu osvětlení.

Mapa měření osvětlenosti komunikací Systémem MOMOK®

Vyhodnocení měření pomocí systému MOMOK® ve městě Teplice

Dle výsledků z měření osvětlenosti komunikací Systémem MOMOK® je patrné, že osvětlenost většiny komunikací ve městě Teplice nepoklesla pod 10 % udržované hodnoty osvětlenosti. Ta by se na měřených úsecích měla pohybovat od 7,5 lx do 15 lx podle přiřazení třídy osvětlení.

Z pilotního měření vycházejí nedostatečně osvětlené především ulice Fráni Šrámka (úseky 25-28), část ulice Bohosudovská (úseky 36-38), ulice Míru (úseky 57-59), Kpt. Jaroše (úseky 46,47,50,52-54). Absolutně nedostatečně osvětlené komunikace vycházejí v obci Řítkov (úseky 42 – 45), kde průměrná osvětlenost nedosahuje požadavků ani nejméně náročné třídy osvětlenosti M6. Na zeleně označených úsecích je dle proběhlého měření naopak veřejné osvětlení předimenzované.

V následujícím roku řešení projektu proběhne analýza závislosti dopravní nehodovosti na osvětlenosti pozemních komunikací. Ze získaných parametrů PK pomocí měřícího vozidla a hloubkové analýzy DN budou identifikovány příčiny a vazby mezi bezpečností provozu a osvětlením infrastruktury.

Diskuze a závěr

V této době se mnoho vlastníků VO nechává unést popularitou úspor elektrické energie výměnou původních svítidel za moderní nízkoenergetická svítidla a zcela přehlížejí zákonná ustanovení o obecných požadavcích na výstavbu stanovené prováděcími předpisy. Za honbou po nejnižších nákladech na obnovu VO se často dostává do pozadí důraz na již zmiňovanou kvalitu osvětlení, které splňuje požadavky příslušných norem. Následky DN, uvedených v , zapříčiněných nekvalitním osvětlením PK mohou však následně několikrát převýšit finanční úspory.

Přitom fotometrické požadavky třídy osvětlení pro pozemní komunikaci jsou podle normy pro osvětlování PK průjezdních úseků obcí závazné, jelikož jsou uvedeny ve vyhlášce zpracovaným ministerstvem dopravy č. 104/1997 Sb., kterou se provádí zákon o pozemních komunikacích.

Z dosavadních měření vyplývá, že měření pomocí specializovaných vozidel je vhodným rychlým řešením, které prokazuje funkčnost i efektivitu. Ukládání naměřených dat přímo do GIS aplikace posouvá návrh do praktické využitelnosti a to díky vytvoření kvalitativně pokročilých map, které

budou hodnotit nejen pozemní komunikace z hlediska bezpečnosti ve dne, ale i z hlediska kvality osvětlenosti v noci.

Poděkování

Tento článek byl vytvořen za finanční podpory Technologické agentury ČR v rámci programu na programu OMEGA vedené pod číslem TD03000142 a na výzkumné infrastruktuře pořízené z Operačního programu Výzkum a vývoj pro inovace (CZ.1.05/2.1.00/03.0064)