Riziká navrhovania a prevádzky verejného osvetlenia z hľadiska zaťaženia vetrom

Ing. Mgr. Peter KOLADA, Deltes s.r.o, Bratislava
Ing. Ján POLERECKÝ, ELV PRODUKT a.s., Senec

1. ÚVOD

Potreba venovať sa téme rizika navrhovania a prevádzky verejného osvetlenia z hľadiska zaťaženia vetrom vyplynula z dôvodu množiacich sa požiadaviek rôznych subjektov umiestňovať na existujúce (resp. projektované) osvetľovacie stožiare v mestách, na komunikáciách a verejných priestranstvách prídavné zariadenia (napr. reklamné tabule, vlajky, ozdobné kvetináče a pod.) bez ohľadu na to, aby boli preskúmané a vyhodnotené následky, ktoré z toho vyplývajú. Množstvo „vynikajúcich“ nápadov reklamných firiem umiestniť na stožiare verejného osvetlenia reklamné zariadenia akéhokoľvek druhu a váhy, nápady rôznych mestských „okrášľovačov“ ozdobiť stožiare kvetinami v kvetináčoch, vlajkami a inými okrasnými zariadeniami a v neposlednom rade použiť stožiare ako nosiče káblových vedení rôznych druhov (káblové NN vedenia a prípojky, optické káble atď.) firmami, ktoré chcú lacno a rýchlo zrealizovať požiadavky svojich klientov, môžu zapríčiniť, a už aj zapríčinili, poškodenia a havárie jestvujúcich osvetľovacích stožiarov.

Požiadavky na takéto využitie osvetľovacích stožiarov sa javia ako logické a v súčasnosti, keď na mnohých mestských úradoch a ich inštitúciách, ktoré majú v správe verejné osvetlenie, je značná absencia odbornosti, sa často stáva, že sú prídavné zariadenia inštalované na stožiare so súhlasom a povolením vlastníkov a správcov verejného osvetlenia. Často sa však zariadenia inštalujú aj bez povolenia. V snahe predísť poškodeniam stožiarov a poruchám v prevádzke verejného osvetlenia je potrebné:

- pri navrhovaní a projektovaní nového verejného osvetlenia poznať zámery budúceho vlastníka VO na umiestnenie prídavných zariadení na stožiare, z ktorých vyplynie zvýšené zaťaženie stožiarov a uvedené si vyžiadať písomne. Následne prekonzultovať s výrobcom stožiarov dopad zvýšeného zaťaženia a navrhnúť stožiare a základy tak, aby staticky vyhovovali týmto požiadavkám. Ak také požiadavky nie sú, je potrebné toto uviesť do technickej správy projektu, že nie je možné dodatočne zaťažiť stožiare inými zariadeniami, čím sa projektant vyhne zodpovednosti za prípadné budúce neodborné rozhodnutia iných.
- Pri už jestvujúcom verejnom osvetlení je nutné vykonať statické posúdenie stožiarov a ich základov z dôvodu dodatočného zaťaženia stožiarov ešte pred rozhodnutím povoliť umiestnenie zariadení na stožiare. Príklady z praxe sú také, že zariadenia sa

umiestnia bez povolenia a dodatočne je požiadavka legalizovať umiestnenie zariadené „vyhovujúcim“ statickým výpočtom.

Povinnosti vykonať statické posúdenia prislúchajú vlastníkom a správcom verejného osvetlenia, ktorými sú zväčša obce, mestá a správcovia ciest a diaľnic.

Je potrebné aby si všetci účastníci procesu inštalácie dodatočných zariadení na osvetľovacie stožiare uvedomili, že váhy a najmä plochy týchto zariadení, na ktoré pôsobí tlak vetra, predstavujú dodatočné zaťaženie stožiarov. Samotné stožiare nie sú na tieto dodatočné zaťaženia dimenzované, čo môže viesť k poškodeniu stožiarov a ich základov, resp. k havárii.

2. PROJEKTOVANIE VEREJNÉHO OSVETLENIA

Projektovanie verejného osvetlenia verejného osvetlenia komunikácii (cestných, cyklistických a peších), námestí, parkovísk a podobne sa riadi normami TNI CEN-TR 13201-1 Osvetlenie pozemných komunikácií. Časť 1 Výber tried osvetlenia, STN EN 13201-2 Osvetlenie pozemných komunikácií. Časť 2: Svetelnotechnické požiadavky a STN EN 13201-3 Osvetlenie pozemných komunikácií. Časť 3: Svetelnotechnický výpočet. Normy TNI CEN-TR 13201-1 a STN EN 13201-3 sú k dispozícii iba v anglickom jazyku, slovenský preklad normy STN EN 13201-2 bol vydaný 1.2.2017. Pri projektovaní verejného osvetlenia je potrebné klásť veľký dôraz najmä na:

- správne stanovenie svetelnotechnických požiadaviek,
- správny výber triedy osvetlenia,
- svetenotechnický výpočet.

Projektová dokumentácia v procese prerokovania musí byť kladne prerokovaná s budúcim správcom (vlastníkom) verejného osvetlenia, zväčša jeho odbornými zložkami. Na projektové dokumentácie verejného osvetlenia sú v súčasnosti kladené vysoké požiadavky najmä na jej kvalitu. Je potrebné vykonať správny výber svietidiel, stožiarov, výložníkov a správne určiť osvetľovaciu sústavu. Pár poznámok k svietidlám a stožiarom:

- *Svietidlá* – v súčasnosti správcovia zväčša požadujú použitie svietidiel s LED technológiu. Toho času sme vo fáze prechodu z výbojkových svietidiel na LED svietidlá, je nevyhnutné však dbať na kvalitu LED svietidiel, ich technické parametre a ich certifikáciu, pretože na trhu sa objavuje veľa výrobcov LED svietidiel pochybnej kvality, čo sa prejavuje najmä na životnosti svietidiel.
- *Stožiare a výložníky* – je potrebné používať osvetľovacie stožiare a výložníky od výrobcov, ktorí garantujú ich technické parametre. Stožiare musia byť certifikované a všetky potrebné technické údaje o stožiaroch a výložníkoch musia byť projektantovi od výrobcu k dispozícii.
- *Základy stožiarov* – základy zodpovedajúce parametrom k osvetľovacím stožiarom, poveternostným vplyvom, tlaku vetra, únosnosti zeminy.

Osvetľovacie stožiare, výložníky

Tak ako väčšina výrobkov na trhu musí spĺňať určité požiadavky noriem, výnimka nie je ani u oceľových osvetľovacích stožiarov. Od februára 2005 platí na Slovenku harmonizovaná európska norma EN 40-5, ktorá upravuje problematiku návrhu oceľových osvetľovacích stožiarov do výšky 20m. Podľa EN 40-5 štítok stožiara má obsahovať nasledujúce údaje: názov výrobcu, označenie výrobku, znak CE, číslo notifikovanej osoby, ktorá udelila certifikát, odolnosť voči vodorovnému zaťaženiu a to referenčná rýchlosť vetra, maximálna plocha na vrchole stožiara, maximálna hmotnosť na vrchole stožiara, deformačná trieda, výrobné číslo, rok výroby. Tieto údaje sú požadované normou EN 40-5. Sami si môžete skontrolovať, koľko výrobcov tieto údaje na výrobkoch uvádza. Správne navrhnutie a nadimenzovanie stožiarov súvisí aj s ich životnosťou. V prípade poddimenzovania stožiara sú do materiálov vnášané zvýšené nepovolené napätia a tým aj nadmerné namáhanie materiálu, čo môže vyústiť do vzniku mikrotrhlín a následne oslabeniu celej statiky stožiara (únava materiálu, korózia). Ako povrchová úprava sa pri oceľových stožiaroch najčastejšie používa žiarové zinkovanie. Je to zatiaľ najefektívnejšia metóda povrchovej úpravy v pomere cena – úžitok. Životnosť takto upraveného stožiara je závislá od prostredia, v ktorom je umiestnený. Stožiare sa zinkujú v zmysle normy STN EN ISO 1461 a minimálna hrúbka zinkovej vrstvy je 70 mikrónov. V prípade umiestnenia stožiara v normálnom, nie príliš agresívnom prostredí, je jeho životnosť cca 30 až 40 rokov.

Atmosférické vplyvy

Harmonizovaná európska norma EN 40-5 navrhuje stožiare inou metodikou ako jej slovenský predchodca. EN 40-5 zohľadňuje okrem rýchlosti vetra v lokalite umiestnenia stožiara aj kategóriu terénu. To znamená, ako husto je miesto osadenia stožiara zastavané. Kategórii je päť. Od voľného morského pobrežia až po husto zastavenú obytnú štvrť. Harmonizovaná norma rovnako vyžaduje zadanie plochy vzdorujúcej vetru na vrchu stožiara ako aj hmotnosť na vrchole stožiara. Na základe týchto údajov je potom možné výpočtom navrhnúť príslušný stožiar a označiť ho značkou zhody CE. Z hore uvedených faktov vyplýva, že na správne navrhnutie stožiara je potrebné pomerne veľa informácii od zákazníka respektíve od investora. Predpokladá teda úzku spoluprácu medzi zákazníkom a výrobcom. Tieto informácie sa v praxi nie vždy dajú získať, či už z obchodných (obava zo straty zákazky v prípade uvedenia lokality) alebo praktických dôvodov (montážnik jednoducho nevie aké svietidlá sa použijú alebo stožiare vyrábané na sklad ešte nemajú presne určené použitie). Výrobcovia preto vo svojich katalógoch väčšinou uvádzajú záťažové údaje o maximálnej ploche a hmotnosti zaťaženia na vrchu stožiara, ktoré je podľa normy prípustné. Na základe toho sa potom dá vybrať najvhodnejší stožiar pre dané použitie. Postup výberu výložníka pomocou porovnávacej plochy je možné nájsť v katalógu výrobcu. V prípade, že na stožiar chceme dať vyššie zaťaženie než je uvedené v katalógoch, mali by sme to konzultovať s výrobcom, ktorý vie navrhnúť stožiar na zaťaženie, ktoré je požadované. V praxi sa stretávame so stožiarmi, ktoré sú evidentne preťažené. Jedná sa hlavne o vyššie stožiare s nadzemnou výškou 16 a viac metrov, ktoré sú zaťažené viacerými svietidlami.

3. PRÍKLADY UMIESTNENIA PRÍDAVNÝCH ZARIADENÍ NA OSVETĽOVACIE STOŽIARE

Účinky vetra na osvetľovacie stožiare sa posudzujú podľa STN 33 3300 Elektrotechnické predpisy. Stavba vonkajších silových vedení. Tá určuje že statické zaťaženie vetrom W v N na stožiare sa počíta podľa vzorca:

$$W = w^n.A$$

kde w^n je normový tlak vetra v $N.m^{-2}$
A je plocha vystavená vetru v m^2

Normové hodnoty tlaku vetra w^n sa stanovia zo vzorca:

$$w^n = w_0 \,.\, k_w \,.\, C_w$$

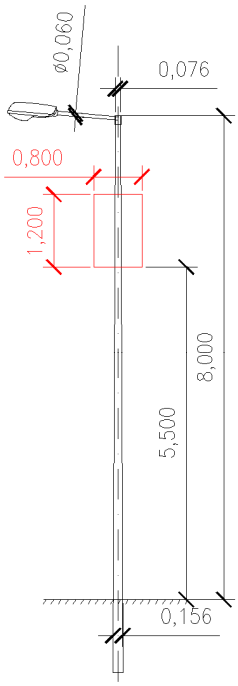
kde w_0 je základný tlak vetra v $N.m^{-2}$. Na území Slovenska platí $w_0 = 550\ N.m^{-2}$
k_w je súčiniteľ výšky (pre stožiare do výšky 20 m je $k_w = 1$)
C_w je tvarový súčiniteľ, hodnoty tvarového súčiniteľa sú napríklad:

pre rovinné plné plochy	$C_w = 1{,}4$
pre stožiare kruhového prierezu	$C_w = 0{,}7$
pre šesťhranné a osemhranné stožiare	$C_w = 1{,}0$

Nižšie uvedieme príklady dodatočného zaťaženia osvetľovacieho stožiara inštaláciu reklamnej tabule a závesného kábla na osvetľovací stožiar.

Príklad č. 1: Inštalácia reklamnej tabule na osvetľovací stožiar

Na osvetľovacom stožiari typu STK 76/80/3 kužeľového tvaru sa nachádza jednoramenný výložník dĺžky 1,0 m s výbojkovým svietidlom. Dodatočne sa na stožiar nainštaluje reklamná tabuľa s rozmermi v = 1,2 m, š = 0,8 m.



Obrázok 1: Inštalácia reklamného zariadenia na osvetľovací stožiar

Z katalógového listu sa môžeme o stožiari typu STK 76/80/3 dozvedieť nasledujúce informácie – rozmery stožiara, povolené zaťaženie na vrchole, maximálny klopný moment vo votknutí/kotvení a hmotnosť stožiara. Vzor katalógového listu stožiara uvádzame nižšie:

Typ/Type	Kužeľovitosť /Conicity	H (m)	E (m)	Lc (m)	D (mm)	D1 (mm)	Zaťaženie na vrchole/ Loading on top		M (kNm)	kg
							**Plocha(m²)	*Hmotnosť(kg)		
STK 76/70/3	K10	7	1,0	8,0	76	156	0,58	55	5,16	68
STK 76/70/3K14	K14	7	1,0	8,0	76	188	0,98	95	7,81	76
STK 76/80/3	K10	8	1,2	9,2	76	168	0,50	50	5,84	83
STK 76/80/3K14	K14	8	1,2	9,2	76	205	0,89	85	8,96	93
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]

Obrázok 2: katalógový list kužeľových osvetľovacích stožiarov so zvýrazneným použitým stožiarom

Zaťaženie vetrom samotného stožiara, výložníka a svietidla:

Plocha stožiara: $A_{st} = H.\frac{D + D0}{2} = 8.\frac{0{,}076 + 0{,}156}{2} = 0{,}928\ m^2$

Plocha výložníka: $A_v = L.d = 1.0{,}06 = 0{,}06\ m^2$

Plocha svietidla: $A_{sv} = 0{,}24\ m^2$

Sila vetra pôsobiaca na stožiar: $W_{st} = w^n.A = w_0.k_w.C_w.A = 550.1.0{,}7.0{,}928 = 357\ \mathbf{N}$

Sila vetra pôsobiaca na výložník: $W_v = w^n.A = w_0.k_w.C_w.A = 550.1.0{,}7.0{,}06 = 23\ \mathbf{N}$

Sila vetra pôsobiaca na svietidlo: $W_{sv} = w^n.A = w_0.k_w.C_w.A = 550.1.1.0{,}24 = 132\ \mathbf{N}$

Moment od zaťaženia stožiara vetrom: $M_{st} = W_{st}.\mathbf{a} = \mathbf{357.4 = 1428\ Nm = 1{,}43\ kNm}$

Moment od zaťaženia výložníka vetrom: $M_v = W_{st}.\mathbf{a} = \mathbf{23.8 = 184\ Nm = 0{,}18\ kNm}$

Moment od zaťaženia svietidla vetrom: $M_{sv} = W_{sv}.\mathbf{a} = \mathbf{132.8 = 1056\ Nm = 1{,}06\ kNm}$

Celkový klopný moment stožiara: $M_1 = M_{st} + M_v + M_{sv} = 1{,}43 + 0{,}18 + 1{,}06 = \mathbf{2{,}67\ kNm}$

Pred inštaláciou reklamného zariadenia stožiar vyhovuje, keďže 2,67 kNm < 5,84 kNm.

Zaťaženie vetrom od reklamnej tabule:

Po inštalácii reklamnej sa zvýši zaťaženie osvetľovacieho stožiara nasledovne:

Plocha tabule: $A_T = v.š = 1{,}2.0{,}8 = 0{,}96\ m^2$

Sila vetra pôsobiaca na tabuľu: $W_T = w^n.A = w_0\ .k_w.C_w.A = 550.1.1{,}4.0{,}96 = 739\ \mathbf{N}$

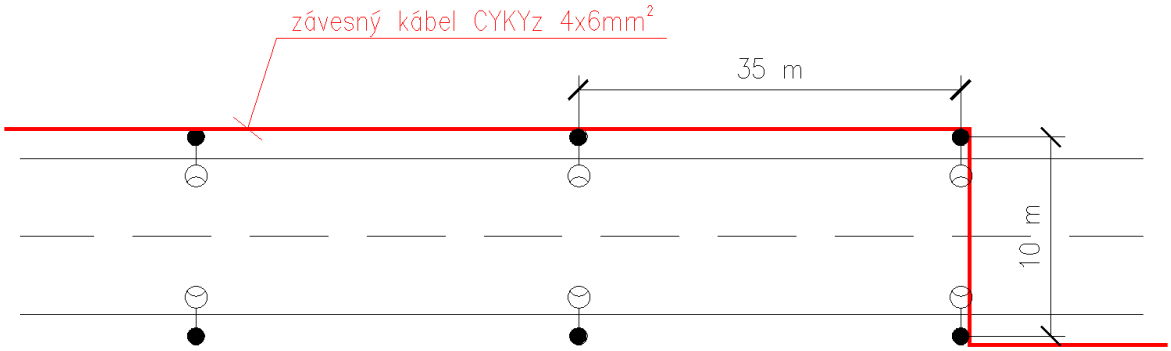
Moment od zaťaženia tabule vetrom: $M_T = W_T.\mathbf{a} = \mathbf{739.6{,}1 = 4508\ Nm = 4{,}51\ kNm}$

Celkový klopný moment stožiara sa zvýši: $M_2 = M_1 + M_T = 2{,}67 + 4{,}51 = \mathbf{7{,}18\ kNm}$

Záver: Po inštalácii reklamného zariadenia na osvetľovací stožiar je tento stožiar už *nevyhovujúci*, keďže celkové zaťaženie stožiara 7,18 kNm > 5,84 kNm, pričom pri výpočte bol zanedbaný vplyv hmotnosti inštalovaného zariadenia. Skutočné zaťaženie stožiara je preto ešte väčšie.

Príklad č. 2: Inštalácia závesného kábla na osvetľovací stožiar

Na osvetľovacom stožiari typu STK 76/80/3 kužeľového tvaru sa nachádza jednoramenný výložník dĺžky 1,0 m s výbojkovým svietidlom. Dodatočne sa na stožiar do výšky 7,5 m nainštaluje závesný kábel NN CYKYz 4x6 mm^2 podľa nasledujúceho obrázku:



Obrázok 3: Inštalácia závesného kábla NN na osvetľovacie stožiare

Sily od vetra, ktoré pôsobia na stožiar výložník a svietidlo sú rovnaké ako v predchádzajúcom príklade:

Sila vetra pôsobiaca na stožiar: $W_{st} = 357\ N$, *výška pôsobenia sily je 4,0 m*

Sila vetra pôsobiaca na výložník: $W_v = 23\ N$, *výška pôsobenia sily je 8,0 m*

Sila vetra pôsobiaca na svietidlo: $W_{sv} = 132\ N$, *výška pôsobenia sily je 8,0 m*

Redukované sily na výšku 8,0 m:

Stožiar: $W'_{st} = W_{st}\frac{4}{8} = 179\ N$

Výložník: $W'_v = W_v\frac{8}{8} = 23\ N$

Svietidlo: $W'_{sv} = W_{sv}\frac{8}{8} = 132\ N$

Sily pôsobiace na stožiar od zaťaženia závesným káblom CYKYz 4x6 mm^2 (váha kábla 0,49 kg/m, priehyb 0,10 m):

$F_{k1} = 750\ N$, *výška pôsobenia sily je 7,50 m*

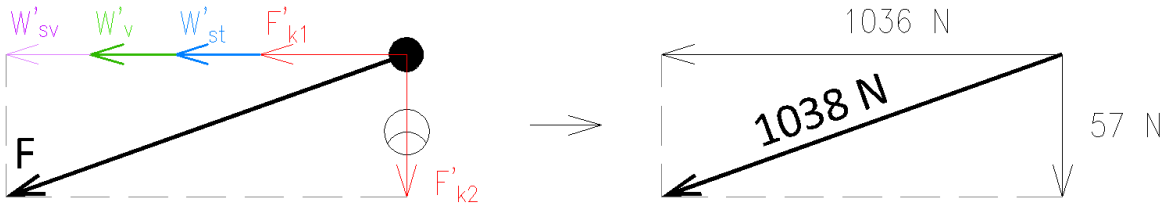
$F_{k2} = 61\ N$, *výška pôsobenia sily je 7,50 m*

Redukované sily na výšku 8,0 m:

$$F'_{k1} = F_{k1}\frac{7,5}{8} = 703\ N$$

$$F'_{k2} = F_{k2}\frac{7,5}{8} = 57\ N$$

Výslednicu síl spočítame podľa nasledujúceho obrázka:



Obrázok 4: Výslednica síl pôsobiacich na osvetľovací stožiar

Výsledný klopný moment stožiara od zaťaženia vetrom a káblom:

$$\mathbf{M = 1\,038\,.8 = 8\,304}\ Nm = \mathbf{8,30}\ kNm$$

Záver: Po inštalácii závesného kábla na osvetľovací stožiar je tento stožiar už *nevyhovujúci*, keďže celkové zaťaženie stožiara 8,30 kNm > 5,84 kNm.

4. ZÁVER

Tento stručný pohľad na problematiku verejného osvetlenia všeobecne a tiež poukázanie na negatívne trendy, ktoré sa v poslednom období často vyskytujú pri projektovaní a prevádzke verejného osvetlenia, by mal slúžiť projektantom, ale aj správcom a prevádzkovateľom verejného osvetlenia, ako podklad pre vyvarovanie sa chýb, ktoré môžu vyplynúť z nesprávnych rozhodnutí využiť osvetľovacie stožiare aj na iné účely než na aké sú určené.