

3.3 - T.1 - TEHNIČNI OPISI IN IZRAČUNI

3.3.1 - T.1.1 - Splošni opis

Skladno z veljavno zakonodajo, tehničnimi predpisi, normativi in standardi je potrebno za naročnika Občina Kranjska Gora, Kolodvorska 1b, 4280 Kranjska Gora izdelati načrt osvetlitve krožnega križišča "Podkoren".

Projektna naloga se nahaja v vodilni mapi. Katastrske situacije komunalnih vodov se nahajajo v načrtu gradbenih konstrukcij. Služnost za cestno razsvetljavo je prikazana v sklopu ostalih služnosti.

OBSTOJEČE STANJE:

Obravnavano križišče je locirano izven območja krajevnih tabel. Cestne razsvetljave v križišču ni urejene, je pa urejena v naselju Podkoren ob R1-202/0233. Najbližji drog JR je od križišča oddaljen cca 100m.

NOVO STANJE:

Izvede se nova cestna razsvetljava ob krožnem križišču. Osvetlitev se izvede z LED svetilkami. Svetilke se montira na drog v temno sivi barvi, nadzemne višine 9m. Postavitev svetilk je razvidna iz priložene situacije. Napajanje projektirane razsvetljave se izvede iz novega prižigališča.

Objekt se projektira z uporabo tehnične smernice TSG-N-002:2013.

3.3.2 - T.1.2 - Električni priključek na distribucijsko električno omrežje

Cestna razsvetljava se priključi na obstoječe NN omrežje transformatorske postaje T022-PODKOREN. Nova priključna moč pri odjemu iz distribucijskega sistema bo 1 x 6kW. Projektirana razsvetljava bo priključne moči 1,5 kW. Jakost omejevalca toka v merilnem mestu cestne razsvetljave bo 1x 1x 16 A. Impedanca v točki priključitve znaša 0,42 ohmov.

Transformatorska postaja T022-PODKOREN se napaja z električno energijo iz razdelilne transformatorske postaje T271 - RTP KRANJSKA GORA 35/20 kV. Kratkostična moč na zbiralkah 20 kV znaša 166 MVA, velikost toka enopolnega zemeljskega stika pa je 200 A. V primeru, da nastane okvara na 20 kV omrežju, deluje naprava za avtomatski ponovni vklop s časovno zakasnitvijo 0,3 s in 30 s.

Nova priključno krmilna omarica cestne razsvetljave RJR se postavi ob obstoječi omarici črpališča na parceli 806/9 k.o. Podkoren. Priklop se izvede s kablom NAYY-0 4x70+1,5mm² 0,6/1kW. Dolžina napajalnega voda je cca 5m. Inštalacija mora izpolnjevati pogoje TN sistema napajanja.

Nova merilna omarica mora biti izdelana iz materiala, ki izpolnjuje pogoje razreda II pom IEC 364-4-41, ki zagotavlja udarno žilavost in upogibno trdnost pri temperaturi -20 °C, ki je negorljiv (samougasljiv) in je odporen na UV sevanje, ter staranje zaradi vremenskih vplivov.

0201	0013	004.2130	T.1	
-------------	-------------	-----------------	------------	--

Konstrukcija ohišja omarice mora biti takšna, da pri vgradnji ne pride do takšnih deformacij ohišja, ki otežujejo montažo opreme. Omarica mora skupaj z opremo izpolnjevati pogoje dvojne izolacije. Omarica mora po vgradnji zagotavljati stopnjo zaščite pred udarom trdnih teles in tekočin po IEC 529 minimalno IP44. Mehanizem za zapiranje vrat mora zagotavljati tritočkovni zapah in omogočati vstavljanje cilindričnega vložka Elektro Gorenjska.

Vsi deli pod napetostjo morajo biti zaščiteni pred električnim udarom v skladu z veljavnimi predpisi. Kovinski deli, ki normalno niso pod napetostjo, morajo imeti vijak za priključitev zaščitnega vodnika.

V omarici mora biti vložena enopolna vezalna shema.

Merilna oprema v omarici mora biti nameščena tako, da je omogočena hitra in varna menjava posameznih elementov. Merilna omarica za direktno priključitev mora biti izvedena tako, da je priključno zaščitni del omarice ločen od merilnega dela omarice.

Spodnji rob mora biti pri prostostoječi omarici najmanj 700 mm nad nivojem tal. Števec električne energije mora biti v omarici nameščen na taki višini, da je možno izvajati dela brez sklanjanja in brez uporabe lestve ali podobnih pripomočkov. Ohišje omarice mora omogočati kontrolo krmilne naprave in odčitanje števca električne energije pri zaprtih vratih.

Druga oprema, ki je del uporabnikove električne instalacije (varovalke, prenapetostna zaščita, ...), mora biti nameščena v dvodelni merilni omarici ločeno od elementov, ki služijo obračunu električne energije. Omarica mora imeti vrata, v katera se vgradi ključavnica Elektro Gorenjska. Odpiranje mora biti možno v vsakem času tudi brez prisotnosti uporabnika.

V merilno omarico se vgradi direktni enofazni dvosmerni števec delovne energije z notranjo uro r.2 (IEC) ali A(MID) s PLC komunikacijskim vmesnikom.

Vgradi se prenapetostna zaščita razreda B. Prenapetostne zaščitne naprave je potrebno namestiti pri vseh uporabnikih distribucijskega omrežja, ki imajo na merilnem mestu vgrajeno komunikacijsko opremo. Namen vgradnje zaščitnih naprav je prilagoditev napetostnega zaščitnega nivoja U_p napetostni trdnosti najšibkejšega vgrajenega elementa na merilnem mestu. Prenapetostne zaščitne naprave morajo biti varovane z nadtokovno zaščito zaradi možne preobremenitve naprav zaradi toka strele, ali pojava prenapetosti in s tem odvodnega toka zaradi enopolnega zemeljskega stika blizu transformatorja. Drugi razlog varovanja je možnost previsokega sledilnega toka, ki ga sam zaščitni element ne more prekiniti. Kot nadtokovna zaščita zaščitnih naprav lahko služi glavna varovalka v primeru, ko njena nazivna vrednost ne presega kratkostične trdnosti zaščitne naprave. V nasprotnem primeru se vgradi dodatna predvarovalka.

Priklop merilne omarice in napajalni del v celoti opravi pristojni elektrodistributer.

3.3.3 - T.1.3 - Krmiljenje cestne razsvetljave

Omarica za potrebe krmiljenja cestne razsvetljave bo ločena od merilne omarice, v zaščiti IP 55, z ločenim podstavkom in z vratci opremljenimi s tipsko ključavnico vzdrževalca cestne razsvetljave.

V razdelilno stran omare se vgradi glavno stikalo, potrebno število varovalk ustreznih velikosti, luksomat s fotocelico, ura za vklop redukcije, kontaktor, rele, stikali za preklop vklapljanja s

pomočjo svetlobnega stikala in ure ali ročno, kar je predvideno za servisiranje cestne razsvetljave.

Za potrebe napajanja opreme krožnega križišča se izvede izpust 1x16A. Napajanje se izvede s kablom NYY-J 3x4mm² uvlečenim v zaščitno cev PVC fi 50mm. Trasa poteka ob trasi kabla cestne razsvetljave.

Ker bo omarica nameščena na dokaj močno osvetljeni površini, bi ta osvetljenost lahko motila delovanje svetlobnega senzorja, zato mora biti le-ta zaščitni pred direktno osvetljenostjo s strani svetilk cestne razsvetljave s primerno zaslonko. Pri montaži senzorja je potrebno paziti tudi na odboj svetlobe v zimskem času. Montaža senzorja naj bo na takem delu omarice cestne razsvetljave, da bo na njegovo delovanje vplivala le dnevna svetloba, brez refleksij od ostalih dejavnikov (sneg,...).

Razvodni del cestne razsvetljave izvede primerno usposobljeno podjetje. Vzdrževalec cestne razsvetljave na tem območju naj vrši nadzor nad izvedbo del na, ker jih bo kasneje tudi prevzel.

3.3.4 - T.1.4 - Svetilna telesa

Osvetlitev se izvede z LED svetilkami. Svetlobno tehnične izračune smo izvedli s svetilkami Lumenia, SLUM2 (16.080.010). Svetlobni tok projektirane svetilke znaša 9690 lm, skupna priključna moč sistema je 80W, svetilna učinkovitost pa znaša 121.13 lm/W. Barva svetlobnega vira je 3000 K. Svetilke se montira na projektirane drogove, ki so nadzemne višine 9m. Skladno z "Uredbo o mejnih vrednostih svetlobnega onesnaževanja okolja" se za razsvetljavo lahko uporabijo svetilke, katerih delež svetlobnega toka, ki seva navzgor, je enak 0%.

3.3.5 - T.1.5 - Drogovi in temelji

Lokacije drogov so usklajene z zazidavo in ostalimi infrastrukturnimi napravami. Skladno s kulturnovarstvenimi pogoji morajo biti drogovi tanki in v temno sivi barvi, zato se jih barva.

Pri zakoličbi stojnih mest je potrebno upoštevati stvarno situacijo na terenu, ki se lahko razlikuje od izmer, podanih v situaciji. Rumeno-zelena žila napajalnega kabla mora biti vezana na ozemljitveni vijak v drogu. V vsakem kovinskem drogu je tudi varovalka 4A, ki omogoča varovanje kabla do svetilke. Za priklop svetilke na stikalni blok droga se uporabi kabel NYY-J 4x1,5mm².

Izbrani drog je vročecinkane izvedbe višine 9m iz tal. S tem bodo zagotovljeni primerni svetlobnotehnični parametri na cesti. Zaščito pred korozijo se izvede z obojestranskim cinkanjem drogov. Drogovi morajo imeti zgornji premer cevi 60mm za montažo izbranih svetilk. Drogovi morajo imeti vratca v skladu s standardom SIST EN 40, to je na višini 1m od gotovih tal. Odprtina mora biti obrnjena na stran nasprotni smeri vožnje. Tu se izvede priklop posamezne svetilke.

Drogovi morajo ustrezati zahtevam harmoniziranega standarda SIST EN 40 v naslednjih delih:

- SIST EN 40 2 Drogovi za razsvetljavo – splošne zahteve in mere
- SIST EN 40 3-1 Drogovi za razsvetljavo – izračuni
- SIST EN 40 3-2 Projektiranje in preverjanje – preverjanje s preizkušanjem
- SIST EN 40 3-3 Drogovi za razsvetljavo – preverjanje z izračuni
- SIST EN 40 3-5 Drogovi za razsvetljavo - izračuni

Drogovi morajo ustrezati tudi zahtevam standarda SIST EN ISO 1461 Prevleke na jeklenih predmetih, nanesene na z vročim pocinkanjem - specifikacije in metode preskušanja (ISO 1461:1999)

Zaradi kulturnovarstvenih pogojev, ne bo montirane jeklene varnostne ograje. Za doseganje pasivne varnosti brez montaže zaščitne varnostne ograje se na delu trase, kjer ni pločnika montirajo ZIP drogovi. Na ostalem delu se montirajo klasični vsadni drogovi. ZIP drogovi so

zasnovani tako, da povečujejo pasivno varnost udeležencev v prometu saj omogočajo, da se v primeru naleta vozila, postopno deformirajo in s tem zmanjšajo stopnjo intenzivnosti sil, ki delujejo na potnike v vozilu, kar bistveno zmanjšuje možnost poškodb, obenem pa vozilo zaustavijo ali pa toliko zmanjšajo njegovo hitrost, da to ni več nevarno za ostale udeležence v prometu ali bližnjo okolico.

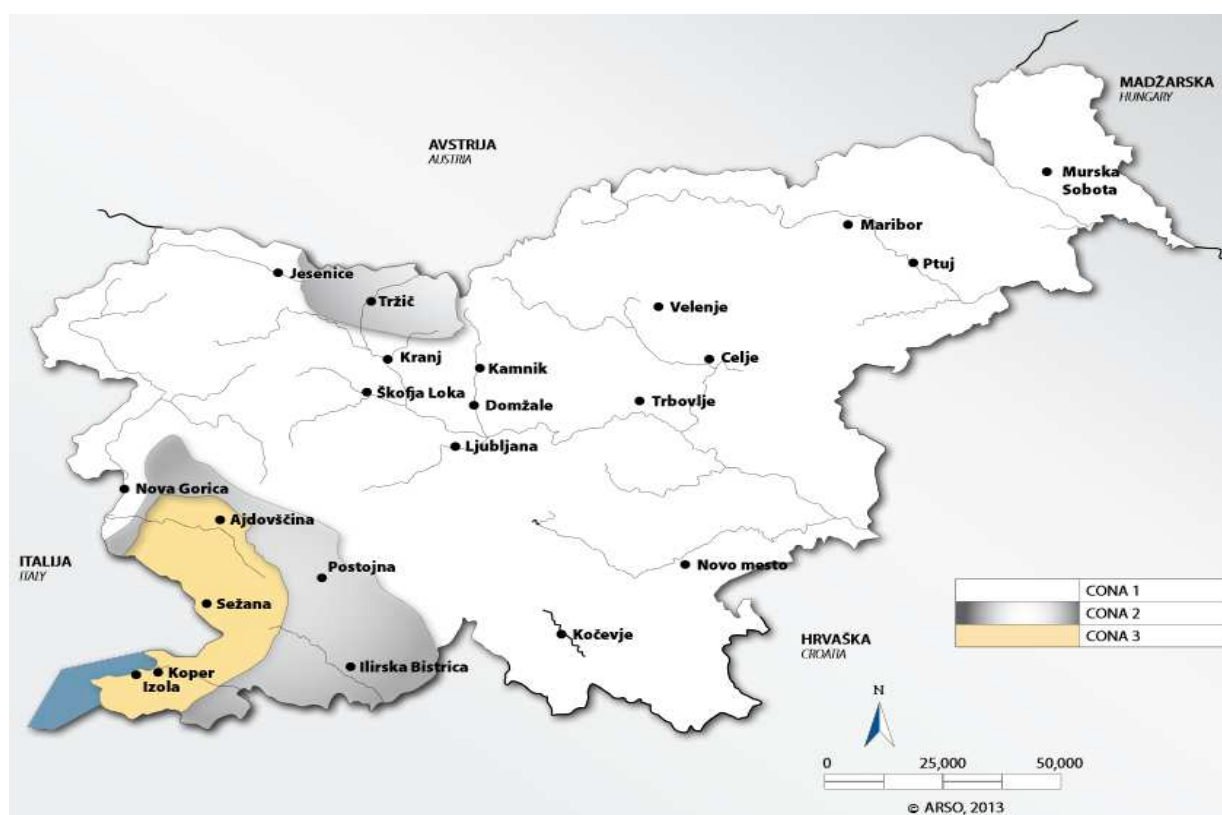
Vetrne cone so pomemben faktor pri načrtovanju in izbiri ustreznih drogov za zunanjo razsvetljavo. ARSO je za novi standard EVROKOD 1 (EN 1991-1-4 EUROCODE 1) leta 2007 pripravil nove podnebne podlage, med njimi tudi projektne hitrosti vetra. Po evropskem standardu se vsi izračuni hitrosti in pritiska vetra opravijo iz projektne hitrosti. Projektna hitrost je 10-minutna povprečna hitrost vetra s povratno dobo 50 let na višini 10 m nad površino nad ravnim odprtim terenom z nizkim rastjem, dovolj daleč od vetrnih ovir, neodvisna od smeri in letne dobe. Zaradi večje preglednosti se je ARSO odločil združiti območje visokogorja z območjem večine Slovenije. V večini Slovenije je tako projektna hitrost enaka 20 m/s. To velja do nadmorske višine 800 m, ko se pojavijo korekcije, ki so opisane v nadaljevanju.

Cone projektne hitrosti so tri:

Cona 1: projektna hitrost 20 m/s do nadmorske višine 800 m, 25 m/s za nadmorsko višino med 800 in 1600 m, 30 m/s za nadmorsko višino med 1600 m in 2000 m ter nad 30 m/s (npr. 40 m/s) za nadmorsko višino nad 2000 m.

Cona 2: projektna hitrost 25 m/s. Zaobjema območje fena pod Kamniško-Savinjskimi Alpami in območje Trnovskega gozda ter Notranjske. Za nadmorske višine med 1600 m in 2000 m velja vrednost projektne hitrosti 30 m/s, nad 2000 m pa nad 30 m/s (npr. 40 m/s).

Cona 3: projektna hitrost 30 m/s. Zaobjema Primorje, Kras in del Vipavske doline.



Slika 1: Vetrne cone v Sloveniji

Dobavitelj mora priložiti statični izračun drogov. Cona vetra, za katero morajo biti dimenzionirani drogi svetilk je CONA 1, za katero velja $V_{ref,0} = 20$ m/s.

Potrebno je izdelati betonske temelje. Betonski temelj za drog višine 9m v vetrni CONI 1 se izdelava iz betonske cevi \varnothing 80cm dolžine 1m. Na sredini temelja se vstavi cev \varnothing 160mm za kasnejšo montažo vsadnega droga in PVC cevi \varnothing 110mm v katero se bo uvlekel napajalni kabel. V odprtino v temelju se vsadi drog. Nivelira se ga s pomočjo drobnega peska (mivka), katero se vsuje okoli droga. Na vrhu se okoli droga zabetonira, da se prepreči izpiranje mivke.

Temelj je prikazan v prilogi. Je statično preverjen, tako da ustreza. Statični izračun je na željo naročnika možno dobiti v pregled.

Za postavitev ZIP droga se izdelajo posebni temelji po priloženem detjlu, ki zdržijo udarno silo v času deformiranja droga.

Pri vsaki svetilki in pri prečkanju kabskega razvoda cestišča se zgradijo jaški iz betonske cevi \varnothing 60cm dolžine 100cm. Pokrovi jaškov bodo povozni z litoželeznim pokrovom nosilnosti 125kN in napisom CESTNA RAZSVETLJAVA.

3.3.6 - T.1.6 - Svetlobno tehnični izračuni

Namen cestne razsvetljave je varen promet in ugodno počutje udeležencev v prometu. Ugodno in varno vožnjo ponoči lahko zagotovi le kvalitetna izvedba cestne razsvetljave. Ta razsvetljava mora biti izvedena tako, da je dosežena čim večja enakomernost osvetljenosti, zagotovljen pravilen nivo osnovne osvetljenosti za posamezen razred ceste in dosežen sprejemljiv razred bleščanja.

Po priporočilih SDR za cestno razsvetljavo, smo določili ustrezne svetlobnotehnične razrede ceste. Križišče se nahaja izven naseljenega področja, vendar je potrebno upoštevati, da je na območju vstopa v naselje. Pričakovana hitrost glavnih udeležencev v prometu bo zmerna. Glede na to, da bodo udeleženci tudi pešci, kolesarji in počasni promet smo določili svetlobnotehnično situacijo skupine B2. Število križišč na km je manj kot tri, zahtevnost orientacije je višja, povprečni letni dnevni promet znaša manj kot 7000, področje pa je konfliktno. Ker je predvideno fizično umirjanje prometa, smo izbrali za stopno nižji razred.

Glede na naštetto smo določili svetlobnotehnični razred M4, za katerega so zahteve $L_{sr}(cd/m^2)=0,75$, $U_o=0,4$, $U_i=0,6$, $TI=15$ in $K_o=0,5$.

Ker gre za konfliktno situacijo smo za območje krožnega križišča izbrali svetlobnotehnični razred C3 za katerega je zahtevana osvetljenost cca $E_{sr}(lx) = 15$, najmanjša enakomernost osvetljenosti pa $U_o = 0,4$.

Glede osvetlitve prehoda za pešce so zahteve sledeče: povprečna $E_h=10lx$, najmanjša $E_h=3lx$ in najmanjša $E_{pc}=5lx$.

Izračun osvetljenosti in svetlosti predvidene cestne razsvetljave smo naredili s pomočjo računalniškega programa RELUX. Rezultati izračuna so podani kot priloga.

3.3.7 - T.1.7 - Polaganje kablov

Razvod cestne razsvetljave se izvede podzemno s kablom tipa NAYY-0 4x16+2,5mm² uvlečenim v PVC cev \varnothing 110mm. Kabel večinoma poteka ob robu pločnika. V primeru, da bo potekal ob robu cestišča, ob katerem je montirana varnostna ograja, mora potekati v oddaljenosti 1m od varnostne ograje. Kjer trasa poteka pod voziščem se cevi obbetonira. Vsi vodniki v večžilnih kablilih, ki niso priključeni na električno napetost, morajo biti priključeni na zbiralko za izenačitev potencialov.

Za potrebe napajanja opreme krožnega križišča se v zaščitno cev PVC fi 50mm uvleče kabel NYY-J 3x4mm². Trasa poteka ob trasi kabla cestne razsvetljave. Kabel se zaključi v kabelskem jašku na otoku krožnega križišča.

Pri polaganju kablov je potrebno previdno ravnati, da se njegove nazivne lastnosti ne spremenijo. Že pri izbiri trase je potrebno predvideti takšne rešitve, da je kabel zaščiten:

- pred mehanskimi poškodbami,
- zaščiten pred kemijskimi vplivi in
- izpostavljen čim manjšim trajnim vibracijam.

Normalna globina kabelskega jarka je 0,8 do 1 m, širina pa 0,4m. Odstopanje je dovoljeno na manjših dolžinah, pri križanju z drugimi instalacijami in objekti, kot tudi v neugodnih pogojih polaganja. To je v primeru kamnitega terena. Dno kabelskega jarka je treba izravnati in odstraniti vse ostre predmete (kamenje), ki bi lahko poškodovali zaščitno cev oziroma kabel.

Na dno jarka se nasuje drobnega peska ali zemlje. Na to se položi zaščitna cev z uvlečenim kablom in se zasuje z drobnim peskom oziroma z zemljo brez večjih kamnov do višine cca 10cm nad temenom cevi. Kjer poteka kabel v cevi pod voziščem, se cev zabetonira do cca 10cm nad temenom. Nato se v jarek položi vročecinkan valjanec 25x4mm, ki se ga poveže med seboj s križnimi sponkami (spoje oviti z dekorodal trakom) in na vsak kovinski drog (pripravljeno uho na drogu). Tudi valjanec zasipljemo z do 20cm debelim slojem materiala (ne s peskom, zaradi slabe prevodnosti!). Na koncu položimo opozorilni trak rdeče barve na katerem piše "Pozor! Energetski kabel". Jarek se zasipava po slojih cca 20cm in se jih sproti utrjuje.

Pomembno je, da se ob celotni trasi kabla v zemljo položi pocinkani valjanec Fe/Zn 25x4 mm. Valjanec se položi v sloj, kot opisuje zgoraj navedeni opis polaganja kabla. Paziti je potrebno, da valjanec poteka po sredi jarka. Vsak drog se spoji, oziroma ozemlji z valjancem. Na mestih drogov se izdela izpust valjanca. S križno sponko se valjanec za izpust privije na valjanec v jarku. Spoje je potrebno zaščititi z dekorodal trakom. Z dekorodal trakom se zaščiti tudi prehod iz tal na površino in sicer od 30cm v tleh do 10cm na površju. Valjanec se po končani montaži droga privije na drog z dvema vijakoma M8.

Potrebno je izvesti tudi izenačevanje električnih potencialov na vseh kovinskih konstrukcijah v neposredni bližini drogov cestne razsvetljave.

3.3.8 - T.1.8 - Križanja z ostalimi komunalnimi vodi

Pred začetkom del je potrebno izvesti odkaz vseh obstoječih vodov (električne napeljave, telefonske napeljave, vodovod, kanalizacija...).

Med rekonstrukcijo vozišča mora investitor oziroma izvajalec gradbenih del preprečiti dostop kamionov in gradbenih strojev nad mehansko nezaščitene dele komunalnih vodov ter preprečiti trajno odlaganje materiala ali posnetje materiala nad njimi.

Pri približevanju drugim objektom je potrebno paziti, da je kabel oziroma elektro instalacija od temeljev oddaljena najmanj 30cm.

Pri približevanju napajalnih kablov cestne razsvetljave telekomunikacijskim kablom je dovoljena minimalna vodoravna oddaljenost 0,5 m. Če navedene oddaljenosti ni mogoče zagotoviti je na kritičnih mestih potrebno energetske kable položiti v betonske cevi, telekomunikacijske pa v termoplastične cevi, oziroma uporabiti drugi ustrezeni zaščitni ukrep. Cevi so od točke križanja na

vsako stran dolge cca 1m. Kot križanja ne sme biti manjši kot 45°. Tudi v tem primeru ne sme biti vodoravna oddaljenost manjša od 0,3 m.

Minimalna medsebojna oddaljenost med kablom in cevmi vodovoda ali kanalizacije mora biti najmanj 0,5m, v posebnih primerih pa se dovoli zmanjšanje razdalje na 0,3m od zunanjega premera. Pri križanju se kabel položi pod ali nad cevmi vodovoda ali kanalizacije, odvisno od višine lege cevi. Križanje kabla s cevmi vodovoda ali kanalizacije se izvede na oddaljenosti 0,5m, pri križanju kabla s priključnim cevovodom pa je oddaljenost lahko 0,3m. Kadar se ne da zagotoviti prej opisanih pogojev je potrebno kabel zaščititi z betonsko cevjo po 1m na vsako stran od mesta križanja.

V kolikor bo izvajalec del pri izvajanju del opazil neznano elektroenergetsko ali kako drugo napravo, mora takoj ustaviti dela ter o tem obvestiti pristojnega upravljavca omrežja.

Vsa križanja je potrebno izvesti s soglasji upravljavcev instalacij.

3.3.9 - T.1.9 - Napotki za vzdrževanje cestne razsvetljave

Po uspešno opravljeni izvedbi in tehničnem pregledu bo prešla cestna razsvetljava v upravljanje in s tem njeno vzdrževanje pod okrilje vzdrževalca cestne razsvetljave na tem območju.

Vzdrževalec cestne razsvetljave mora pregledovati spoje v razdelilcih in svetilkah, čistiti stekla svetilk, izvrševati kontrolo oziroma izvajati kontrolne meritve izolacije vsaj enkrat na dve leti, enako pa velja tudi za kontrolo ozemljitev. Ker so kandelabri vroče cinkane izvedbe, se v vsaj desetih letih ne smejo pojavljati težave glede prerjavenja kot tudi glede drugih zadev (vari, mehanska trdnost, itd.), razen v primeru poškodb zaradi zunanjih dejavnikov, kot so poškodbe pri prometnih nesrečah, itd.

Ker se omenjena dela opravlja na višini 9 m, je potrebna uporaba avtodvigala z varnostno košaro, kjer je potrebno še posebno resno upoštevati vse predpise s področja varnosti in zdravja pri delu (kombinacija dela na višini in popravila električnih naprav).

Ves demontirani material bo vzdrževalec odpeljal v svoje skladišče, kjer bo dotrajane svetilke in kovinske kandelabre obnovil oziroma jih pripravil za eventualno zamenjavo enakih električnih naprav na drugih lokacijah področja vzdrževanja.

3.3.10 - T.1.10 - Izračuni

Izračuni so izdelani po naslednjih enačbah:

1. Zaščita pred električnim udarom

Zaščita pred neposrednim dotikom je dosežena z izolacijo in okrovi.

Zaščita pred posrednim dotikom je dosežena s samodejnim odklopom napajanja.

Osnovni principi zaščite pred posrednim dotikom v TN - sistemu so naslednji:

- a. povezava izpostavljenih delov naprav z zaščitnim vodnikom
- b. izvedba glavne izenačitve potencialov
- c. samodejni izklop napajanja v določenem času
- d. dopolnilno izenačevanje potencialov.

Izpostavljeni prevodni deli elektroinstalacije morajo biti povezani z ozemljeno točko sistema z zaščitnim vodnikom.

Zaščitni vodniki morajo biti ozemljeni v TP, v mreži, kjer je to mogoče in pri vstopu v objekt. Izklopni časi znašajo:

- a. za vtičnice ter neposredno brez vtičnice priključene ročne aparate razreda I in ostale prenosne aparate, ki se med uporabo premikajo ročno :

Nazivna napetost proti zemlji	max. Čas odklopa
U_0 (V)	t_i (sek)
od 50 do 120	0.8
od 121 do 230	0.4
od 231 do 400	0.2
nad 400	0.1

- b. daljši izklopni časi do max. 5 sek. za tokokroge, ki izpolnjujejo pogoje dane v TSG-N-002-2013, točka 4.5.6.

Vrednost impedance zanke (Z_s) se v projektu določi z izračunom, izvajalec del pa je dolžan opraviti meritve vseh kratkostičnih zank in rezultate predložiti v obliki merilnega protokola. V kolikor se pogoj $Z_s \leq Z_{\max}$ ne izpolni, je potrebno izvesti dopolnilno izenačenje potenciala.

Učinkovitost izenačenja potenciala se ugotavlja z meritvijo impedance Z_{ip} med istočasno dostopnimi prevodnimi deli naprav

$$Z_{ip} \leq \frac{U_C \text{ (dovoljena napetost dotika)}}{I_a \text{ (izklopni tok zaščitne naprave)}}$$

Karakteristika zaščitne naprave in impedance tokokroga, morata izpolnjevati naslednje pogoje:

$$Z_s \times I_a \leq U_0 \text{ kjer je}$$

- Z_s - impedance zanke okvarjenega tokokroga
- I_a - tok, ki zagotavlja delovanje zaščitne naprave
- U_0 - nazivna napetost med fazo in nevtralnim vodnikom

2. Izračun ozemljitve – tračnega ozemljila:

Za ozemljitev se uporabi pocinkani valjanec Fe/Zn 25 x 4 mm. Odločilnega pomena je njena ponikalna upornost R_u (delovna upornost). Pri izračunu udarne ponikalne upornosti ozemljila upoštevamo le delovno dolžino ozemljila, ki znaša največ 50m, odvisno od specifične ohm-ske upornosti zemlje (Tehniški predpisi za strelkovode, tč. 4.613).

$$R_u = 0,366 \cdot \frac{k \cdot \epsilon_0}{2l_d} \log \frac{l_d^2}{H \cdot d}$$

Pri izračunu ponikalne upornosti ozemljila R_p upoštevamo celotno dolžino ozemljila:

$$R_p = 0,366 \cdot \frac{\zeta_0}{l} \log \frac{l^2}{H \cdot d}$$

kjer pomenijo:

$R_u [\Omega]$	udarna ponikalna upornost
$R_p [\Omega]$	ponikalna upornost
$\zeta_0 [\Omega m]$	specifična ohmska upornost zemlje: 150 Ωm
$l [m]$	dolžina tračnega ozemljila: 390m
$H [m]$	globina vkopa: 0,6m
$d [m]$	premer vodnika, pri čemer je $d = \frac{1}{2}$ širine traku: 0,013m
$l_d [m]$	delovna dolžina ozemljitve: 50m
k	korekcijski količnik: 1,7

Izračunane vrednosti:

$$R_u = 5,14 \Omega$$

$$R_p = 1,03 \Omega$$

Udarne ponikalne upornosti je manjša od dopustne upornosti, ki znaša 20 Ω .

3. Zaščita pred prevelikimi toki

Delovna karakteristika naprave, ki ščiti vod pred preobremenitvijo ustreza naslednjima pogojema:

$$1.) \quad I_b \leq I_n \leq I_z$$

$$2.) \quad I_2 \leq 1,45 \cdot I_z \quad \text{oz.} \quad I_n \leq \frac{1,45 \cdot I_z}{k}$$

$$I_b = \frac{P_n}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos \varphi \cdot \eta} \quad \text{za trifazne porabnike; } U=400V$$

$$I_b = \frac{P_n}{U \cdot \cos \varphi \cdot \eta} \quad \text{za enofazne porabnike; } U=230V$$

kjer pomenijo :

$I_b [A]$	nazivni bremenski tok porabnika
$I_n [A]$	nazivni tok zaščitne naprave
$I_z [A]$	trajni zdržni tok kabla
$I_2 [A]$	tok, ki zagotavlja zanesljivo delovanje zaščitne naprave
$P_n [W]$	nazivna moč porabnika
$\cos \varphi$	faktor moči porabnika
η	izkoristek porabnika
k	faktor zaščitne naprave

- za talilne varovalke :

$$I_n = 2 \text{ in } 4A \quad k = 2,1$$

$$I_n = 6 \text{ in } 10A \quad k = 1,9$$

$$I_n \geq 16A \quad k = 1,6$$

- za instalacijske odklopnike :
 $I_n = \text{za vsa območja} \quad k = 1,45$
- za zaščitna stikala :
 $I_n = \text{za vsa območja} \quad k = 1,2$

Trajni zdržni tok posamezne vrste kabla oz. vodnika določajo obratovalni pogoji :

- uporabljen tip instalacije
- vpliv paralelno položenih kablov
- vpliv temperature okolice

Rezultati so podani v tabeli dimenzioniranja kablov.

4. Kontrola padcev napetosti

Porabniki se napajajo iz nizkonapetostnega omrežja, zato dovoljeni padec napetosti med napajalno točko električne instalacije in katerokoli drugo točko ne sme biti, glede na nazivno napetost električne napetosti večji od naslednjih vrednosti :

- 3% za tokokroge razsvetljave
- 5% za tokokroge drugih porabnikov

Za električne instalacije, ki so daljše od 100m, se dovoljeni padec napetosti poveča za 0,005% na vsak dolžinski meter nad 100m, vendar ne več kot 0,5%.

Kontrola je narejena po enačbah :

$$u = \frac{100 \cdot P_n \cdot l}{\lambda \cdot S \cdot U^2} \quad \text{za trifazne porabnike; } U=400V$$

$$u = \frac{200 \cdot P_n \cdot l}{\lambda \cdot S \cdot U^2} \quad \text{za enofazne porabnike; } U=230V$$

kjer pomenijo :

$u[\%]$	padec napetosti
$P_n[W]$	nazivna moč porabnika
$l[m]$	dolžina kabla oz. vodnika
$S[mm^2]$	preseka kabla oz. vodnika
$\lambda[Sm/mm^2]$	specifična prevodnost vodnikove kovine in znaša
	- za Cu vodnike 56
	- za Al vodnike 37

Rezultati so podani v tabeli dimenzioniranja kablov.

5. Kontrola minimalnega preseka kablov

Upoštevane so zahteve :

- Zaščita pred prevelikimi toki

Kontrola je izvedena ustrezno zgoraj navedenemu standardu in sicer po enačbi :

$$S_{min} = \frac{I}{k} I_k \sqrt{t}$$

$$I_k = \frac{U}{Z}$$

$$Z = \frac{l}{\lambda \cdot S_f} + \frac{l}{\lambda \cdot S_0}$$

kjer pomenijo :

$S_0 [mm^2]$

presek zaščitnega vodnika

$S_f [mm^2]$

presek faznega vodnika

$\lambda [Sm/mm^2]$

specifična prevodnost vodnikove kovine

$Z [\Omega]$

impedanca okvarne zanke – kratkostična impedanca, vključujoč vir, fazni vodnik od izvora do mesta okvare in zaščitni vodnik od okvare do vira

$l [m]$

dolžina kabla oz. vodnika

$U [V]$

napetost proti zemlji

$I_k [A]$

pričakovani tok kratkega stika (tok okvare)

$t [s]$

izklopni čas zaščitne naprave (odčitani iz izklopilne karakteristike zaščitne naprave)

k

konstanta, odvisna od materiala vodnika in izolacije kabla in znaša

$k = 115$

Cu + PVC

$k = 134$

Cu + guma, polietilen

$k = 76$

Al + PVC

$k = 89$

Al + guma, polietilen

Zgoraj omenjena formula za S_{min} velja le za preseke $10mm^2$ ali več, za manjše preseke pa kontrole S_{min} ne izvajamo.

Kontrola presekov zaščitnih oz. ozemljitvenih vodnikov in vodnikov za izenačevanje potencialov je izvedena skladno z TSG-N-002-2013, ki določa, da mora biti presek zaščitnega vodnika S :

- enak preseku faznega vodnika do preseka $16mm^2$
- $16mm^2$, če je fazni vodnik preseka 16 do $35mm^2$
- polovični presek faznega vodnika, če je le ta večji od $35mm^2$

V primeru, da zaščitni vodnik ni del kabla ali vodnika, mora imeti najmanjši prerez:

- $2,5mm^2$ za Cu ali $4mm^2$ za Al, če je vodnik mehansko zaščiten
- $4mm^2$ za Cu, če vodnik ni mehansko zaščiten
- $50mm^2$ za Fe/Zn

Standard določa, da mora biti presek glavnega vodnika za izenačevanje potencialov:

- večji od polovice preseka največjega zaščitnega vodnika v instalaciji, vendar najmanj $6mm^2$.
- lahko je omejen na $25mm^2$, če je bakren

Dodatni vodnik za izenačevanje potencialov ima ustrezen presek glede na prerez najmanjšega zaščitnega vodnika, vezanega na te prevodne dele.

Rezultati izračunov so razvidni iz priloge Izračuni elektroinstalacij.

3.3.11 - T.1.11 - Dodatna opozorila in navodila

1. Investitor je dolžan organizirati strokovni nadzor nad izvedbo elektroinstalacij že pred pričetkom del.
2. Izvajalec del mora pri izvedbi upoštevati veljavne tehnične predpise in normative za tovrstno instalacijo.
3. Izvajalec del je dolžan, da dela izvede strokovno in kvalitetno.
4. Ves uporabljeni instalacijski material mora ustrezati veljavnim standardom.
5. Na mestih, kjer so vodniki izpostavljeni mehanskim poškodbam, morajo vodniki imeti mehansko zaščito.
6. V zemljo je dovoljeno polagati samo vode, ki so po standardih namenjeni za polaganje v zemljo.
7. Polmer krivine kabla ne sme biti manjši od 15 kratnega premera kabla.
8. Instalacijo je potrebno preizkusiti na izolacijsko trdnost, ki mora biti najmanj 1000 Ω/V obratovalne napetosti.
9. Omaro je potrebno predpisano opremiti s puščico, navedbo napetosti in frekvence ter identifikacijo. Varovalke morajo biti opremljene z ustreznimi napisi vložkov, namembnosti tokokroga in prereza vodnika.
10. Pred pričetkom obratovanja je potrebno preizkusiti delovanje zaščite pred previsoko napetostjo dotika.
11. Posebno pozornost je potrebno posvetiti spajanju zaščitnega vodnika.
12. V omari mora biti ustrezna tropolna shema, ki se mora ujemati z dejanskim stanjem.
13. Ob dokončanju montažnih del, mora izvajalec opraviti kontrolo in verifikacijo lastnosti izvedenih elektro instalacij, ki se sestoji iz:
 - Preverjanje s pregledom:
 - zaščita pred električnim udarom,
 - ukrepi za zaščito vodnikov pred razširjanjem ognja in termičnimi vplivi in trajno dovoljene obremenitve in dovoljeni padec napetosti,
 - izbira in nastavitev zaščitnih naprav,
 - postavitev ustreznih stikalnih naprav,
 - izbira opreme in zaščitnih ukrepov glede na zunanje vplive,
 - identifikacija nevtralnega in zaščitnega vodnika,
 - enopolne in krmilne sheme in napisne ploščice v razdelilcih,
 - povezave, stiki vodnikov,
 - dostopnost za potrebe obratovanja in vzdrževanja.
 - Preizkušnja el. Instalacije:
 - neprekinjenost zaščitnega vodnika, glavnega in dodatnega za izenačevanje potenciala,
 - meritev izolacijske upornosti instalacije,
 - preizkus zaščite z ločevanjem tokokrogov,
 - meritev upornosti tal,
 - preizkus funkcionalnosti elektro instalacij.
14. Potrebno je izdelati projekt izvedbenih del in ga predati uporabniku - investitorju.

Novo mesto, marec 2019

Odgovorni projektant:
Aleš Šurla dipl.inž.el., E-1544