

ZNAČAJ UTVRĐIVANJA I METODE MERENJA RADIJUSA KRIVINE

THE IMPORTANCE OF DEFINING AND METHODES FOR MEASURING CURVE RADIUS

Duško Pešić¹; Milan Vujanović²

Rezime: Osnovni preduslov za kvalitetnu analizu saobraćajne nezgode, jeste kvalitetno obavljen uviđaj. Veštaci saobraćajne struke se često susreću sa uviđajnom dokumentacijom koja je neupotrebljiva ili delimično upotrebljiva za analizu. Pored neusaglašenosti elemenata, nerazdvajanja subjektivnih od objektivno utvrđenih činjenica, u uviđajnoj dokumentaciji najčešće nedostaju podaci o preglednosti, vidljivosti, saobraćajnoj signalizaciji, geometriji puta (radijus krivine, poprečni nagibi). S obzirom na značaj utvrđivanja radijusa krivine, predmet ovog rada je uviđaj i analiza saobraćajnih nezgoda u kojima merenje i pravilno merenje radijusa preduslov za kvalitetno definisanje propusta učesnika. Cilj rada je da se, na osnovu analize uočenih grešaka zbog pogrešno utvrđenog ili neizmerenog radijusa, prikažu i sagledaju metode merenja radijusa krivine sa prednostima i nedostacima, ali i da se ukaže značaj merenja radijusa krivine.

KLJUČNE REČI: RADIJUS KRIVINE, UVIĐAJ
SAOBRAĆAJNE NEZGODE, VEŠTAK,
VEŠTAČENJE SAOBRAĆAJNE NEZGODE

Abstract: The main condition for good traffic accident expertise is properly done investigation. Traffic experts often come across the documentation which cannot be used or can be partially used. Besides the unharmonized elements, not making the difference between subjective and objective facts, the most common details that are not in the documentation are visibility, traffic signalization, geometry of the road (curve radius, the cross slopes). Considering the importance of the determination of the curve radius, the topic of this paper is the investigation of traffic accidents in which the measuring of the radius is the basis for proper defining of the omissions of the participants. The aim of the paper is, based on the analysis of the improperly determined or measured radius, to show the methodes for measuring radius of the curve with all the advantages and disadvantages, and to show the importance of the measuring of the curves' radius.

KEY WORDS: CURVE RADIUS, TRAFFIC ACCIDENT

¹ Saobraćajni fakultet, duskopesic@sf.bg.ac.rs

² Saobraćajni fakultet, Beograd, milan_vujanovic@sf.bg.ac.rs

INVESTIGATION, EXPERT, TRAFFIC
ACCIDENT EXPERTISE

1. UVOD

Uviđaj i analiza saobraćajne nezgode su vremenski i prostorno razdvojeni. Naime, uviđaj saobraćajne nezgode se vrši u vreme i na mestu nezgode, a analiza nezgode se vrši naknadno (i po nekoliko godina posle nezgode) i na drugom mestu (i po nekoliko desetina kilometara od mesta nezgode). S obzirom na to, uviđaj treba da što preciznije fiksira zatečeno stanje, jer predstavlja osnovni preduslov za kvalitetnu analizu saobraćajne nezgode. Sa druge strane, kvalitetno veštačenje saobraćajne nezgode predstavlja osnovni preduslov da Sud može uzeti u obzir tu vrstu dokaza i doneti pravilnu i brzu presudu. Najvažniji deo Sudskih Spisa koje veštak analizira je uviđajna dokumentacija koju čine: Zapisnik o uviđaju, Skica lica mesta, Situacioni plan, Fotodokumentacija i ostali prilozi. Od izuzetnog značaja je da svaki deo ove uviđajne dokumentacije bude kvalitetno izrađen, kako bi Sudsko veće i/ili veštak na osnovu podataka sa lica mesta mogli da kvalitetno analiziraju saobraćajnu nezgodu.

Veštaci saobraćajne struke se često u praksi susreću sa nepreciznom i/ili nepotpunom uviđajnom dokumentacijom ili delom te uviđajne dokumentacije, a dešavaju se i situacije da je kompletna uviđajna dokumentacija praktično neupotrebljiva. Najčešći nedostaci koji se javljaju kod uviđajne dokumentacije, mogu se posmatrati sa aspekta ispunjenosti tri načela: načela usaglašenosti, načela objektivnosti i načela sveobuhvatnosti. Ukoliko su ispunjena sva tri načela, uviđajna dokumentacija ima osnova da bude kvalitetna i da kvalitetne ulazne podatke za dalju analizu saobraćajne nezgode.

Kada se govori o načelu sveobuhvatnosti, treba istaći da se uviđajem često ne konstatuje preglednost, vidljivost, saobraćajna signalizacija (horizontalna, vertikalna), geometrija puta (radijusi krivina, poprečni nagibi). S obzirom na značaj merenja na licu mesta, važno je prepoznati koja merenja treba da se rade i kojim redosledom. Naime, od uviđajne ekipe se očekuje, da prepozna i da fiksira sve što je važno, ali i da ne opterećuje uviđajnu dokumentaciju nevažnim detaljima. Sa druge strane, potrebno je da se prepoznaju i prioriteti prilikom merenja, jer postoje merenja koja se moraju raditi odmah i nema mogućnosti da se takva merenja naknadno vrše, a postoje i merenja koja se mogu naknadno vršiti. Razlikuju se

- **hitna merenja** u koja spadaju *najhitnija merenja*, rade se odmah, u roku od nekoliko minuta (položaj povređenih ili poginulih, merenja tragova vožnje koji nestaju) i *manje hitna merenja*, rade se na uviđaju, ali se mogu izvršiti u roku od nekoliko sati (tragovi kočenja, grebanja),
- **ostala merenja** - mogu se izvršiti ili drugog dana, pa čak i nekoliko meseci ili godina kasnije, ako lice mesta nije menjano (radijus krivine, poprečni ili podužni nagib kolovoza, širina saobraćajnih traka).

S obzirom da merenje radijusa krivine ne spada u hitna merenja, to je ostavljena mogućnost merenja radijusa i posle određenog perioda, ukoliko lice mesta nije promenjeno. Samim tim greške koje se načine prilikom uviđaja, a koje podrazumevaju ili nedostatak podatka o radijusu ili neprecizno merenje radijusa, za situacije kada je merenje radijusa važno za analizu, se mogu ispraviti. Nedostatak podatka sa lica mesta o radijusu krivine, u situacijama kada je to važno za analizu saobraćajne nezgode, može

imati sledeće posledice:

- nije uočen značaj naknadnog merenja radijusa i veštačenje se odvodi u pogrešnom pravcu, a što ima za posledicu pogrešno definisanje uzroka, a samim tim i propusta učesnika saobraćajne nezgode,
- uočen je značaj naknadnog merenja radijusa, što dovodi do produžavanja sudskih procesa i povećanja troškova.

Imajući u vidu analizu saobraćajnih nezgoda koje su rađene, a u kojima je utvrđivanje radijusa krivine bilo od izuzetnog značaja za analizu nezgode i definisanje propusta, uočene su najčešće greške koje se javljaju u takvim analizama, a koje su dovele do pogrešnih zaključaka i mišljenja. Najčešće greške koje se javljaju kod analize saobraćajnih nezgoda u kojima je utvrđivanje radijusa krivine značajno za definisanje propusta su:

- Nije prepoznat značaj utvrđivanja radijusa krivine, pa radijus krivine nije meren na uviđaju, a nije vršena ni dopuna uviđaja, tako da je nezgoda analizirana bez podatka o radijusu krivine, koji je bio neophodno utvrditi da bi se pravilno definisali propusti učesnika.
- Radijus krivine nije izmeren, a veštaci nisu prepoznali značaj preciznog utvrđivanja radijusa za analizu saobraćajne nezgode, pa nezgodu analiziraju kao da postoje podaci o radijusu krivine i definišu propuste učesnika saobraćajne nezgode.
- Radijus krivine nije izmeren, a veštaci procenjuju (mere) radijus krivine sa fotografija Fotodokumentacije ili sa aplikacija (plan plus, google earth, orto-fotoi sl.), a takve procene (merenja) nisu precizne i utiču na pogrešno definisanje propusta učesnika saobraćajne nezgode
- Radijus krivine je pogrešno izmeren ili od strane uviđajne ekipe ili od strane veštaka, što je imalo za posledicu pogrešan Nalaz i Mišljenje veštaka.

U daljem delu rada, na primerima su prikazane uočene najčešće greške kod analize saobraćajnih nezgoda u kojima je utvrđivanje radijusa krivine bilo značajno za definisanje propusta.

2. PRIMERI SAOBRAĆAJNIH NEZGODA U KOJIMA JE MERENJE RADIJUSA BILO ZNAČAJNO ZA ANALIZU

U ovom delu rada prikazana su tri primera u kojima su veštaci zbog nedostatka podatka o radijusu ili pogrešno utvrđenog radijusa dali pogrešne zaključke i pogrešno definisali propuste učesnika saobraćajne nezgode.

2.1. Primer saobraćajne nezgode u kojoj radijus krivine, nije meren već je procenjena maksimalna brzina za prolazak kroz krivinu

U saobraćajnoj nezgodi je učestvovao automobil Mercedes, koji je u levoj krivini "izleteo" u desno, i udario pešaka van kolovoza. Uviđajna dokumentacija je bila nepotpuna jer nije sadržala ni fotografije Fotodokumentacije ni mere radijusa krivine. Veštak je analizirao nezgodu bez podatka o radijusu krivine i došao do zaključka da je Mercedes, pre nezgode vožen brzinom od najmanje 100 km/h, a zatim je procenio bezbednu brzinu za prolazak kroz krivinu na 80 km/h (Slika br. 1).

Uzimajući u obzir smanjenje brzine po svim segmentima i obim nastalih oštećenja na vozilu utvrdio sam da brzina kretanja vozila Mercedes u trenutku kontakta vozila sa desnim ivičnjakom nije bila manja od 100 km/čas.

Dozvoljena brzina kretanja vozila na delu [redacted] je 40 km/čas a s obzirom na prisustvo saobraćajnog znaka "ograničenja brzine". S obzirom na prisutne krivine bezbedna brzina kretanja vozila na delu puta na kome je došlo do nezgode je svega brzina koja nije veća od 80 km/čas.

2.2. UZROK NASTANKA NEZGODE

Brzina kretanja vozila Mercedes pri ulasku u krivinu u levo nije bila prilagođena tj. bila je veća od brzine sa kojom bi vozilo bezbedno nastavilo sa kretanjem kroz krivinu. U takvoj situaciji na vozilo je delovala centrifugalna sila, usled koje je vozilo desnim prednjim točkom došlo u dodir sa desnim ivičnjakom. Nema zabeleženih tragova

Z A K L J U Č A K

U direktnoj vezi sa uzrokom nastanka nezgode je kretanje vozila Mercedes, [redacted], brzinom većom od 100 km/čas u situaciji i na delu ~~km~~ puta sa krivinama kada tolika brzina nije omogućavala bezbedno kretanje vozila, već je dovela do izlaska vozila van kolovoza i do nastajanja evidentiranih posledica.

Slika br. 1

Komisija veštaka je analizirajući nezgodu izračunala da se Mercedes kretao kroz krivinu brzinom od 84,7 km/h. Sud je zatim naredio dopunu uviđaja, pa je Komisija veštaka izašla na lice mesta, izmerila radijus krivine i našla da je radijus krivine na levoj ivici bio 185,3 m, a na desnoj ivici 192,4 m, a da je bezbedna brzina za prolazak kroz krivinu bila najmanje 125,9 km/h. Nakon merenja radijusa krivine na dopuni uviđaja, Komisija veštaka je u dopuni Nalaza i Mišljenja navela sledeće:

Na osnovu analize podataka dobijenih merenjem na licu mesta, nalazimo da bi MERCEDES, u uslovima suvog kolovoza i tehnički ispravnog MERCEDES-a, a bez uticaja elemenata koje okrivljeni navodi u Spisu, mogao bezbedno da prođe kroz krivinu, bez bočnog proklizavanja, ukoliko bi MERCEDES bio vožen brzinom do 125,9 km/h ...'.



Slika br. 2

2.2. Primer saobraćajne nezgode u kojoj je radijus krivine meren sa "orto-foto" snimka

Na uviđaju saobraćajne nezgode nije izmeren radijus krivine, a na Skici lica mesta je prikazano da se mesto nezgode nalazi u krivini. S obzirom da nije raspolagao podatkom o radijusu krivine na mestu nezgode, veštak je koristio "orto-foto" snimak kako bi utvrdio radijus krivine (Slika br. 3).

Pored nedostatka podatka o radijusu krivine, na mestu nezgode nije izmeren ni poprečni nagib kolovoza, a koji je neophodan za izračunavanje granične brzine za prolazak kroz krivinu, pa je veštak procenio da je poprečni nagib kolovoza na mestu nezgode 3%.

Na osnovu "orto-foto" snimka i procenjenog poprečnog nagiba veštak je našao da je radijus krivine na mestu nezgode 85 m, a granična brzina za prolazak kroz krivinu 68,6 km/h.

Na osnovu oblika objekta, čiji je ugao uzet za fiksnu tačku, izvršena je njegova identifikacija na orto-foto snimku, koji je korišćen kao podloga za kompjutersku simulaciju predmetne saobraćajne nezgode.



Slika 10. Izgled krivine u zoni mesta nezgode.

Na osnovu analize orto-foto snimka, utvrđeno je da radijus desne krivine, gledano iz smera [redacted], iznosi oko 85 m.

Slika br. 3

Izlaskom na lice mesta saobraćajne nezgode veštak je našao da je radijus krivine na mestu nezgode 90 m, a da je poprečni nagib kolovoza 7%, pa je granična brzina za prolazak kroz krivinu bila 81,2 km/h (Slika br. 4).

Обавио сам додатни прорачун имајући у виду радијус кривине и попречни нагиб, те смо ми констатовали да приликом нормалног стања гранична брзина за проклизавање је била 68,6 км/х, а при максималном нагибу од 7% и при радијусу од 90 м са највећим одступањима од 5 м онда би ова гранична брзина за проклизавање била 81,2 км/х што је у сваком случају знатно мање од брзине којом се кретало возило окривљеног а то је 97,2 км/х, а што значи да је до излетања возила дошло услед дејства центрифугалне силе у кривини.

На питање браниоца одговарам да смо ми у основном налазу узели попречни нагиб од 3% а ја сам данас објаснио ситуацију да је тај нагиб био 7 % који је максимални за путеве у Србији и није ми познато да је било где већи од 7%.

Slika br. 4

2.3. Primer saobraćajne nezgode u kojoj je radijus krivine pogrešno izmeren od strane veštaka

U saobraćajnoj nezgodi Ford je tokom prolaska kroz krivinu udesno "izleteo" sa kolovoza i udario u "zemljano kamenu kosinu" pored leve ivice kolovoza. Bez obzira što je došlo do "izletanja" Forda, uviđajna ekipa, nije prepoznala značaj merenja radijusa krivine na mestu nezgode, pa radijus krivine nije ni izmeren.

U toku sudskog procesa se pojavila potreba za merenjem radijusa, pa su veštaci izlazili na mesto nezgode i merili radijus krivine. Iako su koristili isti metod za merenje radijusa krivine i merili isti radijus krivine (vidi sliku br. 5 i sliku br. 7) pojavila se razlika od 44 m u veličini radijusa krivine.

Veštak koji je prvi izlazio na lice mesta saobraćajne nezgode, našao je da je na mestu nezgode "poluprečnik" krivine 90 m, a da je bezbedna brzina za prolazak kroz krivinu 55,5 km/h. Veštak je zatim našao da je brzina Forda u trenutku udara u kosinu bila najmanje 50 km/h, a da je brzina Forda pre "izletanja" sa puta mogla biti i veća, kao i da je brzina mogla biti razlog izletanja Ford-a iz krivine (Slika br. 6).



Slika br. 5

Мерењем полупречника кривине методом тетиве кружног одсечка и висине кружног одсечка утврдио сам да полупречник кривине мерен од орјентационе тачке па по тетиви дужине 30 метара износи:

$$R_{\text{Кружне кривине}} = [(30 : 2)^2 + 1,26^2] : (2 \times 1,26) = 90 \text{ метара.}$$

2.4 Утврђивање брзине кретања возила *ФОРД*

У списима предмета нема материјалних трагова на основу којих би се на поуздан начин могла израчунати брзина кретања возила *ФОРД* непосредно пре слетања са пута као и у моменту удара у земљано-камену косину, па на основу изјава учесника у незгоди и сведока, повреда путника, као и оштећења на возилу *ФОРД*, процењујен да брзина возила *ФОРД* у моменту удара у земљано-камену косину није била мање од 50 Km/h, а непосредно пре слетања са пута могла је бити и већа.

среди да је гранична брзина на исклизавање путничког возила *ФОРД* у конкретної кривини износила око:

$$V_{\text{Гранично ФОРД на исклиз.}} = 11,27 \times [90 \times (0,25 + 0,01 \times 2)]^{1/2} = 55,5 \text{ Km/H,}$$

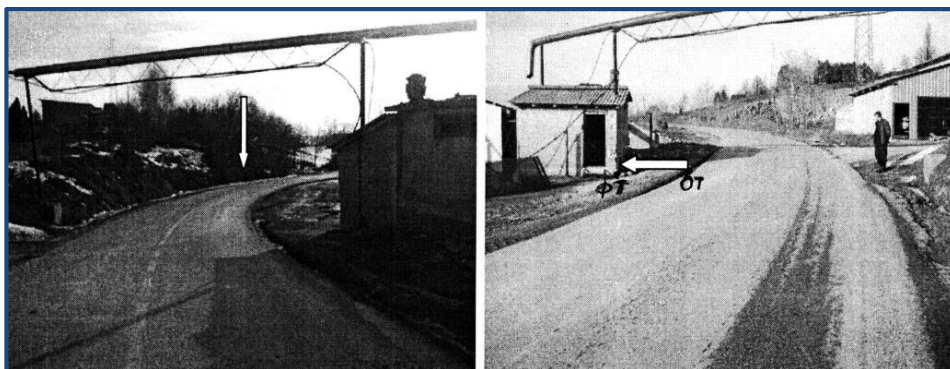
односно максимална безбедна брзина кретања возила *ФОРД* кроз предметну кривину у условима пута који су постојали у моменту настанка незгоде износила је највише 55,5 Km/H.

З. МИШЉЕЊЕ

На основу извршених мерења на лицу места, утрђеног полупречника кривине, услова пута који су постојали у моменту настанка незгоде и изјава возача возила *ФОРД*, као и путника из истог возила, мишљења сам да је до предметне саобраћајне незгоде могло доћи услед брзине кретања возила *ФОРД* која је у датим околностима била већа од максимално безбедне брзине за пролазак возила кроз предметну кривину, а услед чега је у фази проласка овог возила кроз десну кривину дошло до слетања истог са коловоза на леву страну и удара у земљано-камену косину са леве стране коловоза.

Slika br. 6

Veštak koji je drugi izlazio na lice mesta saobraćajne nezgode, našao je da je na mestu nezgode "poluprečnik" krivine 134 m, a da je bezbedna brzina za prolazak kroz krivinu 84,5 km/h. Veštak je zatim našao da se Ford kretao brzinom od 87,5 km/h i da je brzina Forda bila razlog "izletanja" Ford-a iz krivine (Slika br. 7 i br. 8).



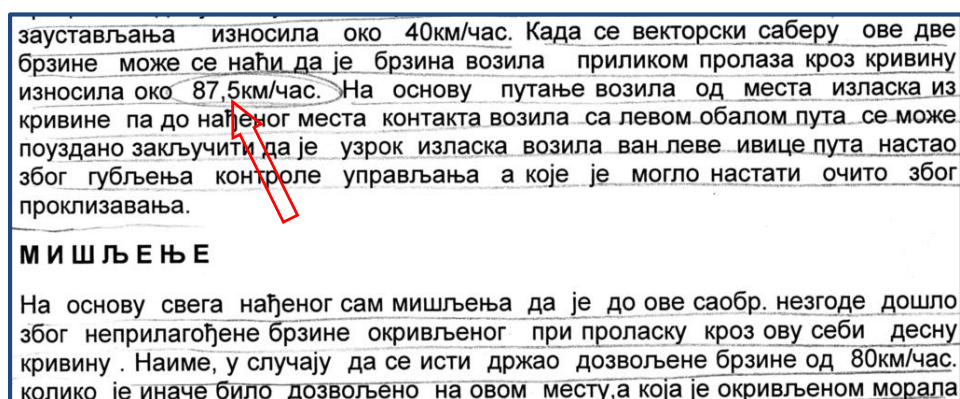
Slika br. 7

УТВРЂИВАЊЕ ПОЛУПРЕЧНИКА ОВЕ КРИВИНЕ.

Приликом изласка на лице места сам извршио мерење тетиве кружног одсечка од 40м и при том нашао у зони оријентирне тачке да је висина кружног одсечка 1,5м. Тиме се може наћи да је полупречник ове кривине 134м. Такође се уз налаз прилаже скица из катастра у размери 1:1000 из које се види пружања пута на месту незгоде, при чему се из исте може наћи да је полупречник кривине приближан наведеном.

УТВРЂИВАЊЕ ГРАНИЧНЕ БРЗИНЕ НА ИСКЛИЗАВАЊЕ ПУТН. ВОЗ. „ФОРД“

За полупречник кривине од 134м, за коефицијент трења од 0,4 и попречни нагиб коловоза од 2% се може наћи да приликом проласка возила кроз ову кривину је могло доћи до бочног проклизавања за све брзине веће од 84,5км/час.



Slika br. 8

3. METODE MERENJA RADIJUSA KRIVINE

Postoji veliki broj metoda za merenje krivina. Pre izbora metode za merenje krivine mora se proveriti da li je krivina pravilna ili ne.

Pravilne krivine su krivine kod kojih je poluprečnik nepromenljiv duž krivine, što se na terenu može utvrditi ili vizuelnom proverom (oštrina zakrivljenosti krivine ista na celoj dužini krivine, što je i najpreciznije), ili proveravanjem da li su dužine odsečaka tangenti jednake na krivini (približno jednake).

Na terenu ima jako malo pravilnih krivina, ali se često i one nepravilne aproksimiraju pravilnim, jer je merenje pravilnih krivina mnogo jednostavnije i brže. Na terenu će se krivina meriti kao pravilna, ukoliko je krivina pravilna ili približno pravilna i ukoliko je nepravilna, ali nije važno da se precizno meri, jer nije od uticaja na nastanak nezgode.

3.1. Metode merenja pravilnih kružnih krivina

Merenje pravilnih kružnih krivina se na terenu može vršiti uz pomoć sledećih metoda:

1. pomoću dve tangente i tetive
2. pomoću tetive i visine luka nad tetivom
3. pomoću ugla i tačke na simetrali ugla
4. pomoću ugla i dve tangente i
5. pomoću tri tačke.

Prilikom izbora metode za merenje krivine mora se voditi računa da se izabere metoda koja omogućava jednostavan i brz rad na terenu, veću preciznost i laku konstrukciju pri crtanju Situacionog plana.

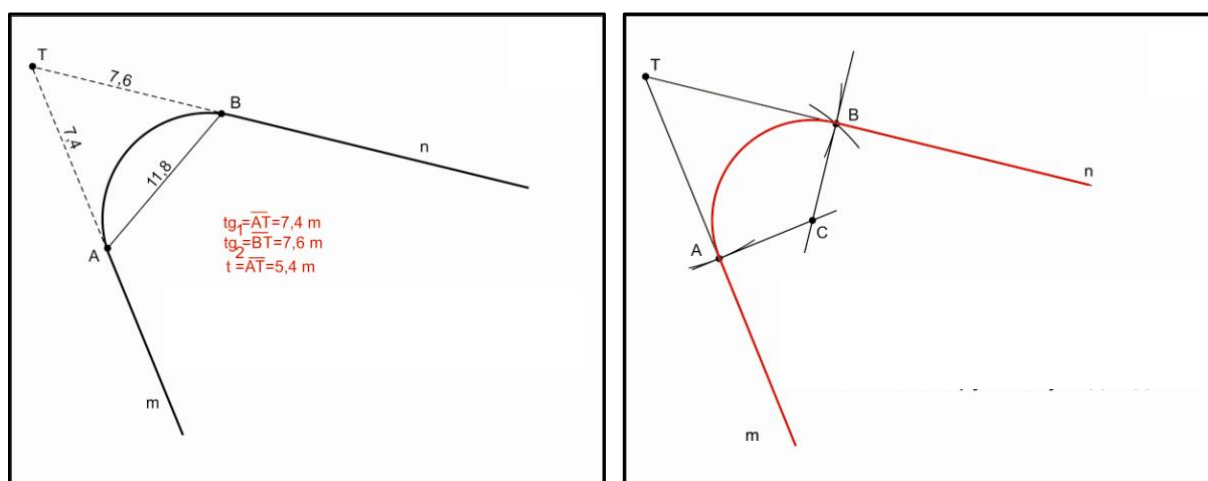
3.1.1. Merenje pomoću dve tangente i tetive

Metoda merenja pomoću dve tangente i tetive je najpreciznija i najjednostavnija metoda. Treba je primeniti uvek, kad je to moguće tj. ako su na terenu dostupne za merenje obe tangente i tetiva. Međutim, na terenu su često nedostupne ili tetiva ili tangente.

Postupak na terenu (slika br. 9a):

Prvo se proveriti da li je krivina pravilna (vizuelni kriterijum ili kriterijum jednakosti), a potom:

1. Označi se početak (A) i kraj (B) krivine,
2. Produže se pravci (m i n), i tamo gde se preseku označi se tačka T.
3. Izmere se dužine AT i BT (izvrši se provera da li su približno jednake, što nam govori da li se radi o pravilnoj kružnoj krivini), kao i dužina tangente AB.
4. Izmerene vrednosti se unose u Skicu



Slika br. 9

Konstrukcija (Slika br. 9b):

Pre konstrukcije izračuna se srednja vrednost izmerenih dužina isečaka tangenti:

$$t_{gsr} = (t_{g1} + t_{g2}) : 2 \text{ i dužina } (t_{gsr}) \text{ se koristiti u daljoj konstrukciji}$$

1. Proizvoljno se odredi pravac m i na njemu tačka T.
2. U otvor šestara se uzme srednja dužina isečaka tangente i iz tačke T se povuče luk na pravac m , i u preseku se dobija tačka A. Sa istim otvorom šestara povuče se luk i na drugoj strani gde se očekuje tačka B.
3. U otvor šestara se uzme dužina tetive i iz tačke A se povuče luk tako da se preseče sa lukom iz prethodne tačke. U preseku se nalazi tačka B. Povlači se pravac n , koji prolazi kroz tačke T i B.
4. Iz tačaka B i A povuči normale na prave m , odnosno n , u čijem preseku se nalazi centar kružnice.
5. Duž \overline{CB} , odnosno \overline{CA} je poluprečnik kružnice. Iz tačke C se opiše kružni luk od A do B.

3.1.2. Merenje pomoću tetive i visine luka nad tetivom

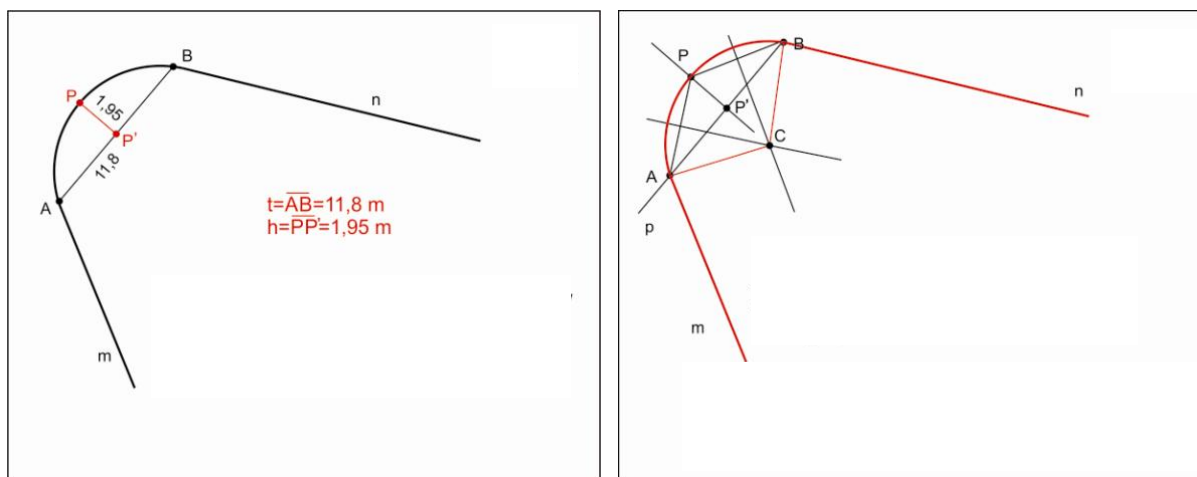
Metoda merenja uz pomoću tetive i visine luka nad tetivom je manje precizna nego prethodna. Koristi se onda kada je nedostupno teme T (kada je nezgodno merenje tangenti), a prostor unutar kružne krivine je dostupan. Metoda merenja pravilnih kružnih krivina uz pomoć luka i visine luka nad tetivom je najpogodnija za crtanje na računaru, jer se prečnik može izračunati primenom formule:

$$r = \frac{h}{2} + \frac{t^2}{8h}$$

Postupak na terenu (Slika br. 10a):

Potrebno je proveriti da li je krivina pravilna, a zatim:

1. Odrediti početak (**A**) i kraj (**B**) krivine.
2. Izmeriti dužinu tetive **AB**, i označiti je sa **t**.
3. Na sredini tetive izmeriti dužinu visine luka nad tetivom ($h = \overline{PP'}$).



Slika br. 10

Konstrukcija (Slika br. 10b):

1. Proizvoljno se ucrtta pravac **p** i na pravcu označi tačka **A** (to je pravac na kome se nalazi tetiva).
2. Na rastojanju koje odgovara dužini tetive označi se tačka **B** (metod lučnog preseka).
3. Na simetrali duži **AB** odredi se tačka **P'** i povuče normala na tetivu u tački **P'**.
4. Na normali, na rastojanju koje odgovara visini luka nad tetivom odredi se tačka **P**.
5. Nacrtaju se duži **AP** i **BP** i njihove simetrale. U preseku simetrala se nalazi centar **C**.
6. Iz centra **C** se opiše kružnica poluprečnika **CA**, odnosno **CB**. Konstruisanjem normala na poluprečnike **CA** i **CB**, kontruišu se pravci **m** i **n**.

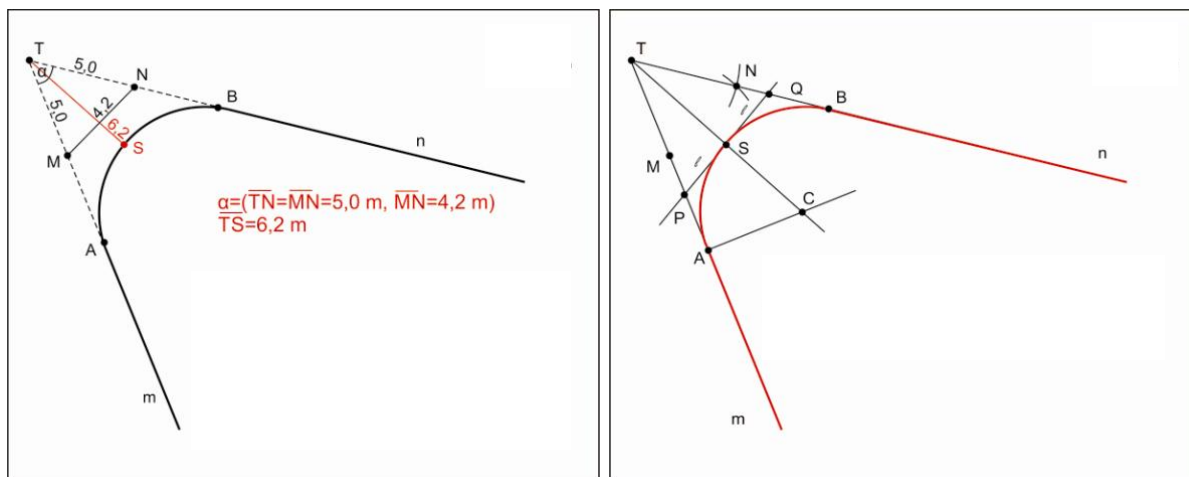
3.1.3. Merenje pomoću ugla i tačke na simetrali ugla

Metoda merenja pomoću ugla i tačke na simetrali ugla je još manje precizna u odnosu na prethodne dve metode. Primenjuje se isključivo ako nije dostupan prostor unutar krivine. Postupak konstrukcije, kod ove metode, je najsloženiji.

Postupak na terenu (Slika br. 11a):

Potrebno je proveriti da li je krivina pravilna, a zatim se na terenu radi sledeće:

1. Označe se početak (**A**) i kraj (**B**) krivine. Produže se pravci (**m** i **n**) i tamo gde se preseku označi se tačka **T** (proverava se da li je krivina pravilna merenjem dužine tangenti).
2. Odrede se tačke **M** i **N** na pravcima, na jednakom rastojanju od temena **T**. Izmere se duži **TN**, **TM** i **MN** (ugao je određen metodom jednakih dužina).
3. Izmeri se najkraće rastojanje od temena **T** do krivine (tačke **S**), odnosno rastojanje **TS**.
4. Izmerene vrednosti se upišu u Skicu.



Slika br. 11

Konstrukcija (Slika br. 11b):

1. Proizvoljno se nanese pravac m i na njemu tačka T . U otvor šestara se uzme dužina \overline{TM} , odnosno \overline{TN} , i povuče luk tako da preseče pravu M . U preseku se dobija tačka M .
2. Isti luk se povuče i na drugu stranu, gde se očekuje tačka N .
3. U otvor šestara se uzme dužina \overline{MN} , i povuče luk iz tačke M , tako da se preseče sa poslednjim nacrtanim lukom. U tom preseku se nalazi tačka N (metod lučnog preseka).
4. Konstruiše se pravac n .
5. Konstruiše se simetrala ugla u temenu T . Na rastojanju \overline{TS} , od temena ugla T na simetrali ugla se označi tačka S .
6. Odredi se normala n na simetralu ugla u tački S . U preseku se dobijaju tačke P i Q , na pravama m i n respektivno.
7. Rastojanje \overline{SP} je isto kao \overline{PA} i označeno je kao I . Na rastojanju I od tačke P , na pravcu m , nanese se tačka A . Postupak je isti i za tačku B (to su tačke koje označavaju početak i kraj krivine).
8. Povučite se normala ili iz tačke A ili iz tačke B , i u preseku dobijene normale i simetrale ugla, dobija se centar kružnice C .
9. Radijus krivine je $r = \overline{CA} = \overline{CB}$. Iz tačke C se opiše kružni luk od A do B .

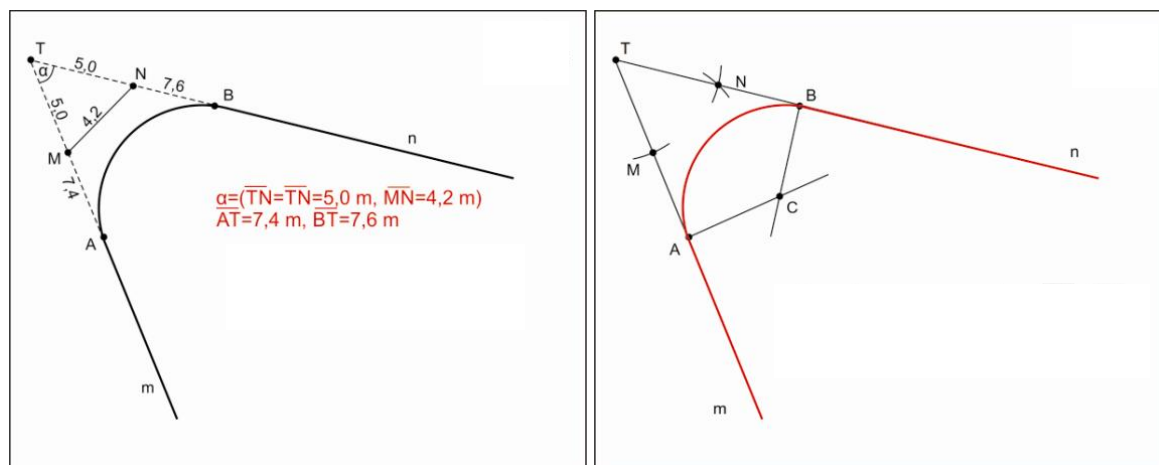
3.1.4. Merenje pomoću ugla i dve tangente

Metoda merenja pravilnih kružnih krivina pomoću ugla i dve tangente se koristi isključivo ako nije pristupačan prostor unutar krivine, a tangente krivine se mogu meriti. Preciznija je znatno prostija od treće metode, ali je nešto složenija i manje preciznija od prve metode.

Postupak na terenu (Slika br. 12a):

Prvo treba proveriti da li je krivina pravilna.

1. Odredi se početak (A) i kraj (B) krivine. Produži se pravci (m i n) i tamo gde se preseku označi se tačka T . Izmere se dužine \overline{TB} i \overline{TA} (proveri se da li je krivina pravilna, merenjem dužine isečaka tangenti).
2. Odrede se tačke M i N na pravcima, na jednakom rastojanju od temena T . Izmere se duži \overline{TM} , \overline{TN} i \overline{MN} (ugao je određen metodom jednakih dužina).
3. Upišu se podaci u Skicu.



Slika br. 12

Konstrukcija (Slika br. 12b) – prva tri koraka su ista kao kod prethodne metode merenja pravilnih kružnih krivina:

1. Proizvoljno se nanese pravac m i na njemu tačka T . U otvor šestara se uzme dužina \overline{TM} , odnosno \overline{TN} , i povuče se luk tako da preseče pravu M . U preseku se dobija tačka M .
2. Isti luk se povuče i na drugu stranu, gde se očekuje tačka N .
3. U otvor šestara se uzme dužina \overline{MN} , i povuče luk iz tačke M , tako da se preseče sa poslednjim nacrtanim lukom. U tom preseku se nalazi tačka N (metod lučnog preseka).
4. Konstruiše se pravac n . Izračunate srednje vrednosti izmerenih tangenti se nanose na pravce m i n u odnosu na tačku T . Dobijaju se tačke A i B , respektivno.
5. Povuku se normale iz tačaka A i B na pravce m i n , respektivno. U preseku normala dobija se centar kružnice C .
6. Radijus kružnice je $r = \overline{CA} = \overline{CB}$. Iz tačke C se opiše kružni luk od tačke A do tačke B .

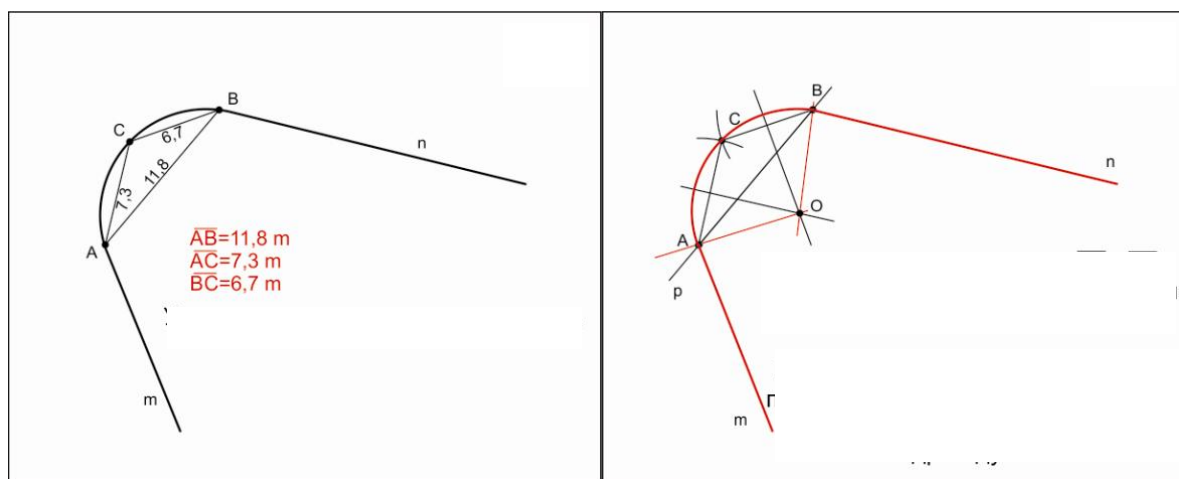
3.1.5. Merenje pomoću tri tačke

Metoda merenja pomoću tri tačke se primenjuje ako teme T nije pristupačno, odnosno ako ne možemo izmeriti tangente. Ova metoda je i preciznija od metode merenja pomoću tetive i visine luka nad tetivom, a i rad na terenu je jednostavniji. Takođe ne mora da bude pristupačan prostor unutar krivine.

Postupak na terenu (Slika br. 13a):

Prvo se proveriti da li je krivina pravilna, a postupak na terenu je sledeći:

1. Označe se početak (A) i kraj (B) krivine. Izmere se dužina tetive $t = \overline{AB}$.
2. Označi se proizvoljno tačka C na sredini krivine (tačku treba izabrati na sredini krivine, zbog bolje preciznosti). Izmeri se rastojanje \overline{CA} i \overline{CB} .
3. Izmerene vrednosti se upišu u Skicu.



Slika br. 13

Konstrukcija (Slika br. 13b):

1. Proizvoljno se ucrtava pravac p i na njemu se označi tačka A . Na rastojanju t od tačke A na pravcu p se označi i tačka B .
2. U otvor šestara se uzme dužina \overline{AC} i iz tačke A se povuče luk na mesto gde se očekuje tačka C . Isti postupak se ponovi i iz tačke B , za rastojanje \overline{BC} , i u preseku lukova se dobija tačka C (metod lučnog preseka).
3. U preseku simetrala duži \overline{AC} i \overline{BC} dobija se centar kružnice O .
4. Radijus krivine je $r = \overline{OA} = \overline{OB}$. Iz tačke O se opiše kružni luk od A do B .
5. Pravac m se dobija kao normala na pravac koji sadrži duž \overline{OA} , a pravac n , kao normala na pravu koja sadrži duž \overline{OB} .

3.2. Metode merenja nepravilnih kružnih krivina

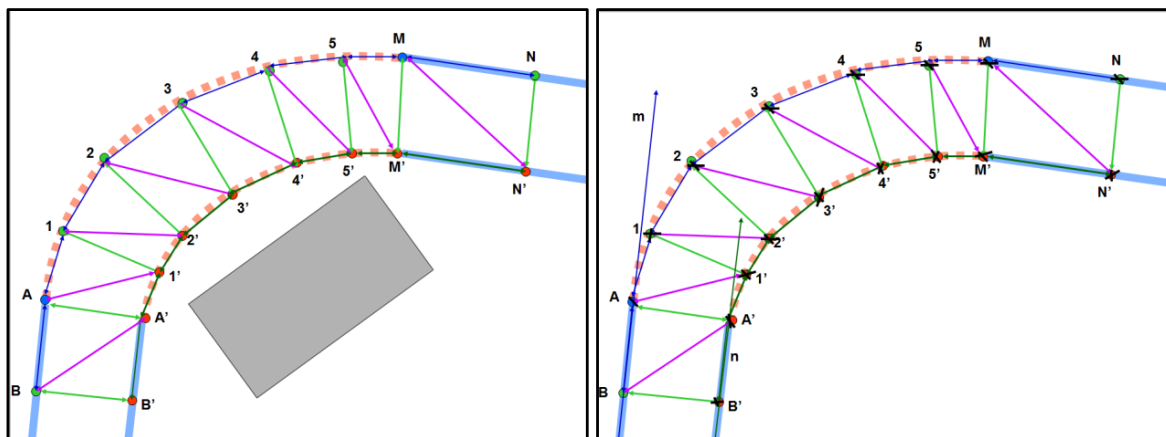
Metode za merenje nepravilnih krivina puta možemo svrstati u tri grupe: **geodetske metode** (oprema skupa, merenje precizno i sporo), **fotogrametrijske metode** (retko se koriste u praksi, za teže saobraćajne nezgode, kada je teren jako nepristupačan, a saobraćajna površina složena za merenje) i **proste metode merenja** (zasnivaju se samo na merenju dužina).

Postoji više **prostih metoda** za merenje horizontalnih krivina puta, a najznačajnija i najpreciznija je korigovani metod uzastopnih trouglova, nastala iz metoda uzastopnih trouglova, korigujući uočene nedostatke. Naime, merenje horizontalne (nepravilne) krivine, metodom uzastopnih trouglova obuhvata: određivanje položaja niza tačaka na ivicama kolovoza, merenje širine kolovoza na nekoliko mesta (širina kolovoza se u krivini menja), merenja za određivanje radijusa na najoštrijem segmentu krivine, merenje poprečnog nagiba kolovoza (za izračunavanje granične brzine) i određivanje položaja objekata koji zaklanjaju preglednost.

Merenja na terenu (Slika br. 14a):

1. Odredi se i označi početak i završetak krivine na spoljašnjoj ivici kolovoza (A i M),
2. Označi se niz tačaka na spoljašnjoj ivici kolovoza (1, 2, 3, 4 ...)
3. Na pogodnom rastojanju označe se tačke na pravcima B i N .
4. Izmere se širine kolovoza u svim označenim tačkama. Tačke na unutrašnjoj ivici krivine se označe sa "prim", A' , $1'$...
5. Izmere se rastojanja tački duž spoljašnje ivice kolovoza ($A1$, 12 ,...) i dužine dijagonala ($A1'$, $12'$...)

6. Izmere se rastojanja tački na unutrašnjoj ivici kolovoza ($A'1'$, $1'2'$,...).
7. Izmere se tetiva i visina luka nad tetivom na najoštrijem segmentu krivine (najbolje je meriti na razdelnoj liniji i prikazati kao detalj skicu)
8. Izmeriti nagib kolovoza ako je to značajno. Prikazati izmerene rezultate na skici.
9. Odrediti međusobni položaj predmeta i objekata koji utiču na preglednost.



Slika br. 14

Konstrukcija (Slika br. 14b):

1. Proizvoljno se nanese pravac m i na njemu tačka B . U otvor šestara se uzme dužina \overline{BA} i dobije tačka A .
2. Iz tačke B se nanese luk dužine $\overline{BA'}$, a iz tačke A luk $\overline{AA'}$ i dobije se tačka A' .
3. Iz tačke B se nanese luk dužine $\overline{BB'}$, a iz tačke A' luk $\overline{A'B'}$ i dobije se tačka B' , kao i pravac n .
4. Zatim se metodom lučnog preseka iz tačke A i A' dobije tačka $1'$, a zatim se postupak ponavlja za sve tačke.

Ukoliko postoji razdelna (središnja) linija, onda sva merenja treba sprovesti za svaku saobraćajnu traku posebno, odnosno umesto širine kolovoza, treba meriti širine saobraćajnih traka.

4. ZAKLJUČAK

Primeri prikazani u radu, takođe ukazuju na značaj uviđajne dokumentacije, kako za veštačenje saobraćajnih nezgoda, tako i za Sud. Naime, kvalitetno fiksiranje lica mesta ima odlučujući uticaj na analizu saobraćajne nezgode, ali i na kvalitet i efikasnost sudskog procesa. Međutim i pored značaja koji ima u praksi, česte su situacije da uviđajnom dokumentacijom nisu na sveobuhvatan, usaglašen i objektivan način fiksirani važni elementi na lisu mesta, pa takvi propusti mogu usmeriti veštaka i Sud u pogrešnom pravcu, na donošenje pogrešnih zaključaka i na pogrešno definisanje propusta učesnika saobraćajne nezgode.

Pojedini elementi, kao što su preglednost, vidljivost, saobraćajna signalizacija (horizontalna, vertikalna), geometrija puta (radijusi krivina, poprečni nagibi), značajni za analizu saobraćajne nezgode, se uopšte ne konstantuju na uviđaju, a u pojedinim situacijama imaju odlučujući uticaj. Imajući to u vidu, važno je prepoznati koja merenja treba da se rade na licu mesta i kojim redosledom.

Merenje radijusa krivine ne spada u hitna merenja i može se raditi posle određenog perioda, ukoliko se prepozna da je značajno za analizu nezgode i ukoliko lice mesta nije promenjeno, pa se na taj način nekada greške mogu ispraviti. Međutim, naknadnim izlaskom na lice mesta, proces suđenja se produžava i poskupljuje, a česte su situacije da je lice mesta nakon protoka vremena promenjeno i da se ne mogu naknadno utvrditi stvarni elementi.

Imajući u vidu analizu saobraćajnih nezgoda koje su rađene, a u kojima je utvrđivanje radijusa krivine bilo od izuzetnog značaja za analizu nezgode i definisanje propusta, uočene su najčešće greške koje se javljaju u takvim analizama, a koje su dovele do pogrešnih zaključaka i mišljenja. Najčešće greške su:

- nije prepoznat značaj utvrđivanja radijusa krivine, pa radijus krivine nije meren na uviđaju, a nije vršena ni dopuna uviđaja
- radijus krivine nije izmeren, a veštaci ili nisu prepoznali značaj preciznog utvrđivanja radijusa ili procenjuju (mere) radijus krivine sa fotografija Fotodokumentacije, odnosno sa aplikacija, a što je pogrešno
- radijus krivine je pogrešno izmeren ili od strane uviđajne ekipe ili od strane veštaka.

Na osnovu analize uočenih grešaka zbog pogrešno utvrđenog ili neizmerenog radijusa, prikazane su i sagledane metode merenja radijusa krivine sa prednostima i nedostacima, koje omogućavaju kvalitetno merenje radijusa krivine. Pre izbora metode za merenje krivine mora se proveriti da li je krivina pravilna. Ukazano je i da se prilikom izbora metode za merenje krivine mora voditi računa da izabrana metoda treba da omogući jednostavan i brz rad na terenu, veću preciznost i laku konstrukciju pri crtanju Situacionog plana.

5. LITERATURA

- [1] Lipovac, K., *Uviđaj saobraćajnih nezgoda – Izrada Skica i Situacionih planova*, Viša Škola unutrašnjih poslova, Beograd, 1994.
- [2] Nalazi i mišljenja veštaka Instituta Saobraćajnog fakulteta u Beogradu