

Univerza
v Ljubljani
Fakulteta
*za gradbeništvo
in geodezijo*

*Janova 2
1000 Ljubljana, Slovenija
telefon (01) 47 68 500
faks (01) 42 50 681
fgg@fgg.uni-lj.si*



Univerzitetni program Gradbeništvo,
Prometna smer

Kandidat:

Tadej Berčič

Vpliv geometrijskih elementov ceste na vizualno zaznavanje trase

Diplomska naloga št.: 2877

Mentor:

doc. dr. Alojzij Juvanc

Somentor:

viš. pred. dr. Peter Lipar

Ljubljana, 28. 3. 2006

IZJAVA

Podpisani **Tadej Berčič** izjavljam, da sem avtor diplomskega dela z naslovom: “**Vpliv geometrijski elementov ceste na vizualno zaznavanje trase**”.

Izjavljam, da se odpovedujem vsem materialnim pravicam iz dela za potrebe elektronske separoteke FGG.

V Ljubljani, marec 2006

(Podpis)

BIBLIOGRAFSKO – DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK

UDK:625.72(043.2)

Avtor:Tadej Berčič

Mentor:doc.dr. Alojz Juvanc

Somentor:asist. dr. Peter Lipar

Naslov:Vpliv geometrijski elementov ceste na vizualno zaznavanje trase

Obseg in oprema: 121 str., 61 sl., 6 en.

Ključne besede:oblikovanje, geometrijski elementi, vizualno zaznavanje

Izveček:

Diplomsko delo obravnava prikaz uporabe geometrijskih elementov ceste, glede na dinamiko vožnje, kot so predpisani s pravilnikom o projektiranju cest. Podan je vpliv geometrijskih elementov na dinamiko vožnje kar predstavlja varnost in udobnost vožnje.

Prikazan je tudi osnovni principi vodenja trase in oblikovanja trase ceste ter površin ob cesti.

Ker je pri trasiranju ceste za uporabnike zelo pomembna optika ceste, ki omogoča varno in prijetno vožnjo ter manj moteče vplive na voznika, je optično vodenje obravnavano v zadnjem delu naloge.

Za boljše razumevanje vizualnega zaznavanja trase in vplivi dimenzij geometrijskih elementov so v nalogi obdelani primeri vizualne zasnove ceste, na primeru obstoječih cest s prikazom možnostjo izboljšanja vizualnega poteka trase.

BIBLIOGRAFSKO – DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK

UDC: 625.72(043.2)

Author: Tadej Berčič

Supervisor: assoc. prof. dr. Alojz Juvanc

Co supervisor: assist. dr. Peter Lipar

Title: Impact of geometric elements on the visual perception of road course

Notes: 121 p., 61 fig., 6 eq.

Key words: modeling, geometric elements, visual perception

Abstract:

My graduate work surveys usage of geometric elements of the road, concerning dynamics of ride, like it's prescribe in book of regulation about projecting the roads. It hands impact of geometric elements on dynamics of ther ride, what presents saftey and comfort of the ride.

In the work it's presented the basic principle of leading the course and modeling the course and surface near the road. Beacuse, by the proces of leading the course, is a very important aspect, the optics of the road, that makes posible safe and comfortable ride and has less disturbing impact on a driver. Beacuse of this is optical leading presents a large share in the last part of the work.

For a better understanding of the vizual perception of road course and impact of dimenzions of geometric elements are included in work samples of vizual design of the road on a sample of exsisting roads with presentation to improve vizual road course.

ZAHVALA

Hvala vsem, ki so mi kakorkoli pomagali pri izdelavi diplomskega dela, predvsem mentorju doc. dr. Alojzu Juvancu in somentorju asist. dr. Petru Liparju za strokovno usmerjanje.

Seveda gre zahvala tudi kolegom, znancem in prijateljem ter zlasti vsem domačim, ki so me spodbujali in mi stali ob strani skozi študijska leta.

KAZALO

IZJAVA	II
BIBLIOGRAFSKO - DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK	
III	
ZAHVALA	V
KAZALO	VI
KAZALO SLIK	IX
1 UVOD	1
1.1 Predstavitev naloge	1
2 GEOMETRIJSKI ELEMENTI CESTE	2
2.1 Trasa cesta	2
2.2 Elementi ceste v tlorisu(horizontalni elementi osi ceste)	2
2.2.1 Prema	2
2.2.2 Krožni lok	4
2.2.3 Prehodnica	5
2.2.4 Sestavljene Krivine	7
2.3 Elementi osi ceste v vzdolžnem profilu(vertikalni elementi)	8
2.4 Prečni nagib vozišča	8
2.5 Prečni profil ceste	9
3 DINAMIKA VOŽNJE	11
3.1 Voznik in vozilo	11
3.2 Vožnja v premi	11
3.3 Vožnja v krivini	13
3.4 Hitrost vožnje motornega vozila	16
3.5 Sledi vozila	18
4 VODENJE TRASE	21

4.1	Princip vodenja trase	
	21	
4.1.1	Planerski princip	21
4.1.1.1	Odnos trase do naselji	21
4.1.1.2	Odnos trase do pokrajine	26
4.1.2	Inženirsko tehnični princip	29
4.2	Tehnike trasiranja	31
4.2.1	Projektne pogoji	31
4.2.2	Projektne podloge	31
4.2.3	Postopki v trasiranju	
	34	
5	OBLIKOVANJE CESTE	37
5.1	Geometrijsko oblikovanje	37
5.2	Enotnost ceste in okolice	41
5.2.1	Oblikovanje krajine	41
5.2.2	Oblikovanje cestnih objektov	49
6	OPTIKA CESTE	52
6.1	Perspektivna slika	54
6.1.1	Osnovni pojmi	54
6.1.2	Posamezni elementi	57
6.1.2.1	Preme	57
6.1.2.2	Prostorsko zakrivljeni elementi	60
6.1.3	Kombinacija elementov	60
6.2	Optično vodenje	66
6.3	Vidno polje	74
6.3.1	Pregledne razdalje	75
6.3.2	Preglednost za prehitevanje	
	78	

6.4	Vožnja ponoči	
	83	
6.4.1	Osvetlitev z žarometi	
	84	
6.4.2	Osvetlitev z vgradnim svetilkam	87
6.4.3	Prehod v osvetlitev	89
6.4.4	Osnovi tehnični pojmi pri osvetlitvi	
	89	
6.5	Optika na križiščih	90
6.5.1	Večnivojska križišča	91
6.5.2	Nivojska križišča	92
7	PRIMERI	95
7.1	Ižanska cesta	95
7.2	Mrtvice	104
7.3	Razdrto	110
8	ZAKLJUČEK	
	120	
VIRI		121

KAZALO SLIK

Slika 1:Prema med isto smernima krožnima lokoma	
3	
Slika 2: Prema med nasprotno smernima krožnima lokoma	3
Slika 3: Prečni profil ceste izven naselja	
10	
Slika 4: Spreminjanje bočnega pritiska v krivini	
16	
Slika 5: Shematski prikaz trase glede na velikost naselji	
22	
Slika 6: Prikaze preglednosti v levi krivini, ki je potrebna za prehitevanje.	
78	
Slika 7: Primer prehitevanja	81
Slika 8: Obstoječa situacija na Ižanski cesti	96
Slika 9 :Obstoječi vzdolžni profil na Ižanski cesti	97
Slika 10:Obstoječega stanja na Ižanski cesti z višine 250m	97
Slika 11:Obstoječega stanja Ižanski cesti z višine 250m	
98	
Slika 12:Situacija (nespremenjena glede na obstoječe stanje)	
99	
Slika 13:Vzdolžni profil novega stanja	
100	
Slika 14:Novo stanje z višine 250m	100
Slika 15:Novo stanje z višine 250m	101
Slika 16: Profil 21	102
Slika 17: Profil 28	102
Slika 18: Profil 36	102
Slika 19: Profil 38	102
Slika 20: Profil 21	102
Slika 21: Profil 28	102
Slika 22: Profil 36	102
Slika 23: Profil 38	102

Slika 24: Situacija obstoječega stanja v Mrtvicah	104
Slika 25: Pogled na obstoječe stanje z višine 250 m	105
Slika 26: Pogled na obstoječe stanje z višine 250 m	105
Slika 27: Pogled na obstoječe stanje z višine 250 m	105
Slika 28: Situacija novo stanje	
106	
Slika 29: Pogled na cesto z višine 250 m	106
Slika 30: Profil 26	107
Slika 31: Profil 33	107
Slika 32: Profil 46	107
Slika 33: Profil 26	107
Slika 34: Profil 33	107
Slika 35: Profil 46	107
Slika 36: Profil 54	108
Slika 37: Profil 59	108
Slika 38: Profil 66	108
Slika 39: Profil 54	108
Slika 40: Profil 59	108
Slika 41: Profil 66	108
Slika 42: Situacija obstoječega stanja na AC Senožeče- Razdrto	110
Slika 43: Obstoječi vzdolžni profil AC Senožeče- Razdrto	111
Slika 44: pogled v smeri vožnje proti Razdrem na obstoječe stanje z višine 250 m	
111	
Slika 45: pogled v smeri vožnje proti Senožečam na obstoječe stanje z višine 250 m	
112	
Slika 46: pogled v smeri vožnje proti Senožečam na obstoječe stanje z višine 250 m	
112	
Slika 47: pogled v smeri vožnje proti Senožečam na obstoječe stanje z višine 250 m	
113	
Slika 48: Situacija novega stanja	
114	
Slika 49: Novi vzdolžni profil	115

Slika 50: pogled v smeri vožnje proti Razdrtem na novo stanje z višine 250 m	
115	
Slika 51: Pogled v smeri vožnje proti Senožečam na novo stanje z višine 250 m	
116	
Slika 52: Pogled v smeri vožnje proti Senožečam na novo stanje z višine 250 m	
116	
Slika 53 : pogled v smeri vožnje proti Senožečam na novo stanje z višine 250 m	
117	
Slika 54: Profil 11	118
Slika 55: Profil 31	118
Slika 56: Profil 46	118
Slika 57: Profil 113	118
Slika 58: Profil 11	118
Slika 59: Profil 31	118
Slika 60: Profil 46	118
Slika 61: Profil 113	118

1 UVOD

1.1 1.1 Predstavitev naloge

Projektiranje cest predstavlja kompleksen raziskovalni proces, v katerega so vključena številna znanja s področja teorije in prakse.

V nalogi sem predstavil osnovne karakteristike cestnega telesa, ter vpliv elementov ceste na dinamiko ceste in vožnjo voznika po njej in s tem povezane probleme z optiko ceste. Predstavljeno je tudi oblikovanje in vodenje trase ceste.

V prvem poglavju je podana okvirna vsebina naloge

V drugem poglavju so podane splošne karakteristike cest ter elementov iz katerih, so ceste sestavljene.

Tretje poglavje predstavlja dinamiko vožnje in obravnava problematiko vožnje v različnih elementih ceste.

V četrtem poglavju so predstavljene osnove za vodenje trase in sicer skozi dva različna pristopa(planerski in inženirski). Nato so predstavljene tehnike trasiranja ter postopki, ki se uporabljajo pri vodenju cestne trase.

Peto poglavje obravnava oblikovanje ceste ter okolice, poudarek je na vklapljanju ceste v prostor in okolice.

Šesto poglavje se ukvarja z optiko ceste. Obravnavani so osnovni pojmi, ki se uporabljajo pri preučevanju optike ceste. V poglavju je tudi podana razlika v optiki ceste, med dnevom in nočjo. Na koncu se poglavje dotakne se optike križišč.

V sedmem poglavju so primeri neprimernega optičnega vodenja ceste iz prakse ter njihove korekture.-Oziroma kako, bi se bolje izvedlo glede na optično jasnost.

V osmem poglavju je podan zaključek naloge

2 Geometrijski elementi ceste

2.1 Trasa cesta

Trasa cesta je načrtno speljana pot z geometrijskimi elementi, ki omogočajo udobno in varno vožnjo motornih vozil ter uporabo ceste ostalim udeležencem v cestnem prometu.

Geometrijske elemente ceste se določi v odvisnosti od družbenega in gospodarskega pomena ceste, po namenu rabe ceste, glede na količino in vrsto prometa ter karakteristike terena.

Potek trase ceste je določen z elementi osi ceste v tlorisu in niveletnem poteku ter dimenzijo prečnega profila cestišča, kar je določeno s predpisi za projektiranje cest.

2.2 Elementi ceste v tlorisu(horizontalni elementi osi ceste)

2.2.1 Prema

Potek osi ceste v premi, se predvidi v posebnih topografskih pogojih(ravninski teren), v urbanistično urejenem naselju, pri vzdolžnem poteku z vodotokom ali železniško progo ter zaradi posebnih prometno tehničnih razlogov, preko daljših premostitvenih objektov.

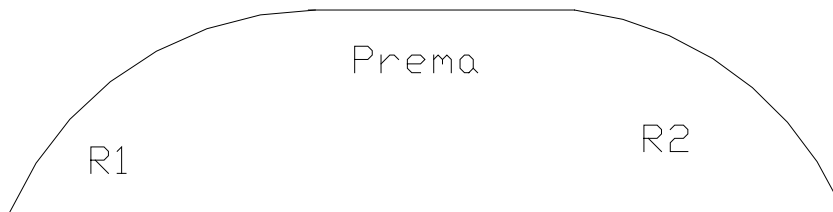
Dolžina osi ceste v premi je omejena zaradi neugodnih vplivov na voznika, ker lahko zmanjšuje zbranost voznika zaradi enolične vožnje in slepljenja zaradi luči nasproti vozečih vozil, zato je dolžina preme dopustna glede na projektno(računsko) hitrost V (km/h).

Zaradi utrujajoče vožnje, je primerna dolžina preme $L_{pr}(m) < 20 \times V(km/h)$, z upoštevanjem skladnosti niveletnega poteka osi ceste.

Premo se običajno uporabi kot vezni element med nasprotno smernima krožnima lokoma in izjemoma med sosednjima isto smernima lokoma.

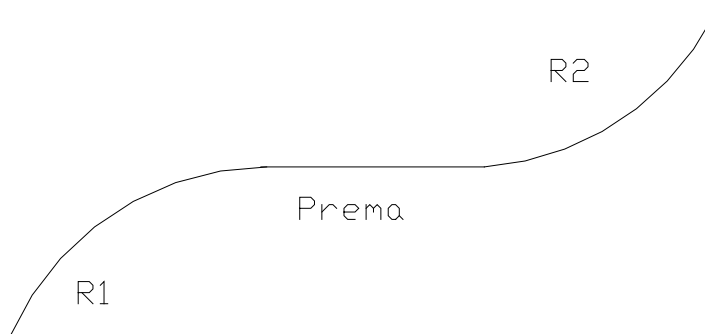
Prema med isto smernima krožnima lokoma je vizualno neugodna, ker deluje neuskklajeno zato se uporabi, če ni možna povezava sosednjih krožnih lokov s tretjim lokom ali prehodnico.

Dopustna dolžna preme med enako usmerjenimi krivinami je minimalno $L_{pr}(m) > 4 \times V(km/h)$



Slika 1: Prema med isto smernima krožnima lokoma

Med nasprotno smernim sosednjima krožnima lokoma se uporabi premo dolžine $L_{pr}(m) > 2x$ $V(\text{km/h})$, da bistveno ne vpliva na vijačenje prečnega nagiba vozišča.



Slika 2 : Prema med nasprotno smernima krožnima lokoma

Kot primer poteka ceste v dolgi premi je regionalna cesta na odseku preko Ljubljanskega barja in je prikazana na naslednji sliki:



Slika: Regionalna cesta od Iga proti Ljubljani (vir foto: Tadej Berčič)

2.2.2 Krožni lok

Razgibanost površine terena in določene naravne ovire narekujejo, da poteka os ceste v krivinah, katerih dimenzije omogočajo vožnja vozil z določeno hitrostjo.

Krivino cestne osi sestavljajo: krožni lok s prehodnicami, katerih dimenzije so predpisane z projektno (računsko) hitrostjo, ki je določena za cestni odsek.

Dolžina krožnega loka je običajno enaka dolžini, ki jo potrebuje vozilo za vožnja po njej minimalno 3 do 5 sekund s projektno (računsko hitrostjo), kar je potrebno vozniku za zaznavanje krivine. Polmeri krožnih lokov se običajno prilagajajo obliki površine terena in so prilagojeni niveletnem poteku osi ceste.

Minimalni polmer krožnega loka je določen za predpisano projektno (računsko) hitrostjo in dopustnim prečnim nagibom vozišča, ki znaša v naselju 5,0% in zunaj naselja do 7,0%..

S pravilnikom za projektiranje cest so prepisani minimalni horizontalni polmeri za ceste s računsko hitrost po tabeli.

V(km/h)	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
R _{min} (m) 7%	25	45	75	125	175	250	350	450	600	750	900
R _{min} (m) 5%	35	65	110	165	250	350	490	640	850	1050	1250

Preglednica: Radijev (vir U.L. R.S. št.91 14.10.2005 str. 9310)

V naselju in cestah s geometrijskimi elementi za računsko hitrost do 40 km/h se dopušča oblikovanje osi samo s krožnim lokom brez prehodnice, če je krožni lok dolžine večje od 1,5 x dolžine prehodne rampe, ki se potrebuje za vijačenje prečnega nagiba.

2.2.3 Prehodnica

Prehodnica je krivulja, ki omogoča linearno rast zakrivljenosti osi krivine, zvezno povezavo preme s krožnim lokom ali povezavo sosednjih krožnih lokov.

S prehodnico se zagotovi postopno spreminjanje osi in bočnega pospeška pri vožnji vozila ter vizualno vodenje robov vozišča pri vijačenju prečnega nagiba ali širitve voznega pasu v krivini.

Za projektiranje cest se uporablja krivuljo oblike »klotoida«, ki zagotavlja popolno istoležnost tangent na priključnih mestih premo sorazmerno naraščanje zakrivljenosti in bočnega pritiska ter konstantni bočni sunek po celotni dolžini krivulje.

Klotoida je spirala(Eulerjeva spirala) pri kateri je krivinski polmer obratno sorazmeren dolžini loka, kot je po enačbi:

$$A^2 = R L \quad (1)$$

A= parameter klotoide v metrih

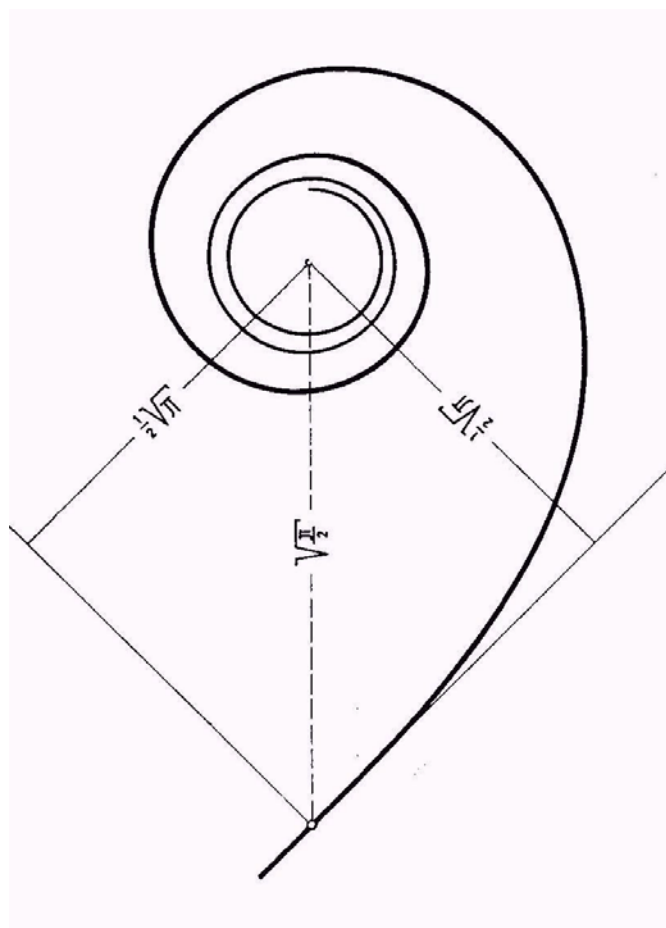
R= polmer krožnega loka v metrih

L= dolžina loka klotoide v metrih

Pri projektiranju cest se uporablja klotoido v območju $\tau < 90$, kot je po enačbi

$$\tau = \frac{L}{2R} = \frac{L^2}{2A^2} \quad (2)$$

Dolžina prehodnice zagotavlja pri vožnji z $V_{rač}$ udobno vožnjo vozila pri vijačenju prečnega nagiba vozišča z dopustnim relativnim nagibom zunanlega robu voznega pasu glede na niveleto osi ceste, ter razširitev voznega pasu v krivini s polmerom $R < 130$ m kot je predpisano za merodajno tipsko vozilo.



Slika: Krivulje klotoidne (vir: Lorenz H. Projektovanje i trasiranje puteva i avtoputeva str. 29)

Minimalni parameter »A« ali dolžina prehodnice »L« za projektno hitrost je določena z vozno dinamičnimi, konstruktivnimi in estetskimi pogoji, ki so po Pravilniku predpisani in podani v tabeli:

Hitrost km/h	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
R_{min} (m)	25	45	75	125	175	250	350	450	600	750	900
A_{min} (m)	30	35	45	75	100	130	175	225	250	300	350
L_{min} (m)	20	30	40	50	60	70	90	100	110	120	130

Preglednica: Parametri prehodni (vir U.L. R.S. št.91 14.10.2005 str.9310)

Največja dopustna velikost prehodnice je enaka velikosti polmera krožnega loka $A = R$ in izjemoma je lahko $A = 1,77R$.

2.2.4 Sestavljene Krivine

Na dvopasovni cesti se običajno uporablja »S krivino«, ki jo sestavljata sosedna krožna loka z nasprotno usmerjeno ukrivljenost in vmesno kratko premo.

Pri projektiranju rekonstrukcije obstoječe cesta ali območju večjih premostitvenih objektov se lahko uporablja »O krivino«, ki jo sestavljajo sosednja loka z istosmerno zakrivljenostjo vezana z vmesnim krožnim lokom in imata krajina loka manjši polmer od srednjega loka.

Zaporedna povezava več istosmernih krožnih lokov oblikuje košarasto krivino.

Na gorskih dvopasovnih cestah je dopustno uporaba serpentine, če je zaradi terenskih pogojev omejena možnost razvitja trase ceste.

Serpentino sestavljajo: glavni krožni lok (obračališče) s središčnim kotom α , ki je večji od 180 stopinj in dveh priključnih lokov večjih polmerom .

Na cesti z projektno hitrostjo do 50 km/h se lahko oblikuje sestavljeno krivino iz dveh klotoid, če imajo v stični točki zakrivljenost, ki dopušča do 3% prečnega nagiba za določeno računsko hitrost V_r .

2.3 Elementi osi ceste v vzdolžnem profilu(niveleta)

Niveleta je prostorska krivulja, ki prikaže višinski potek osi ceste kot vertikalna projekcija osi prikazana s tangentami (premicami) in vertikalnim zaokrožitvam spremembe nagiba (loma) tangent.

Za vertikalne zaokrožitve se običajno uporabi krožni lok, ki je predpisan za določeno projektno hitrost V (km/h) in k tej določeno dolžino zaustavne pregledne razdalje.

Izjemoma se lahko za vertikalno zaokrožitev uporabi kvadratna parabola ali klotoida, ki pa morajo zagotavljati večjo zakrivljenost zaokrožitve kot je predpisana za projektno hitrost V .

Ločimo konveksno , ki se oblikuje, če je razlika velikosti nagibov sosednjih tangent pozitivna in konkavna zaokrožitev, če je razlika sosednjih tangent velikosti nagibov negativna.

Velikost minimalnega polmera konveksne zaokrožitve, je odvisna od zaustavne pregledne razdalje, ki se meri med višino voznikovega očesa $h = 1,0$ m in višino na vozišču 0,1 m.

Minimalni polmer konveksnega loma nivelete se izračuna po obrazcu

$$R_{vmin} = 0,25 P_2^2 \quad (3)$$

P_2 = stop pregledna razdalja na večjem nagibu sosednjih tangent

Velikost minimalnega polmera konkavne zaokrožitve je določen s pogojem vožnje v nočnem času ob upoštevanju višine žaromet na vozilu na višini 0,7 m nad voziščem.

Minimalni polmera konkavne zaokrožitve je

$$R_{vkk} = 2/3 R_{vkv} \quad (4)$$

R_{vkk} = polmer konkavne vertikalne zaokrožitve

R_{vkv} = polmer sosednje konveksne vertikalne zaokrožitve

2.4 Prečni nagib vozišča

V premi in krivini ima vozišče prečni nagib zaradi odvodnjavanja vozne površina, ki znaša za asfaltno in betonsko vozišče od 2,5% do 7,0% ter za vozišča iz peščeno gramoznih materialov od 4,0%.do 10,0%.

Na več pasovni cesti imajo odstavni in dodatni pasovi enak prečni nagib kot vozišče. V naselju je dopusten največji prečni nagib vozišča do 5%, v območju nivojskih križišč pa največ do 3,5 %.

Na območju asfaltiranih površin za mirujoči promet(parkirišča) je minimalni prečni nagib 0,5%.

Prečni nagib vozišča v krivini je nujno potreben zaradi vozno dinamičnih pogojev, in je usmerjen proti središču krožnega loka ali izjemoma v nasprotno smer, do vrednosti nagiba do 2,5%, če je polmer krožnega loka večji od v Pravilniku predpisanega, pri katerem je možno nasproten nagib.

Da se prepreči možnost zdrsa počasnega vozila pri vožnji v krožnem loku, zaradi zmanjšanja drsnega trenja(poledica, razlitje) je na asfaltnem ali betonskem vozišču dopusten največji prečni nagib do 7,0% v krivini oziroma do 12% rezultirajoči nagib z upoštevanjem vzdolžnega nagiba nivelete ceste.

Na podlagi računske hitrosti in dopustnega prečnega nagiba, se določa minimalni polmer krožnega loka po naslednji tabeli:

Projektna hitrost km/h	Minimalni polmer krožne krivine za prečni nagib vozišča (m)									
	Prečni nagi vozišča									
	2,5%	3,0%	3,5%	4,0%	4,5%	5,0%	5,5%	6,0%	6,5%	7,0%
30	70	60	50	45	40	35	33	30	27	25
40	125	110'	90	80	70	65	60	50	47	45
50	200	175	150	127	120	110	98	90	77	75
60	350	280	240	210	180	165	150	140	127	125
70	500	420	360	320	280	250	230	210	190	175
80	700	580	500	420	390	350	320	290	270	250
90	1000	800	700	620	550	490	450	400	370	350
100	1250	1050	920	780	700	640	580	550	480	450
110	1700	1400	1200	1050	950	850	780	700	650	600
120	2000	1750	1500	1375	1175	1050	960	900	840	750
130	3000	2100	1800	1550	1400	1250	1150	1050	950	900

Preglednica: Radijev v odvisnosti od prečnega nagiba (vir U.L. R.S. št.91 14.10.2005 str.9310)
Sprememba velikosti in smeri prečnega nagiba vozišča se oblikuje po predpisanem postopku za vijačenje robov vozišča.

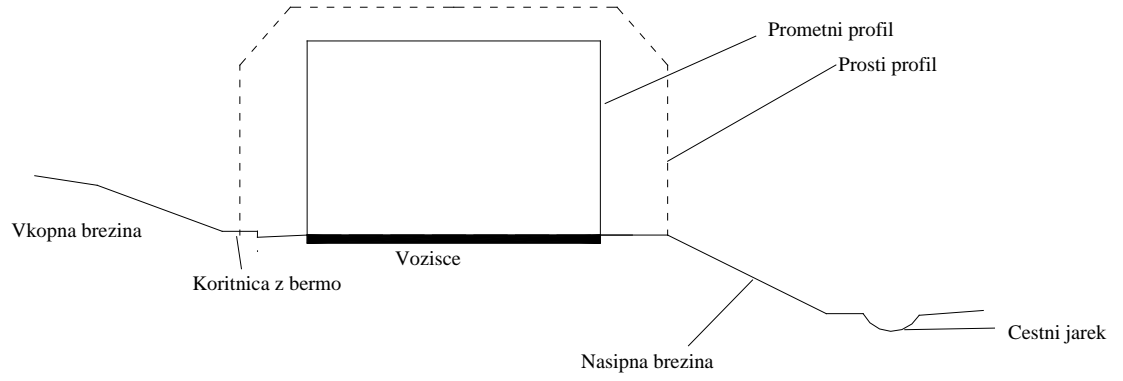
2.5 Prečni profil

Oblika in dimenzije prečnega profila ceste je določen z kategorijo ceste, količino in vrsto prometa, računsko hitrostjo, vrste terena po namenu rabe površin in urbanizma ter pogojem varovanja naravnega in bivalnega okolja.

Prečni profil ceste predstavlja pravokotni prerez na os ceste in vključuje cestišče, elemente odvodnjavanja vozišča, brežine cestnega telesa ter naprave za varovanje okolja ob cesti.

Cestišče je površina med robovi brežin vkopa ali nasipa cestnega telesa, ki je sestavljena iz vozišča, pasov za počasni, kolesarski in peš promet, ločilni pasovi, bankine ali koritnice in mulde z bermo.

Vozišče pa sestavljajo prometni pasovi za motorna vozila in robni pasovi s prostorom nad vozno površino, ki zagotavlja prosto vožnjo vozil (prometni profil) ter varnostno širino in širino, ki omogoča prosto gibanje vozila z računsko hitrostjo Vr(prosti ali svetli profil), kot je prikazano na naslednji skici.



Slika 3: Prečni profil ceste izven naselja

3.0 Dinamika vožnje

3.1 Voznik in vozilo

Na učinkovitost in uporabnost ceste vpliva odvijanje prometa, ki je odvisno od voznika, vozila, dimenzij elementov trase ter okolja kot je prikazano v naslednji shemi:

Voznik:

Osebnost, motivacija, izkušnje

Okolje:

1. elementi trase ceste, prečni profil, preglednost in okolica ceste
2. Gostota prometnega toka, ureditev križanja, cestni objekti
3. Klimatski vplivi

Vozilo:

Tip vozila, karakteristike vozila, obtežbna in hitrost vozila

Za varno in udobno vožnjo mora voznik zaznavati območje vidnega polja, ki je določeno za Vr in zagotavljati predpostavljene reakcije zaznavanja poteka ceste, dogajanja cest in postavljene prometne signalizacije. Pri vožnji motornega vozila se mora upoštevati za posamezno tipsko vozilo podatke o dinamiki vožnje.(pospeševanje, zaviranje, zavijalni krog itd.) ,trenje pri vožnji in zaviranje vozila ter stabilnost pri vožnji v krivini.

3.2 Vožnja v premi

Hitrost vožnje vozila v cesti v premi lahko omejuje le večji nagib nivelet, širina voznega pasu, nivojska križanja ali priključevanja ter s prometno signalizacijo predpisane omejitve hitrosti.

Vožnja v premi je neugodna, če ima niveleta večji kot loma tangent, s premajhnim polmerom vertikalne zaokrožitve.

Na sliki je prikazan primer poteka ceste v premi z neprimerno vertikalno zaokrožitvijo.



Slika: Regionalna cesta na odseku od AC južne ljubljanske obvoznice proti Perrucijevi cesti (vir: foto Tadej Berčič)

Posebno neugodna vožnja je po cesti v premi z minimalno konveksno vertikalno zaokrožitvijo, ki ne zagotavlja, ustrezne pregledne razdalje, kot je predpisana za V_r .

Čeprav poteka cesta v premi, je prometno nevarno prehitevanje v območju konveksne zaokrožitve posebno pri večjem kotu loma tangent nivelete.

Za vožnjo v premi je tudi neugodna konkavna vertikalna zaokrožitev, če ima premajhen polmer glede na hitrost vozila.

Pri stikovanju daljše preme s krožnim lokom, je potrebno zagotoviti polmer krivine, ki omogoča za V_r , razliko do $\pm 3\%$ med prečnim nagibom vozišča v premi in krivini. Kot primer povezave preme s krožnim lokom, je za

$V_r = 60 \text{ km/h}$ je minimalni $R > 150 \text{ m}$

$V_r = 80 \text{ km/h}$ je minimalni $R > 300 \text{ m}$

S pripadajočo dolžino prehodnice

Prečni nagib vozišča v premi, ki je daljša od 300m je dopustno oblikovati, kot strešni nagiba ali enostranski z minimalnim prečnim nagibom $q = 2,5 \%$

3.3 Vožnja v krivini

Na hitrost vožnje vozila v krivini vpliva trenje med kolesi in vozno površino vozišča, prečni nagib vozišča ter upor zraka ter sile vztrajnosti premikanja vozila. Pri določanju polmera krožnega loka se upošteva radialni faktor trenja, ki je nekoliko večji od faktorja tangencialnega trenja, kateri je osnova za račun zavorne razdalje vozila.

Optimalna hitrost, ki je strokovno imenovana tudi hitrost prostega volana (hands off speed ali balanc of speed), ki se določi v krivin z minimalnim polmer za določeno V računsko. Optimalna hitrost je način vožnje motornega vozila v krivini, pri kateri se centrifugalno in centripetalno sila kompenzira s prečnim nagibom vozila in radialnim trenjem vozne površin.

Vožnja vozila z optimalno hitrostjo je omejena, z vrsto in konstrukcijo ter predstavlja, da voznik vozila z bremenom pravilno reagira na spremembo zakrivljenosti in prečnega nagiba vozišča.

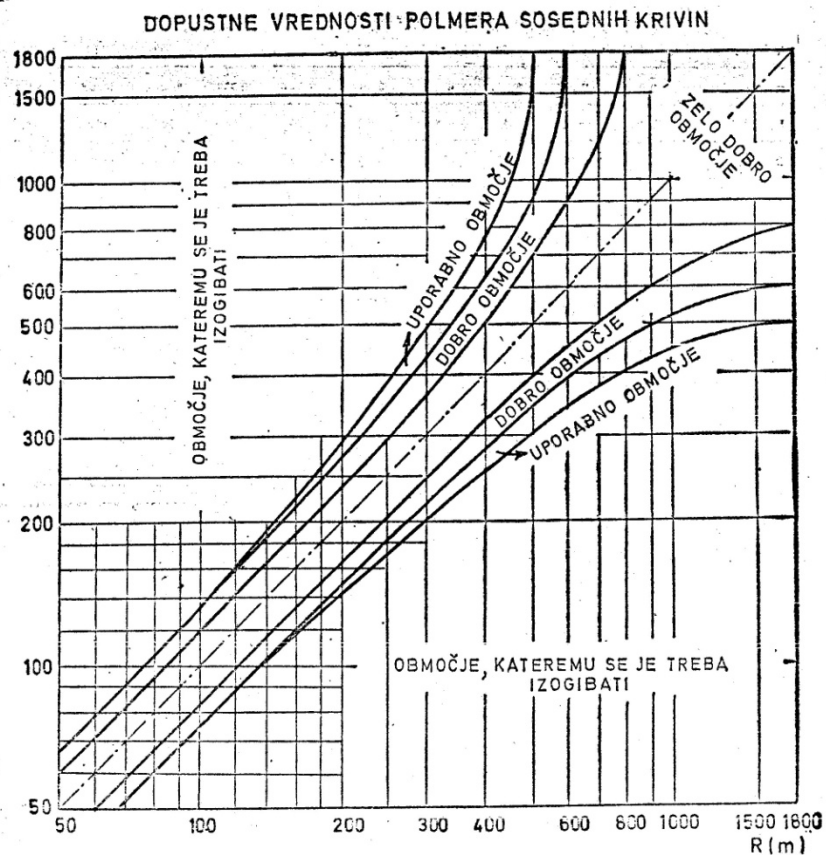
Ustreznost oblikovanja cestne krivine je možno določiti, na osnovi zaznavanja vozil na vozišču ali poškodbe robov vozišča kot je razvidno iz naslednje slike



Slika: Prikazuje primer vožnje čez rob. Regionalna cesta odsek Lipnica Kropa.(vir foto: Tadej Berčič)

Za vožnjo vozila v krivini so najbolj neugodne košaraste krivine, če nimajo ustreznega razmerja velikosti sosednjih krožnih lokov ali pa so povezane za neustrezno dolžino prehodnic oziroma brez prehodnic.

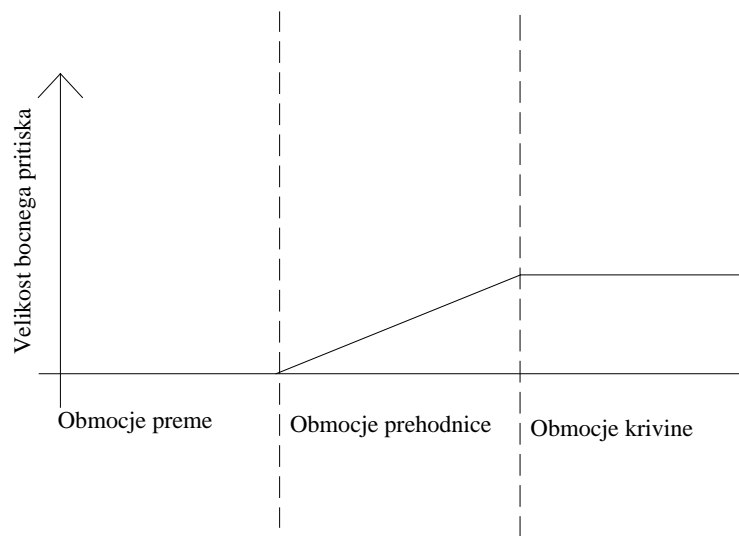
Pri sestavljanju krožnih lokov se upošteva diagram dopustnih vrednost polmerov sosednjih krivin, ki je predpisan v pravilniku za projektiranje cest zunaj naselji



Slika: Grafikon 4, ki prikazuje dopustne vrednosti polmera soslednih krivin(vir: U.L. SFRJ št. 35 iz 26.junija 1981 str 947)

Pri vožnji vozila v območju prehodnice, se omogoča prehod vozila v krožni lok, brez zaviranja ali pospeševanja in sunkovitega obračanja krmila.

Prehodnica zagotavlja vozniku vizualno in estetsko vodenje vozila brez večjih psiho fizičnih obremenitev, zaradi povečanega bočnega pritiska in omogoča zvezno prehajanje z enega območja bočnega pritiska(prema) v drugo (krivina), kot je prikazano na spodnji sliki



Slika 4: Spreminjanje bočnega pritiska v krivini

Zelo neugodna je tudi vožnja v krivini v območju konveksne vertikalne zaokrožitve, če voznik nima zadostna preglednosti ali če je zmanjšanj prečni nagib, zaradi vzdolžnega nagiba nivelete.

3.4 Hitrost vožnje motornega vozila

Hitrost vožnje motornega vozila je odvisna od več faktorjev, ki vplivajo na voznika med vožnjo.

Najpomembnejši faktor je osebnost voznika z načinom upravljanja vozila in upoštevanj cestno prometnih predpisov.

Naslednji vplivni faktor je vrsta vozila s svojimi karakteristikami, posebno pri pospeševanju in zaviranju, ki je pogojeno z prevozom potnikov ali tovora.

Hitrost vožnje je tudi odvisna od gostote prometa na cesti, ker se lahko pri mešanem prometu na vozišču pojavi, počasno vozilo(kmetijski ali gradbeni stroj ter kolesarji in pešci), če nimajo posebej urejenih površin ob vozišču. Hitrost vožnje lahko zmanjšujejo tudi, neustrezne dimenzije trasirnih horizontalnih in vertikalnih elementev ali širina voznega pasu, posebno v horizontalnih krivinah, s polmerom $R < 130\text{m}$.

Velik vpliv na hitrost vožnje ima tudi preglednost ceste, če cesta poteka v krivini, ki se nahaja v vkopu ali zaseku, z daljšimi strmimi brežinami. Poleg velikosti elementov trase vpliva na hitrost vožnje tudi kvaliteta vozne površine, glede hrapavosti in ravnosti ter pojava poškodb voziščne konstrukcije.

Spodnja slika prikazuje vpliv neprimernost priključevanja stranske poti, zmanjšanje preglednosti krivine in neurejeno odvodnjavanje križišča, z zastajanjem vode na vozišču, kar lahko povzroči zmanjšanje hitrosti.



Slika: Regionalna cesta Lipica Kropa (vir:foto Tadej Berčič)

Na hitrost vožnje vplivajo tudi klimatski vplivi območja kot so padavin, poledica, zametov in snežnih plazov.

Hitrost vožnje posebno tovornih vozil s ponjavami ali hladilniki, zmanjšuje močnejši veter, kot je to poznano s pojavom na Primorskem.

Pojav gostejše megle močno vpliva na zmanjšanje hitrosti vožnje ter omejuje možnost varnega prehitevanje vozil.

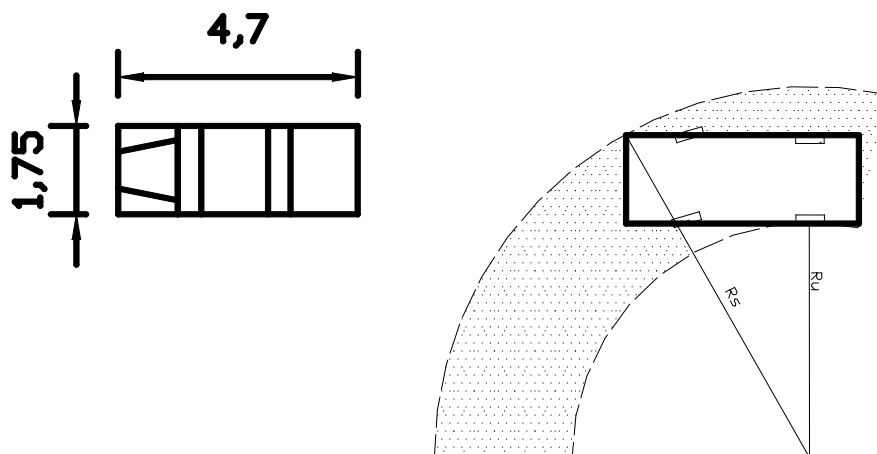
3.5 Sledi vozila

Kolesa motornega vozila se med vožnjo prilagajajo poteku zakrivljenosti robov prometnega pasu in nihanju vozila v prečni smeri zaradi hitrosti vožnje.

Sledi vozila so odvisne od dolžine in širine vozila. Največje mere so določen v Pravilnik o dimenzijah v uradnem listu.

Prevozno sredstvo	Dimenzije vozila (m)			Obračevalni krog (m)
	dolžina	širina	višina	
Osebno vozilo	4,70	1,75	1,50	5,80
Tovorno vozilo:				
Tipično dvoosno	8,50	2,50	3,00	9,60
S priklopnikom	16,00	2,50	4,00	12,50
Polpriklopnik, vlečno vozilo	16,00	2,50	4,00	12,00
Tipični zglobni avtobus	18,00	2,50	2,95	12,00

Preglednica: Dimenzij vozil/prevoznih sredstev in njihova okretnost(vir: Juvanc A. s sodelavci. 2003.Predlog TSC Temeljni pogoji za določanje cestnih elementov v odvisnosti od voznodinamičnih pogojev, ekonomike cest, prometne obremenitve in prometne varnosti ter preglednosti, str 14)



Slika: Mere merodajnega osebnega vozila in prikaz izdelave zavijalne krivine (vir: Katanić J., Andjus V., Maletin M. Projektovanje puteva. str 55)

Na podlagi zgornje preglednice se izdelata tako imenovane zavijalne krivulje, ki služijo za načrtovanje radijev v križiščih in parkiriščih. Upoštevati je potrebno zunaj prednje kolo in notranje zadnje kolo, kot je prikazano na sliki.

Pri vožnji vozila v premi se zazna sledi koles v dveh vzporednih linijah, pri vožnji v krivini pa je odvisno od polmera krožnega loka, v katerem potekajo sledi koles različno.

Kot primer sledi večjega zamika sledi posameznega kolesa pri ostrem obračanju je prikazana v naslednji sliki.



Slika: Sledi v snegu, kjer je viden kolotek zadnjega in prednjega kolesa. (vir: foto Tadej Berčič)

Sledi koles vozila pri vožnji na makadamski cesti pokažejo, da vozniki predvsem vozijo po utrjeni vozni površini na sredini ceste, posebno če ni veliko nasproti vozečega prometa, da se izognejo slabše utrjenem robu vozišča, kot je prikazano na naslednji sliki.



Slika: prikazuje sledi na makadamski cesti, kako vozniki vozijo daleč stran od roba, kar je posledica preskromnih elementov in majhnega prometa na cesti (vir:foto Tadej Berčič)

Zaradi prečnega gibanja vozila med vožnjo pri različni hitrosti so tudi predpisane različne širine prometnega pasu za posamezno računsko hitrost, ki znašajo minimalno

Vr (km/h)	130	120	100	80	60	≤50
Širina v metrih	3,75	3,75	3,50	3,25	2,75	2,50-2,75

Vir: U.L. Republike Slovenije 14.10.2005 št. 91 str 9313

S skladu s širino prometnega pasu, so predpisane širine robnega pasu in bankine.

Zanimivo je opazovati sledi na obstoječem križišču, ker prikazujejo način vožnje glede ustreznosti vodenja osi ceste in prečnega nagiba oziroma prikažejo napake pri projektiranju, s premajhnim polmerom ali nelogičnim vijačenjem prečnega nagiba vozišča.

4 Vodenje trase

Trasa ceste je v osnovi enaka kot trase katerekoli druge prometnice in predstavlja prostorsko konstrukcijo, v kateri so združeni elementi treh osnih projekcij. Pojem trase je širši od eno geometrijske predstavitev ceste (na primer situacijski načrt), pod razumeva se kot prostorska slika ceste s treh dimenzijah.. Tehnika (optika ceste in cestna dinamika), ki je predstavljena predhodno, naj bo samo sredstvo s katerim se poslužujemo za doseg določenih ciljev. V tem primeru je, da se ustvari funkcionalna trasa, ki bo istočasno stabilna in zanesljiva v inženirskem pogledu, estetsko oblikovana in vklopljena v krajino. Poleg naštetih zahtev pa naj se upošteva tudi zahteve ekonomije.

4.1 Princip vodenja trase

Vsaka trasa ima svoje neponovljive pogoje, zato je težko pričakovati, da bi se lahko s tehničnimi predpisi, zajame raznovrstne vplive nanjo. Trase se od prvih črt razvija kot unikatni objekt brez možnosti kopiranja. Kolikor je kreativni izziv večji, večja je tudi odgovornost projektanta. Na njem je, da iz niza tehničnih elementov in konkretnih naravnih pogojev izoblikuje skladno prostorsko celino, za kar pa je potrebno veliko tehničnega znanja in občutka.

4.1.1 Planerski princip

Če se izvzame prometni program, ki za projektanta predstavlja vhodni podatek, potem se lahko planerski princip obravnava na dva načina: odnos trase do naselji in odnos trase do pokrajine.

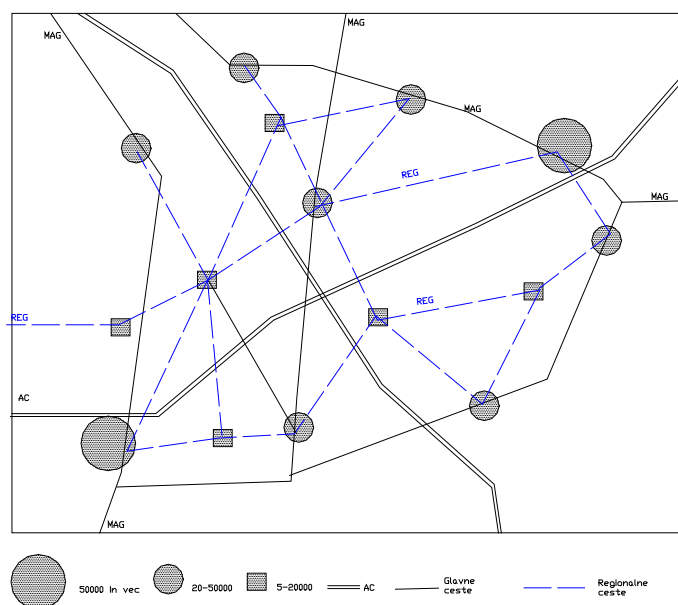
4.1.1.1 Odnos trase do naselji

V odvisnosti od prometa se lahko ločijo naslednje opredelitve, ki pa se za težko prilagajajo današnjemu času:

Lokalne ceste ki služijo za povezovanje naselji, ki predstavljajo glaven izive in cilje potovanj. Na njih se vrši vsakodnevni promet, vezan na proizvodnjo in aktivnosti prebivalstva, zato tečejo skozi vsa naseljena mesta.

Regionalne ceste so nosilci voženj na delo in promet, ki služi za gospodarske namene. Predvsem so to poti, ki niso daljše od 60 km. Te ceste se ogibajo majhnim vaškim naseljem in tangirajo na večja naselja, prehajajo pa skozi mesta ki imajo 20000 ali več prebivalcev. Na regionalne ceste se veže mreža lokalnih cest, med tem ko regionalne ceste tvorijo vez s cestami magistralnega ranga.

Glavne cest(v preteklosti magistralne) tvorijo osnovo z avtocestno mrežo. Na njih prevladuje promet velikega dosega. Zaradi tega naj se te ceste izogibajo mesto, ki so manjših mest in naj tangirajo predvsem na mesta srednje velikosti 20-50000 prebivalcev. Najvišjo tehnično stopnjo pa predstavljajo avtoceste in hitre ceste.



Slika 5: Shematski prikaz trase glede na velikost naselji

Bolj sodobna opredelitev cest je, če ji delimo na dva različna načina in sicer tehnično ter administrativno razdelitev. Administrativna delitev je narejena po merilih za kategorizacijo javnih cest, ki določa razdelitev glede na funkcionalno in prostorsko klasifikacijo. Tehnična razvrstitev je določena na osnovi značilnosti uporabnikov ceste. Glede na njihovo stalnost na isti cesti se v posamezni tehnični skupini cest za dimenzioniranje geometrijskih in tehničnih elementov ceste uporabijo različne stopnje zahtevnosti njihovih značilnosti, predvsem

reakcijskega časa. V najnižji tehnični skupini so ceste, na katerih je glede na njihovo prometno funkcijo potrebno zagotavljati stalno in nemoteno prevoznost, ostale kvalitete (zlasti potovalna hitrost) pa so omejena ali izključene.

Državne ceste	Občinske cest	
Izven in v naseljih	izven naselji	v naseljih (ulični sistem)
AC avtocesta		
HC hitra cesta		LH hitra mestna cesta
G1 glavna cesta I. Reda		LG glavna mestna cesta
G2 glavna cesta II. Reda		LM mestna magistrala
R1 regionalna cesta I. Reda		LZ Zbirna mestna cesta
R2 regionalna cesta II. Reda	LC lokalna cesta	LK mestna ali krajevna cesta
R3 regionalna cesta III. Reda		
RT regionalna cesta III. reda (turistična cesta)	JP javna pot	JP javna pot
KP kolesarska pot (KD, KG, KR, KJ)	KP kolesarska pot (KD, KG, KR, KJ)	KP kolesarska pot (KD, KG, KR, KJ)

Preglednica: Prikaz administrativno razvrstitev cest (vir: Juvanc A. s sodelavci. 2003. Predlog TSC Temeljni pogoji za določanje cestnih elementov v odvisnosti od voznodinamičnih pogojev, ekonomike cest, prometne obremenitve in prometne varnosti ter preglednosti, str 53)

Tehnična skupina	Kategorija ceste	Način dimenzioniranja	Značilna vrsta uporabnikov
A	AC, HC, G1, LH	vozno dinamični	redka uporaba
B	G2, R1, R2, LG	vozno dinamični	občasna uporaba
C	R3, RT, LC, LM, LZ	vozno dinamični	Pretežno stalna uporaba
D	LK, JP, ostale ceste	zagotavljanje prevoznosti	samo stalna uporaba

Preglednica: Prikaz tehnično razvrstitev cest(vir: Juvanc A. s sodelavci. 2003.Predlog TSC Temeljni pogoji za določanje cestnih elementov v odvisnosti od voznodinamičnih pogojev, ekonomike cest, prometne obremenitve in prometne varnosti ter preglednosti, str 53)

Poznamo pa še razvrstitev cest(po pravilniku o projektiranju cest) glede na prometno tehnično razdelitev. Po sledeči razdelitvi se ceste delijo glede na prometno funkcijo v daljinske ceste(DC), povezovalne ceste (PC), zbirne ceste(ZC) in dostopne ceste(DP).

Funkcija ceste	Oznaka	Vrsta ceste	Oznaka
Daljinska cesta	DC	Avtocesta, hitra cesta, glavna cesta	AC, HC,GC
Povezovalna cesta	PC	Glavna cesta, regionalna cesta	GC, RC
Zbirna cesta	ZC	Regionalna cesta, lokalna cesta	RC, LC
Dostopna cesta	DP	Lokalna cesta, javna pot	LC, LP

Preglednica:Vrste cest ko jih razlikuje pravilnik o projektiranju cest(vir: UL Republike Slovenije 14.10.2005 št. 91 str 9305)

AC – Avtocesta je namenjena prometu motornih vozil z najvišjo stopnjo varnosti in udobja, ima izvenivojska križanja z drugimi prometnicami in ima štiri ali več pasovni smerno ločeni vozišči s srednjim ločilnim pasom in oboje stranski odstavni pas.

HC – Hitra cesta je namenjena prometu motornih vozil z visoko stopnjo varnosti in udobja pri vožnji z večjo hitrostjo, ima izvenivojska križanja z drugimi prometnicami, ima dvopasovno smerno vozišče s srednjim ločilnim pasom in odstavnim pasom, ki se lahko zaradi strukture prometa in niveletnega poteka ceste nadomesti z odstavnimi nišami.

GC – Glavna cesta je namenjena za vse vrste cestnega prometa, ima dvo ali več pasovno vozišče z nivojskimi ali po potrebi izvenivojskimi križanji z ostalimi prometnicami in izvenivojska križanja z železniško progo.

RC – Regionalna cesta je namenjena za vse vrste cestnega prometa, ima dvo ali več pasovno vozišče z nivojskimi križišči ter izvenivojskim križanjem z železniško progo, če je to

upravičeno zaradi varnosti cestnega prometa. Nivojski prehodi preko železniške proge morajo biti zavarovani.

LC – Lokalna cesta je namenjena za mešani promet, ima dvo ali več pasovno vozišče z nivojskimi

križišči ter izvenivojskim križanjem z železniško progo, če je to upravičeno zaradi varnosti cestnega prometa. Nivojski prehodi preko železniške proge morajo biti zavarovani.

JP – Javna pot je namenjena samo za določeno vrsto cestnega prometa, ima en ali dva prometna pasova. Nivojski prehodi preko železniške proge morajo biti zavarovani, če to zahteva varnost cestnega prometa.

Ceste v naselju imajo praviloma enako širino vozišča kot zunaj naselja, ob vozišču pa ima v skladu z urbanistično ureditvijo urejene pločnike, kolesarske steze in dodatne prometne pasove.

Struktura cestne mreže se lahko primerja z organsko strukturo iz rastlinskega sveta. Podobna primerjava se lahko vzpostavi tudi z živčnim sistemom. Kot v naravi tudi v prometni mreži prihaja do motenj v razvoju, v tem pogledu so mesta izpostavljena predvsem vplivom razvoja motorizacije. Kjerkoli je se napačno interpretira njen razvoj, je cesta postala izvor mnogih negativnih posledic. Vzajemnost razvoja mest in razvoja ceste mreže predstavlja zgodovinsko resnico, ki je stara vsaj toliko kot so stara mesta. Danes lahko cestna povezava pomeni razvoj oziroma stagnacijo nekega območja ali celotne regije. Potrebno je natančno planiranje razvoja cestne mreže, saj naknadno usklajevanje ni enostavno, napake narejene pri planiranju cestne mreže so težko popravljive.

Za prehod regionalnih in magistralnih cest skozi naseljena mesta je potrebno načrtovati koridorje izven stanovanjski predelov. Žaželeno je, da te ceste potekajo skozi industrijske cone ali na meji med stanovanjskim delom in industrijskimi conami. Priporočen je, da je koridor širok vsaj za petkratno širino ceste, da bi se lahko organizirala zaščita okolice od negativnih ekoloških vplivov, ki jih povzroča promet, kar pa je velikokrat skoraj neizvedljivo. Avtoceste in druge ceste s komercialnim sistemom izkoriščanja (cestninjenje), je potrebno še posebej pozorno obravnavati v odnosu glede na urbana področja. Te ceste naj bi obšle vsa

gosteje naseljena področja ter bi zadržala kontinuitet komercialne eksploatacije. Misli je potrebno na razvoj mest in načrtovati koridorje, ki bodo omogočili neodvisnost prometnic za minimalno 20 let. Samo po sebi se razume, da naj bi se vsi pomembnejši infrastrukturni in prometni objekti(aerodromi, železniške postaje luke in podobno) nahajali znotraj sistem svobodne eksploatacije.

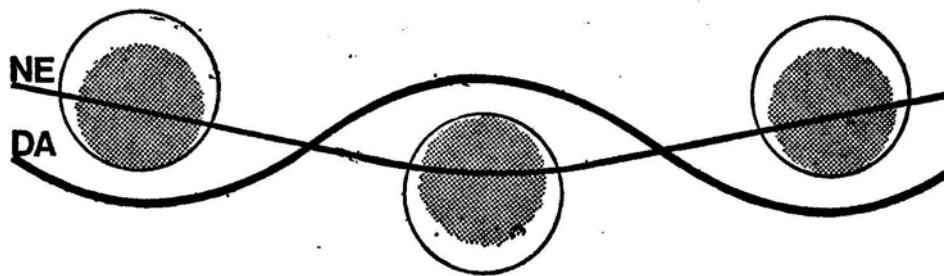
4.1.1.2 Odnos trase do pokrajine

Vsako poseg v prostor pomeni, s strani ekološkega stališča gledanje, motnjo v prostoru. Enako velja tudi za gradnjo cest in drugih prometnic. Zato je potrebo biti skrajno previden pri načrtovanju trase, zaradi tega mora biti vsaka intervencija skrbno preišljena, tako da ne ogroža naravne dediščine in onemogoča pogojev za nadaljnji razvoj. Vedno je potrebno imeti v mislih, da ne gradim samo za sebe ampak, da bodo morali s posledicami naših posegov soočiti tudi nadaljnji naraščaji.

Načrtovanje nove prometne poti skozi obstoječa naselja ali v bližini obstoječih objektov (stanovanjskih, bolnice, šole, poslovni objekti) zahteva natančno preučevanje prometnega koridorja, da novo nastali promet ne bi povzročil negativnih posledic na prebivalce. Pojavijo se predvsem problemi s hrupom, ki se ga da dokaj uspešno rešiti z uspešnimi protihrupnimi ukrepi(ograje, nasipi,...). Na problem s hrupom je opozoril že Robert Koh davnega leta 1910 in sicer z naslednjimi besedami: “ Nekega dne se bo moral človek boriti proti hrupa enako neusmiljeno kot se je v preteklosti boril proti kolere in kuge”(vir: Katanić J., Andjus V., Maletin M. Projektovanje puteva, str str 220). Analiza vplivov prometnega hrupa naj bi bila sestavni del procesa projektiranja cest, kot v fazi primerjave variantnih rešitev, kot v fazi projektiranja izbrane variant, pri čemer je potrebno definirati vrsto, mesto in dimenzije tehnične zaščite. Eden od problem, ki nastane z novo prometnico pa je tudi prometna varnost, saj s povečanjem prometa naraste tudi število prometnih nesreč.

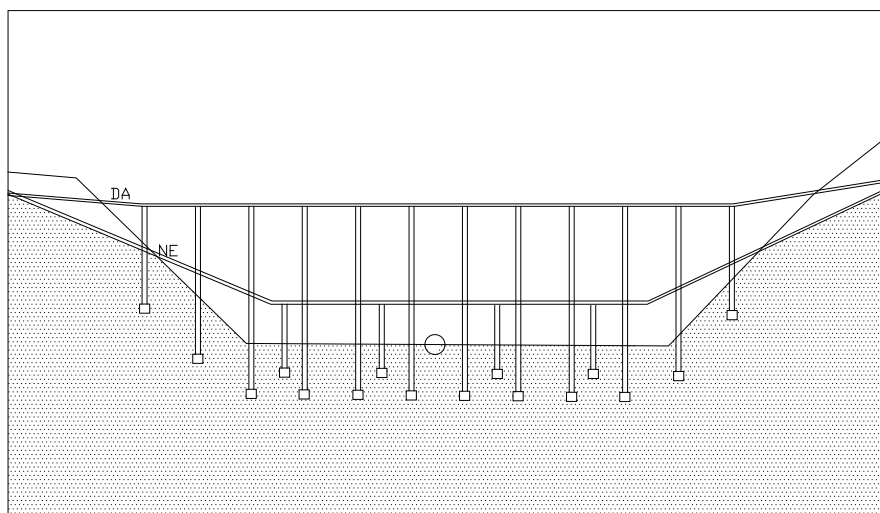
Za vzpostavitvijo skladnega odnosa med cesto in okolico se lahko poudarijo naslednji principi:

- Pri trasiranju je potrebno strmeti k temu, da se ne porušijo obstoječe ambijentalne celote, kot so: gozdni kompleksi, zemljišča visoke agrikulturne vrednosti, naravni rezervati, vodna zajetja, lovišča, zgodovinske znamenitosti. Shematski prikaz glede na odnos trase do ambijentalnih celot.



Slika: Princip ohranitve obstoječih ambijentalnih celin (vir: Katanić J., Andjus V., Maletin M. Projektovanje puteva, str 221)

Cesta ne sme postati umetna prepreka, ki moti naravno mikroklimo. Najbolj pogoste napake te vrste se pojavljajo, iz tako imenovanih ekonomskih razlogov. Prehodi trase preko izrazitejših dolin se lahko rešijo z nasipom ali viaduktom. V prvem primer se ustvari pregrada, ki preprečuje naravne tokove in ima lahko tudi vpliv na spremembo klimatskega režima. S tega stališča ni dvoma, da viadukt predstavlja neprimerljivo boljšo rešitev.

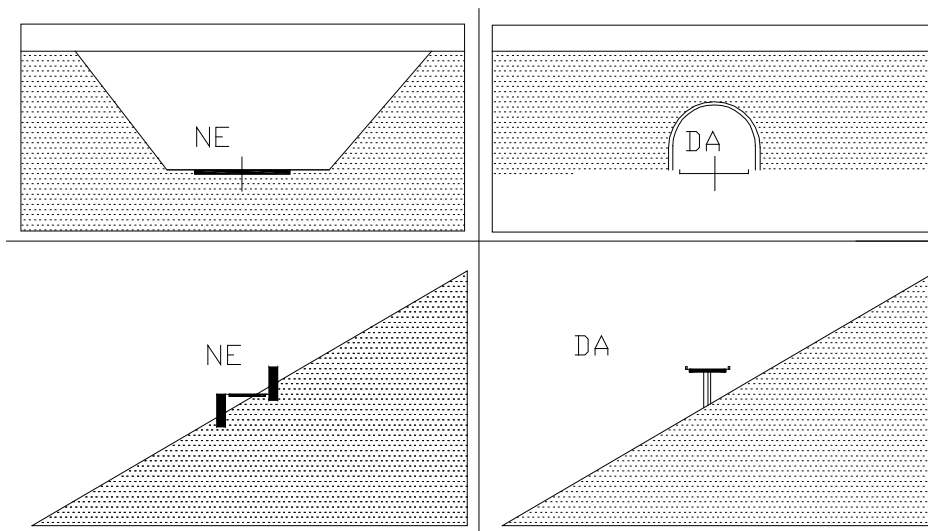


Slika: Prikazuje princip ohranjanja krajine (vir: Katanić J., Andjus V., Maletin M. Projektovanje puteva, str 222)



Slika: Primer lepega prelivanja viadukta z okolico v okolici Honoluluja, ZDA (vir: Spletna stran: <http://www.fhwa.dot.gov/eihd/>.)

- Poleg pogojev stabilnosti je potrebno pri vodenju trase upoštevati tudi dejstvo, da so z vidika zaščite naravne krajine, opravičeni samo posegi na terenu (visoki nasipi in globoki vkopi), ki z nenasilnimi sredstvi lahko oplemenitijo in dovedejo na nivo okolice. Prometna konstrukcija ne sme predstavljati umetne tvorbe, ki bo drastično spremenila izgled področja, ali drugače, cesta ne sme pustiti brazgotin na terenu. Če obstaja dilema ali graditi globok vkop ali zasek namesto tunela ali viadukta, je prednost na strani slednjih, ker se na ta način, poleg manjšega posega v prostor, varneje rešujejo tudi tehnični problemi, saj stabilnost brežin ostaja nespremenjena. Seveda pa vedno tega ne moramo upoštevati saj je ta rešitev ponavadi precej dražja kot tista prva.

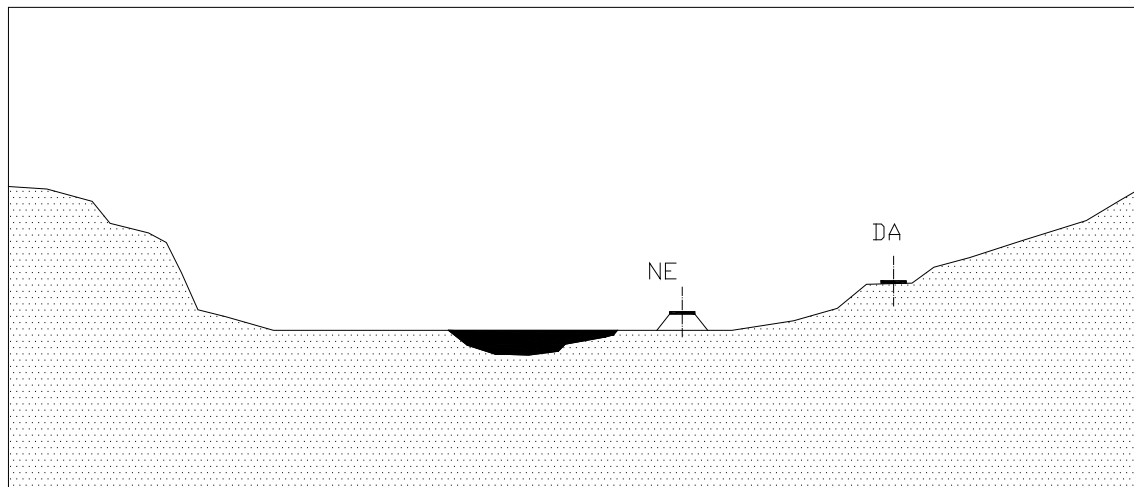


Slika: Položaj trase v prečnem profilu (vir: Katanić J., Andjus V., Maletin M. Projektovanje puteva), str 223

4.1.2 Inženirsko tehnični princip

Ta pristop pride v poštev takrat, ko mora biti trasa ceste stabilna in zanesljiva v vseh pogojih izkoriščanja. Istočasno pa strmimo h temu, da je čim krajša in s tem tudi, da so transportne poti čim krajše. Seveda pa se zahteva, da je cesta izvede čim ceneje. V fazi raziskovanj prostorskega koncepta, z inženirsko-tehnične strani začetni pogoj je, da se trasa vodi po geološko varnih pobočjih. Če je ta pogoj izpolnjen, potem je potrebno za premagovanje naravnih preprek, upoštevati naslednja priporočila:

- Pri trasah, ki spremljajo široke rečne doline, je normalen položaj trase pri robu pobočja in ne neposredno pri rečnem koritu. Na ta način se običajno doseže dvojni učinek in sicer, da se trasa opira na stabilnejša tla ter da se omogoči dostop do rečnih bregov, s tem pa se ne preprečuje razvoj doline in obsežnejše uporabe reke.



Slika: Položaj trase v široki rečni dolini (vir: Katanić J., Andjus V., Maletin M. Projektovanje puteva, str 225)

- V primeru ozkih rečnih dolin z izrazitimi sekundarnimi pritoki je potrebno odstopiti od spremljanja doline, če ima to za posledico neprestano zajedanje trase v izpostavljene dele pobočij. V tem primeru je potrebno računati na večje število mostov ali propustov. Zaradi tega je priporočljivo, da se vodi traso po pobočju ali pa po vrhu pobočja, če je to mogoče-

-Na blagih pobočjih, če je le mogoče je bolje voditi trasa po prisojni strani. Poleg boljših geotehničnih pogojev glede stabilnosti, ima taka orientacija trase tudi boljše pogoje za odvodnjavanje in sušenje ceste, kar je še posebej izpostavljeno pozimi. S tem direktno vplivamo na povečanje prometne varnosti.

-Pri prehodu rečnih dolin je potrebno izbirati najožja možna mesta z stabilnimi brežinami in stabilnim hidravličnim režimom vodotoka. V tem primeru so mostovi podrejeni trasi, glede izboru mesta prehoda preko vodotoka. Mostovi so lahko v horizontali ali vertikalni krivine, glede na prostorski potek trase. Izjema so le mostovi na plovnih rekah, kjer lahko statični sistem delno diktira pogoje trasiranja, kar pa v Sloveniji ni problem, ker rek, ki so primerne za ladijski promet ni v večjem obsegu.

-Razvodja in vzdolžni grebeni največkrat omogočajo ugodne pogoje za vodenje trase. Razvodja so po pravilu trdna in geološko stabilna. Njihova glavna slabost je, da so izpostavljena vetru in pozimi snežnim zametom. Kar pa narašča z nadmorsko višino.

-V ravninskem predelu je priporočljivo, da se trasa vodi na nizkem nasipu višine 1 do 2 m. S tako rešitvijo, glede na vodenje trase po terenu ali v vkopu, se doseže naslednje prednosti. Cesta je bolj pregledna, lažje je odvodnjavanje ceste, ni problemov glede zaščite cestne konstrukcije zaradi podzemnih voda, majhna je nevarnost zametov, lažje je vzdrževanje trase v zimskih pogojih in možno je vklapljanje trase v okoliško krajino.

Projektant naj bi ves čas mislil na dejstvo, da stabilnost ceste direktno odvisna od učinkovitosti sistema za zajem in odvod površinskih in podzemnih voda. Cesten konstrukcije, ki so poškodovane ali uničene zaradi napačnega odvajanja vode ali ni izvršena potrebna konstrukcija, predstavljajo izredno velik odstotek od vseh poškodovanih. Zaradi tega bi bilo moral imeti v podzavesti vsak projektant rek rimskih graditeljev "*MEMENTO AQUA*", kar pomeni spomni se vode.

4.2 Tehnike trasiranja

Pod pojmom trasiranja se poimenuje tista faza v projektiranju ceste v kateri se vzpostavijo geometrijske zakonitosti vseh treh projekcij in vrši definiranje projektnih linij v absolutnem X,Y;Z sistemu. Sam proces trasiranja se največkrat povezuje za izdelavo idejnega projekta ceste, ampak tudi pri izdelavi projekta za izvedbo, ne sme zanemariti. Zaradi enotnosti in različnosti vplivov, se trasiranje izvaja v korakih, odvisno od faze izdelave projektne dokumentacije in namena ceste.

4.2.1 Projektni pogoji

Projektni pogoji za trasiranje izhajajo iz celotnega projekta in se definirajo preko:

- - Kategorija ceste
- - Prometne obremenitve
- - Potekov prometa(sezonski, dnevni, neenakopravnost smeri,...)
- - Računske hitrosti
- - Sistem eksplatacije (komercialni sistem ali svobodni)

- - Okvirni položaj razcepov na osnovi zahtev cestne mreže
- - Odločitvi o tipu cestne površine

Na osnovi navedenih podatkov se najprej pristopi k geometrijskem in konstruktivnem dimenzioniranju elementov normalnega prečnega profila ceste. Ker prečni profil predstavlja prehodno projekcijo v projektiranju ceste, ta faza zahteva popolno pozornost, s tehnične strani kot tudi s ekonomske strani. Potrebno je upoštevati možnost in potrebe za etapno gradnjo, z objektivno valorizacijo stroškov in koristi, ki nastanejo z gradnjo, vzdrževanjem in korištenjem ceste. S tem pa se konča delo na geometrijskem in konstruktivnem dimenzioniranju normalnega prečnega profila.

Na osnovi merodajnih podatkov o prometu, vrednosti računske hitrosti in normalnega prečnega profila, se definirajo mejni elementi ceste in profila z vozno dinamičnega vidika, konstruktivnih in estetskih zahtev. Mejne vrednosti se določijo na osnovi zasnovane računske hitrosti odseka. Med nje spadajo:

- - Maksimalna dolžina preme
- - Minimalni radij horizontalne krivine
- - Minimalni parameter prehodnice
- - Maksimalni vzdolžni nagib
- - Minimalni radij konveksne zaokrožitve
- - Minimalni radij konkavne zaokrožitve
- - Minimalna vizura zaustavne preglednosti
- - Minimalna vizura prehitevalne preglednosti

Te navedeni mejni elementi predstavljajo samo okvirne vrednosti v trasiranju, ki se lahko uporabijo v izjemnih primerih, med tem ko so uporabne vrednosti po pravilu, veliko bolj ugodne od mejnih. Zato se ostali elementi ceste dimenzionirajo na osnovi rezultirajočih vrednosti projektne hitrosti.

4.2.2 Projektne podloge

Pred začetkom trasiranje je potrebno zbrati vse relevantne podatke v okviru obravnavanega koridorja, ki se prvenstveno nanaša na topografske, geomehanične, geomorfološke, urbanistične in ekonomske dejavnike. Vsi ti podatki so lahko definirani v grafični ali

numerični obliki, odvisno od način hranjenja in zbiranja informacija in stopenj razvoja informacijskega sistema.

Najboljši nosilci informacij za potrebe projektantov cest so geološke karte, karte uporabe površin in topografske karte.

Geološka karta podaja prikaz osnovnih geomorfološki podatkov in geomehaničnih karakteristik terena v okviru danega koridorja. Na tej karti naj bi bili vidni podatki o obstoječih geoloških procesih, karekteristike hribin, geomehaničnih karakteristikah, hidrologiji podzemnih in površinskih voda. Ta karta naj bi omogočila vpogled v kvaliteto terena po katerem se namerava graditi ceste.

Katastrska karta izvira iz občinski urbanističnih načrtov, prikazuje obstoječo parcelizacijo in namen površin, na njej je vidna tudi obstoječa cestna mreža. Včasih je poleg obstoječega stanja prikazom tudi nadaljnji plan razvoja cestne mreže, kot tudi vsi podatki o primarnih objektih infrastrukture(vodovod, kanalizacija, energetski vodi, telekomunikacijski vodi,...), vendar razvoj prikazan predvsem v prostorski izvedbenih aktih.

Topografska karta predstavlja osnovo na kateri se grafično definira trasa bodoče ceste. Na njej so podani vsi potrebni podatki, ki služijo izdelavo trase. Trenutno so v uporabi dvo dimenzionalne karte, ki pa jih je potrebno za potrebe projektiranja spremeniti v trodimenzionalne. Morda se bodo v bodoče pojavil celo trodimenzionalne karte, za kar pa bo verjetno poteklo še nekaj časa.

4.2.3 Postopki v trasiranju

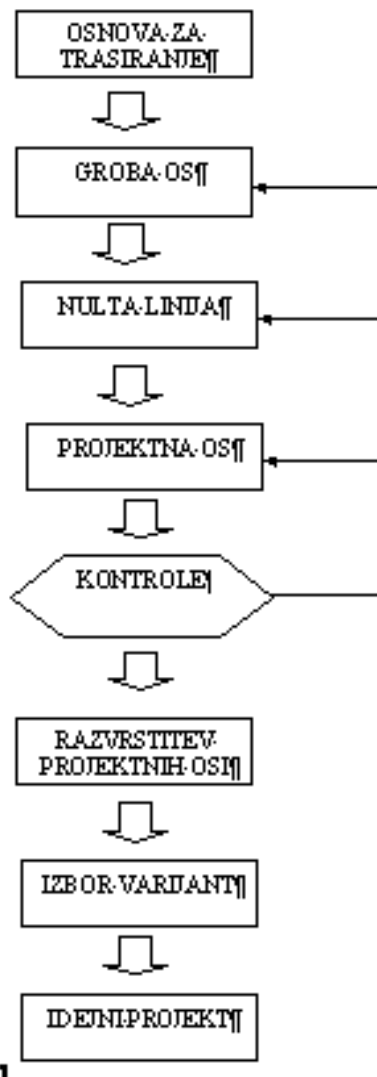
Z definiranjem potrebnih parametrov in izbiro(po potrebi izdelavo) primerne karte so ustvarjeni začetni pogoji za neposredno delo na trasiranju.

Star način trasiranja je postavil najprej tangente, nato pa horizontalne radije med njimi. Posledica tega je nastanek daljših ali krajših prem med loki oziroma prehodnicami, kar pomeni togo traso. Nov način podaja najprej loke, nato pa ustrezne prehodnice med loki. Tangente se tako ne uporabljajo več kot osnovni trasirni element, seveda pa to še ne pomeni, da se preme pri trasiranju ne uporabljajo več.

Tehnično gledano ta proces je sestavljen in naslednjih osnovnih korakov, ugotavljanje grobe osi, povlečenjem nulte linije, geometrijskim definiranjem projektne osnove in analitično obdelavo osi trase. Postopek trasiranje se odvija po tem vrstnem redu, z neprestanim vplivom enega koraka na drugega. Prvi korak je tako imenovana groba os, pod kar si predstavljamo

ravno črto med točko A in točko B, ki pa se lomi, z namenom da se lažje prilagaja terenu. Naslednji korak je potegnitev nulte linije, ki predstavlja gibanje konstantnega nagiba, ki spaja dve fiksni točki. Nato je potrebno določiti projektno os in sicer najprej os v situaciji in nato se os vzdolžnem profilu. Nato pa sledi se analitična obravnava trase in sicer najprej v situaciji nato se v vzdolžnem profilu. O rezultatih traserskega dela lahko sodimo, le iz istočasnega vpogleda na obe projekcije. Po pravilu se vedno pojavi potreba po korekcijah, ali gre za delno izboljšanje elementov projektne geometrije ali pa za večje korekcije, kar je lahko celo negativen zaključek o trasi. V vsakem primeru gre za enotno analizo prostorski odnosov z namenom, da se pokažejo posledice in sprejmejo končne odločitve. Sam proces trasiranje je iterativne narave, kar pomeni, da se vsaka rešitev kritično analizira in po potrebi spremeni ali dopolni, da zadovolji pričakovanim kriterijem.

Osnova za trasiranje predstavljajo podloge in različne karte, iz katerih odčitamo podatke, kot so računski hitrost, mejni elementi načrta in projekta, ter karakteristike terena in zemljišča.



Groba os je povezovanje fiksnih točk na terenu in preverba vzdolžnih profilov. V primeru, da dobimo prevelike naklone je potrebno poiskati druge fiksne točke.

Nulta linija obsega povezavo fiksnih točk na delih z enakim nagibom.

Projektna os se sestavi iz delov nulte linije in sicer z znanimi geometrijskimi elementi. Potrebno je korigirat, tako tlorisno situacijo kot vzdolžni profil. Cilj je doseči prostorsko usklajenost in homogenost trase.

Kontrola projektne osi glede na različne kriterije kot so: prostorska usklajenost, preglednost, varnost, odvodnjavanje ...

Razvrstitev projektne osi glede na tehnične in projektne kriterije

Izbira najugodnejše varijante glede na zgoraj opisane kriterije.

Izdelava idejne rešitve za najugodnejšo varianto. Sestava idejnega projekta je določena z pravilnikom o vsebini tehnične dokumentacije. Idejni projekt je služil kot podlaga vsem nadaljnjim fazam projekta, do končne izvedbe.

5 Oblikovanje ceste

Poleg funkcionalnih kriterijev, ki izhajajo iz vozno dinamičnih analiz in kriterijev stabilnosti, mora sodobno oblikovana cesta zadovoljiti tudi oblikovne kriterije, ki so zasnovani na vizualnih predstavah in podoživljajo cesto s strani njenih uporabnikov. Ta vidik igra veliko vlogo v obnašanju voznikov, tako imenovani človeški faktor od katerega izvirajo začetni pogoji za prometno varnost. Zato je potrebno poleg tehničnih kriterijev in predpisov enakopravno obravnavati tudi probleme, ki se nanašajo na probleme prostorske usklajenosti geometrijskih elementov trase in vklapljanjem ceste v naravno krajino. Če smo striktni, so ti problemi izven dometa znanja inženirja, traserja, zato se je potrebno za njihovo razrešitev obrniti še k strokovnjakom z drugih področij, kot so psihologi, informatiki, krajinski arhitekti,...

Začetne ideje o prostorskem trasiranju in oblikovanju ceste spadajo v trideseta leta prejšnjega stoletja in sicer se pojavijo pri nemških inženirjih (prednjačil je predvsem H. Lorenz). Vendar pa šele v šesdesetih letih začne malce upoštevati te ideje pri projektiranju v Nemčiji in ZDA. Upoštevati se ji je začelo šele, ko je postalo jasno, da so vzroke večjega števila prometnih nesreč lahko povežemo z doživljanjem ceste z vidika voznika, to je da prostorska slika neposredno vpliva na obnašanje udeležencev v prometu.

Iz raziskovanj obnašanja in reakcij voznikov na kvalitetne vizualne vsebine, so ustvarjeni zaključki o optimalnih odnosih glede uporabe geometrijskih elementov v trasiranju. Prav tako pa je zbran širok fond znanja optičnih dejstev spremljajočih elementov in detajlov, ki sodelujejo v formiranju oblike ceste. Omenjene napotki si zaslužijo, da se jih enakopravno upošteva pri trasiranju in projektiranju ceste.

5.1 Geometrijsko oblikovanje

Pod pojmom geometrijsko oblikovanje se pod razumeva proces skladnega komponiranja projektnih elementov s ciljem, da se ustvari prostorna slika ceste, ki v vizualnem pogledu pusti pozitivne vtise in voznikom vpliva občutek varnosti. Za dosego tega cilja, ni dovolj, da je vsak element v dovoljenih mejah, ki so odvisne od hitrosti, ampak se pokaže, da je neizogibno, da se vzpostavi širša medsebojna odvisnost projektnih parametrov, kot znotraj ene linijske predstave, kot v prostorskem smislu.

Ta opredelitev je zasnovana na dejstvu, da se vtisi o cesti iz kontinualnega niza slik, ki se pojavijo v vidnem polju uporabnika ceste. Gre za prostorsko predstavo, ki jo ustvarijo strukturne linije ceste (Robovi ceste, markacije, zaščitne ograj, obcestni objekti in drugi objekti, ki se nahajajo ob sami cesti ali pa malce stran od nje) na razumni dolžini preglednosti. V vidnem polju voznika, ki nastane v okviru vizure, v 25 do 30 sekundah vožnje, se lahko istočasno pojavi več geometrijskih oblik (ravnine, krivine, prehodnice, vertikalne zaokrožitve), ki skupaj orišejo prostorski potek ceste. Vtis, ki ga voznik dobi, je drugačen kot pa pri enoravninske predstavitve ceste. V principu je vsaka oblika, ki je opazovana s strani očesa voznika optično spremenjen, kot zaradi globinskega skrajševanja, kot zaradi neprestanega spreminjanja kota gledanja. Zato je potrebno pri trasiranju biti pozoren tudi na optične lastnosti vsakega projekta ter o geometrijskim kombinacijah iz katerih se ustvarja celotna prostorska slika.

Kar se tiče problemov okoli optičnih lastnosti se je priporočljivo držati naslednjih navodil:

- Z optičnega stališča je prema geometrijska oblika, pri katerem je najbolj izrazit fenomen nedogleda. Tu se pojavi iluzija v odnosu na velikosti - odaljenosti, kar ima lahko za posledico napačno oceno in nepravilno reakcijo voznika. Če se k temu doda še psihološki efekt monotomije sredi fiksne vizure, potem se lahko zaključi, da uporaba dolgih prem v situaciji ne nudi ravno optimalne rešitve. Zaradi tega je potrebno premo uporabljati le kot pomožno sredstev v ustvarjanju bolj fleksibilnih oblik ali pa za doseganje višjih funkcionalnih ciljev, kot so vklapljanje v že zgrajene regulative, pri ustvarjanju potrebnih prehitevalnih dolžin, pri lovljenju že obstoječih objektov (nadvozi, podvozi, mostovi), ki so v premi, ...

Za razliko od preme ima krožni lok vizualne kvalitete, ki se jih da uspešno uporabiti. Prvi pogoj je, da je dolžin krivine zadosti velika, da se lahko opazi njegovo zakrivljenost. Ta naj bi bila vsaj tako dolga kot se jo prevozi v času vožnje 2 do 5 sekund, največja dolžina pa je omejena z velikostjo še dovoljene pregledne razdalje.

-Prehodnica kot enakopraven element v trasiranju ustvarja najugodnejše optične efekte, ter ta njena lastnost pogosto presega njen vozno-dinamični pomen. Zato je ne smemo pri njeni uporabi izhajati iz minimalnih konstruktivnih potreb, ampak dosti širše, z stališča cestne estetike. V tem pogledu tu velja ponovno poudariti, da najlepše rešitve dosežejo pri odnosu $L_p:D_k:L_p=1:1:1$ z $R/3 \leq A \leq R$.

-Nakloni nivelete so skoraj neopazni pri vrednostih, ki so manjše od 3%. Šele nad to vrednostjo se izoblikuje občutek spusta ali vzpona, tako da lahko naklon, ki večji od 5%

deluje zelo neprijetno če se nahaja na dolgi premi. V takih okoliščinah se pri vzponu pojavi tako imenovani efekt zidu, pri katerem se izgubi občutek za realno oceno dolžine. Optično rešitve tega fenomena je potrebno poiskati v vijugasti trasi.

-Vertikalne zaokrožitve podobno kot horizontalne krivine delujejo naravno, a samo če imajo primerno dolžino. Zaokrožitve, ki so zaradi malih radijev ali majhne ostrosti kota izvedena na kratkem odseku, vizualno se doživljajo kot nasilni prelomi. Zato se minimalna mera optične udobnosti vzame dolžina vertikalne krivine v mejah izostrene vizurne preglednosti.

Del naloge, ki se nanaša na usklajeno oblikovanje geometrijskih elementov, zahteva poznavanje sestavljenih perspektografskih in prometno psiholoških efektov.

Interno usklajevanje projektnih parametrov:

Situacijski načrt

Osnovna vprašanja, pri oblikovanju ceste v situacijskem načrtu izhajajo iz velikosti in medsebojnih odnosov uporabljenih geometrijskih parametrov. V tem primeru moramo posebno pozornost posvetiti naslednjim primerom.

- Isto smerne krivine v vmesno kratko premo ustvarjajo vtis poligonalne osi ceste, kar spodbuja voznika., da išče kontinuiteto gibanja, ki pa odstopa od projektirane trajektorije. Ta rešitev ni primerna tudi s fiziološkega stališča gledanja, ker se zaporedno pojavlja enako smerna sprememba radialnega pospeška. Ta napaka se lahko korigira z izbiro ene krivine z večjim radijem ali načrtovanje enotne košaraste krivine s pomožnim krogom izven priključnih krivin.

- Prav tako je neprimerna rešitev uporaba nasprotnih krivin z vmesno kratko premo. Pravilna rešitev je S krivina ali eventualno z različnim parametrom klotoide.

- Uporaba neuskklajenih radijev horizontalnih krivin, po pravilu ustvarja nepravilne vizualne učinke. Poleg tega se v takih primerih prihaja tudi do neenakomernost pri spremembah hitrosti, s čimer pa se zmanjšuje prometna varnost ceste. Zaradi tega je potrebno upoštevati pravilno sosledje radije. Vizualna in vozno dinamična občutljivost glede sosednosti radijev še posebej pride do izraza pri radijih, ki so manjši od 400m, ker se tolerantni odnos R_1 proti R_2 giblje do meje 1,5. Za praktično uporabo v trasiranju in oblikovanju se priporočajo odnosi prikazani na sliki v poglavju 2.2.2(krožni lok).

Vzdolžnim profil

Podobno kot v situacijskem načrtu so tudi tu problemi v oblikovanju vezani na zaobljene in dispozicijo prelomov vodilnih linij ceste. V samostojnem vodenju nivelete ceste se je potrebno posvetiti predvsem naslednjim situacijam.

- Konveksna vertikalne zaokrožitev predstavlja bolj občutljiv element, v vizualnem smislu, od konkavne zaokrožitve. To izhaja iz dejstva, da konkava odkrije cesto in nam postavi na vpogled vse njene strukturne linije. V primeru, da sta dve konkavni linije ločene s kratko krivino ali celo s premo je, bolj priporočljivo, da se jih zamenja s eno krivino večjega radija.
- V primerih, ko se niveleta ceste striktno prilagaja terenu, se lahko zgodi, da pride do “ izgube trase” v vidne polju voznika, kar postane nevarno, zaradi zmanjšane možnost ocene potreben dolžine ceste za prehitevanje. Podoben efekt nastane ko se dva približno enaka paralelna nagiba spojita s kratko potezo. V takih slučajih je obvezna temeljita korekcija nivelete na daljšem odseku trase.

Prostorsko usklajevanje cestnih projekcij

Prostorsko sliko ceste tvorijo združene projekcije: prečni profil, situacija in vzdolžni profil. Da bi bila skupna predstava načrtovane ceste harmonična, ni dovolj da znotraj vsake projekciji obstaja skladen odnos uporabljenih projektnih elementov. Ta pogoj je potreben, samo da bi se prišlo dokončnega cilja, nujno je da so usklajeni medsebojni odnosi cestnih projekcij. To pomeni, da se interna koordinacija elementov v situaciji vrši istočasno z obravnavo vpliva vertikalne projekcije in obratno.

Samo v primeru enakomerne nivelete, je prostorska slika ceste odvisna samo od situacije in oblikovanja prometnega pasu. V povsem drugačnih okoliščinah pa so pomemben dejavnik vertikalne krivine. Zato lahko trdimo, da je izbira vertikalnih zaokrožitev in prelomov nivelete bistvenega pomena za uspešno vodenje trase v prostoru.

Posebno je potrebno paziti, da se konkavna zaokrožitev ne izvaja v krivini, saj potem lahko v večjih nalivih, lahko pride do zastajanja vode na dnu in s tem do pojava aquaplaniga, ker je nevarno za vsa vozila.

Pri prelomih nivelete na premi je potrebno biti še posebej pazljiv, saj znajo posebej konveksne zaokrožitve v premi povzročiti, da se zakrije zakrivljenost zrase-

5.2 Enotnost ceste in okolice

Znano je, da voznik pri večjih hitrostih registrira v svoji zavesti vsebine iz neposredne cestne okolice, s čimer uporablja posplošeno predstav o cesti. Kvaliteta teh predstav vpliva na njegovo emocionalno stanje, kar se indirektno odraža na obnašanju pri vožnji. Poleg navedenega je cesta izpostavljena tudi pogledom širšega kroga opazovalcev (potniki, izletnik, stanovalci,...) kateri njene vizualne vrednost doživljajo kot sestavni del svojega življenjskega prostora.

Oba vidika nam vsiljujeta nalogo oblikovanja prometnega pasu in vseh spremljajočih objektov s ciljem, da se ustvari enotnost ceste in okolice. Nobenega dvoma ni da je to kompleksna in odgovorna naloga. Kompleksna je zaradi raznolikih vplivov in pogojev, ki se istočasno pojavljajo. Odgovorna pa zaradi spreminjanja naravne sredine, katera pa se spreminja z vsakim novogradnjo. Zato ta naloga zahteva kreativni napor projektanta, da vzporedno z vodenjem projektnih linij trase, najde tudi najboljšo rešitev za vklop ceste krajino v in oblikovanjem cestnih objektov.

5.2.1 Oblikovanje krajine

Za uspešno vklapljanje ceste v krajino je potrebno, da so prevzame slednje, prav je geometrijsko oblikovanje konturnih linija prometnega pasu, druga pa v oplemenitenju tega z zelenjem, glede na pogoje naravne sredine in zahtevama optike ceste. Oblikovanje krajine je sestavljeno predvsem iz dveh delo, to sta oblikovanja brežin in ozeljevanju le teh.

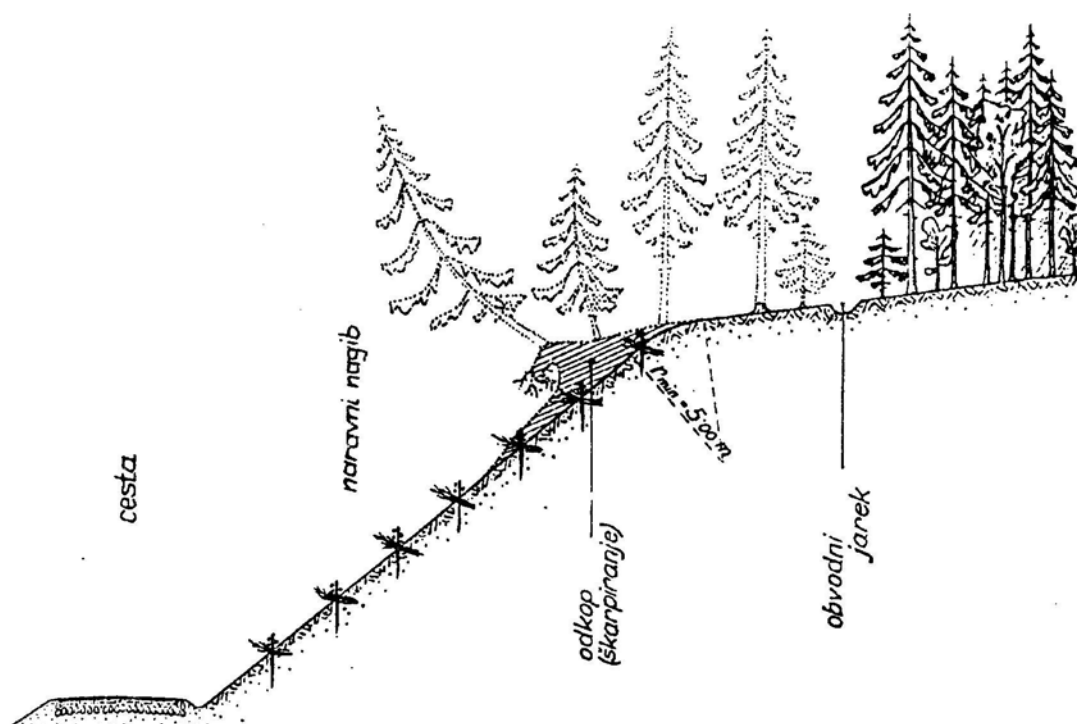
Oblikovanje brežin

Poleg deleža v stabilnosti cestne konstrukcije imajo brežine tudi značilno vlogo pri vizualnem vklapljanju cestnega telesa v teren ter pri poboljšanju vizualnih učinkov ceste s strani očesa voznika. Kar nakazuje, da se oblikovanje brežin ne da obravnavati le z obravnavanjem le ene projekcije (na primer prečnega profila) ali samo enega izoliranega parametra.

Brežine oblikujemo tako, da dobi nagib, ki je enak ali manjši od naravnega naklonskega kota matične hribine. Opozoriti moramo na pogosto napako v praksi, ko skušajo z vegetacijo ali s kombinacijo vegetacije in žičnega pletiva ustaliti nestabilno pobočje. Princip je napačen. Uspeh je lahko le začasen in navidezen saj traja le do prvega neurja (velika namočenost, sledi zdrs hribinskega materiala skupaj z vegetacijo) ali prerjavitve, oziroma pretrganje žičnega pletiva.

Pri gradnji brežin je potrebno pozornost posvetiti zgornjim robov odkopnih brežin. Predvsem je potrebno paziti na stabilnost brežin, pri katerih igra pomembno vlogo voda zato je potrebno brežino pravilno odvodnjavati. Vodo ki se steka po površin pobočja do odkupnega roba, je potrebno predhodno preusmeriti na z gradnjo neprizadeta stabilna zemljišča ali pa jo vsaj ustrezno razpršiti. Uporablja se kombinacija različnih tehničnih del(terase, popleti , žive ščetke, gradoni, police, malih zidov proti spiranju, popletov na policah, grmičaste zgradbe, pozelevanje s kordonsko sadnjo,...). Za vsa je značilno da potekajo bolj ali manj po plastnicah. Poševno preko pobočja jih izvajamo le, kadar omejujejo majhne površine in so povezana s utrjenimi žlebovi za odvajanje površinskih voda, saj sicer poševnina pogojuje in pospešuje razvoj površinske in globinske vodne erozije.

Na brežinah pa se izvajajo tudi biotehnična dela, s katerimi ustvarjamo vegetacijsko protierozijsko zaščito. Biotehnična dela lahko razdelimo na pogozdovalna in zatravitvena dela. Običajno najprej izvedemo zatravitvena dela, ki jih kasneje po potrebi dopolnjujemo s pogozdovalnimi deli.



Slika: Pravilno oblikovana brežina(vir: Horvat A. 1994. Biotehnično utrjevanje in zavarovnje cestnih brežin, str 12-4)

Najslabša rešitev je ureditev brežin iz ekonomična rešitev, ki se praviloma nanaša le na geotehnično stabilnost. S takim pristopom se po pravilu dobi rešitev, ki potencirajo cesto kot umetno tvorbo, kar je popolnoma nasprotno od zadanega cilja.

Pravila, ki so dana za urejanje brežin, še niso garancija za doseg optimalnih vizualnih rešitev, vse dokler se uporabljeni elementi ne uskladijo glede na druge dejavnike prostorske slike ceste. V tem postopku je potrebno upoštevati naslednje:

- Majhnim višinam cestnega telesa, odgovarjajo blažji nagibi brežin. V prostoru delujejo najbolj naravno tiste trase, katerih brežine imajo, namesto enakega nagiba enake dolžine.
- Izboljšanje optičnega vodenja v ostrih krivina v useku, se izboljša z nesimetričnim nagibom brežine, notranji strani odgovarja blažja krivina, zunanji pa bolj strma.
- Plitvi nasipi in useki, pri trasah, ki potekajo po dolinah ali kotlinah, se najlepše uklapljuje v teren, če se planum ceste (z nižje strani) razširi do naravne brežine terena.

Zasaditve

Zelenje ima posebno vlogo pri oblikovanju ceste in obcestnega pasa. Z pravilnim izborom biološkega aranžmaja se lah doseže naslednje tri pomembne efekte:

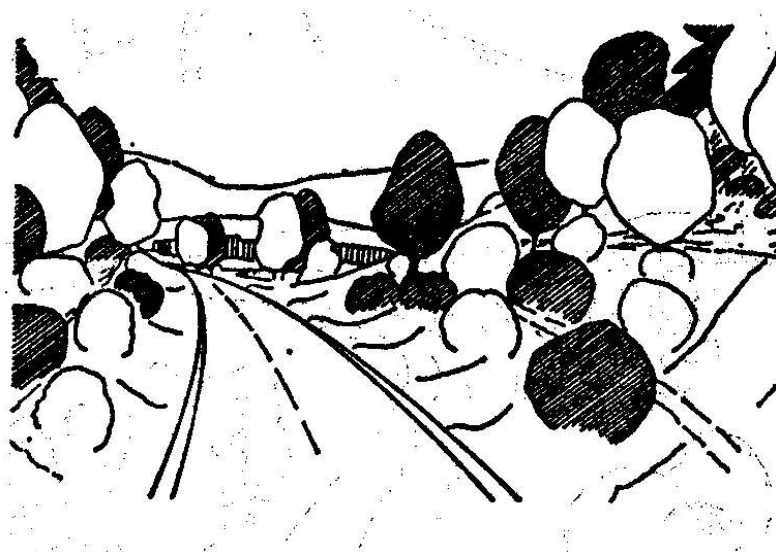
- Z zelenjem se lahko vzpostavi fizično in vizualno ravnotežje naravne sredine, ki je skaljena z nasilnimi posegi v terenu, kot so: globoki useki, izgradnja visokih nasipov, globoki vkopi in podobne stvari. V tem primeru se z zelenjem dvigne kvaliteta vizualnega prizora in prinese k geotehnični stabilnosti cestne konstrukcije.
- Z načrtnim razporejanjem visokega zelenja se lahko ustvari vizualne elemente, ki orisujejo prostorski tok ceste. Ali če povemo z drugimi besedami, zelenje se lahko izkoristi, kot dragoceno sredstvo optičnega vodenja, s čimer se direktno vpliva na percepcijo voznika.
- Zelene nasadi lahko služijo tudi kot naravno sredstvo pri zaščiti od zaslepljevanja z žarometi in za ublažitev vplivov vetra, za zmanjšanje nivojev hrupa...

Če pa gledamo na zasaditev kot okras ceste in njene okolice pa lahko citiramo Clarka iz leta 1959: "Umetnost popolne AC ni v površinskih učinkih, marveč tiči v temeljni zamisli projekta, ne samo v dekoriranju mostov, dovršeni opremi ali dobro izvedeni ozelenitvi... marveč v dobrem vodenju trase, ohranitvi krajinskih značilnosti, vključno z vodotoki, ustrezni obdelavi brežin in ponovni ureditvi zemljišč, ki so bila prizadeta z gradnjo. (citat po Gabrijelčič P., Gruev M. 2001. Oblikovanje Avtocestnega in cestnega prostora)

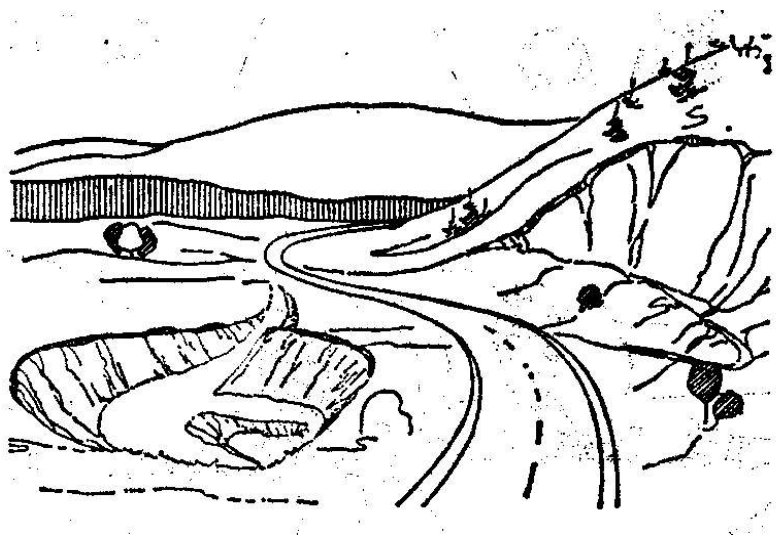
Mišljeni so posegi v prostor, kot je gradnja AC, ki močno posežejo v podobo krajine, posledice pa se da sanirati z vegetacijo.

Da bi se zgoraj naveden možnosti zasaditve izkoristile, je potrebno da se vzporedno z gradbenim projektom ceste, izdelata tudi projekt hortikulture ureditve, kar je Sloveniji z zakonom prepisano.

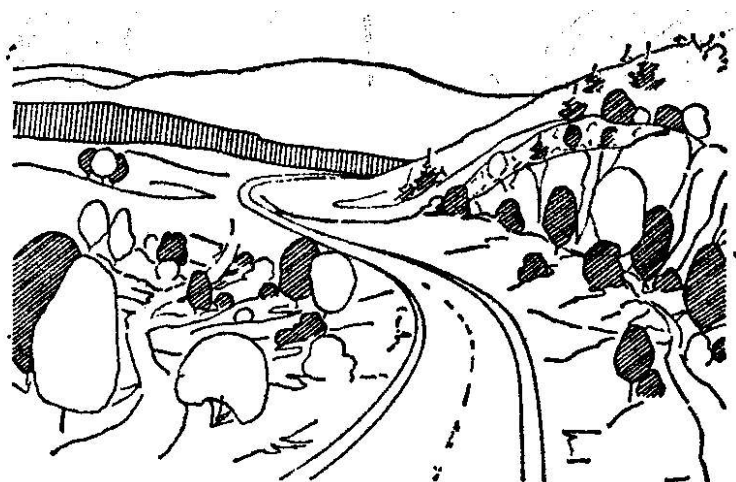
Zelenje kot sredstvo za vzpostavljanje fizičnega in optičnega ravnotežja okolja, ki je bila spremenjena s posegi v prostor.



Slika: V globokih usekih in nasipih strogo geometrijske brežine ne delujejo naravno, tudi če so zasajene. Ta vtis se bistveno poboljša z visokimi zasadi v prostem aranžmaju. (vir: Katanić J., Andjus V., Maletin M. Projektovanje puteva. Str 265)

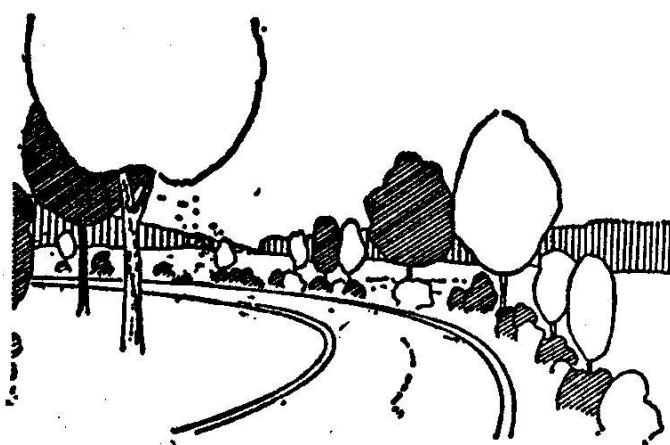


Slika: Gradnja ceste pogosto povzroča trajne brazgotine na terenu. Poleg neprijetnega prizora, je lahko tako mesto tudi vzrok novih geoloških procesov. (Katanić J., Andjus V., Maletin M. Projektovanje puteva. Str 265)

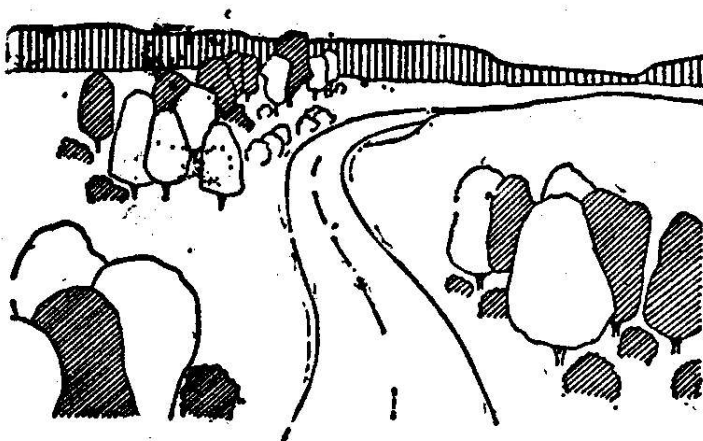


Slika: Remodeliranje nekdanjih najdišč materialov se vzpostavi naravna harmonija. Po pravilu taki posegi zahtevajo zvrhano mero znanja. (vir: Katanić J., Andjus V., Maletin M. Projektovanje puteva. Str 265)

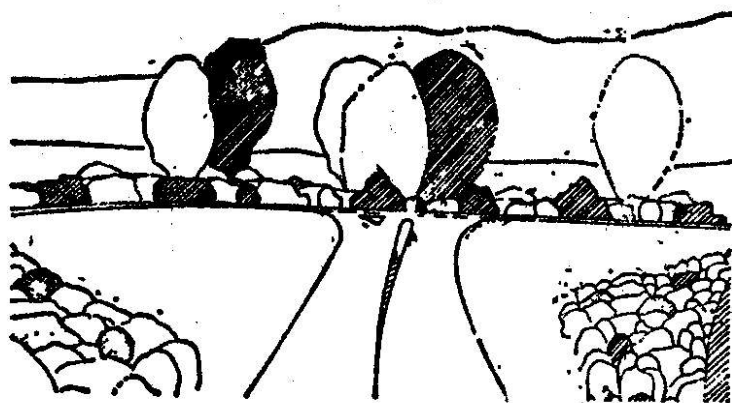
Zelenje kot sredstvo za poboljšanje optičnega vodenja



Slika: Visoko zelenje, ki je namensko zasajeno na zunanjih straneh krivine, optično odpira krivino. Po konturah zelenja se lahko oceni zakrivljenost krivine. (vir: Katanić J., Andjus V., Maletin M. Projektovanje puteva. Str 266)

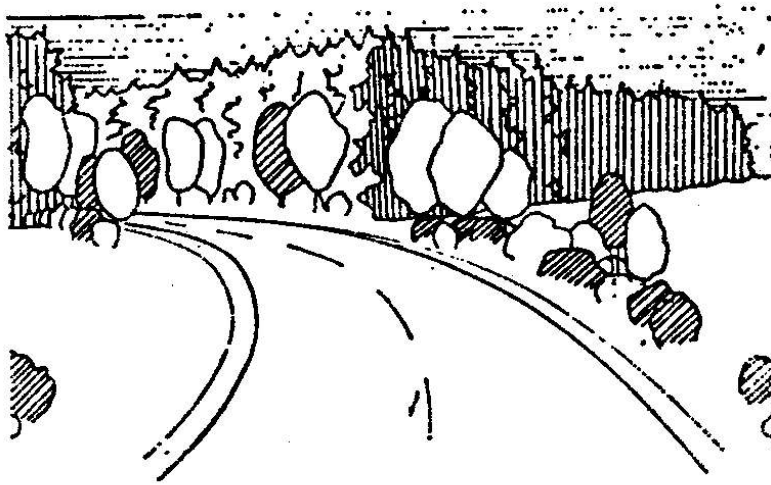


Slika: Pri zavitih trasah se zelenje pojavlja na eni in drugi strani, vmes pa se pušča prostor za širše gledanje prehodov. (vir: Katanić J., Andjus V., Maletin M. Projektovanje puteva. Str 266)

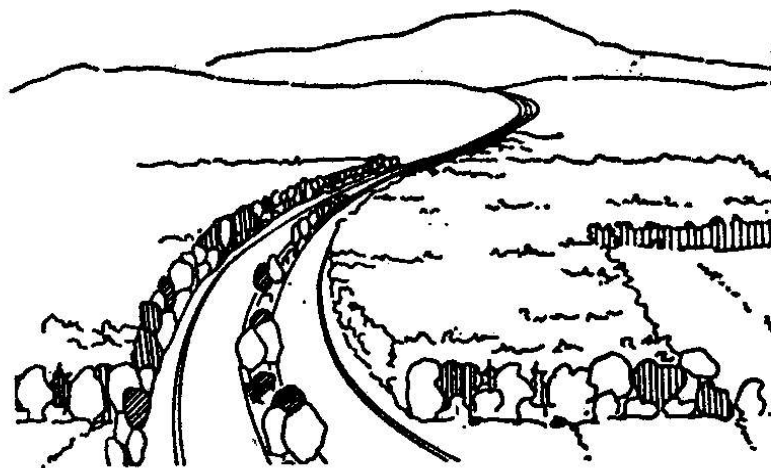


Slika: Visoko zelenilo v osi vizure blagodejno opozarja na razcep. Na podoben način se lahko oriše tudi prostorski tok nepreglednih odsekov ceste v konveksnim vertikalnih zaokrožitvah. (vir: Katanić J., Andjus V., Maletin M. Projektovanje puteva. Str 266)

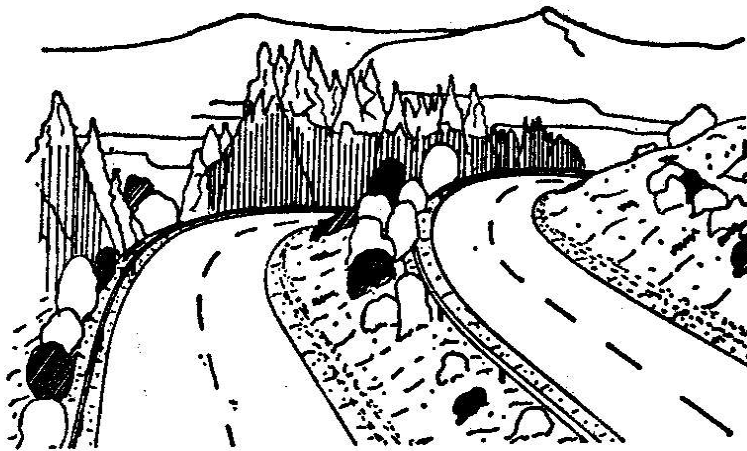
Zelenje kot sredstvo za zaščito prometa od neugodnih stranskih učinkov



Slika: Zelenje pred in za fizičnih koridorjev z ustaljeno mikroklimo, je lahko dober posrednik v prehodu na nov klimatski režim. (vir: Katanić J., Andjus V., Maletin M. Projektovanje puteva. Str 267)



Slika: V prehodu ceste skozi gozdne predele je zaželeno, da se zadrži vsaj nekaj zelenja na vmesnem pasu. S čimer se ublaži vtis brutalnega konflikta z naravo in odpravi efekt zaslepljevanja z žarometi. (vir: Katanić J., Andjus V., Maletin M. Projektovanje puteva. str 267)



Slike: Da bi se zelenje lahko uspešno razvijalo v srednjem pasu, bi bilo potrebno da bi bila ta široka vsaj 6 m. (vir : Katanić J., Andjus V., Maletin M. Projektovanje puteva. Str 267)

5.2.2 Oblikovanje cestnih objektov

Podporni zidovi, mostovi, prometno-tehnična oprema in drugi spremljajoči objekti prometnega inženirstva, poleg svoje primarne vloge, imajo tudi izrazito vizualno dimenzijo, ki enakopravno sodeluje v ustvarjanju prostorske slike ceste. To nalaga obvezo, da se vsak izbrani objekt in element opreme obravnava s stališča prostorski oblik in izgleda.

Tako, na primer, podporni zidovi, ki v osnovi predstavljajo podporno konstrukcijo, se lahko približajo naravi, če imajo konstanto linijo, če njihova velikost vklaplja v krajino in če so obdelani skladno z okolico. V kombinaciji z zelenjem lahko služijo kot optično vodilo.

Za razliko od podpornih zidov, pri mostovih obstaja več oblikovnih možnosti, s tem tudi več možnosti za lepše rezultate. Da pa bi se vse to ustvarilo, je potrebno izpolniti naslednje pogoje, pri je ta, da je most popolno prilagojen toku trase v vseh projekcijah, drugi pa je, da most poseduje notranjo harmonijo konstruktivnih oblik. Voznik ne sme doživljati most kot oviro, ki zahteva posebno pozornost, vendar kot vizualni prizor v katerem dominirajo skladni odnosi. Zato je priporočljivo da se nadvozi izvedejo z maksimalno svetlo odprtino, ter da so mostovi na trasi vkomponirani v krivinske oblike, ki omogočajo polno preglednost. Oblikovanje tunelski portalov prav tako zasluži posebno pozornost. Uvozni portali morajo biti oblikovani tako, da vozniku ne povzročajo težav pri ostrem prehajanju iz dnevne svetlobe in odprte krajine v temnejši prostor. Iz tega razloga se pogosto izoblikuje uvozni portal v obliki lijaka, ki je lahko parabolične polkrožne, pravokotne ali trapezne oblike.



Slika: Prikazuje zanimiv portal predora (vir: epošta Tadej Berčič)

Vse navedena priporočila za prostorsko trasiranje in oblikovanje, je potrebno obravnavati tudi z vidika prometno tehničnih detajlov, kot so; markiranje prometnice, zaščitne ograje, smerokazi in drugi, ki imajo veliko vlogo v optičnem vodenju na srednjih in kratkih razdaljah, to je na dolžinah "izostrene" do "zaustavne" vizure preglednosti. Vloga teh sredstev je še bolj pomembna pri neugodnih vremenskih razmerah kot pri nočni vožnji. V tem pogledu, je potrebno največjo pozornost posvetiti zaščitnim ograjam, ki poleg varnostne naloge, lahko tudi veliko prinesejo, k preglednosti toka ceste.

6 Optika ceste

Iz situacije, vzdolžnih in prečnih profiov, lahko kot projektant vidimo, vse perspektive in detalje ceste med tem, ko kot voznik tega ne moremo, če pa bi bilo to mogoče, ne bi obstajal problem optike ceste. Voznik vidi cesto le skozi perspektivne slike, ki se pojavljajo pred njim ter se konstantno spreminjajo. Iz teh slik mora predvidevati smer vožnje ali če se mu približuje kakšna skrita mesta iza konveksnih krivin, sten, robov gozda, mora pa tudi predvidevati kako strmo se vzpenja oziroma spušča, ter se zavedati po kakšnih zaokrožitvah pri tem vozi. Pri tem, da mu ni znan prečni naklon, zakrivljenost, vzdolžni naklon. Pri situaciji, ko voznik gleda, se ne pojavijo, ne samo neizbežna perspektivna skrajšanja in deformacije ampak tudi optične ovire. Iz česar sledi, da graditelj ceste ni izpolnil svoje naloge, če je cesta načrtovana tako, da se prilega terenu. Lahko je zadovoljen šele, ko bo voznik videl cesto, kot je potrebno, da jo vidi, da lahko svoje obnašanje, pravilno in brez problemov prilagodi cesti..

Iz tega lahko sklepamo, da je potrebno vozniku omogočiti pregledno dolžino, zaradi pregleda ceste in prometa, ki se odvija po njej.

Na tej dolžini naj ne bi nastopile situacije, ki bi zahtevale nenadno in hitro zaviranje., potrebo pa bi bilo tudi omogočiti čim boljšo oceno ceste, za čim večjo razdaljo za naprej.

hitrost v km/h	60	80	100	120	140
Dolžina poti v metrih v ,ki jo prevozimo po 10 sekundah	170	220	280	330	390

Preglednica: prikazuje pregledno dolžino za orientacijo, ki naj bi vozniku omogočila pregled v krivini in konveksnih zaokrožitvah na cesti. (vir: Lorenz H. 1980 Projektovanje i trasiranje puteva i avtoputeva. Str 107)

Če predvidevamo, da voznik v desetih sekundah lahko v miru preuči in oceni naslednji odsek poti si lahko pomagamo z zgornjo tabelo.

Če se ozremo v zgodovino in vzamemo za primer vprego , ki je vozilo s hitrostjo 3 km/h in je v 10 sekundah naredilo pot 8 metrov in na primer konjska vprega(fijaker) z 10km/h pa 30 metrov. Iz tega lahko sklepamo, da v tistih časih hitrost ni imela nobene vloge pri optiki ceste. V tistih časih so največjo nevarnost predstavljajo predvsem roparji, ki so prežali na potnike za

vsako nepregledno skalo ali v gozdovih ter drugih nepreglednih mestih ter zaradi tega se je cesta štela za optično ugodno. Če so z obeh strani obstajale čistine (jase, ravnine...), so bile skrajno ugodne za zasede in nenadne napade. Zaželena širina takih čistina v gozdovih je bila domet strelnega orožja (približno 30 metrov).

Ceste na katerih se je odvijal promet z majhno hitrostjo (vpredna vozila) so imel pogostokrat izredno ostre krivine, ki pa so s pojavo motornih vozil postale nevarne. To prehodno obdobje v katerem so bile ceste namenjene počasnemu prometu, ki pa se je odvijal po njem v zelo majhnem številu in ga je nadomestil motorni (hitri) promet, karakterizira velike table z opozorilom in odprto modro dlanjo ter rumenim avtomobilom, ki je udeležen v nesreči.



Slika: Na začetku motorizirane dobe (okoli leta 1920) so bili postavljeni takšni znaki, ki so opozarjali na nevarnost. (vir: Lorenz H. 1980 Projektovanje i trasiranje puteva i avtoputeva. Str 130)

Cesta naj bi omogoča vozniku preglednost in pri tem naj se čim bolj spaja s terenom. Če pogled seže dlje, potem je večja verjetnost, da se opazijo optične napake. Povsem naravno je, da slika pred očmi voznika predstavlja pretvarjanje načrtov v tekočo perspektivo.

6.1 Perspektivna slika

6.1.1 Osnovni pojmi

Perspektivno sliko, ki jo človek vidi, fotografira oziroma računa in riše nastaja na osnovi nekaj prostorsko geometrijskih odnosov. Perspektive dajejo z vsakega zornega kota drugačno sliko, ta zorni kot mora bit potrjen, preden se začne z izdelavo perspektive.

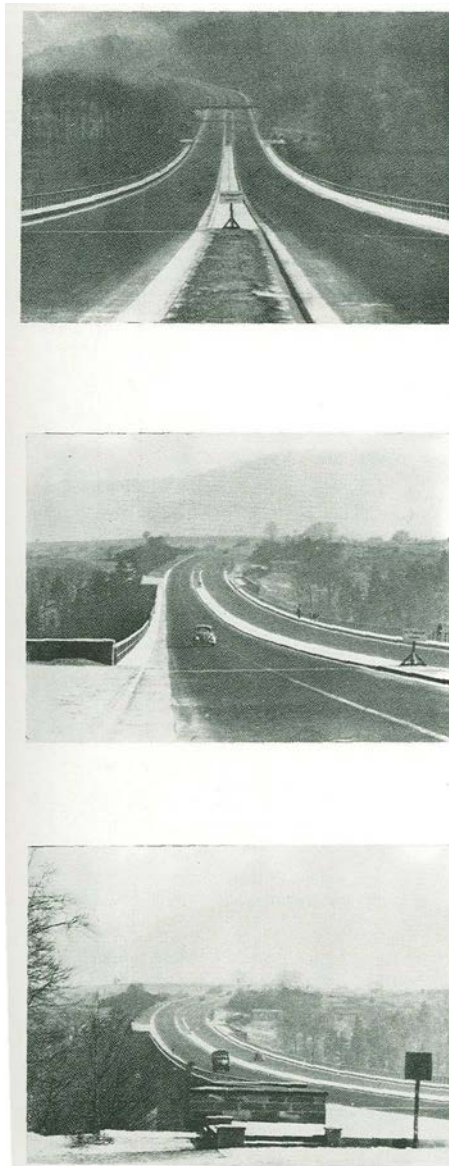
Perspektivna raziskovanje, naj bi pred zaključkom projekta za izvedbo in pred začetkom gradnje, odkrila optične ovire na trasi ter omogočile njeno izboljšanje.

Razlog za razvitje pripadajočih metod je nastal pri analizi prvih avtocestnih odsekov in so se odkrile določene optične pomanjkljivosti, katerih vzroke pa je bilo potrebno raziskati. Namen ni bil, da bi izognilo odsekom, ki niso "lepi", temveč da se poišče način, kako bi se ognili odsekom, ki lahko voznike privedejo do napačnih zaključkov.

Pri vertikalnem opazovanju se potek trase vidi kot v primeru situacije, pri čemer je niveleta ceste brez pomena. To pomeni da se vzponi, spusti in vertikalne zaokrožitve ne opazijo. Prav to je pomanjkljivost snemanja iz zraka.

Pri horizontalnem gledanju s strani, se opazi samo potek trase v vzdolžnem profilu(niveleta), pa še to samo po odsekih, saj vpogled v daljše odseke onemogočajo terenske prepreke in rastlinje, in skoraj v nobenem primeru ne omogočijo poljubno dolg pogled na traso.

Cesta se v praksi opazuje horizontalno v smeri vožnje ali pa z določenega mesta, ki leži na različni višini glede na posamezne odseka ceste ter omogoča različne poglede na cesto. Na ta način se lahko boljše vidi tok trase v situaciji ali pa se boljše vidi niveleta. Zaradi tega se pri daljšem neprekidnem toku trase posamezni deli pokažejo različen vpliv s strani situacije in nivelete.



Slika: Fotografije prikazujejo tri osnovne primere strukturnih linij(vir: Lorenz H. 1980 Projektovanje i trasiranje puteva i avtoputeva. Str. 109)

Strukturne linije ceste so eden od načinov, kako si lahko ogledamo cesto. To so v osnovi robovi ceste, poleg tega pa moramo upoštevati tudi os ceste, stranske pasove, pasove za zaustavljanje, ločilni pas na sredini. Te linije so vzporedne v premi, med tem ko so v krivini koncentrične. Osnovna perspektivna oblika za optično raziskovanje je strukturna linija na kateri se nahaja opazovalec(os ceste, sredina voznega pas, bankina oziroma linija izven nje). Strukturni liniji po kateri opazovalec vozi lahko imenujemo tudi vozna linija. Ona ima vedno v prvem planu smer zakrivljenosti iz situacije. Strukturne linije so koristne v njihovem prvem

plan, pa morda še do srednjega plana. Na večji oddaljenosti pa prečna razdelitev ceste na ponuja nobenih merodajnih spoznanj.

Površina ceste definirana s strukturnimi linijami je prostorsko ukrivljen pas, v enostavnih primerih pa je to pas, ki je izsekan iz površine cilindra.

Oskulatorna ravnina.

Vsaka prostorska krivina ima na vsakem mestu določen prostorski radij. V primerjavi z radijem v tlorisu in vertikalno zaokrožitvijo, je le ta realen radij zakrivljenosti. Dva taka radija, ki se medsebojno stikata, sosednja radija, določata ravnino v kateri leži prostorska krivina na tem mestu, oziroma na mestu kjer se oskulatorno stikujejo in se zaradi tega imenuje oskulatorna ravnina. Ta ravnina leži v prostoru, če se zanemarijo redki slučajni popolnoma horizontalnih in popolno vertikalnih ravnina, na vsekam mestu z drugačnim nagibu. Če se voznik pri prihodu nahaja nad oskulatorno ravnino prometnega mesta, ki ga opazuje, bo gledal navzdol in opazil oblike trase v tlorisu (krivine, preme), če pa se voznik nahaja pod ravnino, potem opazuje s strani in vidi elemente trase v vzdolžnem profilu (konkavne, konveksne zaokrožitve ter različne vzdolžne naklone). To velja za vsako posamezno strukturno linijo posebej.

To kar na primer velja za strukturno linijo osi ceste ne velja za robove ceste, ki predstavljajo drugačne linije, ter tvorijo svoje ravnine.

V veliko primerih se voznik nahaja med dvema takima ravninama, tako da na primer en rob ceste vidi od spodaj, drugo pa s strani. To je mogoče tudi v krivini na ravnini, če le te niso v horizontali ampak v nekem nagibu,

Nadaljnje raziskave naj bi dale odgovor na vprašanje, v kateri smeri, pri običajni prostorski metodi trasiranja, se lahko pojavijo optične pomanjkljivosti v estetskem smislu ali pa tiste, ki voznika nevarno varajo, ter kako na terenu ne pride od neprijetnih situacij.

Vzdolžni nagib ceste. Realen fizični vzdolžni nagib se ne da oceniti iz perspektivne slike ceste v smeri vožnje. Da pa to lahko dosežemo, si moramo pomagati z okoliškim terenom, če obstajajo objekti, ki so nam v pomoč, na primer stebri, drevesa, zgradbe, vodne površine. Razlike v vzdolžnem nagibu se lahko ocenijo iz perspektivne slike, do tam kjer nam seže pogled, med tem ko je ocena ponoči odvisna od razsvetljave.

6.1.2. Posamezni elementi

6.1.2.1 Preme

Ravna prema ima prividni presek (neskončno dolga točka) strukturnih linij nekega ravnega odseka, ki se lahko nahaja na različnih višinah, ki pa je lahko horizontalen, v vzponu ali padcu. Samo v horizontalnem odseku ta presek leži v geodetskem horizontu. Perspektivna slika voznika je v vseh treh primerih (horizontala, vzpon, spust) enaka, ker z pogledom spremlja cesto in kot gledanja so neodvisni od tega kako je cesta orientirana v prostoru.

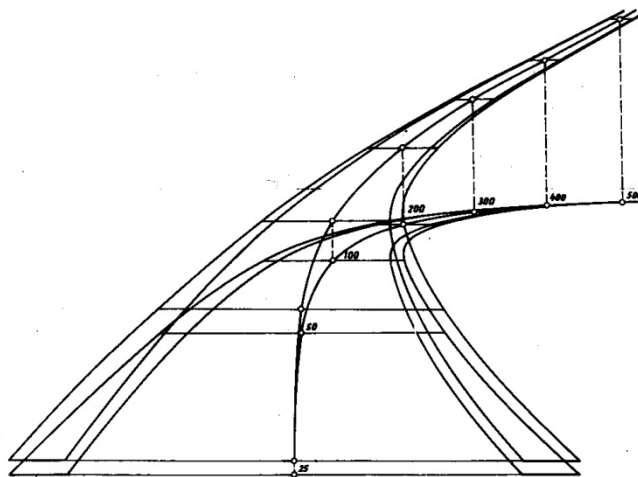
Prema v spustu po konveksu. Na prehodu preko konveksne zaokrožitve v nekem trenutku os gledanja pade v smer naslednjega odseka ceste, ki je v spustu. V tem trenutku se dolžina tega odseka vizualno skrajša na nič. Temu se izognemo, če si konveksna in konkavna zaokrožitev sledita ena za drugo, potem se to izgubi.



Slika: Primer premajhne vertikalne zaokrožitve (vir: foto Tadej Berčič)

Konkava zaokrožitev na premi. Ta strukturna linija na kateri se nahaja opazovalec matematično izgleda povsem ravna. Na njej se ne opazi konkavna zaokrožitev, lahko pa je

vozna linija ali pa robna linija. Vse strukturne linije desno od nje izgledajo zakrivljene v desno, vse levo od nje pa zakrivljene v levo. Le te nakazujejo na konkavno zaokrožitev in toliko bolj nazorno, bolj so oddaljene od opazovalca.



Slika: Prikaz dveh enakih krivin $r=1000\text{m}$ le da je zgornja krivina v konkavi $R_v=2000\text{m}$. Pri eni se vidijo vsi robovi, pri drugi pa le do določene razdalje, kar pa se spremeni, če se dvignemo nad nulto točko. (vir: Lorenz H. 1980 Projektovanje i trasiranje puteva i avtoputeva. Str 111)

Konveksna zaokrožitev na ravnini. Veljajo enaki zakoni kot pri konkavni zaokrožitvi, le pri tej izjemi, da je konveksna zaokrožitev pregledna le na kratkem delu.

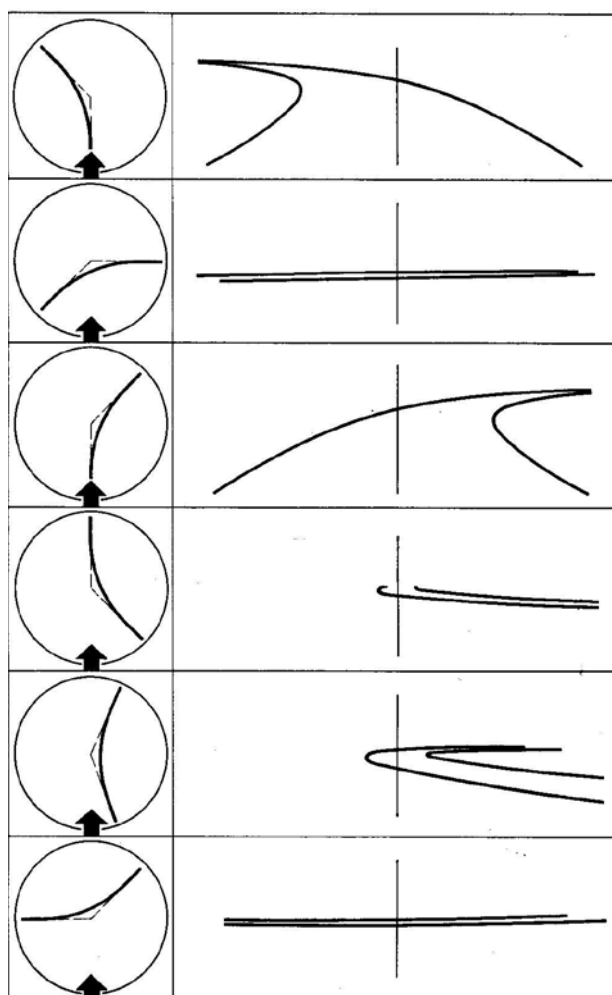
Krivina v premi je horizontalna ali pa v nagibu. Vse strukturne linije nakazujejo enako smer zakrivljenosti kot v situacijskem načrtu (situaciji). V sliki se ostrina zakrivljenosti hitro poveča. Za položaj točke opazovanja okoli 2m nad cesto zakrivljenost krožnega loka izgleda največja.

Pogled na cesto pa seže dlje od mesta z največjo zakrivljenostjo. Pogled postopoma prehaja v bočni pogled, pri katerem pa krivina ni tako opazna. Področje gledanja obsega s strani večjo širino, kolikor je bolj strm kot gledana na krivino. Mesto največje zakrivljenosti v sliki krožnega loka oddaljuje se vse bolj, če se poveča višina stojišča opazovalca nad cesto. Oddaljena krivina, ki je od opazovalca na cesti ločena z vmesno premo in leži na isti ravnini,

izgleda bolj ostro kot krožna krivina enakega radija, ki se začne neposredno pred opazovalcem. V prvem primeru lahko ta učinek omilimo, če namesto vmesne preme uporabimo na celotni ali pa velikem delu prehodnico. Ne gre pa pričakovati, da bomo učinek ostre krivine v celoti izničili.

Smer zakrivljenosti v perspektivni sliki je enaka, ne glede na to s katere strani opazujemo krivino od zgoraj ali pa od spodaj, na primer če stojimo pod mostom.

Če se neka krivina, ki je v vzdolžni smeri ravna opazuje z vseh strani, se vidi, da radialna opazovanja z notranje ali pa zunanje strani na veljajo za perspektivo in nam nič ne povedo o velikosti zakrivljenosti. Gledanje v smeri osi, tetive ali tangente pa prikažejo zakrivljenost in naredijo sliko zanimivo.



Slika:Krivine v vsaki točki izgledajo drugače. Razlike na zgornji sliki so zelo očitne. Puščica prikazuje kot iz katerega gledamo krivino.(vir: Lorenz H. 1980 Projektovanje i trasiranje puteva i avtoputeva. Str 113)

6.1.2.2 Prostorsko zakrivljeni elementi

Zakrivljena konkavna zaokrožitev. V najbolj izpostavljenem prvem planu konkava optično deluje v istem smislu v krivina kot na premi. Tisti, ki je desno od opazovalca, deluje v smeri desne zakrivljenosti, kar pa je levo pa deluje v smeri leve zakrivljenosti, kar pa se ujema s situacijo krivine. Krivina in konkava se na notranje robu enako orientirane, med tem ko na zunanji strani krivine, pa se pokažejo razlike in sicer med tem, ko gre krivina na primer v desno, konkava optično deluje, da na levi strani v smislu leve zakrivljenosti.

Ta opažanja pa so odvisna od razmerja radijev (R_h - horizontalni radij in R_v - velikost radija vertikalne zaokrožitve). V primeru, da je konkavna zaokrožitev blaga (velik R_v), se bo slika krivine manj popačila. Pri normalnih širinah ceste konkavna zaokrožitev optično ne more doseči, da se zakrivljenost v osnovi obrne, če je $R_v \geq 6 R_h$. V primeru da je $R_h < 5$ do $6 R_h$ potem to ne velja in se lahko dobi občutek, da na primer v desni krivini levi rob (zunanji) zavija levo, čeprav se nam ta občutek, ko pogledamo dlje porazgubi. Obstaja pa neka točka, ki se jo v stanju mirovanja določi, pri kateri se to obrne, vendar kot voznik to točko težka opazimo. Kot voznik opazimo le, da se še vedno nahajamo na zakrivljeni konkavi.

Če pogledamo od malce dlje opazimo ga krivina v situaciji prehaja v klotoido, ki pa vse bolj izgublja na zakrivljenosti in na dlje ko se pomikamo bolj postaja podobna premi.

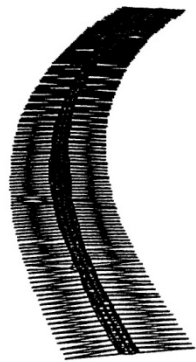
Zakrivljena konkavna zaokrožitev. Veljajo enake optične zakonitosti kot pri konveksni zaokrožitvi, ker se pojavljajo zelo podobne optične motnje, z to razliko, da je viden manjši del.

6.1.3. Kombinacija elementov

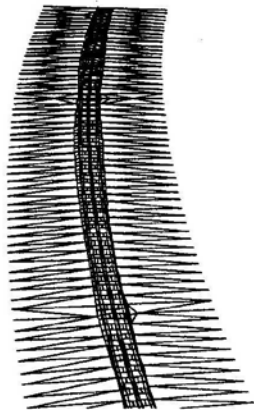
Vsaka trasa je sestavljena od neskončnega niza trasirnih elementov v prostoru in vsak posamezni element nam podaja mnogo perspektivnih slik, z več stojišč opazovalca, ki pa so lahko zelo različno razporejena, glede na višino in oddaljenost.

Če se vrišejo še tako imenovani padalski nizi, pri katerih se točka opazovanja pada z velike višine na višino voznika, je jasno da se opazi prehod od skoraj čistega kartografskega pogleda odzgoraj pa do pogleda v ravnini, pri katerem se je lepo viden višinski potek trase.

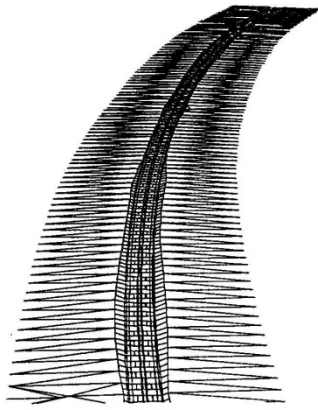
Slike prikazujejo različne poglede glede na višino opazovalca:



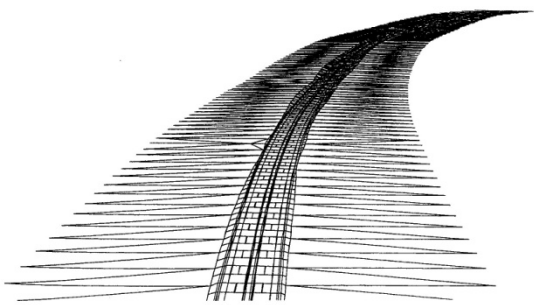
Slika: Pogled z višine 1000 metrov (vir: Lipar P. 1998. Vizulano vodenje cestne osi in geometrijsko oblikovanje obcestja, str 23)



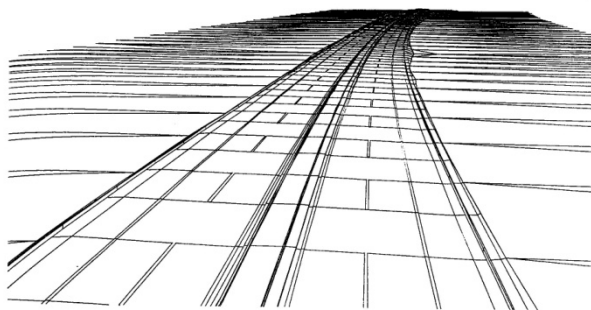
Slika: Pogled z višine 700 m (vir: Lipar P. 1998. Vizulano vodenje cestne osi in geometrijsko oblikovanje obcestja. Str 23)



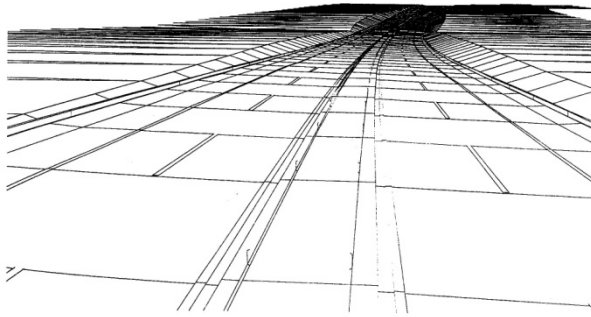
Slika: Pogled z višine 400 m (vir: Lipar P. 1998. Vizulano vodenje cestne osi in geometrijsko oblikovanje obcestja. Str 24)



Slika: Pogled z višine 100 m (vir: Lipar P. 1998. Vizulano vodenje cestne osi in geometrijsko oblikovanje obcestja. Str 24)



Slika: Pogled z višine 50 m (vir: Lipar P. 1998. Vizulano vodenje cestne osi in geometrijsko oblikovanje obcestja. Str 25)

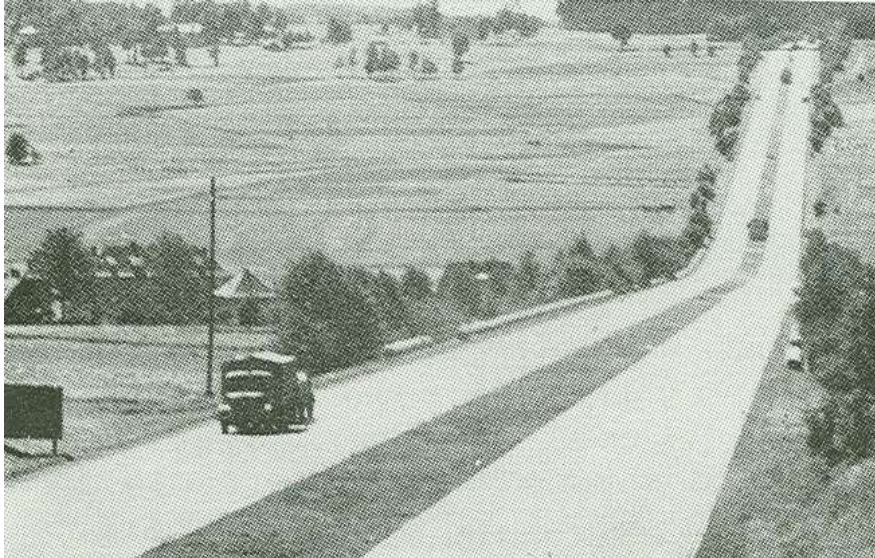


Slika: Pogled z višine 3 m (vir: Lipar P. 1998. Vizulano vodenje cestne osi in geometrijsko oblikovanje obcestja. Str 25)

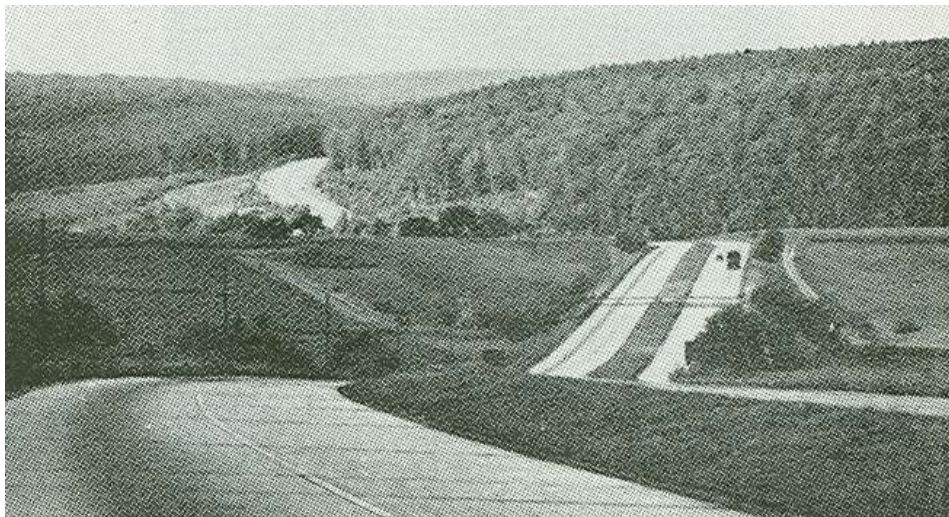
Pod pojmom element poimenujemo del trase, ki v situaciji in v vzdolžnem profilu ne spreminja smeri zakrivljenosti.. Po tem je krivina na kateri se medsebojno navezuje v vzdolžnem profilu konkava in konvekna, kot na primer pri zgornjem primeru z devetimi točkami , je sestavljena iz dveh elementov, zakrivljene konkave in zakrivljene konvekse. Vsak od teh dveh elementov ima svoje edinstvene lastnosti perspektivne slike. Slike s starejših tras pogostokrat delujejo nemirne, ker se kontinualni element v situaciji razčlenjujejo na več elementov v vzdolžnem profilu, oziroma kontinualni elementi v vzdolžnem profilu v več elementov osnove. Nove trase na katerih so točke, kjer se trasa lomi v vzdolžnem profilu ali v situaciji, na istem mestu, pa dajejo bolj umirjen občutek.



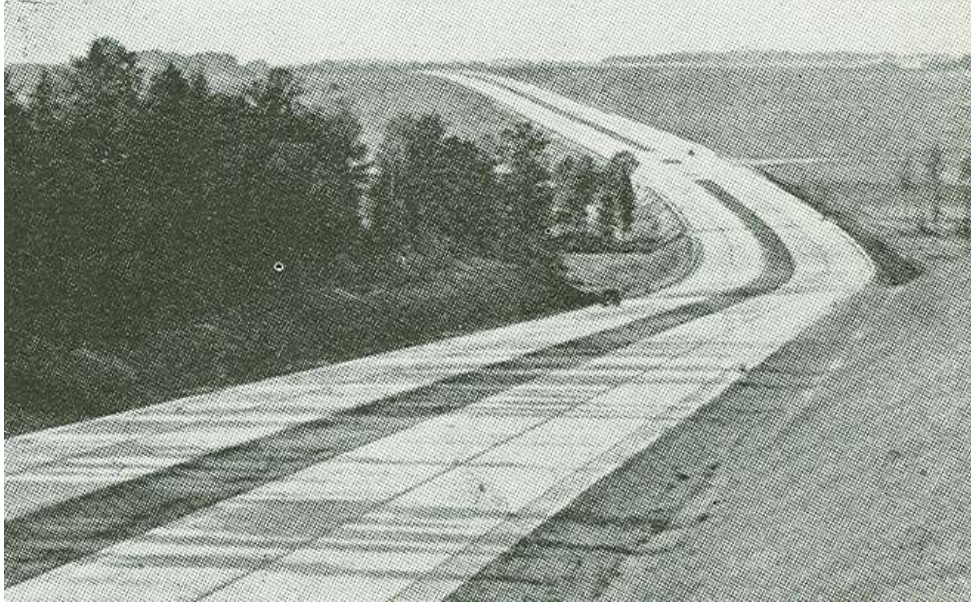
Slika: Prikaz efekta “deske”. Ki najpogosteje nastane zaradi ravnega dolinskega mostu, ki ni vklapljen v tok nivelete vzdolžnega profila(vir: Lorenz H. 1980 Projektovanje i trasiranje puteva i avtoputeva. str 119)



Slika: Kolenasta niveleta. (vir: Lorenz H. 1980 Projektovanje i trasiranje puteva i avtoputeva. str 119)



Slika:Skakanje. Nadaljnji tok ceste se pojavi za konveksno zaokrožitvijo oziroma še dlje za drugo ali tretjo(vir: Lorenz H. 1980 Projektovanje i trasiranje puteva i avtoputeva. str 119)



Slika: Za potek trase na prehodu krivine in konkave je neugodno, če je konkava neprimerno dolga glede na krivino. (vir: Lorenz H. 1980 Projektovanje i trasiranje puteva i avtoputeva. str 119)

Napake ki se posebej padejo v oči, se jih danes v večini dežel, z naprednimi projektiranjem in predpisi, da izognit, pa so naslednje:

Koleno: kratka krivina med dvema dolgima premama v tlorisu ali pa kratka konkava med dvema dolgima konstantnima nagiboma.

Deska: Raven most na premi med dvema premam z obeh strani ali zakrivljenega dela v nagibu. Deluje kot velika deska položena preko doline.

Kratka prema: v tlorisu prekinja tok trase v krivini. Ima podoben efekt kot desk v vzdolžnem profilu.

Skoki: Za neko konveksno zaokrožitvijo v vzdolžnem profilu, se pojavijo takoj za njo krivina v tlorisu. Takšne skoke je izredno težko pravočasno opaziti, če se že pri izdelavi projekta ne preverja perspektivna slika.

6.2 Optično vodenje

Voznik kontrolira svoje vozilo z volanom, menjalnikom, zavoro in plinom, glede na tok ceste, ki pa ga lahko vidi bolj ali manj pregledno. Razmišljanja o optičnem vodenju izhajajo iz tega, da naj bo vizualni učinek čim bolj jasen ter da nam nakaže potek nadaljevanja ceste, čeprav le ta ni viden. Optično napačno usmerjanje (zavajanje) nastane, če nas optični vtisi usmerjajo v neko napačno smer, ne pa v smer ceste, ki sledi.

Preglednost toka ceste

Če tudi se cesta optično ločuje od okoliškega terena z svojo ravno površino in s tem tudi drugačnim svetlobnim odboje, se je pokazalo, da hitri promet v pretirano kratkem času za reagiranje z volanom ali zavoro zahteva, da se robovi in druge strukturne linije jasno prepoznajo, da bi se lahko gibanje vozila zadosti natančno prilagajal toku ceste, ter da bi se brez problemov videlo na večji razdalji, kako se cesta odvija naprej.

Primera kako se cesta prilagaja terenu, in s tem se lahko predvideva nadaljnji potek trase



Slika: Cesta Šmarješke toplice – Zbure(vir:foto Tadej Berčič)



Slika: Cesta Jesenice - Kranjska gora(vir:foto Tadej Berčič)

Za nemoteno opazovanje in predvidevanje toka trase je potreben manjši napor od napora, ki je potreben pri reagiranju v nepredvidenih situacijah. Kot primer, ko opazimo, da pred nami na cesti stoji neko vozilo ali pa da voznik v njemu naglo zavira, oziroma da pred nas skačejo nepričakovano živali ali ljudje.

Na začetku avtomobilske dobe(ko je bil promet se počasen) ni bilo ne vem kako pomembno hitro prepoznati spreminjaje linijskega toka cesta. V teh časih, so bile bolj pomembne popolnoma druge stvari. Ruša ob cesti, ki se je prosto rasla na zemljišču ob cesti, je moral bit po starih predpisih pol metra od utrjenega dela, na kar so zelo striktno pazili in jo tudi po potrebi tudi ročno odstranjevali, kar je zahtevalo veliko napora. Razlog za to je bil, da je bilo treba vodo s ceste odvajati ter da so se morali kolesarji in pešci nekje gibati in zato je služila steza ob cesti. Ta prepis pa ni bil izdelan do konca, saj so se na tej pol metra široki stezi zelo hitro pojavile razpoke in luknje v njih pa tudi blato, in sčasoma je postalo za pešce in kolesarje neuporabno. Robovi cest so pri takem načinu gradnje(vzdrževanja) velikokrat nepravilne oblike.

Kasneje so se začeli ob robovi cest utrjati bankine, ki so bile utrjene in travnata ruša sega do bankine oziroma do odstavnega pasu, če le ta obstaja.

Poleg tega na cesti obstajajo tudi vodilne linije, ki ločujejo medsebojno posamezne pasove na cesti ter prispevajo k boljšem razpoznavanju toka ceste. Še bolj kot črte na cestišču se opazijo smerniki ob robu ceste, predvsem so vidni z večje oddaljenosti kot črte na vozni površini. K razpoznavanju toka ceste pa doprinesejo tudi odbojne ograje.

Odbojne ograje se vgrajujejo predvsem zato, da bi se zaščitilo vozilo pred izletom z ceste, vgrajuje so predvsem na nasipih ali nad prepadi. Poleg tega pa se vgrajuje ograje tudi, da se prepreči prehod vozila na nasprotni vozni pas preko srednjega ločilnega pasu.

Odbojne ograje so se pokazale tudi kot sredstvo za optično vodenje, ki deluje močno, morda v nekaterih primerih celo premočno, da se ustvari neka vrsta voznega kanal s čimer nam prikrajšajo uživanje v okolici. V redkih primerih pa so odbojne ograje lahko predvsem v primeru nalezov in trkov, ko se vozilo stisne ali ga stisne drugo vozilo med njega in odbojno ograjo.



Slika:Primer kako lahko protihrupne ograje prikrajšajo pogled na okolico. Obvoznica Ljubljana Vzhod(vir:foto Tadej Berčič)



Slika:Primer kako nam odbojne ograje prikrajšajo razgled.AC Vrba Hrušica odbojne ograje(vir: foto Tadej Berčič)

Tam pa, kjer je zaradi neizbežnih okoliščin (nasipi - prepadi), je dobro, da se odbojne ograje postavi po celotni dolžini, ne pa le na delno na izpostavljenih mestih.

Ograje so največkrat sive(srebne) barve, med tem ko so včasih nekateri avtorji priporočali da bi se ograje barvale z belo barvo, na notranji (stran ki gleda na cesto)strani, med tem ko naj bi se zunanja stran barvala z čim bolj nevpadljivo barvo, da bi se ograj čim lažje vklopila v okolico. Belo barvo na notranji strani so priporočali, ker bi bila tako ograja bolj opazena s strani voznika.

Izpostavljeni objekti ob cesti, ki imajo velik optičen vpliv na voznika so predvsem, škarpe , robovi gozda, nasadi, ograje, stebri, zidovi, stene, table ter ostali objekti ki se pojavljajo ob cesti.

Poudarjanje vidnega toka z objekti ob cesti je pomembno predvsem na zunanji strani krivine, ker se z njihovo pomočjo lažje predstavljamo smer in ostrina krivine. Na ravninah in blago zakrivljenih delih se drevje ob cesti in rob ceste tako medsebojno prekrivata, da lahko obstajajo praznine med drevesi, in tudi le te ne zmanjšajo pozitivnega učinka na optično vodenje. Čez te praznine se odpira bočni pogled voznikom, kar pa je zelo priporočljivo. Prijetno in žaljeno je, če se z nasadih, škarpah ali robovi gozdov ustvari razčlenjen ambijent

za vožnjo, poln sprememb, v katerem voznik lahko zanesljivo najde svojo pot. Kajti če bi obstajala samo vozna površina, bi jo lahko obravnavali kot nasilno zamenjava za vozni ambijent.

Izpostavljeni višinski objekti nam orišejo v zraku na konveksnih zaokrožitvah nadaljnji potek ceste, ki se ne vidi. Če se le ti objekti začnejo pred zaokrožitvijo, s tem pa se tudi ublaži prehod vidna meja ceste, ki se pomika naprej ter ne pada tako ostro v oči. Meja ne leži fiksno na temenu zaokrožitve, ampak je v vsakem trenutku tam, kjer žarek gledanja opazovalca iz avto, tangira konveksno zaokrožitev.

Optično vodenje čez konveksno zaokrožitev je eden od najvažnejših nalog optike ceste. Brez te vrste optičnega vodenja ni mogoče vedeti ali konveksni zaokrožitvi sledi prema oziroma krivina na levo ali desno, ali pa pri tem spuščamo zelo ali manj strmo. Krivine, ki zahtevajo konveksno zaokrožitev, nam največkrat omogočajo, da lahko predvidimo nadaljnji potek zakrivljenosti. Ampak tudi v tem primeru je za voznika, lepše če nek visok objekt ob cesti potrjuje ta predvidevanja.

V enoličnem ali praznem ambijentu izpostavljeni objekti ob cesti, ki se nahajajo na velikih odaljenosti, lahko delujejo kot merilo za oceno hitrosti vožnje ter odaljenosti, s spremembami pa se doživljanje poti le še povečuje. To lahko dosežemo s sajenjem novih dreves med stara že obstoječa drevesa, ob predvidevanju, da so nova drevesa manjša, stara pa velika. A ne smemo zamenjati teh optičnih poudarkov s konstantnimi nasadi ob cesti. Nasprotno od tega v prostoru z gozdovi pa recimo gozdovi v obliki pasov, s čimer zmanjšamo monotonost obcestnega sveta in delimo pot na odseke po dolžini in času vožnje.

Izpostavljeni objekti nas lahko zavedejo v napačno smer, če zaradi njih prihaja do dilem o nadaljnem poteku ceste ali če nas vodijo v napačni smeri. V tem primeru optično vodenje postane optično zavajanje. To se pojavi na opuščeni stari deli ceste, če se nova smer odvaja od tega dela in stari del pa tangencialno vodi naprej, a ne kot cesta za vozila, ampak le kot cesta za oči z drevoredom, bankino, telefonskimi stebri ali kakšnim drugim objektom. To je lahko zelo nevarno, če opuščeni del ceste vodi k nekem nevarnem mestu, na primer porušeni most, prepad, v primeru če odneslo cesto, oziroma kakšno drugačno nevarno mesto. Na takem mestu niso dovolj le opozorilne table, da bi se ta ovira odpravila. Potrebno bi bilo sanirati staro cesto (prekopati in zazeleniti ali kako drugače, da bi se vklopila v krajino) in porušiti drevored ali objekte ki nakazujejo smer stare ceste. Še boljše pa je, če poleg naštetih ukrepov, posebej naglasimo odvajanje nove ceste od stare smeri z nasadi na zunanji strani krivine.

Izpostavljeni objekti morajo biti na dovoljeni odaljenosti od ceste. Če so stebri mosta, hiša, drevesa, bandere preblizu lahko dosežemo ravno nasproten učinek zelenemu, da se voznik preplaši in skrene s smeri. Zaradi prenatrpanosti se voznik pomika proti sredini ceste, s tem pa se zmanjšuje širina cestišča po katerem se odvija promet, če tudi je bil denar investiran za celotno dolžino. Iz tega lahko sklepam, da premajhne širine prostega profila ne pomenijo ekonomičnost, ampak razsipnost.

Zamenjava za optično jasnost

Na cestah z dvosmernim prometom se v nekaterih primerih premajhna preglednost toka trase in obstoječega prometa, na konveksnih zaokrožitvah in v nepreglednih krivinah, nadomesti z izgradnjo srednjega ločilnega pasu, ki naravno odvaja dve različni smeri vožnje in onemogoča prehitevanje ali sekanje krivine v nevarnih točkah. Table z opozorili niso v nobenem primeru dovolj dobra zamenja za optično jasnost. Kjerkoli so že postavljene table, naj bi služile le kot pomoč pri težavnem optičnem vodenju, ne pa kot edino optično vodilo. Table za promet predstavljajo nezanesljivo oporo in niso ravno pohvala projektantu ceste.



Slika: Signalizacija na nevarnem mestu, kje stoji tabla in je cesta napačno speljana. Cesta Kranjska gora Jesenice. (vir:foto Tadej Berčič)

Optični alarm

Na cestah starejšega datuma, ki še niso bile predvidene za današnje potovale hitrosti ali pa niso bile namenjene motornemu prometu (slednje so redke), obstajajo mesta na katerih je potrebna omejitev hitrosti, ker cestni elementi ne dovoljujejo večje hitrosti., predvsem na ostrih krivinah. Takšna mesta je potrebno označiti s tablama, odbojnimi ograjami, svetlobno signalizacijo.



Slika: Optična signalizacija zaradi nevarnega odseka na cesta Podvin Radovljica (vir :foto Tadej Berčič)



Slika: Optična signalizacije pri obnovi vozišča na obvoznica Ljubljana Sever (vir: foto Tadej Berčič)

Takšni in drugačni znaki so edina možnost za kontradiktorno situacijo, ko gre za staro cesto in današnje hitrejši avtomobile, seveda vse to velja v primeru, da je rekonstrukcija nemogoča. Seveda pa je slabo, če je bila stara cesta že rekonstruirana in je vseeno potrebno postaviti opozorilne znake. Vzrok za to je nerazumevanje projektanta, kar je redko. Večkrat se pri detajlnem pregledu pokaže, da bi bila nadaljnja rekonstrukcija predraga ali pa bi prišlo do močnega nasprotovanja s strani prebivalcev območja po katerem poteka cesta.

Slabo vreme

Če je zaradi slabih vremenskih razmer, kot so močan veter, dež, megla in druge vremenske nevarnosti, vidljivost voznika zelo omejena, potem vozniki zelo priročno vse kar prispeva k boljšemu pregledu na ceste. V tem primeru pridejo, še zlasti do izraza spremljajoči objekti ob cesti. Tam pa, kjer jih ni, je to izrazit minus za ceste in v tem primeru so to optična zavajanja, ki znajo biti zelo nevarna. Zelo koristne so srednje in robne črte, ki pa zelo hitro izginejo ko zapade sneg. Na cestah starejšega datuma, brez prehodnic ali s teoretično izračunanim "mini prehodnicam" in dinamično slabo zamišljenim vijačenjem prečnega nagiba, so sledi vozil pogosto najbolj logični izbor smeri in velikokrat bolj ugoden izbor kot pa optična vodila.

6.3 Vidno polje

Vizualno polje ima svojo prostorsko globino in širino, ki se ne spreminja medtem ko vozilo stoji. Ko pa se vozila premikajo se tudi vidno polje spreminja. V vožnji se konstanto spreminja vsebina vidne slike, vidna razdalja in širina vidnega polja. Hitrost in način vožnje prilagajamo, glede na to kaj vidimo pred seboj v vidnem polju. Kar pomeni, da hitrost in smer vožnje prilagajmo glede na obliko vidnega polja. Iz tega je potrebno potegniti zaključke za projektiranje cest o tem katero vidno polje, glede na terenske možnosti, je potrebno zagotoviti, kot minimum za varno vožnjo, oziroma katero, naj bi predstavljajo optimalno pot v danih pogojih. To naj bi predvsem veljajo v primeru proste vožnje v primerih, ko ni oviranja s strani počasnih vozil in s tem razlogov za prehitevanje. Na cestah in avtocestah, ki so medsebojno ločene s srednjim ločilnim pasom, ne obstaja nevarnost trka z nasproti vozečimi vozili pri prehitevanju. Kar naj bi bil eden od razlogov zakaj se v veliki meri gradijo.

6.3.1 Pregledne razdalje

Za varno in udobno vožnjo motornega vozila, voznik potrebuje prosto vizuro (preglednost) v smeri vožnje, ki mu omogoča pregled horizontalne in vzdolžne linije, vozne površine z robovi vozišča ter zaznavanje prometne signalizacije, oziroma talnih označb na vozišču.

Preglednost ceste se potrebuje tudi pri prehitevanju vozil, v območju nivojskega križanja ali priključevanja stranski cest ali poti ter v območju nivojskega križanja z železniško progo.

Horizontalna preglednost ceste je pogojena z odmikom stalnih ovir od robu prostega profila ceste.

Vertikalna preglednost ceste pa je pogojena z minimalnim polmerom konveksne zaokrožitve loma nivelete.

Preglednost v križišču in priključku se določa s preglednim trikotnikom, ki ga sestavljajo kateti na prednostni in priključni cesti, oziroma odmik vozila od ne prednostne ceste glede na prometno signalizacijo.

Računajo se tiste dolžine poti, ki jih vozilo prevozi in morajo biti popolno pregledne. Dolžina zaustavne preglednosti je potrebna, da bi se vozilo lahko pravočasno zaustavilo, če voznik opazi neko oviro ali nevarnost na cesti. Pot, ki jo vozilo prevozi v tem času, je sestavljena iz dveh delov in sicer iz dela, ko voznik opazi oviro in se začne ustavljati in iz dela, ko se vozilo ustavlja.

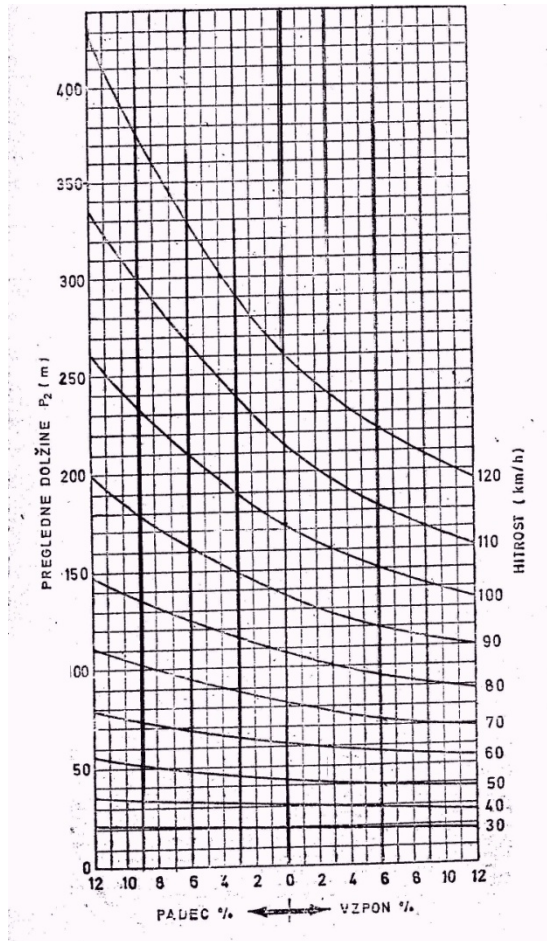
Preglednost ceste pomenim možnost, da voznik opazi oviro, zaradi katere je potrebno zavirati. Horizontalna preglednost je pogojena s razdaljo ovir od prostega profila ceste. Vertikalna preglednost pa je pogojena z vertikalno zaokrožitvijo ceste. Preglednost v horizontalnem in vertikalnem smislu pri zaviranju je enaka dolžini ustavljanja.

Pri načrtovanju in obratovanju ceste morajo biti vse ovire(stalne in začasne) locirane izven polja preglednosti. Minimalna zaustavitvena razdalja je določena v odvisnosti od projektne hitrosti in nagiba nivelete ceste, kot je razvidno iz naslednje preglednice:

Nagib nivelete %	Projektna hitrost km/h										
	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
	Zaustavitvena razdalja										
-12	25	37	55	75	110	140	180	240	287	345	420
-8	23	35	50	68	97	125	165	210	257	310	390
-4	21	32	47	63	87	113	145	185	230	280	350
0	20	30	45	60	80	105	130	165	205	250	315
+4	20	29	43	57	76	100	122	156	195	235	285
+8	19	28	40	53	71	96	112	144	180	225	260
+12	17	27	37	49	64	87	100	130	160	215	240

Preglednica:Zaustavnih dolžin(vir: UL Republike Slovenije 14.10.2005 št. 91. str 9309)

Pregledne razdalje pa se je v bližnji preteklosti odčitavalo po naslednjem grafikonu:



Slika: Prikaz preglednih dolžin(vir: UL SFRJ Junij 1981 številka 35., str 946)

Pri preglednosti pa je potrebno omeniti še širino pregledne berme, ki ob desnem robu vozišča določa linijo neoviranega pogleda od položaja oči voznika na sredini voznega pasu v višini 1,0 m nad voziščem na dolžini zaustavne razdalje, ki se določi s poenostavljenima enačbama:

$$b_p = \frac{P_z^2}{8 \cdot R} \quad (5)$$

$$b' = b_p - b/2 \quad (6)$$

Kjer je

b' (m) širina pregledne berme

b_p (m) širina preglednosti

P_z (m) zahtevana dolžina preglednosti

R (m) polmer horizontalne krivine

V območjih z visoko vegetacijo in kjer so gozdne površine tik ob cestišču se predvidi dodatna razširitev pregledene berme na minimalno 1,0 m.

Vertikalna preglednost na cesti je opredeljena na višino voznikovega očesa(1,0 m) in proste vizure do višine ovire na cesti (10 cm) na zaustavni pregledni razdalji.

V nivojskem križišču je potrebno zagotoviti polje preglednosti, ki ga določajo zaustavni razdalji na prednostni cesti in odmik vozila na neprednostni cesti ob robu vozišča prednostne ceste.

Zavorna razdalja preglednosti je najmanjša pregledna razdalja, ki mora biti omogočena na vsakem mestu ceste. S samim vodenjem trase se dobivajo preglednosti večje od le te, s tem pa se doseže, nekaj k čemer je potrebno težiti in sicer , da je cesta pregledna še na večji razdalji kot je minimalno potrebno, saj to omogoča vozniku, da zavira postopoma in ne vedno z vso močjo.

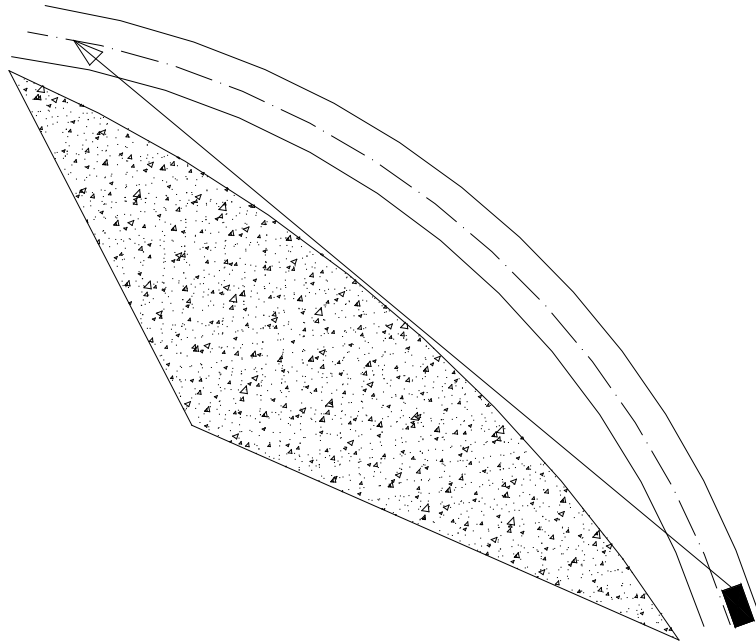
6.3.2 Preglednost za prehitevanje

Potrebna preglednost, ki je potrebna za varno prehitevanje je sestavljena iz dveh vrst prehitevanje.

Prvi primer je prehitevanje na cestah z dvosmernim prometom. Prehitevanje na takih cestah zahteva posebno previdnost, ker se za prehitevanje uporablja pas, ki je namenjen vsem udeležencem v prometu.

Drugi primer pa je na več pasovnih cestah, ki jih ločuje srednji ločilni pas ali pa neprekinjena dvojna črta, kar je primer predvsem v mestnih vpadnicah. Tu naj nas ne bi oviral nasproti vozeči promet. Na teh cestah bi se lahko skoraj na slepo prehitevalo, vendar je zaželeno, da vidimo naprej kako se odvija promet saj pride do nevarnosti naletov.

Prehitevanje pa je možno tudi na odsekih ceste, ki niso ravne ali več pasovne, če nam to cesta omogoča.



Slika 6: Prikaze preglednosti v levi krivini, ki je potrebna za prehitevanje.

Prehitevanje v odprti levi krivini ima to prednost, da lahko bolje ocenimo oddaljenost in hitrost nasproti vozečega vozila, kot pa na premi. Če upoštevamo, da dovolj dolga preda omogoča prehitevanje, a na našo smolo z obeh smeri vožnje. Če upoštevamo vodenje trase s krožnimi loki in prehodnicami, brez vmesnih prem, potem ima vsak del ceste ravno toliko levih kot desnih krivin in bi lahko upoštevali, da imata obe smeri enake možnosti za prehitevanje. To je seveda matematično med tem, ko v realnosti to ne moremo trditi, saj je vse odvisno od poteka ceste po terenu.

Realnost trasiranja pogosto otežuje realizacijo delov ceste z dovolj veliko preglednostjo, ker niso vse krivine dovolj blage in dovolj odprte za pogled vnaprej, da bi še omogočale varno prehitevanje.

Ceste z ravnimi odseki trpijo tudi zaradi konveksnih zaokrožitev. Medtem, ko na teh odsekih ni nikakršnih bočnih motenj preglednosti zaradi krivin. Morda je to razlog, da nekateri avtorji priporočajo gradnjo prem, zaradi lažjega prehitevanja, ampak to se lahko pokaže kot drago in težko, da se preglednost ceste, na dolžini za prehitevanje, omogoči v krivinah, če le te ležijo v gozdu, vkopih ali v pozidanih področjih. To pa velja samo pri dvosmernem prometu, ki ni ločen za srednjim pasom. Na cestah, kjer so pasovi ločeni vmesnim pasom ter avto cestah, se ta prednost povsem izgubi. Preglednost, ki je potrebna za varno prehitevanje, oziroma potrebna razdalja igra odločilno vlogo pri trasiranju ceste, po kateri poteka veliko dvosmernega prometa. Projektant je dolžan, da to omogoči.

Omogočiti konstruktivno trodimenzionalno neko vnaprej določeno in želeno preglednost, ni tako preprosto, kot konstruirati zelene krivine in vzdožne naklone. Zaradi tega se najprej izdelata projekt in šele nato se določi potrebo preglednosti. Pregledi se vršijo na vzdolžnem profilu in situaciji. Potrebno pa je upoštevati tudi eventualne motnje, kot so rastlinje, škarpe, razni objekti in drugačne ovire. Najmanjše še dovoljene dolžine preglednosti pa vsebujejo tudi predpisi, ki jih je vsak projektant dolžan upoštevati. Vrednosti v predpisih so povzete predvsem po mnogih opažanjih in izkušnjah, izračunane so za mejne primere za posamezno vozilo.

km/h	60	80	100	120
Država				
Nemčija	350	450	600	
Švedska	290	490	760	1150
ZDA	350	500	620	700

Preglednica: Potrebne dolžine preglednosti v metrih, ki je potrebna za prehitevanje po predpisih posameznih držav za hitrosti od 60 pa do 120.(vir: Lorenz H. 1980 Projektovanje i trasiranje puteva i avtoputeva. Str 136)

V(km/h)	40	50	60	70	80	90	100
Min razdalja (v)	-	330	380	450	520	600	680

Preglednica: Potrebni prehodevalni dolžin v Sloveniji(vir: UL Republike Slovenije 14.10.2005 št. 91, str 9310)

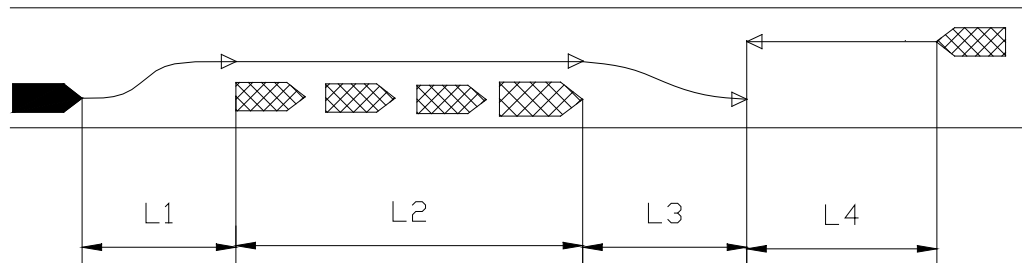
Na primer vozniki, ki vozi z hitrostjo A in voznik ki pred njem vozi z hitrostjo B ter voznik, ki vozi nasproti s hitrostjo C. Voznik A mora oceniti vse tri hitrosti in seveda razpoložljivo dolžino cest, če lahko varno prehiti pred seboj vozeče vozilo. Kar pa je zanj in za voznika, ki vozi nasproti zelo zahtevna naloga. Opisan primer se označuje kot primer kritičnega prehitevanja, v katerem so udeležene tri posamezna vozila.

Čas prehitevanja

Tisti, ki prehiteva mora v enakem času prevoziti daljšo pot, kot pa prehitevano vozilo. Ta daljša pot je sestavljena iz dve osnovnih delov. Prvi del je pot vozila, ki je prehitevano in se giblje z hitrostjo B. Drugi del pa je višek poti vozila ki prehiteva, oba dela mora prevoziti vozilo, ki prehiteva in sicer z svojo povprečno hitrostjo A.

Pravočasno obvladovanje viška poti se ustvari z razliko med hitrostjo A in B, ne glede na to ali je absolutna hitrost velika ali majhna.

Primer prehitevanja kolone vozil.



Slika 7: Primer prehitevanja

l_1 dolžina približevanja do mesta kjer preide vozilo na nasprotni pas. Pri velikem promet iz nasprotne smeri je ta pot ponavadi kratka

l_2 prehitevanje vozil od roba zadnjega dela zadnjega vozila v koloni pa do konca prvega vozila, ki ga se nameravamo prehiteti.

l_3 vključevanje na vozni pas. Dolžina je odvisna od promet, ki se odvija na nasprotnem pasu, lahko poteka počasi ali pa zelo hitro. V primeru, da prehitevanje opravlja več vozil hkrati naenkrat se l_3 poveča za dolžino, ki je potrebna da še zadnje vozilo vključi v vozni pas.

Za izračun polne dolžine potrebno za prehitevanje je potrebno upoštevati razdaljo $m = l_1 + l_2 + l_3$.

V procesu prehitevanja pa je potrebno upoštevati tudi pospeševanja ter zaviranje in različne naklone v vzdolžnem profilu (vzpone in padce), ki imajo lahko velik vpliv na prehitevanje in s tem tudi na pregledno dolžino.

Kot vidnega polja

Odsek ki ga opazovalec vidi, ko sedi za volanom je različne velikosti in je odvisen od različnih okoliščin, in se giblje od 3° pa do 120° .

3° pri Točnem opazovanju nekega detajla, ko poskuša čim ostreje videt.

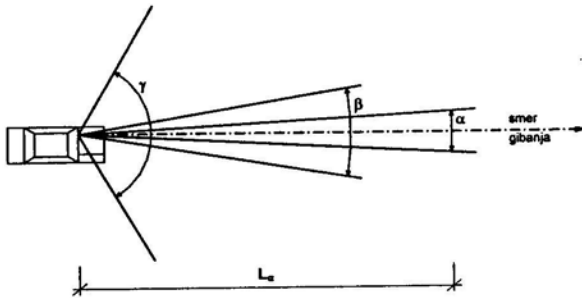
18° je veliko vidno polje, ko je vidno polje opazovalca spočito.

30° pri opazovanju umetniških del, ki je enako pri normalnem opazovanju.

60° ko obračamo oči od leve na desno, pri čemer je se glava ne premika.

120° ko obračamo glavo.

Pri povečani hitrosti vožnje se pogled pretežno usmerja samo na cesto, tako da ne ostane dovolj časa za obračanje glave, pa tudi oči se le malo obračajo. Popolnoma fokusiran pogled pa bi bil utrujajoč in ne bi opazil pojavov od robu ceste, ki pa jih razširjen pogled lahko zajame. Odvisnost vidnega polja je prikazana na sliki.



Slika: Vidno polje v horizontalni ravnini (vir: Juvanc A. s sodelavci. 2003. Predlog TSC Temeljni pogoji za določanje cestnih elementov v odvisnosti od voznodinamičnih pogojev, ekonomike cest, prometne obremenitve in prometne varnosti ter preglednosti. Str 12)

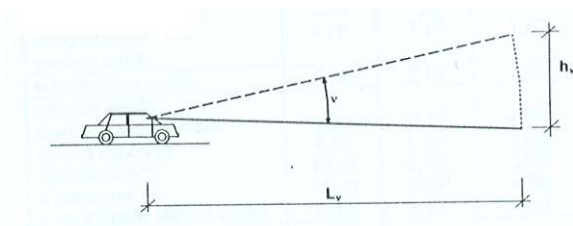
- Področje izostrene (kot $\alpha = 3-5^\circ$)
- relativne (kot $\beta = 10-15^\circ$)
- periferne vidljivosti (kot $\gamma = 120-180^\circ$)
- normalna izostrena vidljivost – vidna razdalja L_α (m):

$$L_\alpha = t_\alpha v \approx 4 V$$

t_α (s) - čas vožnje z največjo ostrino (12-14s)

v (m/s) - hitrost vožnje

V (km/h) - hitrost



Slika: Vidno polje v vertikalni ravnini (vir: Juvanc A. s sodelavci. 2003. Predlog TSC Temeljni pogoji za določanje cestnih elementov v odvisnosti od voznodinamičnih pogojev, ekonomike cest, prometne obremenitve in prometne varnosti ter preglednosti. Str 12)

L_v (m) - dolžina vertikalne vizure

h_v (s) – višina objekta

$v(^{\circ})$ - kot vizure v vertikalni ravnini

-statični oz. nepomembni objekti $v_{\min} = 0,266^{\circ}$

-dinamični oz. pomembni objekti $v_{\min} = 0,330^{\circ}$

-ključni elementi (glavna simbolika prometno-obvestilne signalizacije) $v_{\min} = 0,500^{\circ}$

6.4 Vožnja ponoči

Kar velja za vožnjo podnevi, ni napačno za nočno vožnjo, a vseeno je potrebno upoštevati, da se podnevi vidi veliko, kar nam ponoči ostaja prikrito. Za nočno vožnjo je potrebno osvetliti cestišče, kar lahko storimo na dva načina in sicer z žarometi na vozilu ali pa s cestno razsvetljavo.

Svetlobno telo samo po sebi ni vidno, se pa na svetlobi, ki jo le ta oddaja, vidi tisti del, ceste in obcestnega sveta, ki ga osvetljuje. Ko se svetloba odbije je naše oko zazna in je potrebno, da na telo pade svetloba in se od njega odbije, da bi to oko zaznalo, pri tem pa je potrebno preprečiti zaslepitev in sicer tako, da vir svetlobe ni neposredno viden za voznika.

Izpolnitev teh zahtev je v veliki meri odvisno od predpisov o projektiranju mestnih površin in tehničnih pravilnikih za izpravnost vozil. Pogoji, ki se pojavljajo ponoči, so skoraj podobni kot podnevi, a se razlikujejo v določenih detajlih, zaradi tega je potrebno upoštevati da ima cestišče že podnevi temno barvo. Med tem ko je podnevi relativno dovolj svetel, mora biti ponoči, pri slabši svetlobi dovolj viden in poleg tega še primerno hrapav. Vidljivost ponoči je potrebna v primeru, če se na cestišču pojavi kakšna nepredvidena ovira. Med tem, ko je hrapavost zaželeno, da se lahko svetloba, ki pada na cestišče, odbije na vse strani. Razlog za primerno hrapavost pa je tudi, da se svetloba, ki jo dajejo svetilna telesa, ne bi odbijala samo samo navzgor ali pa samo naprej pred voznika., kar se dogaja, ko je površina ceste preveč gladka.

Med tem, ko je podnevi prijetneje potovati, če rastlinje ali katere druge prepreke ne omejujejo poglede, kar je za vožnjo ponoči brez pomena.

6.4.1 Osvetlitev z žarometi

Vidno polje je ponoči manjše kot podnevi in tudi kot vidnega polja je manjši.. Vse prepreke v bližini ceste(njive, robovi gozdov in drugi objekti)) doprinesejo k optičnem vodenju. Idealen primer za to so ceste z obojestranskim drevoredom.

Enostavno orijentiranje z žarometi in s pomočjo rastlinja vzdolž ceste, pride do izraza, ker za optično vodenje ni drugi vodil, kot so na primer javna razsvetljava ali svetle barve. Ko se oko prilagodi močni razsvetljavi, potem komaj, da še opazi temno okolico, ki se nahaja izven dometa žarometov, kar narašča s hitrostjo. Hitreje kot voznik vozi, manj se opazi okolica, to pa velja tako za vožnjo podnevi, kot za nočno vožnjo.

Če zanemarimo neprijeten pojav zaslepljevanja okolice, potem so za varno in pravilno vožnjo pomembna predvsem naslednja sredstva za vodenje, kot so svetlo obarvani robovi ceste, horizontalne oznake, smerokazi, smerniki ob vozišču. Ta sredstva za vodenje pridejo, dosti bolj do izraza ponoči, v odsevu žarometov, kot podnevi. Če dodamo na to opremo še svetle ali odsevne barve, potem lahko pričakujemo, da bodo še bolj prišle do izraza. Seveda pa je to potrebo izvajati po celotni dolžini, ker če dodajamo svetle barve na nekaterih odsekih, na nekaterih pa ne, lahko to deluje do neke mere nemirno, kar pa ni priporočljivo oziroma celo škodljivo za voznike.

Pri vožnji ponoči pod reflektorji ne smemo zanemariti, glede na vožnjo podnevi, se ene majhne razlike, in to je da vozilo, ki prihaja iz nasprotne smeri, oziroma se približuje s stranske ceste ali poti, opazimo prej zaradi žarometov. Ker pa je nočni zrak skoraj vedno malce meglen in razpršuje svetlobo, ki prihaja z žarometov ter zato lažje opazimo luči prihajajočih vozil, ki prihajajo naproti ali s strani.. Nočni zrak je redko tako čist, da če gledamo s strani, ne opazimo žarometov, pa še takrat, se ponavadi kje nahaja, kakšen objekt, rastlinje, stebri ali kaj drugega, kar žarometi jasno osvetlijo, s tem pa lahko sklepamo tudi, da se približuje vozilo. To povečuje varnost vožnje, predvsem to pride do izraza na horizontalnih krivinah.

Ena od slabih strani nočne vožnje je tudi zaslepljevanje, ki jo povzročajo nasproti vozeča vozila, to je mišljeno predvsem na dolge luči, saj naj bi bile luči prižgane ves čas vožnje, od kar je v RS Sloveniji uzakonjena vožnja s prižganimi lučmi tudi podnevi. V nočni vožnji je avtomobilski žaromet(mišljene so dolge luči) subjektivno sredstvo, ki ga voznik uporablja, kjer je potrebno in za voznika, ki prihaja z nasprotne smeri, je lahko naš žaromet, tudi če so to le kratke luči, zelo velika motnja. Vozniku bi izboljšali vozne pogoje, če mu ne bi bilo treba gledati v žaromet, ki mu prihaja nasproti. To lahko poboljšamo s postavitvijo lamel, ki ščitijo proti zaslepljevanju, kar pa pride v poštev samo na cestah, ki imajo vozne pasove ločene s srednjim ločilnim pasom.



Slika: Lamele ki preprečujejo zaslepljevanje zaradi žarometov na cesti Ljubljana Črnuče (vir:foto Tadej Berčič)

Ena od možnosti, ki preprečuje zaslepljevanje s strani nasproti vozečih vozil, so tudi protihrupne ograje, kar pa jim ni primaren namen.



Slika: Proti hrupna ograja na sredini ceste na severni ljubljanski obvoznici. (vir:foto Tadej Berčič)

Na drugih, cestah, kjer ni srednjega ločilnega pasu in ni mogoča postavitve lamel proti zaslepljevanju, je možno preprečiti zaslepljevanje s strani nasproti vozečih vozil na druge načine. Ena od možnosti je tudi z “lepim” vodenjem trase, kar lahko zelo pripomore k zmanjšanju tega efekta.

V krivinah v veliki večini primerov sveti žaromet v smeri trenutne tangente. Vozilo, ki se nahaja na zunanem delu krivine, sveti navzven krivine, ter ne osvetljuje tisti del ceste, na katerem se odvija promet, ki prihaja z nasprotne smeri. Vozilo, ki pa se nahaja na notranji strani krivine, pa ne osvetljuje nasproti vozeči promet v trenutku, ampak se to dogaja postopoma. Tako da v krivine pride do obojestranskega zaslepljevanje le v bližini srečanje, pa do njega ne pride, če je na sredini dovolj velik zamik.

V primeru konveksne vertikalne zaokrožitve ceste, ne prihaja do zaslepljevanja, oziroma prihaja redko, pa še to le s povišanjem krivine glede na nižjo.

Na konkavnih zaokrožitvah svetloba z žarometov , za obe smeri vožnje, dosega manjša odstopanja in s tem tudi manjši vpliv na voznika, s strani motnje žarometov. V kolikor je konkava bolj blaga in cesta v premi, potem bo cona oviranja daljša. Iz tega lahko sklepamo, da bo vozilo, ki prehaja preko konveksne zaokrožitve in vstopa v konkavno, le za trenutek

zaslepilo voznika iz nasprotne smeri. Priporočeno je, da se krivine v horizontali in vertikali medsebojno dopolnjujejo, ker to pripomore k manjšemu učinku zaslepljevanja voznikov, s tem pa tudi k večji prometni varnosti.

Ena od oblik zaščite proti zaslepljevanju so tudi ločeni prometni pasovi. Že s samim obstojem in opremo, ki se nahaja med njima. Pod ukrepe, ki se izvajajo na vmesnih pasovi so lahko razni nasadi grmičevja, ki delujejo pozitivno na učinek žarometov. Ena od možnosti so nasipi, ki pa so sporni s stani prometne varnosti. Ena od najpogostejših možnosti, ki se uporabljajo, so lamele kot zaščita od zaslepljevanja. Na slovenski cestah jih srečujemo bolj poredko, med tem ko so v sosednji Avstriji in Italiji, pogosto uporabljene.

Če sta prometna pasova ločena, je ena od zaščit proti zaslepljevanju tudi premikanjem nivelete enega od pasov. Taka zaščita se pojavlja čim je višinska razlika dovolj velika. Že z 2 metra se lahko doseže veliko.

Negativen učinek, ki se pojavi na konkavni zaokrožitvi, v primeru če so pasovi na različnih nivojih, skoraj povsem izgine, ker se to redko opazi pri večjih razlikah v vzdolžnem profilu, med tem ko krivine preprečujejo pogled na večji del poti.

6.4.2 Osvetlitev z vgradnim svetilkam

Cesta s svojo neposredno okolico je prepoznavna na večji dolžini, ko je osvetljena s cestnimi svetilkami, kot pa ko je osvetljena le s avtomobilskimi žarometi.. Svetilke ob cesti, če so postavljene in izbrane neoporečno, lahko dobimo občutek, da ustvarijo svetlobno verigo na višini 6 do 10 metrov. Poleg tega na konveksnih zaokrožitvah, za grebenom, kjer se cesta izgubi iz vida, se ta veriga se vedno dovolj sveti, nad naravno prepreko, vzdolž notranje strani krivine, ki je drugače s pogledom ne vidimo, kar pa nam je s pomočjo svetilk omogočeno. Zato je ta svetleča veriga ena od prostorskih krivulj, ki nam opisuje poseg ceste na tistem delu, ki je izven vidnega polja., kar je za projektanta še dodaten razlog, da poskrbi še za bolj čisto in logično vodenje trase.

Razsvetlitev sega preko vseh prometnik pasov in odstavnih pasovih, ne glede na število, širino ter če so ločeni z srednjim ločilnim pasom. Na cestah, na katerih so vozni pasovi ločeni s srednjim ločilnim pasom, ki pa ni zasajen ali na kakšen drugačen način onemogoča zaslepljevanje nasproti vozečih vozil, je voznik primoran, da konstanto pogleduje nasproti vozeča vozila in s tem tudi njihove žaromete. Vožnja v razširjenem polju vida, s svojim počasnim ali hitrim prometom, ki se odvija po različnih zakonitostih, je lahko zelo utrujajoča. Nasadi na srednjem pasu ne služijo le kot zaščita proti zaslepljevanju(ki pa se pri uličnih svetilkah, delno izniči) ali naravna dekoracija, ampak tudi kot prepreka, da voznik ne gleda

promet, ki prihaja iz nasprotne smeri, ki je nepomemben za voznika. V večini primerov ni močnejše osvetlitve z vgradnimi svetilkami, kot je osvetlitev z avtomobilskimi žarometi. Pri vožnji, ki se odvija čez osvetljen kanal, se poraja vprašanje ali je smotno osvetliti tudi bližnjo okolico, ki je zanimivega izgleda, kot na primer naravne znamenitosti ali kakšen drugačne atrakcije. To bi lahko delovalo pomirjajoče proti dolgočasni in enolični nočni vožnji, kar pa ne služi samo zadovoljstvu na potovanju ampak deluje pozitivno v smislu prometne varnosti. Če v prečnem profilu ceste ni predvidena postavitve stebrov za stalno razsvetljavo, potem lahko nastanejo problemi, ko se naknadno dodajo stebri, ki morajo biti dovolj oddaljeni od roba cestišča, seveda pa se tu pojavi se problem dovoda podzemnih električnih vodov.

Odvisnost osvetlite ceste pri vgradnih svetilkah je odvisna od luči , cestišča in vremenskih razmer.

Moč svetilk je odvisna od njene moči in te podatke nudijo proizvajalci. Količina svetlobe, ki pade na cesto pa je odvisna od moči svetilke, njene oddaljenosti od cestišča. Količina svetlobe, ki se odbije od cestišča, to je svetloba, ki jo vozniki zaznajo, pa je odvisna od tipa krovne plasti vozišča, seveda pa so tu še drugi dejavniki, kot odbojni kot, ki je odvisen tudi od tipa vozišča in oddaljenosti svetilke. Eden od faktorjev pri odboju svetlobe so tudi vremenske razmere(dež, sneg, megla, vlaga), ki lahko močno vplivajo na osvetljenost vozila.

Svetloba se mora od vozišča odbijati difuzno, da bi bil viden, na čim večjem obsegu, čim bolj svetel. Zato je potrebno, da je vozišče hrapavo. Gladka vozišča odbijajo velik del svetlobe pot enakim kotom, kot je vpadni kot, to pa je lahko na tiste konce na katerih svetloba ni potrebna ali v ekstremnem primeru tudi škodljiva. Potrebno oddaljenost svetilk od vozišča se da natančno izračunati, glede na vremenske razmere in teksturo vozne površine.

Enakomerna osvetljenost je odvisna od konstrukcije in medsebojnih razmikov svetlobnih teles in poleg tega tudi njihove razporeditve, kot tudi od položaja glede na cesto.

6.4.3 Prehod v osvetlitev

Vsaka osvetlitev ceste ima se nekje začne in konča. Če se cesta z obeh strani povezuje z mrežo osvetljenih mestnih ulic, potem lahko pride do spremembe barve svetlobe. Pretežno se pojavlja bela svetloba, rumena svetloba, ki prihaja od natrijevih svetilk, ki pa so v zadnjem času redki pojav, predvsem zaradi svoje cene. V novejšem času se pojavljajo halogenske svetilke z modro svetlobo, ki dodano poveča osvetljenost cestnega telesa, predvsem so v Sloveniji v uporabi na osvetljenih prehodih za pešce. V preteklosti pa so se uporabljale svetilke, ki so odajale zeleno svetlobo, to so bile svetilke na živosrebrno paro, ki pa niso več v uporabi.

Poudarek je na prehodih, kjer mestna razsvetljava v teh točkah prehaja v neosvetljeno del poti, potem je potrebno izvesti določen prehod med temnim in osvetljenim delom. To se doseže s povečanjem ali zmanjšanjem jakosti svetilk na čim večji dolžini, da je prehod kar se da enakomeren. Podoben primer se pojavlja za dostop do nekega osvetljenega objekta za počitek ali izhod iz njega, ki se navezuje na neosvetljeno cesto(veliki večini primerov gre za Avtocesto). Za tak prehod ni možnosti, da se tak prehod izvede na večji dolžini. Poleg vsega pa je pomembno, da svetilke ne delujejo neugodno na voznika, ki prihaja s temnega dela ceste. V primeru, da se osvetljen objekt nahaja nad nivojem prometnega toka, potem pozornost voznika s ceste ne bo odvrnjena s pogledom na svetlo osvetljen objekt in ostale vozne pasove.

6.4.4 Osnovi tehnični pojmi pri osvetlitvi.

Svetloba je elektromagnetno zračenje, ki ga človeško oko opazi, ko je z njim zadeto, neposredno ali mnogo bolj pogosteje odbito od okoliških predmetov, ki jih takrat opazimo kot osvetljene.

Svetilnost je osnovna količina. Enot je candela (cd) je definirana s svetilnostjo, ki jo ima $1/60^2$ cm črnega telesa v smeri pravokotno na ploskev pri temperaturi taleče se platine.

Svetlobni tok je produkt svetilnosti in prostorskega kota v katerega svetilo seva. Enota je lumen (lm) =1 cd. 1 sr je svetlobni tok, ki ga v prostorski kot 1 sr seva točkasto svetilo s svetilnostjo 1 cd.

Glede na definicijo candele dobimo, da 1 watt energijskega toka elektromagnetnega valovanja valovne dolžine 0,555 μm , za katero je človeško oko pri dnevni osvetlitvi najbolj občutljivo, znaša 680 lumenov.

Svetlost je količnik med svetilnostjo in površino svetila, to je svetilnost na enoto površine svetila. Enota je 1 cd/m^2 . Glede na definicijo candele ima črno telo pri temperaturi taleče se platine svetlost $60 \text{ cd/cm}^2 = 6 \cdot 10 \text{ cd/m}^2$.

Osvetljenost je količnik med svetlobnim tokom, ki pada na določeno ploskev, in med površino osvetljene ploskve. Enota je lux(lx)= 1 lm/m^2 .

6.5 Optika na križiščih

Optični pojavi, dnevni in nočni, obravnavani v predhodnih poglavjih, predstavljajo osnova za praktično oblikovanje objektov v križiščih in razcepah cest. Vse različne oblike s svojimi sestavnimi deli se razvrščajo na dva osnovna načina izvedbe in sicer nivojska ter izvennivojska križišča, za katere je značilno, da na drugo cesto lahko pridemo le s pomočjo gradbenih objektov.

Pri vseh oblikah in konstrukciji križišč je optično pomembno da se pri prihodu, lahko pravočasno opazi položaj izlivnih, prilivih in zavijalnih točk, in sicer hitreje, kot se opazi toliko je večja dovoljena hitrost vožnje na cesti. Poleg tega je potrebno omogočiti, da se pravočasno vidi tudi konfiguracija križišča, katerega je potrebno prevoziti. To je potrebno upoštevati tudi na vseh križiščih, ki so nivojska ali izven nivojska in na vseh razcepah dveh cest z dvosmernim prometom.

Najboljše možna rešitev bi bila, s strani optike ceste, če križišče, na katerega se gleda (dostopa) z vseh strani, leži v konkavni vertikalni zaokrožitvi. Če pa je to križišče s stalno osvetlitvijo, potem je preglednost ponoči še boljša kot podnevi. Ker pa to ni vedno mogoče, oziroma je redko izvedljivo se je potrebno strmeti k temu, da na primer križišča v nivoju ležijo skoraj vedno v konkavi. Strmeti je potrebno tudi, da priključki na avtocestah ležijo v konkavi, kar pa seveda ni vedno mogoče, če to ni mogoče je priporočljivo, če se AC odvija pod nivojem priključkov, ker se priključek jasno vidi.

Če pa to ni mogoče se je potrebno izogniti najslabši možni varianti. To pa je, da so razcepi ali križišča na konveksnih zaokrožitvah. V tem primeru se to, ne da pravočasno opaziti (obstaja nevarnost napačne vožnje) in potem se optične razmere, za posamezne slučaje, lahko obravnavajo na posplošen način. Vendar je še vedno najboljše, če se ločijo križišča v več nivojih in nivojska križišča. Pri tem se razcepi in priključki na avtocestah, na običajne ceste lahko razčlenijo na dva dela. In sicer eden del, ko se cesta loči od avtoceste, izpolnjuje pogoje večnivojskega križišča, medtem ko drugi del, ko se cesta priključi na običajno cesto, pa se ravna po zakonitostih, ki veljajo za nivojska križišča.

6.5.1 Večnivojska križišča

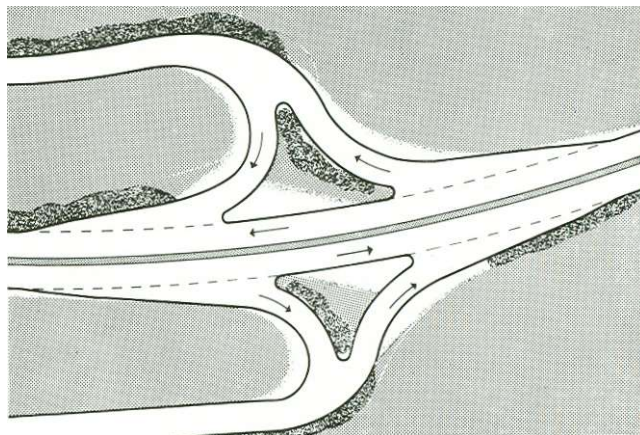
Križišča v različnih nivojih imajo le dve različni situaciji, če tudi se na objekti z več kot šestim smerem vožnje lahko pojavijo podvojene. Običajni razcepi na avtocestah imajo 4 smeri vožnje, trikotniki jih ima šest, medtem ko jih ima list deteljice osem.

Izhodi in razcepi v dveh enakopravnih smereh silijo voznika v položaj, da izbira eno od možnih poti. Voznik se mora opredeliti, ali s svojim poznavanjem poti, oziroma z vpogledom v karto, ali pa s pomočjo smerokazov. On mora to odločitev sprejeti tekom vožnje na pravilen

način. Odcepne rampe v vzponu , kot tudi razcepi, ki se začenjajo vzpenjat, ki izhajajo iz horizontale ali pa so v konkavi, vse to so okoliščine, ki so zanimive za opazovanje. Izhodi v spustu ali razcepi za grebenom konvekse so še slabše rešitve. Na tak ali drugačen način se lahko sprejmemo odločitev glede želene smeri vožnje. Prav tako visoko rastlinje v križišču predstavlja ugodno zaledje postavljenim smerokazom ter pripomore k odločitvi voznika pri izbiri želene smeri.

Vključevanje kot tudi prihod z nekega priključka, ne zahtevajo nobenih odločitev o nadaljnji smeri vožnje, je pa potrebno spoznati potrebne pasove in smeri za nadaljnjo vožnjo. Visoko rastlinje med dvema voznimi pasovi lahko predstavlja nevarnost za vožnjo. Postavlja pa se tudi vprašanj preglednosti v vzratnem ogledalu, ki je izredno pomembna pri vključevanju. Najbolj primerna so vključevanja v padcu, s pogledom od zgoraj na dogajanje po glavni cesti. Vključevanja, ki prihajajo iz nižjih točk nimajo te prednosti.

V križišču z majhnimi radiji(oster krivine) je zelo priporočljivo optično vodenje z rastlinjem na zunanje strani krivine. Nasprotno od tega pa je potrebno na notranji strani krivine omogočiti dovolj veliko preglednost.



Slika: Primer opremljenega križišča s nasadi, ki pripomorejo k optičnemu vodenju(vir: Lorenz H. 1980 Projektovanje i trasiranje puteva i avtoputeva. Str 158)



Slika: Večnivojsko križišče v ZDA (vir: spletna stran: <http://www.fhwa.dot.gov/eihd/>.)

6.5.2 Nivojska križišča

Ta križišča so bolj zgoščena od večnivojskih križišč. Na njih se v isti točki vrši izbor smer vožnje, kot tudi opazanje ostalega prometa. Rastlinje poudarja razcep in potrebo za vidnim poljem, je lahko pri tem tipu križišč neusklajeno. V tem primeru damo prednost vidnemu polju. Kanaliziranje ceste s prometnimi otoki lahko veliko doprinese k optičnemu orientiranju in s tem tudi pripomore, da se izognemo napakam v optičnem vodenju. Včasih se lahko s sečnjo gozda, razširitvijo nekega useka ali pogozditvijo celotnega prostora, kar tvori neko zaključeno celoto, s čimer lahko naglasimo, da se v bližini nahaja križišče, s čimer olajšamo orientacijo.

Pri povečanem in hitrejšem prometu je vožnja čez nivojska križišča naporna in pri določenem prometu nastopi lahko celo zasičenost s prometom. V nekaterih primerih pa služijo križišč tudi za umirjanje prometa, kar se v tujini pojavlja kot praksa pri nakupovalnih centrih ali večji športnih objektih.

Ekstremen primer so bili na srednjem vzhodu pred leti, ko so imeli pred križišči neke vrste ležečih policajev, vendar ti niso služili kot optično vodilo ampak, da se je voznik, ki je dolgo časa vozil po dolgih ravnih cestah in je zaspal, ko je prišel na križišče zdramil ali celo zbudil in s tem so preprečevali nesreče na križiščih.



Slika: Lepo opremljeno krožišče z zelenjem v Španiji(vir:foto Tadej Berčič)



Slika: Fotografija krožišča v Ljubljanskem BTCju, kot lep primer nivojske križišča(vir:foto Tadej Berčič)

7 PRIMERI

7.1 Ižanska cesta

V sklopu gradnje južne odvozne avtoceste Ljubljana, se je zgradilo izve nivojsko križanje Ižanske ceste v obstoječi trasi, z minimalno potrebnimi rušitvam objektov ob Ižanski cesti. Zaradi omejitve rušitve in zagotovitve dostopnosti do preostalih objektov, je zgrajen nadvoz z omejeno višino priključnih nasipov, da je možno zagotoviti dostop priključne ceste izven nasipa.

Priključni nasip se je izvedel z nagibom nivelete 6-7 % nagiba nivelete in vertikalno zaokrožitvijo s polmerom $r=1000\text{m}$. Ker poteka trasa polmer deluje neugodno na voznika, še posebej če se vozi z večjo hitrostjo od dovoljene. Dodatno pa so se poslabšale vozne razmere s procesom vzdrževanja ceste, pri odpravi posledic konsolidacije nasipov z bitumensko-vezanim materialom.

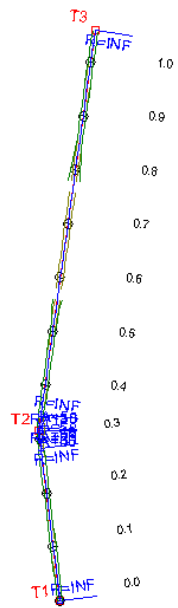
Obstoječe stanje:



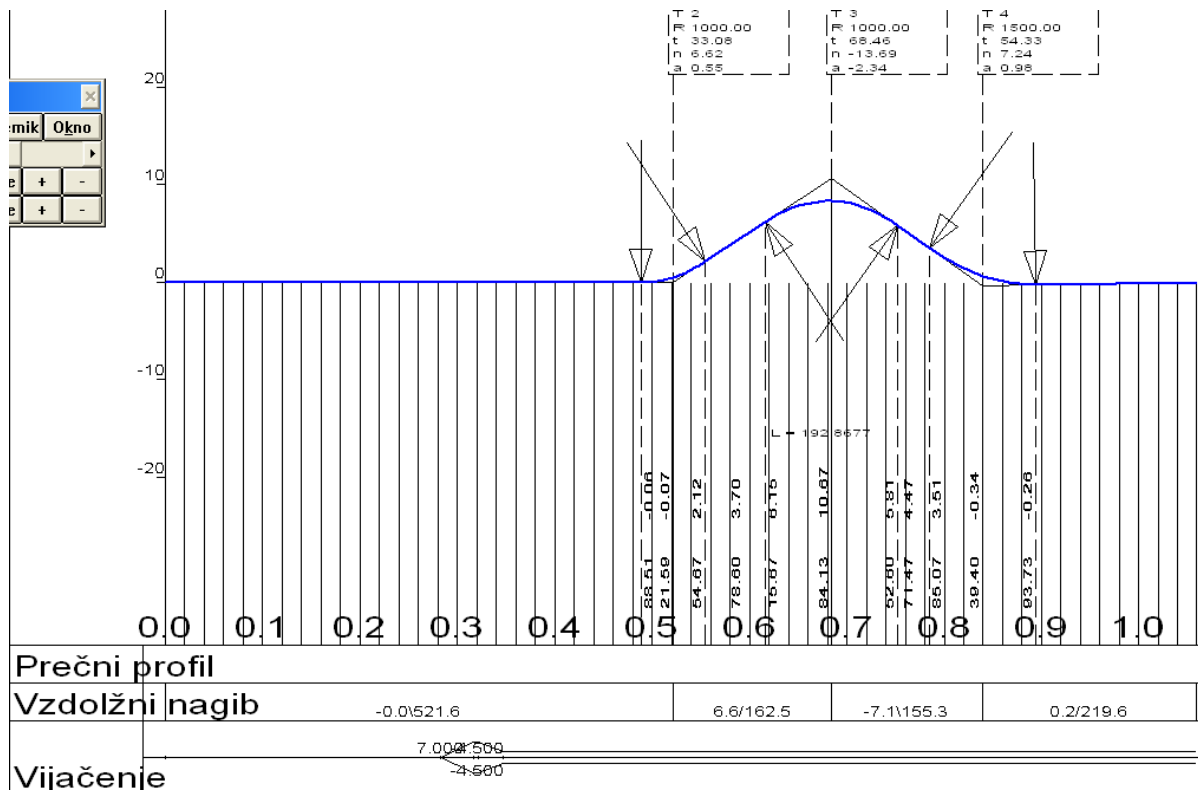
Slika: Prikazuje obstoječe stane z vidika voznika (vir: foto Tadej Berčič)



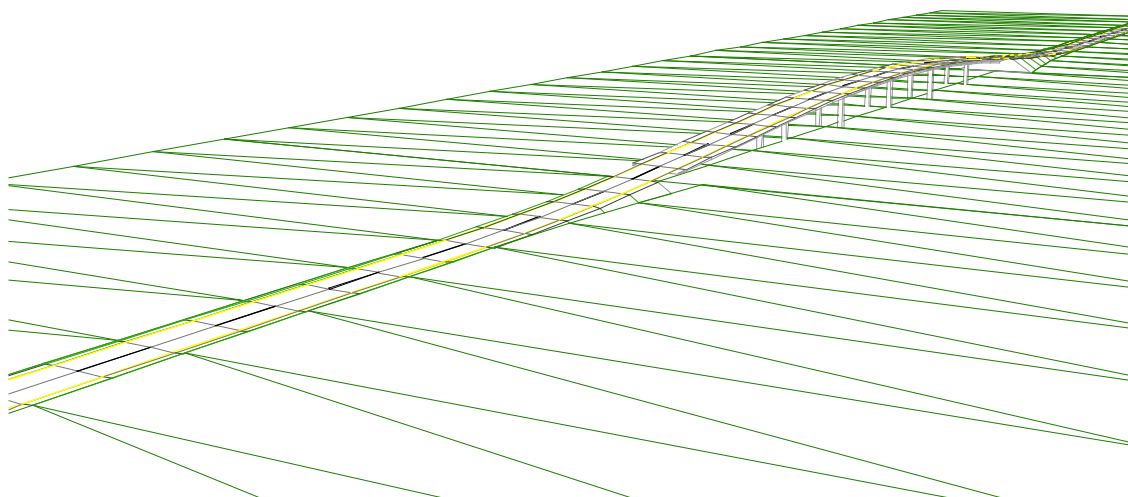
Slika: Prikazuje obstoječe stanje z vidika voznika (vir: foto Tadej Berčič)



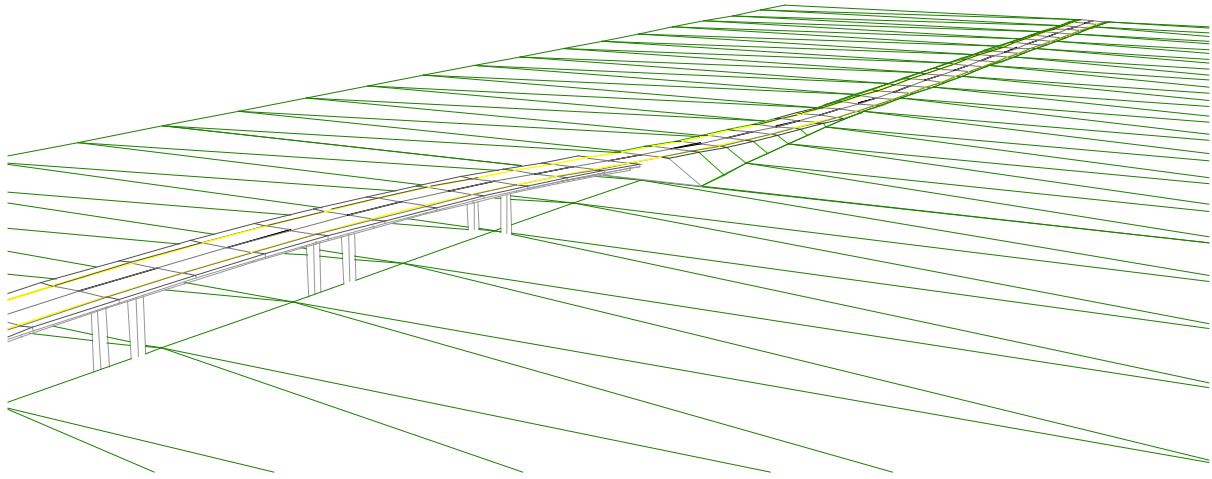
Slika 8: Obstojęča situacija na Ižanski cesti



Slika 9 :Obstoječi vzdolžni profil na Ižanski cesti



Slika 10:obstoječega stanja na Ižanski cesti z višine 250m

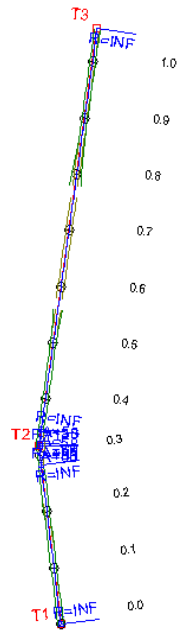


Slika 11:Obstoječega stanja Ižanski cesti z višine 250m

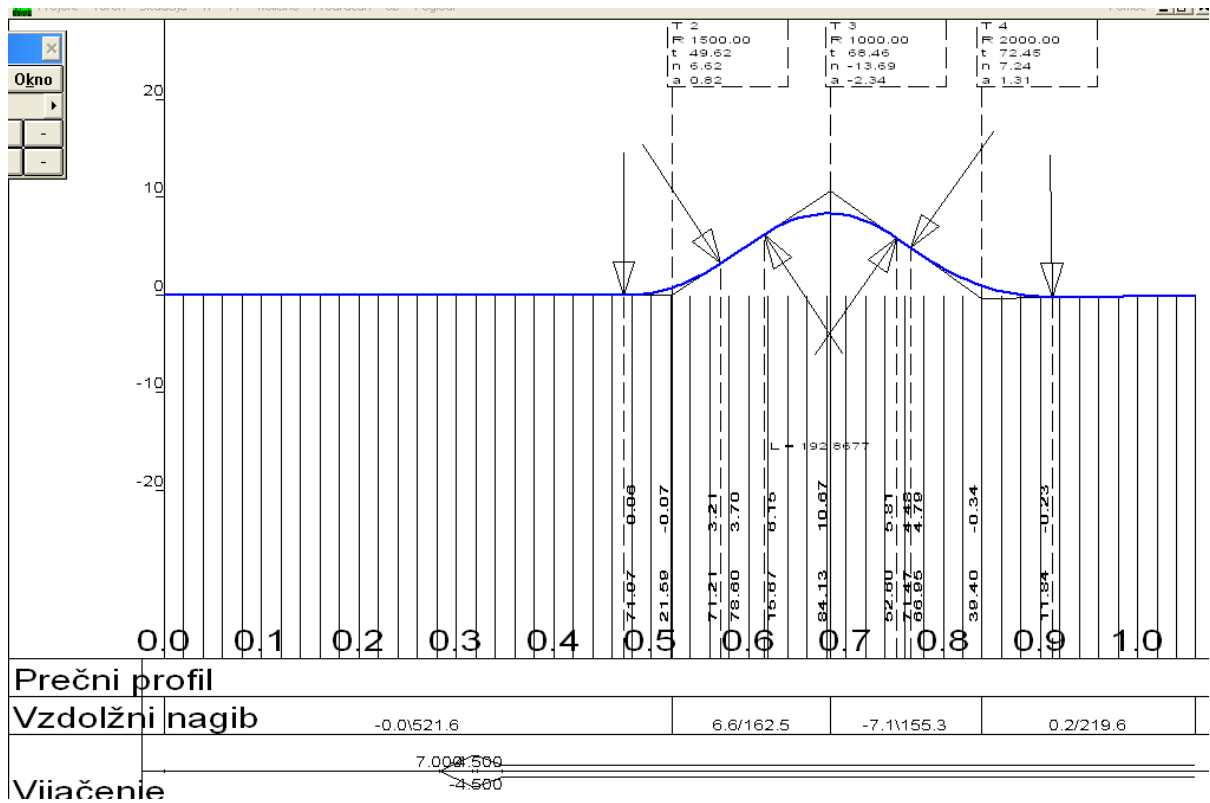
Nova rešitev:

Po proučitvi razmer na terenu, je najprimernejša izboljšava, s povečanjem vertikalnih polmerov zaokrožitve iz 1000m na 1500m ter iz 1500m na 2000m, kar omogoča dvig nivelete v problematičnih točkah vozišča. Dvig nivelete bistveno ne vpliva na ureditev obstoječih priključkov, ker se ceste dvigne do 0.5m.

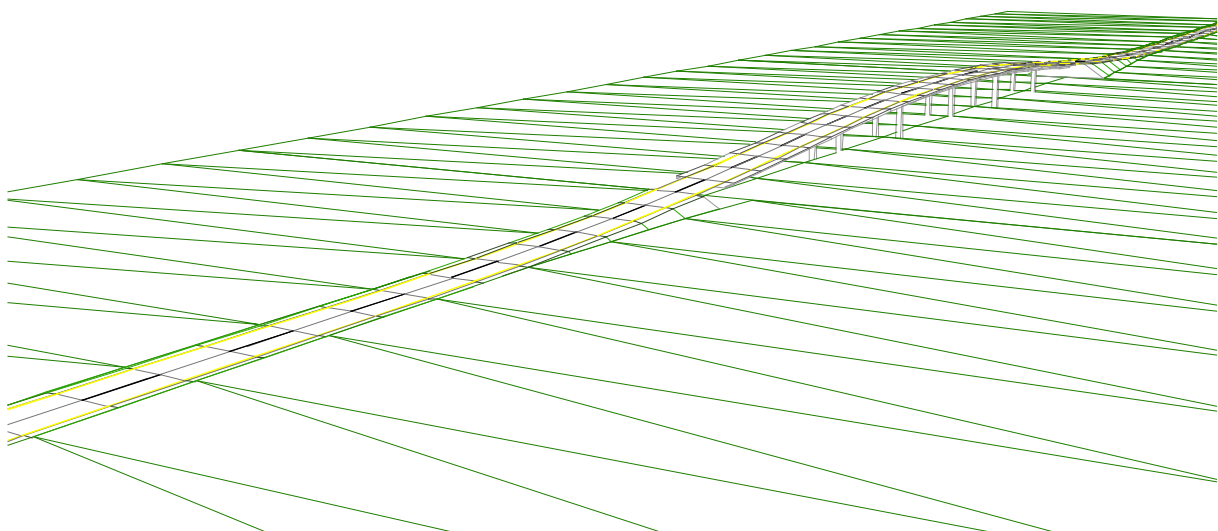
S povečanje vertikalnih zaokrožitev je tudi vožnja pri večjih hitrostih udobnejša, predvsem na račun manjšega vertikalnega pospeška.



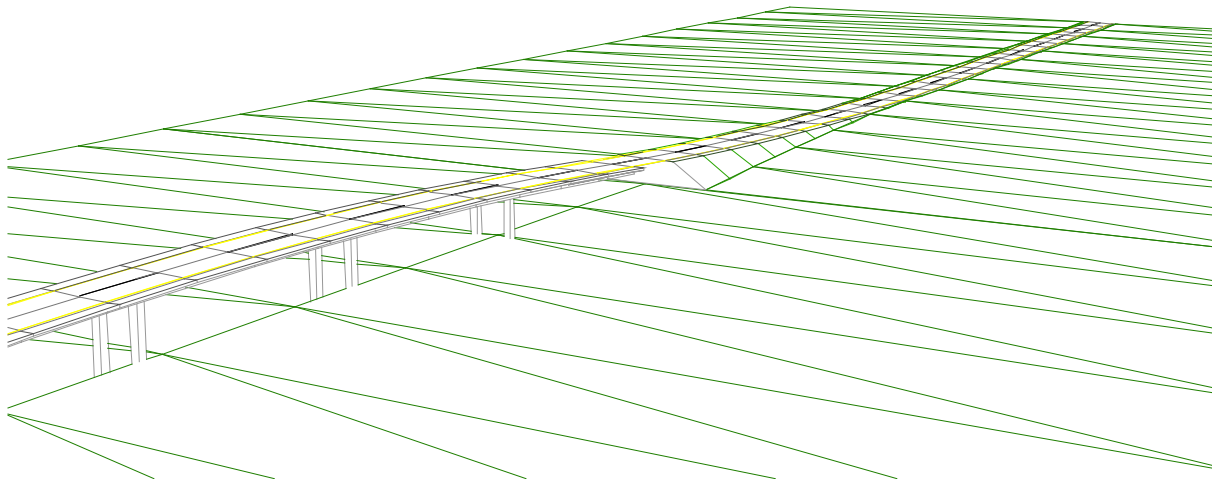
Slika 12: Situacija (nespremenjena glede na obstoječe stanje)



Slika 13:Vzdolžni profil novega stanja



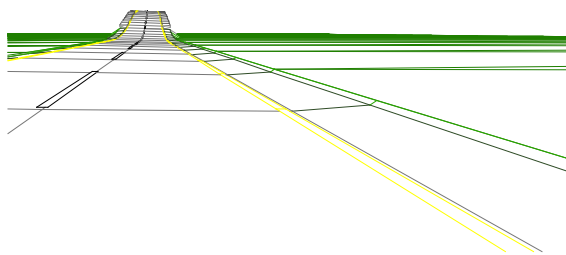
Slika 14:Novo stanje z višine 250m



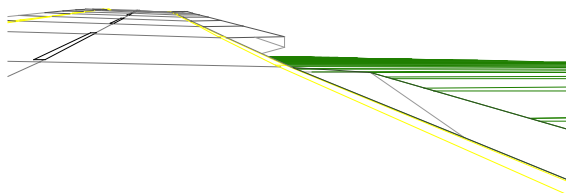
Slika 15: Novo stanje z višine 250m

Primerjava obstoječega stanja in novega stanja z vidika voznika:

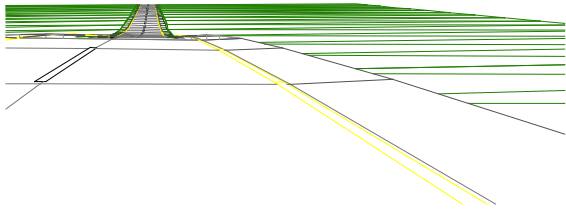
Obstoječe stanje



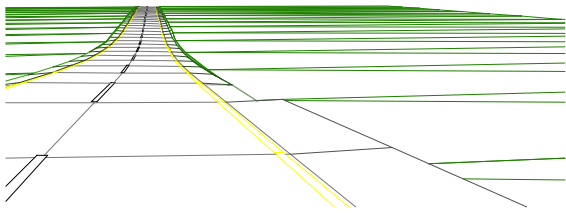
Slika 16: Profil 21



Slika 17: Profil 28

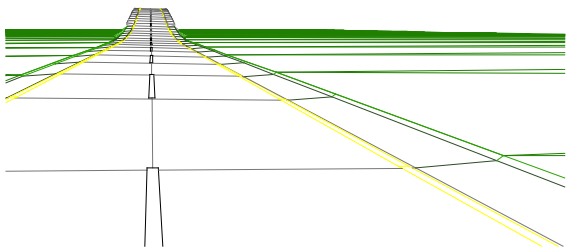


Slika 18: Profil 36

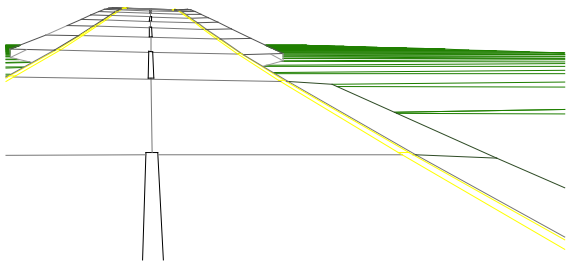


Slika 19: Profil 38

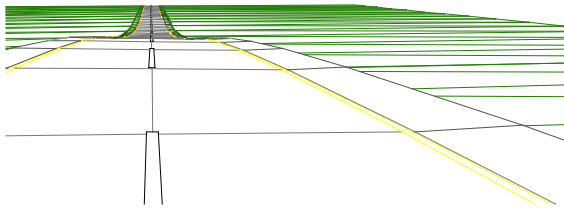
Novo stanje:



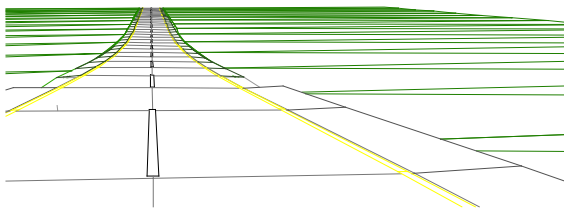
Slika 20: Profil 21



Slika 21: Profil 28



Slika 22: Profil 36



Slika 23: Profil 38

Ugotovitve:

- - Večji radiji vertikalnih zaokrožitev povzročijo udobnejšo in prijetnejšo vožnjo.
- - Zmanjša se dolžina tangent v premi med konveksnim in konkavnim vertikalnim polmerom, kar ugodno vpliva na voznika.
- - Daljše dolžine vertikalnih lokov.
- - Manjše povečanje vertikalne preglednosti, zaradi dviga nivelete
- - Udobnejša vožnja zaradi, daljših lokov, kar povzroča ugodnejši prehod v ravnino.

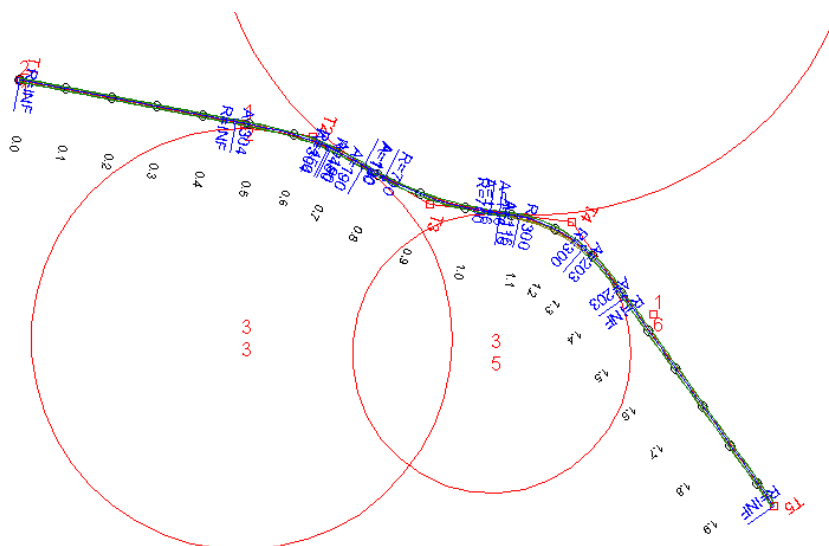
7.2 Mrtvice

Na glavni cesti Ribnica – Kočevje ima trasa zelo stegnjeno os, skoraj brez horizontalne nivelete in poteka delno po gozdni površini, ki preide v travniško površino. Na tem odseku se pogosto pojavljajo prometne nesreče zaradi vožnje vozil izven svojega voznega pasu, ker jim to omogočajo neprimerni horizontalni elementi, ki pa niso v primerni medsebojnem odnosu.

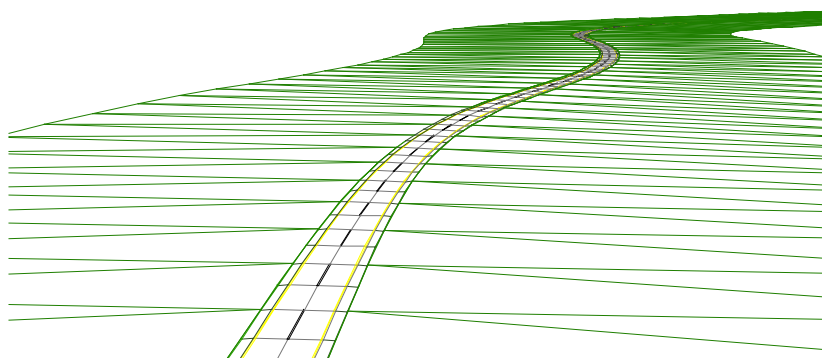
Da bi se ugotovilo razlog pojava nesreč, je izvršena analiza sosledja horizontalnih elementov osi ceste.



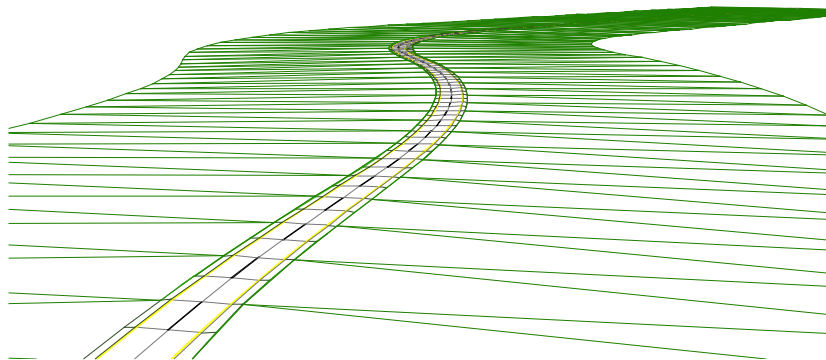
Slika: foto posnetek obstoječega stanja (vir: Spletna stran: (<http://kremen.arso.gov.si/nvatlas>))



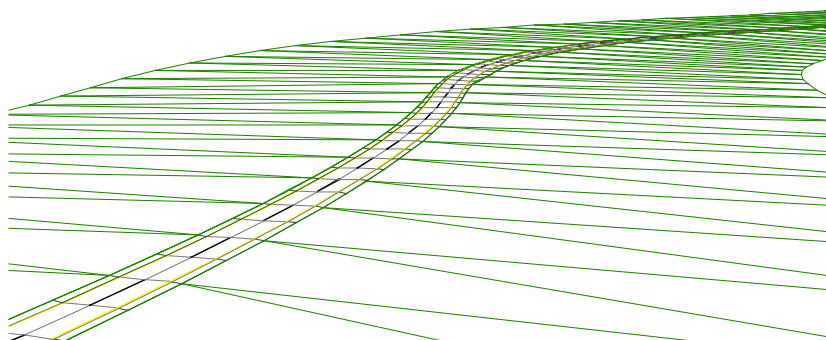
Slika 24: Situacija obstoječega stanja v Mrtvicah



Slika 25: pogleda na obstoječe stanje z višine 250 m



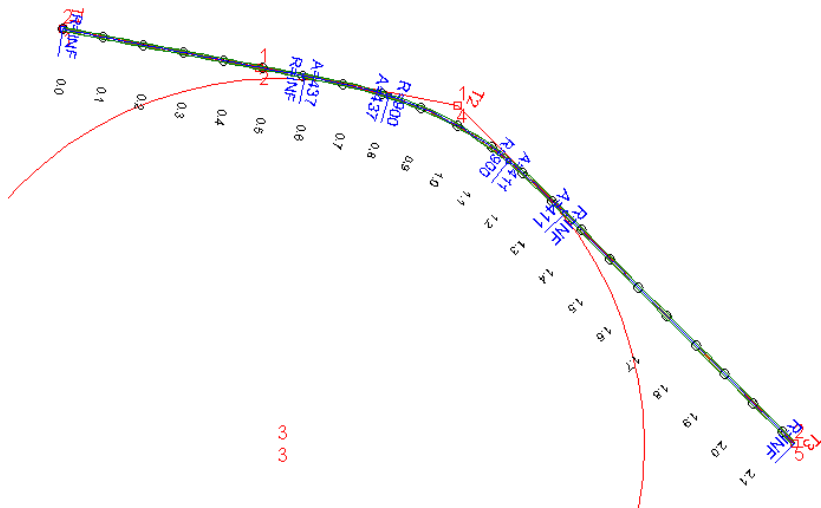
Slika 26: pogleda na obstoječe stanje z višine 250 m



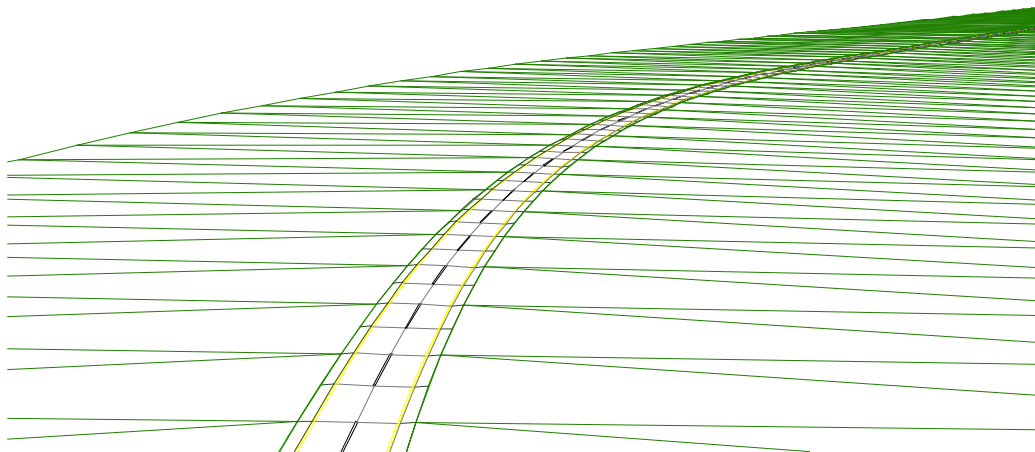
Slika 27: pogleda na obstoječe stanje z višine 250 m

Nova rešitev:

Predlog izboljšave obstoječega poteka trase je, sprememba tlorisnega poteka osi iz dveh "S" krivin v enotno krivino, kar bi tudi dopuščale razmere v naravi, brez večjega posega v okolje.



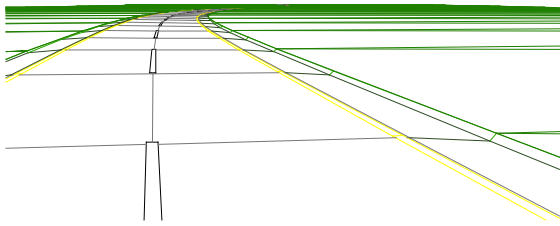
Slika 28: Situacija novo stanje



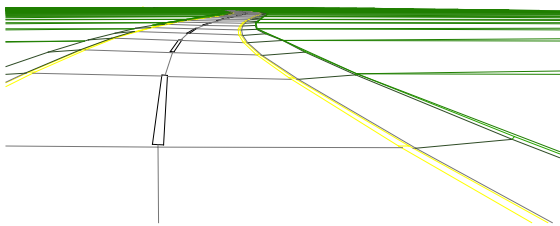
Slika 29 : Pogled na cesto z višine 250 m

Primerjava obstoječega stanja in novega stanja z vidika voznika

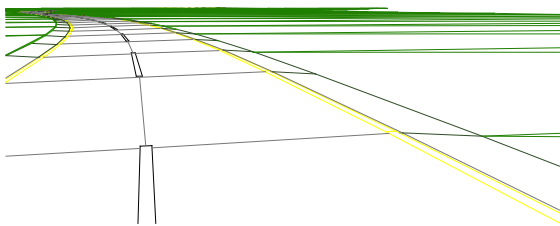
Obstoječe stanje:



Slika 30: Profil 26

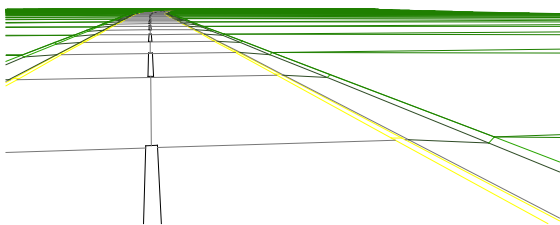


Slika 31: Profil 33

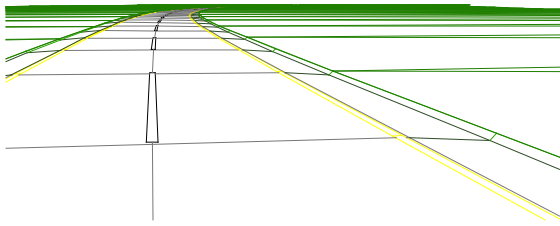


Slika 32: Profil 46

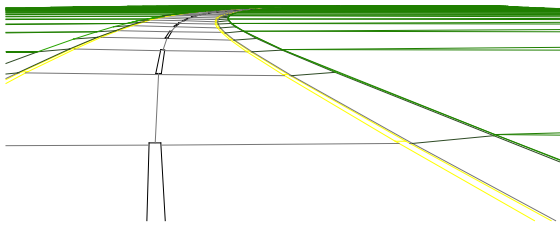
Novo stanje:



Slika 33: Profil 26

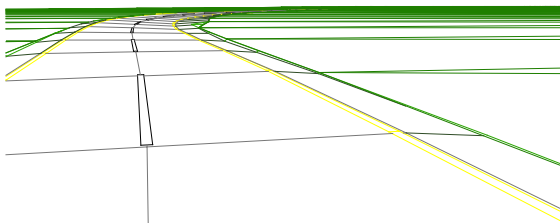


Slika 34: Profil 33

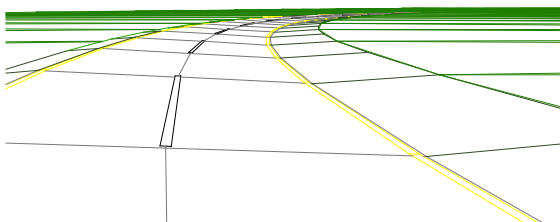


Slika 35: Profil 46

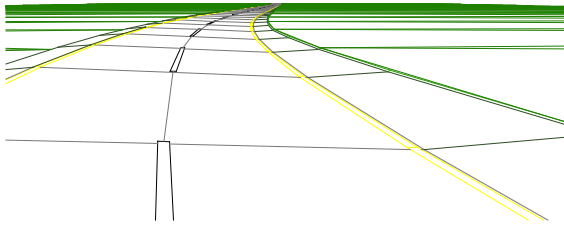
Obstoječe stanje



Slika 36: Profil 54

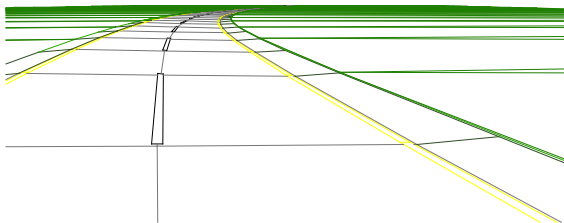


Slika 37: Profil 59

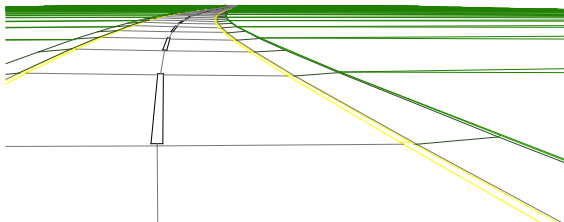


Slika 38: Profil 66

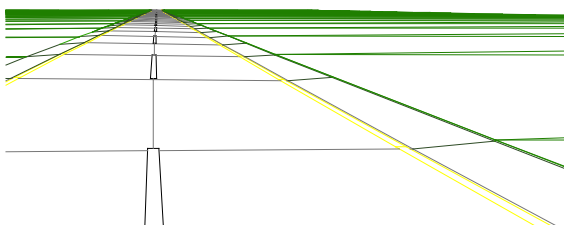
Novo stanje:



Slika 39: Profil 54



Slika 40: Profil 59



Slika 41: Profil 66

Ugotovitve:

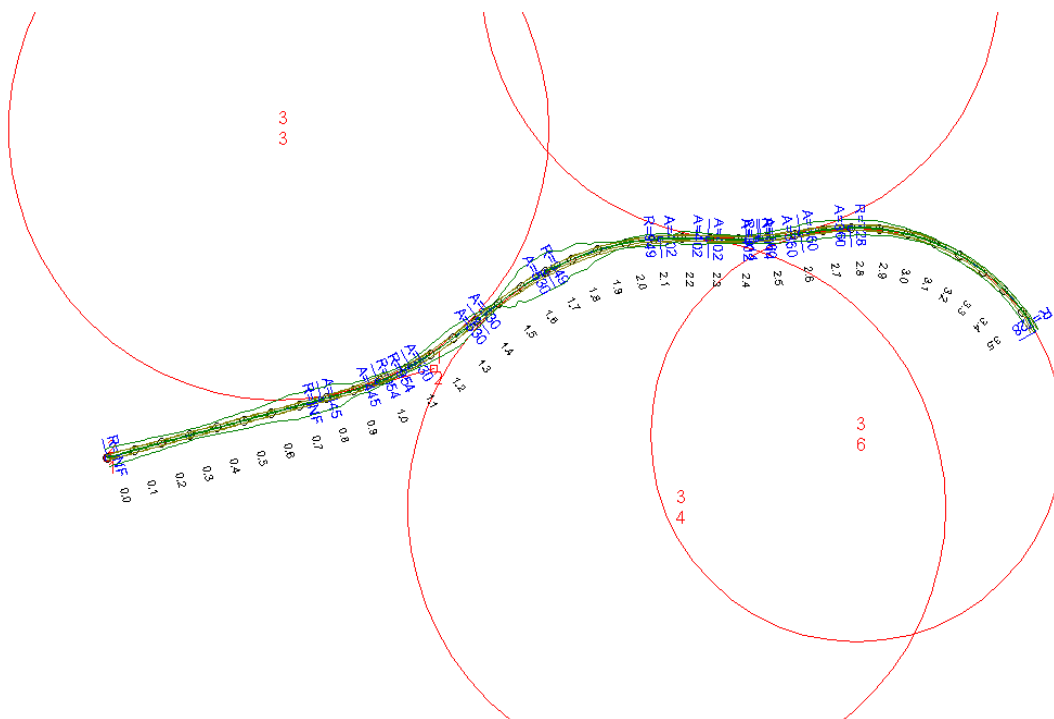
- - Obstoječi stanje poteka tlorsne osi ima neugodno sosledje elementov, kjer je razmerje
- - sosednjih polmerov velikosti 1:2.3, namesto 1:1.3, kot naj bi bilo po pravilniku.

- - Dolžine lokov so krajše kot jih predpisuje predpisuje čas vožnje po njih, pri hitrosti ki je običajno večja od projektne hitrosti.
- - Dolžina prehodnice je bistveno daljša od dolžine krožnega loka, namesto da bi bile enake dolžin kot je dolžina krožnega loka.
- - Zaradi dobre horizontalne preglednosti ceste in neprimernega sosledja elementov, vozniki običajno preidejo iz svojega voznega pasu, če ni nasprotno vozečega prometa.

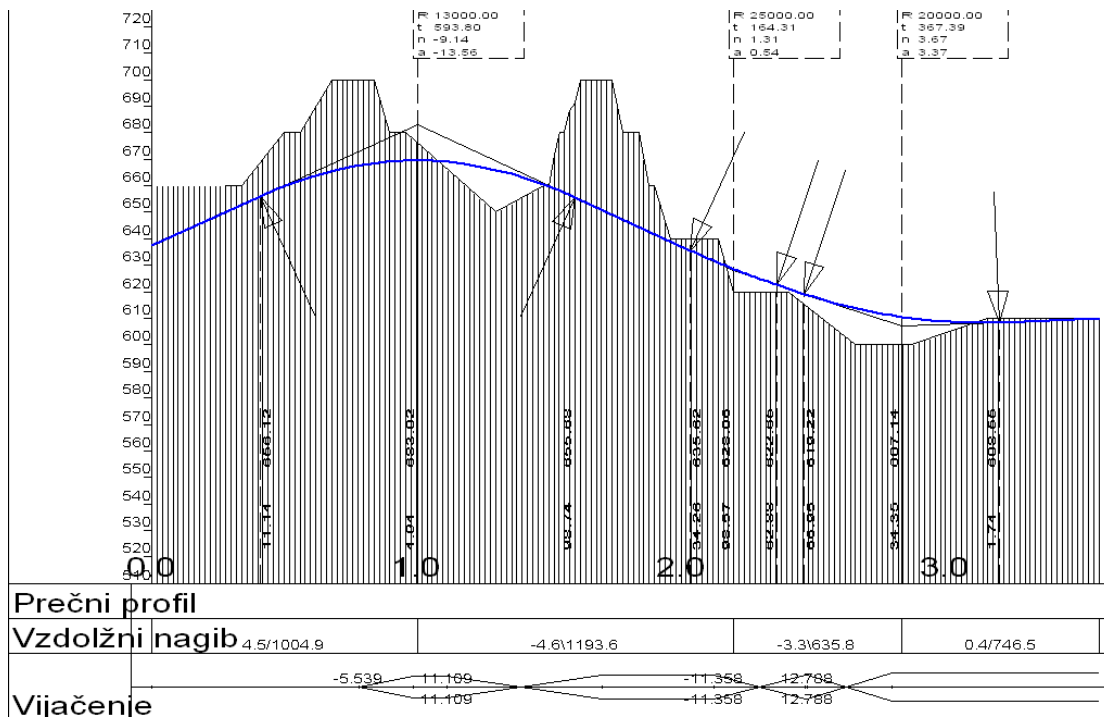
7.3 Razdrto

Pri večji hitrosti po Avtocest na odseku med Razdrtim in Senožečam na pododseku Goli vrh vozniku iz vidnega polja, za krajši trenutek izgine vozišče v smeri vožnje oziroma nima zveznega pogleda na robove voznega pasu. Razlog za ta pojav so negodno sosledje horizontalnih krivin in premajhen polmer vertikalne zaokrožitve, kateri odgovarjajo za projektno hitrost.

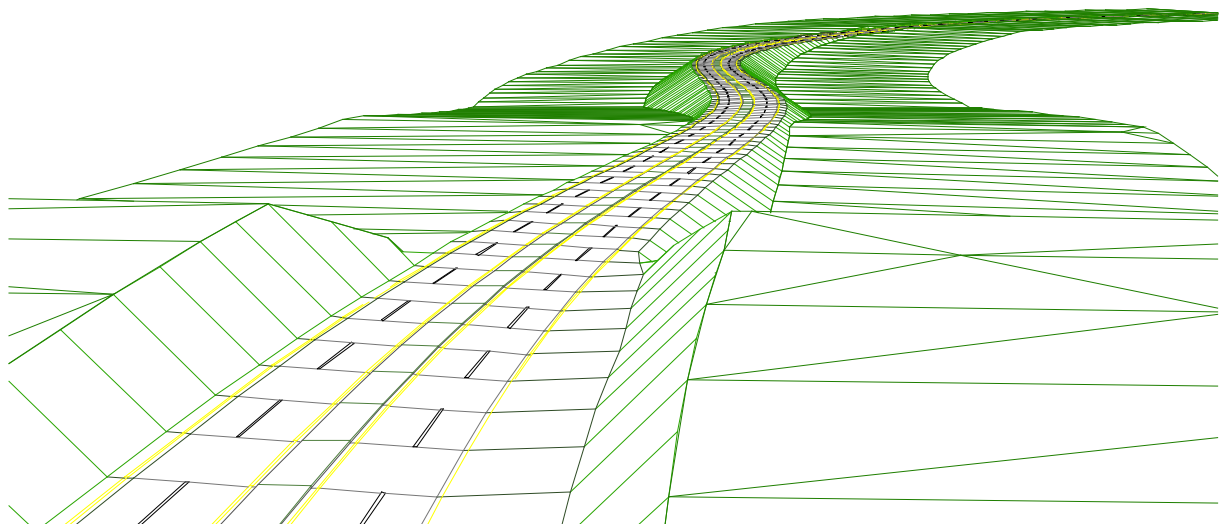
Obstoječe stanje:



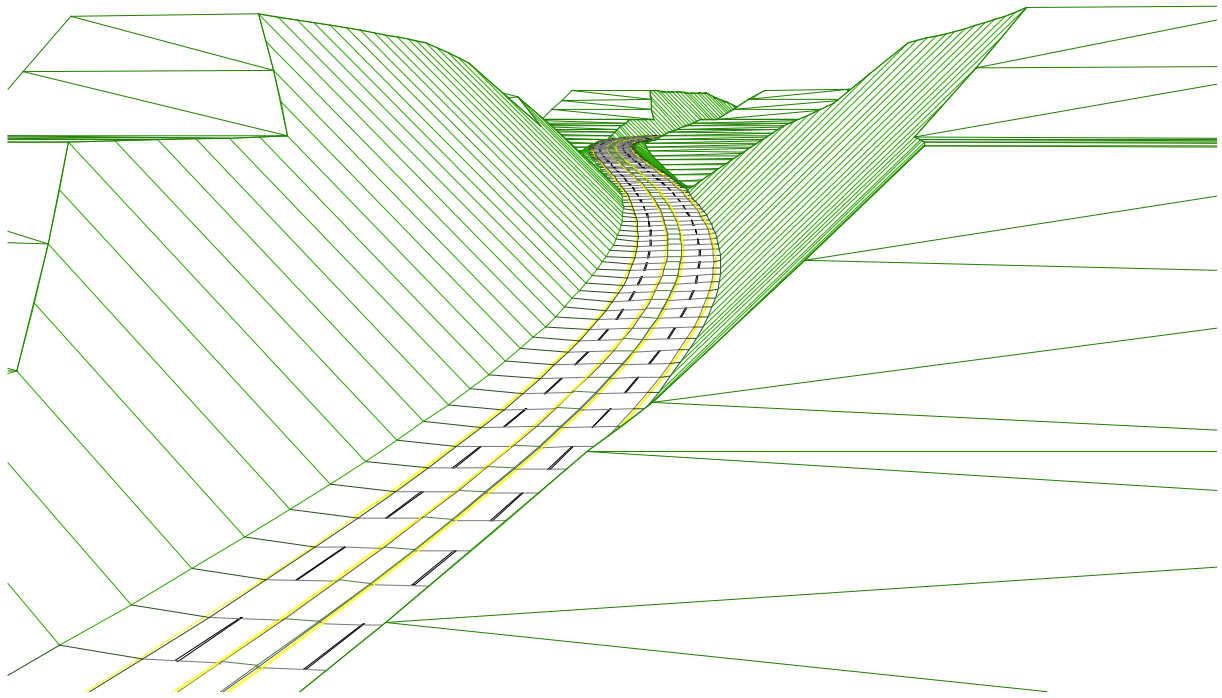
Slika 42: Situacija obstoječega stanja na AC Senožeče- Razdrto



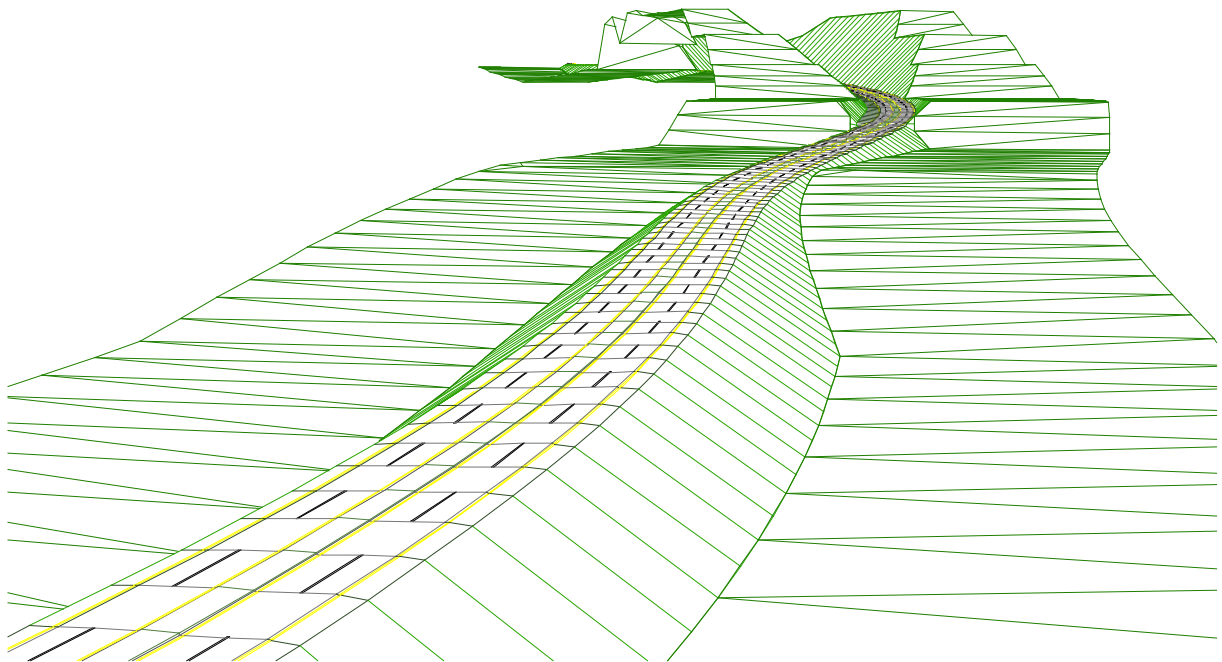
Slika 43:Obstoječi vzdolžni profil AC Senožeče- Razdrto



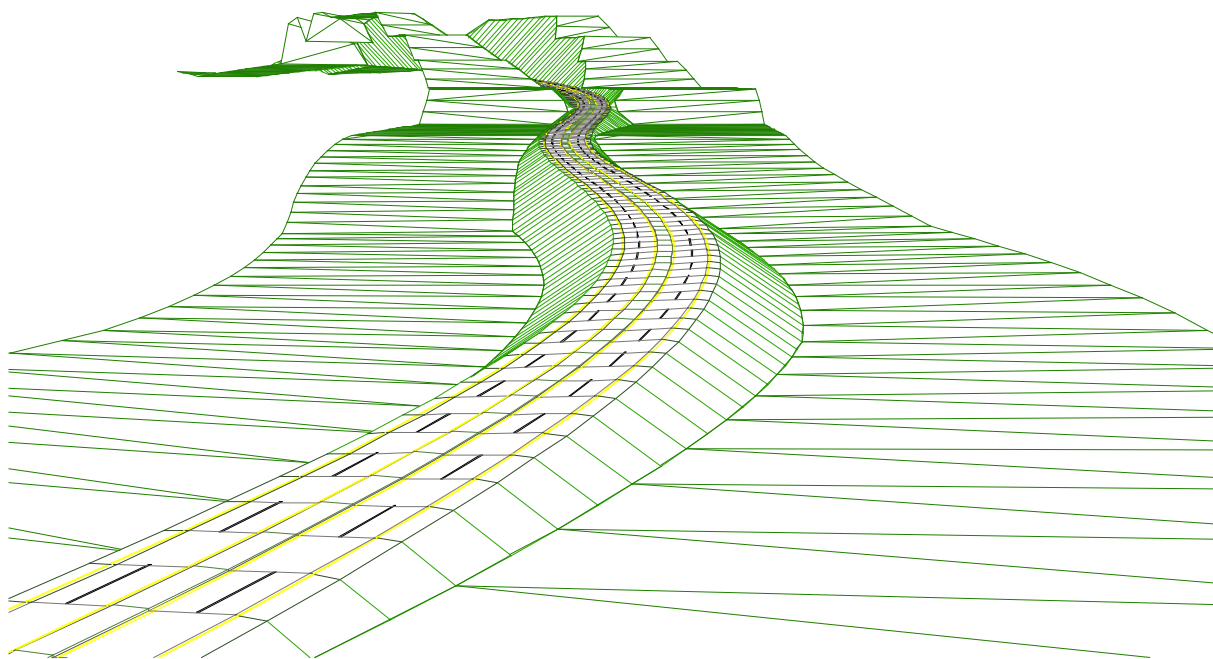
Slika 44: pogled v smeri vožnje proti Razdrem na obstoječe stanje z višine 250 m



Slika 45: pogled v smeri vožnje proti Senožečam na obstoječe stanje z višine 250 m



Slika 46: pogled v smeri vožnje proti Senožečam na obstoječe stanje z višine 250 m

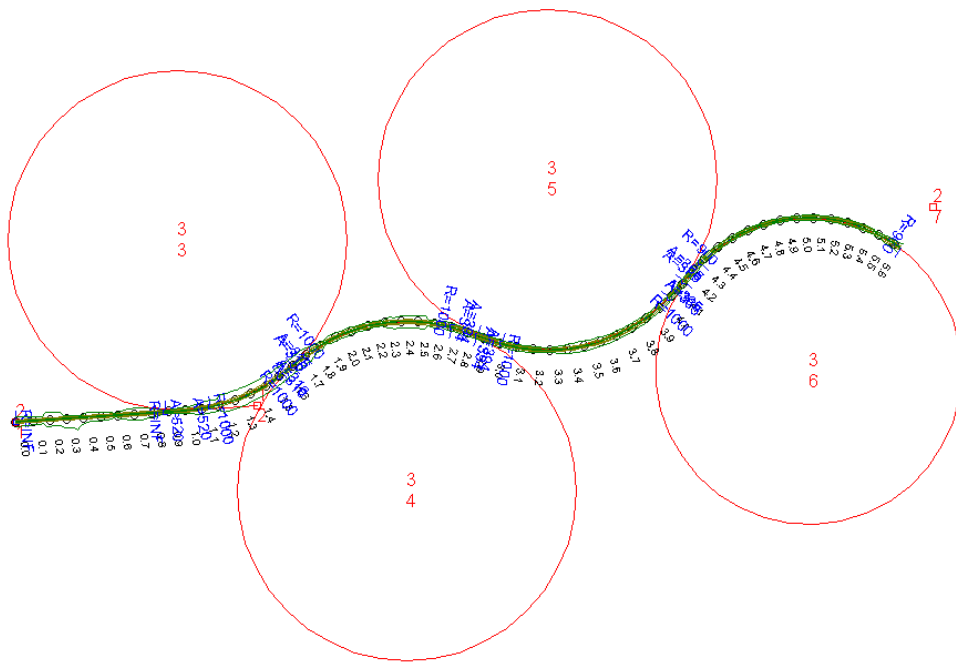


Slika 47: pogled v smeri vožnje proti Senožečam na obstoječe stanje z višine 250 m

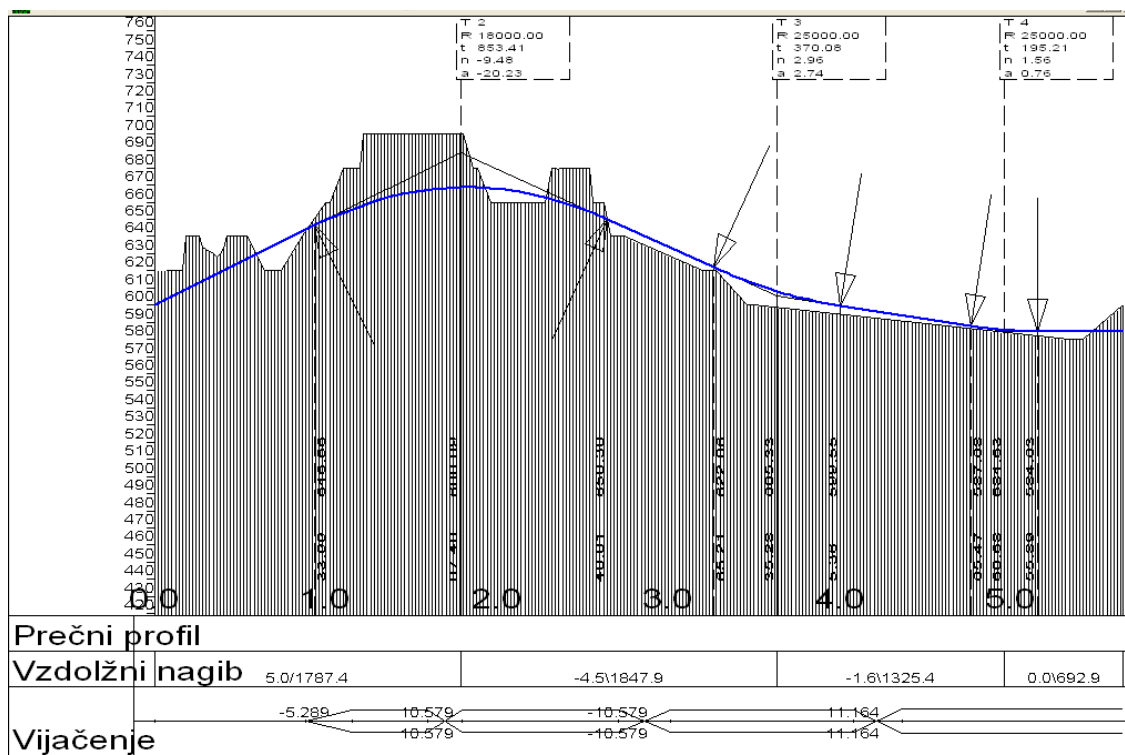
Novo stanje:

Predlog izboljšave vključuje spremembo tlorisnega poteka osi in povečanje vertikalne zaokrožitve, da je omogočena preglednost za hitrosti večje od projektne.

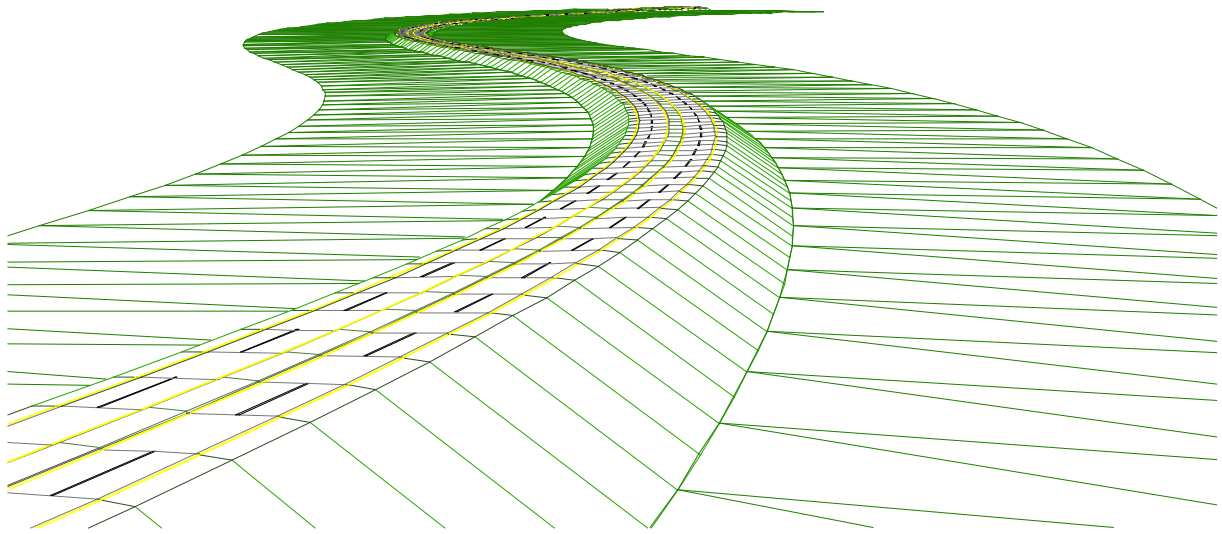
Korekcija tlorisnega poteka obsega spremembo dolžine prehodnic in radijev. Korekcija niveletnega poteka trase pa zajema povečanje konveksne vertikalne zaokrožitve.



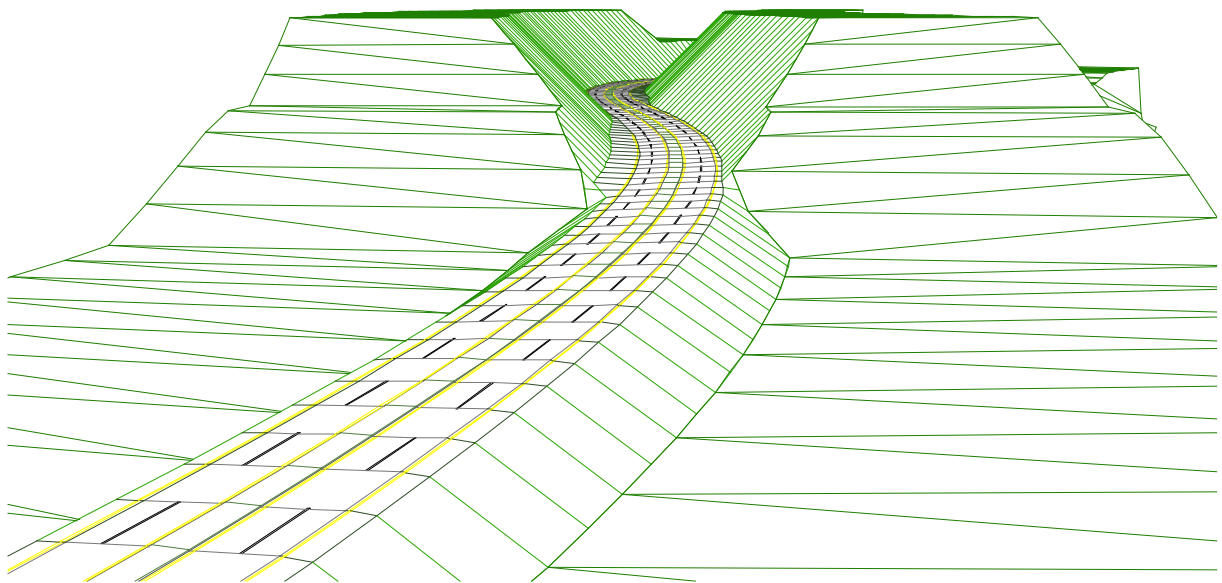
Slika 48: Situacija novega stanja



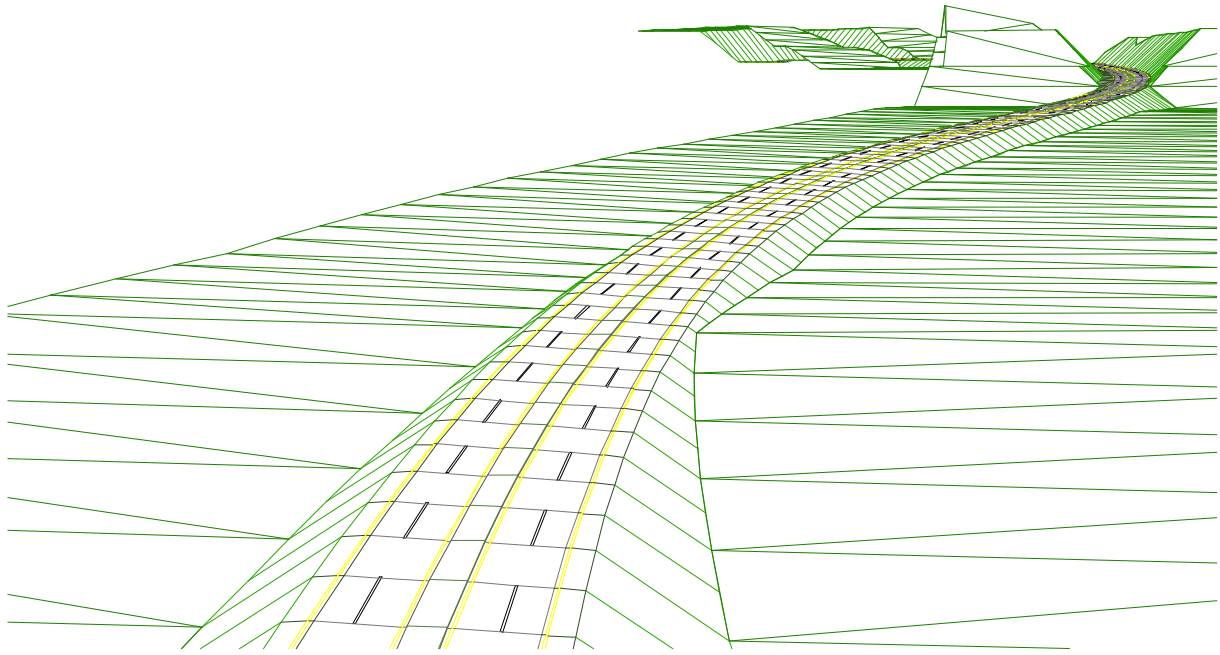
Slika 49: Novi vzdolžni profil



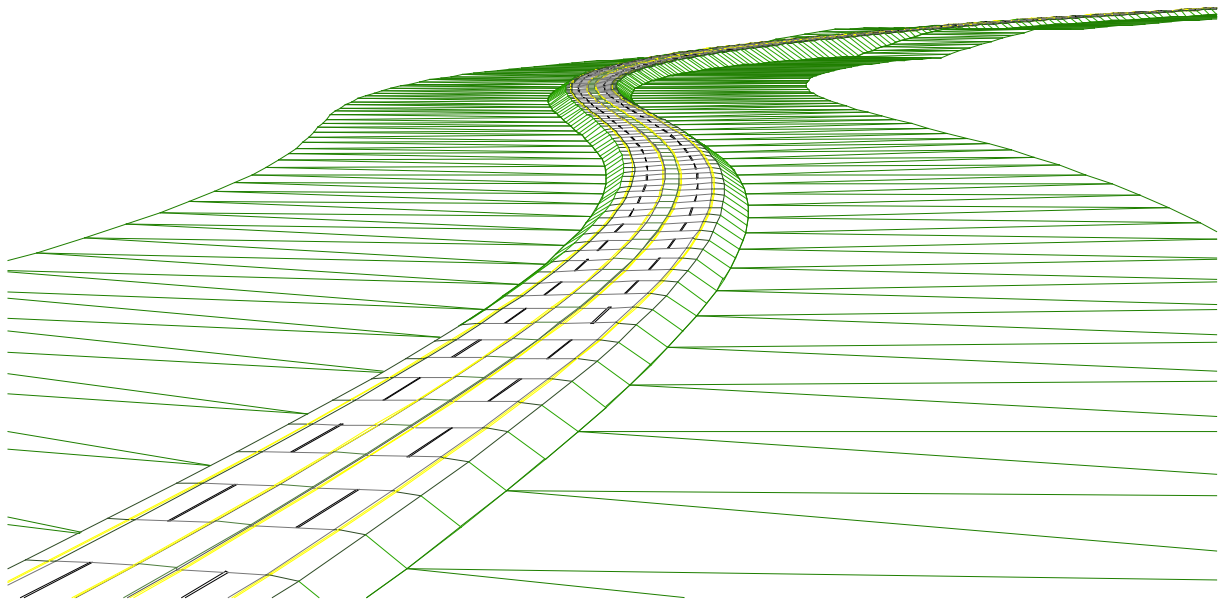
Slika 50: pogled v smeri vožnje proti Razdrtem na novo stanje z višine 250 m



Slika 51: Pogled v smeri vožnje proti Senožecam na novo stanje z višine 250 m



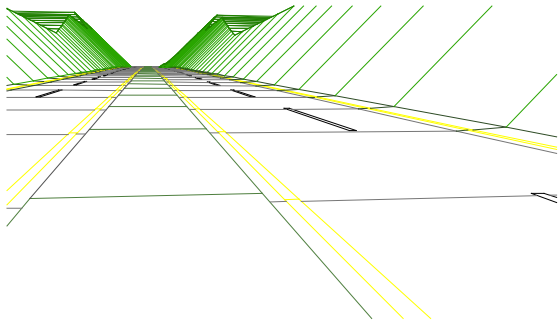
Slika 52: pogled v smeri vožnje proti Senožečam na novo stanje z višine 250 m



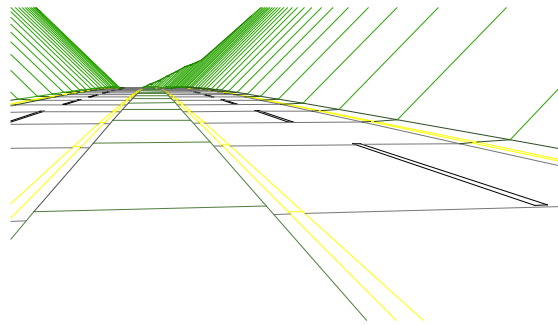
Slika 53 : pogled v smeri vožnje proti Senožečam na novo stanje z višine 250 m

Primerjava obstoječega stanja in novega stanja z vidika voznika

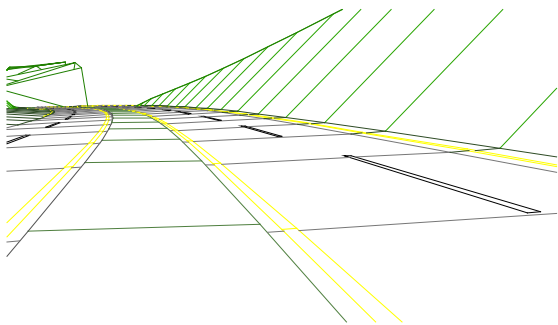
Obstoječe stanje



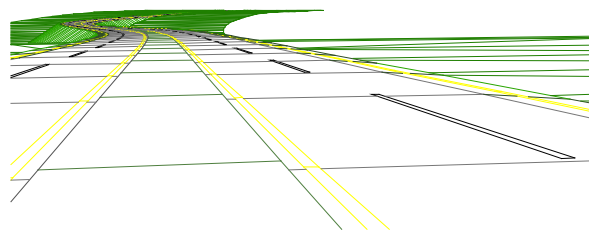
Slika 54: Profil 11



Slika 55: Profil 31

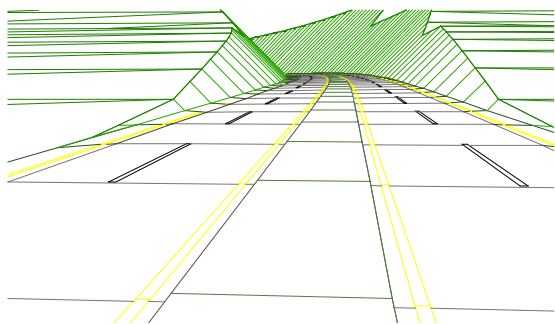


Slika 56: Profil 46

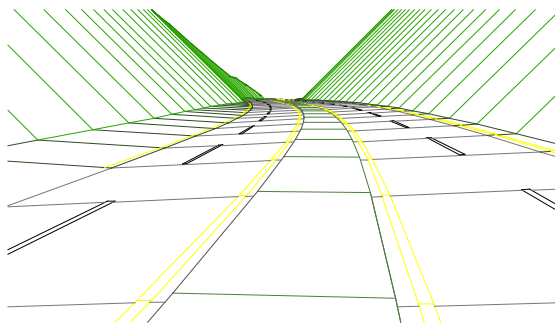


Slika 57: Profil 113

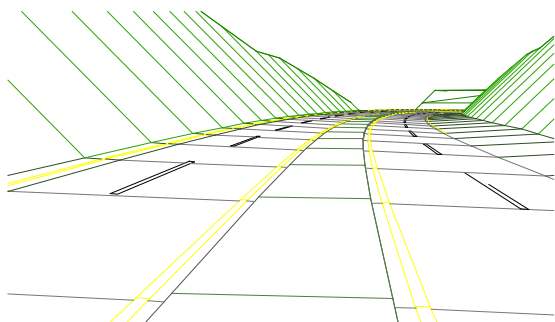
Novo stanje



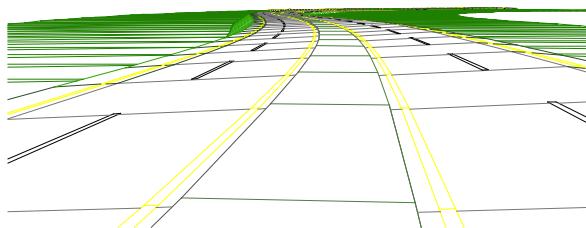
Slika 58: Profil 11



Slika 59: Profil 31



Slika 60: Profil 46



Slika 61: Profil 113

Ugotovitve:

- - Obstoječe stanje poteka tlorisne osi ima neugodno sosledje elementov.
- - Z povečanje vertikalne konkavne zaokrožitve in primernim sosledjem horizontalnih elementov se bistveno pridobi na preglednosti.

- - Zaradi krajših dolžin prehodnic in večjih dolžin radijev ter ugodnejše konkavne zaokrožitve se z novo rešitvijo porazgubi neugoden učinek, ko za trenutek izgine trasa iz vidnega polja voznika.
- - Dolžine prehodnice, ki niso v pravilnem sorazmerju z dolžinami krožnih lokov, vplivajo izrazito neugodno na vizualno zaznavanje trase.
- - S korekcijo poteka se zagotovi stalno videnje robov ceste.

8 Zaključek

Oblikovanje trase ceste določajo geometrijski elementi ceste, ki so prilagojeni pogojem topografije terena, vozni dinamiki in prometni ureditvi ceste, krajinskim vendutam, klimatskim razmeram ter psihološkim vplivom na voznika in potnike

Pri projektiranju trase se mora v največji možni meri upoštevati predpisane dimenzije elementov ceste, da se omogoči dinamiko vožnje, ki je običajno določena s prometno funkcijo ceste.

Vodenje trase pomeni oblikovno vključitev trase v naravno in bivalno okolju, da je omogočeno uporabnikom ceste, na osnovi vizualnega vodenja in psihološkega po doživljanja poteka vozišča, zagotoviti varno vodenje vozila in opazovanje bližnje in daljne okolice ceste.

Pri oblikovanju ceste je potrebna ustrezna izbira sosledja dimenzij elementov osi, ki so prilagojeni prečnemu profilu cestišča, poteka izven ali v naselju, da so čim manj moteči vplivi obcestne krajine voznika in prometno varnost.

Poleg vozno dinamičnih vplivov na voznika, je tudi zelo pomembna optika ceste, ker vpliva na dobro zaznavanje elementov ceste z dogodki na in ob vozišču.

Za boljše razumevanje teoretičnih določil projektiranja in vizualnega zaznavanja trase, so v nalogi predstavljeni trije primeri neustreznega vodenja trase na obstoječih cestnih odsekih.

Iz posameznega obdelanega primera je možno ugotoviti, da bi projektant z nekoliko večjimi strokovnimi in osebnimi občutki, predvidel za voznika vizualno ugodnejši potek ceste. V zagovor projektantu pa je potrebno tudi omeniti, da so ga v obstoječe rešitve verjetno gnali prostorske omejitve ali ekonomika gradnje.

VIRI

Juvanc, A. s sodelavci. 2005. Geometric and tehcnical road elements, volum 2. Ljubljna, DDC: 34 str

Juvanc, A. s sodelavci. 2003. Predlog TSC Geometrijski elementi cestne osi in vozišča. Ljubljana, RS Ministrstvo za promet: 76 str.

Juvanc, A. s sodelavci. 2003. Predlog TSC Temeljni pogoji za določanje cestnih elementov v odvisnosti od voznodinamičnih pogojev, ekonomike cest, prometne obremenitve in prometne varnosti ter preglednosti. Ljubljana, RS Ministrstvo za promet : 55 str.

Lipar, P. 1998. Vizulano vodenje cestne osi in geometrijsko oblikovanje obcestja. Doktorska disertacija,. Ljubljana. Univerza v Ljubljani. FGG: 143 str

Horvat, A. 1994. Biotehnično utrjevanje in zavarovanje cestnih brežin. Mednarodni seminar Oblikovanje Avtocestnega prostora, Portorož december 1994 Zavod RS za prostorsko planiranje:138 str.

Gabrijelčič, P. , Gruev, M. 2001. Oblikovanje Avtocestnega in cestnega prostora. Ministrstvo za promet in zveze DARS-Družba za avtoceste RS, Ljubljana: 130 str

Katanić, J., Andjus, V., Maletin, M. 1983. Projektovanje puteva. IRO Građevinska knjiga Beograd, Građevinski fakultet Univerza u Beogradu, Beograd: 428 str.

Pravilnik o temeljnih pogojih, ki jih morajo izpolnjevati javne ceste in njihovi elementi zunaj naselja s stališča prometne varnosti. UL SFRJ Junij 1981 številka 35.

Pravilnik o projektiranju cest.UL Republike Slovenije 14.10.2005 št. 91

Lorenz, H. 1980 Projektovanje i trasiranje puteva i avtoputeva. IRO Građeviska knjiga Beograd, Beograd: 440 str.

<http://www.fhwa.dot.gov/eihd/>. (6.6.2005)

<http://kremen.arso.gov.si/nvatlas> (10.2.2006)

Foto: Tadej Berčič