

Univerza
v Ljubljani
Fakulteta
*za gradbeništvo
in geodezijo*

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



Visokošolski program Gradbeništvo,
Prometnotehnična smer

Kandidatka:
Polonca Križmančič

Urejanje cest po sistemu "2 + 1"

Diplomska naloga št.: 216

Mentor:
doc. dr. Alojzij Juvanc

Ljubljana, 27. 2. 2006

IZJAVE O PREGLEDU NALOGE

Nalogo so si ogledali učitelji prometne smeri.

IZJAVA O AVTORSTVU

Podpisana POLONCA KRIŽMANČIČ izjavljam, da sem avtorica diplomske naloge z naslovom : » **UREJANJE CEST PO SISTEMU 2+1**«.

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

Ljubljana,

BIBLIOGRAFSKO – DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK

UDK: 656.11 (043.2)

Avtor: Polonca Križmančič

Mentor: doc.dr. Alojz Juvanc

Naslov: Urejanje cest po sistemu »2+1«

Obseg in oprema: 81 str., 17 pregl., 41 sl., 13 en.

Ključne besede: rekonstrukcija, novo gradnja, oblika ceste sistema »2+1«.

Izvleček

Diplomsko delo obravnava prikaz uporabe sistema cest »2+1«. V uvodnem delu je podan splošni opis prečnega prereza sistema ceste »2+1«. Namen izgradnje ali rekonstrukcije obstoječih cest je prikazan iz vseh vidikov pomembnih za odločanje o uporabi sistema cest »2+1« to pa so propustnost, ekonomičnost, prometna varnost in splošni okolje varstveni vplivi, kar sledi v nadaljevanju.

Nadalje je podan prikaz uporabe omenjenega sistema po nemških, švedskih in srbskih izkušnjah ter podana primerjava med vsemi tremi sistemi, njihove posamezne slabosti in prednosti.

Primerjava vseh treh sistemov pokaže, da je sistem cest »2+1« optimalna rešitev za tista področja, kjer ne pride v poštev izgradnja avtocestnega sistema oz. 4 ali več pasovnic.

Ob zaključku naloge je s prikazanim izračunom računalniške simulacije, na osnovi različnih vrednosti (gostote prometa, deleža tovornih vozil, vzpona ceste) prikazano, da so bojazni zaradi nastajanja zastojev na kritičnih mestih – zaključevanje dodatnega pasu, odveč, ker so vrednosti hitrosti po računalniški simulaciji pokazale, da se ne zmanjšujejo na tisto kritično točko, ki bi povzročila zastoje. Zato se sistem priporoča tudi za področje Slovenije, glede na povečano tranzitnost naše države.

BIBLIOGRAFSKO – DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK

UDC: 656.11 (043.2)

Author: Polonca Križmančič

Supervisor: doc.dr. Alojz Juvanc

Title: Road regulation according to the »2+1« system

Notes: 81 str., 17 pregl., 41 sl., 13 en.

Key words: reconstruction, new construction, road shape according to the system »2+1«

Abstract

My graduate work surveys road usage according to the »2+1« system. In the introduction there is a general description of transverse section of the road according to the »2+1« system. The aim of construction or reconstruction of the existing roads is shown from all perspectives relevant for decisions regarding the usage of this system: permeability, economy, traffic safety and general environmental influences.

This is followed by a review regarding the usage of this system in Germany, Sweden and Serbia. All three systems are compared – their pros and cons. This analysis reveals that the »2+1« system is an optional solution for areas where a 4- or more band highway is out of the question. At the end of my graduate work there is a calculation of a computer simulation based on various parameters (traffic density, percentage of transport vehicles, road inclination). It is obvious that there is no fear of congestions at critical points (closing of the additional band), because the computer simulation showed that the speed at those points is not reduced under the critical value. So the system is recommended for Slovenia as well, regarding the rise of transit traffic in our country.

ZAHVALA

Za pomoč pri nastajanju diplomske naloge se iskreno zahvaljujem mentorju doc. dr. A. Juvanc in Robertu Rijavcu, ter vsem na katedri, ki so mi pomagali.

KAZALO VSEBINE

1	UVOD	1
2	NAMEN CEST SISTEMA »2+1«	2
3	KAJ JE CESTA SISTEMA »2+1«	3
3.1	Opis prečnega prereza sistema »2+1«, z minimalnimi dimenzijami	3
3.2	Različne oblike prečnih profilov na eno voziščni cesti 3.2	4
3.3	Prikaz prečnega prereza sistema ceste »2+1«	5
4.0	OPIS UREJANJA CEST SISTEMA » 2+1«, V NEMČIJI	7
4.1	Splošni pogoji, potrebni pri določanju velikosti in obliki normalnega prečnega profila	7
4.2	Določanje podatkov potrebnih pri izbiri in dimenzioniranju NPP	13
4.2.1	Uvoz na cesto sistema »2+1«	15
4.2.2	Določitev normalnega prečnega profila ceste	25
4.2.3	Vzdolžni nagib voznih pasov	27
5.0	OPIS DIMENZIONIRANJA SISTEMA CEST »2+1«	31
5.1	Določanje vrednosti, potrebnih pri urejanju cest sistema »2+1«	31
5.2	Določanje sestave vozil, v posamezni zgoščeni skupini prometa	33
5.3	Določevanje dolžin posameznih zgoščenih skupin prometa	34
5.4	Prehitevalni model	36
5.5	Vzponi na cesti	42
5.6	Ukrivljenost ovinka, kot pomemben element za neovirano prehitevanje	43
5.7	Določanje prometna gostote	44
6.0	DODATNI VOZNI PASOVI	47
6.1	Meje uporabnosti dodatnih voznih pasov na vzponih	47
6.1.1	Pomembno pri gradnji dodatnih voznih pasov na vzponih	47
6.2	Dodatni vozni pas, na padajočem delu vzpona	49
6.3	Oblikovanje pasu na cesti z enim voziščem	50
6.4	Razširitev vozišča	50
6.5	Zožitev vozišča	50
6.6	Področje vzpona	50
7.0	VODENJE PROMETA	52
7.1	Načelo	52
7.2	Vodenje prometa na cesti z dodatnim pasom	53
7.3	Kritična mesta na cesti sistema »2+1«	54

8.0	UGOTOVITVE	57
8.1	Vozna hitrost tovornih vozil, merjena brez pospeševanja	57
8.2	Predpostavke	57
8.3	Kdaj se lahko pri prenovi ceste, uporabijo že obstoječi vozni pasovi	57
8.4	Na novo narejen dodatni pas	58
8.5	Primer dimenzioniranja dodatnega pasu na vzponu	58
9.0	PROMETNA VARNOST	60
9.1	Določanje ocene prometnih stroškov	60
9.2	Opravičljivost stroškov izgradnje cest sistema »2+1« v primerjavi s stroški nastalih, kot posledica prometnih nesreč	63
10.0	OPIS CEST SISTEMA »2+1«, NA ŠVEDSKEM	66
10.1	Sprememba ceste s širino vozišča 13m, v sistem cest »2+1«	67
10.2	Opis oblike vozišča na cesti sistema »2+1«	67
10.3	Dimenzije posameznih elementov na vozišču, ceste sistema »2+1«	69
10.4	Ugotovitve primerjav prometnega toka, pred in po izgradnji »2+1«	70
10.5	Ugotovitve z vidika prometne varnosti	71
10.6	Vmesna varovalna ograja	71
10.7	Finančni stroški	72
11.0	OPIS CEST SISTEMA »2+1« V SRBIJI	73
11.1	Za izdelavo ceste M-2, (sistem »2+1«)	75
11.2	Varnost prometa	76
11.3	Postopek določevanja dodatnega pasu »tvd«	78
11.4	Dimenzije na cestah sistema »2+1«	78
12.0	ZAKLJUČEK	80

KAZALO SLIK

- Slika 1 : Oblika prečnega profila ceste sistema »2+1«
- Slika 2 : Različne oblike in velikosti normalnih prečnih prerezov (RQ). Slike so povzete iz Nemških predpisov za ceste št. 40/1998, (RAS – Q)
- Slika 3 : Prečni prerez ceste sistema »2+1«, ki je postavljen na viaduktu
- Slika 4 : Dimenzije prečnega profila RQ 10,5 z dodatnim pasom
- Slika 5 : Dimenzije prečnega profila RQ 10,5 z dodatnim pasom
- Slika 6 : Prikaz Normalnega prečnega profila RQ 11, ki je na posameznih odsekih ceste, razširijo Vozišče zaradi dodajanja pasu.
- Slika 7 : Prikaz Normalnih prečnih profilov RQ 15 in RQ 11+Z, ki sta v Nemčiji tropasovnici
- Slika 8 : Prikaz urejanja voznih pasov na cestah RQ 15 in RQ 11+Z.
- Slika 9 : Dimenzije sestavnih delov prečnega prereza ceste.
- Slika 10: Prikazuje izvedbe pobočij.
- Slika 11 : Prikazuje določitev oblike in velikosti prečnega prereza ceste na osnovi prometne gostote. Za izvedbo cest sistema »2+1«, ki so v Nemčiji določene kot NPP, (RQ 9,5, RQ 10,5, RQ 15,5), mora biti gostota vozil velikosti 7.000 – 19.000 voz./24h.
- Slika 12 : Prikazuje izračun povečanega faktorja F, za prihodnost, v Nemčiji do leta 2015. Dobljen je na osnovi štetja tovornega prometa in z njim določamo gostoto prometa za prihajajoča leta.
- Slika 13 : Prikazuje diagram za določanje povprečne hitrosti vozil (km/h), ki je odvisna od gostote prometa (št. vozil/h). Ta nas zanima za cesto prečnega profila RQ 15,5, na vzponu razreda 1. in okrivljenosti ovinka 0 – 75 gon/km.
- Slika 14 : Prikazuje diagrame odvisnosti med povprečno hitrostjo vozil in gostoto prometa, ki so odvisni še od ukrivljenosti ovinka in strmine vzpona podane v Preglednici 4
- Slika 15: Prikazuje diagram razmerja med hitrostjo vozil (km/h) in gostoto prometa Q (voz./h).
- Slika 16 : Prikazuje korigirano shemo razlik v hitrosti $\Delta V_{k,i}$ (km/h), ki se pojavijo zaradi različnih velikosti vzponov.
- Slika 17 : Prikazuje primer prereza ceste po odsekih, ki je potreben pri računanju
- Slika 18 : Prikazuje primer folmularja, ki podaja vse podatke, ki so potrebni pri načrtovanju cestnega odseka tropasovnice.
- Slika 19 : Prikazuje kritično površino odseka ceste, zaradi zaključevanja dodatnega pasu.
- Slika 20 : Prikazuje kritična mesta, na cesti sistema »2+1«, ki se zgodijo zaradi menjave voznih pasov iz 2→1.
- Slika 21 : Prikazuje nekritično površino odseka ceste, zaradi zaključevanja dodatnega pasu
- Slika 22 : Prikazuje nekritična mesta, na cesti sistema »2+1«, ki se zgodijo zaradi menjave voznih pasov iz 1→2.
- Slika 23: Prikazuje diagram za določanje deleža vozil v koloni.
Delež vozil se določi na osnovi medsebojne odvisnosti med velikostjo prometne gostote M (voz./h · Ri), pri čemer oznaka (Ri) pomeni dolžina enopasovnega odseka ceste.
- Slika 24 : Prikazuje diagram ocenjevanja dolžine kolone vozil pri dani prometni gostoti, številu tovornih vozil in dolžini enopasovnega odseka na mestu zaključevanja.
Uporabi se 85% delež vrednosti, zaradi nevarnosti predimenzioniranja dvopasovnega odseka
- Slika 25 : Shema, prehitevalnega modela za določanje dolžine dvopasovnega odseka ceste

KAZALO SLIK

- Slika 26: Prikazuje diagram za določanje dolžine odseka ceste na strani vozišča, kjer je dvojni vozní pas. Dolžino določimo s pomočjo št. vozil v koloni, v odvisnosti z doseženo hitrostjo vodilnega vozila v koloni
- Slika 27 : Prikazuje primer odčitavanja potrebne dolžine dvopasovnega odseka ceste, za pričakovane podatke.
- Slika 28 : Prikaz in opis Nomograma
- Slika 29 : Prikazuje urejenost cestnih odsekov na tropasovni cesti, za izračunani promet.
- Slika 30 : Diagram, za določevanje hitrosti na posameznem odseku ceste.
Hitrost odčitamo na osnovi dolžine (m) in nagiba v (%) cestnega odseka
- Slika 30 : Diagram, za določevanje hitrosti na posameznem odseku ceste.
Hitrost odčitamo na osnovi dolžine (m) in nagiba v (%) cestnega odseka.
- Slika 31 : Prikazuje diagram za odčitavanje faktorja c, kateri je odvisen od prometne gostote počasnejših vozil in oblike prečnega profila ceste.
- Slika 32 : Prikazuje načrt poteka odseka ceste, ki zajema naklone vzponov v (%) in dolžine posameznih odsekov ceste v (m).
- Slika 33 : Prikazuje odsek ceste z dodatnim pasom na cesti z enim voznim pasom.
- Slika 34 : Prikazuje prometne table za vodenje prometa.
- Slika 35 : Kritičen in nekritičen odsek ceste pri prehodih pasov iz 2 na 1 in 1 na 2.
- Slika 36 : Oblikovanje ceste na območju križišča.
- Slika 37: Prikazuje oblikovanje pasov ceste sistema »2+1«, v nivojskem križišču.
- Slika 38 : Prikazuje dolžino dodatnega pasu, ki je odvisna od hitrosti vozil na vzpenjajočem delu ceste.
- Slika 39 : Prikazuje velikosti stroškov zaradi prometnih nesreč na različnih cestnih prečnih profilih.
- Slika 40 : Prikazuje dolgoročne stroške nesreče (UKL), kateri so odvisni od povprečnega dnevnega prometa, za vsak posamezni odsek ceste (DTV).
- Slika 41: Diagrama, prikazujeta število prometnih nesreč, ki so se pripetile na sistemu cest »2+1«, B 33 in B 471. Temnejše obarvan stolpec prikazuje število nesreč, ki so se zgodile na uvoznem delu ceste »2+1«. Svetleje obarvan stolpec, prikazuje skupno število vseh nesreč, ki so se zgodile na cesti »2+1«.
- Slika 42: Diagrama, Prikazujeta št. prometnih nesreč tovornih vozil, na sistemu cest »2+1«. Temneje obarvan stolpec prikazuje št. nesreč, ki so se zgodile na uvoznem delu ceste »2+1«. Svetleje obarvan stolpec, prikazuje skupno št. vseh nesreč, ki so se zgodile na cesti »2+1«.
- Slika 43 : Rekonstrukcija, ceste sistema »2+1« na Švedskem
- Slika 44 : Sistem ceste »2+1«, z vmesno ograjo na Švedskem
- Slika 45 : Odsek ceste izmenjave pasov
- Slika 46 : Prikazuje diagram gostote prometnega toka (voz./h) pri različnih hitrostih (km/h), merjeno na začetku enega voznega pasu.
- Slika 47 : Oblika in dimenzije ceste sistema »2+1«.
- Slika 48 : Slika A : Označevanje ceste sistema »2+1«, na kritičnem in nekritičnem delu pri menjavi pasov.
Slika B : Izvennivojsko križišče na uvozu in izvozu vozil.
- Slika 49 : Diagram odvisnosti med prometnimi nesrečami in s tem povezani stroški.
- Slika 50 : Diagrama za določitev nagiba odvisnega od št. tovornih vozil (%) in gostote prometa Q (voz./h)
- Slika 51 : Situacijski načrt, diagram zakrivljenosti, vzdolžni profil, potek hitrosti na cesti »2+1«

KAZALO PREGLEDNIC

- Preglednica 1 : Prikazuje širino pločnikov in kolesarske steze v odvisnosti s predpisano hitrostjo.
- Preglednica 2 : Prikazuje širine voznih pasov, za različne velikosti in oblike vozišč.
- Preglednica 3 : Podaja različne vrednosti izračunane hitrosti V_b , za različne normalne prečne profile ceste.
- Preglednica 4 : Prikazuje razvrščanje vzponov po stopnjah od 1-5, v odvisnosti od izmerjenih hitrosti tovornih vozil.
- Preglednica 5 : Prikazuje najmanjšo racionalnost gostote prometa v (%), za različne normalne prečne profile cest.
- Preglednica 6 : Prikazuje zmanjšanje hitrosti, v odvisnosti z vzdolžnim nagibom.
- Preglednica 7 : Prikazuje minimalne dolžine ceste, ki so odvisne od dosežena predpisane hitrosti, na vzponu. Vmesne vrednosti se določijo po interpolaciji.
- Preglednica 8 : Prikazuje odseke cest, kjer je prepovedano prehitevanje podano v (%) zaradi ovinkov.
- Preglednica 9 : Prikazuje razvrščanje ukrivljenosti ovinkov po razredih.
- Preglednica 10 : Prikazuje max. dopustno gostoto prometa $max\ Q$ (št. Tov/h)
Na dvopasovnih cestah, kjer je omejitev hitrosti 50 km/h.
- Preglednica 11 : Prikaz formularja, v katerega se vpišejo vse podrobnosti ceste, katera je preurejena po sistemu ceste »2+1«.
- Preglednica 12 : Prikazuje preglednico za določanje konstante a in koeficienta b ,
Potrebnih pri izračunu (V_{ZNS}), najnižje dopustne hitrosti tovorih vozil.
- Preglednica 13 : Prikazuje povprečno gostoto prometa pred in po izgradnji sistema »2+1«, v Nemčiji
- Preglednica 14 : Prikazuje število nesreč pred in po izgradnji sistema »2+1« in je v povezavi s preglednico 1, velja za Nemčijo
- Preglednica 15: Prikazuje ocenjevane stroške pred in po izgradnji sistema »2+1«, v Nemčiji
- Preglednica 16 :Prikazuje primerjavo prometnih nesreč pred in po izgradnji sistema »2+1«, na Švedskem
- Preglednica 17: Določanje širine bankine v odvisnosti od dopustne hitrosti za posamezen odsek ceste.

VIRI :

Meewes Volker, Stievermann Peter, Leopold Kurt, Stritt Udo 1991. Erfahrungen mit »2+1« spuriger Verkehrsführung. Nemška literatura, o cestah in avtocestah.

1.0 UVOD :

Javne ceste so javno dobro in so izven javnega prometa. Delijo se na državne ceste - v lasti države in občinske ceste - v lasti občin. Glede na pomen za promet in povezovalne funkcije v prostoru se državne ceste kategorizirajo na območju republike Slovenije v skladu s členom 3. Zakona o javnih cestah (Uradni list RS št. 92 – 3952 / 2005 z dne 18. 10. 2005 z veljavnostjo od 19.10.2005). Merilo za kategorizacijo javnih cest določi država. Glede na potek v prostoru se javne ceste delijo v ceste v naselju in ceste zunaj naselja.

Javne ceste so lahko namenjene uporabi vseh ali samo določenim vrstam prometa (ceste rezervirane za promet motornih vozil, ceste rezervirane za promet kolesarjev ali za druge vrste prometa).

Javne ceste morajo biti grajene in vzdrževane tako, da jih ob upoštevanju prometnih pravil in posebnih pogojev za odvijanje prometa, (npr. slabih prometnih razmer), lahko varno uporabljajo vsi uporabniki cest, ki so jim namenjene. Javne ceste se gradijo in vzdržujejo na način in pod pogoji, kot to določa država s svojim zakonom in predpisi izdanimi na njegovi podlagi, ki urejajo varstvo okolja, urejanje prostora in graditve objektov ter predpisi o varnosti cestnega prometa. Sredstva za gradnjo, vzdrževanje državnih cest in za redno vzdrževanje lokalnih cest se zagotavljajo iz proračuna države in iz drugih virov.

Na cestah za medregionalni in mednarodni težki tovorni promet na delu ali prostoru, kjer ni povezanega avtocestnega omrežja, kjer glede na gostoto prometa in gostoto prebivalstva ekonomsko ni upravičeno graditi avtocest in hitrih cest, se države članice in nečlanice Evropske unije poslužujejo bodisi, novogradnje bodisi rekonstrukcije obstoječega sistema cest, v sistem cest »2+1«. Novo zgrajeni ali rekonstruirani deli državne ceste, s katerim se nadomesti del te ceste s sistemom »2+1«, je iste kategorije, kot državna cesta.

Rešitev, ki jo ponuja sistem cest »2+1« poveča pretočnost in varnost prometa po državni cesti bodisi skozi ali izven naselja. V interesu vsake države je, da v okviru raziskovalnih in razvojnih nalog za javne ceste zagotovi skladnost cest z okoljem, da spoštuje načela pomembna za varovanje okolja pri graditvi in vzdrževanju cest in poskrbi za racionalizacijo gradnje in vzdrževanja cest ter zagotovi čimvečjo varnost prometa, ki se odvija na njih. Zato mora biti rešitev uporabe sistema cest »2+1«, opravičljiva iz ekonomskega stališča, stališča zagotovitve varnejšega odvijanja prometa vseh udeležencev, ter skladnosti z drugimi posegi v okolje in prostor.

Uporabo sistema cest »2+1«, opravičujejo tudi zmanjšani stroški, ki nastajajo zaradi škod nastalih zaradi prometnih nesreč ter čezmernih imisij, ki jih povzročajo počasi se premikajoča vozila, zlasti to velja za tovorna vozila, ki so najbolj pogosta ovira pretoku prometa.

V nadeljevanju bodo prikazani sistemi cest »2+1«, kot so že v uporabi na območju Nemčije, oz. Avstrije, Švedske ter Srbije in Črne gore, z njihovimi posameznimi razlikami.

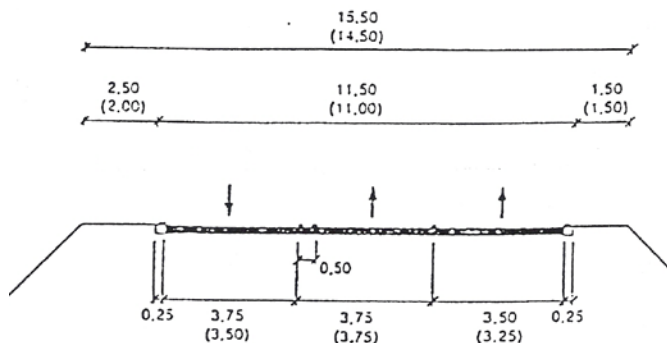
2.0 NAMEN CEST SISTEMA »2+1«

Razlogi, ki narekujejo uporabo sistema cest »2+1« so v povečanju in izboljšanju:

- prepustnosti prometa,
- ekonomičnosti prometa (čas potovanj – zamude)
- prometne varnosti in
- vplivov na okolje

Iz raziskav, ki so bile narejene v daljšem časovnem obdobju, so namreč na evropski cestni mreži ob uporabi sistema »2+1« ugotovili, da uporaba tega sistema prinaša velike pozitivne rezultate, ki so se kazali v :

- hitrost vozil, se ne zmanjšuje (najvišja povprečna hitrost je 100 km/h)
- poveča se varnost vožnje
- poveča se pretok vozil
- ni velikih posegov v naravno okolje
- so zelo ekonomične, (ni zamud, s svojo funkcionalnostjo v celoti povrnejo stroške, ki se pojavijo pri sami gradnji)
- zmanjša se število prometnih nesreč, s tem pa škod, ki so povezane z njimi



Slika 1 : Oblika prečnega profila ceste sistema »2+1«

3.) KAJ JE CESTA »2+1«

Sistem cest »2+1«, pride v poštev na cestah, kjer je povečana gostota osebnih vozil in kjer nastajajo zastoji zaradi povečanega števila tovornih vozil.

3.1) Opis prečnega prereza sistema »2+1«, z minimalnimi dimenzijami :

Sistem cest »2+1«, je sestavljen iz treh voznih pasov in sicer po en vozni pas, za v isto smer vozeča vozila in po dva vozna pasova za nasproti vozeča vozila.

Celotna širina vozišča »2+1«, je 11,00 m, optimalnejša je 11,50 m, kot to prikazuje **Slika 1**.

Posamezna širina voznih pasov »2+1«, je lahko različna ali enaka.

Na strani vozišča, kjer poteka en vozni pas mora biti ta širok najmanj 3.50 m - 3.75 m.

Širina voznih pasov na strani vozišča, kjer potekata dva vozna pasova pa mora biti najmanj 3,25 m – 3,50 m.

Vmesni pas, ki deli en vozni pas od preostalih dveh, mora biti širok min. 0,50 m.

Označen je z dvojno vzdolžno neprekinjeno sredinsko črto.

Rob vozišča (robni pas), kjer potekata dva vozna pasova mora biti širok najmanj 0,25 m.

Na strani vozišča, kjer poteka en sam vozni pas pa je robni pas min. širine 0,50 m.

Na sistemu cest »2+1«, kjer so podane min. dimenzije (11,0 m), je prepovedano medsebojno prehitevanje tovornih vozil težjih od 7,5 ton in tovornih vozil s priklopnikom.

Odstavni pasovi niso nujno potrebni, so pa zaželeni. Namenjeni so ustavitvi vozil v sili, promet po njih pa ni dovoljen.

Če ni odstavnega pasu, je potrebno za primer ustavitve vozila v sili urediti bankine.

Na strani ceste, kjer poteka en vozni pas se uredijo bankine širine 2,50 m, kjer pa potekata dva vozna pasova pa širine 2,00 m.

Varovalne ograje se morajo postaviti na minimalni razdalji 1,50 m, od roba voznega pasu.

Izmenjava voznih pasov se naredi na odseku ceste, različnih dolžin, ti pa ne smejo biti predolgi zaradi pojava zastojev na strani vozišča, kjer poteka en vozni pas.

Dolžina odseka ceste je odvisna od topografije terena. Če je površina terena ravna in gostota tovornih vozil ne presega 15%, se izmenjalni odseki ceste lahko naredijo na daljši dolžini.

Na kritičnih delih ceste (zožanje ceste iz dveh v en vozni pas), je potrebna in pomembna dobra talna označba in postavitve prometnih tabel. To narekujejo predvsem slabša zaznavanja ponoči, in slabi vremenski pogoji (sneg, megla, dež, ...). Ob zaključevanju dodatnega pasu, se pojavijo zožani deli ceste. Prehodna dolžina (L_z), kjer se vozila preusmerjajo iz dveh pasov na en vozni pas, je odvisna od hitrosti vozil $L_z = f(V)$.

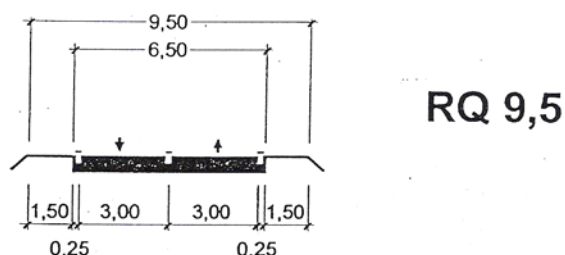
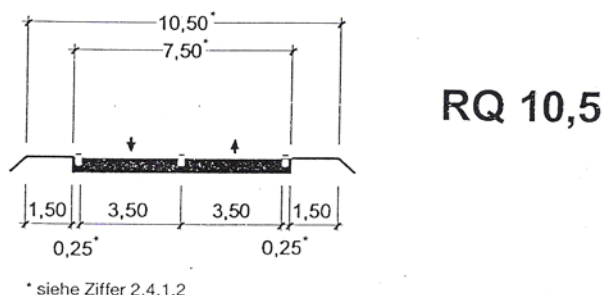
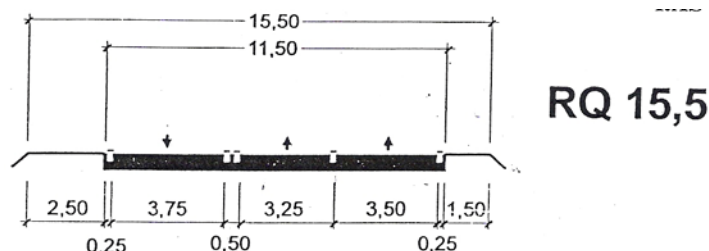
Prehodna dolžina (L_z), na mestih, kjer je dobra preglednost ne sme biti manjša od 120 m, še bolje pa je, če ni manjša od 180 m.

Prehodna dolžina, kjer se vozila preusmerjajo iz enega v dva vozna pasova mora biti enaka ali večja od 30 m, še bolje je, če je ta dolžina 50 m.

3.2) Različne oblike prečnih profilov na eno voziščni cesti :

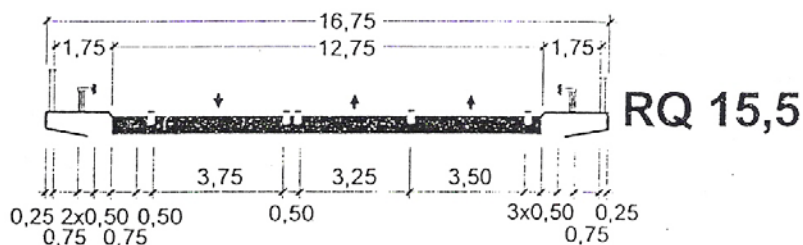
RQ 15,5 predstavlja normalni prečni profil ceste sistema »2+1«.

Normalna prečna profila RQ 10,5 in RQ 9,5, lahko v primeru povečane gostote prometa peoblikujemo v cesto sistema »2+1«, kot prikazujeta sliki 4, 5.



Slika 2 : Različne oblike in velikosti normalnih prečnih prerezov (RQ)

Slike so povzete iz Nemških predpisov za ceste št. 40/1998, (RAS – Q)



Slika 3 : Prečni prerez ceste sistema »2+1«, ki je postavljen na viaduktu

3.3) Prikaz prečnega prereza sistema ceste »2+1« :

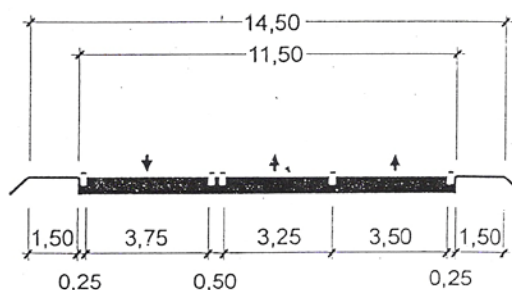
Na cestah z dodatnim pasom, je največja dopustna hitrost 100km/h. Kriterij za uporabo cest sistema »2+1«, je predvsem gostota prometa, kot je bilo že zgoraj pojasnjeno.

Za preseganje 300 vozil/24h tovornega prometa, se po nemških standardih izbere prerez, ki je prikazan na **sliki 2, 3**, če pa gostota tovornega prometa znaša več kot 900 vozil/24h, se izbere enak prečni prerez, le da je opremljen z utrjenim robnim pasom minimalne širine 0,50 m.

Med pasovi mora potekati dvojna neprekinjena črta, ki deli vozišče na nasprotne vozne pasove dimenzij $2 \times 0,25$ m.

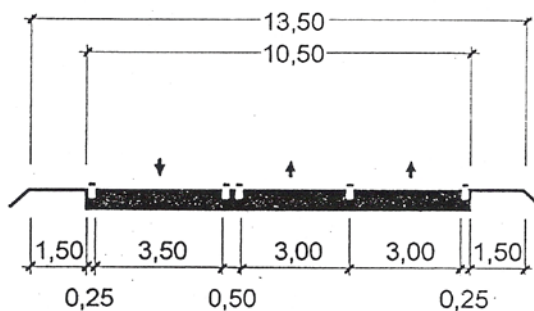
Na vzponih mora dodatni pas imeti enak prečni naklon, kot ostali vozni pasovi na cesti in sme odstopati največ za 1 %.

Normalna prečna profila RQ 9,5 in RQ 10,5, sta takih dimenzij, da omogočata rekonstrukcijo ceste v sistem »2+1« ob povečani gostoti prometa. Prikazano na **sliki 4, 5**.



RQ 10,5 + ZFS

Slika 4 : Dimenzije prečnega profila RQ 10,5 z dodatnim pasom



RQ 9,5 + ZFS

Slika 5 : Dimenzije prečnega profila RQ 10,5 z dodatnim pasom

V Nemčiji so se odločili narediti spremembe na cestah sistema »2+1«, predvsem zaradi povečanja varnosti na mestih, kjer se zaključuje dodatni pas.

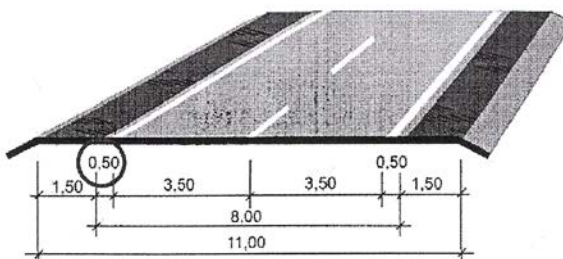
RQ 15,5 so preimenovali v RQ 15, ko so razširili bankine iz predhodnih 0,25 m na 0,50 m, na strani vozišča, kjer poteka enojni vozni pas, so zožali iz 3,75 m na 3,50 m, razliko 0,25 m pa so dodali vmesnemu prostoru, ki deli vozišče in ga tako razširili iz 0,50 m na 0,75 m.

Stranski robni pasovi širine 1,50 m, pa so obvezen element na obeh straneh vozišča.

Na delih cest, kjer ni bilo potrebe za dodajanje tretjega voznega pasu so problem rešili na ta način, da so samo na določenih krajših odsekih cest, kjer je prihajalo do zgostitve prometa dodali tretji vozni pas, kot ga prikazuje **slika 8**. Te ceste so poimenovali RQ 11+Z.

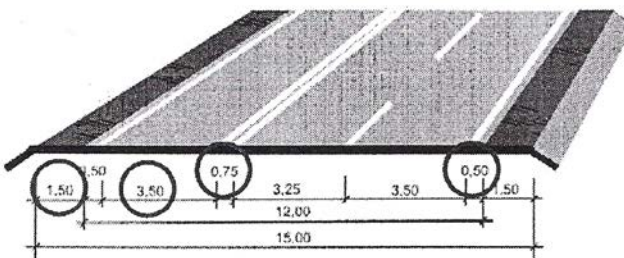
Prikazano na **slikah 6, 7, 8**

RQ 11



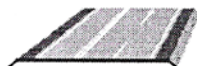
Slika 6 : Prikaz Normalnega prečnega profila RQ 11, ki je na posameznih odsekih ceste, razširijo Vozišče zaradi dodajanja pasu.

RQ 15
RQ 11+Z

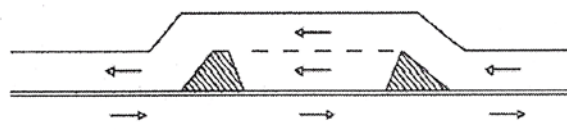
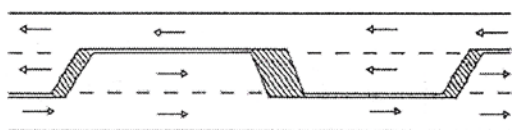
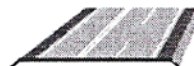


Slika 7 : Prikaz Normalnih prečnih profilov RQ 15 in RQ 11+Z, ki sta v Nemčiji tropasovnici.

RQ 15



RQ 11+Z

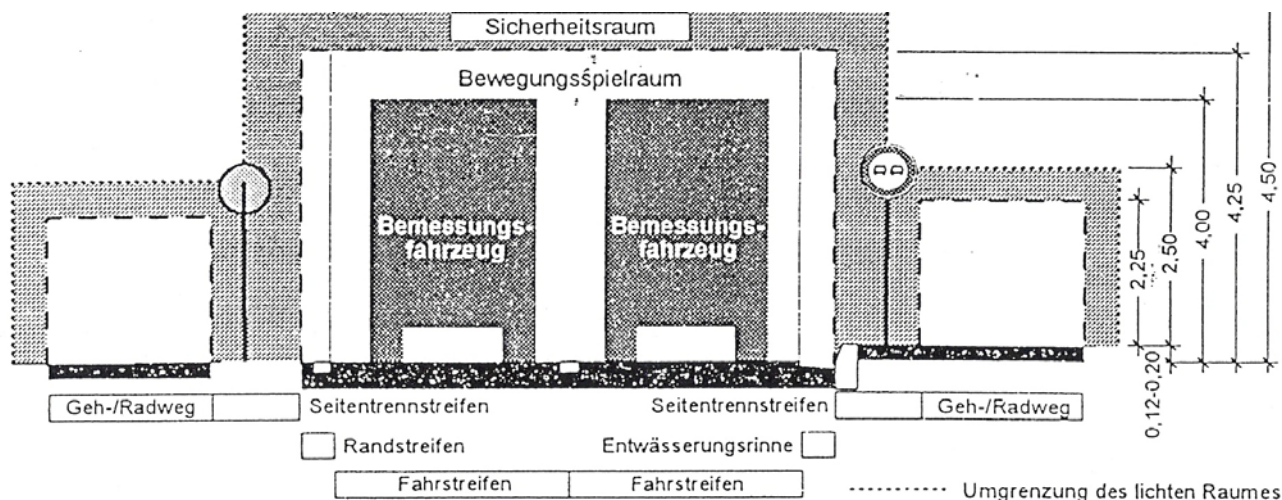


Slika 8 : Prikaz urejanja voznih pasov na cestah RQ 15 in RQ 11+Z.

4.0) OPIS UREJANJA CEST SISTEMA »2+1«, V NEMČIJI

4.1) Splošni pogoji, potrebni pri določanju velikosti in obliki normalnega prečnega profila

Slika 9 prikazuje prečni prerez dvopasovne ceste z obojestranskim hodnikom za pešce veljaven v Nemčiji, kot tudi pri nas.



Slika 9: Dimenzije sestavnih delov prečnega prereza ceste.

Izvoz na cesti

Dimenzije izvoznega pasu so odvisne od dimenzij tovornih vozil. Velikost izvoza se določi na osnovi velikosti tovornega vozila, širokega 2,50 m in visokega 4,00 m.

Gibalni prostor

Velikost bočnega stranskega prostora v gibalnem prostoru mora biti takšnih dimenzij, da vozilo nemoteno vozi po voznem pasu, ne da bi pri tem prišlo do poškodbe izstopajočih bočnih delov tovornega vozila (stransko ogledalo).

Razširitev voznega pasu v ovinku je del razširjenega gibalnega prostora, ki omogoča lažjo prevoznost ovinka. Na enopasovnih cestah (pri nas dvopasovnice), imajo zaradi ožjega vozišča širši vmesni prostor, ki pripomore k lažjemu srečevanju z nasproti vozečimi vozili.

Velikost stranskega dela gibalnega prostora, je odvisna od hitrosti vozil, gostote prometa, še posebno gostote tovornega prometa.

Velikost bočne strani gibalnega prostora je odvisna od oblike normalnega profila ceste in znaša njegova širina od 0,25 m – 1,25 m.

Ločilni pas

To je pas, ki loči dve ali več smerni vozišči in se promet po njem ne odvija.

Robni pas ceste :

Robni pas je obvezni element vozišča.

Na enopasovni cesti, kjer so vozni pasovi široki od 2,75 m – 3,00 m, je robni pas širok 0,25m, na cestah, kjer so vozni pasovi širši od 3,00 m, pa je širina robnega pasu 0,50 m.

Če je gostota prometa 900 vozil/dan ali ob povečanem tovornem prometu mora biti širina robnega pasu 0,50 m.

Obseg stebrička, ki nosi prometni znak ali prometno tablo znaša $\Phi < 76 \text{ mm}$.

Zaščitne ograje in svetlobni smerni količki se nahajajo 0,50 m od roba voznega pasu, na dvopasovnih cestah, (pri nas adekvatno štiri pasovne ceste), pa na oddaljenosti 0,25 m, vendar le v primeru če se ne more narediti širšega prečnega prereza ceste.

Robniki:

Višina robnikov mora biti $\leq 0,20\text{m}$, v tunelih pa je ta višina, zaradi izrednih vzrokov $\leq 0,25\text{m}$.

Vozni pasovi:

Širina voznih pasov je odvisna od :

- velikosti vozil
- gibalnega prostora vozil
- prometne varnosti

Število voznih pasov se določi na osnovi velikosti gostote prometa.

Pri oblikovanju voznih pasov se upošteva:

- dolžina voznih pasov
- oblikovanje ovinkov
- možnosti prehitevanja na posameznih odsekih ceste

Dimenzije za različne oblike prečnih prerezov cest so prikazani v **Preglednici 2**.

Odstavni vozni pas :

V primeru nesreč, okvar na vozilu ali drugih vzrokov ustavitve vozil, odstavni pas omogoči umik vozila iz voznega pasu.

V času gradbenih del na cesti, ga lahko uporabimo kot nadomestni vozni pas.

Njegova najmanjša širina znaša 2,50 m. Če je širina odstavnega pasu manjša od 2,50 m, je potrebno dodati še utrjene bankine, zaradi širših vozil.

Na cestah, kjer odstavnega pasu ni, se zaradi varnosti prometa, izdelajo odstavne površine v obliki počivališč.

Bankine

Omogočijo neovirano gibanje ljudi, v primeru prometnih nesreč, ko morajo zapustiti svoje vozilo.

Na njih se postavijo zaščitni elementi ceste, (varnostna ograja, ...)

Dimenzije so prikazane v **Preglednici 2**.

Lahko pa so bankine tudi širše od 2,00 m in to na cestah, kjer je povečan prometni tok, še posebno to velja na enovozišnih cestah. Min. širina bankin na teh cestah je 1,00 m.

Med bankino in pobočjem se naredi mulda širine 1,00 m – 2,50 m. Na mestih, kjer se nahajajo protihrupne ograje, je najmanjša širina bankine 1,00 m, širina mulde pa 2,00 m.

Ob kolesarski stezi in pločniku, so bankine široke 0,50 m.

PREGLEDNICA 2: Prikazuje širine voznih pasov, za različne velikosti in oblike vozišč.

Oblika prečnega profila	Št. Voznih pasov	Širina pasov					
		Vozni pas (m)	Robni pas (m)	Vmesni pas (m)	Odstavni pas (m)	Bankina (m)	Stranski pas (m)
1	2	3	4	5	6	7	8
RQ 35,5	6	3,75/3,50	0,75/0,50	3,50	2,50	1,50	3,00
RQ 33	6	3,50	0,50	3,00	2,00	1,50	3,00
RQ 29,5	4	3,75	0,75	3,50	2,50	1,50	3,00
RQ 26	4	3,50	0,50	3,00	2,00	1,50	3,00
RQ 20	4	3,25	0,50	2,00	/	1,50	1,75
RQ 15,5	2+1	3,75/3,25/3,50	0,25	/	/	2,50/1,50	1,75
RQ 10,5	2	3,50	0,25	/	/	1,50	1,75
RQ 9,5	2	3,00	0,25	/	/	1,50	1,75
RQ 7,5	2	2,75		/	/	1,00	1,25

Opomba :

Normalni prečni profil :

RQ 15,5 predstavlja dimenzije za sistem cest »2+1«

RQ 10,5 in RQ 9,5 obliki teh prečnih profilov, so najbolj primerni za preoblikovanje ceste v sistem »2+1« v primeru povečane gostote prometa.

Izvedba pobočij :

Pri nasipnem ali vrezanem pobočju, ki je višje od 2,00 m mora biti nagib v razmerju :
1 : n = 1 : 1,5

Pobočje, ki ni višje od 2,00 m, upoštevamo kar konstantno širino pobočja b = 3,00 m.

S tem postane pobočni nagib, v sorazmerju z višino bolj ploščate oz. ravne oblike.

Višina pobočja (h) je merjena od roba bankine do točke, kjer se začne vrez pobočja.

Drugačni nakloni pridejo v poštev le v primerih :

- statično nestabilne zemljine
- zaradi ujanje nasipa z obstoječo vaško ali kako drugo cesto
- pobočje služi kot zaščita proti hrupu, imisijam, itd.
- zaradi preprečitve zdrsa snega

Ta naklon se določi v razmerju **1 : n = 1 : 1,5**, pri čemer se mora to razmerje ujemati s širino pobočja.

Kadar je višina pobočja do 2,00 m, se širina določi po enačbi: $b = 2 \cdot n$

Kjer je višina nad 2,00 m, je nagib neodvisen od širine nasipa.

Prehod med pobočjem in tlemi je vedno zaokrožen.

Pobočja, ki so višja od 2,00 m so po tangenti zaokrožitve dolga 3,00 m, pod 2,00 m pa po tangenti znaša $1,5 \cdot h$.

Če je višina nasipa pod 2,00 m se prehoda ne izdelava, ker pride v stičišču do pretesnega prehoda.

Böschungshöhe h	$h \geq 2,0 \text{ m}$	$h < 2,0 \text{ m}$
Damm		
Einschnitt		
Regelböschung	1 : 1,5	$b = 3,0 \text{ m}$
Allgem. Böschungsmaße	1 : n	$b = 2 \cdot n$
Tangentenlänge T der Ausrundung	3,0 m	$1,5 \cdot h$

Slika 10: Prikazuje izvedbe pobočij.

Legenda :

Böschungshöhe (h) : višina nasipa (h)

Regelböschung : razmerje nagiba nasipa

Allgem. Böschungsmaße : skupna mera nagiba

Tangentenlänge T

Der Ausrundung : Velikost tangentne zaokrožitve

Mulde za odvod vode z vozišča :

Mulde se postavijo na mestu, kjer je stičišče med pobočjem in tlemi. Njihova velikost oz. širina je odvisna od velikosti cestnega prečnega prereza. Pri višjih pobočjih se izdelajo berme, zaradi boljše stabilnosti, lažjega vzdrževanja in boljše varnosti.

Oprema cestnega prereza :

Za svetlobne signalne naprave, zaščitne ograje, ograje proti zaslepitvi nasproti vozečih vozil, razsvetljave, prometne znake, prometne table, protihrupne ograje, itd. in za različne kable je potrebno narediti 2,00 m širok in max. 1,10 m globok izkop. Postavimo ga na rob vozišča.

Nasaditev zelenja :

Zaradi varovalnega pasu v katerem je raba prostora omejena zaradi preprečitve škodljivih vplivov okolice na cesto in promet na njej in obratno ni dovoljeno posegati z zasaditvijo zelenja. Drevesa in visoko grmičevje, se zasadi na razdalji min. 4,50 m od robu vozišča, zaradi preglednosti na cesti. Zelenje nasadimo zaradi lepšega izgleda ceste in zaradi preprečitve erozije zemlje. Vejevje dreves in grmovnic ne sme segati v svetli del prostora ceste. Od mulde in ostalih jarkov za odvod vode s ceste nasadimo grmovnice min. 0,50 m stran. V krivinah zaradi boljše preglednosti ne sadimo visokih rastlin.

4.2) Določanje podatkov potrebnih pri izbiri in dimenzioniranju NPP :

Pri izbiri dimenzije cestnega prečnega profila moramo upoštevati dva bistvena faktorja to pa sta prometna varnost in kvaliteta vožnje.

Prometna varnost je poleg pravilne dimenzije cestnega profila v veliki meri odvisna od velikosti prometne gostote.

Najbolj nevaren del ceste je tisti del, kjer se končuje dodatni pas in kjer se vozila preusmerjajo iz dvopasovnega na en vozni pas. Prehitevanje vozil na tem delu ceste ni dovoljeno.

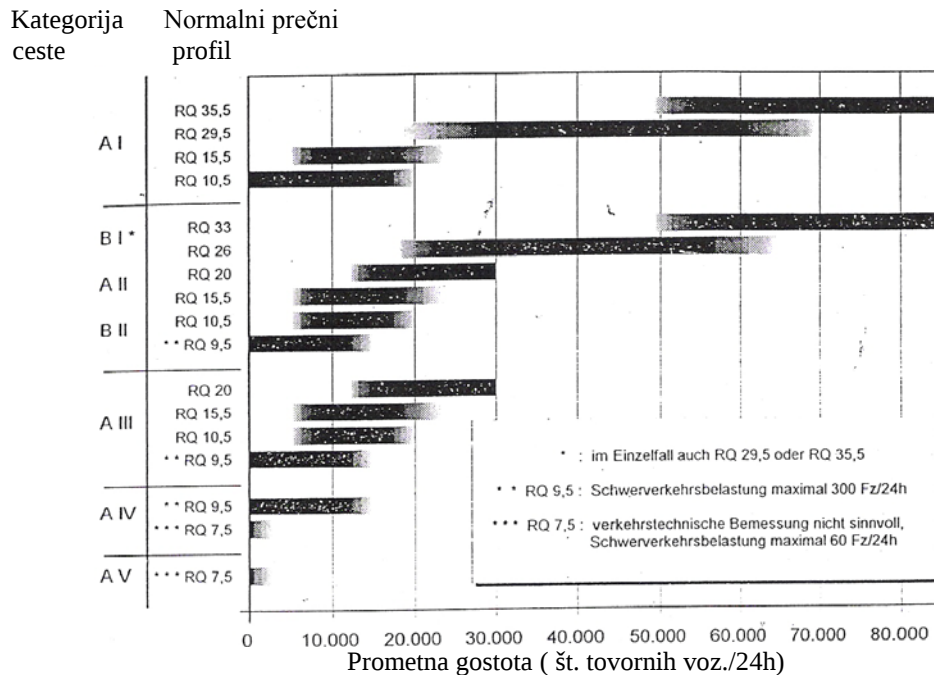
Pri izbiri ustrezne oblike prečnega prereza je potrebno upoštevati takšno velikost prometne obremenitve, da je cesta z dodatnim pasom še sposobna prenesti določeno število vozil. Čim je gostota prometa večja se situacija rešuje z avtocesto.

Za ustrezno načrtovanje cest različnih normalnih prečnih profilov, so potrebne sledeče vrednosti:

- gostota prometa (delež tovornega prometa)
- izmerjene hitrosti prometnega toka
- velikost in oblika prečnega prereza
- prepustnost ob različnih obdobjih (delavniki, počitnice, prazniki,...)
- nagib ceste in
- lastnosti ovinkov

Z dimenzionirano hitrostjo (V_b), katera se določi na osnovi izmerjene povprečne potovalne hitrosti vozil, želijo ustvariti čim bolj kvalitetno in varno vožnjo.

Iz diagrama prikazanega na **Sliki 11**, se določi kategorije in tip normalnega prečnega profila ceste. To je pomemben podatek pri rekonstrukcijah cest, še posebno na takih, kjer poteka promet v križiščih pod režimom svetlobno signalnih naprav (SSN), kjer je za kvaliteto vožnje pomembna dolžina rdeče luči in število zaustavljenih vozil.



Slika 11 : Prikazuje določitev oblike in velikosti prečnega prereza ceste na osnovi prometne gostote. Za izvedbo cest sistema »2+1«, ki so v Nemčiji določene kot NPP, (RQ 9,5, RQ 10,5, RQ 15,5), mora biti gostota vozil velikosti 7.000 – 19.000 voz./24h.

4.2.1) Uvoz na cesto sistema »2+1«

Velikost je odvisna od: a.) dimenzionirane hitrosti vozil (V_b)
b.) dimenzionirane gostote prometa (Q_b)

add.)a) Dimenzionirano hitrost vozil – V_b (km/h), določimo na osnovi povprečne vrednosti potovalne hitrosti, ki jo ima prometni tok na določeni cesti.
Merjena hitrost V_b mora biti manjša ali enaka predpisani hitrosti V .
Pri določevanju merjene hitrosti V_b , je potrebno biti paziti le v primeru, ko opazovani odsek ceste leži na topografskem območju ekstremne oblike.
Takrat se upoštevajo določene omejitve. Merjena hitrost V_b , je potrebna pri določevanju kvalitete prometa.

Preglednica 3 : podaja različne vrednosti izračunane hitrosti V_b , za različne normalne prečne profile ceste.

Oblika normalnega prečnega profila	Predpisana hitrost V_b [km/h]
RQ 35,5 / RQ 29,5	110 do 80 (70)
RQ 33 / RQ 26	100 do 70 (60)
RQ 20 / RQ 15,5	90 do 60 (50)
RQ 10,5	80 do 50 (40)
RQ 9,5	60 do 50 (40)

add.)b) Izračunana gostota prometa (Q_b), je določena s pomočjo prognoziranja števila tovornega prometa, ki zajema delež težkih tovornih vozil in število počasnih vozil. Pri določanju Q_b je pomemben čas štetja prometa, (promet ob delavnikih, v času počitnic ali konec tedna)

Glede določanja velikosti prometne gostote, poznajo v Nemčiji dva postopka, imenovana :

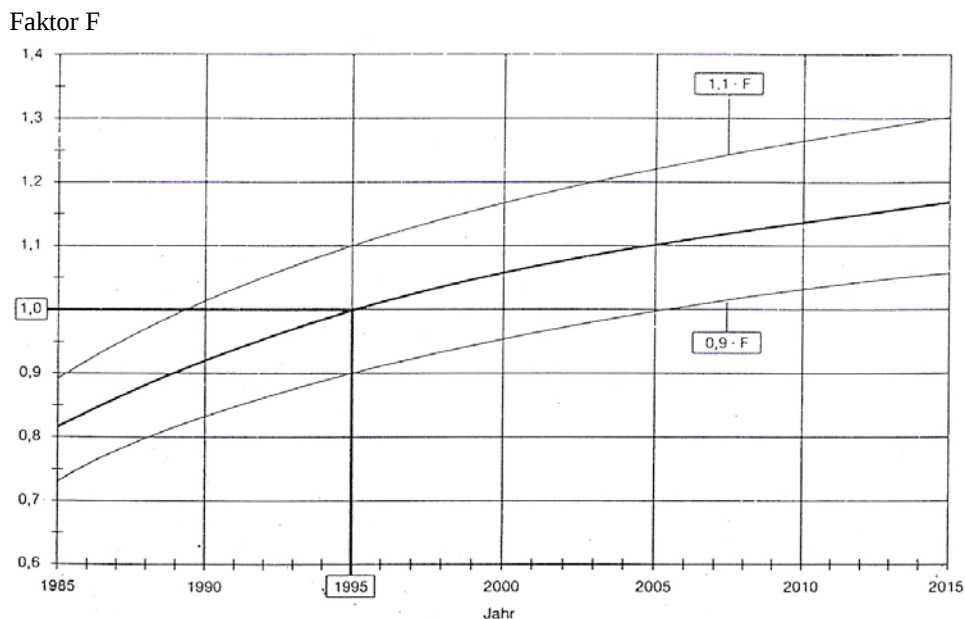
- Vzorčna prognoza
- Trend prognoza

Postopek vzorčne prognoze se uporabi v primeru, ko se načrtuje nova prometna oprema in ko so pričakovane spremembe glede strukture prometa (npr. pričakuje se povečan promet osebnih vozil), glede strukture cestne mreže (pričakuje se razširitev ceste s povečanjem števila vozniških pasov) in glede socialnoekonomske prostorske strukture.
Za vzorčno prognozo potrebni podatki so dobljeni na osnovi načina vedenja udeležencev v prometu in od strukture prometnega sistema.

Trend prognoza se uporabi v primeru, kadar so obravnavane obstoječe prometne naprave, ko se pojavijo spremembe na strukturi cestne mreže in spremembe glede zadrževanja udeležencev prometa na cesti.

Pričakovana gostota prometa se določi s štetjem prometa in z oceno pričakovane gostote prometa na cesti.

Trend prognoza je uporabna, če zadosti pogoju, dobljenem po spodaj navedeni formuli, ki podaja povečani (faktor) dejavnik za iskano leto – i, označimo ga z F_i^* .



Slika 12: Prikazuje izračun povečanega faktorja F, za prihodnost, v Nemčiji do leta 2015. Dobljen je na osnovi štetja tovornega prometa in z njim določamo gostoto prometa za prihajajoča leta.

Formula (1), za izračun povečanega faktorja za leto - i :

$$F_i^* = F_{i-n} \cdot \frac{DTV_i}{DTV_{i-n}} \quad (1)$$

- F_i^* = Povačani faktor F za leto i
- F_{i-n} = Povečani faktor F za leto i-n, dobljen iz diagrama na **Sliki 12**,
- DTV_i = Povprečen dnevni promet, merjen na različnih cestnih odsekih v letu – i (nove vrednosti), enote so (št.tovornih vozil/24h)
- DTV_{i-n} = Povprečen dnevni promet za šteto leto, n – leto leži pred letom – i, enote so (št.tovornih vozil/24h)
- n = Seštevek vseh let skupaj do iskanega leta i. (Max. seštevek je n = 10).

Da je postopek dopusten mora faktor F_i^* ležati med intervalom:

$$(0,9 \cdot F_i) < F_i^* < (1,1 \cdot F_i)$$

F_i = pričakovani faktor odčitamo iz diagrama prikazanega na **Sliki 12**

Po formuli 2, se določi iskana prognozirana vrednost za pričakovano gostoto prometa v letu – x, na določenem odseku ceste.

Formula 2 :

$$DTV_x = DTV_i \cdot \frac{F_x}{F_i} \quad (2)$$

DTV_x = Povprečen dnevni letni promet v prognoziranem letu -x , (št.tovornih vozil/24h)

DTV_i = Povprečen dnevni promet v letu - i, na določenem cestnem odseku
(št.tovornih vozil/24h)

F_x = Pričakovani faktor F, v prognoziranem letu –x, odčitani iz diagrama na **Sliki 12**

F_i = Pričakovani faktor za leto – i, odčitani iz diagrama prikazanega na **Sliki 12**

Določanje merjene gostote prometa Q_b :

Izračunana gostota Q_b , je določena iz napovedane (prognozirane) količine prometa, ki je odvisna od časa, kdaj se meritev izvaja.

V primeru izrednih razmer, ko ni možno predložiti nobenih podatkov raziskav o merjeni gostoti prometa, se izračunana gostota prometa Q_b določi po enabah :

$$Q_b \approx 0,1 \cdot DTV \text{ ali}$$

$$Q_b = a \cdot Q_{15-19} \quad a = 0,33$$

$$DTV = b \cdot Q_{15-19} \quad b = 3,5$$

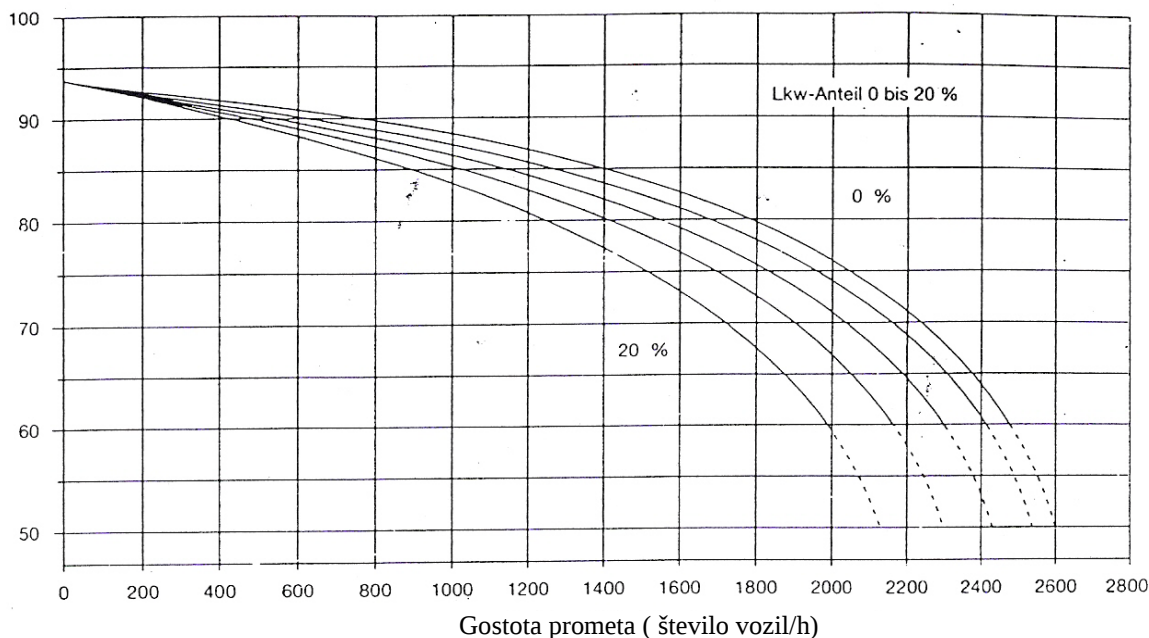
Q_{15-19} Velikost gostote prometa merjen v časovnem intervalu od 15 h – 19 h.
(št. tovornih vozil / 4h). Vrednosti dobljene v času počitnic se podajajo ločeno.

DTV Povprečno število dnevnega prometa merjeno ob delavnikih (torek – četrtek),
v času počitnic se počitniški promet meri ločeno (št. tovornih vozil/ 24ur).

Na izbranem normalnem prečnem profilu (RQ), je potrebno dokazati, ali je pri podani izračunani gostoti prometa Q_b , dosežena izračunana hitrost V_b .

To se dokaže s pomočjo diagramov, ki prikazujejo odvisnost med hitrostjo in gostoto prometa: Prikazani so na **Sliki 13**, **Sliki 14**.

Povprečna hitrost vozil (km/h)



Slika 13 : Prikazuje diagram za določanje povprečne hitrosti vozil (km/h), ki je odvisna od gostote prometa (št. vozil/h). Ta nas zanima za cesto prečnega profila RQ 15,5, na vzponu razreda 1. in okrivljenosti ovinka 0 – 75 gon/km.

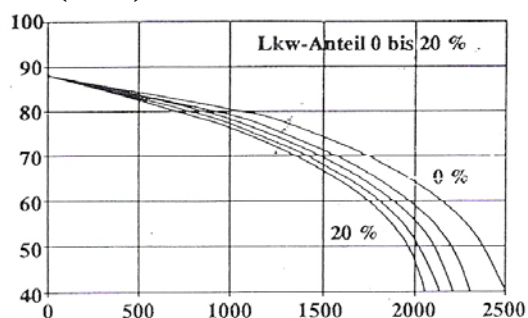
PREGLEDNICA 4 : Prikazuje razvrščanje vzponov po stopnjah od 1-5, v odvisnosti od izmerjenih hitrosti tovornih vozil.

Izmerjena hitrost tovornih vozil na vzponih (km/h)	Razvrstitev vzponov
> 70	1
60 – 70	2
45 – 60	3
30 – 45	4
< 30	5

Legenda :

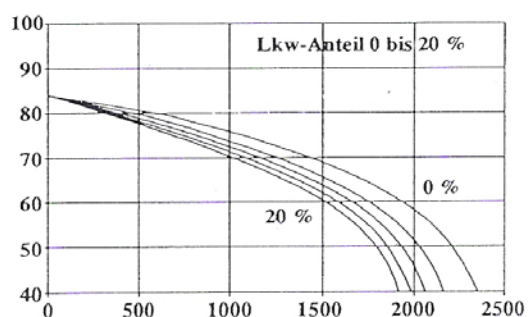
Lkw- Anteil : delež tovornih vozil (%)

Hitrost (km/h)

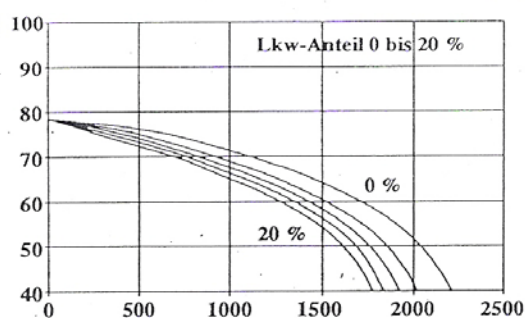


STEIGUNGSKLASSE 1

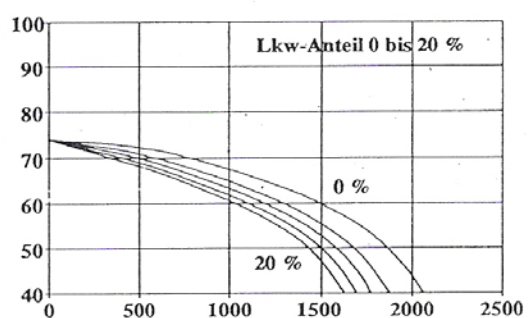
Kurvigkeit 0 - 75 gon/km



Kurvigkeit 75 - 150 gon/km



Kurvigkeit 150 - 250 gon/km



Kurvigkeit > 250 gon/km

Gostota prometa (število vozila/h)

Slika 14 : Prikazuje diagram odvisnosti med povprečno hitrostjo vozil in gostote prometa, ki sta odvisna še od ukrivljenosti ovinka in strmine vzpona, glej **Preglednico 4** .

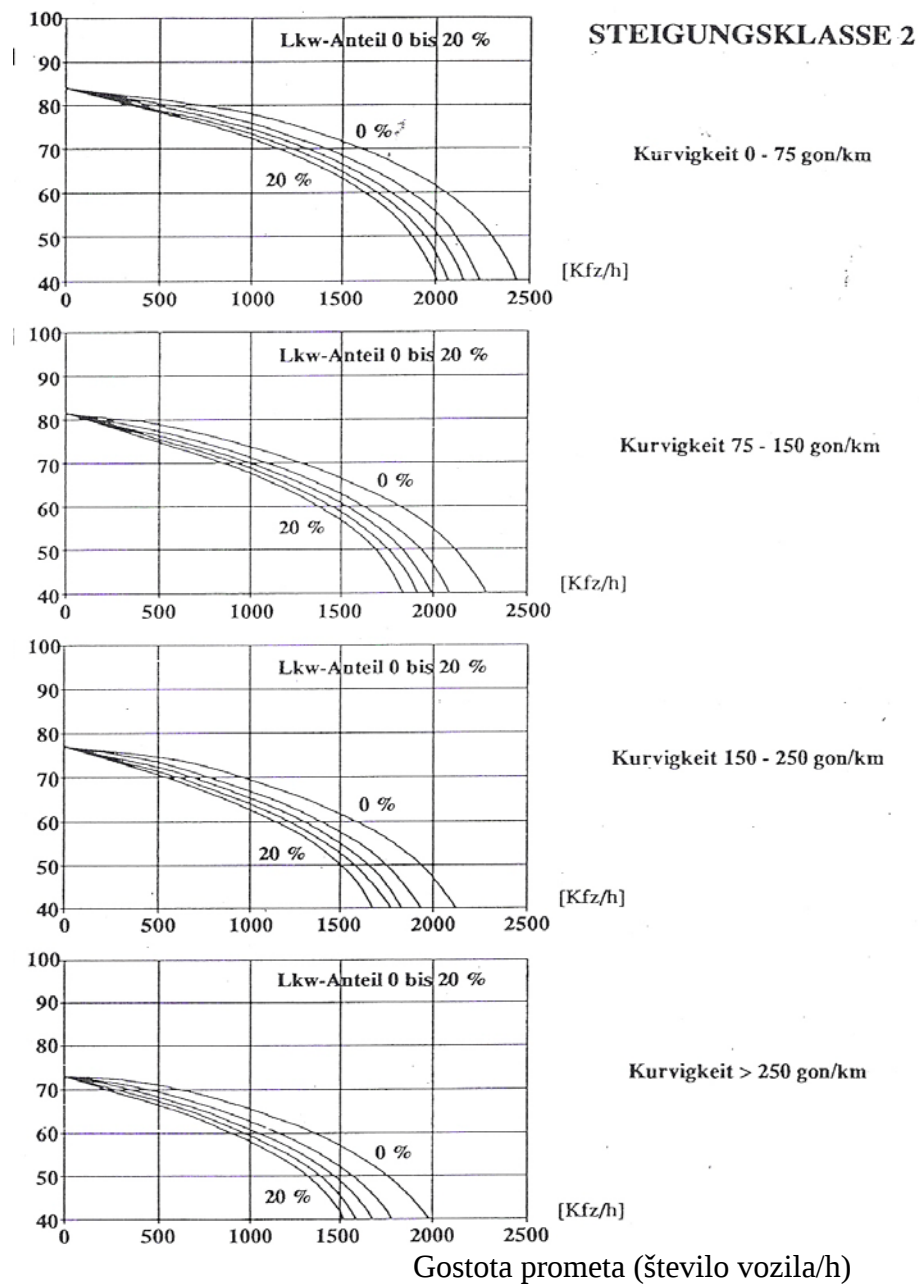
Legenda :

Lkw- Anteil : delež tovornih vozil (%)

Kurvigkeit : ukrivljenost ovinka (gon/km)

Steigungsklasse : razred strmine vzpona, določen v **Preglednici 4** .

Hitrost (km/h)



Slika 14 : Prikazuje diagram odvisnosti med povprečno hitrostjo vozil in gostote prometa, ki sta odvisna še od ukrivljenosti ovinka in strmine vzpona, glej **Preglednico 4** .

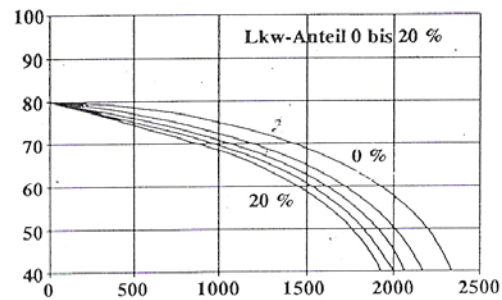
Legenda :

Lkw- Anteil : delež tovornih vozil (%)

Kurvigkeit : ukrivljenost ovinka (gon/km)

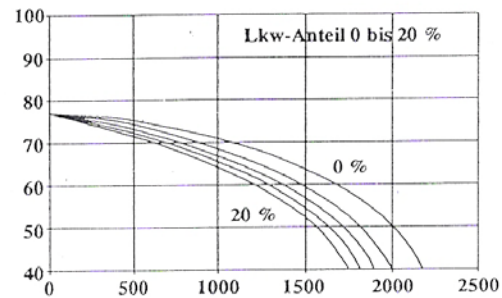
Steigungsklasse : razred strmine vzpona, določen v **Preglednici 4** .

Hitrost (km/h)

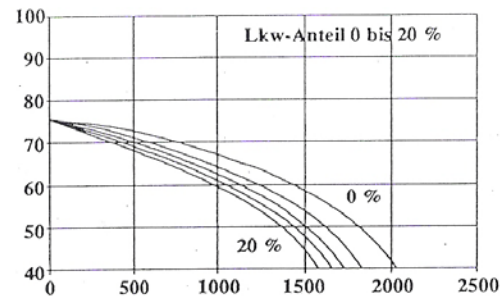


STEIGUNGSKLASSE 3

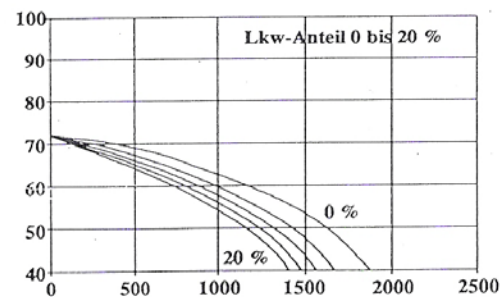
Kurvigkeit 0 - 75 gon/km



Kurvigkeit 75 - 150 gon/km



Kurvigkeit 150 - 250 gon/km



Kurvigkeit > 250 gon/km

Gostota prometa (število vozila/h)

Slika 14 : Prikazuje diagram odvisnosti med povprečno hitrostjo vozil in gostote prometa, ki sta odvisna še od ukrivljenosti ovinka in strmine vzpona, glej **Preglednico 4**.

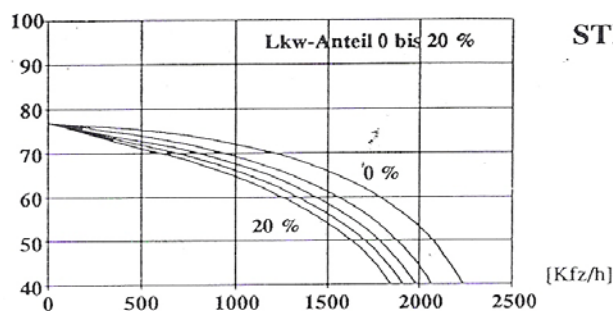
Legenda :

Lkw- Anteil : delež tovornih vozil (%)

Kurvigkeit : ukrivljenost ovinka (gon/km)

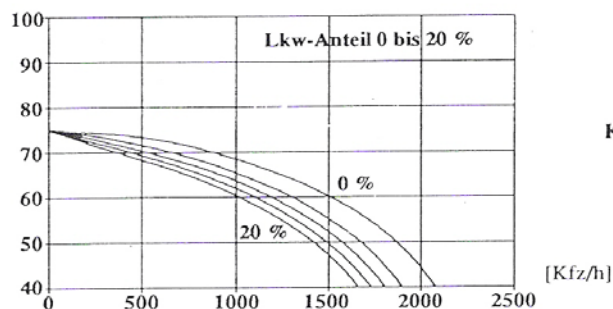
Steigungsklasse : razred strmine vzpona, določen v **Preglednici 4**.

Hitrost (km/h)

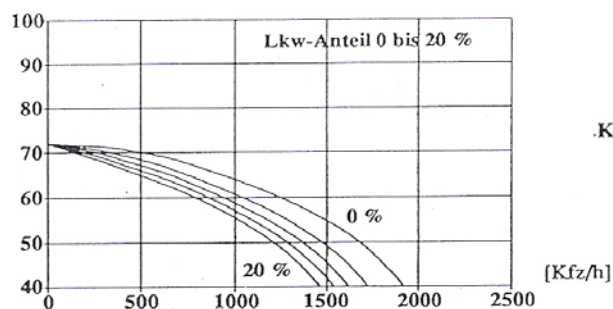


STEIGUNGSKLASSE 4

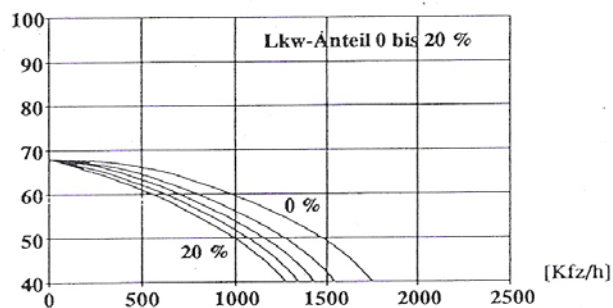
Kurvigkeit 0 - 75 gon/km



Kurvigkeit 75 - 150 gon/km



Kurvigkeit 150 - 250 gon/km



Kurvigkeit > 250 gon/km

Gostota prometa (število vozila/h)

Slika 14 : Prikazuje diagram odvisnosti med povprečno hitrostjo vozil in gostote prometa, ki sta odvisna še od ukrivljenosti ovinka in strmine vzpona, glej **Preglednico 4** .

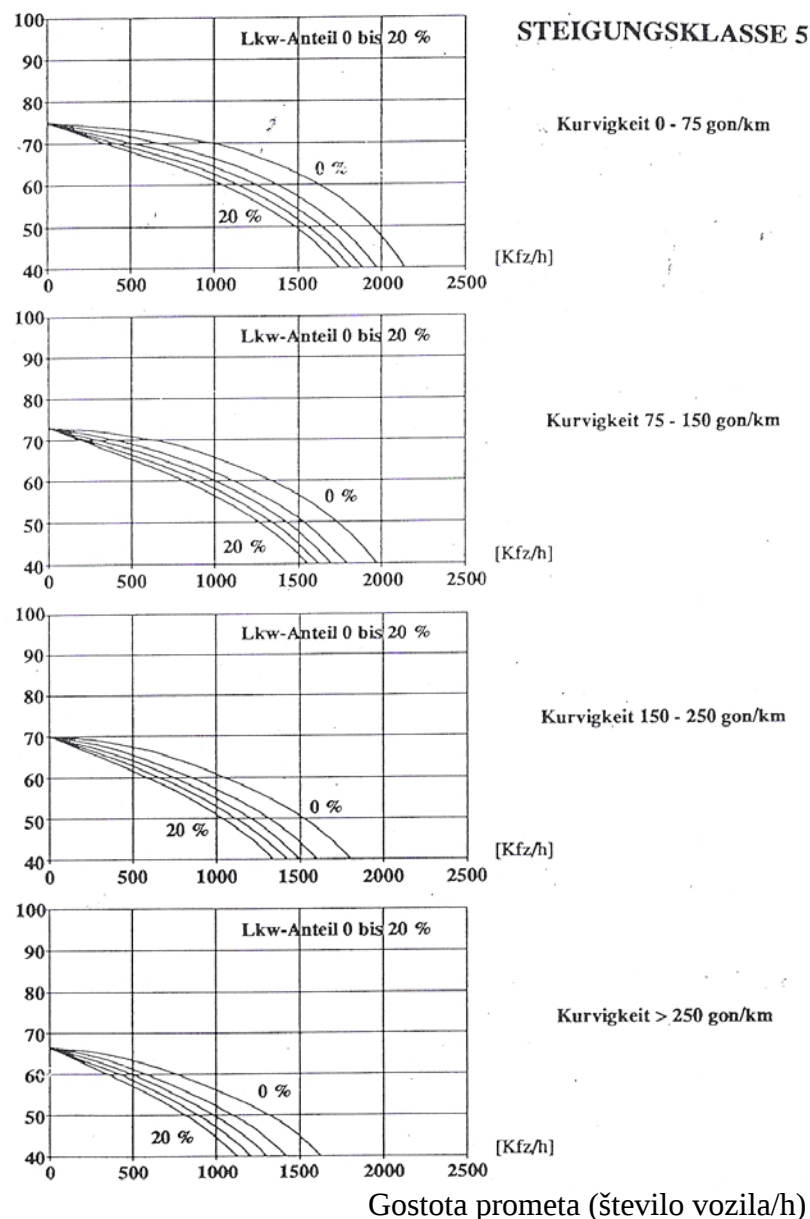
Legenda :

Lkw- Anteil : delež tovornih vozil (%)

Kurvigkeit : ukrivljenost ovinka (gon/km)

Steigungsklasse : razred velikosti vzpona, določen v **Preglednici 4** .

Hitrost (km/h)



Gostota prometa (število vozila/h)

Slika 14 : Prikazuje diagram odvisnosti med povprečno hitrostjo vozil in gostote prometa, ki sta odvisna še od ukrivljenosti ovinka in strmine vzpona, glej **Preglednico 4**

Legenda :

Lkw- Anteil : delež tovornih vozil (%)

Kurvigkeit : ukrivljenost ovinka (gon/km)

Steigungsklasse : razred strmine vzpona, določen v **Preglednici 4** .

Pri izračunu vrednosti na prikazanih diagramih niso upoštevali slabih voznih pogojev in so bili pridobljeni upoštevanje optimalne pogoje vožnje (dobra vidljivost, podnevi, suho vozišče, dobra preglednosti). Za realni prikaz vrednosti je zato potrebno upoštevati še karakteristike posameznega cestnega odseka in sicer :

- vzdolžni nagib ceste
- ukrivljenost ovinka
- mesta, kjer so možna prehitevanja;

ter faktorje, ki vplivajo na promet:

- delež tovornega prometa
 - število počasnejših vozil
- z upoštevanjem najhitreje dosežene potovalne hitrosti.

Formula za izračun povprečne vrednosti potovalne hitrosti (V_r) je :

$$V_r = \frac{S}{t_k} = \frac{S}{s_1/V_{r,1} + s_2/V_{r,2} + \dots + s_n/V_{r,n} + \sum t_{k,j}} \quad (3)$$

- V_r = povprečna potovalna hitrost osebnih vozil, na celotnem odseku ceste (km/h)
 $V_{r,i}$ = povprečna potovalna hitrost osebnih vozil, za del cestnega odseka (i). (km/h)
 s = dolžina celotnega cestnega pasu (km)
 s_i = dolžina posameznega odseka ceste – i (km)
 t_r = povprečni potovalni čas, osebnih vozil, za cel odsek pasu ceste (h).
 $t_{r,i}$ = povprečni potovalni čas, osebnih vozil, za del odseka – i (h)
 $t_{r,j}$ = povprečni izgubljeni čas osebnih vozil, na točki - j (izgubljeni čas na semaforju) (h)
 N = število odsekov
 m = število točk, kjer je izgubljeni čas

4.2.2) Določitev normalnega prečnega profila ceste :

Stopnja izkoriščenosti (a), je pomemben izračun, ki prepreči da ne pride do neekonomičnosti in predimenzioniranja cestnega prečnega profila. Izračun stopnje izkoriščenosti v času, ko je povečan prometni tok, se izračuna po enačbi:

$$a = \frac{Q_b}{\max Q} \cdot 100 (\%) \quad (4)$$

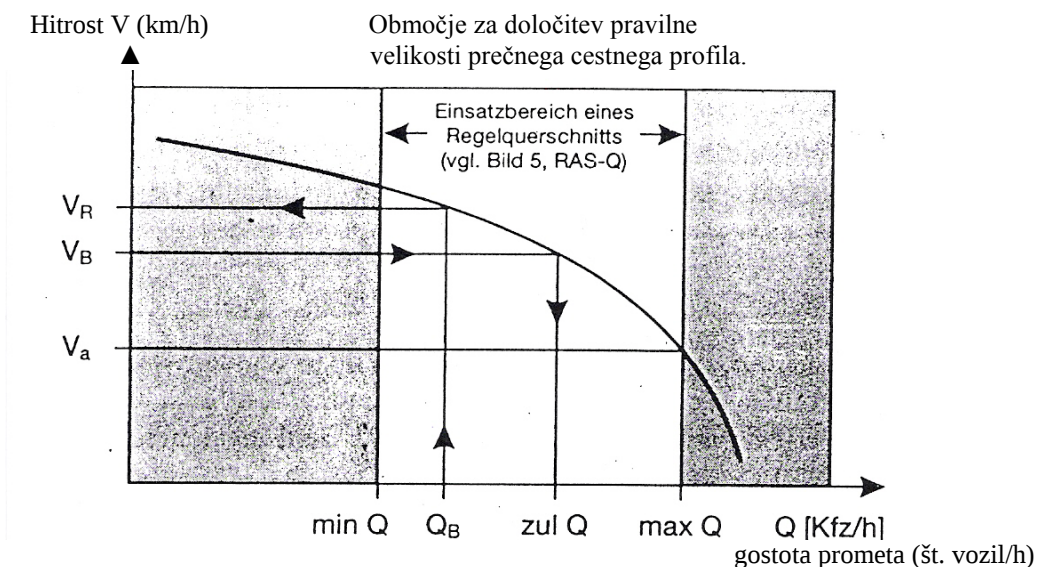
a = stopnja izkoriščenosti (%)
Q_b = izračunana gostote prometa (težka vozila/h)
Max.Q = max. dovoljena prometna gostota, ki se odčita iz diagramov prikazanih na **Sliki 13**, **Sliki 14**, s pomočjo podane velikosti potovalne hitrosti vozil V_a, glej **Sliko 15**, na posameznem odseku ceste.

Ta izračun stopnje izkoriščenosti je potreben ne glede na to za kakšno velikost normalnega prečnega profila gre.

Za sprejetje izračunane hitrosti (V_b), je potrebna kontrola s pomočjo diagrama prikazanega na **Sliki 15**. Vrednost izračunane hitrosti (V_b), mora biti take velikosti, da na diagramu doseže vrednost dopustne velikosti gostote prometa (Q).

Za sprejetje merjene gostote prometa (Q_b), je potrebna kontrola, s pomočjo diagrama prikazanega na **Sliki 15**. Vrednost izračunane gostote prometa (Q_b), mora imeti tako velikost, da leži znotraj območja med min.Q in med max.Q (dopustno prometno gostoto).

V Sloveniji je stopnja izkoriščenosti, določena po enačbi : Q/c



Slika 15: Prikazuje diagram razmerja med hitrostjo vozil (km/h) in gostoto prometa Q (št. voz./h).

- max Q = Na določenem normalnem prečnem profilu ceste (RQ), je potrebno da določena max. dopustna gostota prometa, ustreza predpisani hitrosti (V_a). (št. vozila/h). To preverimo s Q-V diagramom. Glej **Slika 15**.
 Za dvopasovnice se vrednost za max Q – določi s pomočjo **Preglednice 10**.
- min Q = Dosežena najmanjša gostota prometa, ki mora ustrezati delu procenta max Q najmanjša prometna gostota dosežena s pomočjo stopnje kapacitete, (št. tovornih vozila/h).
- Q_b = izračunana gostota prometa (št. tovornih vozil/h)
- Q = Dopustna gostota prometa, pomembna pri kontroli za vrednost merjene hitrosti (V_b), (težka vozila/h)
- V_b = izračunana hitrost vozil (km/h)
- V_r = povprečna potovalna hitrost vozil (km/h)
- V_a = povprečna potovalna hitrost vozil, pri max Q (km/h)

PREGLEDNICA 5: Prikazuje najmanjšo racionalnost gostote prometa v (%), za različne normalne prečne profile cest.

Oblika prečnega prereza	Zgostitev prometa, delež od kapacitete (%)	Hitrost V_a (km/h)
RQ 35,5	60	80
RQ 33	60	80
RQ 29,5	60	80
RQ 26	60	70
RQ 20	50	70
RQ 15,5	45	60
RQ 10,5	35	50
RQ 9,5	15	50

4.2.3) Vzdolžni nagib voznih pasov:

Povprečna hitrost vozil, se izmeri na naraščujočem delu vzpona.

Po spodaj navedeni formuli se naredi korekcija dejanske velikosti povprečne hitrosti osebnih vozil.

$$V_{1,i} = V_{0,i} - \Delta V_{s,i} \quad (5)$$

$V_{1,i}$ = Od vzpona odvisna povprečna hitrost vozil na opazovanem delu poti - (i),(km/h)

$V_{0,i}$ = Povprečna hitrost vozil merjena na cesti z vzdolžnim nagibom $s < 2\%$,

Odčitamo iz **Preglednice 6**

$\Delta V_{s,i}$ = Zmanjšano hitrost odčitamo iz **Preglednice 6.**

Zmanjšana hitrost se upošteva, v primeru, ko je opazovani odsek ceste zelo dolg.

PREGLEDNICA 6 : Prikazuje zmanjšanje hitrosti, v odvisnosti z vzdolžnim nagibom.

VZDOLŽNI NAGIB s (%)	ZMANJŠANA HITROST ΔV_s (km/h)
< 2	0
< 3	11
< 4	18
≥ 4	25

Zaradi odsekov ceste, ki si sledijo pride do dodatnega zmanjšanja hitrosti, ki se izračuna po formuli:

$$\Delta V_{L,i} = V_{1(i-1)} - V_{1,i} \quad (6)$$

$\Delta V_{L,i}$ = zaradi odsekov ceste, ki si sledijo se pojavi dodatno zmanjšanje hitrosti (km/h)
 $V_{1,i}$ = na vzponu merjena hitrost vozil, za opazovan odsek (i).
 $V_{1, (i-1)}$ = pred ($V_{1,i}$), na vzponu merjena hitrost, za (i-1), opazovani odsek.

Vsaka sprememba hitrosti $\Delta V_{L,i}$, spremeni ali omeji dolžino ceste – S. Zaradi omejitve dolžine ceste - S, se lahko zgodi, da je opazovana dolžina cestnega odseka (i), z dolžino poti odseka (S_i) krajša in je potrebno ponovno korigirati od vzpona odvisno hitrost ($V_{1,i}$).

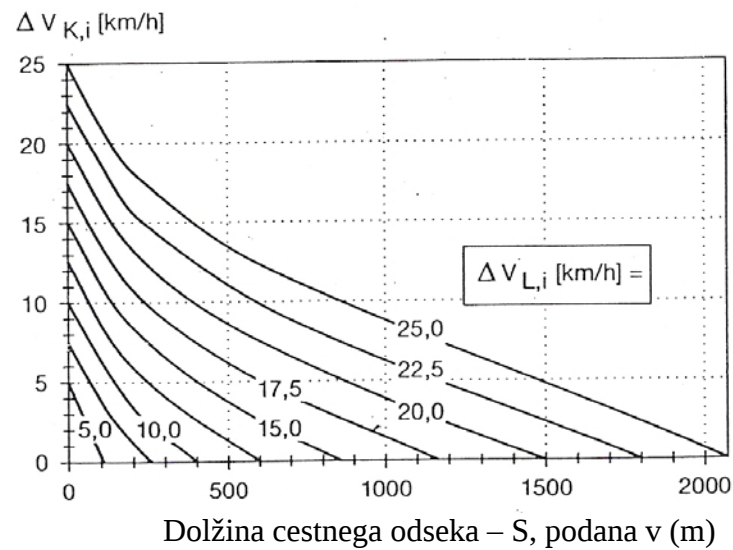
Korigiranje $V_{1,i}$, se določi po formuli :

$$V_{R,i} = \begin{cases} V_{1,i} & , \text{ za } S_i \geq S \\ \Delta V_{k,i} & , \text{ za } S_i < S \end{cases}$$

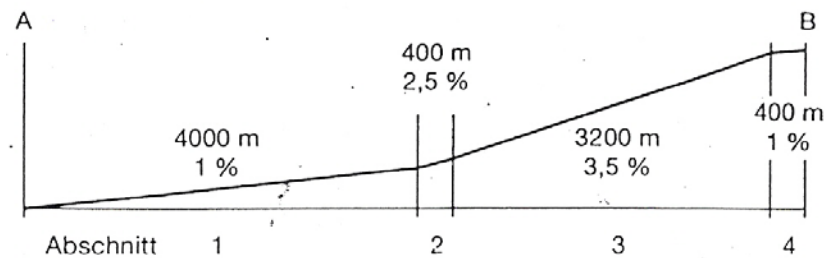
$V_{R,i}$ = hitrost vozil, ki se predpiše za opazovani odseku (i), podana v (km/h)
 $V_{1,i}$ = na vzponu merjena hitrost vozil, določena po formuli (5), na opazovanem odseku (i). Enote so v (km/h).
 $\Delta V_{k,i}$ = zmanjšana hitrost določena po formuli (6), in izbrana iz **Slike 16**, z upoštevanjem spremembe hitrosti $\Delta V_{L,i}$. Izbrana $\Delta V_{k,i}$ naj bo čim bolj podobna $\Delta V_{L,i}$. Enote so v (km/h).
 S_i = dolžina opazovanega cestnega odseka (i), podana v (m)
 S = najmanjša dolžina cestnega, ki se izbere v **Preglednici 7**, podano v (m)

PREGLEDNICA 7 : Prikazuje minimalne dolžine ceste, ki so odvisne od dosežena predpisane hitrosti, na vzponu. Vmesne vrednosti se določijo po interpolaciji.

Razlika v hitrosti zaradi vzpona $\Delta V_{L,i}$ (km/h)	Min. dolžina podaljšanja odseka 2 voznih pasov na vzponu S (m)
5,0	100
7,5	250
10,0	400
12,5	600
15,0	850
17,5	1150
20,0	1500
22,5	1800
25,0	2100



Slika 16 : Prikazuje korigirano shemo razlik v hitrosti $\Delta V_{K,i}$ (km/h), ki se pojavijo zaradi različnih velikosti vzponov.



Slika 17 : Prikazuje primer prereza ceste po odsekih, ki je potreben pri računanju

Primer formularja za normalni prečni profil, ki podaja vse potrebne vrednosti za načrtovanje cestnega odseka.

(Vrednosti so dobljene iz prometne hitrosti, določene na osnovi prometne gostote).

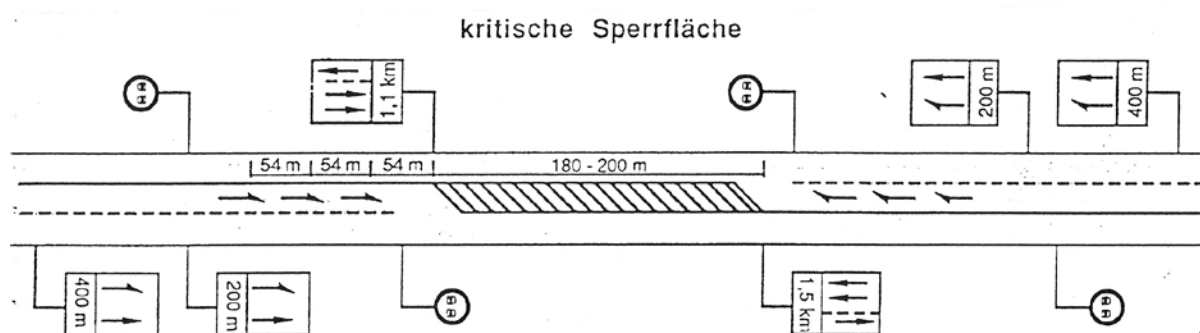
Odsek ceste					
1	Odsek ceste št. (i)	1	2	3	4
2	Kategorija ceste (glej sliko 26 na str.41)	A1	A1	A1	A1
3	Izračunana hitrost vozil V_b (km/h)	100	100	100	100
4	Izračunana gostota prometa Q_b (št.tovornih vozil/h)	2500	2500	2500	2500
5	Delež počasnejših vozil v (%)	10	10	10	10
6	Oblika normalnega prečnega prereza	RQ 29,5	RQ 29,5	RQ 29,5	RQ 29,5
7	Število voznih pasov za eno smer vožnje (n)	2	2	2	2
8	Dolžina posameznega odseka S_i (m)	2000	200	1600	200
9	Vzdolžni nagib ceste s_i (%)	1	2,5	3,5	1
10	Dosežena hitrost na ravnini izbrana iz diagrama prikazanega na sliki 28 , $V_{0,i} - v$ (km/h)	110	110	110	110
11	Velikost zmanjšanja hitrost $\Delta V_{s,i}$ (km/h)	0	11	18	0
12	Hitrost merjena na vzponu $V_{l,i} = V_{0,i} - \Delta V_{s,i}$ (km/h)	110	99	92	110
13	Razlika v hitrosti, zaradi menjave odseka ceste $\Delta V_{L,i} = V_{l(1-i)} - V_{l,i}$ (km/h)	0	+ 11	+ 7	- 18
14	Od dolžine odvisna, korekcija hitrosti $\Delta V_{K,i}$ Določimo po diagramu prikazan na sliki 32 (km/h)	0	+ 4	0	- 12
15	Velikost potovalne hitrosti ($V_{R,i}$), na določenem cestnem odseku $V_{R,i} = V_{l,i} + \Delta V_{K,i}$ (km/h)	110	103	92	98
16	Potovalna hitrost (V_R), na celotnem odseku ceste (km/h)	101			
17	Primerjava $V_R \leftrightarrow V_B$	V_R (povzet na vseh odsekih ceste) $\geq V_B$			
18	Hitrost V_a , določena iz Preglednice 7 (km/h)	80			
19	Od vzpona odvisna razlika v hitrosti $V_{0,i} - V_{R,i}$ (km/h)	0	7	18	12
20	Max. dopusna gostota prometa Q_i , pri V_a^* , glej sliko 28 . $V_a^* = V_a + (V_{0,i} - V_{R,i})$ (št. tovornih vozil / h)	3450	3360	3120	3200
20	Procent obremenjenosti cestnega odseka $(Q_B^*/\max Q_i) \cdot 100$ (%)	72	74	80	78

Slika 18 : Prikazuje primer folmularja, ki podaja vse podatke, ki so potrebni pri načrtovanju cestnega odseka tropasovnice.

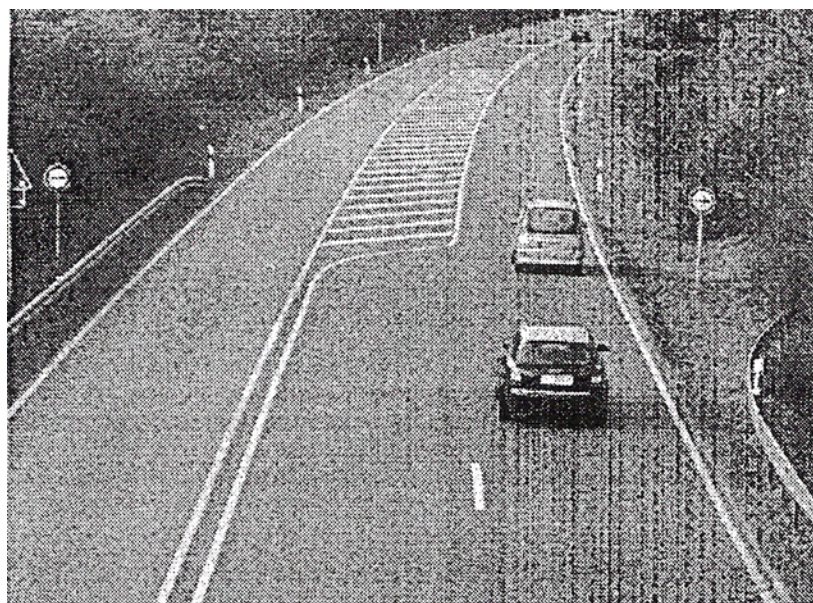
5.0) OPIS DIMENZIONIRANJA SISTEMA CEST »2+1«

5.1) Določanje vrednosti, potrebnih pri urejanju cest sistema »2+1«

Na cesti sistema »2+1« je najpomembnejša ureditev kritičnih mest, ki se zgodijo zaradi izmenjave pasov iz 2 na 1 in iz 1 na 2, kot prikazuje **slika 19**.

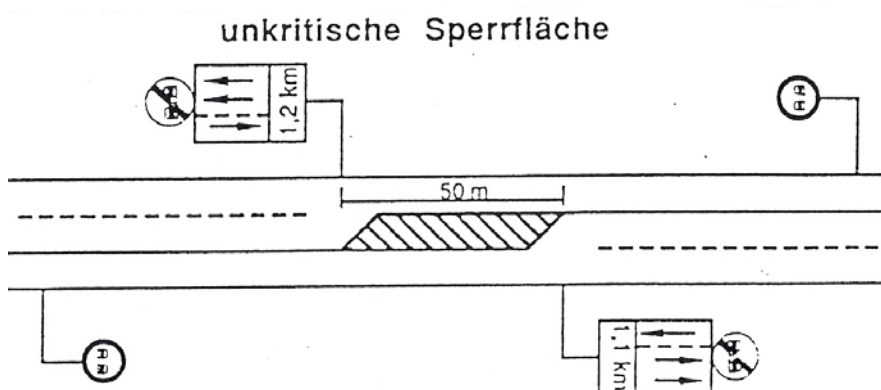


slika 19 : Prikazuje kritično površino odseka ceste, zaradi zaključevanja dodatnega pasu.

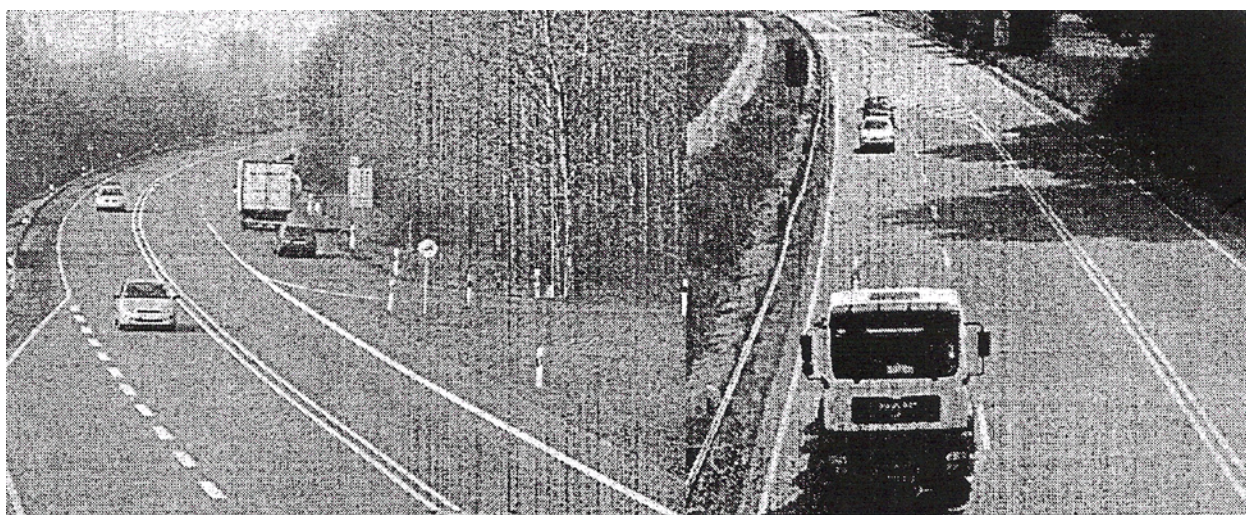


Slika 20 : Prikazuje kritična mesta, na cesti sistema »2+1«, ki se zgodijo zaradi menjave voznih pasov iz 2→1

Največja nevarnost, na tem delu ceste, nastane zaradi rizičnega prehitevanja, ki se pojavi na mestu, kjer se dodatni pas zaključuje. Zapora dodatnega pasu, za voznike, pomeni konec možnosti prehitevanja, zaradi izmenjave voznih pasov. Zato je potrebno ustrezno dimenzioniranje zaključevalne in uvozne dolžine voznega pasu.



slika 21 : Prikazuje nekritično površino odseka ceste, zaradi zaključevanja dodatnega pasu



Slika 22 : Prikazuje nekritična mesta, na cesti sistema »2+1«, ki se zgodijo zaradi menjave voznih pasov iz 1→2.

Na tropasovni cesti, je za vozila, ki vozijo v koloni, potrebno poiskati čimbolj ugodne rešitve za dobro in varno razporeditev vozil po prometni površini, s tem pa zvišanje kvalitete vožnje.

Iskane rešitve, upoštevajo vrsto vozil na enopasovnem odseku ceste in potek vožnje vozil kolone, na dvopasovnem odseku ceste.

Uvozne dolžine cest, morajo biti dimenzionirane tako, da zagotovijo koloni vozil, ki prehaja iz enopasovnega na dvopasovni odsek, čimbolj enakomerno in nenevarno razvrstitev.

Če je gostota prometa večja od 13.000 voz/24h, se ustvari kolona. To je najbolj pomemben parameter na podlagi katerega se odloča ali gradnja sistema cest »2+1« pride v poštev. Zato je potrebno pridobiti podatke gostote prometa, ob različnih časovnih intervalih.

Roos (1989) je za definicijo - kolona vozil - analiziral različne metode.

Po Roos – u, je kolona vozil definirana, če izpolnjujejo vozila posamezne skupine sledeče pogoje:

- hitrost vodilnega vozila v koloni ne sme biti večje od 90 km/h, časovni interval med vozili, ki vozijo za njim, ne sme presegati 3 s.
- vodilno vozilo kolone, se ne šteje kot vozilo v koloni

Število posameznih vozil, ki sestavljajo kolono in so odvisna od nje, se imenuje sestava oz. zgradba vozil v koloni. Število vozil, ki je v posamezni koloni, se imenuje dolžina kolone. Sestava oz. vrste vozil v koloni, je pomembna pri določanju dolžine dvopasovnega odseka ceste, zaradi čimbolj ugodnega prehitevanja. Pomembno je ugotoviti število vozil, ki prehiti počasnejše vozilo na določeni dolžini odseka. Prav tako je pomemben podatek deleža tovornih vozil v posamezni koloni. Delež tovornih vozil, zaradi nizkih hitrosti in majhnega pospeška povzročijo povečanje kolone vozil. Zato je na dvopasovnem odseku ceste zelo pomembno pravilno dimenzionirati dolžino prehitevalne poti.

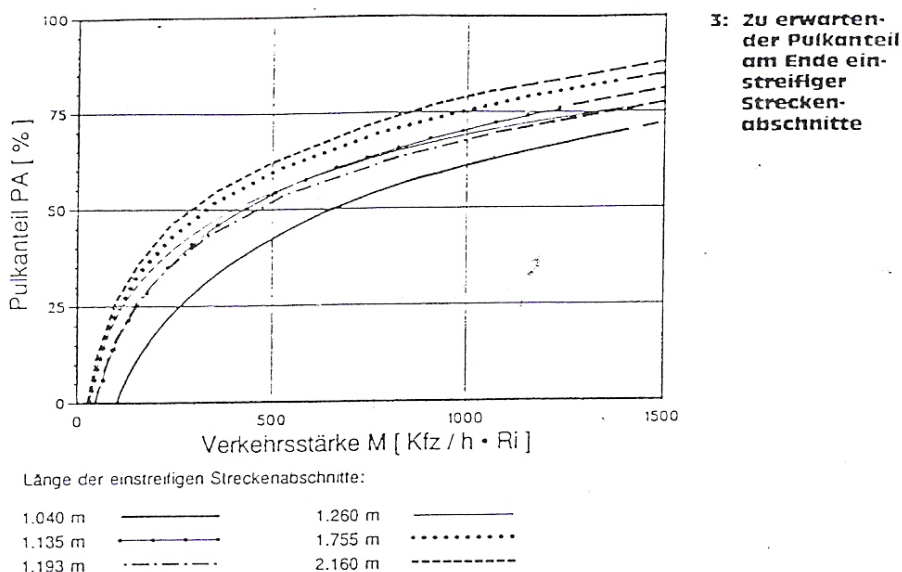
Za čimbolj ugodno razvrstitev vozil na dvopasovnem odseku ceste je pomembna dolžina kolone na uvoznem delu dvopasovnega odseka ceste, hitrost prehitevalnih vozil, časovni zamik in velikost pospeška med vozili, ter mesto kjer se začne pospešek vozil povečevati zaradi prehitevanja.

5.2) Določanje sestave vozil, v posamezni zgoščeni skupini prometa :

Zgoščena skupina vozil je skupina vozil, ki se nabere zaradi zmanjšanja hitrosti na odseku ceste, kjer se en vozni pas končuje in razširi v dvojni vozni pas, ter na mestu kjer je končevanje dvojnega voznega pasu, zaradi zožanja ceste. Zato je potrebno določiti tako dolžino odseka, da bo prometni tok potekal nemoteno.

Sestava vozil v koloni je odvisna od gostote prometa in od dolžine zaključka enopasovnega odseka.

S pomočjo diagrama na **Sliki 23**, se zgoščenost skupine vozil določi z deležem vozil v (%), ki sestavljajo posamezno skupino vozil in sicer na mestu kjer se enopasovni odsek ceste končuje.



Slika 23: Prikazuje diagram za določanje deleža vozil v koloni.

Delež vozil se določi na osnovi medsebojne odvisnosti med velikostjo prometne gostote M (voz./h · R_i), pri čemer oznaka (R_i) pomeni dolžina enopasovnega odseka ceste.

Legenda :

Verkehrsstärke : gostota prometa

Pulkanteil PA (%) : delež skupine vozil v (%), za posamezno zgoščeno skupino vozil.

Že z majhnim povečanjem gostote prometa, od 0 – 500 voz./h · R_i , se velikost deleža skupine vozil poveča in na diagramu zavzame vrednost med 40 – 60 %.

5.3) Določevanje dolžin posameznih zgoščenih skupin prometa :

Za dimenzioniranje dolžine dvopasovnega odseka ceste se upošteva dolžina zgoščene skupine vozil, ki se pojavi na zaključevalnem delu enega voznega pasu, pri čemer so to vozila, ki vozijo v koloni za vodilnim vozilom.

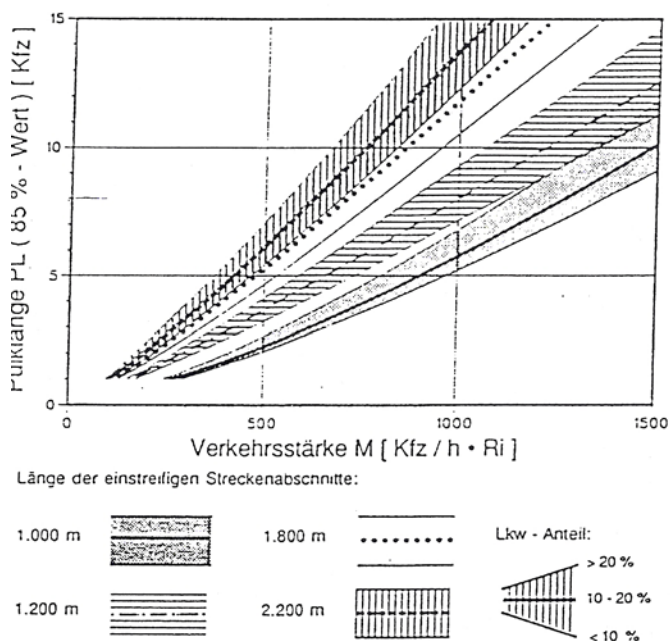
V različnih časovnih intervalih je velikost zgoščene skupine vozil lahko majhna in obsega le 1 – 3 vozil, lahko pa se gostota poveča in sestavlja preko 20 vozil.

Pri veliki prometni gostoti, ki povzroči neenakomerne dolžine zgoščenosti skupine vozil, je potrebno pri dimenzioniranju cest, uporabiti le 85 % odčitane vrednosti, ker se lahko v nasprotnem primeru zgodi predimenzioniranje dvopasovnega odseka ceste.

Dolžino zgoščene skupine vozil, se določi s pomočjo diagrama prikazanega na **sliki 23**.

Pri tem je potrebno upoštevati sledeče podatke: dolžino zaključnega odseka enega voznega pasu, velikost prometne gostote M (voz./h · R_i) na danem odseku.

Delež skupine vozil, kot tudi dolžina skupine vozil sta odvisni od števila tovornih vozil. Različno velikost deleža tovornih vozil je potrebno upoštevati tudi na diagramu **slike 23**.



Slika 24 : Prikazuje diagram ocenjevanja dolžine kolone vozil pri dani prometni gostoti, številu tovornih vozil in dolžini enopasovnega odseka na mestu zaključevanja. Uporabi se 85% delež vrednosti, zaradi nevarnosti predimenzioniranja dvopasovnega odseka.

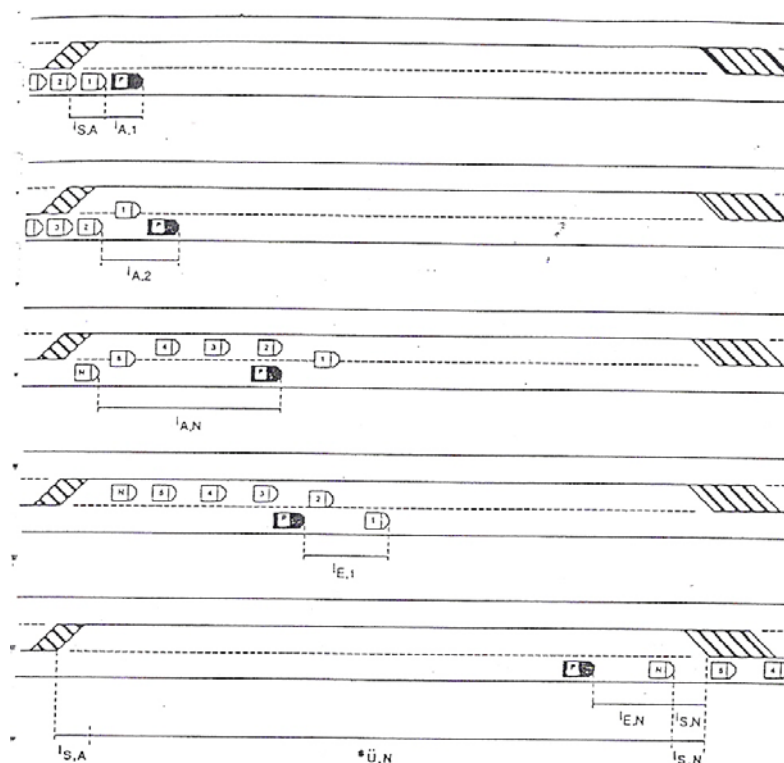
Legenda :

Pulkllange PL (%) : dolžina kolone, (uporabimo 85% vrednosti od realne vrednosti, zaradi nevarnosti predimenzioniranja.

Verkehrsstärke : gostota prometa

Primer odčitavanja : Pri manjši količini tovornih vozil in prometni gostoti 1000 voz/h · Ri, ki je izmerjena na koncu 1000 m dolgega enopasovnega odseka ceste, meri dolžina kolone 6 vozil.

Za pomoč pri dimenzioniranju sistema ceste »2+1«, se jemlje prehitevalni model. Na **sliki 25** je prikazana ena od oblik prehitevalnega modela, ki prikazuje vozila pri prehitevanju in potek vožnje posameznih skupin vozil. Osnova pri dimenzioniranju dvopasovnega odseka ceste sistema »2+1«.



Slika 25: Shema, prehitevalnega modela za določanje dolžine dvopasovnega odseka ceste

Legenda uporabljenih označb v shemi :

IS,A : je razdalja, ki se začne od začetka nekritične površine do sprednjega dela prvega vozila, ki je v koloni. Ponavadi je ta dolžina, kar konstantna in znaša 10 m.

sÜ,N : pot, ki je potrebna za prehitevanje, N – tega vozila.

IS,N : razdalja, med sprednjim delom N-tega vozila, ki že prevozi prehitevalno pot in začetkom kritične površine. Ta razdalja je ponavadi kar konstantna in je dolžine 40 m, namenjena je pri pripravi voznikov na zmanjšanje hitrosti, zaradi zožanja vozišča

IA,N : razdalja, ki poteka med N- tim vozilom, ki je na začetku prehitevalne poti in sprednjim delom vozila, ki prehiteva kolono.

IE,N : razdalja med sprednjim delom vozila, ki prehiteva kolono in sprednjim delom N-tega vozila, ki je na koncu prehitevalne poti.

Dohitevalni razmak (I_s, A) :

Vodilno vozilo kolone, vozi z neko konstantno hitrostjo. Dohitevalni razmak je razdalja, ki se začne na začetku nekritične površine do sprednjega dela prvega vozila, ki je v koloni.

V veliki meri je dohitevalni razmak (I_s, A) odvisen tudi od ostalih vozil v koloni, ki so še na enopasovnem odseku ceste. Čim hitreje vozi vodilno vozilo, tem večji je dohitevalni razmak. Dohitevalni razmak se ugotavlja pri hitrosti 50 – 90 km/h.

Razdalja, ki se pojavi pri zavijanju vozil nazaj v kolono (I_E, N) :

Poteka med N-tim vozilom kolone, ki prehití vodilno vozilo. Računa se pri prehitevalni hitrosti 60 – 90 km/h, razmaku med vozili 28 – 34 m in vsiljenim razmakom velikosti 23 – 26 m. Dolžina dvopasovnega odseka mora biti zdimenzioniran tako, da zadnje vozilo v koloni ni prikrajšano pri prehitevanju počasnejšega vozila. Pri tem v veliki meri pripomore razdalja I_E, N ki je kar konstantna in znaša $I_E, N = 30$ m.

Hitrost (V_n) in pospešek :

Od posamezne kolone odvisna primarna hitrost vozil je označena z (v_p). Hitrost posamezne kolone lahko izstopa tako, da vodilno vozilo kolone vozi z dovolj visoko hitrostjo, tako da prehitevanje ni potrebno.

Razlika v hitrosti med N-tim voznikom in vodilnim voznikom na mestu uvoza na dvopasovnem odseku ceste, je ena izmed pomembnih parametrov potrebnih pri dimenzioniranju prehitevalne poti. Pri visoki hitrosti vodilnega vozila, ima prvo vozilo, ki vozi za njim veliko večjo razliko v hitrosti, kot ostala vozila v koloni.

Pomembna dimenzija za računanje potrebne dolžine prehitevalne poti, je točno določena hitrost prehitevalnih vozil (V_n). S hitrostjo (V_n), naj bi se prehitevalni pas oblikoval tako, da bi po njem imeli vozniki možnost voziti s čim višjimi hitrostmi.

Zato je za dimenzioniranje primerna hitrost (V_{85}) velikosti 120 – 139 km/h.

Pri dimenzioniranju, ne smemo uporabiti izmerjenih količin, ki presegajo dimenzije določene v pravilniku o urejanju cest. Zato je maksimalna določena hitrost prehitevalcev 100 km/h. Na osnovi nje se določijo varne dolžine prehitevalnega odseka ceste.

Dimenzioniranje prehitevalnega območja :

Ko so izbrane vse potrebne na shemi prehitevanja prikazane dimenzije se s pomočjo diagrama prikazanega na **sliki 26**, dimenzionira prehitevalni vozi pas. Pomembni podatki pri dimenzioniranju so tudi dolžina kolone (št. vozil v koloni), njena hitrost in hitrost vodilnega vozila. Hitrost kolone vozil je razdeljena v 4- skupine :

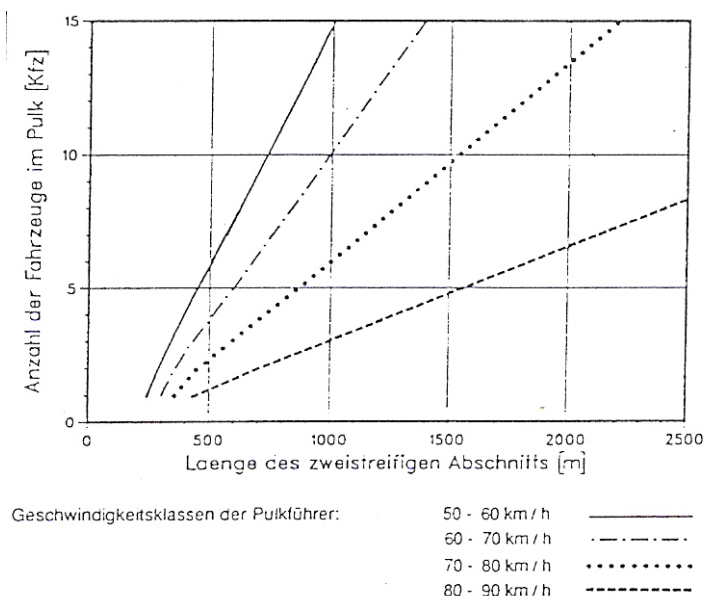
50 - 60 km/h na diagramu prikazana kot : —

60 – 70 km/h na diagramu prikazana kot : ·—·—·—·—·

70 – 80 km/h na diagramu prikazana kot :·

80 – 90 km/h na diagramu prikazano kot : -----

Če hitrost kolone presega 90 km/h, ni potreben prehitevalni pas.



Slika 26: Prikazuje diagram za določanje dolžine odseka ceste na strani vozišča, kjer je dvojni vozni pas. Dolžino določimo s pomočjo št. vozil v koloni, v odvisnosti z doseženo hitrostjo vodilnega vozila v koloni

Legenda :

Anzahl der Fahrzeuge im Pulk (Kfz) : število vozil v posamezni zgoščeni skupini prometa
Länge des zweistreifigen Abschnit (m) : dolžina dvopasovnega odseka ceste

Geschwindigkeitsklassen der Pulkführer : razred hitrosti vodilnega vozila v skupini

50 - 60 km/h na diagramu prikazana kot : —

60 – 70 km/h na diagramu prikazana kot : - · - · - · - · - ·

70 – 80 km/h na diagramu prikazana kot :

80 – 90 km/h na diagramu prikazano kot : -----

Po analiziranju dohitevalne razlike med vozili, ki vozijo za vodilnim vozilom kolone, se izkaže, da z večanjem hitrosti vodilnega vozila narašča tudi dohitevalna razlika med vozili, včasih celo izven proporcionalnih vrednosti. Iz tega razloga, je razlika v hitrosti med prehitevalnim vozilom in vozilom, ki je prehitevano zelo majhna, pri čemer je potrebno narediti prehitevalni vozni pas daljši.

S pomočjo diagrama prikazanega na **sliki 26**, je naveden sledeči primer :

Če se za dimenzioniranje uporabi kolona, ki obsega 10 vozil, pri čemer vodilno vozilo vozi s hitrostjo 55 km/h in maksimalna dopustna hitrost prehitevajočih vozil znaša 100 km/h, takrat je na dvopasovnem odseku ceste dolžina prehitevalne poti najmanj 730 m. Ta se lahko podaljša na dolžino 1550 m, če se hitrost vodilnega vozila zviša na 75 km/h.

Pri hitrosti vodilnega vozila 85 km/h, pa je dolžina prehitevalnega odseka 3000 m.

Diagrami prikazani na **Slikah 23, 24, 26**, so strnjeni v Nomogramu, prikazanem na **sliki 30**. Za določanje vrednosti iz Nomograma so potrebni sledeči podatki :

- izmerjena gostota prometa
- izmerjen delež tovornih vozil
- pričakovane hitrosti prehitevalnih vozil
- pričakovane hitrosti vodilnega vozila v koloni

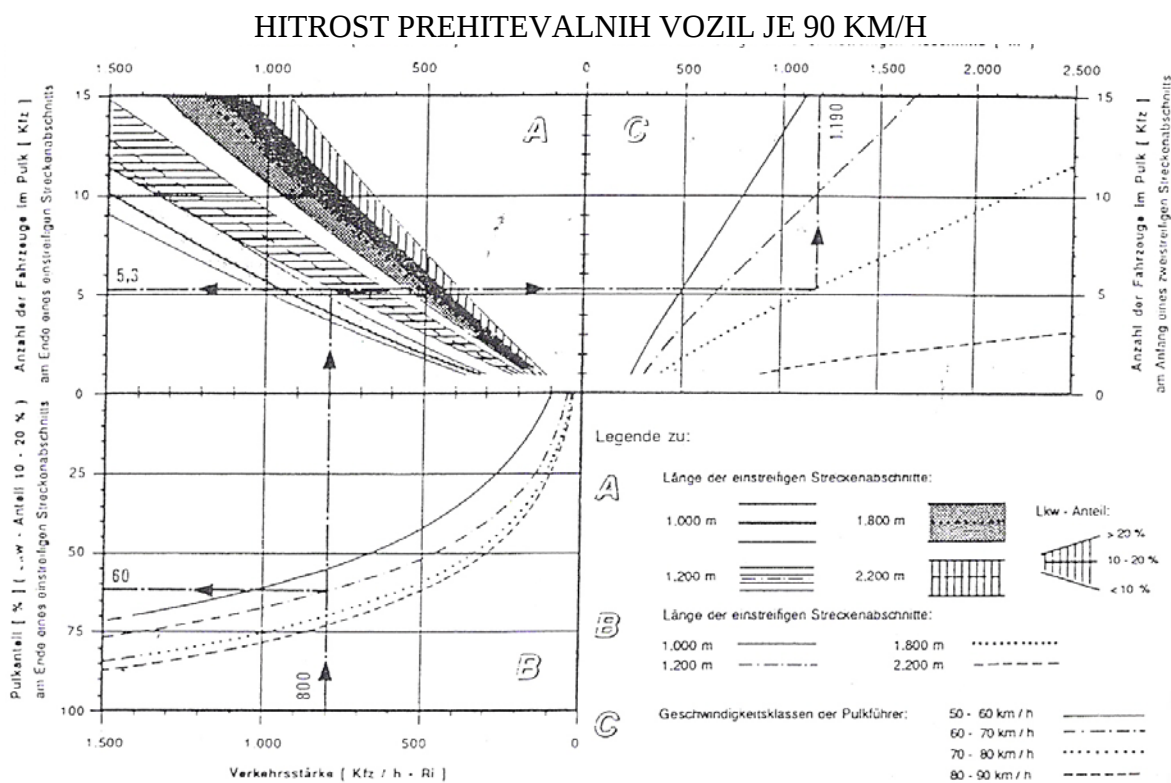
Prikaz primera odčitavanja vrednosti iz Nomograma

Dani podatki :

- povečana gostota prometa za eno smer vožnje je velikosti 800 voz./h · Ri
- število tovornih vozil je majhno
- razred hitrosti vodilnega vozila v koloni pade v območje 70 – 80 km/h
- ocena hitrosti prehitevajočih vozil okoli 90 km/h
- dolžina zaključnega enopasovnega odseka ceste je 1.200 m
- pričakovani delež skupine vozil, ki prehaja na dvopasovni odsek ceste je velikosti 60 %
- dolžina kolone vozil je 5,3 vozila/kolono.

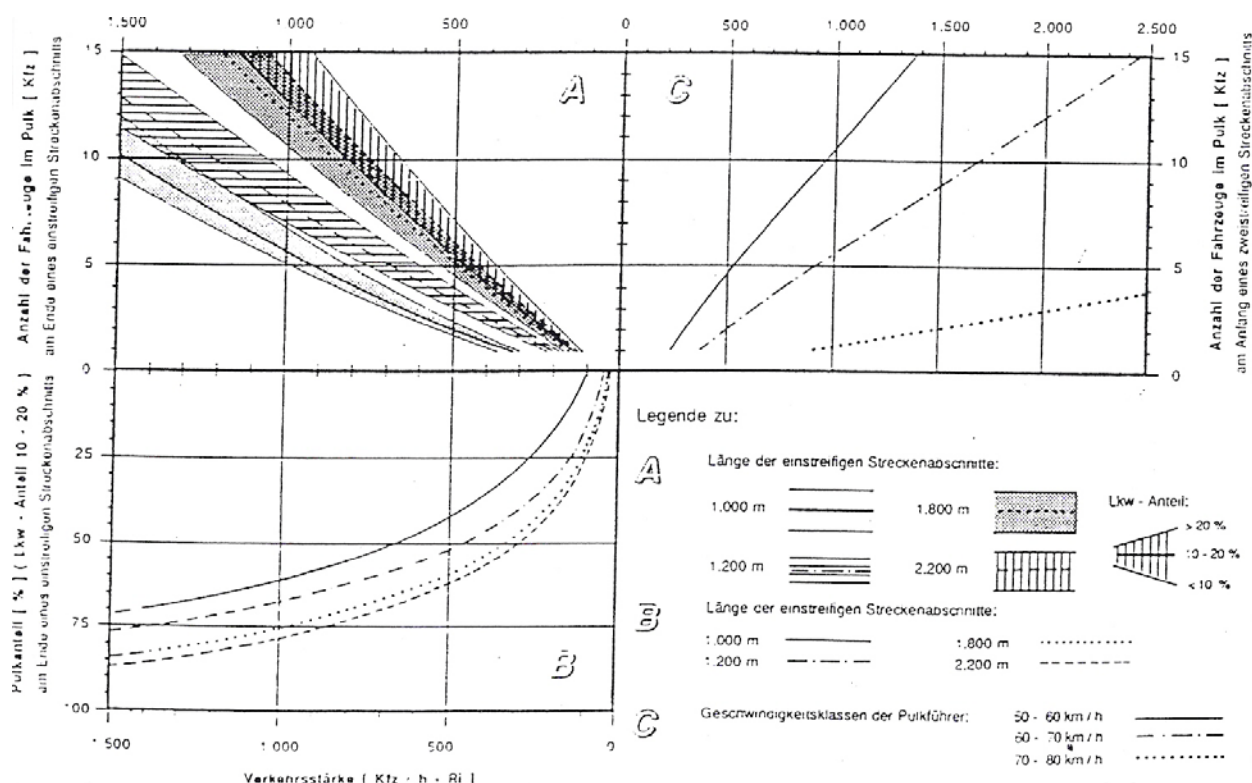
Odčitek :

Iz teh podatkov se določi potrebna dolžina dvopasovnega odseka, ki je velikosti 1190 m. Prikaz na Nomogramu iz **slike 27**.



Slika 27 : Prikazuje primer odčitavanja potrebne dolžine dvopasovnega odseka ceste, za pričakovane podatke.

HITROST PREHITEVALCEV JE 80 Km/h



Slika 28 : Prikaz in opis Nomograma

Legenda :

Področje A prikazuje :

Anzahl der fahrzeuge im Pulk : Število vozil v posamezni zgoščeni skupini vozil
Verkehrsstärke : prometna gostota
Länge der einstreifigen strekenabschnite : Oznake črt na diagramu za različne dolžine enopasovnih odsekov

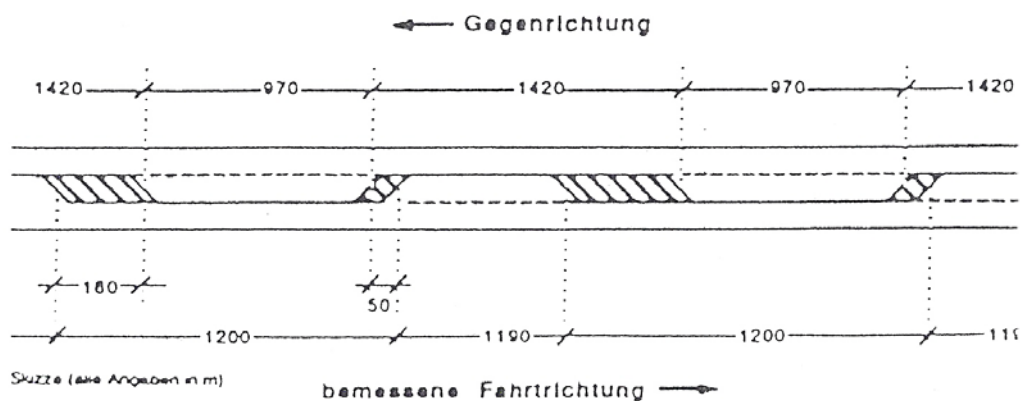
Področje B prikazuje :

Pulkanteil (%), (Lkw – Anteil 10 – 20%) : Delež vozil v posamezni zgoščeni skupini, kjer Delež tovornih vozil ne presega 10 – 20%
Verkehrsstärke : prometna gostota
Länge der einstreifigen strekenabschnite : Oznake črt za dolžine enopasovnih odsekov

Področje C prikazuje :

Anzahl der fahrzeuge im Pulk : Število vozil v posamezni zgoščeni skupini vozil
Verkehrsstärke : prometna gostota
Geschwindigkeitsklassen der Pulkführer : Razredi hitrosti vodilnega vozila v koloni

Na **sliki 29** je prikazana dolžina in razporejenost posameznih odsekov ceste sistema »2+1«, za izračunani primer.



Slika 29 : Prikazuje urejenost cestnih odsekov na tropasovni cesti, za izračunani promet.

Legenda :

Gegenrichtung : nasprotna smer vožnje

Bemessene : merjena

Fahrtrichtung : vozna smer

5.5) Vzponi na cesti :

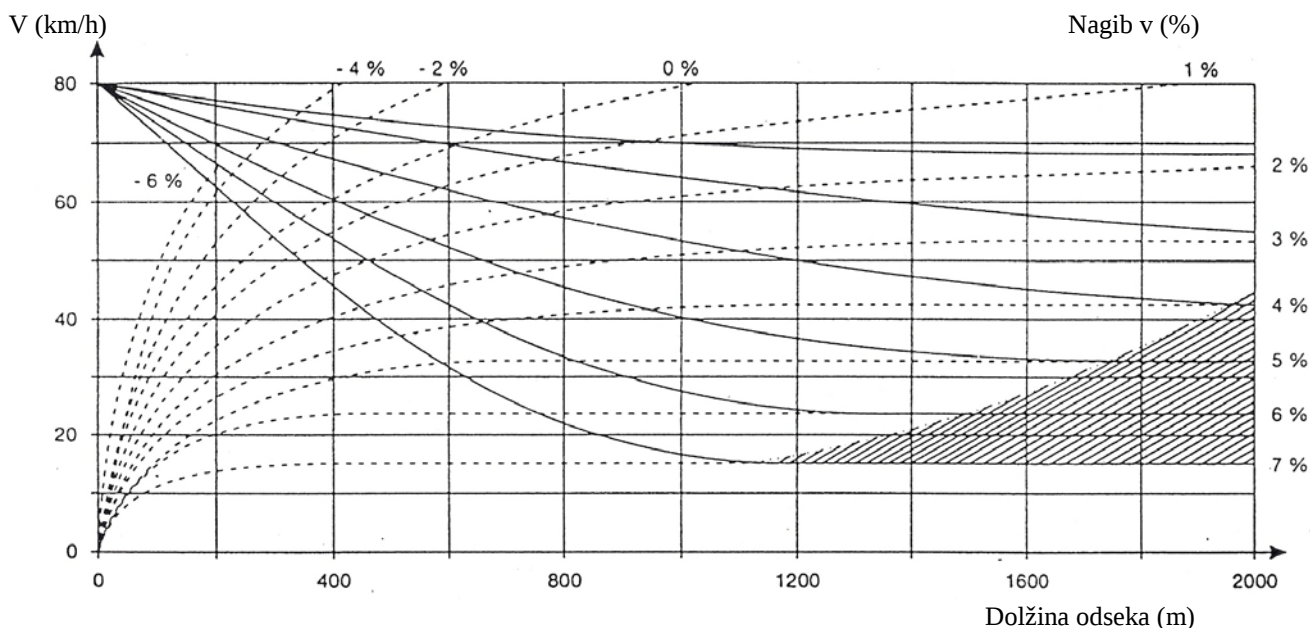
Velikost stopnje, vzdolžnega nagiba je odvisna od hitrosti težkih tovornih vozil, ki klasificira strmino vzpona, kar je prikazano v **preglednici 4**.
Merjenje hitrosti tovornih vozil je odvisno od :

- 1.) dolžine odseka ceste, podana v (m)
- 2.) nagiba vzpona, ki je podan v (%).

Če teh podatkov ni, se uporabi kar velikost dosežene povprečne hitrosti težkih tovornih vozil na določenem odseku ceste.

Pri izdelavi diagrama so pomembne velikosti hitrosti težkih tovornih vozil, ki so merjene na:

- mestih križišč s svetlobnimi signalnimi napravami ali urejeni s prometnimi znaki
- mestih cest, kjer je omejitev hitrosti manjša od 80 km/h.
- mestih dolgih klancev



Slika 30 : Diagram, za določevanje hitrosti na posameznem odseku ceste.
Hitrost odčitamo na osnovi dolžine (m) in nagiba v (%) cestnega odseka.

Legenda :

- | | |
|----------------------|------------------------------|
| — (polna črta) | pomeni upočasnitev hitrosti |
| 80 km/h | začetna hitrost |
| 1% - 7% | strmina vzpona |
| ----- (črtkana črta) | pomeni pospeševanje hitrosti |
| 0 km/h | začetna hitrost |
| - 6%, - 4%, - 2% | padec nagiba |
| 0% - 7% | strmina vzpona |

5.6) ukrivljenost ovinka, kot pomemben element za neovirano prehitevanje :

Za možnost prehitevanja v ovinkih, je poleg preglednosti na cesti, zelo pomembna potovalna hitrost vozil. Za ukrivljenost ovinka se uporabi formula:

$$KU = \frac{\sum |\gamma_i|}{L} \quad (7)$$

γ_i = kotno spreminjanje trase ceste (gon)

L = dolžina trase ceste (km)

KU = ukrivljenost ovinka (gon/km)

Za določanje možnosti prehitevanja na cestah je poleg topografskih podatkov terena pomemben tudi vpliv ostrine ovinka. Ostrino ovinka je odvisna od dosežene potovalne hitrosti vozil na posameznem odseku ceste. Po **preglednici 8** se izbere velikost ostrine ovinka.

PREGLEDNICA 8 : Prikazuje odseke cest, kjer je prepovedano prehitevanje podano v (%) zaradi ovinkov.

Del ceste, kjer je prepovedano prehitevanje prikazan v (%)	ukrivljenost krivine (gon/km)
0 – 15	0 – 75
> 15 – 30	75 – 150
> 30 – 100	150 – 250

PREGLEDNICA 9 : Prikazuje razvrščanje ukrivljenosti ovinkov po razredih.

Ukrivljenost ovinka (gon/km)	Razred
0 – 15	1
75 – 150	2
150 – 250	3
> 250	4

Ostrina ovinkov na sistemu cest »2+1«, pride v poštev le, če zapade v območje 1.

5.7) Določanje prometna gostote

Delež težkih in počasnih vozil, ima velik pomen pri določanju velikosti prometne gostote in hitrosti. Prikazano na Q – V diagramu **slike 15**.

Zaradi počasnih vozil, se pojavijo motnje pri prometnem toku.

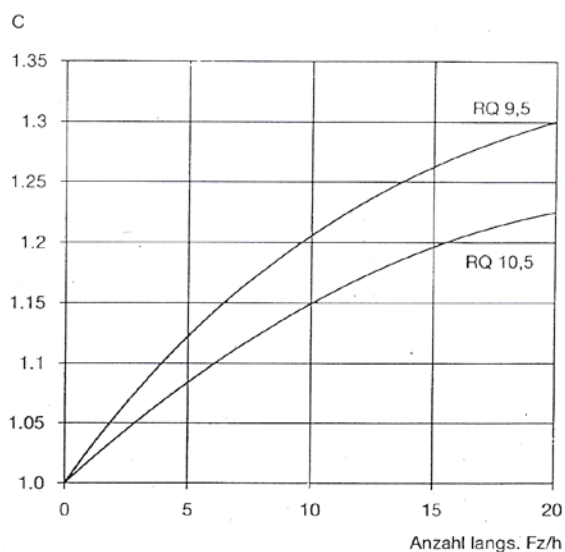
Zato s pomočjo podatka o številu počasnih vozil na uro, določimo faktor c, ki ga odčitamo iz diagrama na **Sliki 31**. S tem faktorjem c, se določi velikost prometne gostote Q_b^* po formuli:

$$Q_b^* = Q_b \cdot c \quad (8)$$

Q_b^* = fiktivna prometna gostota (št. to.v./h)

Q_b = izmerjena prometna gostota (št.to.v./h)

c = faktor določen v odvisnosti od števila počasnih vozil, glej **Slika 34**



Slika 31 : Prikazuje diagram za odčitavanje faktorja c, kateri je odvisen od prometne gostote počasnejših vozil in oblike prečnega profila ceste.

Razmerje med gostoto prometa in hitrostjo za dvopasovne ceste, ki imajo obliko normalnega prečnega profila RQ 10,5 in RQ 9,5, se določi po diagramih prikazanih na **Sliki 14** in iz **Preglednic 3, 9**

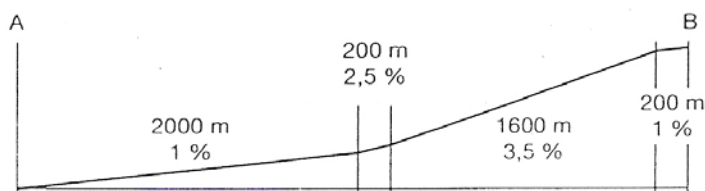
PREGLEDNICA 10 :Prikazuje max. dopustno gostoto prometa max Q (št. Tov/h)
 Na dvopasovnih cestah, kjer je omejitev hitrosti 50 km/h.

Stopnja vzpona	Oblika ovinka (gon/km)	Odstotek tovornega prometa (%)				
		0	5	10	15	20
1	0 – 75	2400	2200	2100	2025	1950
	75 – 150	2200	2050	1950	1850	1775
	150 – 250	2050	1850	1750	1675	1600
	> 250	1875	1675	1575	1500	1425
2	0 – 75	2300	2100	2025	1950	1875
	75 – 150	2100	1925	1825	1750	1700
	150 – 250	1950	1750	1650	1575	1500
	> 250	1750	1575	1450	1400	1325
3	0 – 75	2200	2000	1975	1825	1750
	75 – 150	2000	1800	1700	1625	1550
	150 – 250	1800	1625	1500	1425	1350
	> 250	1625	1400	1300	1225	1150
4	0 – 75	2075	1875	1775	1675	1625
	75 – 150	1875	1675	1575	1500	1425
	150 – 250	1675	1475	1375	1275	1200
	> 250	1475	1250	1150	1075	1000
5	0 – 75	1950	1750	1650	1550	1475
	75 – 150	1725	1550	1425	1325	1250
	150 – 250	1525	1300	1200	1100	1025
	> 250	1325	1100	1000	900	800

Nemci dobljene vrednosti zapišejo v formular, kot ga prikazuje **preglednica 11** :

PREGLEDNICA 11 : Prikaz formularja, v katerega se vpišejo vse podrobnosti ceste, katera je preurejena po sistemu ceste »2+1«.

Odsek krajevne ceste					
1	Odsek ceste št. (i)	1	2	3	4
2	Kategorija ceste				
3	Oblika prečnega prereza	RQ10,5	RQ10,5	RQ10,5	RQ10,5
4	Predpisana hitrost (km/h)	60	60	60	60
5	Izmerjena gostota prometa Q_b (št. Tov./h)	1200	1150	1050	1100
6	Delež počasnejših vozil v (%)	5	5	5	5
7	Skupno število počasnejših vozil (št. Voz./h)	5	10	10	5
8	Dolžina odseka (m)	4000	400	3200	400
9	Vzdolžno nagnjenje odseka ceste (%)	1	2,5	3,5	1
	Razvrstitev vzponov po Preglednici 9	1	1	3	3
10	Lega ovinka (gon/km)	70	0	60	0
11	Delež odseka ceste, kjer je prepoved prehitevanja v (%)	10	100	15	100
	Oblika ovinka iz Preglednice 10 (gon/km)	0 – 75	150 – 250	0 – 75	150 – 250
12	Območje ovinka iz Preglednice 11	2	3	2	3
13	Faktor c iz diagrama	1,08	1,15	1,15	1,08
14	Namišljena prometna gostota $Q_b^* = Q_b \cdot c$ (št. Tov./h)	1296	1323	1208	1188
15	Velikost potovalne hitrosti ($V_{R,i}$), na določenem cestnem odseku (km/h)	70	63	66	61
16	Potovalna hitrost (V_R), na celotnem odseku ceste (km/h)	68			
17	Primerjava $V_R \leftrightarrow V_B$	V_R (povzet na vseh odsekih ceste) $\geq V_B$			
18	Max. gostota prometa ($\max.Q_i$) (št. Tov./h) Preglednica 6 za V_a	2050	1850	1800	1625
19	Procent obremenjenosti cestnega odseka $(Q_b^*/\max.Q_i) \cdot 100$ (%)	63	72	67	73



Slika 32 : Prikazuje načrt poteka odseka ceste, ki zajema naklone vzponov v (%) in dolžine posameznih odsekov ceste v (m).

6.0) DODATNI VOZNI PASOVI :

Služijo kot pomoč pri razdelitvi prometa na počasnejša in hitrejša vozila. Predvsem pa kot izboljšava prometne varnosti in kvalitete prometnega toka.

6.1) Meje uporabnosti dodatnih vozni pasov na vzponih :

Pri izgradnji cest sistema »2+1«, je potrebno zagotovilo o ekonomičnosti ceste. V kolikor, ekonomičnost ni zagotovljena, se predlaga izgradnja dodatnih vozni pasov na vzpenjajočih se delih ceste, kot povračilo stroškom izgradnje pa se predloži velikost števila vozil, ki so glavna ovira pri pretočnosti prometa.

Pri novi izgradnji cestnega odseka po sistemu »2+1«, je v pomoč Nomogram prikazan na **Sliki 27, 28**, ki prikazuje odvisnost med hitrostjo in dolžino poti.

Na cesti sistema »2+1«, je zaradi menjavanja strani vozni pasov, gradnja zamudna, vendar zelo ekonomična. Primer so že dodatni pasovi na vzponih, saj z krajšanjem dolžin cestnih odsekov v veliki meri zmanjšamo gradbene stroške, v primerjavi z ostalimi variantami gradnje.

Pri pripravi oz. odločitvi za izgradnjo dodatnega pasu poleg ekonomičnosti, veliko pripomore :

- gostota prometa
- predpisi oz. standardni cestni prerezi
- potek vožnje na eno pasovnih cestah, predvsem pri prehitevanju, potek vožnje pri polni črti.
- Obnašanje vozil na cestni površini s slabim zgornjim slojem: Merimo hitrost Vb (povprečno potovalno hitrost).

6.1.1) Pomembno pri gradnji dodatnih vozni pasov na vzponih :

A.) Vpliv dolžine in procent naklona vzpona ter velikost hitrosti težkih vozil so glavni podatki za določanje dimenzij dodatnega pasu. Njihova medsebojna odvisnost je prikazana na diagramu **Slike 24**.

Merjenje hitrosti težkih vozil, se izvaja na mestih ceste, kjer so :

- križišča urejena s svetlobnimi signalnimi napravami ali stop znaki
- cestni odseki, ki imajo hitrostno omejitvijo < 80km/h
- dolgi klanci

B.) Dokler hitrost težkih vozil ne pade pod 70km/h ali od predpisane hitrosti ne odstopa za 10 km/h, ni potrebno narediti dodatnega voznega pasu.

Če hitrost na dve pasovnih cestah pade za 30 km/h in na eno pasovni cesti za 20 km/h, je potrebno zaradi varnosti prometa narediti dodatni vozni pas.

(Prevelike razlike med hitrostmi osebnih in tovornih vozil).

C.) Pri določanju oblike cestnega prečnega profila in na eno pasovnih cestah, si pomagamo z izračunano hitrostjo vozil, ki jo dobimo s pomočjo izmerjene najmanjše dopustne hitrosti težkih vozil (V_{ZNS}). Izračuna se po spodaj navedeni formuli :

$$V_{ZNS} = a + b \cdot Q_b \quad (9)$$

Konstanta a in koeficient b sta odvisna od končnega dela cestnega odseka in izmerjene hitrosti V_b . Vrednost konstante je odvisna tudi od števila tovornih vozil.

Za normativ je potrebno določiti časovni termin, ko se pojavi največja obremenitev prometa :

- V_{ZNS} = min. dosežena hitrost težkih vozil (km/h)
 a = konstanta iz **Preglednice12**, ki je odvisen od izračunane hitrosti vozil (V_b) in deleža dolgih tovornih vozil, ki so zajeta v izračunani gostoti prometa (Q_b), podan je v (km/h).
 b = koeficient iz **Preglednice12**, ki je odvisen od izračunane hitrosti vozil (V_b) Enota koef. b je v (km/število tovornih voz.)
 Q_b = izračunana gostota prometa (št. tovornih vozil/h)

D.) V_{ZNS} hitrost dobljena po formuli iz točke C.) nam zagotovi odlične vozne pogoje na dodatnem voznem pasu. Dodatnega pasu ni potrebno narediti v primeru, ko je na cestah dosežena povprečna hitrost vozil :

- enopasovne ceste ≥ 70 km/h
- dvopasovne ceste ≥ 100 km/h

PREGLEDNICA 12 : Prikazuje preglednico za določanje konstante a in koeficienta b , Potrebni pri izračunu (V_{ZNS}), najnižje dopustne hitrosti tovorih vozil.

Tri pasovne ceste	Odstotek tovornih vozil	$V_b = 70$ km/h	$V_b = 80$ km/h	$V_b = 90$ km/h	$V_b = 100$ km/h	$V_b = 110$ km/h
a:	5%	- 78	- 72	- 60	- 46	- 18
	10%	- 72	- 66	- 54	- 41	- 15
	15%	- 67	- 61	- 49	- 36	- 12
	20%	- 62	- 57	- 46	- 33	- 9
b:		0,0355	0,0351	0,0338	0,0338	0,0328

Dve pasovne ceste	Odstotek tovornih vozil	$V_b = 70$ km/h	$V_b = 80$ km/h	$V_b = 90$ km/h	$V_b = 100$ km/h	$V_b = 110$ km/h
a:	5%	- 58	- 50	- 40	- 28	- 4
	10%	- 52	- 45	- 34	- 23	1
	15%	- 47	- 40	- 30	- 19	2
	20%	- 43	- 36	- 26	- 16	5
b:		0,0486	0,0469	0,0	0,0338	0,0328

PREGLEDNICA 12 : Prikazuje preglednico za določanje konstante a in koeficienta b,
 Potrebnih pri izračunu (V_{ZNS}) najnižje dopustne hitrosti tovorih vozil.

eno pasovne ceste		Odstotek tovornih vozil	V _B = 40 km/h	V _B = 50 km/h	V _B = 60 km/h	V _B = 70 km/h
Ovinek < 150 (gon/km)	a:	5%	- 274	- 155	- 82	- 11
		10%	- 258	- 144	- 73	- 4
		15%	- 246	- 135	- 65	1
		20%	- 236	- 128	- 59	7
	b:	0,2002	0,1381	0,1078	0,0803	
Ovinek > 150 (gon/km)	a:	5%	- 158	- 92	- 35	-
		10%	- 145	- 80	- 27	-
		15%	- 135	- 71	- 21	-
		20%	- 126	- 64	- 15	-
	b:	0,1524	0,1179	0,1026	-	

6.2) Dodatni vozni pas, na padajočem delu vzpona:

Dodatni pas po pravilih na cesti z dvema voznima pasovoma, ni nujno potreben. Pri vožnji v dolino, hitrostna razlika med vozili ni tako velika, kot na vzpenjajočem delu ceste. Zato je prehitevanje po dolini toliko bolj težje in nevarno. Padec poti mora znašati, $s \geq 5\%$, kjer je dolžina padca poti daljša pa je $s \geq 4\%$.

S tem preprečimo prehitevanje, saj se hitrost na tovornih vozilih poveča. Doseže se zboljšanje prometnega toka z ustreznimi varnostnimi razdaljami.

Na eno pasovnih cestah je na padajočem delu ceste obvezno narediti dodatni pas. Še posebej na mestih, kjer ni dovoljeno prehitevanje. Pri čemer mora biti izpolnjen pogoj vzdolžnega nagiba ceste, kateri je večji kot 5%. Višinska razlika se kontrolira na vsakih 75 m.

6.3) Oblikovanje pasu na cesti z enim voziščem :

Na cesti z enim voziščem, je najmanjša možna dolžina odseka dodatnega pasu 500 m. Če to ni izpolnjeno naredimo podaljševanje skozi uvozni in izvozni del. Najmanjša razdalja celotnega odseka ceste sistema »2+1«, na eno pasovni cesti znaša 800 m. Zaradi prometne varnosti.

6.4) Razširitev vozišča:

Razširitev ceste zaradi dodatnega pasu, se naredi na desni strani vozišča.
Uvozna dolžina na dodatnem pasu je odvisna od dosežene hitrosti na cesti :

$$\begin{aligned} L &\geq 150\text{m, pri hitrosti } V_e > 80\text{km/h} \\ L &\geq 100\text{m, pri hitrosti } V_e < 80\text{km/h} \end{aligned}$$

6.5) Zožitev vozišča:

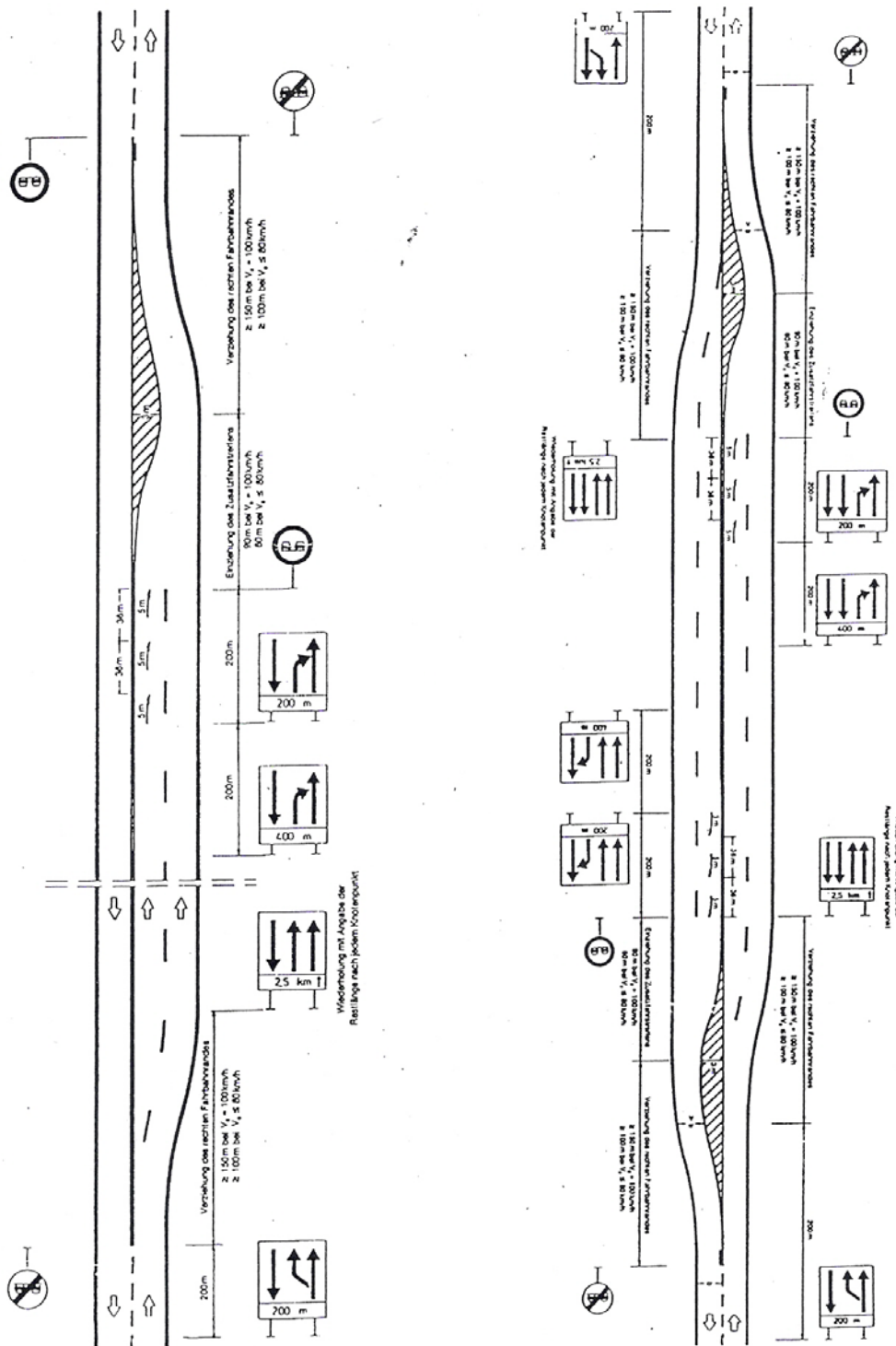
Je od označbe za zaporno površino dolžina ceste dolga 90 m, minimalno 60 m.

Glej **Slika 33**.

Na tem področju morajo biti vozniki pravočasno opozorjeni, o končevanju dodatnega pasu in preusmeritvi na desni vozni pas.

6.6) Področje vzpona

Dodatni pas na odseku ceste z enim voznim pasom v smeri klanca (vzpona), leži na desni strani vozišča. Zgradimo ga brez prečnega nagnjenja na mestih, kjer pride do menjave voznih pasov. Glej prereze na **Sliki 34**.



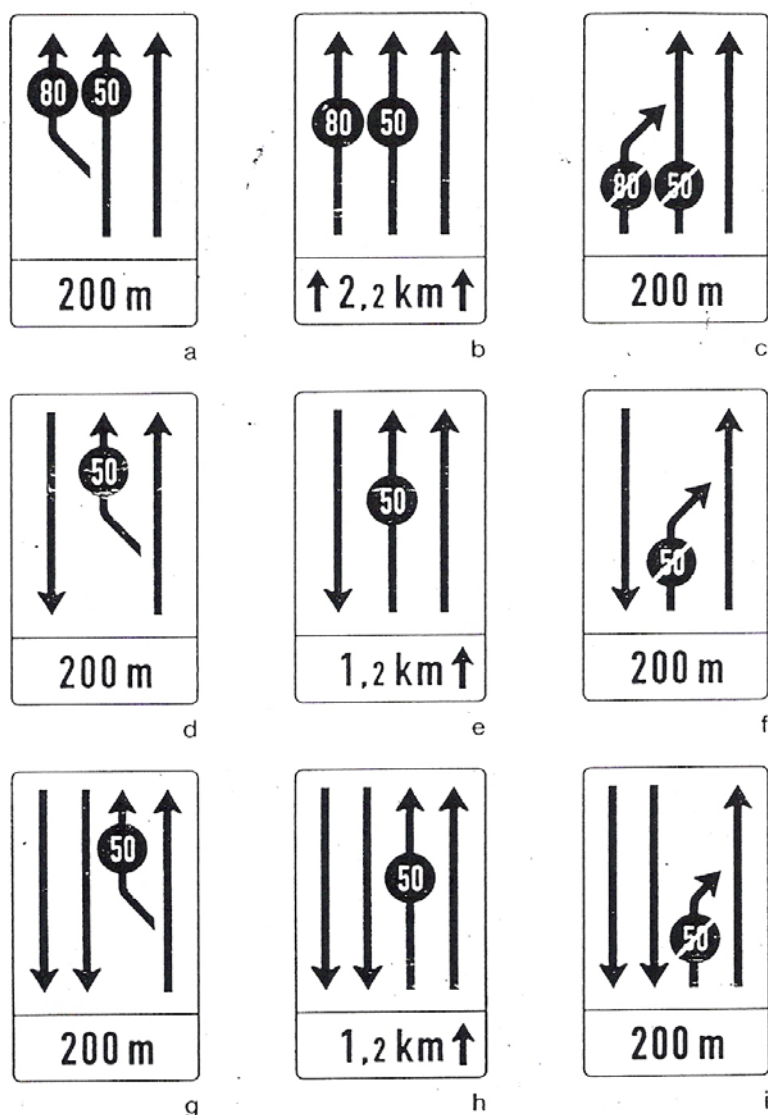
Slika 33 : Prikazuje odsek ceste z dodatnim pasom na cesti z enim voznim pasom.

7.0) VODENJE PROMETA

7.1) Načelo

Dodatni vozni pas nima posebne oznake za vozno črto, ki ga deli od ostalih prometnih pasov. Linija, ki leži vmes med dodatnim pasom in normalnim voznim pasom narišemo enojno polno črto. Na cesti z enim voziščem, dodaten pas, ločimo od voznega pasu z dvojno polno črto. Tabla katera vodi promet stoji na desni strani na neutrjenem stranskem delu ceste. Pri dvo pasovni cesti je dovoljeno postaviti tudi na levo stran vozišča.

Tablo, ki najavi konec dodatnega pasu postavimo na levo stran robu vozišča, velja za eno pasovne in dvo pasovne ceste. Razlog so podale raziskave, saj vozniki, ki vozijo z veliko hitrostjo prej opazijo na levi strani prometno tablo, kot na desni.



Slika 34 : Prikazuje prometne table za vodenje prometa.

7.2) Vodenje prometa na cesti z dodatnim pasom :

Področje razširitve :

Razširitev vozišča je prikazana na sliki **Sliki 33**, slika A-14. Razširitev vozišča se pojavi zaradi uvedbe dodatnega voznega pasu na cesti, ki ima funkcijo prehitevalnega pasu.

Razširitve vozišča se označi s prometno tablo, ki je na razdalji 200m od začetka uvoza.

Prikazano na **Sliki 34**, tabla A-16d.

Najmanjša predpisana hitrost je podana na levem voznem pasu v smeri vzpona in je velikosti 50 m/h.

Na cesti z vzponom velikosti $s \leq 3\%$, znaša predpisana hitrost $V = 60$ km/h

Na cesti z vzponom velikosti $s \geq 5\%$, znaša predpisana hitrost $V = 40$ km/h

Področje vzpona :

Na mestu uvoza na dodatni pas in pred vsako križišče, je potrebno postaviti ustrezno prometno tablo, ki prikazuje razvrstitev voznih pasov skupaj s predpisanimi hitrosti. Oblika potrebne prometne table je prikazana na **Sliki 34**, pod oznako A-16e.

Prometna tabla, ki opozarja na zmanjšanje predpisane hitrosti, se postavi na odsekih ceste dolžine 1.000 m.

Potek voznih pasov in označevanje ceste sistema »2+1«, na vzponu je prikazano na **Sliki 33**, **slika A-14**.

Področje zožitve, zaradi zaključevanja dodatnega pasu :

Na mestu zožanja vozišča, je potrebno namestiti ustrezno talno označbo, ki obvešča o končevanju dodatnega pasu, prikazano na **Sliki 33**, **slika A- 14**.

Poleg ustrezne talne označbe, se postavijo na začetku zoževanja vozišča tudi prometna table, ki obveščajo o končevanju dodatnega pasu skupaj s predpisanimi hitrostmi na tem delu ceste.

Uporabimo prometne table prikazane na **Sliki 34**, in sicer tabli A-16f in A-16i in jih postavimo na razdaljah 400 m in 200 m, od začetka zoževanja vozišča.

Zapora površine dodatnega pasu sme biti široka največ 3,00 m.

Na začetku zoževanja dodatnega pasu je prepovedano prehitevanje za vsa vozila.

7.3) Kritična mesta na cesti sistema »2+1«

Kritično mesto na cesti »2+1«, se pojavi na :

- delu ceste, kjer je izmenjava pasov iz 2 na 1, zaradi zoženja ceste.
- delu ceste, kjer je izmenjava pasov iz 1 na 2, zaradi razširitve ceste.
- na mestih, kjer se pojavijo križišča.

Kritičnost zaradi zoženja ceste pri menjavi pasov iz 2 na 1 :

Uvoz na cesto sistema »2+1«, se naredi na dovolj širokem delu ceste, kjer se lahko naredi dodatni pas z ustrezno širino.

Na vzponu, kjer so križišča, ne delamo uvoza z dodatnim pasom. Razen v izjemnih primerih.

Na delu ceste, kjer se dodatni pas zaključuje je najbolj pomembna hitrost tovornih vozil katera ne sme biti nižja od 70 km/h oz. pod normirano hitrostjo.

Kritičen del ceste, se pojavi na mestu, kjer se vozila preusmerjajo iz dveh na en vozni pas. Če je dobra preglednost je ta odsek ceste dolg min. 120 m, če ne, pa min. 180 m. Na tem delu ceste je prehitivanje nevarno, zato je potrebno postaviti ustrezne prometno obveščevalne table na pravih razdaljah. In sicer na 200 m in 400 m pred zaključevalno površino.

Izvoz na klancu se ne sme končati v križišču.

Za zagotovitev čim večje prometne varnosti na cestah je pomembno pravilno oblikovanje in označevanje odseka ceste na uvoznem in izvoznem delu..

Kritična površina na delu ceste, kjer so križišča :

Križišče, ki leži na delu ceste, kjer je uvoz na dodatni pas, mora biti oddaljen tako daleč stran, da voznike pravočasno obvestimo na spremembo na cesti. To storimo s pomočjo prometnih opozorilnih tabel. Pomembno je na tem mestu narediti uvozni del širši, zaradi boljše reglednosti. Problem, ki se pojavi je zaradi nakopičenja vozil, na tem odseku ceste. Vozila, ki pripeljejo s preveliko hitrostjo na uvozni del dodatnega pasu v križišču, jim moramo omejiti hitrost zaradi prometne varnosti. To naredimo s pomočjo otokov, ki so speljani v konico.

Glej Slika 35 , Slika 36 .

Na isto nivojskem križišču, nikoli ne naredimo dveh voznih pasov za eno smer vožnje, ker je težko opozoriti dovozne voznike, na zožitev voznega pasu.

Na isto nivojskih križiščih je pomembno pravočasno obveščanje dovoznih voznikov, na zožitev ceste, s pomočjo ustreznih talnih označb, prometnih znakov in prometnih obveščevalnih tabel. Kjer ni možna izvedba izven nivojnih križišč, lahko nadomestimo z nivojskimi križišči vendar morajo biti opremljena s svetlobnimi signalnimi napravami.

Pri približevanju vozil na ne signalizirano križišče, se hitrost omeji na 70 km/h.

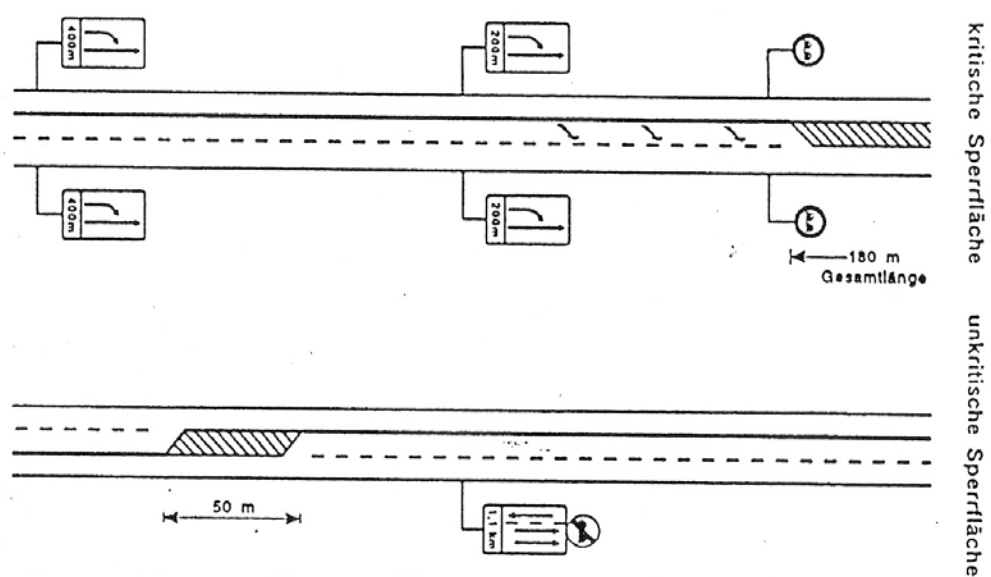
Najbolj nekritična izdelava izmenjave pasu na območju križišča se izdelava tako, da na cestnem odseku, kjer poteka en vozni pas, za križiščem, dodamo dodatni vozni pas, da dobimo dva vozna pasova za eno smer vožnje. Zato ne smejo biti dolžine izvozov kratke.

Na isto nivojskem križišču, ki je urejeno s prometno signalizacijo, lahko postavimo dodatni vozni pas na del ceste, kjer se pojavijo zastoji vozil. Glej Slika 37.

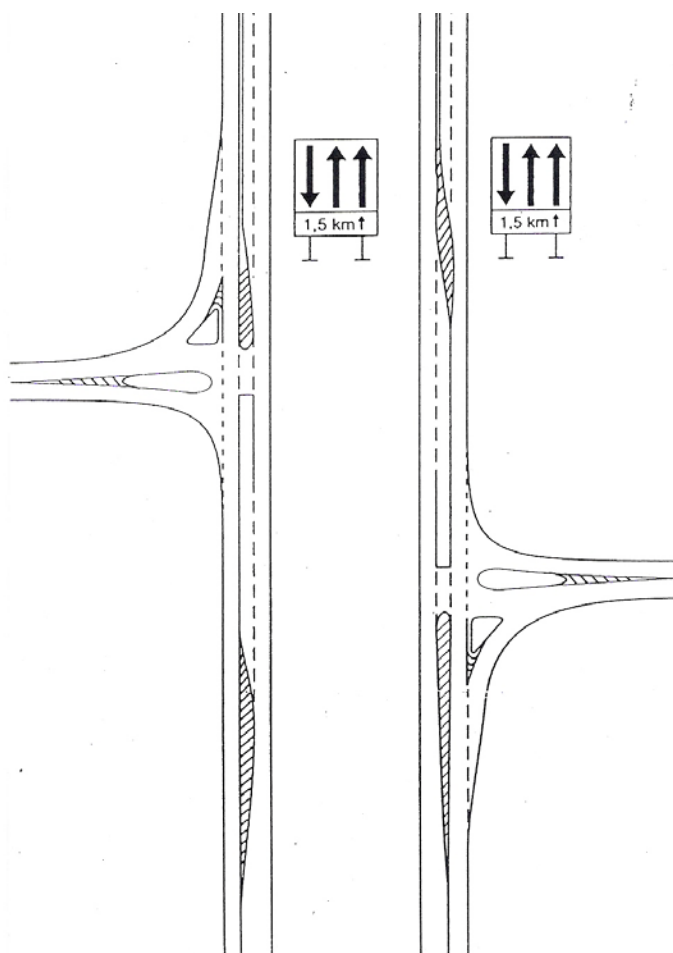
Nekritičen del,

je na mestu razširitve ceste iz enojnega pasu na dvojnega. Ta del naj bo dolg min. 30 m raje 50m. Zaradi psihofizičnih zaznavanj voznika je potrebno vsako spremembo na cesti dobro označiti, da jo vozniki pravočasno zaznajo, še posebno pri vožnji v temi, na mokri spolzki cesti in zasneženi cesti.

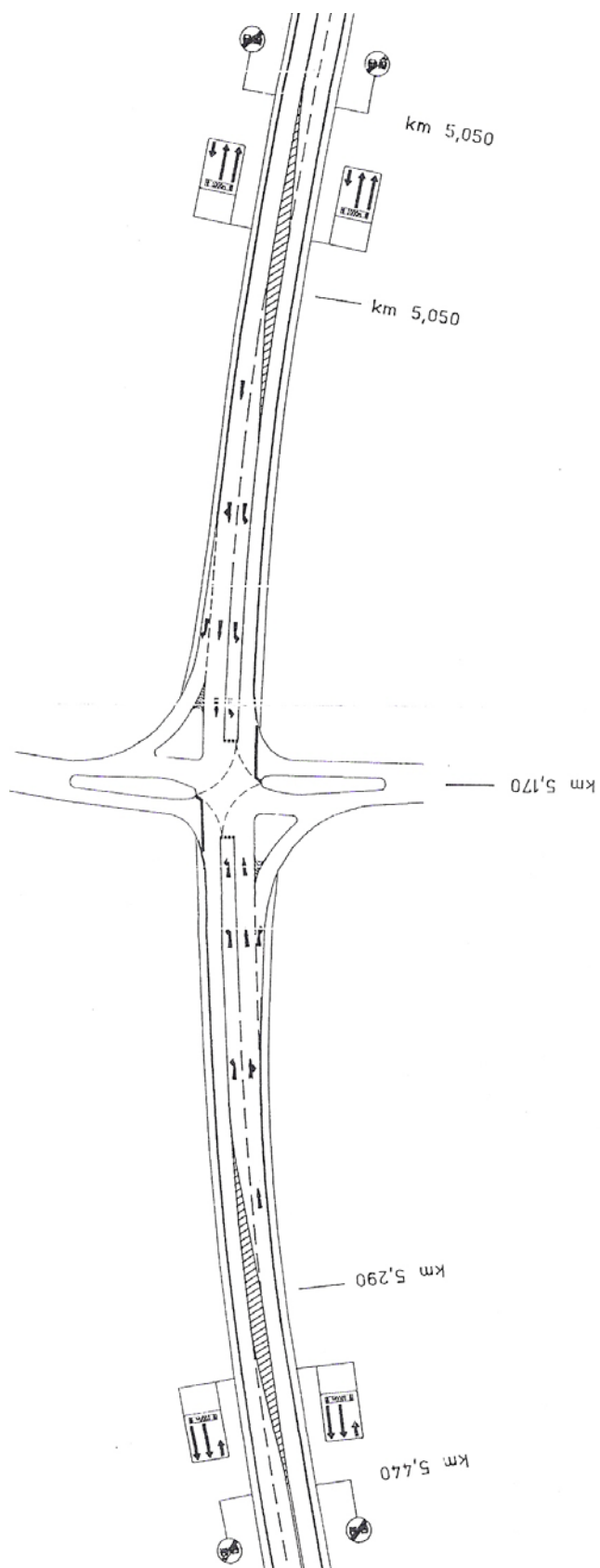
Na območju izven nivojskih križišč, kot tudi na nivojskih križiščih je na mestih, kjer je zoženje voznih pasov, nekritična površina.



Slika 35 : Kritičen in nekritičen odsek ceste pri prehodih pasov iz 2 na 1 in 1 na 2.



Slika 36 : Oblikovanje ceste na območju križišča.



Slika 37: Prikazuje oblikovanje pasov ceste sistema »2+1«, v nivojskem križišču.

8.0) UGOTOVITVE

8.1) Vozna hitrost tovornih vozil, merjena brez pospeševanja:

Vzns (ne pospešena hitrost tovornih vozil), merjena na cesti z dodatnim pasom, primerjamo s predpisano hitrostjo $V_b = 60 \text{ km/h}$. S primerjavo hitrosti lahko določimo stopnjo prometne gostote. Po formuli :

$$V_{zns} = a + (b \cdot Q_b) \quad (10)$$

Vrednosti za a in b dobimo v **Preglednici 12**.

8.2) Predpostavke :

Obstoječi vozni pas ne spreminjamo, če izpolnjuje sledeče pogoje:

- 1.) Če je vozni pas enake oblike in dimenzij predvsem širina voznih pasov, kot je prikazan na **Sliki 1**.
- 2.) Če je prečni nagib enake velikosti in oblike. Lahko odstopa za 1%, vendar le na delu, kjer se cesta vzpenja.

8.3) Kdaj se lahko pri prenovi ceste, uporabijo že obstoječi vozni pasovi:

Pri postavitvi sistema »2+1«, prilagodimo gradnjo, na že obstoječe vozne pasove. Da se ohranijo obstoječi vozni pasovi nespremenjeni, morajo zadostiti pogojem, ki jih vsebuje pravilnik o sistemu cest »2+1«. Ti pogoji so:

- širina voznih pasov na obnavljajoči cesti mora biti enakih dimenzij, kot na cesti sistema »2+1«
- vozni pasovi morajo biti ustrezno nagnjeni, kot to zahtevajo pravila za sistem cest »2+1« na vzponu, odstopanje nagiba, je lahko največ za 1 %
- pomembna je pravilna postavitve voznih pasov, na začetku in na koncu ceste sistema »2+1«, kot tudi na odseku ceste, kateri je namenjen umirjanju hitrosti vozil zaradi različnih vzrokov.

8.4) Na novo narejen dodatni pas:

Razpoložljivi dodatni pas, katerega postavljamo na že obstoječo cesto, v primeru, da ne izpolnjuje pogojev sistema cest »2+1«. Preoblikujemo tako, da mu v celoti na novo narišemo talne črte. Talne oznake preuredimo po celotnem vozišču. Na voznih pasovih, katera so namenjena težkemu prometu talnih oznak ne spreminjamo. Stremimo k temu, da prilagodimo, če se le da čimveč že, obstoječih črt.

8.5) Primer dimenzioniranja dodatnega pasu na vzponu :

Potek prometnega toka prikažemo na način, kot ga prikazuje **Slika 38**. Na sliki je opisan odsek ceste prečnega profila RQ 10,5, dolžine $l = 2800$ m na vzponu velikosti $s = 5,2$ %. Krivina ovinka, ki se nahaja na tem odseku, znaša 110 gon/km. Cesta je obremenjena s prometno gostoto 990 vozil/km, od tega je delež tovornih vozil = 12.5 %

Dimenzionirana hitrost je velikosti $V_b = 60$ km/h.

Dobljene ugotovitve, na osnovi podanih vrednosti :

Najbolj primerno je merjenje hitrosti tovornih vozil na delih cest, kjer so vzponi in v krivinah, ki so na previsni točki med klancem in dolino. Tovorna vozila na tem delu ceste, dosežejo najvišjo hitrost 80 km/h. Glej **Slika 38**.

Meritve so pokazale da:

- Na 6 % strmini vzpona , je predpisana najvišja hitrost vozil 80 km/h.
- Na 4,4% vzponu, kateri ne preide takoj v ovinek, hitrost kamiona pade iz 80 km/h, na 46 km/h
- Na 2% vzponu, kateri takoj preide v ovinek se hitrost zniža na 63 km/h
- Na 5,2% vzponu, kateri ne preide takoj v ovinek se hitrost zniža na 30 km/h
- Ovinek, ki se pojavi na vzponu, zmanjša hitrost na 30 km/h
- Pri ovinku, ki preide na 1% padec se hitrost zviša na 80 km/h
- Kjer je padec 1% je lahko dosežena najvišja hitrost težkih vozil, 80 km/h

Dodaten vozni pas ni potreben, če hitrost tovornega vozila ni nižja od 70 km/h. In v primeru, ko hitrost vseh vozil ne odstopa za več kot 10 km/h od predpisane hitrost.

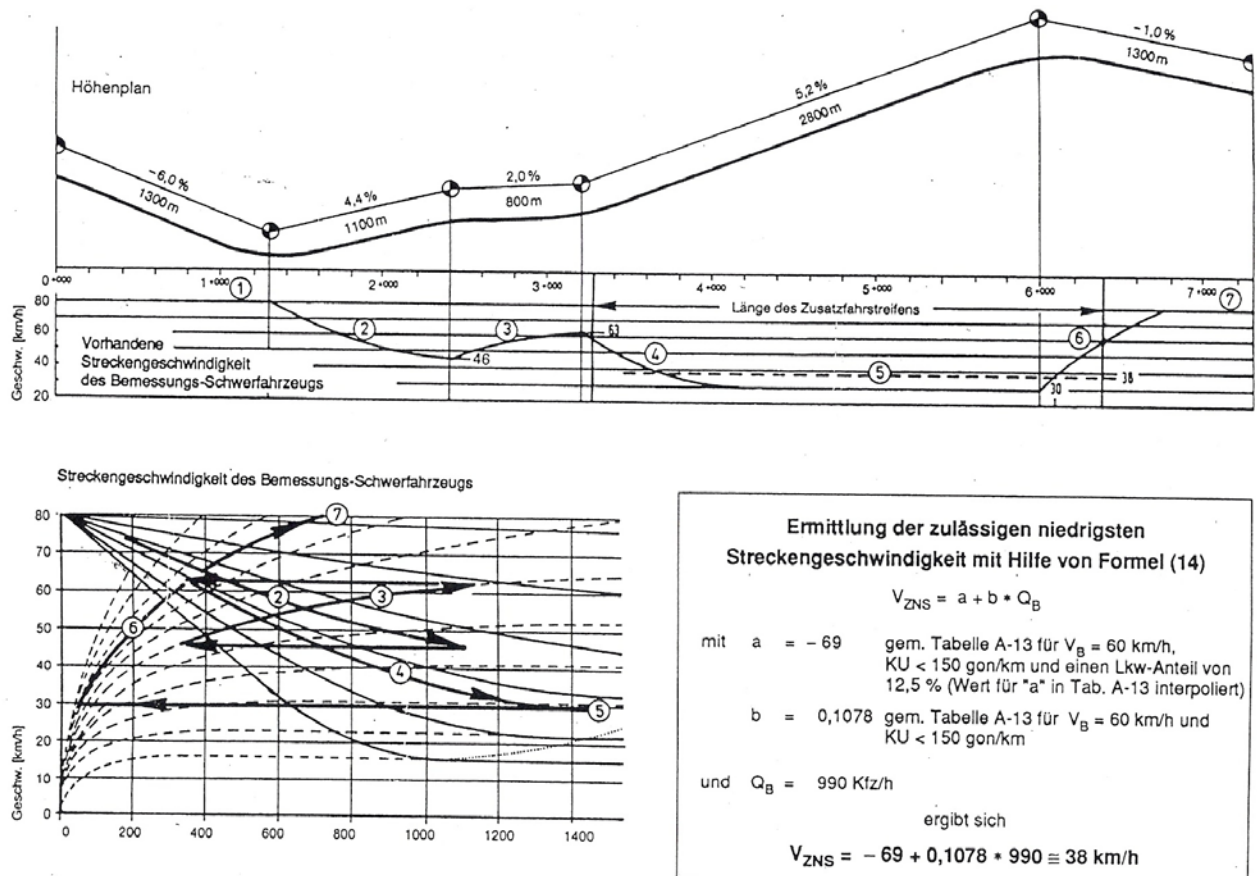
Dobljene ugotovitve na osnovi najmanjše še dopustne hitrosti V_{ZNS}

V_{ZNS} se določi s pomočjo formule prikazane spodaj, potrebni podatki za izračun je hitrost $V_b = 60$ km/h in od nje odvisna velikost prometne gostote.

$$V_{ZNS} = a + b \cdot Q_b$$

Na **sliki 38** je prikazan izračun, kjer je najmanjša izračunana hitrost $V_{ZNS} = 38$ km/h, kar po meni, da je potreben dodaten pas na vzponu.

Sild A-18: Berechnungsbeispiel für die Ermittlung der Einsatzgrenzen von Zusatzfahrstreifen an Steigungsstrecken



Slika 38 : Prikazuje dolžino dodatnega pasu, ki je odvisna od hitrosti vozil na vzpenjajočem delu ceste.

9.0) PROMETNA VARNOST

Je v veliki meri odvisna od oblike in dimenzij prečnega prereza, postavitve križišča in gostote prometa. Določanje prometne varnosti je odvisno od :

- Števila prometnih nesreč na posameznem cestnem odseku
- Velikost posledic prometne nesreče
- Dolžina posameznega cestnega odseka in velikost gostote prometa na njej.

9.1) Določanje ocene prometnih stroškov:

Oceno povprečnih stroškov, ki so posledica prometnih nesreč je prikazan na diagramu **Slike 39**. V tem diagramu niso zajete prometne nesreče, ki so se zgodile na križiščih.

Iz (UKR) ocene povprečnih stroškov nesreče in napovedi (prognoziranje) gostote prometa (DTV),

Se določi velikost letnega izračuna stroškov prometne nesreče, imenovano gostota stroškov nesreče (UKD).

$$UKD = 365 \cdot 10^{-6} \cdot UKR \cdot DTV = \dots \quad (1.000 \text{ eur}/(\text{km} \cdot \text{a})) \quad (11)$$

DTV = prognoza gostote prometa, povprečni dnevni promet (št. težkih vozil/dan)

UKR = velikost stroškov nesreče na odseku ceste (eur/(1000 št. težkih v. · km))

UKD = velikost gostote stroškov nesreče

Za ocenitev prihranka investicijskih stroškov, rabimo razmerje med gostoto stroškov nesreče in planiranim časom (20let).

Ta prihranek imenujemo gotovinski vrednostni faktor, označimo ga s kratico bf [a] in izračunamo po formuli :

$$bf = \frac{(1 + 10^{-2} \cdot p)^n - 1}{10^{-2} p(1 + 10^{-2} \cdot p)^n} \cdot [a] \quad (12)$$

p = konstanta, znesek ki ga določimo na osnovi prispevanega državnega denarja [%/a]

p = 3 [%/a], v Nemčiji vrednost konstante p.

n = časovna ocena za n- let,

n = 20 let [a], vrednost konstante

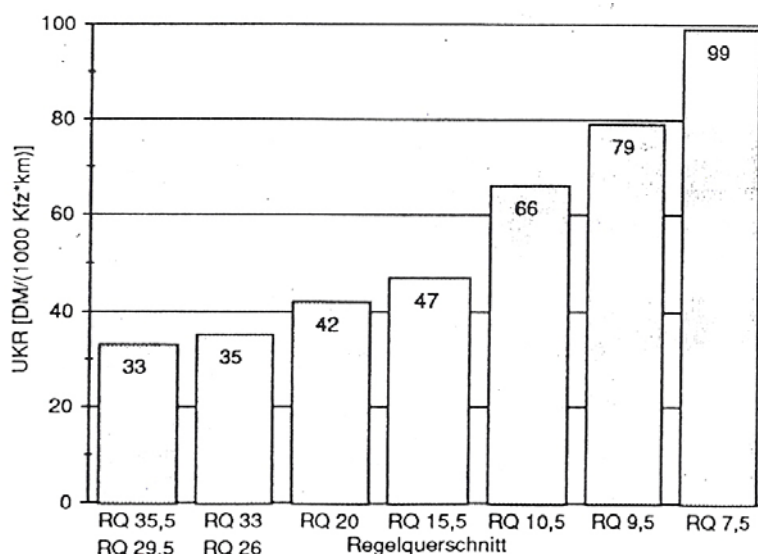
Če vstavimo zgoraj navedene podatke v enačbo, dobimo velikost : bf = 14,9 %

Gotovinska vrednost dolgoročnih stroškov prometnih nesreč (UKL) dobimo po formuli :

$$(UKL) = 0,0149 \cdot (UKD) = 5,44 \cdot 10^{-6} \cdot (UKR) \cdot DTV \quad [\text{mio} \cdot \text{eur}/\text{km}] \quad (13)$$

(gotovinska vrednost dolgoročnega stroška) =

$$0,0149 \cdot (\text{velikost gostote stroškov nesreče}) = 5,44 \cdot 10^{-6} \cdot (\text{del stroškov}) \cdot (PDP)$$



Slika 39: Prikazuje velikosti stroškov zaradi prometnih nesreč na različnih cestnih prečnih profilih.

Slika 40, prikazuje povprečne dolgoročne stroške nesreče (UKL), kateri so odvisni od povprečnega dnevnega prometa (DTV), za vsak posamezni odsek ceste.

Državni stroški, so povezani v veliki meri s prometnimi nesrečami. Z izgradnjo dodatnega pasu, pa se tem stroškom izognemo.

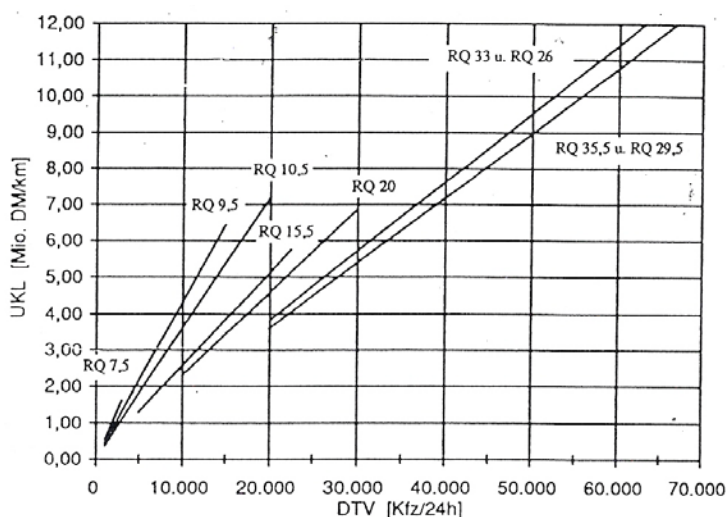


Bild A-20: Barwerte der längenbezogenen Unfallkosten (UKL) der verschiedenen Regelquerschnitte in Abhängigkeit des DTV für Streckenabschnitte (Preisstand 1995)

Slika 40: Prikazuje dolgoročne stroške nesreče (UKL), kateri so odvisni od povprečnega dnevnega prometa, za vsak posamezni odsek ceste (DTV).

V Nemčiji so potekale različne diskusije o povečanju prometne varnosti na cestah z dvema voznima pasovima. Leta 1982 so se odločili za poiskusno izgradnjo ceste sistema »2+1«, na delu ceste, kjer je bila gostota prometa zelo velika in veliko število dnevnega prometa tovornih vozil,

(5.000 tov./24h – 20.000 tov./24h). Na vzorčnem primeru dvopasovne ceste z voziščem širine 11,50 m, so se odločili za preoblikovanje stare ceste v sistem »2+1«.

Za ta sistem so se odločili zaradi majhnih stroškov gradnje in zaradi majhnega posega v okolico (poraba zemljišča). S preoblikovanjem sistema ceste, so želeli izboljšati prometno varnost in povečati pretočnost vozil. Cesto so preoblikovali z dodajanjem enega voznega pasu, ki se je na dolžini 900 m – 1.200 m zamenjal.

Prvi pozitivni rezultati so bili opazni takoj po izgradnji sistema »2+1«.

S postavitvijo dodatnega voznega pasu za počasnejša vozila, se je povečala prometna varnost in izboljšal prometni tok.

PREGLEDNICA 13 : Prikazuje povprečno gostoto prometa pred in po izgradnji sistema »2+1«

	Kontrolirana skupina vozil (pred 6 leti) (pred 3 leti) prometni tok vozil		Kontroliran odsek ceste z manj voz. z več voz. (Pred 6 leti) (pred 4 leti)		Avtoceste (pred 6 leti) (pred 3 leti)	
Pred izgradnjo (Tov./24h) Št. Tovornih vozil/dan	8.200	6.300	10.700	20.000	33.000	24.200
Po izgradnji »2+1« (Tov./24h)	9.200	7.200	12.000	25.400	38.500	29.900
Razlika v (%)	+ 12%	+ 14%	+ 12%	+ 27%	+ 17%	+ 24%

Odločitev za izgradnjo cest po sistemu »2+1«, je nastala predvsem v želji po zmanjševanju kritičnih situacij, nastalih na dvopasovnih cestah, zaradi kritičnih prehitovanj počasnejših vozil. Raziskave so pokazale, da so pri izgradnji dodatnega pasu, hitrosti vozil ostajale še vedno dovolj visoke. Najvišja povprečna hitrost je znašala 100km/h. Posebej pa so bili udeleženci v prometu opozorjeni na nedovljeno zadrževanje vozil na mestu, kjer se zaključi del voznega pasu zaradi menjave strani.

PREGLEDNICA 14 : Prikazuje število nesreč pred in po izgradnji sistema »2+1« in je v povezavi s preglednico 1.

Kategorija Nesreče	čas dogodka	Cestni odsek širine 11,5 m	
		Skupaj	Razlika v (%)
Težka Nesreča	pred	18	100
	po gradnji »2+1«	11	61
Nesreče s poškodovanci	prej	39	100
	potem	20	41
Vse nesreče Skupaj	prej	93	100
	potem	38	41
Nesreče le z materialno škodo	prej	85	100
	potem	46	54

9.2) Opravičljivost stroškov izgradnje cest sistema »2+1« v primerjavi s stroški nastalih, kot posledica prometnih nesreč :

Uvodoma je bilo že pojasnjeno, da je eden od vzrokov za izgradnjo sistema cest »2+1«, ogromna škoda, nastala kot posledica prometnih nesreč, zaradi kritičnega prehitevanja počasnejših vozil.

Preglednica 15, prikazuje raziskavo o številu prometnih nesreč pred in po izgradnji ceste sistema » 2+1, ter škodo, ki je nastala, kot posledica nematerialne in materialne škode, prometnih nesreč.

Prikazane razlike pred izgradnjo sistema in po izgradnji sistema so izredno velike, kar opravičuje strošek izgradnje sistema cest »2+1«, kot je bilo že zgoraj pojasnjeno.

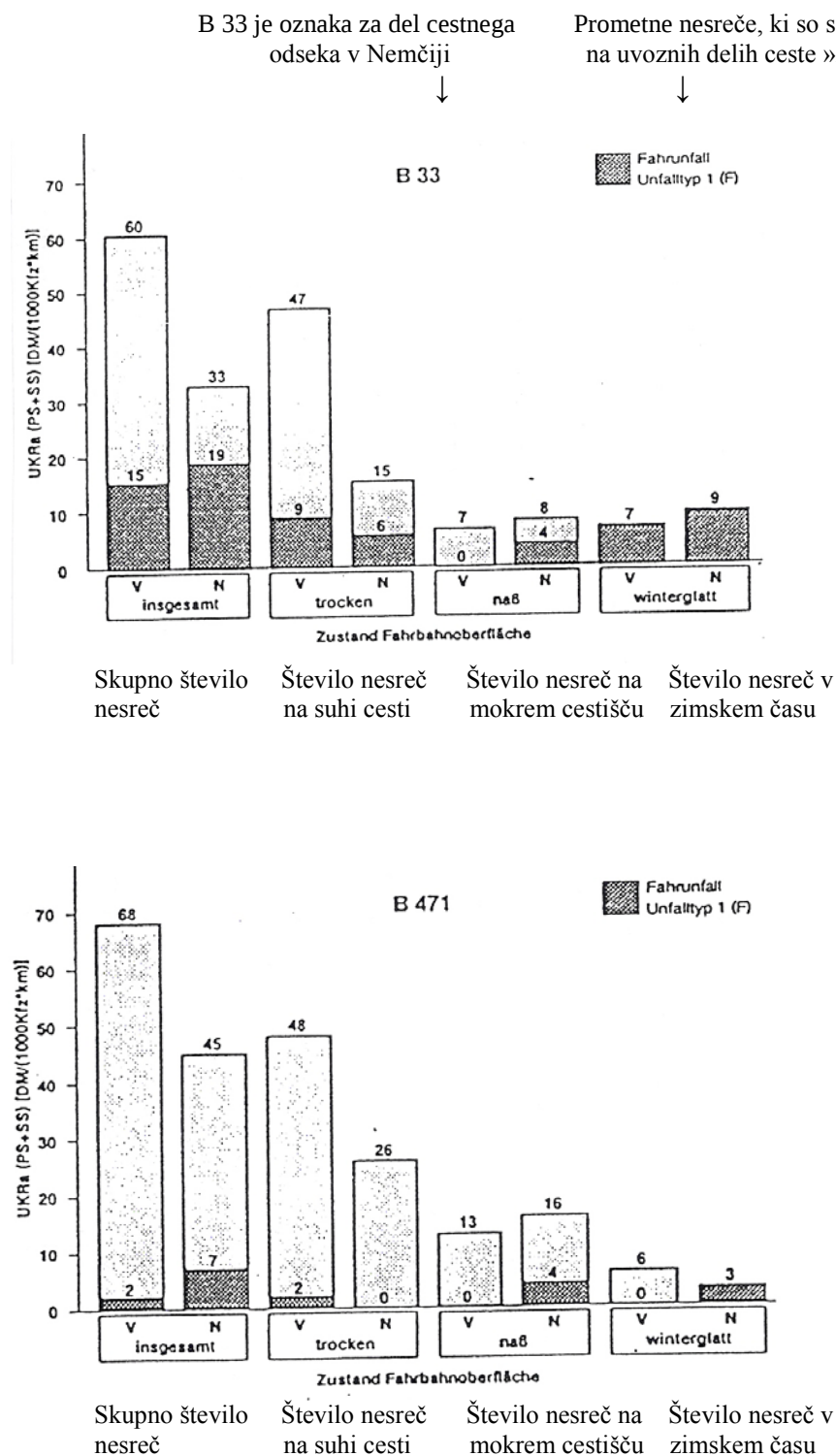
PREGLEDNICA 15: Prikazuje ocenjevane stroške pred in po izgradnji sistema »2+1«

Kategorija nesreče dogodka	Čas	Ocenjevana skupina vozil (pred 6 leti)	(pred 3 leti)	Ocenjevanje na odseku c. (pred 6 leti)	(pred 4 leti)	Avtocesta (pred 6 leti)	(pred 3 leti)
Velikost stroška zaradi poškodovanih oseb (nesreče/Mio (št. Tov) · km)	prej potem	0,54 0,46	0,54 0,47	0,30 0,14	0,18 0,15	0,20 0,20	0,20 0,19
Stroški vseh nesreč skupaj (nesreča/Mio (št. Tov) · km)	prej potem	1,00 0,77	0,97 0,76	0,71 0,26	0,47 0,25	0,75 0,62	0,63 0,47
Stroški, zaradi poškodovanih na odsekih, kjer je največ nesreč (€ /1000 (št. Tov) · km)	prej potem	85 62	92 68	76 35	63 43	28 24	32 24
Gostota prometa (št. Tov/24h)	prej potem	8.200 9.200	6.300 7.200	10.700 12.000	20.000 25.400	33.000 38.500	24.200 29.900
Stroški, vseh nesreč na odsekih, kjer je največ nesreč (€ /1000 (št. Tov) · km)	prej potem	92 68	100 74	82 38	68 45	36 34	43 33
Stroški, vseh nesreč le materialna škoda (€ /1000 (št. Tov) · km)	prej potem	77 65	77 67	45 21	28 22	38 40	41 33

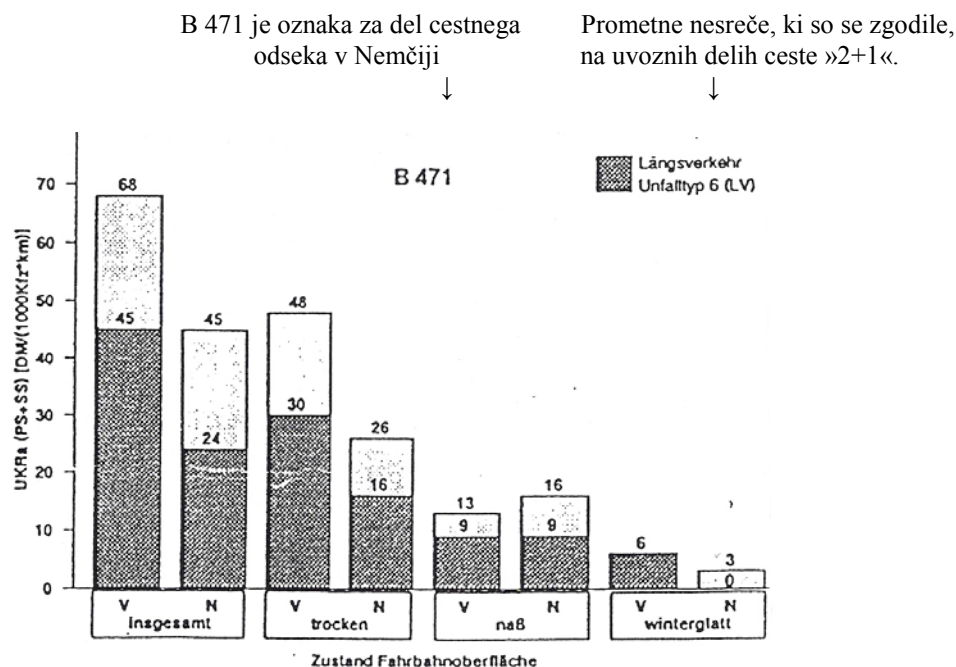
Tudi sami udeleženci v prometu predvsem vozniki tovornih vozil so bili mnenja, da se na cestah sistema »2+1«:

- lažje prehiteva
- hitreje pride do željenega kraja
- poveča varnost pri vožnji,
- in vsi si želijo še več cest, takega profila

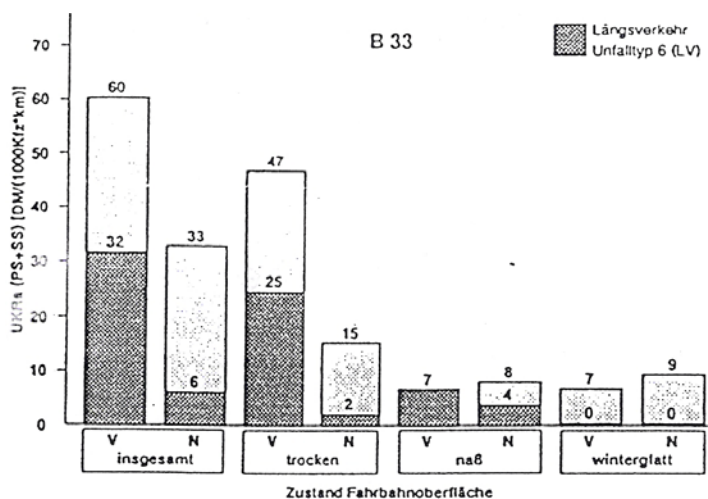
Slika 41: Diagrama, prikazujeta število prometnih nesreč, ki so se pripetile na sistemu cest »2+1«, B 33 in B 471. Temnejše obarvan stolpec prikazuje število nesreč, ki so se zgodile na uvoznem delu ceste »2+1«. Svetleje obarvan stolpec, prikazuje skupno število vseh nesreč, ki so se zgodile na cesti »2+1«.



Slika 42: Diagrama, Prikazujeta št. prometnih nesreč tovornih vozil, na sistemu cest »2+1«. Temneje obarvan stolpec prikazuje št. nesreč, ki so se zgodile na uvoznem delu ceste »2+1«. Svetleje obarvan stolpec, prikazuje skupno št. vseh nesreč, ki so se zgodile na cesti »2+1«.



Skupno število nesreč Število nesreč na suhi cesti Število nesreč na mokrem cestišču Število nesreč v zimskem času



Skupno število nesreč Število nesreč na suhi cesti Število nesreč na mokrem cestišču Število nesreč v zimskem času

10.0 Opis cest sistema »2+1«, na Švedskem

Pri primerjavi med dvopasovnim sistemom in sistemom cest »2+1«, glede: stroškov investicije, stroškov potrebnih pri vzdrževanju cest, prometne varnosti, udobnosti vožnje, poseganja v pokrajino pri gradnji, so na Švedskem prišli do številnih pozitivnih ugotovitev seveda pa tudi do nekaterih pomankljivosti, ki jih prinaša omenjeni sistem.

Pozitivne ugotovitve so bile :

Nivo uslug pri sistemu »2+1« je za normalen promet boljši od pričakovanega.

Pretok vozil je večji, z naštetimi 1650 voz./h., v primerjavi z navadno dvopasovno cesto, kjer so našteali 1400 voz./h.

Prehodne cone iz dveh na en pas, niso povzročale težav z upoštevanjem talnih označb in prometnih opozorilnih tabel.

Od leta 1990 – 2000, ni bila zabeležena nobena večja ali hujša nesreča, čeprav so bila pričakovanja drugačna. Pripetile so se le nezgode z manjšo materialno škodo. Poškodovanih je bilo le 6 oseb in še te z lažjimi telesnimi poškodbami. V primerjavi z navadno dvopasovno cesto rezervirano za motorna vozila je statistika pokazala, da so se na cesti sistema »2+1«, nesreče zmanjšale za 60%.

Konstruktorji cest so se bali, da bi bila vmesna varovalna ograja, ki deli vozne pasove nevaren in moteči element. Raziskave so pokazale ravno nasprotno. Ograja naj bi se med vozniki obnesla zelo pozitivno, celo 40% jih je trdilo, da je to nemoteči element.

Izračun je pokazal, da glavni strošek vzdrževanja znaša okoli 120 SEK (3.084 sit) za km na leto. Največji strošek je predstavljalo vzdrževanje in popravilo vmesnih varovalnih pregrad 80 SEK (2.056 sit) za km na leto.

Kot pomankljivost pa se je pokazalo :

Delovni prostor potreben pri popravilu vmesne varovalne pregrade je bil ocenjen kot preozek. Varovalna vmesna pregrada je predstavljala oviro pri dostopnosti reševalnih vozil do mesta prometne nesreče. Vmesne prekintve pri varovalnih pregradah niso omogočale dostopnosti iz enega voznega pasu na drugi vozni pas na katerikoli razdalji.

V primerjavi z nemškim sistemom, ki vmesnih varovalnih ograj ne pozna, se nemški sistem v tem pogledu pokaže, kot boljši.

10.1) Sprememba ceste s širino vozišča 13m, v sistem cest »2+1«

Na Švedskih cestah niha promet med 4.000 voz./dan – 20.000 voz./dan. Omejitve hitrosti pa se gibljejo v povprečju od 90 – 110 km/h.

Na cestah na katerih je bila gostota prometa od 2.000 – 12.000 voz./dan, vozišče pa je bilo širine 13,00 m, so se preoblikovale v ceste sistema »2+1«, za razliko od nemškega sistema, ki se je za sistem »2+1« odločil pri gostoti prometa od 7.000 – 18.000 voz./dan. in pri širini vozišča 11,00 m, oz. 11,50 m.

S primerjavo med 13,00 m in 9,00 m široko cesto se je izkazalo, da je na 13,00 m široki cesti varnost prometa za 10% večja, kot na 9,00 m.

Raziskave so pokazale, da je na cesti s širino vozišča 13,00 m pred preoblikovanjem v sistem »2+1« letno umrlo 100 ljudi, okoli 400 pa je bilo poškodovanih, kar je predstavljalo 25% delež umrlih in 20% delež poškodovanih od vseh nesreč, ki so se zgodile na Švedskem.

Glavni vzrok pri kar 50% nesreč na različnih profilih cest, je bil izvoz iz glavne ceste na stransko in pri srečevanju vozil. Znano je, da so ceste na Švedskem v veliki večini primerov speljane ravno, kar povzroča monotonost pri vožnji in izgubo koncentracije pri voznikih, kar ima za posledico nastanek prometne nesreče. Da bi zmanjšali število prometnih nesreč, so se odločili za sistem cest »2+1«, ki so pripomogle k večji budnosti voznika, ker vožnja po njih zahteva večjo zbranost in koncentracijo voznika.

10.2) Opis oblike vozišča na cesti sistema »2+1«

Glej **Slike 43, 44 in 45**

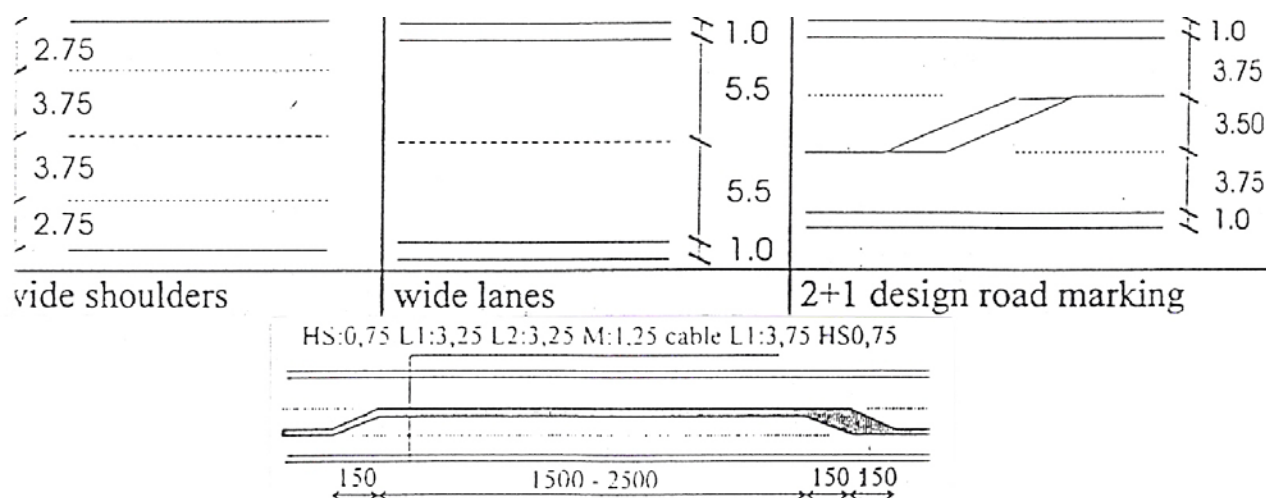
Dolžina odsekov pri menjavi pasov iz dveh na enega in obratno je v dolžini 1.500 m – 2.500 m, za razliko od nemškega sistema, kjer je ta dolžina krajša od 900 m – 1.200 m, in ne presega 2.000m.

Dolžina odsekov je odvisna od topografije terena.

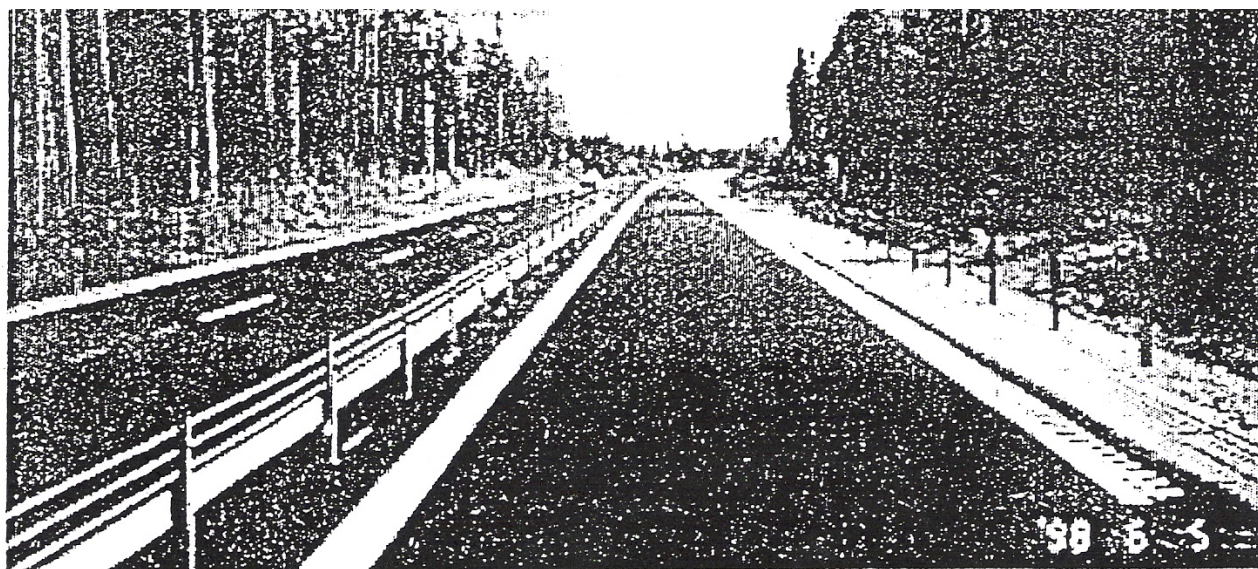
Na mostovih je sistem »2+1« prepovedan in prometno situacijo rešujejo z navadno dvopasovno cesto, ker bi uporaba sistema »2+1«, predstavljala zelo drago rešitev v nekaterih primerih pa celo gradbeno neizvedljivo rešitev. Sistem »2+1«, se ne uporablja v primeru križišč, kar vse enako upošteva nemški predpis.

Na vzponih in na mestih kjer uporaba sistema »2+1« ne predstavlja prevelikih stroškov se sistem cest »2+1« prakticira.

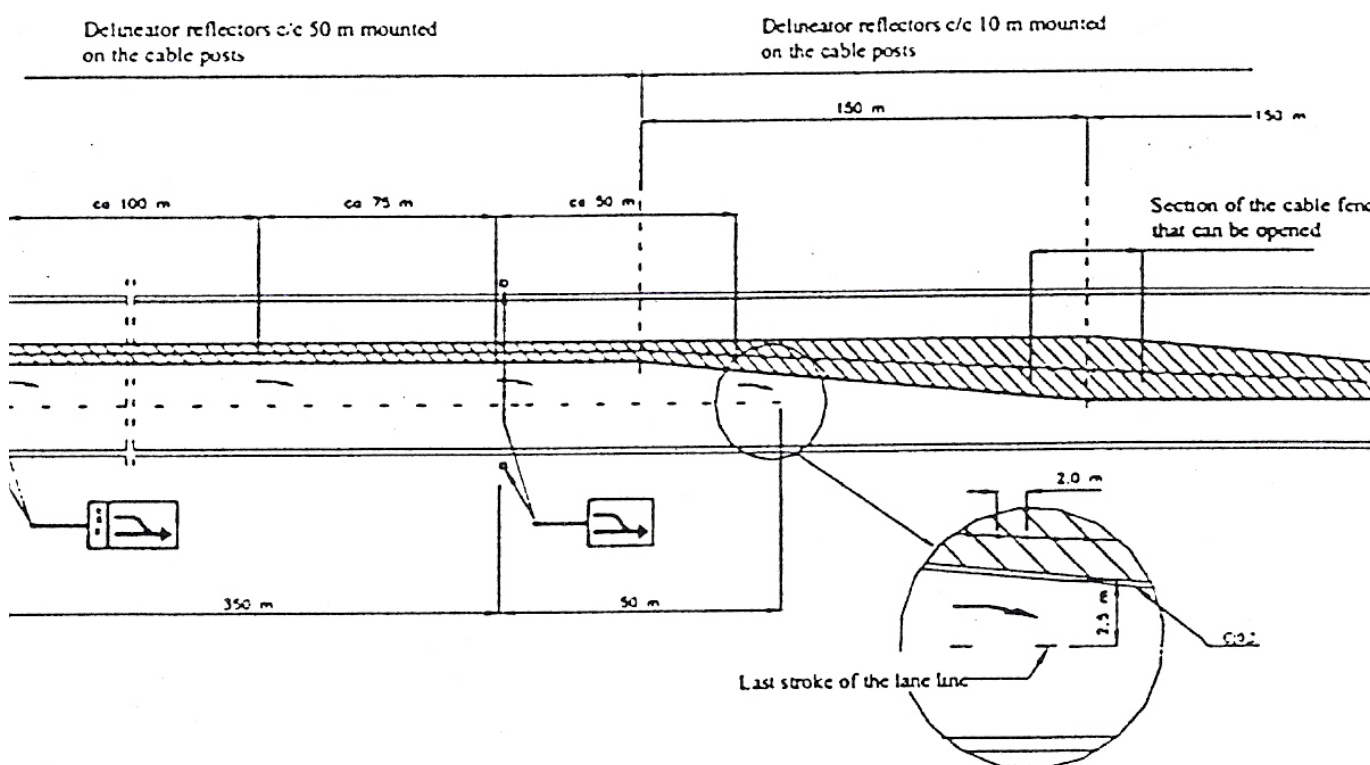
Dolžina menjavanja prehodnih pasov znaša 300 m. Prehodni odseki se označijo s postavitvijo opozorilnih prometnih tabel, na razdalji 400 m od mesta zoženja in na oddaljenosti najmanj 1 m od robnega pasu.



Slika 43: Rekonstrukcija, ceste sistema »2+1« na Švedskem



Slika 44: Sistem ceste »2+1«, z vmesno ograjo na Švedskem



Slika 45 : Odsek ceste izmenjave pasov

10.3) Dimenzije posameznih elementov na vozišču, ceste sistema »2+1«:

Širina vmesnega pasu, kjer postavimo vmesno varovalno ograjo je 1,25 m.

Širina voznih pasov na strani vozišča, kjer sta dva vozna pasova je 3,25 m.

Širina voznega pasu na strani vozišča, kjer je en vozni pas je 3,75 m.

Na zunanji strani voznega pasu naredimo robni pas širok 0,75 m.

Dodatni robni pas je širine 1,00 m ni nujen, namenjen pa je za reševalna vozila.

Obstoječi objekti in drevesa se morajo odstraniti na določeni širini od roba ceste, zunanji robovi pa se zaščitijo z varovalno ograjo.

Vzdrževanje cest obsega :

- Popravilo cest se izvaja takrat, ko je najmanj prometa prav tako pranje cest
- Čiščenje snega z vozišča in robnih črt, slednje morajo biti vidne
- Varnostne ograje, ki delijo vozišče morajo imeti na vsake 3 - 5 km, možnost odpiranja oz. odstranitev zaradi dostopa reševalnim vozilom.
- Na zoženih delih – prehod iz dveh na en pas je treba testirati zaščitno ograjo tako, da ta ne ovira prometa.

10.4) Ugotovitve primerjav prometnega toka, pred in po izgradnji »2+1«

Glej **Preglednica 16**,

PREGLEDNICA 16 : Prikazuje primerjavo prometnih nesreč pred in po izgradnji sistema »2+1«

	PREDVIDEVANJA	SE JE ZGODILO	OPAZKE
ŠT. NESREČ	80	121	Več nesreč od pričakovanj
POŠKODOVANI	50	37	Približno enako
POSAMEZNI POŠKODOVANI ALI MRTVI	14,2	6	Ravno za ½ manj
MRTVI	3,9	0	Čisto drugače od pričakovanj

S primerjavo hitrosti pred in po izgradnji ceste sistema »2+1« in opazovanj vozil v gostem prometnem toku, so dobili zelo zanimive in pozitivne rezultate. Zvišala se je hitrost prometa na cesti. Pred izgradnjo ceste »2+1«, je bila hitrost 90 km/h, po izgradnji pa se je zvišala na maksimalno 110km/h. Povprečna hitrost dnevnega prometa je znašala 108,5 km/h z razliko okoli 5 km/h med enim in dvema voznima pasovoma (111 km/h na dveh in 106 km/h na enem voznem pasu). Ta hitrost se doseže le takrat, ko je gostota prometa 500 v/h, drugače pa je ta hitrost nižja. Najbolj kritičen del ceste se pojavi pri menjavi pasov. Pričakovale so se večje težave na prehodnem delu menjavanja pasov, vendar do sedaj niso zabeležili večjih težav na prehodnicah. Na začetnem delu ceste »2+1«, je bila izmerjena prometna prepustnost vozil 1.200 – 1.350 v/h s povprečno hitrostjo 100 km/h. Najvišja predpisana hitrost na cesti sistema »2+1« pa znaša 110 km/h. Pričakovana največja prepustnost prometa naj bi bila velikosti 1.600 – 1.700 v/h. Vendar so raziskave pokazale, da se v času večjih praznikov prav tako pojavljajo kolone. Predvsem na strani vozišča, kjer je en vozni pas.

10.5) Ugotovitve z vidika prometne varnosti

Glavni razlog oblikovanja cest v sistem »2+1«, je v zmanjšanju prometnih nesreč. Po statističnih podatkih beležijo največ prometnih nesreč, ki so se zgodile zaradi prehitevanja v škarje. Te nesreče so imele tudi najhujše posledice. Z uvedbo dodatnega pasu se je število hudih prometnih nesreč, ki so imele za posledico smrt in hude telesne poškodbe v veliki meri zmanjšalo, kot prikazuje zgornja tabela.

Na cesti sistema »2+1«, se je največ nesreč pripetilo na delu zoženja pasu pri menjavi pasov iz 2 na 1 in obratno pri razširitvi iz 1 na 2 pasova. Za prometne nezgode pa so bile krive tudi vmesne pregrade, ki jih uporablja Švedski sistem. Vendar nesreče, na teh cestah, nimajo tako hudih posledic, kot nesreče na navadnih cestah rezerviranih za motorni promet. Po statistiki je bilo od 121 nesreč, le 6 ljudi lažje ranjenih, nihče pa ni bil mrtev.

Z vidika ekonomskih izračunov, so raziskave pokazale, da je izgradnja ceste »2+1« upravičila strošek izgradnje oz. preoblikovanja, že z zmanjšanjem stroškov, ki nastanejo kot posledica prometnih nesreč,

10.6) Vmesna varovalna ograja:

Pričakovalo se je več prometnih nesreč, kot pa se jih je v resnici zgodilo. Po statističnih podatkih jih je 159 na leto, kar je 1 na teden.

Od vseh prometnih nesreč, ki so se zgodile na Švedskem, prispeva cesta sistema »2+1«, 30% delež.

Prometne nesreče, se zgodijo predvsem zaradi:

- izgube koncentracije voznika
- obrabe gum
- nekontroliranega sukanja volana
- vožnje preblizu robnika

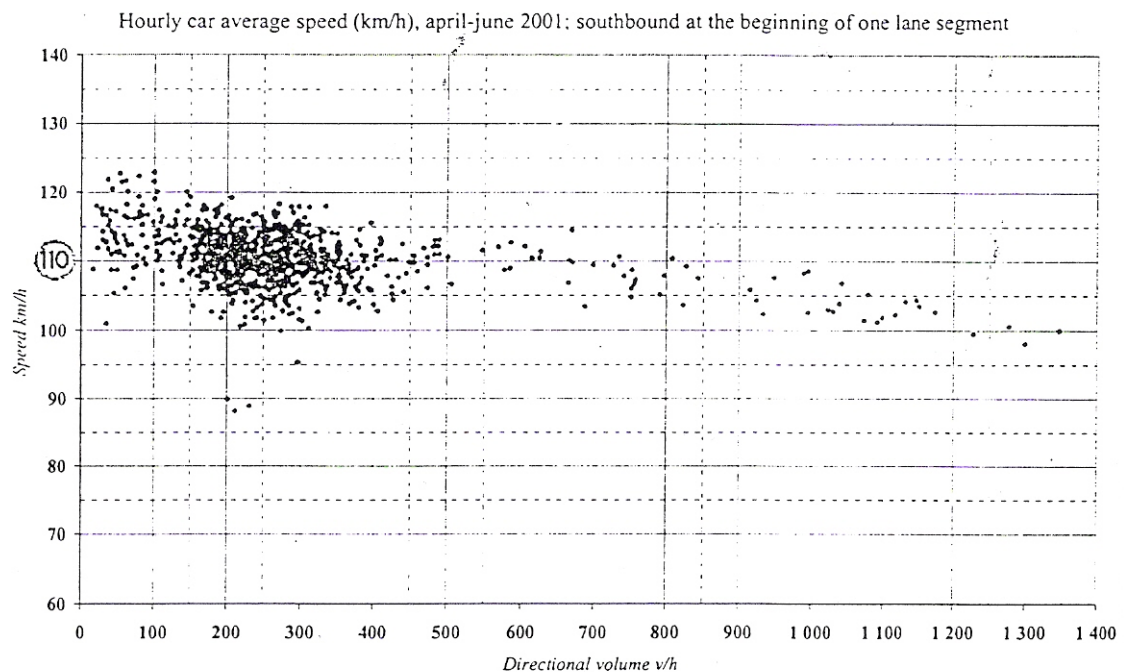
Ugotovljeno je, da se največ prometnih nesreč, zaradi vmesnih ograj zgodi v zimskih mesecih zaradi slabih voznih pogojev.

10.7) Finančni stroški :

Največji strošek vzdrževanja predstavlja strošek popravila varovalnih ograj. Strošek popravil v nesreči poškodovanih ograj znaša okoli 10.000 SEK (257.000,00 SIT), strošek poškodovanih vozil pa znaša okoli 20.000 SEK (514.000,00 SIT).

Stroški košenja trave, pranje in čiščenje cest, itd. so 20.000 sek/km na leto (514.000,00 sit/km)

Strošek zimskega pluženja in soljenja znaša od 5.000 – 10.000 SEK/km za leto (128.500,00 - 514.000,00 sit/km)



Slika 46 : Prikazuje diagram gostote prometnega toka (voz./h) pri različnih hitrostih (km/h), merjeno na začetku enega voznega pasu.

11.0 OPIS CEST SISTEMA »2+1« V SRBIJI

V Srbiji uporabljajo sledeče oblike prečnih prereзов cest :

- 1.) Sistem ceste **M-1**, z dvema voznima pasovima in dvema odstavnima pasovima na vozišču, je minimalne širine 11,00 m, raje 11,50 m.
- 2.) Sistem ceste **M-2** (»2+1«, »1+2«) je sestavljen iz treh voznih pasov. Po en vozni pas za vsako smer vožnje in vmesni vozni pas, ki se izmenjuje na določeni dolžini. (min. širina vozišča je 11,50 m.)
- 3.) Sistem ceste **M-3**, ima po dva vozna pasova za obe smeri vožnje na enem vozišču. Širina je 14,00 m
- 4.) Sistem ceste **M-4** so t.i. ceste s spremenjenim režimom avtocest, ki ima po dva vozna pasova v obe smeri in sta razdeljena z vmesnim pasom min. širine 0,75 m. Posamezno vozišče za eno smer pa je min. širine 7,00 m.

Pri rekonstrukciji obstoječih cest se priporočata dve obliki sistema, in sicer **M-2** in **M-4**.

Tip **M-2** je še posebej ugoden, ker omogoča določitev natančnega roka, dokončanja gradnje sistema. Med gradnjo promet nemoteno poteka. Vendar je potrebno po nekem določenem časovnem obdobju zgornjo plast ceste, preplastiti.

Dolžina dveh voznih pasovnih za eno smer vožnje, se giblje na dolžini od 800 – 2.000m.

Na mestih kjer je teren popolnoma raven in kjer gostota tovornega prometa ne presega 15%, znaša dolžina voznega pasu od 1.000 m – 1.400 m. (Povzeto po nemškem sistemu).

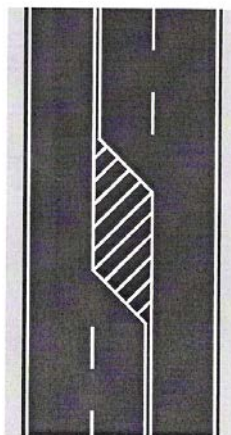
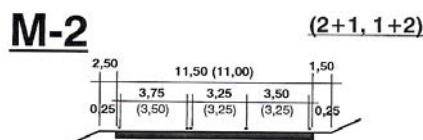
Področje menjavanja pasov:

Tako, kot pri vseh sistemih cest »2+1«, (Nemčija , Švedska) se pojavi kritični del mesta na prehodu iz dveh na en pas oz. iz enega v dva pasova. Dolžina prehoda znaša 180 m (enako kot nemški sistem).

Na mestih, ki niso kritična, je ta dolžina krajša in sicer znaša od 30 do 50 m.

Profil ceste **M-2** lahko naredimo tudi na vozišču širine 13,00 m, uporablja se na Švedskem.

Tam so tak sistem cest vključili v projekt : »Vision Zero«, s katerim želijo do leta 2010 preoblikovati ceste, ki so preobremenjene s prometom, v sistem »2+1«. Na ta način se skušajo ogniti oz. zmanjšati št. prometnih nesreč, ki se končujejo s hujšimi posledicami. Glej **Slika 47** in **Slika 48**.

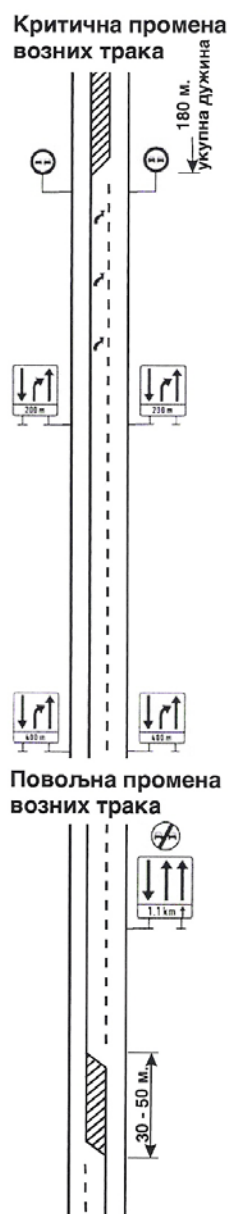


Slika 47 : Oblika in dimenzije ceste sistema »2+1«.

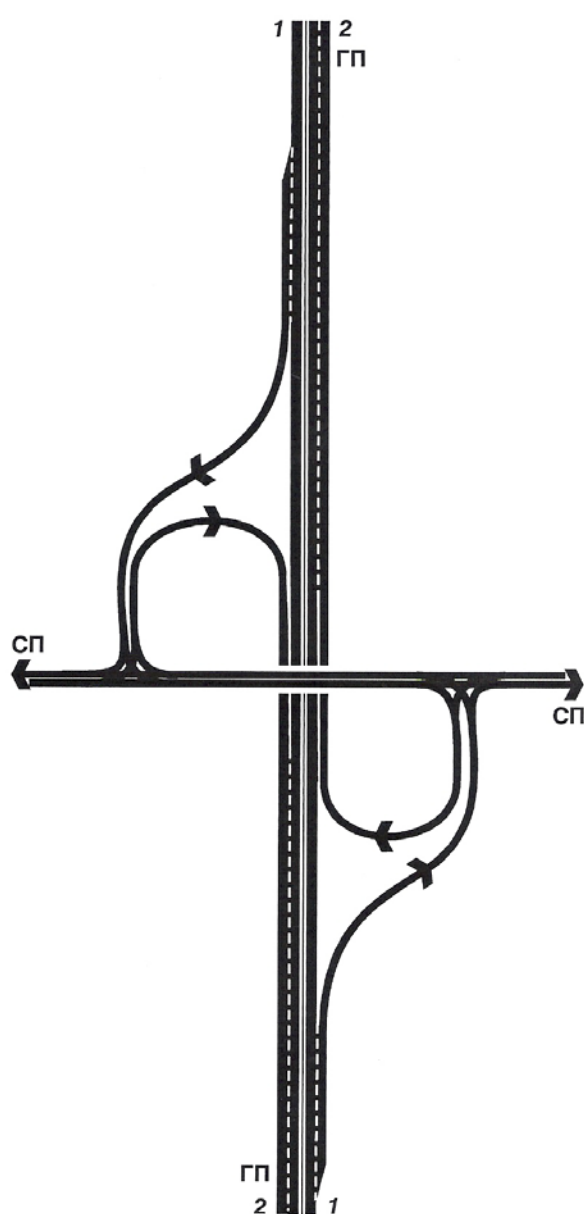
Slika A

Slika B

Kritična površina pri menjavi pasov



A.
 Сигнализација међупрофила
 М-2 (2+1) према RAS-Q 96



Б.
 Организација међупрофила М-2 (2+1) у зони денивелисане
 раскрснице (промена трака f (улива/излива))

Nekritična površina pri menjavi pasov Izven nivojsko križišče na cesti sistema »2+1«

Slika 48 : Slika A : Označevanje ceste sistema »2+1«, na kritičnem in nekritičnem delu pri menjavi pasov.

Slika B : Izvennivojsko križišče na uvozu in izvozu vozil.

11.1) Za izdelavo ceste M-2, (sistem »2+1«), je potrebno izpolniti sledečim zahtevam :

Pričakovana hitrost	80 – 100 km/h	(100 – 120 km/h)
Povprečni letni dnevni promet	6.000 – 12.000	(15.000 vozil/dan)
Odstavni pas za vozila	na vzponih ni potreben, na področju klanca pa je potrebno narediti posebne odstavne pasove za vozila, na razdalji 1.000m.	
Gradnja po fazah	robni pas	= 0,50m
	vozni pasovi	= 2 × 3,25 m in 1 × 3,50 m
Glej <u>Preglednico 17</u>		

PREGLEDNICA 17: Določanje širine bankine v odvisnosti od dopustne hitrosti za posamezen odsek ceste.

V_r (km/h)	b (m)
80 < V _r ≤ 100	1,50 (1,25)
60 < V _r ≤ 80	1,25 (1,00)
V _r ≤ 60	1,00 (0,75)

11.2) Varnost prometa:

Na osnovi raziskav je podan diagram na **Sliki 49**, ki določa :

stopnjo varnosti - N_s , (nesreče/ 10^6 voz./ km) in stopnjo stroškov nesreče –

N_{tr} (1.000 eur/nesrečo). Na cesti oblike M-2 je večja prometna varnost pri vožnji, kot na cesti oblike M-1. Cesta M-2 ima v popolnosti obdelan odsek ceste, na katerem se avtomobili razvrstijo pri prehitevanju. S tem je zagotovljen enakomeren prometni tok, pri izmenjavi prometnih pasov iz 2 na 1-ga in obratno.

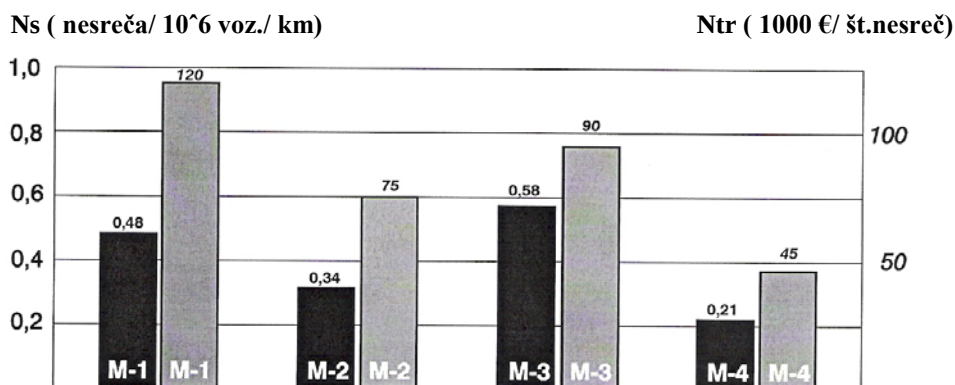
Še posebno so se te ceste obnesle na področju izven nivojskih križišč.

Pri tem je potrebno poudariti, da je pomembna širina vozišča, ki znaša 11,50 m (povzeto po nemških standardih). Minimalna dovoljena širina vozišča je 11,00 m.

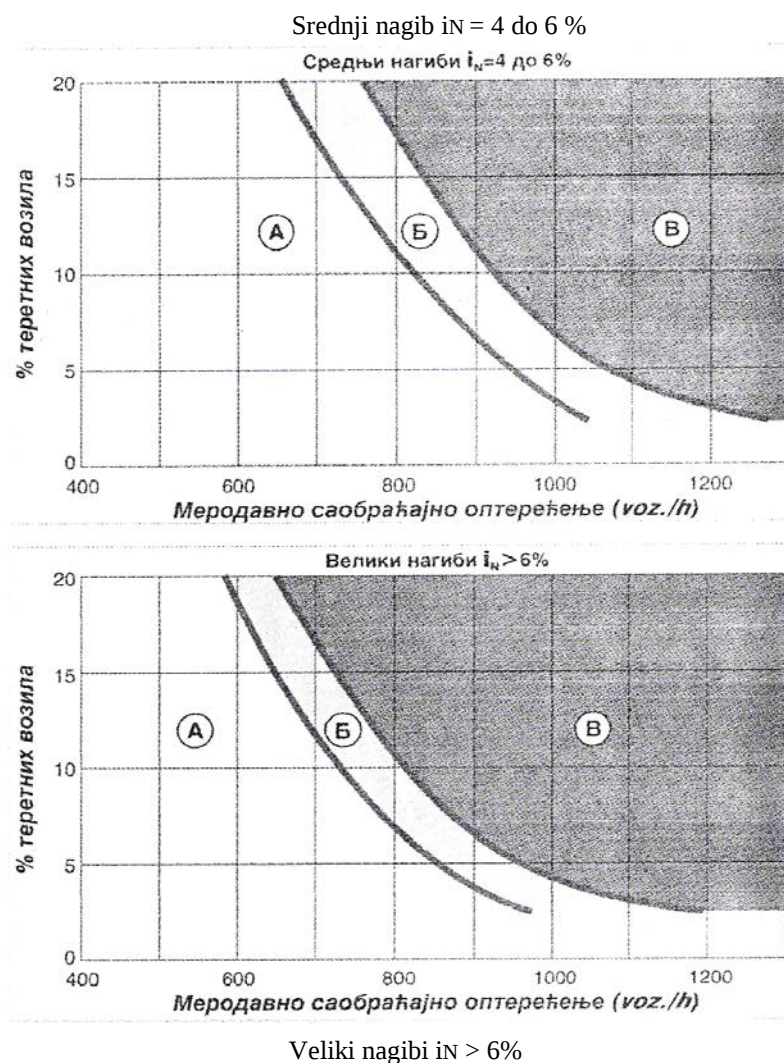
Najvišja dopustna hitrost na posameznih delih ceste M-2 je 100 - 90 km/h.

Oblikovanje ceste sistema »2+1«, se določi na osnovi naslednjih parametrov:

- Pomen cest in kategorija ceste (lokalna, državna)
- Prevladujoči promet (v času počitnic, dnevni, tranzitna vozila)
- Topografske ugodnosti terena in temu prilagojeni stroški
- Okolje varstveni pogoji



Slika 49 : Diagram odvisnosti med prometnimi nesrečami in s tem povezani stroški.



Slika 50 : Diagrama za določitev nagiba odvisnega od št. tovornih vozil (%) in gostote prometa Q (voz./h)

11.3) Postopek določevanja dodatnega pasu »tvd« :

Postopek se določi iz ;

1.) Vozno dinamičnih kriterijev :

Na osnovi skupnega diagrama hitrosti tovornih in osebnih vozil, določimo najbolj ugodno razliko hitrosti med projektno hitrostjo za vozila (V_r) in hitrostjo normiranega tovornega vozila ($V_{tov.}$). Razlika v hitrosti nam pove ali je dodatni vozni pas potreben ali ne.

A.) Če je na cestah z vmesnim zaščitnim voznim pasom, prekoračena predpisana hitrost (V_r) za 55%, je potrebna izvedba dodatnega zaščitnega pasu. Odsek na katerem merimo hitrost mora biti dolg minimalno 500m.

B.) Na cestah brez vmesnega pasu, mora biti hitrost (V_r) prekoračena za 65%.
Dolžina merjenega odseka mora biti min. 200 m.

2.) Prometno tehnični kriteriji:

Pri določevanju dimenzij dodatnega pasu moramo biti pozorni na parametre, ki določajo prometni tok. Ti so :

- merjena prometna gostota (voz./čas)
- procent oz. št. tovornih vozil
- preglednost

11.4) Dimenzije na cestah sistema »2+1« :

	Ceste z vmesnim zaščitnim pasom, ki deli vozne pasove nasproti vozečih vozil	ceste brez pasu
Dolžina odseka na uvozu Pri menjavi vozniških pasov	125.....150 m	80.....100 m
Dolžina odseka pri menjavi pasov, izvoz	80.....100 m	40.....50 m
nagibni kot na uvoznem delu pri menjavi pasu	1:20 1:25	1:15.....1:20
minimalna dolžina »tvd« (dodatnega pasu)		450 m (vzpon = 4%)
brez zoževalnih odsekov, ki so namenjeni za menjavo pasov	1.000 m	200 m (vzpon $\geq$ 7%)
Najmanjša dolžina odseka Ceste z 2 voznimi pasovoma	2.000 m	600 m

Glej **Slika 51**, prikazuje kritičen del ceste pri menjavi pasov iz 2 na 1.

12.0) ZAKLJUČEK

Sistem gradnje cest »2+1« je sistem, ki je uporabljen na tistih mestih, kjer niso podani pogoji za izgradnjo avtocestnega omrežja, dvopasovni sistem pa ne zadosti pogojem, ki jih terja pretočnost, varnost in ekonomičnost prometa. Zaradi premajhne pretočnosti, negativnih emisij, ki jih na okolju povzročajo počasi se premikajoča vozila (izpušni plini), škod nastajajočih ob nezgodah zaradi rizičnih prehitevanj in zamud, je sistem cest »2+1« optimalna rešitev. Ker mora biti izgradnja cest »2+1« seveda opravičljiva tudi iz finančnega stališča je rešitev, ki jo ponuja »2+1« lahko dokončna lahko pa tudi začasna, pred izgradnjo avtocestnega omrežja (4 in več pasovne ceste). Kot vsak sistem cest ima tudi sistem »2+1« določene omejitve na kar je potrebno biti še posebno pozoren. Problem predstavlja kritična mesta, to so mesta prehoda iz eno v dvopasovni oz. iz dvopasovnega v enopasovni pas.

Zato je potrebno upoštevati sledeča pravila :

- 1.) Izmenjava voznih pasov iz dveh na enega in obratno, se naredi na delu ceste, kjer je dobra preglednost.
- 2.) Izmenjava pasov ne sme potekati na mestih, kjer je nevarnost poledice (viadukti)
- 3.) V ozkih ovinkih je stran vozišča, kjer poteka dvojni vozni pas, vedno na zunanji strani ovinka.
- 4.) Na vzponih, se izmenjava pasov uredi na sledeči način :

uvoz na cesto »2+1« :

- dodatni pas se začne na mestu, kjer hitrost tovornih vozil ne pade pod 70 km/h ali pod hitrostjo, ki je predpisana za dani vzpon.
- uvoz na vzponu, mora ležati izven križišča

izvoz iz ceste »2+1« :

- izvoz se naredi na delu ceste, kjer hitrost tovornih vozil ne pade pod 70 km/h, ali pod predpisano hitrostjo, ki je podana za vzpon.
- izvoz mora biti izven križišča.

- 5.) Na vrhu vzpona, ko se začne cesta spuščati se lahko cesto »2+1«, razširi v štiri pasovnico, na kritičnem mestu pa se uporabi trebušasti način razvrščanja pasov.
- 6.) Sistem ceste »2+1«, ki vodi v mesto se preoblikuje v cesto z enim voznim pasom, saj se na ta način umiri hitrost prometnega toka, kar v veliki meri pripomore k varnosti prometa.
- 7.) Vključevanje in izvoz vozil, na izvennivojskem križišču se rešuje s trebušastimi ločevalnimi pasovi in potrebnimi prometnimi označevalnimi tablam.
- Skozi izven nivojsko križišče poteka dvojni vozni pas za eno smer vožnje tako, da desni vozni pas namenjen izvozu ne prečka voznih pasov v križišču namenjenih za vožnjo naravnost.
- 8.) Na nivojskem križišču, ki ni semaforizirano, je potrebno na uvozu v križišče postaviti prometno tablo, ki zmanjšuje hitrost na minimalno 70 km/h ali manj.

9.) Pred uvozom na nivojsko križišče, je potrebno dvojni vozni pas preoblikovati tako da križišče prečka le en vozni pas.

11.) Na isto nivojskem semaforiziranem križišču, se dodatni pas konča pred križiščem in nadaljuje za njim.

Spodnji diagram prikazuje računalniško simulacijo, s pomočjo katere, se je ob različno podanih vrednostih ugotavljalo, ali je sistem »2+1« uporabljiv glede kritičnih mest, to je prehodov iz 1 v 2 vozni pas in obratno. Izračuni hitrosti vozil so pokazali, da se hitrosti na kritičnih mestih zmanjšajo pod 70 km/h od 90 km/h dovoljenih, zaradi povečanja gostote prometa (voz./h) in povečanja deleža tovornih vozil (%). Nagib ceste pa nima večjega vpliva na zmanjševanje hitrosti, kar daje zaključek, da na kritičnih mestih prihaja do zastojev kle ob povečani gostoti vozil in tovornega prometa.

Predstavljena računalniška simulacija, izračunana za odsek ceste dolžine 2.000 m in zaporne površine 200 m, je pokazala, pri upoštevanju različnega števila vozil, deleža tovornih vozil in nagiba terena naslednje vrednosti :

Q (voz./h)	Delež tovornih vozil (%)	Nagib terena (%)	Hitrost vozil na prehodu iz 2 na 1 pas
500	10	0	80 km/h
500	15	0	77 km/h
1000	15	0	72 km/h
1000	20	0	71 km/h
1000	20	6	71 km/h
1500	10	0	55 km/h
1500	15	0	57 km/h
1500	20	2	44 km/h
2000	10	4	36 km/h
2000	15	2	33 km/h
2000	20	0	30 km/h
2500	10	0	25 km/h
2500	15	2	24 km/h
2500	20	0	20 km/h

Iz dobljenih vrednosti sklepamo, da sistem cest »2+1«, predstavlja eno od optimalnih oblik, za reševanje občasnega povečanega prometnega toka. Sistem cest »2+1« bi bil uporabljiv tudi na območju Slovenije, kjer se je po vključitvi v EU povečal tranzitni promet tako tovornih kot tudi osebnih vozil.