

Univerza  
v Ljubljani  
Fakulteta  
*za gradbeništvo  
in geodezijo*

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



Visokošolski strokovni študij  
gradbeništva, Prometno tehnološka  
smer

Kandidatka:

**Helena Stojanovski**

**PRIMERJAVA PREČNIH PROFILOV  
PREDORA V SLOVENIJI IN DRUGIH  
EVROPSKIH DRŽAVAH**

**Diplomska naloga št.: 384**

**Mentor:**  
doc. dr. Alojzij Juvanc

**Somentor:**  
asist. mag. Robert Rijavec

Ljubljana, 2010

## **IZJAVA O AVTORSTVU**

Podpisana HELENA STOJANOVSKI izjavljam, da sem avtorica diplomske naloge z naslovom: PRIMERJAVA PREČNIH PROFILOV PREDORA V SLOVENIJI IN DRUGIH EVROPSKIH DRŽAVAH.

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

Ljubljana, 24. 6. 2010

---

(podpis)

## **IZJAVE O PREGLEDU NALOGE**

## **BIBLIOGRAFSKO-DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK**

**UDK:** 624.19:656.1(043.2)

**AVTOR:** Helena Stojanovski

**Mentor:** doc. dr. Alojzij Juvanc

**Somentor:** asist. mag. Robert Rijavec

**Naslov:** **PRIMERJAVA PREČNIH PROFILOV PREDORA V SLOVENIJI IN  
DRUGIH EVROPSKIH DRŽAVAH**

**Obseg in oprema:** 85 str., 15 pregl., 47 sl., 0. graf., 3 en.

**Ključne besede:** predor, cesta, varnost na cesti, oprema predorov

### **Izvleček:**

Varnost v predoru zajema vrsto ukrepov, ki se jih zagotavlja s potekom nivelete skozi predor, z velikostjo prečnega profila, s prometno-varnostno opremo, službami za ukrepanje in posredovanje informacij udeležencem v cestnem prometu. V diplomski nalogi so predstavljene razlike oziroma enakosti med smernicami, ki se uporabljajo za projektiranje cestnih predorov v evropskih državah. V nalogi je v soglasju z mentorjem zajeta primerjava cestnega telesa v predoru z varnostnimi elementi v predoru v Sloveniji, Avstriji, Nemčiji, Švici in Italiji.

## **BIBLIOGRAPHIC-DOCUMENTATION INFORMATION**

**UDC:** 624.19:656.1(043.2)

**Author:** Helena Stojanovski

**Supervisor:** Assist Prof Alojzij Juvanc, Ph.D.,M.Sc.,C.E.

**Co Supervisor:** Assist Robert Rijavec, MSc, C.E.

**Title:** Comparison of tunnel cross-sections in Slovenia and in some other states in Europe

**Notes:** 85 pages, 15 tables, 47 pictures, 0 graphs, 3 equations

**Key words:** Tunnel, road, road-safety, tunnel-equipment

### **Abstract:**

Safety in the tunnels includes a range of actions, which are ensured by course of levelling itself through the tunnel, size of the cross-section, traffic - safety equipment, traffic information services. My diploma paper presents the differences or equalities between the guidelines, used in designing road tunnels in European countries. The assignment includes a comparison of road body in the tunnel with security elements in a tunnel built in Slovenia, Austria, Germany, Switzerland and Italy

## **ZAHVALA**

Za pomoč pri nastajanju diplomske naloge se zahvaljujem mentorju doc. dr. Alojziju Juvancu in somentorju asist. mag. Robertu Rijavcu za napotke in usmerjanje pri pisanju diplomske naloge.

Zahvaljujem se tudi vsem, ki so me podpirali na moji študijski poti in mi kakorkoli pomagali ter mi stali ob strani v času študija.

## KAZALO VSEBINE

<b>1</b>	<b>UVOD</b> .....	<b>1</b>
1.1	Zgodovinski razvoj gradnje predorov.....	1
1.2	Predstavitev problematike .....	2
1.3	Cilj naloge.....	3
<b>2</b>	<b>TEORETIČNE OSNOVE IN METODA DELA</b> .....	<b>4</b>
2.1	Pomen izrazov .....	4
2.2	Predstavitev uporabljenih smernic.....	8
2.3	Splošni kriteriji načrtovanja predorov .....	10
2.4	Prečni profil predora .....	13
2.5	Struktura predora.....	14
2.5.1	Gradbeni objekt predora.....	14
2.5.2	Cestno telo.....	15
2.5.3	Oprema predora.....	15
2.6	Razvrščanje predorov .....	16
<b>3</b>	<b>PRIMERJAVA ELEMENTOV PREČNEGA PROFILA PREDORA</b> .....	<b>18</b>
3.1	Elementi prečnega profila v predoru .....	18
3.2	Cestno telo v predoru.....	21
3.2.1	Prosti in prometni profil.....	21
3.2.2	Širina in število vozniških pasov v predoru.....	28
3.2.3	Prečni nagib .....	40
3.2.4	Stranski pas .....	43
3.2.5	Horizontalna preglednost v predoru .....	46
3.2.6	Pešci in kolesarji.....	52

<b>3.3</b>	<b>Varnostni elementi v predoru.....</b>	<b>57</b>
<b>3.3.1</b>	<b>Odstavne površine .....</b>	<b>57</b>
<b>3.3.2</b>	<b>Odstavne niše .....</b>	<b>58</b>
<b>3.3.3</b>	<b>Obračalne niše .....</b>	<b>66</b>
<b>3.3.4</b>	<b>Poti umika in zasilni izhodi.....</b>	<b>68</b>
<b>3.3.4.1</b>	<b>Evakuacijske poti.....</b>	<b>68</b>
<b>3.3.4.2</b>	<b>Prečniki.....</b>	<b>71</b>
<b>3.3.5</b>	<b>Niše za klic v sili.....</b>	<b>75</b>
<b>3.3.6</b>	<b>Niše za tlačno omrežje.....</b>	<b>79</b>
<b>4</b>	<b>ZAKLJUČEK .....</b>	<b>83</b>
<b>VIRI</b>	<b>.....</b>	<b>84</b>



## KAZALO SLIK

Slika 1: Elementi prečnega profila po uredbi.....	18
Slika 2: Elementi prečnega profila po RVS 09.01.22.....	19
Slika 3: Elementi prečnega profila po RABT.....	19
Slika 4: Elementi prečnega profila po SN 505 197/2.....	20
Slika 5: Elementi prečnega profila po italijanskih normativih.....	20
Slika 6: Prosti in prometni profil.....	22
Slika 7: Prečni profil v predoru.....	23
Slika 8: Prečni profil v predoru.....	24
Slika 9: Prikaz uporabnega profila po SN 505 197.....	25
Slika 10: Prikazuje prosti profil in prometni profil po italijanskih predpisih.....	26
Slika 11: Širina voznih pasov.....	30
Slika 12: Tipski prečni profili v predoru.....	32
Slika 13: Prikaz enosmernega predora z dvema voznima pasovoma.....	34
Slika 14: Širina vozišča tipa A v urbanem okolju.....	35
Slika 15: Širina vozišča tipa A izven urbanega okolja.....	36
Slika 16: Širina vozišča tipa B.....	37
Slika 17: Širina vozišča tipa B.....	38
Slika 18: Prikaz širine hodnika po ASTRA.....	45
Slika 19: Shema za preveritev preglednosti v enosmerni predorski cevi.....	48
Slika 20: Velikost polmera $R_h$ v odvisnosti od razdalje od stene oboka do roba bližnjega prometnega pasu.....	49
Slika 21: Shematski prikaz izračuna krožnega radija.....	50
Slika 22: Odvisnost med hitrostjo, vzdolžnim nagibom in zaustavitveno razdaljo.....	51
Slika 23: Elementi stranskega pasu v primeru pločnika.....	53
Slika 24: Prerez pločnika z varnostno ograjo.....	55
Slika 25: Prikaz dvignjenega pločnika.....	55
Slika 26: Svetli profil predora v območju enostransko urejene odstavne niše.....	59
Slika 27: Tloris predora v območju enostransko urejene odstavne niše.....	59

Slika 28: Svetli profil predora v območju dvostransko urejene odstavne niše.....	60
Slika 29: Tloris predora v območju dvostransko urejene odstavne niše .....	60
Slika 30: Razpored in medsebojna oddaljenost odstavnih površin za predore brez naprav za krmiljeno vodenje prometa.....	62
Slika 31: Razpored in medsebojna oddaljenost odstavnih površin za predore z napravami za krmiljeno vodenje prometa.....	63
Slika 32: Odstavna niša po RABT.....	64
Slika 33: Prikaz odstavne niše pri dvosmernem predoru po SN 505 197/2 .....	64
Slika 34: Dimenzije odstavne niše po italijanskem normativu .....	65
Slika 35: Prerez predora v območju obračalne niše .....	67
Slika 36: Tloris predora v območju obračalne niše .....	67
Slika 37: Vrata za izhod v smeri pobega z obroba .....	69
Slika 38: Maksimalna razdalja izhodov v sili.....	70
Slika 39: Prečni prerez prečnika za vozila.....	72
Slika 40: Prečnik v enosmernem predoru na območju odstavne niše .....	73
Slika 41: Tloris pohodnega prečnika .....	73
Slika 42: Prerez in tloris niše za klic v sili .....	76
Slika 43: Pogled niše za klic v sili.....	76
Slika 44: Niše za klic v sili na avtocestah .....	77
Slika 45: Minimalne dimenzije niš.....	78
Slika 46: Prerez in tloris niše za gasilni aparat.....	80
Slika 47: Prikazuje minimalne dimenzije hidrantne niše .....	81

## KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Prikaz prečnih prerezov in metod gradnje .....	12
Preglednica 2: Dimenzije prostega in prometnega profila v predoru .....	27
Preglednica 3: Širina voznih pasov za predore v neurbanem okolju [m] .....	29
Preglednica 4: Širina voznih pasov za predore v urbanem okolju (mestni predori) [m] .....	29
Preglednica 5: Dimenzije elementov vozišča po državah.....	40
Preglednica 6: Razširitev pravokotnega predora, glede na prečni nagib .....	41
Preglednica 7: Prečni nagib vozišča po državah.....	42
Preglednica 8: Razširitev predora pri uporabi $R_{min}$ pri različnih hitrostih.....	46
Preglednica 9: Preglednostna razdalja pri različnih širinah pregledne berme .....	46
Preglednica 10: Maksimalne hitrosti.....	47
Preglednica 11: Primerjava dimenzij pločnikov v predoru.....	56
Preglednica 12: Dimenzije odstavne niše .....	65
Preglednica 13: Prikaz dimenzij pohodnih in prevoznih prečnikov .....	75
Preglednica 14: Prikaz minimalnih dimenzij NKS .....	79
Preglednica 15: Niše tlačnega omrežja .....	82

## **1 UVOD**

Predori so pomembni objekti, ki lajšajo prometne povezave med obširnimi deli Evrope, in imajo v pogosto zelo razgibanem reliefu, značilnem za Evropo, odločilno vlogo pri delovanju in razvoju regionalnih gospodarstev.

Predor je podzemna gradbena konstrukcija, ki sodi med zahtevne gradnje. Zahtevnost gradnje predora je odvisna od geomehanskih karakteristik, podzemnih voda in samega premera ter dolžine predora. Gradnja predora predstavlja z ekonomskega vidika visok strošek, hkrati tudi vzdrževanje in obratovanje. Pri projektiranju predora je treba dati velik poudarek na prečnem profilu predora, saj se z večanjem predorske cevi večajo tudi stroški gradnje. Zato ni presenetljivo, da je načrtovanje predorov različno od države do države. Sodobni cestni predori imajo nekaj skupnega; evropsko direktivo 2004 – 54 - ES, ki ureja varnost v cestnih predorih za cel prostor EU.

### **1.1 Zgodovinski razvoj gradnje predorov**

V antiki so razne civilizacije gradile predore za dostopanje do grobnic, podzemnih kamnolomov in podobnega. Gradnja predorov je potekala tudi na pobočjih hribov za zagotavljanje vode. Med izkušene graditelje predorov sodijo Rimljani, saj so zgradili nekaj kilometrov dolge podzemne prehode. Med drugim so zgradili 5,60 km dolg predor za dreniranje Fucion jezera, ki se je nahajalo v centralni Italiji.

Moderne konstrukcije predorov so začeli graditi leta 1760 v Veliki Britaniji, ko so gradili kanale za notranji transport. Leta 1825 so v Angliji odprli železniško progo, ki je naznanila novo ero v transportu, kot tudi v gradnji predorov. Znanje, ki je bilo pridobljeno z gradnjo kanalov, je bilo kmalu uporabljeno pri gradnji železniških predorov. Večji del gradnje železniških predorov je potekal ročno, izkopani material je bil odpeljan z uporabo konjev.

Gradnjo predora pod Angleškim kanalom je leta 1802 predlagal francoski inženir, graditi pa so ga začeli leta 1870. Takrat so že uporabili stroje za izkopavanje predorov.

Gradnjo so prekinili leta 1882, ker so bili Angleži v strahu pred francosko invazijo, ki bi jo ta predor lahko omogočil. Izkopavanja za predor pod kanalom so se začela ponovno leta 1973, vendar so se ponovno ustavila leta 1975 zaradi hitrega porasta obale. Dela so se ponovno začela leta 1980 in se končala 1994 s 50 km dolgim predorom z imenom EuroTunnel.

(Povzeto po [www.britanica.com](http://www.britanica.com))

## 1.2 Predstavitev problematike

29. 4. 2004 je bila izdana Direktiva Evropskega parlamenta in Sveta 2004/54/ES o minimalnih varnostnih zahtevah za predore v vseevropskem cestnem omrežju (UL L 167 z dne 30.4.2004). Varnost v predorih zahteva vrsto ukrepov, ki se med drugim nanašajo na geometrijo predorov in njihovo projektno zasnovo, varnostno opremo, vključno s prometnimi znaki, usposobljene službe za ukrepanje ob izrednih dogodkih in informiranje uporabnikov. Vse naštetu velja predvsem za predore, ki so daljši od 500 m.

Cilj direktive je usklajevanje nacionalnih zakonodaj in zagotavljanje minimalne stopnje varnosti za uporabnike cest v predorih, ki so del vseevropskega cestnega omrežja. Z zagotovitvijo minimalne varnosti v predoru preprečujemo kritične dogodke, ki bi lahko ogrozili človeška življenja, okolje in zmogljivosti predorov.

Države članice morajo zagotoviti, da predori na njihovem ozemlju, ki sodijo na področje uporabe omenjene direktive, izpolnjujejo minimalne zahteve preglednic, prikazanih v direktivi. V direktivi je predvideno, da države članice imenujejo upravni organ, ki je odgovoren za zagotavljanje varnosti v predoru in ki sprejema potrebne ukrepe za zagotovitev skladnosti z direktivo. Upravni organ se lahko ustanovi na nacionalni, regionalni ali lokalni ravni.

### 1.3 Cilj naloge

V diplomski nalogi so predstavljeni elementi prečnega profila predora in izvedene primerjave predpisov v različnih državah. Oprema predorov v diplomski nalogi ni obdelana.

Primerjave so bile narejene med:

- razvrščanjem predorov
- elementi profila cestnega predora v različnih državah
- elementi cestišča:
  - prosti in prometni profil
  - širina in število voznih pasov v predoru
  - vodenjem pešcev in kolesarjev skozi predor
  - stranski pas
  - prečni nagib
  - preglednost v predoru
- varnostnimi elementi v predoru:
  - odstavne površine
  - odstavne niše
  - obračalne niše
  - poti umika in zasilni izhodi
  - prečniki
  - niše za klic v sili
  - niše za gasilne aparate.

Smernice, med katerimi je bila izvedena primerjava, so iz Slovenije, Avstrije, Nemčije, Švice in Italije.

## 2 TEORETIČNE OSNOVE IN METODA DELA

### 2.1 Pomen izrazov

Pomeni izrazov za predor so povzeti po Uredbi o tehničnih normativih in pogojih za projektiranje cestnih predorov v Republiki Sloveniji.

**Cestni predor** je podzemni gradbeni objekt v trasi ceste, praviloma izveden v krožnem prerezu, s katerim se omogoča:

- ohranjanje poteka ceste v še sprejemljivih mejah geometrijskih in tehničnih elementov ceste skozi reliefne pregrade,
- zagotavljanje zaščite okolja ceste pred prekomernimi škodljivimi vplivi cestnega prometa,
- izvedba poteka ceste v krajinsko ali urbano zahtevnih območjih ali zaradi posameznega pomembnega elementa rabe v prostoru.

**Enosmerni predor** je predor, pri katerem vožnja v predorski cevi poteka po vseh prometnih pasovih v isto smer. Hitrost vožnje skozi predor je omejena na največ 100 km/h.

**Dvosmerni predor** je predor, pri katerem promet skozi predorsko cev poteka v dveh nasprotnih smereh. Med obema voznima smerema je potrebno predvideti dodatno zaščitno širino 0,50 m. Hitrost vožnje skozi dvosmerni predor je omejena na največ 80 km/h.

**Enopasovni predor** je predor, ki ima samo en vozni pas. Načeloma se ga uporablja pri enosmernih enopasovnih krakih vozlišč in cestnih priključkov. Za druge potrebe pa le izjemoma, če se s posebno študijo dokaže zadostna prometna varnost in deluje pod posebnim prometnim režimom (semafor, razširjeno vozišče ipd).

**Dvopasovni predor** je predor, ki ima dva vozna pasova. Kadar je namenjen dvosmernemu prometu, predstavlja standardno obliko predora.

**Večpasovni predor** je predor, ki ima več prometnih pasov. To so lahko 3 vozni pasovi ali pa 2 vozna in 1 dodatni pas. Večpasovni predor je praviloma največ tripasoven. Izjema so primeri, ko se v predoru priključujejo/izključujejo kraki cestnega priključka.

**Enocevni predor** je predor, ki ima eno samo predorsko cev. Kadar je zgrajen kot prva faza gradnje dvocevne predora, je treba pri načrtovanju predvideti ukrepe, ki bodo omogočili nemoteno izgradnjo druge cevi.

**Dvocevni predor** je predor, ki ima dve predorski cevi, po katerih praviloma poteka enosmerni promet. Cevi sta razmaknjeni in praviloma vzporedni.

**Večcevni predor** je predor, ki ima več kot dve cevi. Raba cevi je pri tem definirana za vsak primer posebej (dvocevni predor s podzemnimi kraki cestnega priključka, dodatna cev za pešce in/ali kolesarje, kombiniran cestni in železniški predor ipd).

**Kratek predor** je predor dolžine do 200 m. Geometrijski elementi cestne osi so omejeni samo s preglednostjo, pri preseganju prečnega nagiba 4 % je treba razširiti obok predora, širina vozišča poteka skozi predor v nespremenjeni sestavi in dimenzijah, in hitrost ni posebej omejena.

**Srednje dolg predor** je predor dolžine od 200 do 1.000 m. Horizontalni elementi so omejeni s preglednostjo in maksimalnim prečnim nagibom 4 %, vzpon nivelete je omejen, sestav in dimenzija elementov vozišča je lahko spremenjen, hitrost je omejena.

**Dolg predor** je predor dolžine nad 1.000 m. Horizontalni elementi so omejeni s preglednostjo in maksimalnim prečnim nagibom 4 %, vzpon nivelete je minimalen in na ravni zagotavljanja odvodnjavanja, sestav in dimenzije elementov vozišča so praviloma preurejeni in prilagojeni, hitrost je omejena.

**Oprema predora** so naprave, ki zagotavljajo nemoten in prometno varen potek prometa v delno omejenih razmerah ter hkrati omogočajo izvedbo posebnih ukrepov v posebnih razmerah. Zato med opremo predora štejejo tudi elementi opreme, ki so nameščeni na cestišču na potrebni razdalji pred vhodom v predor.

**Odprta trasa** je del ceste izven območja podzemnih gradbenih objektov.

**Prometni profil** je prostor nad voziščem, ki ga sestavljajo prerez merodajnega vozila, prostor, potreben za obratovanje vozila v premi in krivini, in pas varnostne širine med vozili.

**Prosti/svetli profil** obsega prostor prometnega profila, povečan za varnostno širino in višino.

**Cestišče** je zgornja ploskev cestnega telesa, ki omogoča izvajanje prometnih in izbranih vzporednih funkcij. Obsega vozišče in izbrane vzdolžne neprometne površine, ki potekajo vzdolž v pasovih.

**Vozišče** sestavljajo prometni pasovi in robni pasovi z zadostnim zračnim prostorom za zagotovljeno gibanje vozil (prometni profil) in varnosti prometa (prosti ali svetli profil).



**Smerno vozišče** je vsako izmed obeh vozišč dvosmerne ceste, na kateri sta vozišči za posamezno smer vožnje fizično ali samo s talno signalizacijo ločeni med seboj, in je pri normalnem obratovanju ceste namenjeno izključno samo za vožnjo ali v eni ali v drugi smeri.

**Vozni pas** je prometni pas na vozišču, ki poteka po desni strani vozišča in je pri normalnem obratovanju ceste namenjen za vožnjo v eni smeri. Odvisno od vrste ceste je na vozišču lahko en, dva ali več voznih pasov. Na vozišču dvosmerne dvopasovne ceste se posamezen vozni pas lahko uporablja tudi za prehitevanje v nasprotni smeri, kjer in kadar je to tehnično in prometno mogoče in dovoljeno.

**Stranski pas** je praviloma fizično, višinsko ali z razdelilnim pasom ločen od prometnih pasov za motorna vozila.

**Robni pasovi** so sestavina smernega vozišča, ki izboljšuje varnost prometa, ohranja stabilnost voziščne konstrukcije ter omogoča zaris talne prometne signalizacije. Robne črte morajo biti narejene na notranji strani robnega pasu.

**Prehitevalni pas** je prometni pas na vozišču, ki poteka po levi strani vzdolž enega ali več voznih pasov in je pri normalnem obratovanju ceste namenjen za prehitevanje, pri močno zgoščenem prometnem toku pa tudi kot dodatni vozni pas.

**Odstavna niša** je prostor znotraj podzemnega gradbenega objekta, namenjen zaustavljanju vozil v primeru nuje, kadar skozi tak objekt ni kontinuirano voden odstavni pas. Zgrajena je na desni strani vozišča v smeri vožnje in glede na vrsto prometa skozi objekt opremljena z dodatno opremo.

**Čistilna niša** je manjši pomožni prostor v steni predora, namenjen vzdrževanju drenažnega sistema in sistema odvodnjavanja predora.

**Dolžina predora** je definirana z dolžino najdaljšega voznega pasu, kjer je le-ta povsem nadkrit.

**Normalni prečni profil (NPP)** je prikaz zasnove vzdolžnih površin ceste v prečnem prerezu, s katero se izpolnijo pogoji za obratovanje ceste z določeno prometno funkcijo pod predvidenimi prometnimi karakteristikami. Z njim se določijo fizične mere elementov cestnega prereza in definirajo notranji odnosi uporabljenih elementov (sistem ceste, tip ceste, število pasov, vzporedne površine – kolesarji, pešci in podobno, fizična ločitev posameznih površin – robniki ali/in ograje, zadosten razmik), potrebnih za izvajanje posamezne prometne funkcije pod predhodno definiranimi prometnimi in vozno-dinamičnimi pogoji.

**Karakteristični prečni profil (KPP)** je z gradbeno-tehničnimi in konstrukcijskimi rešitvami dopolnjen NPP ceste. Z njim se jasno in nedvoumno definira posamezne sestavine v prečnem prerezu in celotno širino ceste v realnih prometnih in prostorskih (območje, relief) razmerah.

**Prometna obremenitev** pomeni število vozil, ki v določenem časovnem intervalu prevozijo posamezni merski prerez na cesti.

**TEN** je kratica za transevropsko prometno mrežo (Trans European Network).

**Direktiva** zahteva ukrepe za implementacijo na nacionalnem nivoju do določenega roka. Direktive so najvažnejši in najučinkovitejši zakonski instrument za vzpostavitev in krepitev notranjega trga EU.

**Uredba** je smernica oziroma navodilo za delo, ki mora biti neposredno izvršljiva.

**PIARC** (Permanent International Association of Road Congresses) – Delovno telo pri IRF (International Road Federation - Svetovno cestno združenje).

**FVS** (Forschungsgesellschaft Straße Schiene Verkehr) – Družba za raziskave na področju cestnega in tirnega prometa.

**STSG** (Strassentunnel –Sicherheitsgesetz) – Zakon o varnosti za cestne predore.

**ARS** (Verfahren für die Auswahl von Strassenquerschnitten in Tunnel) – Pravilnik za izbiro prečnega profila v predoru.

## 2.2 Predstavitev uporabljenih smernic

Smernice, med katerimi je bila primerjava izvedena, so:

- **Slovenija:**
  - Uredba o tehničnih normativih in pogojih za projektiranje cestnih predorov v Republiki Sloveniji (UL RS št. 48/2006);
- **Avstrija:**
  - RVS - Richtlinien und Vorschriften für das Straßenwesen;
- **Nemčija:**
  - RABT - Richtlinien für die Ausstattung und den Betrieb von Straßentunneln;
- **Švica:**
  - Bundesamt für Strassen ASTRA
  - SIA - Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein
  - SN - Schweizer Norm;
- **Italija:**
  - NFGS - Norme funzionali geometriche per la costruzione delle strade.

Slovenska Uredba o tehničnih normativih in pogojih za projektiranje cestnih predorov v Republiki Sloveniji (v nadaljevanju uredba) določa tehnične zahteve, pogoje in normative, ki se jih mora zaradi zagotavljanja prometne varnosti in ekonomičnosti gradnje, uporabe in vzdrževanja cestnih predorov upoštevati pri izdelovanju projektne dokumentacije, namenjene za gradnjo, uporabo in vzdrževanje cestnih predorov. Uredba o tehničnih normativih in pogojih za projektiranje cestnih predorov v Republiki Sloveniji prenaša v slovenski pravni red določila Direktive Evropskega parlamenta in Sveta 2004/54/ES z dne 29. aprila 2004 o minimalnih varnostnih zahtevah za predore v vseevropskem cestnem omrežju (UL L 167 z dne 30.4.2004). Pri uporabi uredbe je treba upoštevati tudi Pravilnik o projektiranju cest (UL.RS.št. 9/2005).

RVS so smernice in predpisi za gradnjo cest, ki obsegajo raziskave na področju cestnega in tirnega prometa (FVS). RVS so pomembno normativno orodje za avstrijsko cestno gradnjo. Smernice obsegajo petnajst poglavij, ki so razdeljena po sklopih tem: prometno in cestno načrtovanje, mostne konstrukcije in predori, varovanje okolja in zagotavljanje kakovosti.

RABT so nemške smernice, ki vsebujejo načela, navodila in kriterije za načrtovanje opreme cestnih predorov in za obratovanje. En del teh smernic je spisan v tekstualnem delu, drugi del smernic je v dodatkih. Dodatki vsebujejo komentarje, informacije iz ozadja, primere računskih postopkov, ki prispevajo k boljšemu razumevanju tekstualnega dela opisanih pravil in navodil za načrtovanje. V RABT predpisani ukrepi služijo predvsem varnemu vodenju prometa skozi predor, preprečevanju kritičnih dogodkov, zaščiti uporabnikov predora, kot tudi varovanju okolja. Nemške smernice predvsem veljajo za predore, ki so daljši od 80 m in so namenjeni cestnemu prometu.

Švicarski zvezni urad za državne ceste ASTRA pojasnjuje elemente tras nacionalnih cest prvega in drugega reda. Ceste, omenjene v ASTRA, so enotno definirane in imajo predpisano dimenzijo. V prvi vrsti gre predvsem za elemente normalnega profila. Njihov namen je, da pripomorejo k izgradnji homogene in varne cestne mreže in da se doseže ugodno razmerje izgradnje in vzdrževanja cestnega omrežja.

Švicarske norme SN 197 vsebujejo osnove za projektiranje predorov, namenjenih prometu, ne glede na njihov namen (železniškemu ali cestnemu prometu). Pri projektiranju je treba upoštevati tudi varnost v predoru in vplive na okolje. Norme SN vsebujejo tudi predpis za projektiranje opornih konstrukcij pri gradnji predorov. Posebnosti železniškega in cestnega predora so opisane v normah SN 197/1 in SN 197/2.

Italijanski normativ je namenjen kontroli in testiranju cestne infrastrukture.

### 2.3 Splošni kriteriji načrtovanja predorov

Pri načrtovanju podzemnih zgradb, še posebej pri načrtovanju predorov je potrebno uskladiti različne zahteve in omejitve, ki izhajajo iz pogojev gradnje in uporabe sodobnih predorov:

- Predor mora izpolnjevati zastavljene funkcionalne zahteve, kar pomeni, da mora omogočati pretok predvidenega števila vozil z določeno hitrostjo, pri čemer morajo biti izpolnjeni vsi predpisani pogoji za varnost v cestnem prometu.
- Pri projektiranju podzemne zgradbe je treba upoštevati razmere v hribini, vključno s hidrologijo in lokalno tektoniko. Razmere v hribini lahko v veliki meri vplivajo na horizontalni in vertikalni potek trase, obliko, prečni prerez ali celotno velikost predora.
- Pri načrtovanju predora je treba upoštevati uporabo znanih tehnik izkopa in gradbenih tehnik. Gradnja predora mora biti smiselna z vidika ekonomike, učinkovitosti in varnosti.
- Predori morajo biti načrtovani in zgrajeni tako, da je zagotovljena varnost uporabnikov in vzdrževalcev pri normalni uporabi in v nujnih primerih.
- Z načrtom predora mora biti predvideno in zagotovljeno ustrezno vzdrževanje vseh predorskih sistemov in naprav.
- Predor mora biti načrtovan in zgrajen tako, da so negativni vplivi na okolje med gradnjo in v času obratovanja predora čim manjši.

V projektu je treba predvideti tudi druge postopke za izvedbo del, kot so:

- izdelava začasnih rovov
- dostopi na gradbišče
- razporeditev delovišč
- določitev deponij izkopanega materiala.

Vse zgornje navedbe morajo zadostiti zahtevam ustreznih nacionalnih in mednarodnih predpisov in standardov o načrtovanju, gradnji in obratovanju predorov.

PIARC meni, da sta količina prometa in varnost v predoru glavna kriterija pri odločanju med enocevni ali dvocevni predor. Zelo pomembni parametri so še delež (odstotek) tovornjakov, dolžina predora in vzdolžni nagib. Pri dolgoročni napovedi PLDP, ko ta presega 10.000 vozil na eno vozno linijo, je treba že pri načrtovanju predora zasnovati obe cevi, drugo cev sprojektirati in zgraditi ter spustiti v promet v predvidenem roku. Uporabljena oblika predora in njene dimenzije so odvisne od dimenzij prečnega prereza glede na promet.

Pri odločanju velikosti prečnega prereza predora je potrebno vzeti v razmislek dva pogoja:

- Varnost: Preprečevanje prometnih nesreč, predvsem nesreč, katerih posledica je lahko požar. Pri določanju varnosti v predoru je potrebno izdelati za vsak predor analizo tveganja. Analize tveganja ločijo potencialne izredne dogodke glede na t. i. "mehanske okvare" in požar. Generalno gledano morajo biti predori projektirani tako, da lahko uporabniki predora v primeru nesreče sami zagotovijo svojo varnost oziroma izhod iz predora.
- Vrednost predora: Pri odločanju med enocephnim in dvocephnim predorom bi morali podati vrednost konstrukcije predora, ki se pri povečanju prečnega profila povečuje nelinearno.

Oba pogoja sta lahko izziv in razlog za težavno projektiranje cestnih predorov. Varnost je pogoj, ki lahko povečuje prerez (širok robni pas, dolga pregledna razdalja, možnost prehitevanja vozila, ki se je zaustavilo v kateri koli točki, itd.), ekonomika sili k zmanjševanju. Zato so prečni prerezi pri podobni prometni obremenitvi in geometrijskih lastnostih v predorih pogosto ožji kot na odprti cesti.

Za cestne predore je tipična oblika prečnega prereza pravokotna ali okrogla. Vendar je sama oblika prečnega prereza odvisna od same metode gradnje in karakteristik terena. Dimenzije oblike predora so odvisne od dimenzije prečnega prereza.

Dimenzije prečnega prereza določa promet, ki poteka skozi predor:

- prometne obremenitve in kategorije predora;
- projektirane hitrosti, preglednostne razdalja;
- v notranjost predora moramo zagotoviti prostor za prometne znake ter naprave za prometni in okoljski nadzor;
- vrednost gradnje predora, ki je usklajena z zahtevami varnostnih predpisov;
- prometno vodenje, ki ga moramo zagotoviti v primeru nesreče;
- veljavni lokalni predpisi in finančne zmožnosti.

Preglednica 1: Prikaz prečnih prerezov in metod gradnje

<b>Prečni prerez</b>	<b>Metoda gradnje</b>	<b>Komentar</b>
KROŽNA	izkop s strojem za vrtanje celotnega profila predora (TBM) – odprt sistem	na Japonskem razširjena v pravokotni prečni prerez
PRAVOKOTNIK	potiskanje cevi v predor	največ uporabljen v ZDA
PRAVOKOTNIK	pokriti vkop	vnaprej izdelane tehnologije vodijo v krožni prečni prerez nad voziščem
PODKVASTA	razstreljevanje	podkev se uporablja v trdi skali
ELIPTIČNA OBLIKA	izkopavanje in podpirane metode	

(Povzeto po PIARC, 2004, str. 11)

## 2.4 Prečni profil predora

V uredbi je zapisano, da moramo pri izbiri prečnega profila predora upoštevati naslednje kriterije:

- prometno-planerski kriterij:
  - posamezno cesto je treba projektirati, zgraditi in vzdrževati tako, da bo zagotovljena dosegljivost in uporabnost v okviru predvidene prometne funkcije, zaradi katere je cesta zgrajena, prevoznost v pogojih povprečne potovalne hitrosti in uporabnost za tipične prometne udeležence na njej;
- kategorijo ceste, ki vodi skozi predor;
- prometno-varnostni kriterij:
  - zasnovalna oziroma projektna hitrost;
  - merodajna prometna obremenitev;
  - delež tovornih vozil in avtobusov;
  - število prometnih pasov;
  - dvosmerna ali enosmerna vožnja;
  - zaustavitvena preglednost (minimalni horizontalni in vertikalni elementi trase, prečni nagib vozišča);
  - usklajenost horizontalnih geometrijskih elementov vzdolž osi ceste;
  - usklajenost geometrijskih elementov osi ceste in nivelete;
  - ustrezna prometna signalizacija in oprema;
  - razdalje med portali predorov od vozlišč – priključkov;
  - javna razsvetljava oziroma osvetlitev v dnevnem času;
- gradbeno-tehnični kriterij:
  - prostor za namestitev:
    - razsvetljave;
    - oznake prometnih pasov, prometne signalizacije in spremenljive prometno-informativne signalizacije (SPIS);
    - naprave za prezračevanje;



- odvodnjavanje;
- kabelska kanalizacija;
- velikost (površina) predorskega profila po načinu izvedbe;
- obratovalno-tehnični kriterij:
  - odstavna niša;
  - dovoz za interventne skupine;
  - redno vzdrževanje.

## **2.5 Struktura predora**

Vrsta in dimenzije elementov predora so odvisni od vrste predora in njegovega namena. Osnovni sestavni del predora so: gradbeni objekt predora, cestno telo znotraj predora in oprema predora.

### **2.5.1 Gradbeni objekt predora**

Gradbeni objekt predora je gradbena konstrukcija, ki omogoča izgradnjo ceste ali poti skozi naravne reliefne pregrade ali pod drugimi objekti. Sestavljena je iz:

- izkopa;
- podpornih elementov hribine;
- obloge predora ali gradbene konstrukcije pri izvedbah v odprtem vkopu;
- portalov oziroma portalnih zgradb;
- prečnikov (dvo- ali večcevni predori);
- površin in objektov za vzdrževanje in upravljanje predora ter organizacijo vodenja prometa skozi predor;
- drugih gradbenih konstrukcij (npr. vodni rezervoar, tlačni cevovod, izhodi na prosto).

### **2.5.2 Cestno telo**

Cestno telo znotraj predora je gradbena konstrukcija, namenjena za potrebe cestnega prometa.

Cestno telo je sestavljeno iz:

- spodnjega ustroja (utrditev temeljnih tal ali zasutje ali polnilni beton pri talnem oboku predora);
- zgornjega ustroja (vozišče, razdelilni oziroma zaščitni pasovi, neprometni pasovi);
- naprav za odvodnjavanje cestišča in spodnjega ustroja.

Vrsta in obseg sestavin cestnega telesa v predoru sta odvisna od vrste izvedbe gradbenega objekta predora, kategorije ceste in prometnega namena ceste (vozila, ostali uporabniki).

### **2.5.3 Oprema predora**

Oprema predora so naprave, napeljave in ureditve v predoru in izven njega, ki zagotavljajo nemoteno delovanje in vzdrževanje gradbenega objekta predora in prometa skozenj predor, in sicer:

- naprave za odvodnjavanje hribinske vode (drenaža);
- naprave za prezračevanje predora;
- napeljave in elementi za razsvetljavo predora;
- napeljave in naprave za varstvo pred požarom;
- prometna signalizacija in oprema (smerniki, varnostne ograje – po potrebi) v odvisnosti od kategorije ceste in količine prometnega toka;
- napeljave in naprave za zagotavljanje varnosti (klic v sili, video nadzor, sistem avtomatske detekcije izrednih dogodkov, predorske radijske naprave, specialna prometna signalizacija in oprema, ozvočenje);
- napeljave in naprave za posredovanje radijskih in telefonskih signalov (antene);
- objekti in napeljave za energetska napajanje (glavno, zasilno).

Oblika, obseg in kakovost ter izdelava sestavnih delov predora se določajo s tehničnimi pravilniki, standardi, tehničnimi specifikacijami za posamezno vrsto del, odvisni so od geološko-geomehanskih in hidrogeoloških pogojev v hribini, lokacije in smernega položaja predora, kategorije predora (razred opreme predora), kategorije ceste, vrste ceste (v naselju ali izven), vrste prometa skozi predor (motorna vozila, ostali udeleženci, kombinirano) in količine prometnega toka.

## 2.6 Razvrščanje predorov

V uredbi se predore deli na kratke, srednje in dolge predore.

**Kratek predor** je predor dolžine do 200 m. Skozenj poteka cesta v nespremenjeni sestavi normalnega prečnega profila, v dimenzijah, kakršne so uporabljene na odprti trasi te ceste, hitrost pa ni posebej omejena. Zagotovljena mora biti neprekinjena zaustavitvena preglednost (zadostna velikost horizontalnih geometrijskih elementov ceste ali razširjen profil ali omejena vozna hitrost).

**Srednje dolg** predor je predor dolžine od 200 do 1.000 m. Horizontalni geometrijski elementi osi ceste so omejeni s preglednostjo in maksimalnim prečnim nagibom 4 %. Sestav in dimenzije elementov vozišča (prečni profil) so lahko spremenjeni. Hitrost skozi predor je omejena na največ 80 km/h v dvosmernih predorih oziroma 100 km/h v enosmernih.

**Dolg predor** je predor dolžine nad 1.000 m. Horizontalni geometrijski elementi osi ceste so omejeni s preglednostjo, maksimalnim prečnim nagibom 4 % in s pogoji iz členov 10 in 11 uredbe. Vzpon nivelete je minimalen na ravni zagotavljanja odvodnjavanja. Sestav in dimenzije elementov vozišča (prečni profil) so lahko spremenjeni. Hitrost skozi predor je omejena na največ 80 km/h v dvosmernih predorih oziroma 100 km/h v enosmernih.

Pri kratkih in srednje dolgih predorih sta navedeni zgornji mejni dolžini predorov, ki se pri predorih v urbanem okolju in pri kratkih predorih izven urbanega okolja lahko iz funkcionalnih, prostorskih, prometno-varnostnih in geoloških razlogov tudi povečata, vendar ne več kot na dvakratno navedeno zgornjo dolžino. V takem primeru se sme določila za izbiro geometrijskih elementov ceste po manj zahtevnem kriteriju, zlasti nivelete, uporabiti samo v primeru, če se izbere in dokaže zadostno prezračevanje predora.

RVS deli predore do 250 m in nad 250 m. Na podlagi omenjene delitve se določa širina voznega pasu. Za predore daljše od 500 m so varnostne naprave in sistemi za upravljanje predora določeni.

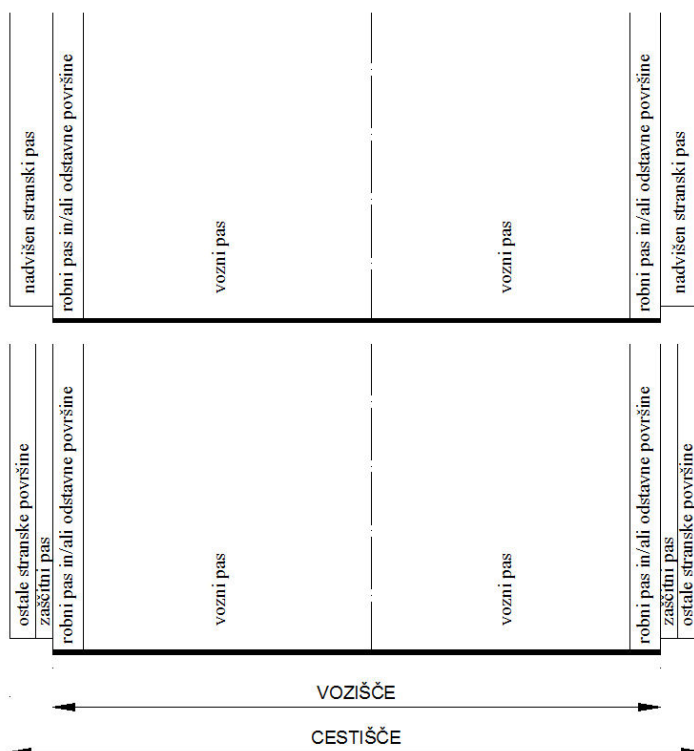
Nemške smernice RABT imajo razdeljene dolžine predorov v štiri kategorije, saj se na podlagi dolžine predora določa oprema predora, in sicer:

- do 400 m
- od 400 do 600 m
- od 600 do 900 m
- nad 900 m.

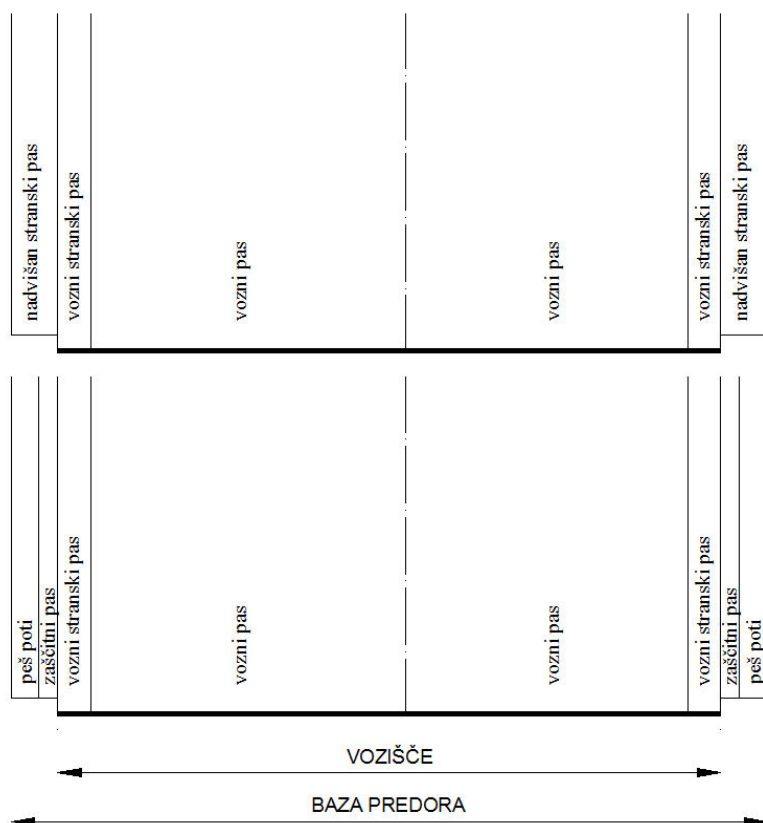
### 3 PRIMERJAVA ELEMENTOV PREČNEGA PROFILA PREDORA

#### 3.1 Elementi prečnega profila v predoru

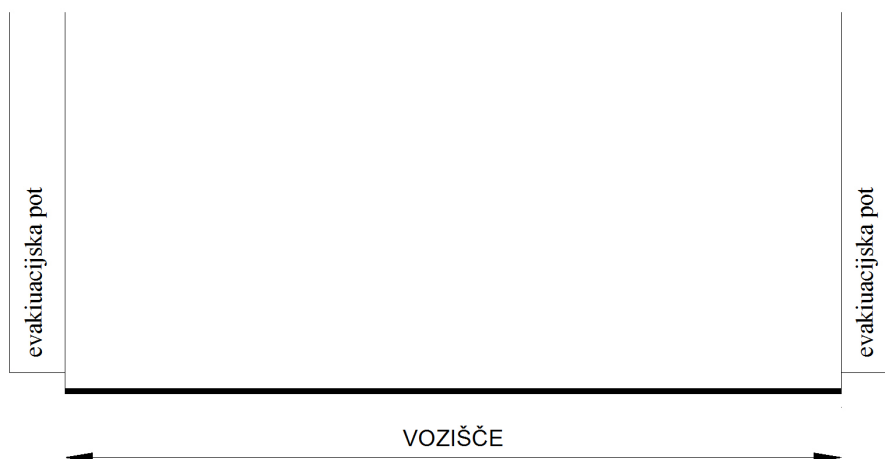
Poimenovanje elementov prečnega profila kot tudi dimenzije nevoznih površin profila je med državami različno, medtem ko so dimenzije vozišča med državami soglasne. Spodnje slike prikazujejo poimenovanje elementov prečnega profila v različnih državah.



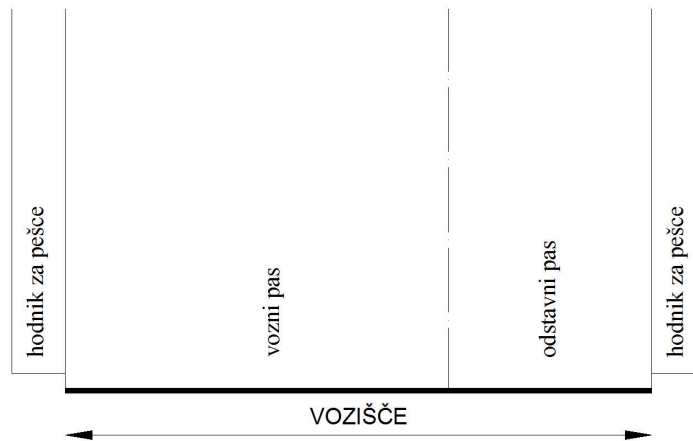
Slika 1: Elementi prečnega profila po uredbi



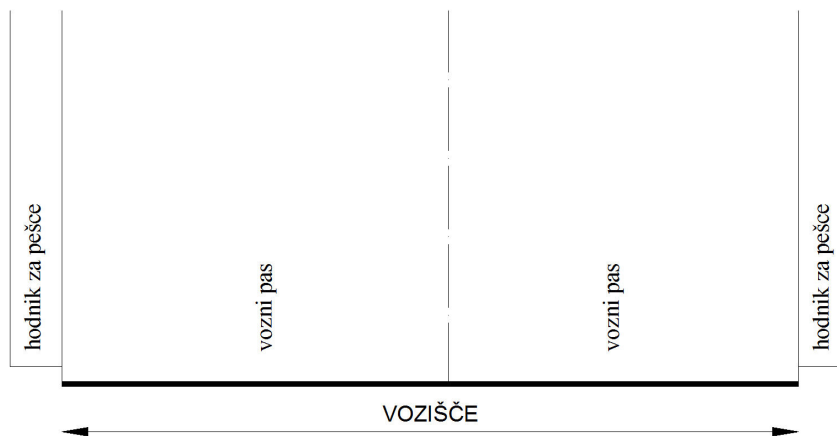
Slika 2: Elementi prečnega profila po RVS 09.01.22



Slika 3: Elementi prečnega profila po RABT



Slika 4: Elementi prečnega profila po SN 505 197/2



Slika 5: Elementi prečnega profila po italijanskih normativih

### Komentar

V slovenskih smernicah se elementi prečnega profila delijo na:

- vozišče:
  - o vozni pas
  - o robni pas/odstavne površine
- dvignjen stranski pas:
  - o zaščitni pas
  - o druge stranske površine.

Avstrijske smernice elemente prečnega profila delijo na:

- vozišče:
  - vozni pas
  - vozni stranski pas
- nadvišan stranski pas:
  - pešpoti
  - zaščitni pas.

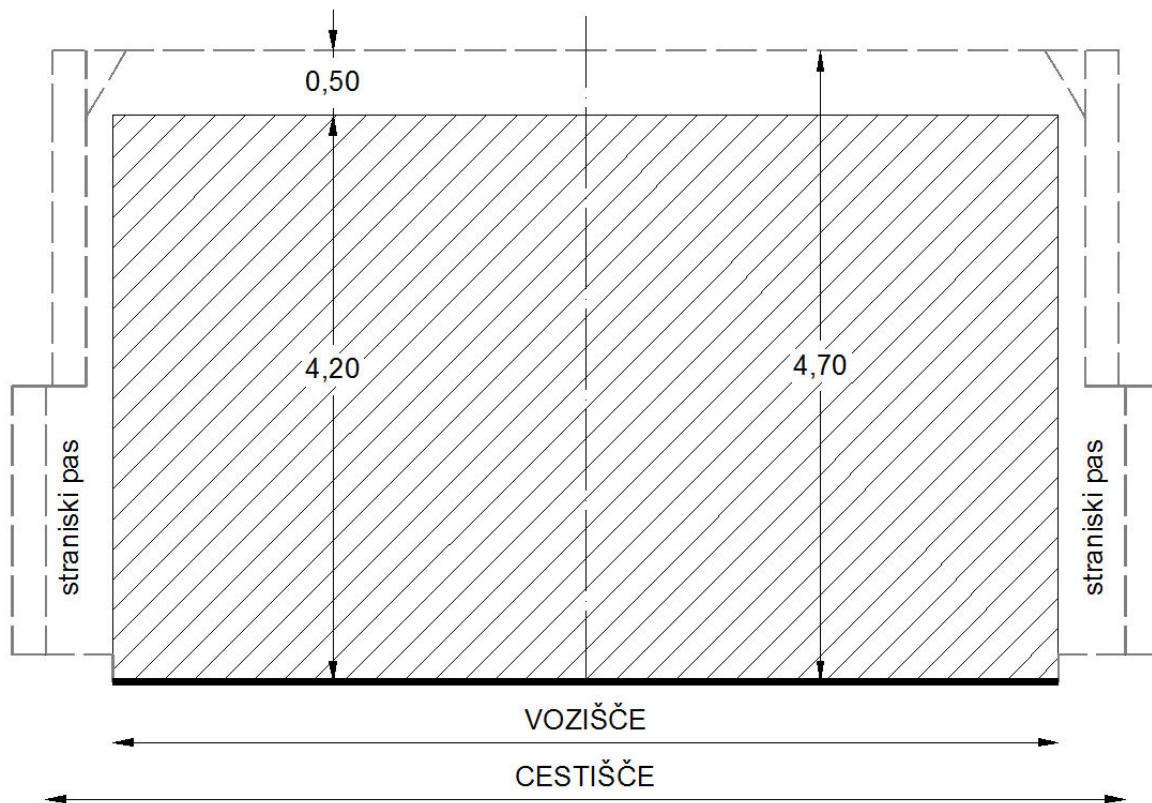
Preostale smernice, predstavljene v poglavju 3.1, v predoru sestavljajo vozišče in evakuacijska pot oziroma hodnik za pešce.

## **3.2 Cestno telo v predoru**

### **3.2.1 Prosti in prometni profil**

V uredbi in RVS je prosti profil ceste definiran kot omejena, na smer ceste pravokotna ravnina, katere črto določajo točke koordinatnega sistema s sečiščem v presečišču vertikalne osi ceste z ravnino vozišča. Definirana je z velikostjo prometnega profila (prostor za gibanje vozil), povečanega za zaščitni višino in širino (zaščitni prostor). Velikost prostega profila je odvisna od vrste in količine udeležencev v prometu, katerim sta cesta ali pot namenjeni. Višina prostega (svetlega) profila na kategoriziranih cestah znaša praviloma 4,70 m nad voziščem, pri čemer je zaščitna višina 0,50 m. V mestnih predorih ali pri omejenih razmerah je višina lahko 4,50 m.





Slika 6: Prosti in prometni profil

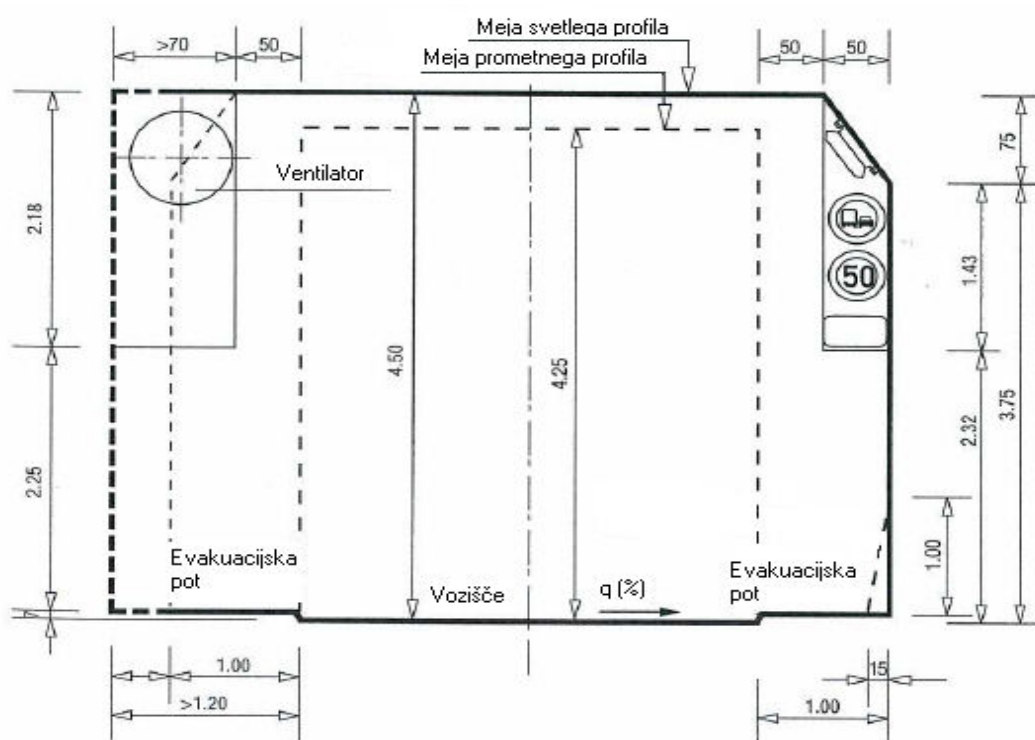
(Povzeto po UL RS 48/2006, str. 5197)

V RABT smernicah je prosti profil prostor prečnega prereza, v katerem se ne nahajajo mirujoče ovire, razen prometne signalizacije in opreme. Sestavljen je iz prometnega profila, zgornjega in stranskih varnostnih profilov. Zahtevana površina prečnega profila za svetli profil izhaja iz same prometne naloge predora.

Velikost svetlega profila predora je določena s karakterističnim profilom ceste na odprti trasi, pri čemer je potrebno upoštevati omejevanje prečnega profila v območju zgradb. Celotna širina svetlega profila je sestavljena iz vsote širin varnostnega profila, voznega pasu, robnega in po možnosti dodatnega pasu. Potrebna višina za tovornjake je 4,50 m. Zaradi gospodarnosti pri gradnji predorov so stranske mejne linije v načelu navpične (opomba: zato je prečni nagib vozišča v predoru omejen!). Svetli profil vsebuje površine, ki so namenjene predvsem prometu.

Nad stranskimi evakuacijskimi potmi je predvsem pri višini nad 2,25 m nameščena prometna oprema. Primerne so samo tiste, ki segajo največ do 50 cm v prometni profil. Za ventilacijo potrebni ventilatorji se v tem primeru postavijo v niše oziroma v stropne poglobitve. Svetlobno telo se lahko nahaja na višini večji od 3,75 m in sme segati več kot 50 cm v prometni profil. V primeru da se ventilatorje namesti znotraj mer profila, določenega po gradbenih pravilih, je treba evakuacijske poti razširiti glede na premer vgrajenih ventilatorjev.

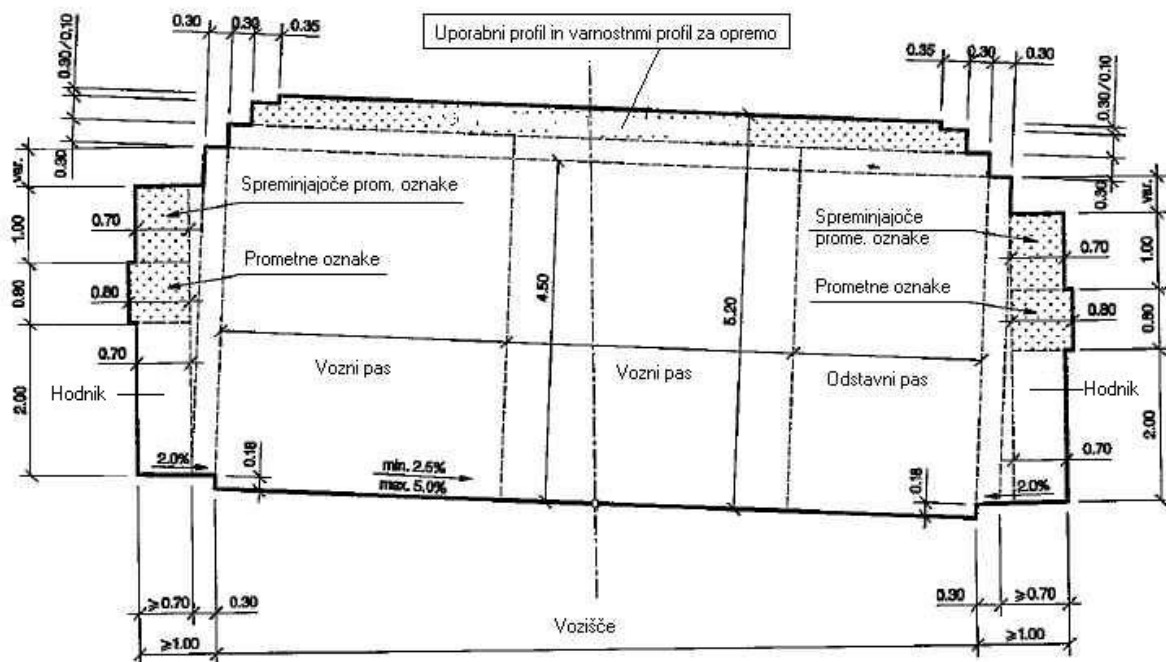
Prometne znake je smotrno razporejati na čelnih stenah odstavnih površin. V izjemnih primerih lahko prometni znaki v višini, ki je večja od 2,25 m nad evakuacijskimi potmi, segajo do 30 cm v prometni profil, če je zaradi namestitve naprav za prezračevanje predvidena razširitev evakuacijskih poti.



Slika 7: Prečni profil v predoru

(Povzeto po RABT, 2006, str. 13)

Švicarske ASTRA smernice prikazujejo profil predora, katerega svetli profil določajo prečni nagib vozišča in sami objekti. Naprave za vodenje prometa so v predoru postavljene pod nosilno konstrukcijo ali ob stranski zidovih. Višina prostega profila v predoru je od prometnega profila povečana za 70 cm. Del medprostora med prometnim in prostim profilom (40 cm) omogoča postavitev ventilacije in razsvetljave. Prostor za opremo, ki se jo namerava vgraditi za prezračevanje, je v vsakem projektu posebej obdelan. Spodnja slika prikazuje prometno-tehnični profil.



Slika 8: Prečni profil v predoru

(Povzeto po SN 505 197/2, 1993, str. 14)

V SN 505 197/2 je prostor pod voziščno konstrukcijo namenjen odvodnjavanju in elektro ter drugim kabelskim kanalizacijam in izpolnjevanju geotehničnih in konstrukcijskih zahtev. Pri izpolnjevanju konstrukcijskih in geotehničnih zahtev je prostor nad voziščno konstrukcijo določen glede na predviden uporabni profil.

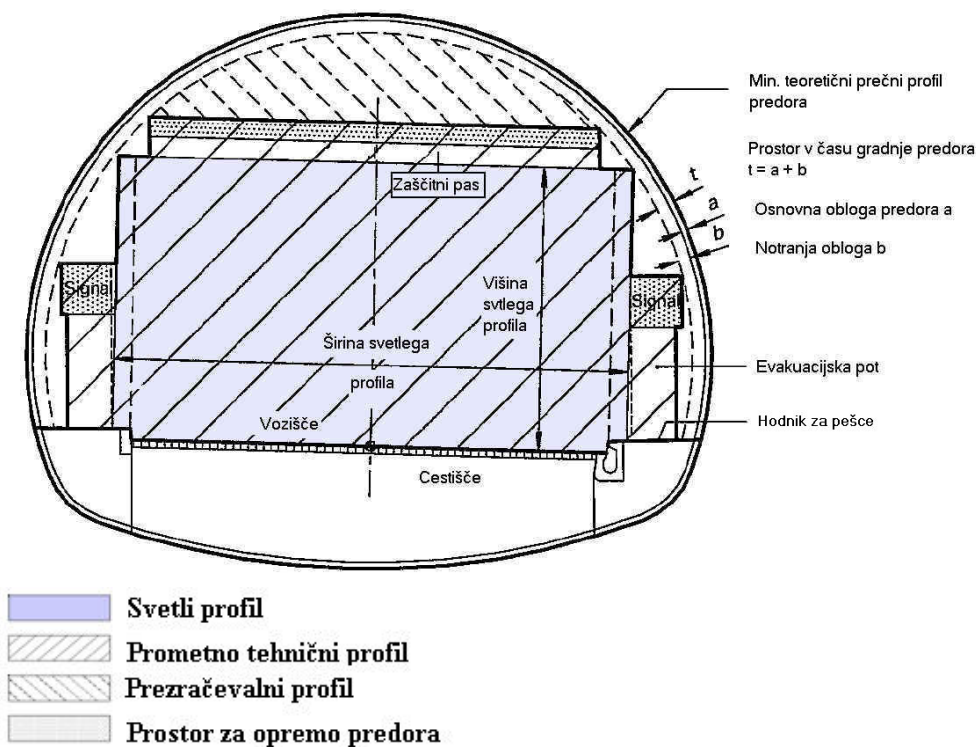
Uporabni profil sestavljajo naslednji elementi:

- prometno-tehnični uporabni profil
- gradbeno-tehnični profil
- prezračevalno-tehnični profil.

Prometni-tehnični profil sestavljajo naslednji elementi:

- svetli profil
- hodnik za pešce (kolesarji, evakuacijska pot)
- profil za opremo predora, vključno z morebitnim prostim profilom.

Profil za prezračevanje, v katerem se nahajajo ventilatorji, je fizično ločen od prometnega profila. V SN je opisan tudi minimalni teoretični prečni profil predora. Zahtevani svetli profil predora, ki izhaja iz vozne dinamike, je določen na osnovi hitrosti gradnje, linijskega vodenja in vrste prometa in je prikazan v normah SN 640 200, SN 640 201 in SN 640 150. Pri sami določitvi svetlega profila predora je potrebno upoštevati tudi zahteve, ki izhajajo iz izrednih transportov. Dodatno je potrebno upoštevati 30 cm varnostni odmik nad svetlim profilom.

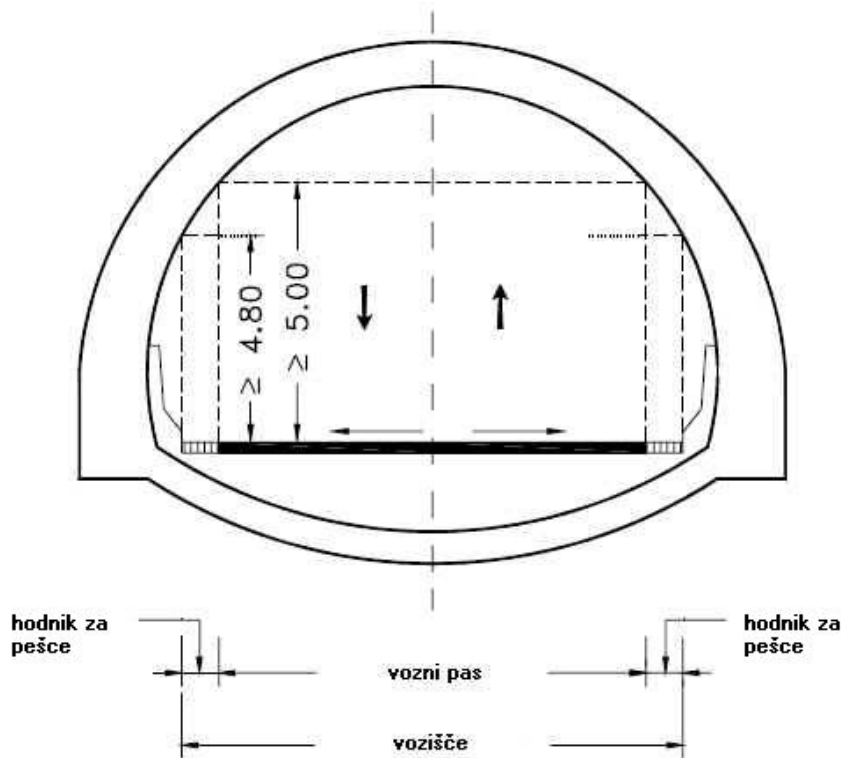


Slika 9: Prikaz uporabnega profila po SN 505 197

(Povzeto po SN 505 197, 1993, str. 39)

Italijanske norme določajo, da prosta višina v predoru, merjena po vertikali, začeni od katere koli točke platforme, ne sme biti manjša od 4,80 m. V primeru, da je strop iz mavčnih plošč ali raven (pri pokritih vkopih) ali so nameščeni viseči predmeti in naprave, prosta višina nad voziščem ne sme biti manjša od 5 m. To ni obvezno za ceste s selekcioniranim prometom (nižja višina standardnega vozila).

Spodnja slika prikazuje minimalne dimenzije višin ob robu vozišča. Projektant predora mora profil prilagoditi glede na potrebe, povezane z razmeščanjem potrebnih obrobnih elementov (prometna signalizacija, zaščiteni vzdrževalski pločniki, kanalizacija itd.).



Slika 10: Prikazuje prosti profil in prometni profil po italijanskih predpisih

(Povzeto po NFGS, 2002, str. 40)

## Komentar

Višina svetlega profila v Sloveniji in Avstriji znaša 4,70 m in je določen glede na vrsto in količino udeležencev v prometu, ki sta jim cesta ali pot namenjeni. Višina zaščitnega pasu znaša 50 cm.

V Nemčiji zahtevana površina prečnega profila za svetli profil izhaja iz same prometne naloge predora. Celotna širina svetlega profila je sestavljena iz vsote širin varnostnega profila, voznega pasu, robnega in po možnosti dodatnega pasu. Potrebna višina za tovornjake je 4,50 m. Višina zaščitnega pasu znaša 25 cm.

V Švici se prometni profil glede na odprto traso poveča za 70 cm, tako da znaša svetla višina profila v predoru 5,20 m. Del medprostora med prometnim in prostim profilom (40 cm) omogoča postavitev ventilacije in razsvetljave. V Švici, višina zaščitnega pasu znaša 30 cm.

V Italiji velja normativ, ki določa, da višina svetlega profila v predoru ne sme biti nižja od 5 m. Višina zaščitnega pasu v Italiji je 20 cm.

Preglednica 2: Dimenzije prostega in prometnega profila v predoru

<b>Država in smernica oz. drugi viri</b>	<b>Višina svetlega profila [m]</b>	<b>Višina prometnega profila [m]</b>	<b>Višina zaščitnega pasu [m]</b>
Slovenija	4,70	4,20	0,50
Avstrija	4,70	4,20	0,50
Nemčija	4,50	4,25	0,25
Švica	5,20	4,50	0,30
Italija	5,00	4,80	0,20

### 3.2.2 Širina in število voznih pasov v predoru

Zaradi ekonomskih razlogov ni vedno mogoče obdržati enake računske hitrosti v predorih kot na odprti trasi. Načeloma je v predoru računsko hitrost manjša za 10 do 20 km/h. Zaradi zmanjšanja hitrosti v predoru se lahko širine voznih pasov zmanjšajo.

V Sloveniji je število cevi in število prometnih ter drugih pasov v posamezni cevi odvisno od zasnove normalnega prečnega profila ceste, saj je predor njen del. Praviloma mora biti število prometnih pasov v predoru enako številu pasov na odprti trasi, razen, kadar se večcevni predor iz ekonomskih ali kakšnih drugih utemeljenih razlogov gradi po fazah. Direktiva EU naroča, da je treba, kadar promet po 15-letni prometni napovedi preseže 10.000 vozil na dan na vsak vozni pas, načrtovati dvocevni predor. V tem primeru je potrebno skrbno in na zadostni razdalji pred in za predorom načrtovati površino za spremembo širine voznih pasov. Ta razdalja naj znaša vsaj toliko kot pot, ki jo vozilo opravi v 10. sekundah pri največji dovoljeni hitrosti.

Širina prometnih pasov je, tako kot število prometnih pasov, enaka tisti na odprti trasi. Skozi kratke predore, ki so krajši od 200 m, se širina prometnih pasov in njihovih medsebojnih razmerij, uporabljenih na odprti trasi, pri poteku skozi predor ne spreminja. Širina prometnih pasov v srednjih in dolgih predorih je lahko tudi manjša, vendar ne manj, kot je to predvideno za izbrano zasnovalno hitrost skozi predor (in ne več kot je dovoljeno).

Širino voznih pasov skozi predore z dolžino več kot 200 m, ki se nahajajo v neurbanem okolju, določimo iz Preglednice 3 za take predore v urbanem okolju pa iz Preglednice 4.

Preglednica 3: Širina voznih pasov za predore v neurbanem okolju [m]

$Q_{h\ TOV}$ [(T + BUS)/h] <sup>1</sup>	$V_{dov}$ [km/h]		
	< 50	50 do < 80	80 do 100
< 50	<b>2,75<sup>3</sup></b>	<b>3,00</b>	<b>3,25</b>
50-150	<b>3,00</b>	<b>3,25</b>	<b>3,50</b>
>150	<b>3,25</b>	<b>3,50</b>	<b>3,75</b>
			<b>3,50<sup>2</sup></b>

Legenda in opomba:

- 1 planska doba 10 let po pričetku eksploatacije
- 2 pri enosmernem prometu
- 3 izjemoma, priporočljiva je širina 3 m

$Q_{h\ TOV}$  urna prometna obremenitev tovornjakov in avtobusov v 100. uri.

Preglednica 4: Širina voznih pasov za predore v urbanem okolju (mestni predori) [m]

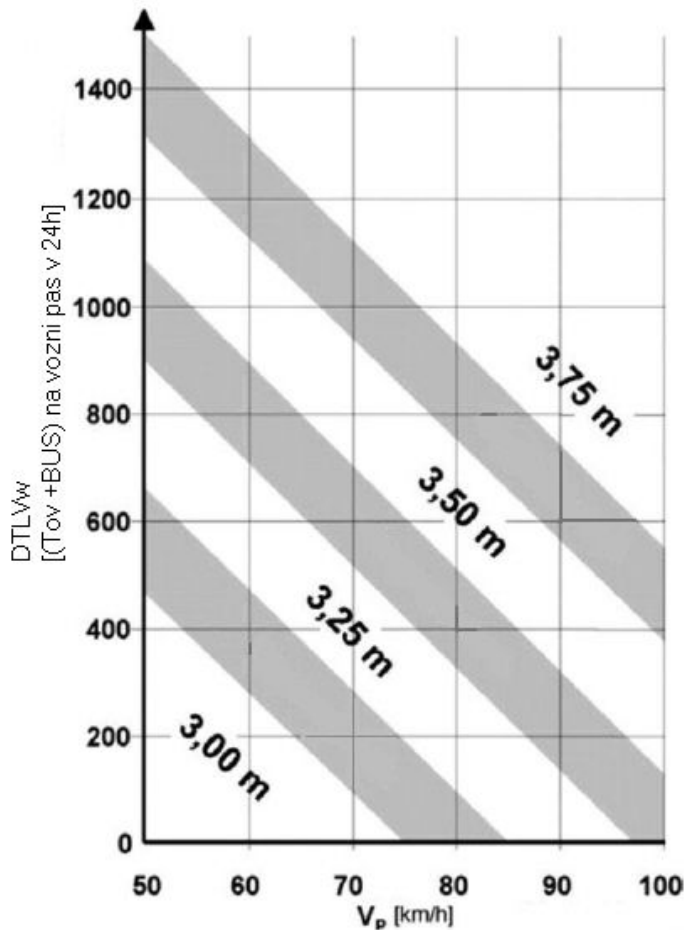
	$V_{dov}$ (dovoljena hitrost)						
	do 50 km/h						do 80 km/h
	brez odstavnega pasu			z odstavnim pasom			
Stopnja izkoriščenosti prepustnosti	< 0,5	0,5 do 0,7	0,7 do 1,0	< 0,5	0,5 do 0,7	0,7 do 1,0	razširitev pasu [m]
enopasoven	<b>3,50</b>	<b>3,50</b>	<b>3,50</b>	<b>3,25</b>	<b>3,50</b>	<b>3,50</b>	
dvopasoven in dvosmeren	<b>2 x 3,25</b>	<b>2 x 3,50</b>	<b>2 x 3,50</b>	<b>2 x 3,25</b>	<b>2 x 3,25</b>	<b>2 x 3,25</b>	<b>0,25</b>
dvopasoven in enosmeren	<b>2 x 3,00</b>	<b>2 x 3,25</b>	<b>3,25 + 3,50</b>	<b>2 x 3,00</b>	<b>2 x 3,00</b>	<b>2 x 3,00</b>	<b>0,25</b>
tripasoven in enosmeren	<b>2 x 3,00 + 3,25</b>	<b>3,00 + 2 x 3,25</b>	<b>3 x 3,00</b>	<b>3 x 3,00</b>	<b>3 x 3,00</b>	<b>2 x 3,00 + 3,25</b>	<b>0,50</b>
večpasoven in enosmeren	<b>vsak vozni pas 3,00</b>						<b>po dva pasova 0,50</b>

(Povzeto po UL RS 48/2006, str. 5198)

Dvosmerni predori z več kot tremi voznimi pasovi so dovoljeni za hitrosti < 50 km/h, sicer je treba predvideti fizično ločitev po smeri vožnje (npr. BVO – TSC).



V RVS je število voznih pasov v predoru enako število voznih pasov na prosti trasi. Pri predorih, ki so daljši od 500 m in se nahajajo na magistralnih cestah, je potrebno upoštevati Avstrijski zakon o varnosti v cestnih predorih (STSG).



Slika 11: Širina voznih pasov

(Povzeto po RVS 09.01.22, 2010, str. 8)

Širina voznih pasov se deli glede na:

- Predore, daljše od 250 m, kjer se določa glede na zgornjo sliko. Pri dvopasovnem enosmernem predoru, kjer je prepovedano prehitevanje tovornjakov, znaša širina drugega voznega pasu 3,25 m. Pri tri ali večpasovnem enosmernem prometu je lahko prej opisano pravilo smiselno uporabljeno.  
Pri enosmernem prometu je širina vozišča sestavljena iz širine voznih pasov in 0,25m povoznega robnega pasu.  
Pri dvosmernem prometu je širina vozišča sestavljena iz širine voznih pasov, širine robnega pasu 0,25 m in 0,50 m širokega ločilnega pasu.
- Predore, krajše od 250 m, kjer se širina voznega pasu določa kot pri odprti trasi.

Nemški predpis RABT predpisuje karakteristične prereze predora in s tem zmanjšuje raznolikost možnih prečnih profilov. Pri izbiri prečnega prereza se predlaga upoštevanje ARS 6/2000. ARS 6/2000 se uporablja pri večpasovnih enosmernih predorih, dolžine od 250 m do 2.000 m, za določanje metode stroškov in koristi. Uporaba je predvsem namenjena trasam z enakomerno linijo prometne obremenitve predora, brez ekstremnih konic.

Odprta trasa	Oznaka		Enote v m
RQ 35,5 RQ 33	<b>33 T</b>		Rešitev v običajnih okoliščinah s stranskim pasom
RQ 35,5 RQ 33	<b>33 t</b>		Reducirana rešitev v običajnih okoliščinah s stranskim pasom
RQ 29,5	<b>29,5 T</b>		Rešitev v posebnih okoliščinah
RQ 29,5 RQ 26	<b>26 T</b>		Rešitev v običajnih okoliščinah s stranskim pasom
RQ 29,5 RQ 26	<b>26 t</b>		Reducirana rešitev v običajnih okoliščinah s stranskim pasom
	<b>26 Tr</b>		Rešitev v posebnih okoliščinah, alternativa k 26 t, pri stojni gradnji predora
RQ 15,5 RQ 10,5	<b>10,5 T</b>		Rešitev v običajnih okoliščinah
RQ 9,5	<b>10,0 T</b>		Rešitev v običajnih okoliščinah

Slika 12: Tipski prečni profili v predoru

(Povzeto po RABT, 2006, str. 12)

Švicarski predpisi določajo širino voznih in stranskih pasov v ASTRA. V ASTRA je avtocesta tipizirana glede na skupno število voznih pasov in zajema avtoceste s štiri, šest in osmimi voznimi pasovi. Normalni profil podaja širino pomembnejših elementov avtoceste.

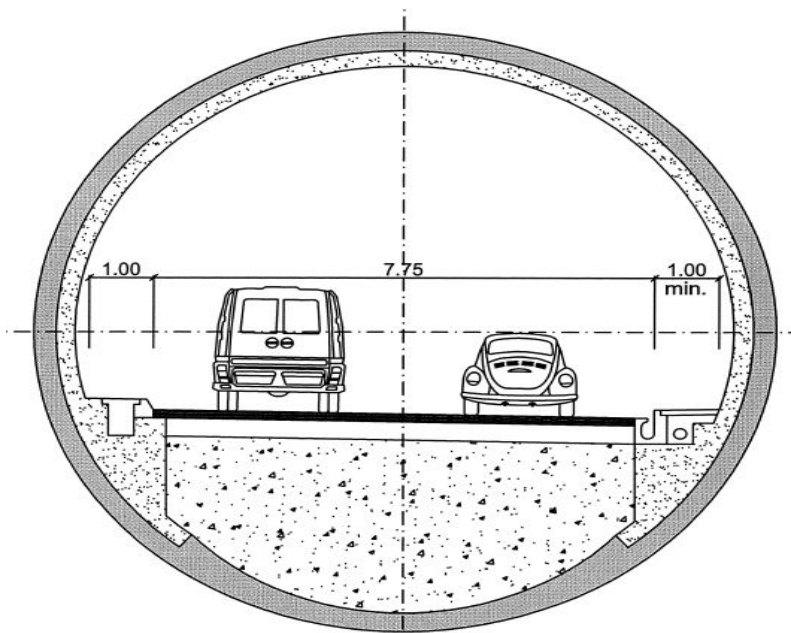
Elementi avtoceste so zeleni pas (MS), vozni pas (FS), odstavni pas (SS) in hodnik (BK). Širino vozišča določa minimalna širina svetlobnega profila, ki je sestavni del avtoceste. Svetli profil je potreben za izgradnjo avtoceste brez zožitev katerega koli naštetega elementa.

Avtocesti lahko določimo dva normalna profila:

- Standardni profil se uporabi, ko imamo na razpolago zadosti prostora in ne povzroča dodatnih stroškov v primeru razširitve zunanjega traku z minimalnimi stroški predelave.
- Reducirani profil se uporabi, ko je predvideni prostor skrčen. Zato je posebno primeren v mestnih jedrih ali pa zaradi topografskih omejitev.

Pri obeh je prepustnost skoraj identična. Širina elementov profila vpliva na udobnost vožnje, varnost in temu primeren nezgodni potencial.

V ASTRA je prikazan standardni profil enosmernega dvopasovnega predora (2 x 2), brez odstavnih pasov. Širina vozišča znaša 7,75 m od roba hodnika, katerih širina znaša 1 m. V tem primeru reducirani profil ne pride v poštev.



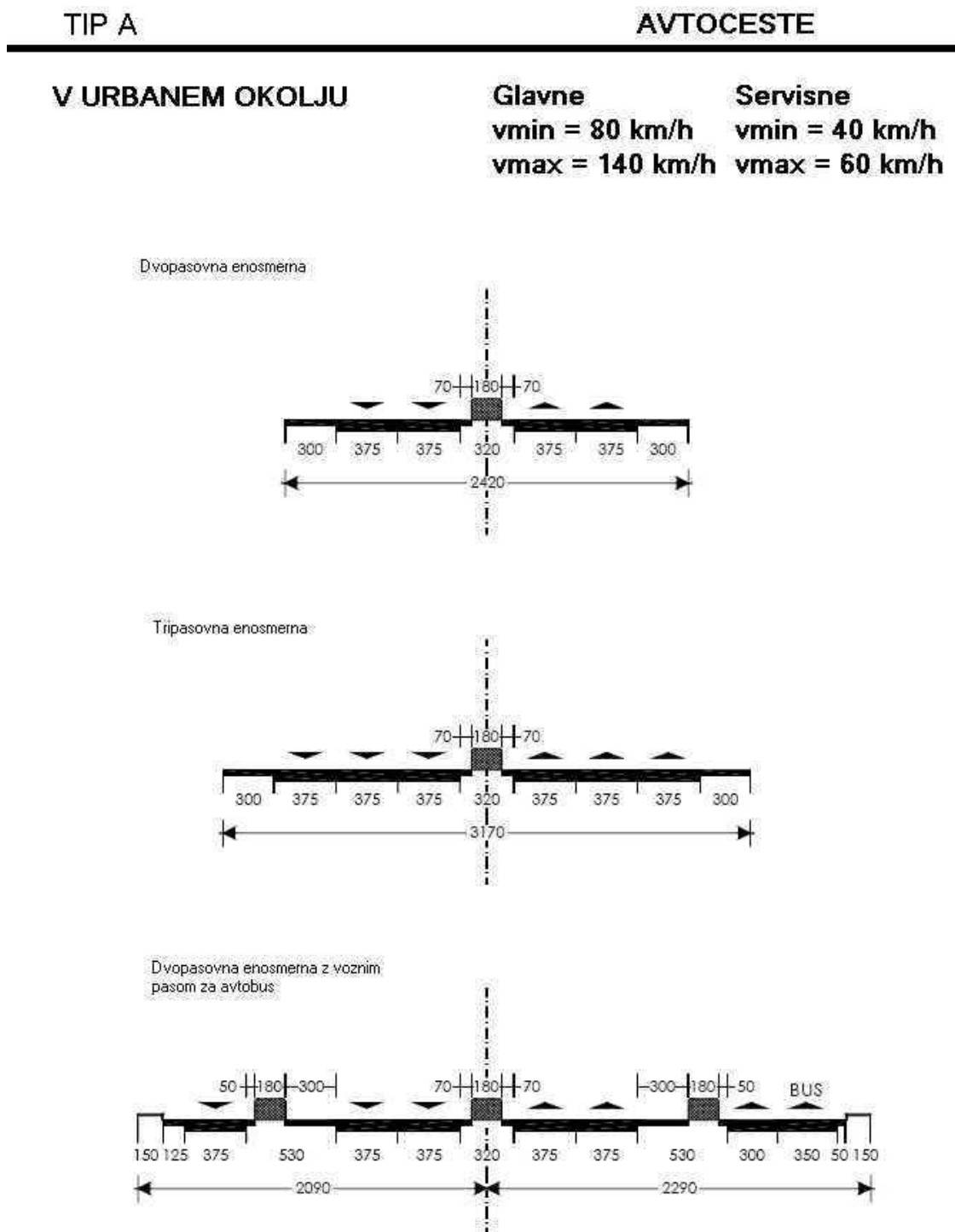
Slika 13: Prikaz enosmernega predora z dvema voznima pasovoma

(Povzeto po ASTRA, 2002, Slika 9)

Italijanski normativ deli ceste na šest tipov:

- TIP A: avtoceste; v urbanem okolju in izven urbanega okolja,
- TIP B: glavne ceste I. reda izven naselja,
- TIP C: stranske hitre ceste,
- TIP D: hitre mestne ceste,
- TIP E: krajevne ceste,
- TIP F: lokalne ceste izven naselji.

Širina voznega pasu je odvisna od kategorije ceste, hitrosti in od tega, ali se cesta nahaja v urbanem okolju ali izven urbanega okolja. Za ceste z ločenimi vozišči so predvideni dvocevni predori tipa A, B in D).



Slika 14: Širina vozišča tipa A v urbanem okolju

(Povzeto po NFGS, 2002, str. 26)

## TIP A

## AVTOCESTE

## IZVEN URBANEGA OKOLJA

## Glavne

vmin=90 km/h

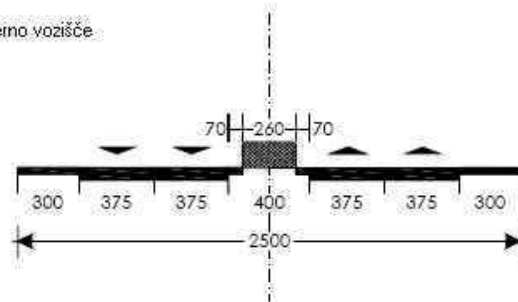
## Servisne

vmin = 40 km/h

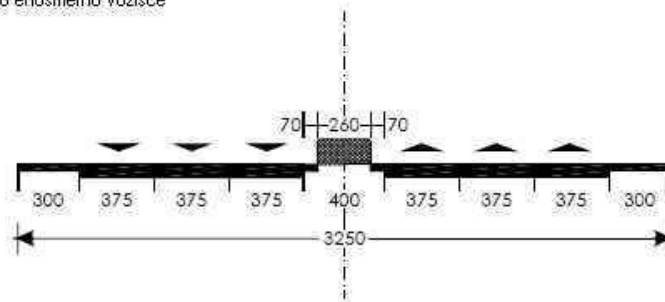
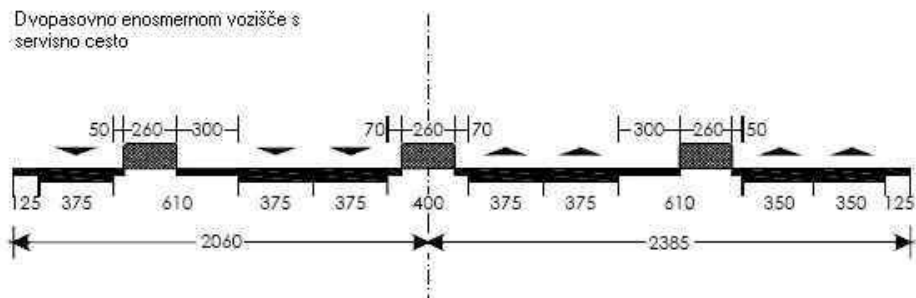
vmax=140 km/h

vmax = 100 km/h

Dvopasovno enosmerno vozišče



Tripasovno enosmerno vozišče

Dvopasovno enosmernom vozišče s  
servisno cesto

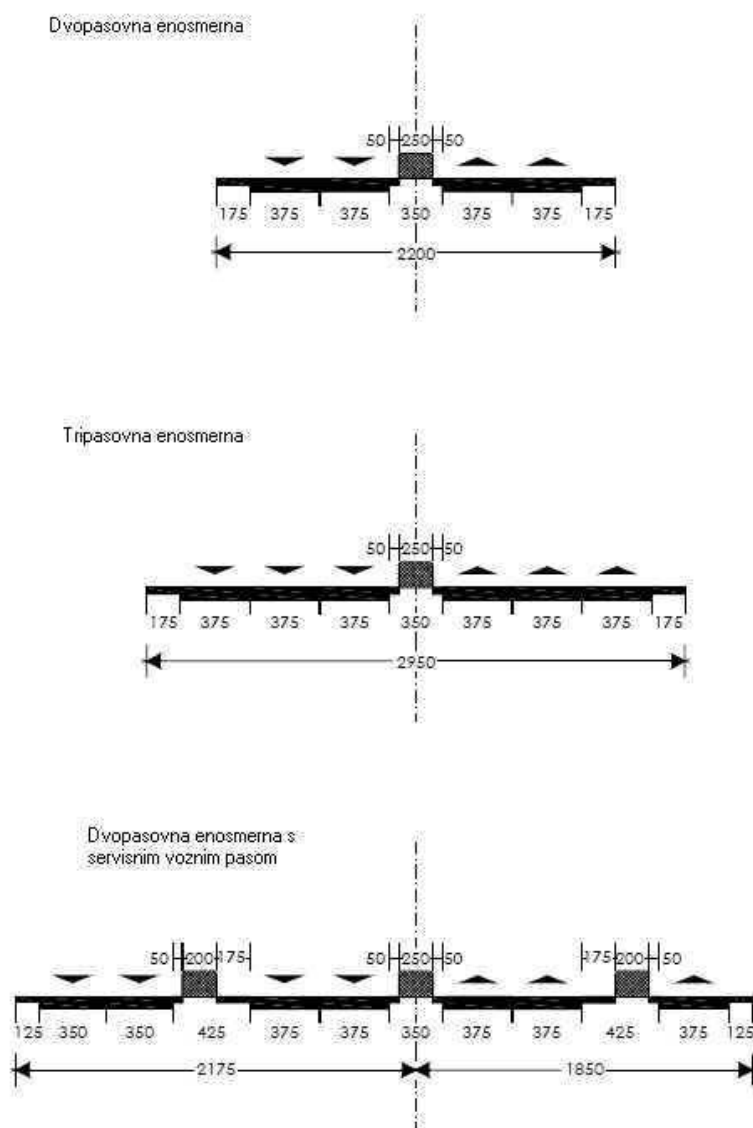
Slika 15: Širina vozišča tipa A izven urbanega okolja

(Povzeto po NFGS, 2002, str. 25)

**TIP B**

**GLAVNE CESTE I. REDA IZVEN NASELJA**

<b>GLAVNE</b>	<b>SERVISNE</b>
<b>vmin = 70 km/h</b>	<b>vmin = 40 km/h</b>
<b>vmax = 120 km/h</b>	<b>vmax = 100 km/h</b>



Slika 16: Širina vozišča tipa B

(Povzeto po NFGS, 2002, str. 27)



## KATEGORIJA D

## HITRE MESTNE CESTE

## GLAVNE

vmin = 50 km/h

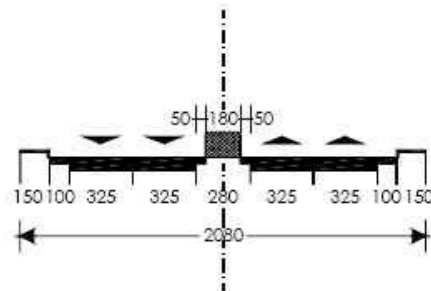
vmax = 80 km/h

## SERVISNE

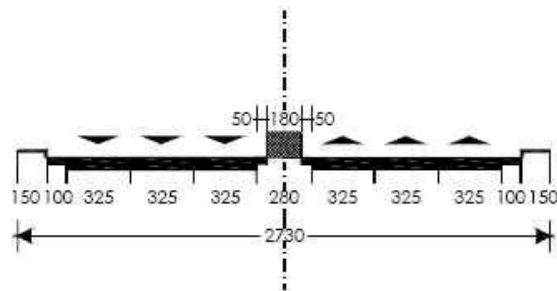
vmin = 25 km/h

vmax = 60 km/h

Dvopasovna enosmerna



Tripasovna enosmerna



Slika 17: Širina vozišča tipa B

(Povzeto po NFGS, 2002, str. 29)

## Komentar

Kot je razvidno iz Preglednice 5, med smernicami različnih držav ni velikega odstopanja glede širin vozišč. Predstavljene so v poglavju 3.2.2. Razlikuje se samo postopek oziroma način izbire širine vozišča. Nemčija in Italija imata predpisane TPP, kar zmanjšuje raznolikost prečnih profilov.

V Sloveniji se širina vozišča določa glede na lokacijo predora. Za določitev širine vozišča v predoru, ki se nahaja v urbanem okolju, je pogojeno z urno prometno obremenitvijo tovornjakov in avtobusov v stoti uri in dovoljeno hitrostjo, medtem ko je pri določitvi širine vozišča predora v neurbanem okolju treba poleg dovoljene hitrosti upoštevati tudi stopnjo izkoriščenosti prepustnosti in tip predora.

V Avstriji se širina voznega pasu določa za predore daljše od 250 m na osnovi obremenitev tovornjakov in avtobusov ter dovoljene hitrosti. Pri krajših predorih širina vozišča ostane enaka kot na odprti trasi.

Določitev širine vozišča v Švici je podana v smernicah ASTRA. Glede na pridobljene podatke, ki so bili zbrani, lahko rečemo, da je avtocesta tipizirana glede na skupno število voznih pasov in zajema avtoceste s štirimi, šestimi in osmimi voznimi pasovi.

Preglednica 5: Dimenzije elementov vozišča po državah

Država in smernica oz. drugi viri	Računska hitrost [km/h]	Širina voznega pasu [m]	Širina robnega pasu [m]	Širina talne označbe [m]	Širina vozišča [m]
Slovenija	80-100	3,50	0,25-0,50	0,15	7,50-8,00
Avstrija	80-100	3,50	0,25	0,15	7,50
Nemčija					
TPP 26T,	100	3,50	0,25-0,50	0,15	9,00-10,00
26Tr	70	3,50	0,25	0,15	7,50
TPP 26t	110	3,75	0,75	0,15	11,50
TPP 29,5T					
Švica	80-100	3,50-3,75	/	0,20	7,75
Italija					
Tip A	80-140	3,75	0,70		11,20-14,95
Tip A	90-140	3,75	0,70	/	11,20-14,95
Tip B	70-120	3,75	0,50		9,75-13,50
Tip D	80-50	3,25	0,50		11,50

### 3.2.3 Prečni nagib

V uredbi za projektiranje cestnih predorov sta prečni nagib vozišča v krivinah in premah na območju predora enaka kot na odprti trasi. Pri enosmerni predorski cevi se izvede prečni nagib z enostranskim nagibom, medtem ko se pri dvosmerni predorski cevi načeloma izvede z enostranskim nagibom, dopustna je tudi izvedba z dvostranskim nagibom (strešni profil). V tem primeru je treba izbrati polmere horizontalnih krožnih lokov najmanj tolikšne, da so tudi pri nagibu navzven (kontranagib  $-q_{\min}$ ) zagotovljeni pogoji za vožnjo s predvideno hitrostjo. Niveleta ceste skozi dvosmerno predorsko cev z dvostranskim profilom vedno poteka po razdelilni liniji med prometnimi pasovi za posamezno smer vožnje.

Kadar je v dvosmerni predorski cevi z več voznimi pasovi predvideno spreminjanje vozne smeri po posameznih voznih pasovih, je treba vozišče v njej predvideti z enostranskim nagibom.

Spreminjanje prečnega nagiba vozišča se v predoru izvede linearno na celotni dolžini prehodnice v obliki klotoide. Maksimalni prečni nagib v srednje dolgih in dolgih predorih znaša 4 % in predstavlja gradbeno-tehnično omejitev (predorska cev ostane vertikalna – razlog je ekonomičnost, da širitev cevi ni potrebna).

Prečni nagib vozišča po RVS smernicah znaša izven območja vijačenja vsaj 2,50 % in praviloma ne sme presegati 5 %. Elemente trase je potrebno izbirati tako, da niso potrebne razširitve. Prečni nagib na krožnem loku se praviloma izračuna na podlagi spodaj prikazane formule.

$$q = 0,359 \times R^{-0,638} \times V_p^{1,462}$$

R ... je radij krožnega loka [m]

V<sub>p</sub> ... računsko hitrost [km/h]

(Povzeto po RVS 09.01.22, 2010, str. 9)

V RABT pri pravokotnem prečnem prerezu predora so stranske mejne linije prometnega profila navpične, zato visoka vozila posegajo najmanj 30 cm v zaščitni profil, ko je prometni pas nagnjen k zidu. Pri prečnem naklonu, večjem od 3,50 %, je potrebno prečni profil predora povečati, kot je prikazano v Preglednici 6.

Preglednica 6: Razširitev pravokotnega predora, glede na prečni nagib

<b>Prečni nagib q [% ]</b>	<b>Razširitev [cm]</b>
> 3,50 do 4,5	5
> 4,5 do 5,5	10
> 5,5 do 6,5	15
> 6,5 do 8,0	20

(Povzeto po RABT, 2006, str. 13)

V Švicarskem predpisu SN 505 197/2 znaša minimalni prečni nagib 2,50 % in ne sme presegati 5 %.

Italijanski normativ predpisuje minimalni prečni nagib 2,50 %.

### Komentar

Minimalni prečni nagib vozišča v predoru je v opisanih smernicah enak, odstopa le Nemčija, kjer znaša minimalni prečni naklon 3,50 %.

V Sloveniji je treba v primeru, da ni mogoče zagotoviti maksimalnega prečnega naklona, ki znaša 4 %, povečati horizontalne elemente.

Nemške smernice dovolijo prečni naklon tudi do 8 %, vendar je treba izvesti razširitev prečnega profila. Nemčija je edina država, ki ima predpisane razširitve prečnega prereza predora.

Preglednica 7: Prečni nagib vozišča po državah

Država in smernica oz. drugi viri	Prečni nagib $q$	
	$q_{\min}$ [%]	$q_{\max}$ [%]
Slovenija	2,50	4,00
Avstrija	2,50	5,00
Nemčija	3,50 <	> 8,00
Švica	2,50	5,00
Italija	2,50	/

### 3.2.4 Stranski pas

Stranski pas je hodnik, ki poteka po obeh straneh vozišča in je praviloma fizično, višinsko ali z razdelilnim pasom ločen od prometnih pasov za motorna vozila. Služi predvsem za vzdrževanje predora in za nujne primere ter za umestitev kinete za vgradnjo instalacij. Po takih hodnikih v normalnih razmerah promet pešcev in kolesarjev ni dovoljen.

V uredbi se stranski pasovi nahajajo:

- vzdolž vozišča za predore izven urbanega okolja;
- v dolgih predorih v urbanem okolju;
- v predorih na hitrih cestah in avtocestah.

Hodniki morajo biti dvignjeni vsaj 18 cm in največ 25 cm nad rob vozišča, izvedeni s prečnim nagibom 2 % k vozišču. Svetli profil hodnika mora biti širok vsaj 1 m (minimalna zaščitna širina), z dovoljeno redukcijo na 0,85 m v spodnjem vogalu, in visok 2,50 m. Dejanska širina hodnika je lahko tudi večja, če je to potrebno zaradi vgradnje kinete za vgradnjo instalacij pod hodnikom. V primeru izvedbe vozišča z odstavnim pasom je minimalna širina hodnika 70 cm.

Pri srednje dolgih predorih v urbanem okolju se v predor lahko uvedejo druge vrste prometnih udeležencev samo, če je to z ustrezno analizo razmer v predoru ugotovljeno kot nenevarno. V takem primeru morajo biti površine za druge prometne udeležence, razen za tirni promet, fizično ločene od vozišča.

Pri kratkih predorih v ruralnem okolju na cestah, ki niso definirane kot avtoceste ali hitre ceste, je umeščanje prometnih pasov za ostale udeležence v cestnem prometu (kolesarji, pešci) v prečni profil predora možno. Prometna površina za druge uporabnike (poljedelski stroji, kolesarji, pešci) mora biti pri tem praviloma fizično, višinsko ali z razdelilnim pasom ločena od prometnih pasov za motorna vozila. Potrebni razmik je odvisen od vozne hitrosti motornih vozil (zaščitna širina).

V RVS smernicah je stranski pas sestavljen iz odstavnih pasov in robnega pasu. Robni pasovi omejujejo vozno površino in njihova naloga je, da s svojim robom in drugimi talnimi označbami optično določajo rob vozišča. V robnem pasu se ponavadi nahajajo naprave za odvodnjavanje predora in:

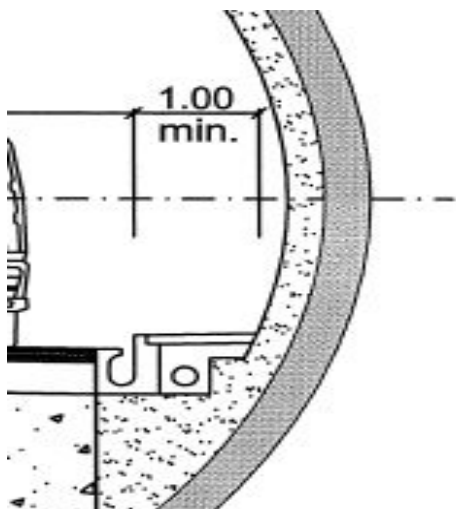
- je praviloma širok (min.) 25 cm in so na njem ustrezne talne označbe,
- ali več, da potek odvodnavanja ne posega v vozno površino, saj izvedba koritnic za odvodnjavanje ne sme negativno vplivati na enakomeren nagib vozišča.

Pri predorih, ki niso opremljeni glede na predpisane zahteve, ali pri predorih, kjer je pomanjkanje prostora, je dopustno, da se robni pas opusti, če je projektna hitrost  $< 50$  km/h.

Nadvišani stranski pas se izdelava iz 30 cm široke varnostne širine in 70 cm širokega hodnika za vzdrževalce. Varnostni pas lahko opustimo, če vzporedno poteka odstavnih pas. Na tleh in ob strani predora lahko pas za pešce, glede na način gradnje in konstrukcije, skrajšamo za 15 cm, na širino 55 cm, vseeno mora širina pasu za pešce na višini 1 m, kljub zoženju na tleh, tu znašati 70 cm.

V RABT je izvedba stranskega pasu opravičljiva pod določenimi gospodarskimi in prometnimi predpostavkami. Izvedba odstavnega pasu se določa glede na ARS 6/2000.

V SN je predvidena minimalna širina hodnika 1 m, ki je dvignjena nad voziščem. Pri določitvi širine hodnika je potrebno upoštevati tudi širino robnika. Svetla višina nad hodnikom znaša minimalno 2 m. Za stranske prometne znake je določena kvadratna površina nad 0,80 m.



Slika 18: Prikaz širine hodnika po ASTRA

(Povzeto po ASTRA, 2002, Slika 9)

Italijanski normativi za dimenzije stranskih pasov na levi in desni, določajo minimalne mere, znašajo od 0,50 m do 1,75 m za različne tipe cest. Po potrebi se jih poveča, če se v študijah vidnosti to pokaže za nujno.

#### Komentar

Stranski pas ima v vseh smernicah za projektiranje predorov funkcijo, da zagotavlja horizontalno preglednost. Poleg preglednosti je namenjen vzdrževanju predorov in služi uporabnikom predora v primeru nesreč kot evakuacijska pot.

Nemške smernice dovoljujejo izvedbo stranskega pasu pod določenimi gospodarskimi in prometnimi pogoji, medtem ko je v Italiji širina stranskega pasu odvisna izključno od tipa ceste.



### 3.2.5 Horizontalna preglednost v predoru

Stranski pas mora poleg tega, da zagotavlja funkcionalno komponento, zagotavljati tudi zadostno preglednost v krivinah, ki se nahajajo v notranjosti predora (preglednostna berma). V veliki večini držav predpisi določajo preglednost v predoru na podlagi normalne preglednosti, zaustavitvene preglednostne razdalje in od hitrosti. Pri različnih polmerih horizontalnih krožnih lokov in pri različnem nagibu nivelete so ukrepi za zagotavljanje preglednosti različni.

Zaustavitvena razdalja je izračunana na podlagi 0 % vzdolžnega naklona, dve sekundnega reakcijskega časa in koeficienta drsnega trenja, ki je odvisen od hitrosti. Vrednosti KDT variirajo med 0,35 (90 km/h) in 0,39 (40 km/h).

Preglednica 8: Razširitev predora pri uporabi Rmin pri različnih hitrostih

Hitrost [km/h]	40	60	80	100	120
Min. radij polmer [m]	100	160	260	470	800
Zaustavitvena dolžina [m] (1,50 m od roba vozišča)	40	80	130	180	280
Preglednostna stranska širina [m]	2	4,9	8	8,50	12,20
Širina pregledne berme [m]	0,5	3,4	6,5	7	10,7

(Povzeto po PIARC, 2004, str. 61)

Na padcu se zaustavitvena dolžina ustrezno poveča. Vpisane razdalje veljajo za primer, da se voznik nahaja 1,50 m od robne linije.

Preglednica 9: Preglednostna razdalja pri različnih širinah pregledne berme

Preglednostna razdalja [m] pri različnih širinah pregledne berme						
Širina pregledne berme (str.pasu)[m]	Hitrost [km/h]	Polmer krožnega loka [m]				
		100	160	260	470	800
1		45	57	72	97	127
2		53	67	86	115	150
3		61	76	97	130	170
4		67	85	108	144	188

(Povzeto po PIARC, 2004, str. 61)

Preglednica 9 prikazuje t. i. varnostno hitrost, to je hitrost, ki jo omogoča pripadajoča preglednost, da se lahko vozilo zaustavi. Maksimalna varnostna hitrost je odvisna od polmera krivine in razdalje od voznega pasu do stene predora. V primeru, da cesta v vzdolžni smeri pada, se varnostna hitrost ustrezno zmanjša.

Preglednica 10: Maksimalne hitrosti

Razpoložljiva varnostna hitrost [km/h]					
Širina pregledne berme (str. Pasu) [m]	Radij krivine [m]				
	100	160	260	470	800
Hitrost [km/h]					
1	40	50	60	70	80
2	50	55	65	80	90
3	55	60	70	85	95
4	55	65	80	90	100

(Povzeto po PIARC, 2004, str. 63)

V uredbi horizontalna in vertikalna preglednost zagotavljata, da uporabnik predora pravočasno zazna oviro na voznem pasu in se zaustavi.

V primeru, da je preglednostna razdalja nezadostna, je potrebno hitrost v predoru definirati glede na zahtevane varnostne pogoje. Uredba zagotavlja zaustavitveno preglednost tako, da je minimalna velikost polmera horizontalnega krožnega loka v predoru določena s pogoji:

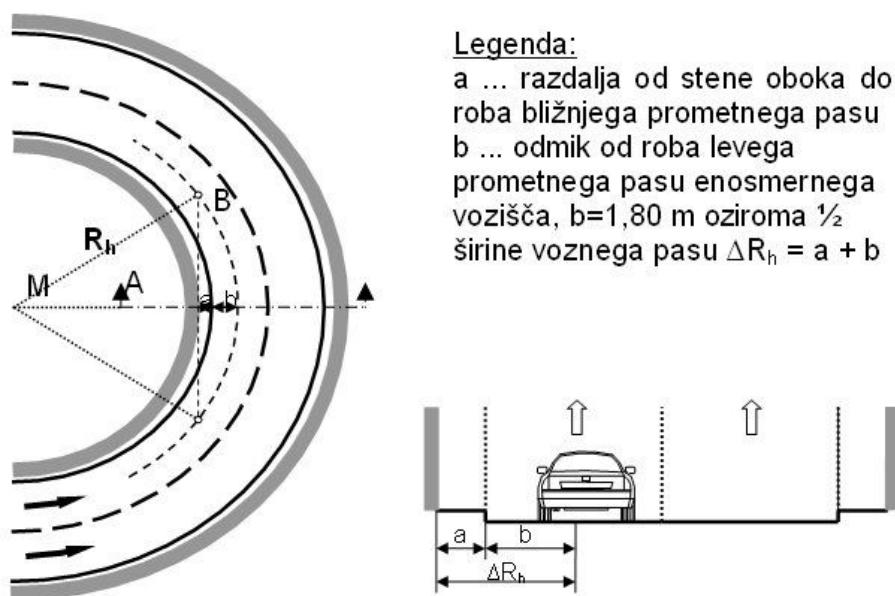
- za zasnovalno hitrost ( $V_{zasn}$ ) ali
- za dovoljeno vozno hitrost skozi predor ( $V_{dov}$ ),
- za vzdolžni nagib nivelete (vpliv na zaustavitveno razdaljo) in
- z razdaljo odmika stene predora od bližnjega roba voznega pasu na notranji strani krivine (preglednost) ali
- z maksimalnim prečnim nagibom vozišča 4 % (gradbeno-tehnična omejitev).

Izbrati je treba med zahtevnejšim izmed obeh navedenih pogojev (c) ali (d). Če se za izbor velikosti minimalnega polmera horizontalnega krožnega loka uporabi  $V_{zasn}$ , ki je manjša od  $V_{dop}$ , je treba predvideti ukrepe za zagotavljanje hitrosti  $V_{zasn}$  skozi predor.

Pri enosmernih predorskih cevah z dodatnimi pasovi na cestišču (odstavni pas, razširjen hodnik ipd.) je treba pogoj preglednosti preveriti za vožnjo po skrajnem levem voznem pasu. Shema sistema za preveritev preglednosti na skrajnem levem voznem pasu je prikazana na Sliki 19, nomogram za določitev minimalne potrebne velikosti polmera krožnega loka v predoru na Sliki 20.

Za določitev minimalnega polmera krožnega loka na desnem (notranjem) prometnem pasu se na slikah označeni odmik »a« poveča za dodatnih 0,75 m (drugačen položaj voznika v vozilu). V primeru uporabe krožnih lokov, ki so manjši od odčitanih na nomogramu, je treba obok predora ustrezno razširiti (povečati »a«).

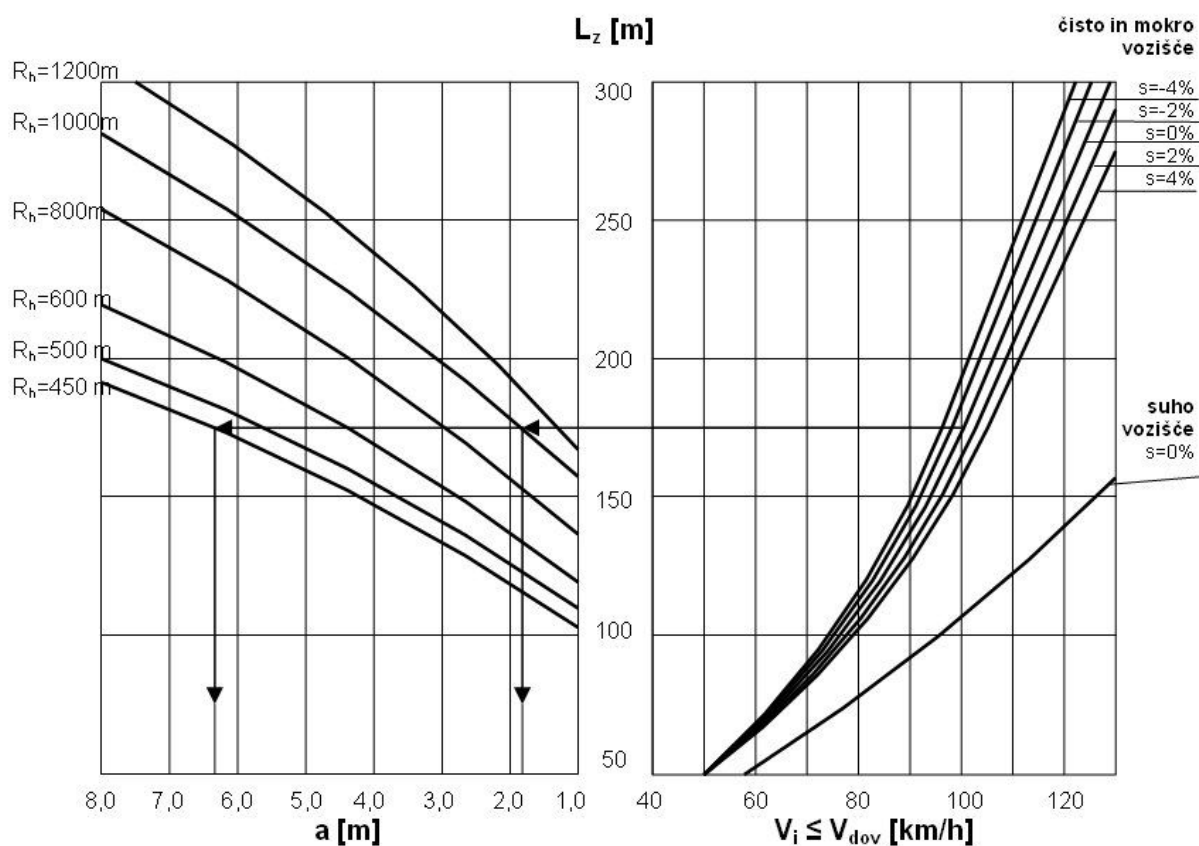
Razširjeni del oboka se na vozišču odraža kot lokalna razširitev robnega pasu (širina prometnega pasu je nespremenjena). Razširitev oboka in označbe robnega pasu se izvedejo na območju prehodnice z začetkom pri zakrivljenosti prehodnice, ki ustreza polmeru  $R_h$ , odčitanim iz nomograma.



Slika 19: Shema za preveritev preglednosti v enosmerni predorski cevi

(Povzeto po Ul. RS št. 167/2004, str. 5193)

Polmer krožnega loka, manjši od predhodno določenega minimalnega, se sme uporabiti v primeru izvedbe obrabne plasti voziščne konstrukcije z materiali, pri katerih je koeficient drsnega trenja (KDT) v vseh obratovalnih pogojih višji od KDT za asfalte. Velikost tega polmera je treba v projektu posebej izračunati in obvezno utemeljiti. Uporaba velikosti polmerov horizontalnih krožnih lokov, pri katerih je potrebna razširitev voznih pasov, v predoru ni dopustna. Izjeme (kraki priključka, odcepi, uvozi ipd.) je potrebno v projektu posebej utemeljiti.



Slika 20: Velikost polmera  $R_h$  v odvisnosti od razdalje od stene oboka do roba bližnjega prometnega pasu

(Povzeto po Ul. RS št. 167/2004, str. 5194)

V RVS je predvidena razširitev prečnega prereza predora, pri kateri je potrebno upoštevati računsko hitrost in/ali razširitev loka predora v danih pogojih, ki zagotavljata zaustavitveno varnostno razdaljo in vse potrebne vozno-dinamične pogoje. Morebitne razširitve prečnega prereza morajo biti na ustrezen način označene tudi na vozišču. Minimalni radij v predoru je odvisen od hitrosti, zaustavitvene razdalje in vzdolžnega nagiba. Minimalni radij se izračuna na podlagi spodnje formule.

$$R_{\min} = \frac{B_{Fst}}{2} + \frac{sT_{erf}^2 + 4a^2}{8a}$$

$$a = \frac{B_{Fst}}{2} + B_{bef.Seitenstr.}$$

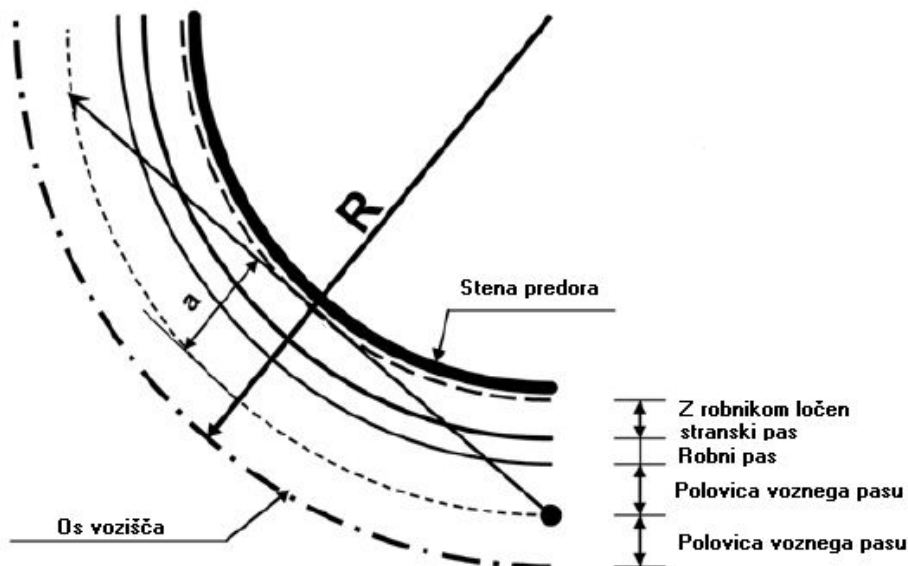
$R_{\min}$  ... radij krožnega loka [m]

$B_{Fst}$  ... širina voznega pasu [m]

$sT_{erf}$  ... zaustavitvena razdalja [m]

$a$  ... odstopanje od pogleda [m]

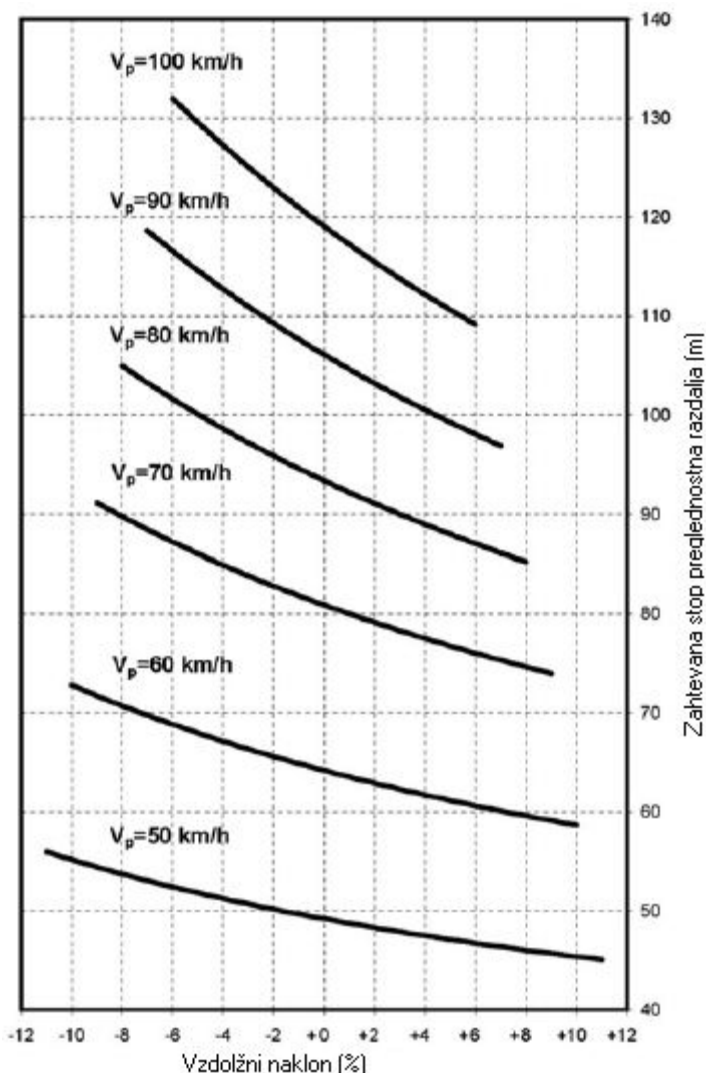
$B_{bef.Seitenstr}$  ... širina robnega pasu [m]



Slika 21: Shematski prikaz izračuna krožnega radija

(Povzeto po RVS 09.01.21, 2007, str. 4)

Zahtevano stop preglednostno razdaljo ( $s_{Terf}$ ) se izračuna na podlagi hitrosti ( $V_p$ ) in vzdolžnega padca ( $s$ ).



Slika 22: Odvisnost med hitrostjo, vzdolžnim nagibom in zaustavitveno razdaljo

(Povzeto po RVS 09.01.21, 2007, str. 6)

#### Komentar

V Sloveniji se pri enosmernih predorskih ceveh z dodatnimi pasovi na cestišču preglednost preverja na skrajnem levem voznem pasu. Postopek za določanje preglednosti je povzet po nemških smernicah RAS-L. V RVS je predvidena razširitev prečnega prereza predora, pri kateri je potrebno upoštevati računsko hitrost in/ali razširitev loka predora v danih pogojih, ki zagotavljata zaustavitveno varnostno razdaljo in vse potrebne vozno-dinamične pogoje.

### 3.2.6 Pešci in kolesarji

Skoraj vsi mednarodni predpisi priporočajo, da predori vsebujejo hodnike. Vendar naj bi pločnik uporabljali le vzdrževalci, uporabniki predora pa le v primeru izrednih dogodkov.

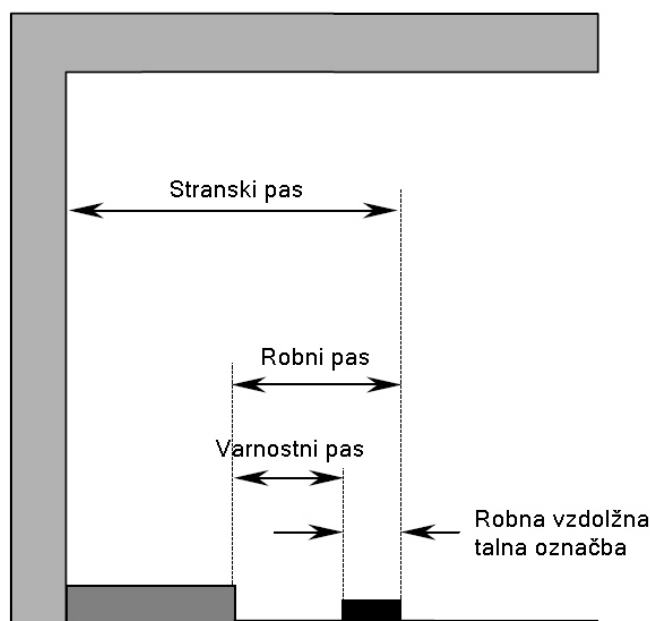
Argumenti, ki zagovarjajo hodnik v predoru:

- zagotavlja višji nivo usluge za promet; z dodatno širino, ki jo pridobimo z robnim pasom in pločnikom, dobimo večjo prepustnost prometa;
- robnik služi voznikom kot orientacija,
- robnik preprečuje vozilom, da bi se preveč približali robu vozišča in s tem kolizijo s steno predora (uporaba nadvišanih pločnikov);
- omogoča odpiranje vrat, ne da pri tem ogrožamo promet, ki poteka po voznem pasu;
- uporabnikom predora, ki so se morali zaustaviti, omogoča varno pot do niš za klic v sili,
- uporabnikom predora omogoča, da so bolj varni, medtem ko čakajo na pomoč,
- omogoča varnost vzdrževalcev,
- omogoča, da se pod pločnik vgradi inštalacije, potrebne za delovanje predora.

Poznamo tri vrste hodnikov:

- [1] Hodnike, ki se uporabljajo samo za zgoraj naštetu. V tem primeru znaša minimalna širina pločnika 0,60 m, priporočena širina pa je 0,75 m. Pločnik je dvignjen od 7 do 15 cm nad voziščem, svetla površina nad robnikom znaša 2,30 m. Nekatere države ne uporabljajo robnikov, saj so ti lahko nevarni tako za invalide kot tudi za to, ker se lahko pri koliziji avta z robnikom le-ta prevrne. Pločniki naj bi tudi onemogočali 180-stopinjski obrat v dvosmernih predorih.
- [2] Hodnike, ki so namenjeni pešcem in kolesarjem. V splošnem rešitev z vodenjem pešcev in kolesarjev ni priporočljiva. Uporabila naj bi se samo takrat, ko ni druge alternative. Promet pešcev in kolesarjev naj se vodi v ločeni cevi ali predoru, ki je namenjen le njim. V primeru, da se pločnik uporablja za pešce in kolesarje, ga je potrebno fizično ločiti z ograjo, višjo od 50 cm. Pločnik je potrebno opremiti tako, da ga lahko uporabljajo tudi drugi uporabniki (hendikepirane osebe) in da je dostopen z vozišča (poglobljeni robnik).

- [3] Hodnike, ki ločujejo vozni pas s poglobljenim robnikom in omogočajo vozilom ali reševalcem, da deloma parkirajo na pločniku, deloma na voznem pasu. Omenjena rešitev omogoča, da se vozila, ki so v okvari, zaustavijo in parkirajo tako, da zavzamejo malo prostora na voznem pasu in s tem ne zmanjšujejo pretočnosti. Prosti profil nad pločnikom naj znaša 2,30 m.



Slika 23: Elementi stranskega pasu v primeru pločnika

(Povzeto po PIARC, 2004, str. 53)

V uredbi je zapisano, da mora, v kolikor je predor namenjen rednemu prometu pešcev, znašati širina pločnika najmanj 2 m. Od vozišča mora biti površina ločena z zaščitnim ločilnim pasom. Pri hitrostih vozil do 60 km/h so na njem nameščeni smerniki, pri višjih hitrostih varnostna ograja, ali višine 1,20 m ali prostorsko ločen del cevi ali objekta (pokrit vkop, podvoz). V primeru, da je predor namenjen le občasnemu prometu pešcev, se sme fizično pregrado opustiti, širina hodnika mora biti vsaj 1,20 m.



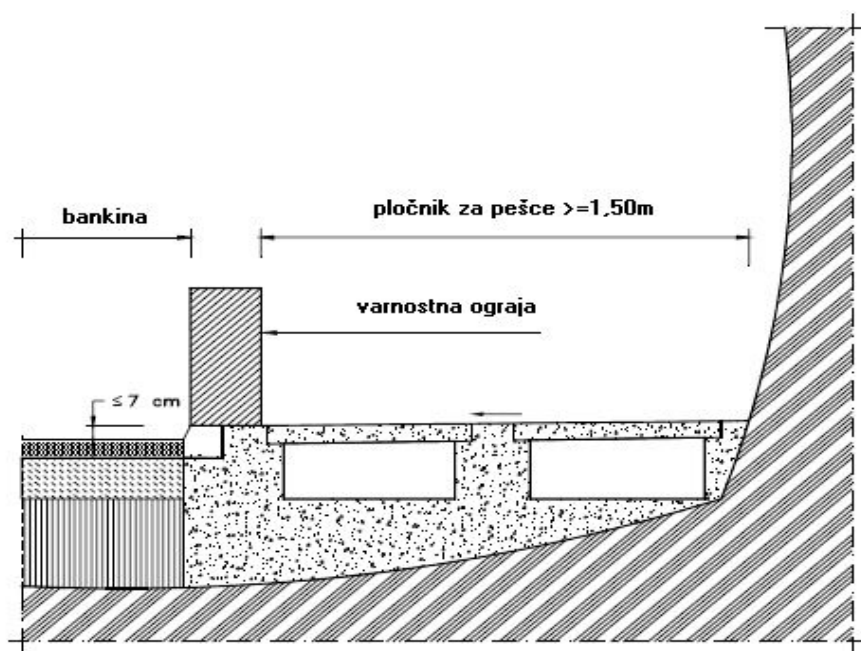
Vodenje pešcev in kolesarjev skozi predor naj bi potekalo ločeno od motornega prometa, kar je definirano v RVS smernicah. Vodenje kolesarskega prometa skozi predor je dovoljeno, v kolikor je predvidena fizična pregrada od voznega pasu. Vodenje pešcev skozi predor je dovoljeno, v kolikor je predvidena fizična pregrada in minimalna širina pločnika znaša 2 m. Fizična pregrada med pločnikom in voznim pasom znaša minimalno 1 m, v posebnih primerih 1,20 m.

V predorih izven urbanega okolja, kjer je majhna količina pešcev, znaša širina pločnika 1,20 m in ni potrebna fizična pregrada.

Nemške smernice glede pešcev in kolesarjev upoštevajo dodatne robne pogoje.

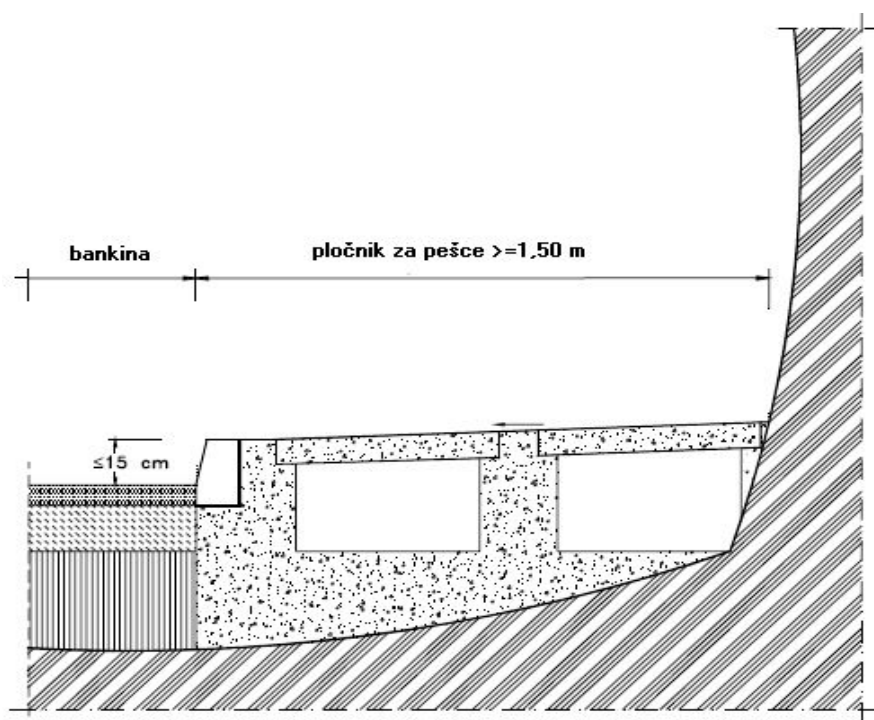
Švicarski predpisi se poskušajo izogniti vodenju pešcev in kolesarjev skozi predor, saj je predor namenjen le motornim vozilom. V primeru, da se temu ni mogoče izogniti, morajo pešci in kolesarji imeti posebni pas ali ločene poti oz. obojestranski hodnik, minimalne širine 1 m in svetle višine 2 m, ki lahko služi tudi kot evakuacijska pot.

V italijanskih normativih je za tipe D, E in F predvideno vodenje pešcev in kolesarjev, saj gre v teh primerih za predore v urbanem okolju. Za tip D mora biti za vsako vozišče poleg bankine na desni predviden tudi pločnik primerne širine, vendar ne manjše od 1,50 m. Pločnik mora biti zaščiten z varnostno ograjo. Za ceste tipa E in F v urbanem okolju in vzdrževalne ceste na urbani avtocesti in izvoznih cestah morajo biti predvideni, poleg bankin, ki ohranjajo zunanje dimenzije, tudi dvignjeni pločniki, primerne širine, ki ni manjša od 1,50 m, omejeni s strani bankine z robnikom (armiranobetonska vez, če je pločnik na isti višini kot cestišče), višine ki ne presega 15 cm brez odbojnih ograj.



Slika 24: Prerez pločnika z varnostno ograjo

(Povzeto po NFGS, 2002, str. 39)



Slika 25: Prikaz dvignjenega pločnika

(Povzeto po NFGS, 2002, str. 41)

## Komentar

Vodenje pešcev in kolesarjev skozi predor ni predvideno v nobenih smernicah, saj so hodniki v predoru namenjeni predvsem vzdrževalcem in so v primeru nesreč namenjeni za evakuacijo. Če za pešce in kolesarje ni druge poti, je treba v predoru predvideti posebne ukrepe, ki so seveda odvisni od količine omenjenega prometa in hitrosti v predoru. Večina držav v tem primeru priporoča fizično ločitev motornega prometa od prometa pešcev in kolesarjev.

Preglednica 11: Primerjava dimenzij pločnikov v predoru

<b>Država in smernica oz. drugi viri</b>	<b>Nadvišanje pločnika [m]</b>	<b>Svetla širina pločnika [m]</b>	<b>Širina varnostnega pasu [m]</b>
Slovenija	/	1,20-2,00	/
Avstrija	0,18	1,00 (1,20)	0,30
Nemčija	0,07	1,00	/
Švica	0,18	1,00 (min)	0,30
Italija z BVO brez BVO	0,07 0,15	cca 1,50	/

### **3.3 Varnostni elementi v predoru**

Za zagotavljanje varnosti uporabnikov predorov se v cestnih predorih predvidijo naslednji varnostni objekti:

- Odstavne površine;
  - odstavne niše;
  - odstavne površine;
- obračalne niše;
- niše za klic v sili;
- niše za gasilne aparate;
- poti umika in zasilni izhodi;
  - evakuacijske poti;
  - prečniki.

#### **3.3.1 Odstavne površine**

V uredbi so po definiciji odstavne površine v predoru:

- odstavni pasovi;
- odstavne niše.

Odstavne površine nadomeščajo posamezne robne pasove in jih dopolnjujejo s povečano funkcijo prometne varnosti in prepustnosti ceste v predoru. Izbor vrste odstavnih površin v predorih se preverja glede na dolžino predora in izrabo prepustnosti ceste v predoru, ki je predpisana v uredbi. Odstavne površine se lahko uredi v vsakem predoru, če je za to izkazana utemeljitev povečane investicije. Uredba loči določitev odstavnih pasov za predore v urbanem okolju in izven urbanega okolja.

Predori v neurbanem okolju: na cesti z odstavnima pasovoma, ki vodi v predor, ki je krajši od 200 m, se odstavne pasove vodi tudi skozi predor v nezmanjšani širini. Cesta v predoru, ki je daljši od 200 m, nima odstavnega pasu. Razen v primeru, če je s projektom utemeljena potreba po njegovi zgraditvi (npr. možnost razširitve iz dveh v tri vozne pasove, zagotavljanje večje prometne varnosti ipd).

Pri dvocevnom predoru, skozi katerega vodi tudi odstavni pas in se začasno izvede samo ena predorska cev z dvosmernim prometom (prva faza), je širina vozišča enaka tisti, ki je določena za dvocevni predor. Širina površine, predvidene za odstavni pas, se v tem primeru razdeli na razdelilno širino 0,50 m med obema voznima pasovoma in na dva enaka razširjena robna pasova.

Predori v urbanem okolju: na cesti, ki vodi v predor v urbanem okolju, kjer obstajajo odstavni pasovi, se odstavnne pasove vodi v nezmanjšani širini tudi skozi predor. Enotna širina odstavnih pasov v predorih v urbanem okolju je 2 m. V izjemnih primerih ali če se pojavijo težave pri ali med gradnjo, je širina odstavnega pasu lahko tudi manjša. V tem primeru mora biti širina desnega voznega pasu in odstavnega pasu skupaj najmanj 5 m.

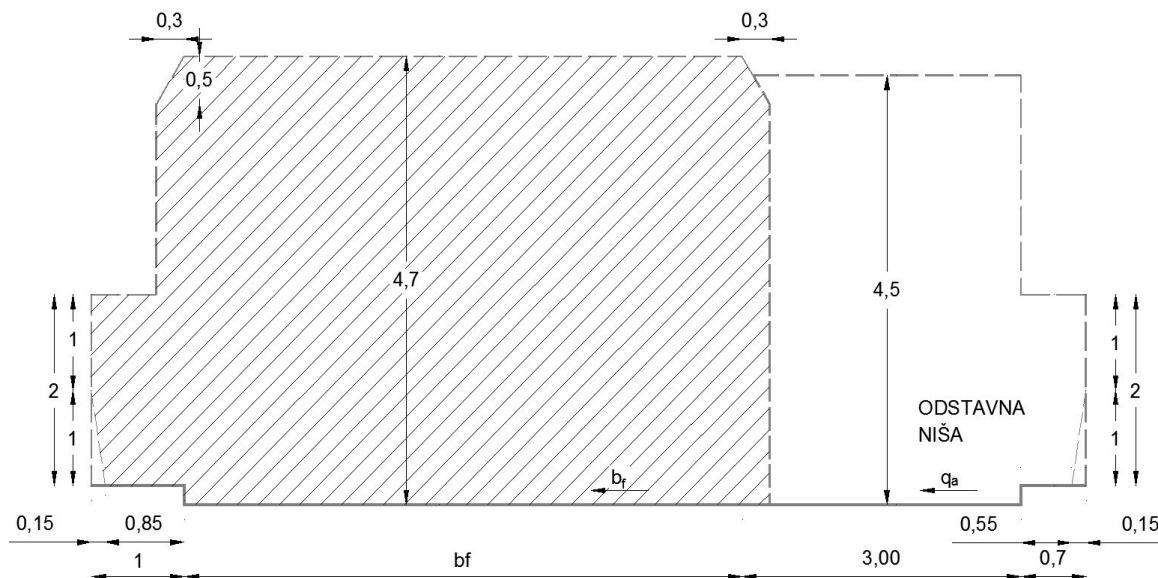
### 3.3.2 Odstavne niše

Odstavne niše se namesto odstavnega pasu izvedejo v srednjih in dolgih predorih, če prometna preveritev po 27. členu uredbe ne pokaže drugače. Največji razmak med odstavnimi nišami je 1.000 m.

Dimenzije odstavnne niše v predorih so praviloma široke 2,50 m in dolge 40 m. Pri cestah za visoke hitrosti (avtoceste in hitre ceste) je širina odstavnne niše 3 m. Razpored odstavnih niš se določi po določilih 25. člena uredbe. Do izdelave ustreznih slovenskih smernic se za izvedbo detajla odstavnne niše upoštevajo določila RVS 09.01.24 in RVS 09.01.24.

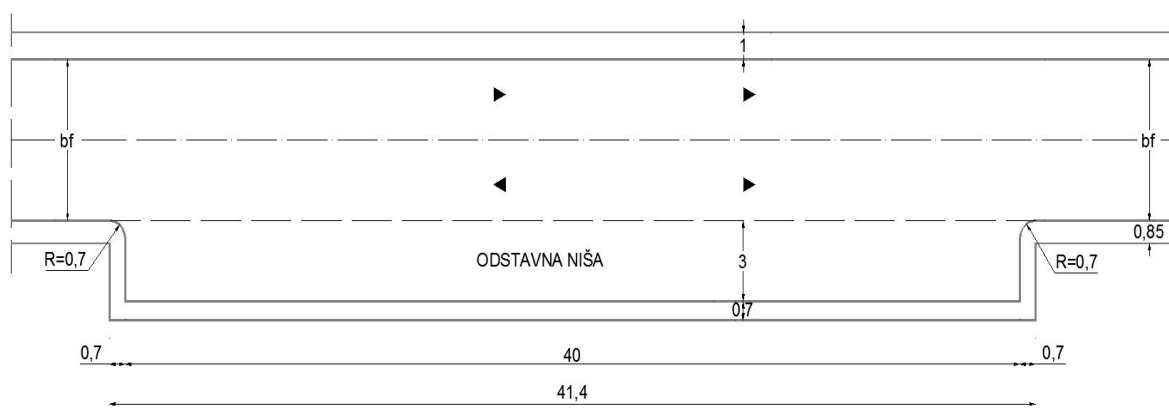
V RVS 09.01.24 so odstavnne niše gradbene prometnice, ki se nahajajo na desni strani vozišča v smeri vožnje. Odstavnne niše služijo za vozila, ki niso v voznem stanju, ali za vozila vzdrževalcev. Širina odstavnih površin ( $b_a$ ), odstavnne niše, izmerjena med robom vozišča in nadvišanjem stranskih pasov znaša 3 m. Odstavna površina se priključuje na istem nivoju kot vozna površina. Prečni nagib ( $q_a$ ) odstavnne površine na višjem robu vozne površine mora odgovarjati nagibu vozne površine ( $q_f$ ), vendar ne sme biti manjši od 0,50 %. Prečni nagib ( $q_a$ ) na nižjem robu ležeče odstavnne površine, padajoče proti vozni površini, mora znašati 2 %. V območju odstavnne niše se pot za pešce uredi kot v karakterističnem prerezu predora, tukaj varnostni pas ni potreben (RVS 09.01.22).

Višina svetlega profila odstavne niše znaša 4,50 m, izmerjena v vertikalni smeri, nad odstavno površino. Prečni prerez predora se oblikuje tako, da se le-ta v območju enostransko oziroma dvostransko urejenih odstavnih niš kar najbolje prilega Sliki 26 oziroma Sliki 27, ki predstavljata svetli profil predora.



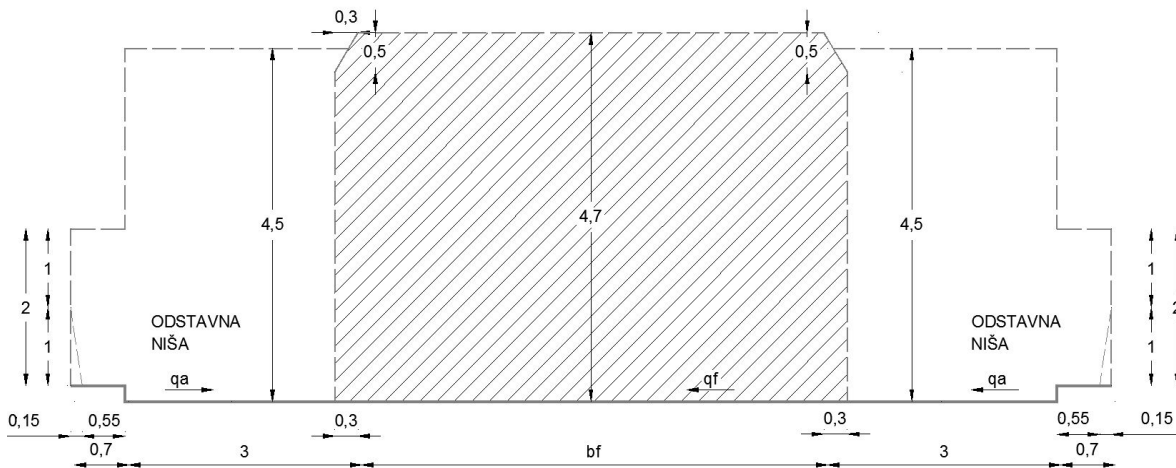
Slika 26: Svetli profil predora v območju enostransko urejene odstavne niše

(Povzeto po RVS 09.01.24, 1987, str. 1)



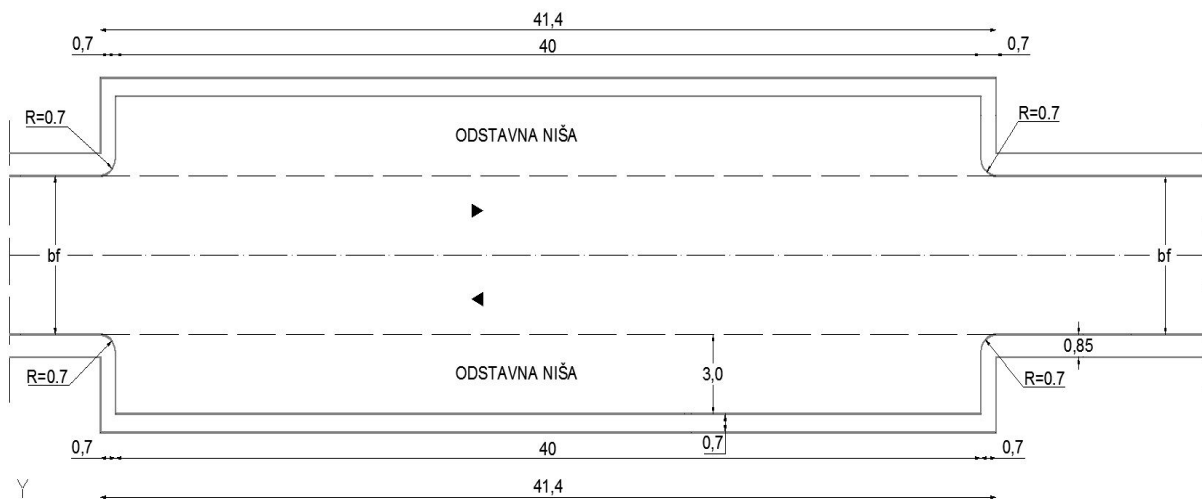
Slika 27: Tloris predora v območju enostransko urejene odstavne niše

(Povzeto po RVS 09.01.24, 1987, str. 1)



Slika 28: Svetli profil predora v območju dvostransko urejene odstavnice niše

(Povzeto po RVS 09.01.24, 1987, str. 1)



Slika 29: Tloris predora v območju dvostransko urejene odstavnice niše

(Povzeto po RVS 09.01.24, 1987, str. 1)

Kriteriji, navedeni v 25. členu uredbe, ki so povzeti po RVS 09.01.22, veljajo za izbor odstavnice površin in načeloma veljajo za predore v urbanem okolju in ostale predore, če obstajajo utemeljeni razlogi (zelo visoka vozna hitrost), se sme odstavnice niše načrtovati tudi na razmakih, ki so daljši od navedenih v omenjenem členu.

Izbira vrste odstavnih površin in potrebne razdalje med odstavnimi nišami je odvisna od:

- merodajne urne prometne obremenitve predora,  $Q_{hmer}$  [EOV /h]
- kapacitete ceste skozi predor,  $C$  [EOV /h]
- stopnje izkoriščenosti prometnega profila (nasičenosti),  $X = Q_{hmer}/C$  [-]
- povprečnega prometa težkih vozil,  $Q_{DT}$  [tov\*voz/dan]
- vrste prometa (enosmerni ali dvosmerni promet)
- števila voznih pasov
- vzdolžnega nagiba,  $s$  [%]
- urejenosti ostalih površin (za vzdrževalce, ostale uporabnike ipd.)

Razpored odstavnih niš je odvisen od:

- ureditve krmiljenih naprav za vodenja prometa (signalizacija za vožnjo po posameznem pasu, preusmeritev kratkotrajnih maksimalnih preobremenitev na alternativne ceste izven predora ipd);
- možnosti dostopa interventnih vozil (razdalja od predorskega portala oziroma od odprte trase, možnost dostopa intervencijskih vozil – gasilcev, reševalcev in podobno).

Določitev vrste in razmaka odstavnih površin:

- osnova za določitev tipa odstavnih površin (niše ali pasovi) in njihovih medsebojnih razdalj je poenostavljen izračun modificirane stopnje izkoriščenosti prometnega profila (analiza kapacitete):

$$f_{OP} = X \cdot f_{TOV} \cdot f_{VP} \cdot f_S \quad \text{modificirana stopnja izrabe prometnega profila}$$

po navodilih s Slik IV-2 in IV-3, kjer je:

$X$  stopnja izkoriščenosti profila (nasičenosti)  $X = Q_{hmer}/C$

$f_{TOV}$  faktor tovornih vozil in avtobusov [tov. voz./dan]

$Q_{DT} > 800$   $f_{TOV} = 1,2$

$Q_{DT} = 200$  do  $800$   $f_{TOV} = 1,0$

$Q_{DT} < 200$   $f_{TOV} = 0,8$

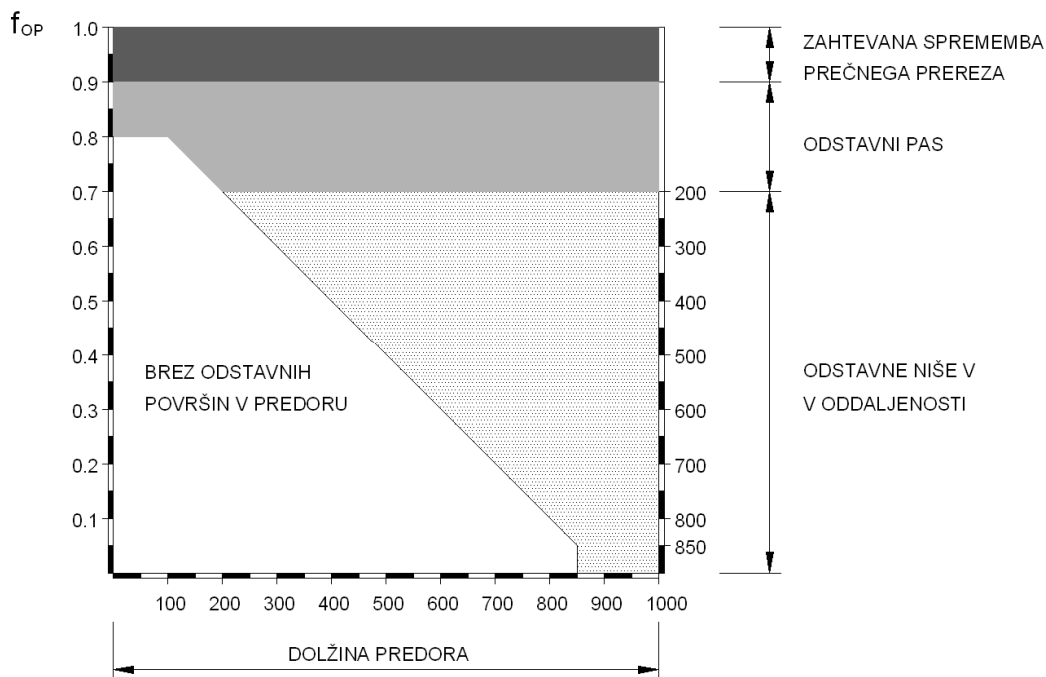


$f_{VP}$  faktor voznih pasov:

enopasovnica	$f_{VP} = 1,5$
dvopasovnica – dvosmerni promet	$f_{VP} = 0,8$
dvopasovnica – enosmerni promet	$f_{VP} = 1,0$
tripasovnica – enosmerni promet	$f_{VP} = 0,4$

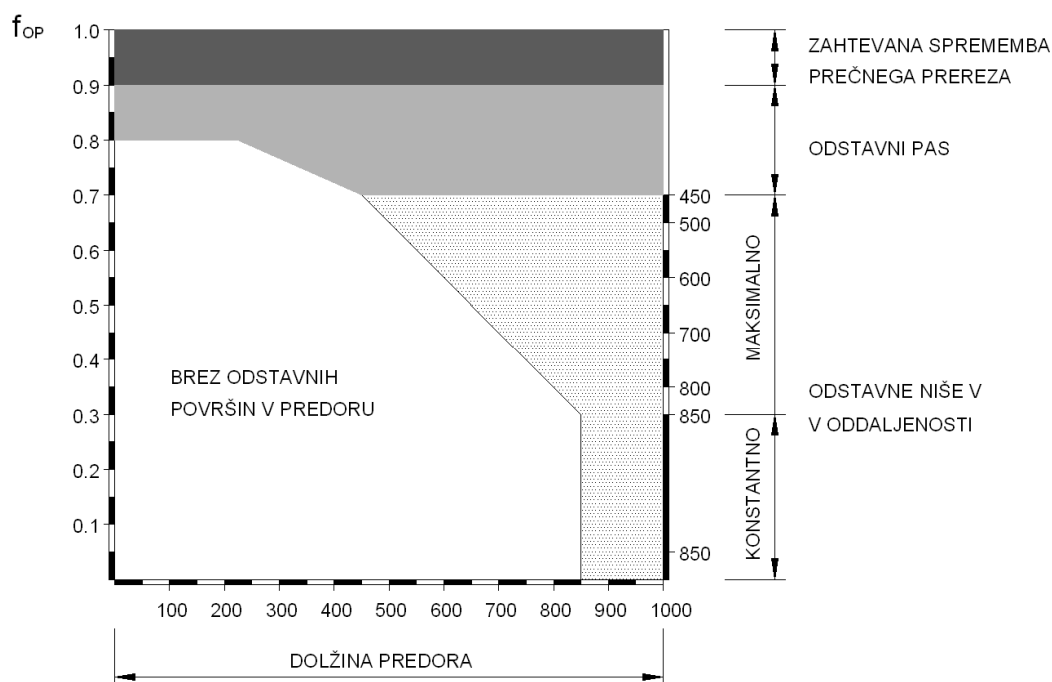
$f_s$  faktor vzpona, povprečen vzdolžni naklon med portaloma

$s \leq 0 \%$	$f_s = 0,8$
$s = 0$ do $3 \%$	$f_s = 1,0$
$s \geq 3$ do $5 \%$	$f_s = 1,2$
$s > 5$ do $7 \%$	$f_s = 1,5$
$s > 7 \%$	$f_s = 2,0$



Slika 30: Razpored in medsebojna oddaljenost odstavnih površin za predore brez naprav za krmiljeno vodenje prometa

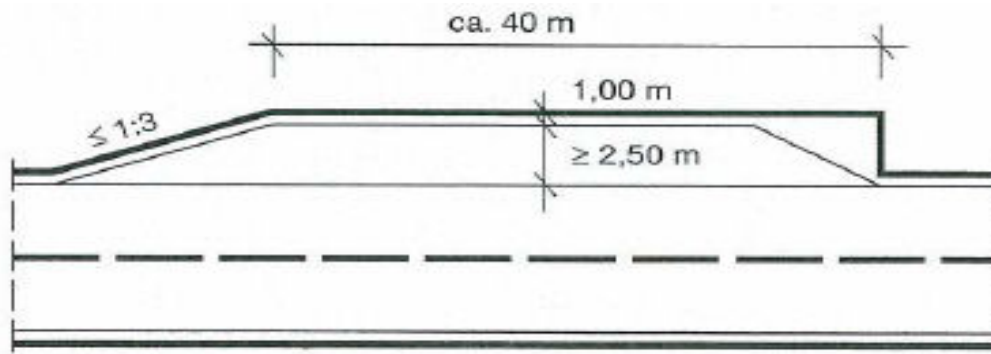
(Povzeto po Ul. RS št. 167/2004, str. 5200)



Slika 31: Razpored in medsebojna oddaljenost odstavnih površin za predore z napravami za krmiljeno vodenje prometa

(Povzeto po Ul. RS št. 167/2004, str. 5200)

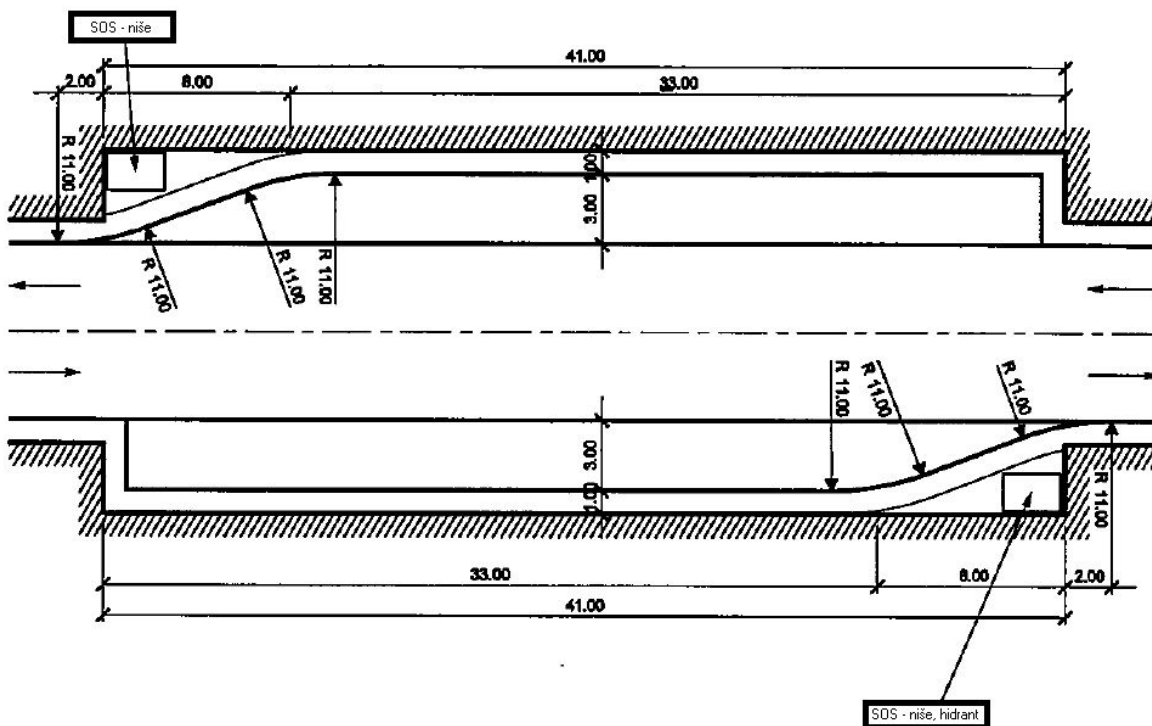
V RABT so odstavne niše predvidene, ko stranski pas ekonomsko ni več sprejemljiv. Zato so pri dolžini predora 900 m in več odstavne niše nujne in so normalna ureditev. Pri dolžini predora nad 600 m so odstavne niše nujne samo v primeru posebnih pogojev (večja od 4.000 tovornjakov  $\times$  km/cev dan). Po RABT se izvede odstavna niša tako, da se čelna stena pri odstavnem pasu izvede v naklonu  $\leq 1:3$  v smeri vožnje. Pri dvosmernem predoru se čelna stena v naklonu izvede na obeh koncih. Razdalja med odstavnimi pasovi je manjša od 600 m v vsaki smeri vožnje. Odstavne niše v dvosmernih predorih se izvedejo na obeh straneh vozišča, kar omogoča tudi obračanje vozil v izjemnih primerih (obračališča).



Slika 32: Odstavna niša po RABT

(Povzeto po RABT, 2006, str. 34)

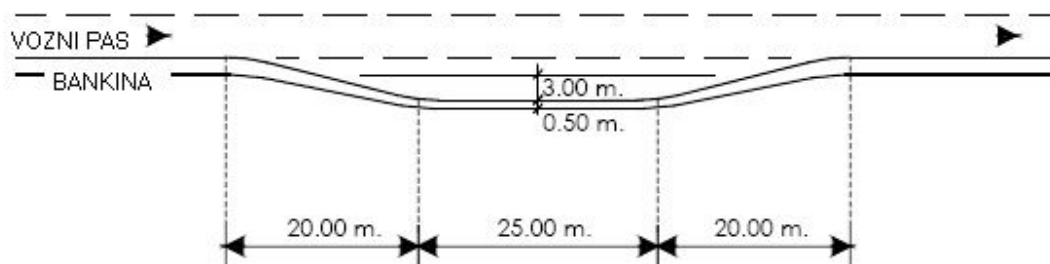
Švicarski predpis SN 505 197/2 odstavne niše deli glede na uporabo v enocestnih in dvocestnih predorih. Pri enocestnem predoru, pri dolžini od 600 do 900 m, so odstavne niše na obeh straneh predora razporejene na istih stacionažah. V primeru, da terenske razmere ne dopuščajo take razporeditve, lahko odstavne površine zamaknemo. Pri dvocestnem predoru odstavne niše niso predvidene.



Slika 33: Prikaz odstavne niše pri dvosmernem predoru po SN 505 197/2

(Povzeto po SN 505 197/2, 1993, str. 19)

Italijanski normativ določa, da se predore na cestah tipa B, C in F izven urbanega okolja opremi z odstavnimi nišami. Odstavne niše ne smejo biti manjše od dimenzij, prikazanih na Sliki 34. Odstavne niše se postavijo na razdalji 1.000 m in pri tem ne smejo zmanjšati prepustnosti prometa. Odstavne niše, ki ne smejo biti krajše od 25 m, je potrebno načrtovati tudi pri predorih na cestah tipa A.



Slika 34: Dimenzije odstavne niše po italijanskem normativu

(Povzeto po NFGS, 2002, str. 48)

Preglednica 12: Dimenzije odstavne niše

Država in smernica oz. drugi viri	Višina svetlega profila [m]	Širina odstavne niše [m]	Dolžina odstavne niše [m]
Slovenija	/	2,50	40,00
Avstrija	4,50	3,00	40,00
Nemčija	/	2,50	40,00
Švica	/	3,00	33,00
Italija	/	3,00	25,00

#### Komentar

Odstavne niše so nujne (odvisno od dolžine predora), če v predoru ni odstavnega pasu. Odstavne niše in samo določanje je v veliki meri opisano v Avstrijskih smernicah, ki jih je Slovenska uredba povzela. Nemške smernice predvidevajo odstavne niše glede na dolžino predora in ko odstavni pas ni več ekonomsko upravičen. Švica ima razdeljeno postavitev odstavnih niš glede na tip predora.

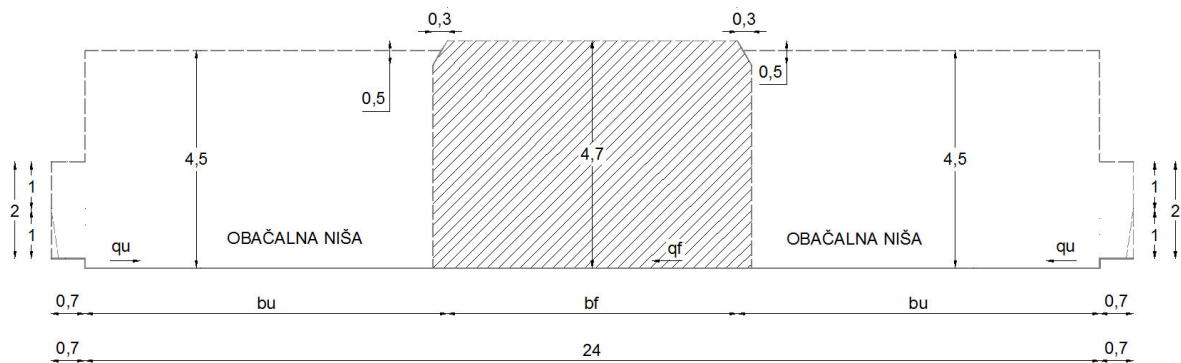
Pri dvocevnih predorih nimajo predvidenih odstavnih niš, medtem ko so pri enocevnem predoru dolžine od 600 m do 900 m razporejene na istih stacionažah. Italija ima predpis, po katerem velja, da so za predore zunaj urbanega okolja za tipe cest B, C in F potrebne odstavne niše. Med odstavnimi nišami je predpisana minimalna razdalja 1.000 m.

### 3.3.3 Obračalne niše

V uredbi so omenjene obračalne niše v obratovalno-tehničnih kriterijih in pogojih, vendar njihov namen in dimenzije niso opisani.

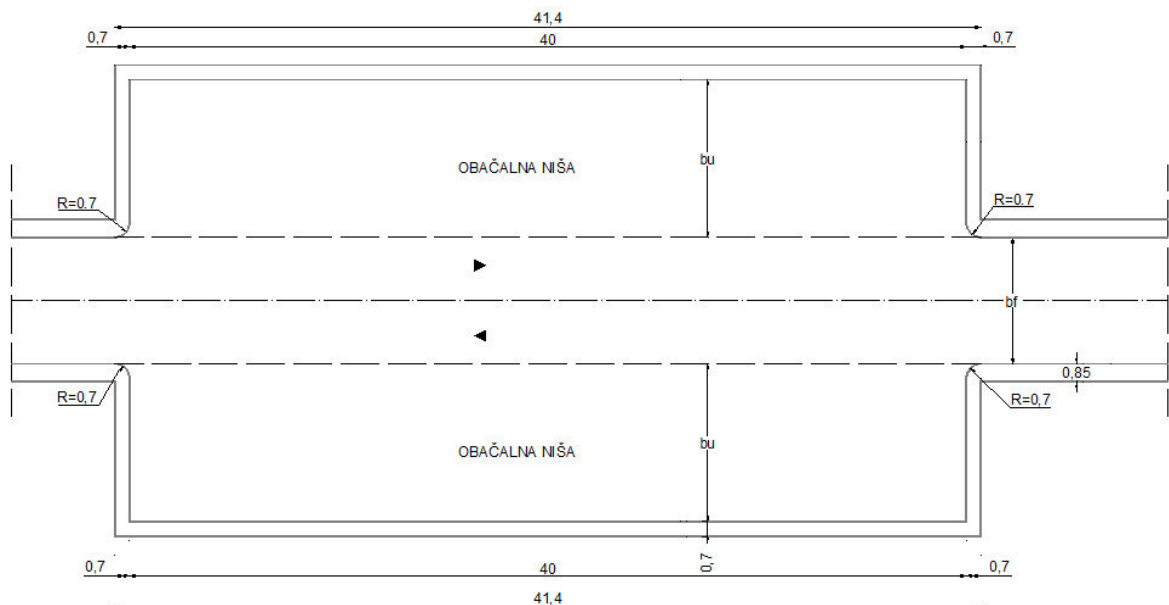
RVS 09.01.24 so obračalne niše (ON) elementi predora, ki v primeru neprehodnosti predora za uporabnike služijo kot obračališča. V kolikor geotehnični, prometno-tehnični oziroma gospodarski razlogi dopuščajo, se lahko na območju mesta obračalne niše izvede obračališče. Širina površine za obračanje, ki je na razpolago uporabnikom predora, znaša 24 m. Izhaja iz širine voznega pasu ( $b_f$ ) in širine obračalne površine ( $b_u$ ). Obračalne površine so priključene v istem nivoju kot vozna površina. Prečni nagib ( $q_u$ ) na višjem robu ležeče obračalne površine mora odgovarjati nagibu vozne površine ( $q_f$ ), toda naklon ne sme biti manjši kot 0,50 %. Prečni nagib obračalne površine ( $q_u$ ) na nižjem robu vozne površine mora padati proti vozni površini, naklon mora znašati 2 %.

V območju obračalne niše se nahaja hodnik za pešce, ki je prikazan v karakterističnem prerezu predora. Zato se varnostnega pasu ne izvede (RVS 09.01.22). Svetla višina nad obračalno površino znaša 4,50 m, merjeno vertikalno. Prerez čez obračalno nišo se praviloma izvede simetrično. Če pride na mestu obračalne niše obračalni predor, mora ta odgovarjati prevoznosti vozišča. Dolžina obračalnih površin v obračalni niši znaša 40 m. Pas za pešce je na zunanji strani obračalne niše in se izvede z nadvišanjem stranskega pasu, pri tem je zaokrožen prehod na predorsko cev z  $R = 0,70$  m. Obračalne površine se odvodnjava preko vozne površine.



Slika 35: Prerez predora v območju obračalne niše

(Povzeto po RVS 09.01.24, 1987, str. 2)



Slika 36: Tloris predora v območju obračalne niše

(Povzeto po RVS 09.01.24, 1987, str. 2)

#### Komentar

Obračalne niše so omenjene samo v Avstrijskih smernicah, medtem ko se uredba sklicuje na RVS (Avstrijske smernice). Smernice drugih držav, omenjenih v diplomski nalogi, obračalnih niš ne omenjajo.

Obračalne niše se predvidijo samo v predorih, kjer poteka promet dvosmerno, saj v primeru neprehodnosti predora za uporabnike služijo kot obračališča.

### 3.3.4 Poti umika in zasilni izhodi

#### 3.3.4.1 Evakuacijske poti

V uredbi je zapisano, da se mora v primeru nesreče oziroma požara v predoru zagotoviti možnost umika uporabnikov predora. Uporabnikom predora mora biti omogočeno, da brez svojih vozil zapustijo predor skozi:

- izhode iz predora na prosto;
- prečne povezave v drugo predorsko cev;
- izhode v varnostne rove (lahko tudi pilotno ali raziskovalno galerijo za načrtovano drugo predorsko cev);
- zaklonišča z reševalnimi potmi, ločenimi od predorskih cevi.

Zatočišč brez izhoda do evakuacijskih poti, ki vodijo na odprto, v predoru ni dovoljeno graditi. Ukrepi na vseh v zasilne izhode (vrata) morajo preprečevati širjenje dima in vročine v zasilne izhode, da je uporabnikom predora omogočen varen umik, reševalnim ekipam omogočen dostop v predor.

Za označevanje poti umika v primeru požara v predoru, se na steno predora namestijo oznake poti umika. Oznake z notranjo osvetlitvijo morajo biti nameščene na medsebojni razdalji največ 70 m. Spodnji rob svetilke mora biti na višini 1 do 1,50 m nad pločnikom. Izvedba napajanja svetilke mora onemogočati, da bi delovala samo ena sijalka.

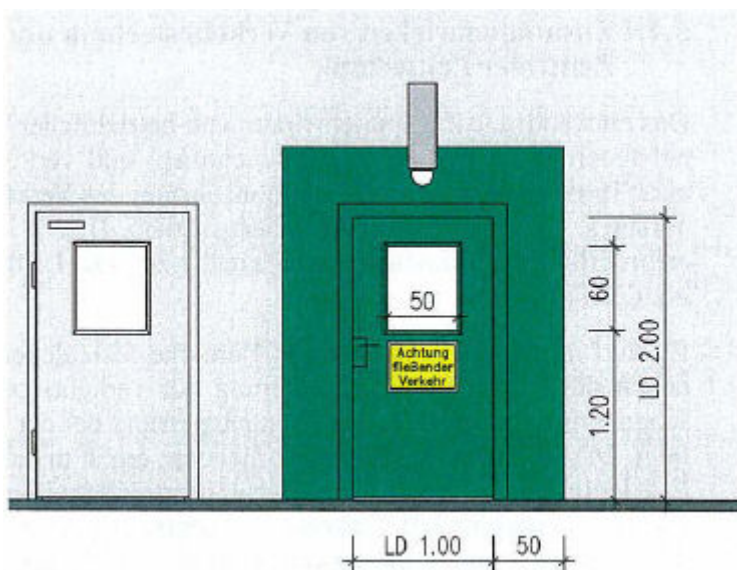
V RVS so poti umika in zasilni izhodi prečniki, ki vodijo v sosednje cevi ali služijo kot povezava med predorskimi prometnimi profili, ki vodijo na prosto.

RABT predpisuje, da je v predoru poti umika in zasilne izhode potrebno upoštevati, saj jih je potrebno označiti in osvetliti. Poti umika in zasilni izhodi, ki se nahajajo v prometnem profilu, vodijo direktno na prosto. Zasilni izhodi in evakuacijske/reševalne poti pri predorih, ki so daljši od 400 m, so razporejeni na razdalji manjši 300 m.

Izhodi v sili vodijo:

- na prosto
- direktno v drugo predorsko cev
- preko prečnikov v drugo predorsko cev
- v reševalne jaške
- v reševalne rove.

Evakuacijske poti je potrebno zaščititi pred dimom. Zato so primerne zapornice ali zračenje z nadpritiskom. Evakuacijske poti morajo biti požarno zaščitene pred požarom tako, da vsaka cev, reševalni rov in reševalni jašek delujejo zase. Svetla višina vrat, ki služijo kot prehodi evakuacijskih poti, znaša 1 x 2 m. Na obeh straneh vozišča znaša širina evakuacijske poti 1 m, svetla višina znaša 2,25 m. Evakuacijska pot je za 7 cm nadvišana, glede na vozišče. S področja prometne varnosti je zahteva, da se napeljava polaga v območju pločnika. V izjemnih primerih, ko okoliščine dopuščajo poglobitve evakuacijskih poti (za napeljave), je dovoljeno evakuacijsko pot dvigniti za 25 cm.

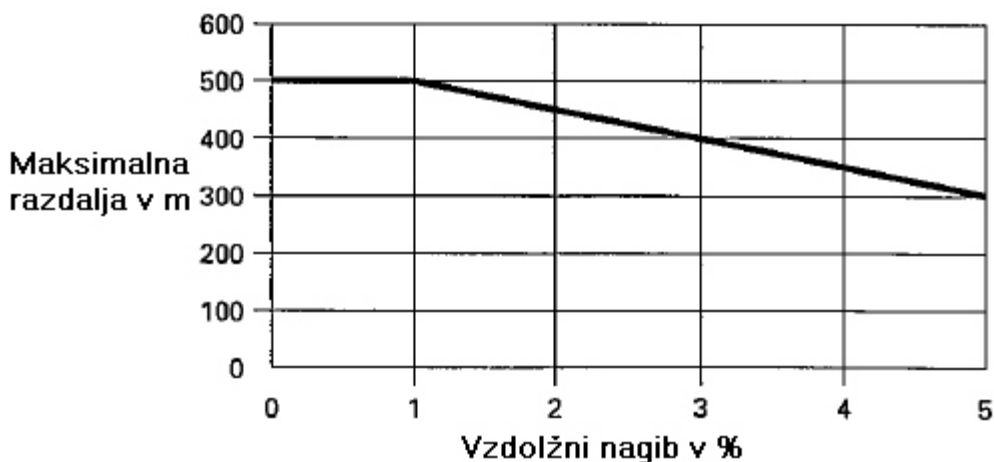


Slika 37: Vrata za izhod v smeri pobega z obroba

(Povzeto po RABT, 2006, str. 35)



V SIA 197.2 so evakuacijske poti pri dvocevnih in enocevnih predorih različne. Pri enocevnih predorih se evakuacijske poti iz predora enakomerno razporedijo na eni strani predora. V izjemnih primerih se evakuacijske poti kombinirajo z ostalo varnostno-tehnično opremo, ki pomaga uporabnikom predora v primeru izjemnega dogodka. Pri rudarskem načinu gradnje je maksimalna razdalja med zasilnimi izhodi odvisna od vzdolžnega nagiba. Razdalja se določa na podlagi grafikona v Sliki 38. Pri predorih, v katerih je vzdolžni nagib ceste več kot 5 %, je treba razdalje posebej utemeljiti.



Slika 38: Maksimalna razdalja izhodov v sili

(Povzeto po SN 505 197/2, 1993, str. 199)

Evakuacijske poti, ki niso dopustne:

- v prostorih brez izhoda na prosto;
- evakuacijska pot, ki vodi v prostor, ki se nahaja nad voziščno konstrukcijo.

Možne evakuacijske poti vodijo:

- direktno na prosto, zraven predora, ki ima minimalno kritje oziroma z ustrežno topografijo;
- v vzporeden rov, ki vodi na prosto;
- v kanal, ki se ne nahaja izven cestišča in vodi na prosto.

Če se načrtuje izgradnja druge cevi, je treba zgraditi vzporedni rov, ki bo do konca gradnje druge cevi služil kot varnostni rov.

Pri dvocevnih predorih se evakuacijske poti razporedijo enakomerno na maksimalni razdalji 300 m. Za ta namen služijo prehodni prečniki med obema predoroma. Evakuacijske poti pri predorih, ki so daljši od 1,20 km, znaša maksimalna razdalja med prečniki 900 m in vsak tretji prečnik je prevozen.

#### Komentar

V opisanih smernicah vodijo evakuacijske poti na prosto in morajo biti zaščitene pred dimom. Sama razporeditev evakuacijskih poti je v posameznih državah različna.

Švicarski predpis določa maksimalno razdaljo med izhodi v sili glede na vzdolžni nagib nivelete, medtem ko nemški predpis določa, da so pri predorih daljših od 400 m izhodi v sili razporejeni na razdalji manjši od 300 m.

#### 3.3.4.2 Prečniki

V uredbi je prečnik namenjen reševanju v izjemnih primerih. Ločimo:

- vmesne prečne prehode za pešce
- vmesne prečne prehode za vozila.

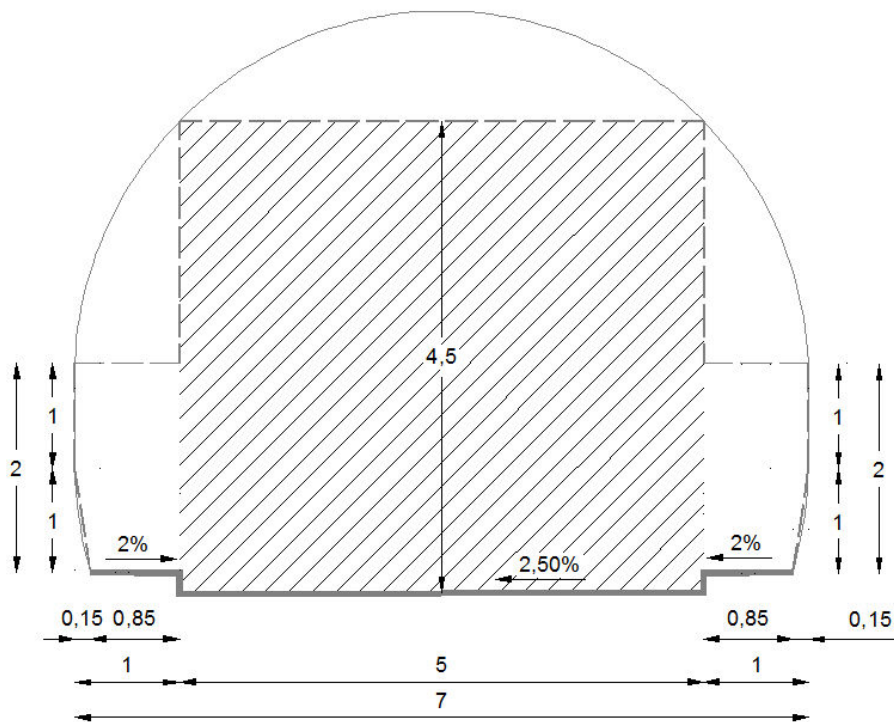
V vseh predorih, ki so daljši od 1.000 m, je za nujne primere in za potrebe vzdrževanja potrebno predvideti vmesne prečne prehode za pešce. Razdalja med prečnimi prehodi za pešce ne sme presegati 500 m. Minimalna svetla odprtina prehoda je 1×2 m.

Vmesni prečni prehodi za vozila morajo biti predvideni v vseh predorih, daljših od 2.000 m. Praviloma se vmesni prečni prehod za vozila izdelava ob vsaki drugi odstavnici niši oz. pri vsakem tretjem prečniku (na max. 1.500 m). Minimalna svetla odprtina prehoda je 3,5×3,6 m. Skozi tak prehod mora biti omogočen prevoz vsem vozilom, da v nujnem primeru skozi sosednjo predorsko cev zapustijo območje predora.

RVS smernice ločijo tri tipe prečnikov:

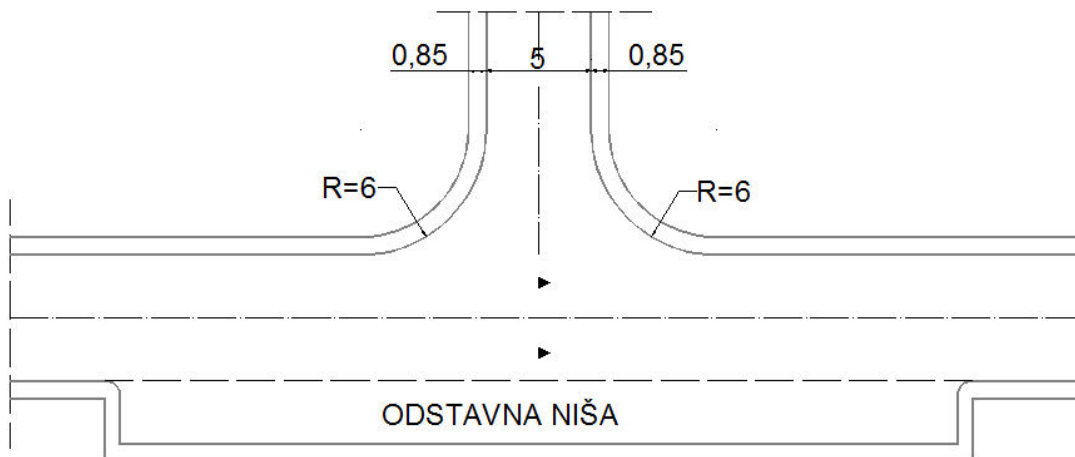
- prečnike za reševalce
- prevozne prečnike
- pohodne prečnike.

Potrebo po prevoznih prečnikih, za predore daljše od 4.000 m, se utemelji v sklopu prometnega koncepta. V primeru, da se nujnost po prevoznih prečnikih pri dolžini predora večji od 4.000 m se locira nasproti odstavne niše. Pohodni prečniki se nahajajo med prevoznimi prečniki in prečniki za reševalce.



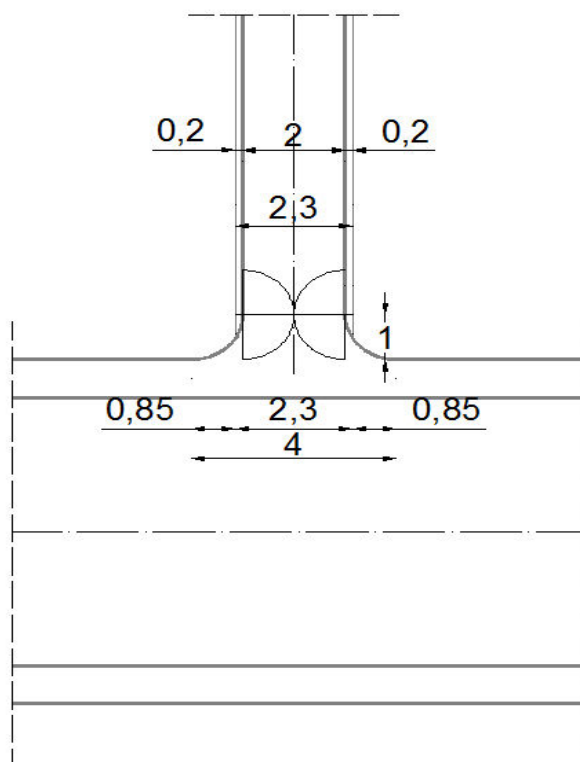
Slika 39: Prečni prerez prečnika za vozila

(Povzeto po RVS 09.01.24, 1987, str. 4)



Slika 40: Prečnik v enosmernem predoru na območju odstavne niše

(Povzeto po RVS 09.01.24, 1987, str. 4)



Slika 41: Tloris pohodnega prečnika

(Povzeto po RVS 09.01.24, 1987 str. 4)

RABT definira prečnike kot razširitvene gradbene elemente med dvema vzporedno potekajočima predoroma. Prečnik je obojestransko zaprt z vrati. Pri dvocevnih predorih je lahko vsak tretji prečnik prevozen za reševalce, ko je to upravičeno s strani reševalnega in varnostnega koncepta. Nemški predpis omogoča gradnjo reševalnih jaškov in reševalnih rovov z izhodom na prosto v primeru nesreče.

SIA loči prečnike na pohodne in prevozne. Pohodni prečniki imajo svetlo odprtino, minimalnih dimenzij 2 x 2,50 m. Vrata pohodnega prečnika so krilna in minimalnih dimenzij 1 x 2 m. Zahteva predpisa je, da mora biti uporaba vrat enostavna. V primeru uporabe drsnih vrat morajo biti navodila za uporabo jasno napisana za uporabnika. Uporaba drsnih vrat mora biti utemeljena. Prevozni prečniki imajo svetlo odprtino dimenzij 4,20 x 4,50 m in vrata minimalnih dimenzij 4 x 4,30 m. Pri prevoznih prečnikih velja isto kot pri prehodnih prečnikih.

Italijanski normativ za dvocevne predore predpisuje, da morajo biti predvidene povezave za pešce na vsakih 300 m in povezave za prehod reševalnih ali servisnih vozil na vsakih 900 m.

#### Komentar:

Vse smernice omenjajo prečnike kot možno smer evakuacije v primeru izrednega dogodka v predoru. Poznajo prevozne in pohodne prečnike. V Sloveniji in Avstriji je razporeditev prečnikov odvisna predvsem od dolžine predora. V nemških in švicarskih smernicah nisem zasledila načina določanja razporeditev prečnikov, čeprav jih v svojih smernicah omenjajo. Italijanske smernice predvidevajo pohodne prečnike na vsakih 300 m in prevozne prečnike na vsakih 900 m.

Preglednica 13: Prikaz dimenzij pohodnih in prevoznih prečnikov

Država in smernica oz. drugi viri	Pohodni prečniki		Prevozni prečniki	
	Širina profila [m]	Višina profila [m]	Širina profila [m]	Višina profila [m]
Slovenija	<b>1,00</b>	<b>2,00</b>	<b>5,00</b>	<b>4,50</b>
RVS	<b>1,00</b>	<b>2,00</b>	<b>5,00</b>	<b>4,50</b>
RABT	/	/	/	/
SN	<b>2,00</b>	<b>2,50</b>	<b>4,20</b>	<b>4,50</b>
Italija	/	/	/	/

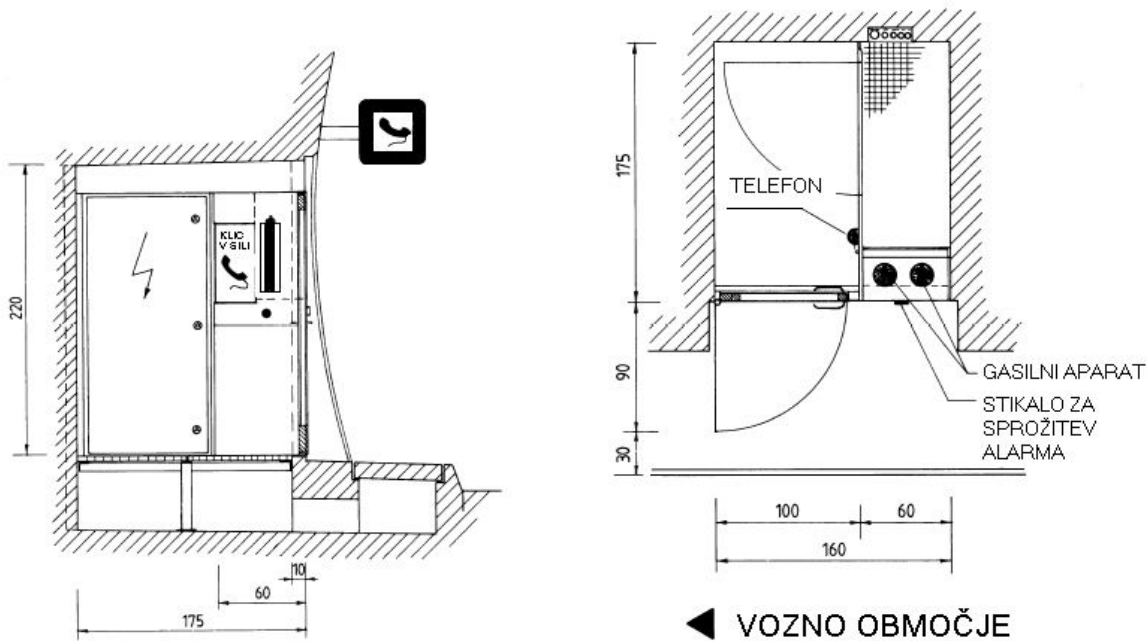
### 3.3.5 Niše za klic v sili

V Slovenski uredbi so govorne garniture za klic v sili nameščene pred portali predorov ter v predorih, daljših od 500 m. Prva niša v predoru ne sme biti oddaljena manj kot 200 m od vstopnega portala. V notranjosti so nameščene na medsebojni razdalji 150 m vzdolž ene strani predorske cevi. Pri enosmernem prometu v predoru so nameščene ob voznem pasu (desna stran v smeri vožnje).

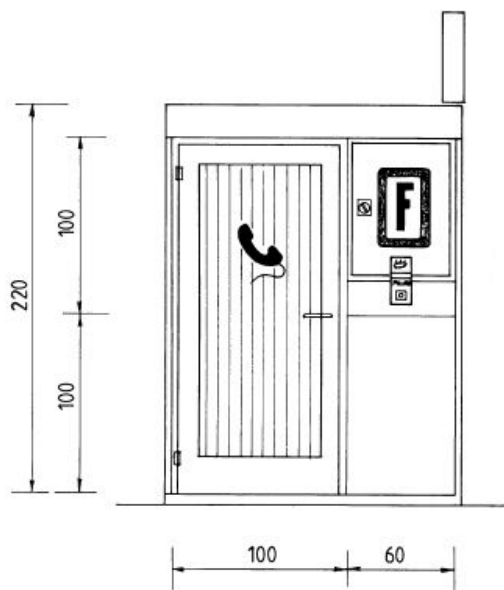
V predoru morajo biti govorne garniture za klic v sili nameščene v nišah, ki se zapirajo z vrati. Ob portalih naj bodo govorne garniture nameščene na stebričkih, kot ob cesti zunaj predora, ali v posebnih kabinah. Niše morajo biti jasno označene in opremljene z dvema ročnima aparatoma za gašenje. Sistem klica v sili mora biti povezan s centrom za upravljanje predora.

V uredbi so niše za klic v sili, ki so namenjene namestitvi različne varnostne opreme, predvsem sistema klica v sili in gasilnih aparatov, niso namenjene zaščiti uporabnikom predora v primeru požara. Znaki naj označujejo razpoložljivo opremo za uporabnike predora in v nišah za klic v sili naj jasno čitljivo besedilo, napisano v več jezikih, opozarja, da varnostna niša ne zagotavlja zaščite v primeru požara.

V RVS so niše za klic v sili (NKS) definirane kot prostori v območju stranske stene izven območja karakterističnega prereza predora, na katerih se nahaja oprema za klic v sili (SKS) in osnovna oprema za gašenje.



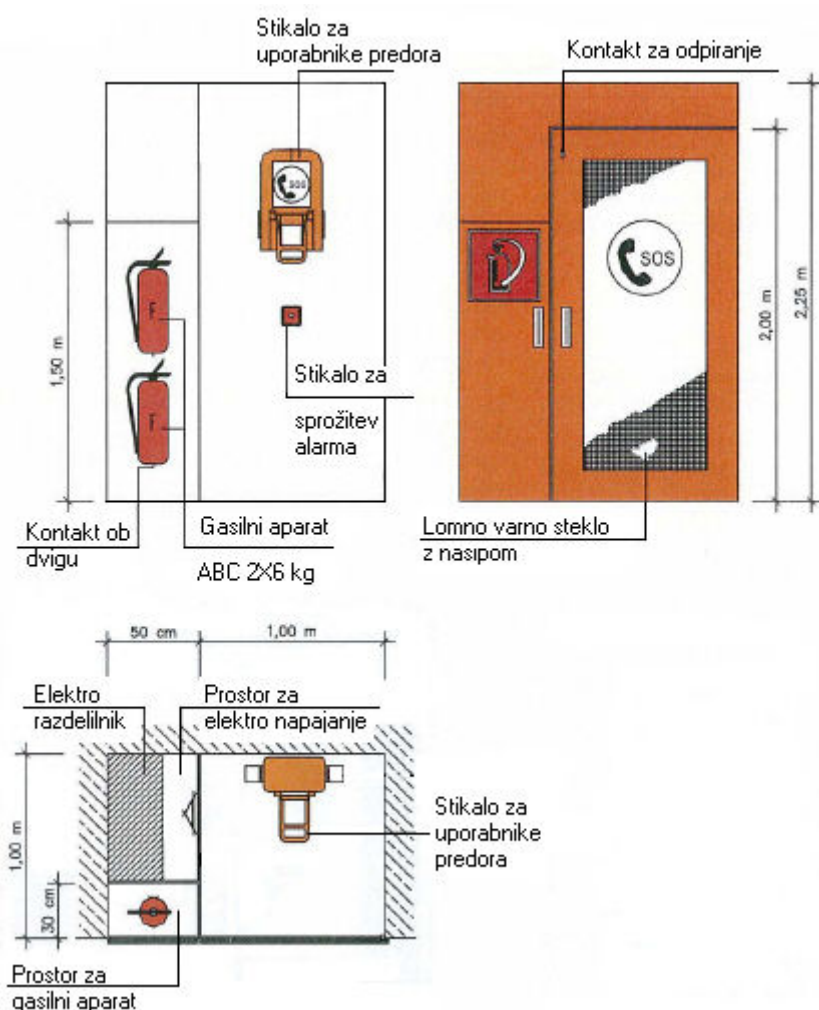
Slika 42: Prerez in tloris niše za klic v sili



Slika 43: Pogled niše za klic v sili

(Povzeto po RVS 09.01.24, 1987, str. 2, 3)

V nemških smernicah se niše za klic v sili nahajajo v predorih, ki so daljši od 400 m, na enakomerni razdalji, ki ni večja od 150 m, in tudi na začetku in koncu evakuacijskih poti. V predoru, se niše za klic v sili zaradi hrupa zapirajo z vrati. Niše se nahajajo tudi na portalih predora, neodvisno od njegove dolžine, in v odstavnih nišah. Ker kabine ne izpolnjujejo protipožarnih predpisov, je na notranji in zunanji stani kabine opozorilo: »V primeru požara zapustite kabino«. Niša za klic v sili je prikazana na Sliki 44. Videz niš za klic v sili na avtocestah je specifičen za avtoceste, medtem ko naj bi na ostalih cestah v Nemčiji niše za klic v sili odgovarjale predpisom nemškega Telekoma ali tem enakovrednim.

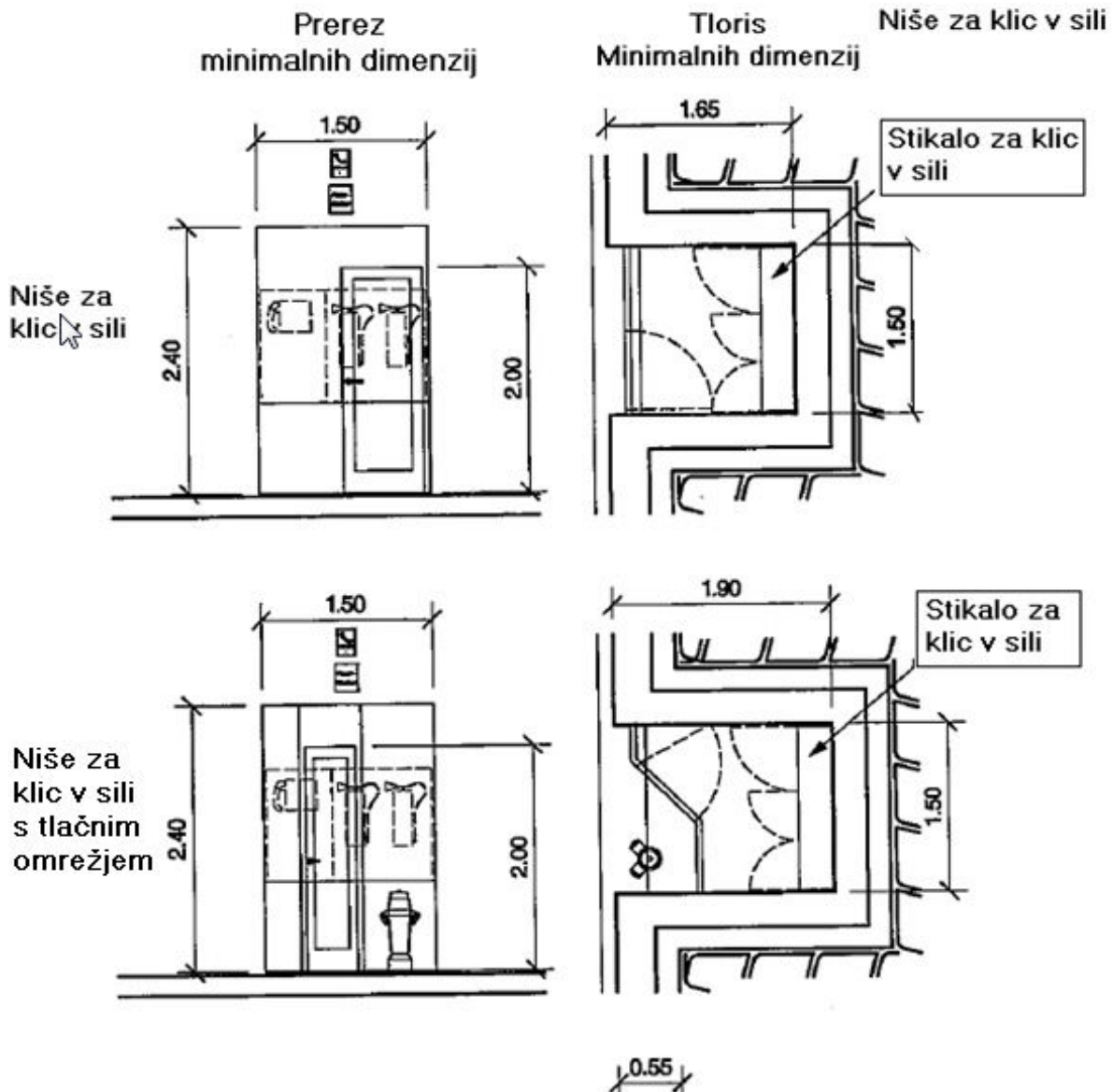


Slika 44: Niše za klic v sili na avtocestah

(Povzeto po RABT, 2006, str. 37)



Švicarske smernice določajo, da se niše za klic v sili pri enocevni predorih se postavijo obojestransko na razdalji 150 m. Pri dvocevni predorih se niše postavijo v smeri vožnje, na desni strani, na medsebojni razdalji 150 m.



Slika 45: Minimalne dimenzije niš

(Povzeto po SN 505 197/2, 1993, str. 18)

Italijanski normativ ne omenja niš za klic v sili in njihove opreme.

Komentar:

Postavitev in dimenzije niš za klic v sili so v vseh smernicah enake. Razlikujejo se samo švicarske smernice, kjer je niša za klic v sili opremljena s tlačnim omrežjem.

Preglednica 14: Prikaz minimalnih dimenzij NKS

<b>Država in smernica oz. drugi viri</b>	<b>Razporeditev [m]</b>	<b>Dimenzije NKS [m]</b>
Slovenija	≤150	1,60/1,75/2,20
Avstrija	≤150	1,60/1,75/2,20
Nemčija	≤150	1,00/1,50/2,25
Švica	≤150	1,65/1,50/2,40
Italija	/	/

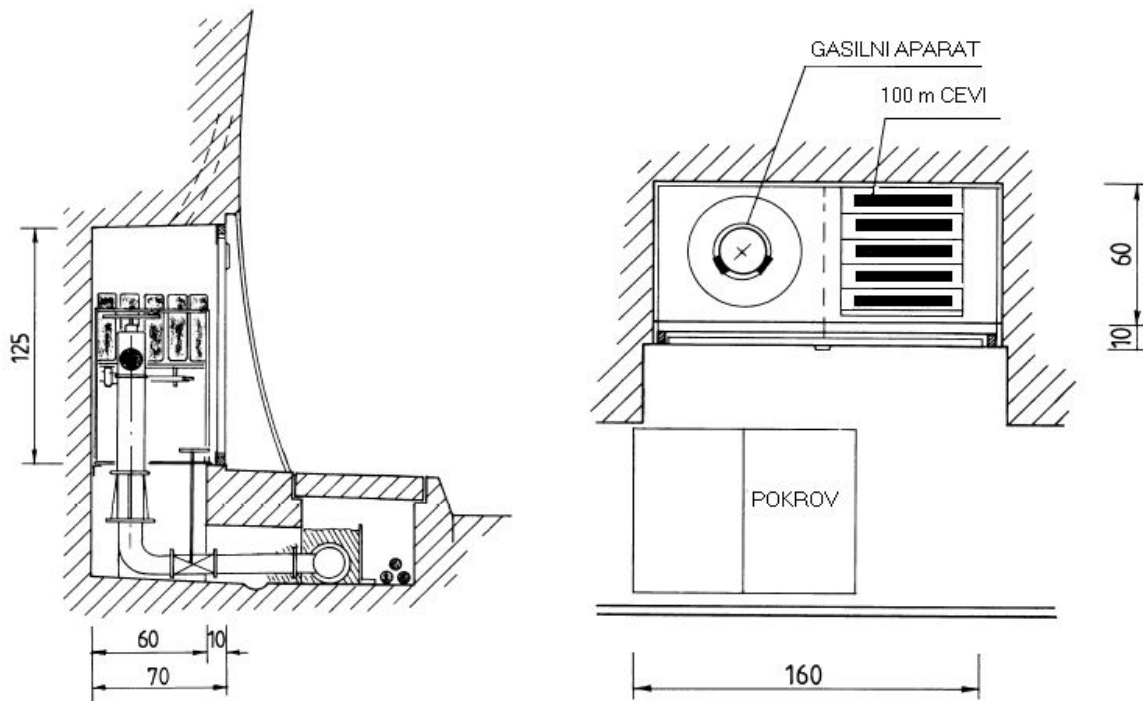
### 3.3.6 Niše za tlačno omrežje

V uredbi in v smernicah RVS so niše za gasilne aparate (NGA) prostori v območju stranskega zidu izven karakterističnega prereza predora, v katerem so nameščeni hidranti in k njim pripadajoča oprema. Praviloma se niše za gasilne aparate izvedejo kot je prikazano na Sliki 46. Protipožarne niše morajo biti nameščene v razmiku največ 150 m vzdolž celega predora in v njih mora biti izveden priključek na cevovod.

V predorih, daljših od 500 m, skladno z zahtevami Direktive 2004/54/EC glede na analizo tveganja, se za gašenje požarov vgradi tlačni cevovod za zanesljivo vodno oskrbo po celi dolžini predora. Tlačni cevovod je praviloma nameščen v inštalacijski kineti pod pločnikom.

V dvocevnih predorih se tlačna cevovoda obeh predorskih cevi priključi na skupen vodni sistem, ki je priključen na krajevni vodovodni sistem ali na vodni rezervoar.

Poleg tlačnega omrežja, se v predoru morajo postaviti tudi ročni gasilni aparati, ki omogočajo gašenje začetnih požarov. V vsaki niši za klic v sili ter na prostoru pred in za predorom morata biti nameščena dva prenosna ročna gasilna aparata. Z dvigom gasilnega aparata se sproži optični in zvočni signal v kontrolnem centru za upravljanje predora, pri tem se aktivira kamera v predoru, ki je najbližja mestu dviga ročnega gasilnega aparata in na osnovi slike na monitorju CUP mora operater ustrezno ukrepati.

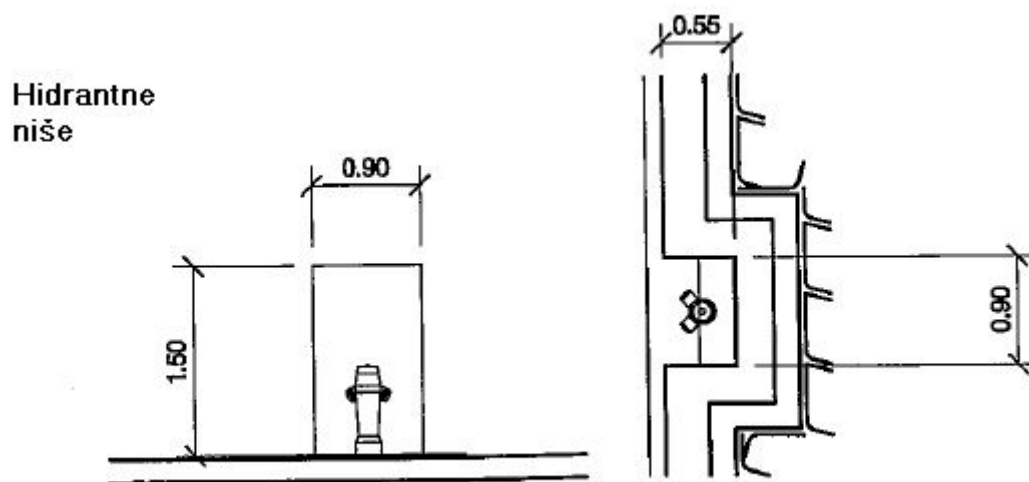


Slika 46: Prerez in tloris niše za gasilni aparat

(Povzeto po RVS 09.01.24, 1987, str. 3)

Nemške smernice imajo v predpisih poglavje, ki je namenjeno opreми za gašenje. Oprema za gašenje zajema ročne gasilne aparate in tlačno omrežje. Dva ročna gasilna aparata se nahajata na vsaki niši za klic v sili. Aparati se integrirajo tako, da so direktno dostopni iz prometnega profila. Pri odprtju vrat omarice se prižge rumena luč pri niši, kot tudi spremeni luč na portalu. Mesto odvzema gasilnega aparata se označi kot zasedeno. Obvestilo o zasedenosti se lahko preneha, ko se gasilni aparat ponovno postavi v nišo. Ponovna postavitvev je omogočena vzdrževalnemu osebju predora, ki ima poseben ključ. S tem postopkom je onemogočena ponovna postavitvev praznih aparatov za gašenje. Tlačno omrežje se nahaja v predorih, ki so daljši od 400 m v nišah.

Švicarske smernice določajo se tlačni vod pri enocevnom predoru locira enostransko na razdalji 150 m. Pri dvocevnom predoru se tlačni vod locira na desni strani v smeri vožnje na razdalji 150 m. Tlačni vod se lahko postavi pred nišo za klic v sili na enaki razdalji.



Slika 47: Prikazuje minimalne dimenzije hidrantne niše

(Povzeto po SN 505 197/2, 1993, str. 18)

Italijanski normativ ne omenja tlačnega voda in ročnih gasilnih aparatov v predoru.

### Komentar

V Sloveniji in Avstriji vgrajujejo tlačne vode (za požarno vodo) v predorih, daljših od 500 m, medtem ko v Nemčiji vgrajujejo tlačni vod v predorih, daljših od 400 m. V omenjenih državah je kapaciteta vodnega rezervoarja in tlačnega cevovoda takšna, da zagotavlja stalen pretok 1.200 l/min vsaj eno uro. V Švici so hidranti locirani na medsebojni razdalji 150 m. Pri enocevni predorih se niše s hidranti nahajajo na obeh straneh vozišča, medtem ko je pri dvocevni predorih tlačni vod s hidranti na desni strani v smeri vožnje. V Švicarskih smernicah se hidranti nahaja tudi pred nišami za klic v sili. S tem se tudi zmanjša število niš za hidrante v tlačnem omrežju.

Ročne gasilne aparate se v Sloveniji, Avstriji, Nemčiji in Švici locira v niše za klic v sili. Odstranitev aparata iz pritrdila zazna center za upravljanje predora in tako dobi informacijo o lokaciji požara. Ponovna postavitvev aparata je mogoča le s posebnim ključem.

Italijanski normativ ne omenja tlačnega voda, niti ročnih gasilnih aparatov.

Preglednica 15: Niše tlačnega omrežja

<b>Država in smernica oz. drugi viri</b>	<b>Razporeditev NGA [m]</b>	<b>Dimenzije NGA [m]</b>
Slovenija	≤150	1,60/0,60/1,25
Avstrija	≤150	1,60/0,60/1,25
Nemčija	/	/
Švica	≤150	0,55/0,90/1,50
Italija	/	/

## 4 ZAKLJUČEK

V diplomski nalogi je zajeta primerjava sestavin elementov v cestnih predorih, kot jih določajo državni tehnični predpisi v Sloveniji, Avstriji, Nemčiji, Švici in Italiji. S tem so predstavljene tudi razlike in podobnosti med smernicami, ki se uporabljajo za projektiranje cestnih predorov na področju Evrope.

V Sloveniji imamo Uredbo o tehničnih normativih in pogojih za projektiranje cestnih predorov v Republiki Sloveniji (UL RS št. 48/2006). Za tiste elemente, ki jih slovenski predpisi ne obravnavajo, se v praksi uporabljajo avstrijski ali nemški predpisi.

Avstrijske predpise predvsem uporabljamo pri projektiranju predorov, medtem ko nemške pri projektiranju cest. Načelno tehnično to ni nič narobe. Problem, ki nastane pri uporabi različnih smernic, je, da pri tem nimamo zagotovila o medsebojni skladnosti elementov, ki jih uporabimo v posameznem predoru. Ker imamo v Sloveniji nekaj osnovnih tehničnih elementov vendarle drugače predpisanih kot v tujini, bi bilo smotrno in tudi pravno pravilno, da bi tudi za tiste elemente, ki jih projektanti danes povzemajo po tujih predpisih, določili, kateri med njimi so tisti, ki se jim priznava skladnost z našimi osnovnimi.

Smernice, ki so obravnavane v diplomski nalogi, v veliki meri že vse upoštevajo zahteve, ki izhajajo iz Direktive Evropskega parlamenta in Sveta Evrope o minimalnih varnostnih zahtevah za predore v vseevropskem cestnem omrežju. Treba je vedeti, da direktiva postavlja le zahteve glede varnosti (med drugim tudi t.i. Risk-Analysis), ne pa tudi zahtev glede tehničnih elementov v gradbenem smislu in zahtev glede varnosti v predorih, ki niso v vseevropskem cestnem omrežju. Za to dvojje bomo morali poskrbeti sami, če želimo, da bodo naši predori, ki jih bo gotovo vse več, varni in za voznike čim bolj nemoteče urejeni.

## VIRI

Uredba o tehničnih normativih in pogojih za projektiranje cestnih predorov v Republiki Sloveniji, UL RS št. 48/2006: str. 5189-5195; str. 5214-5220

Official Journal of European Union L 167 of 30 April 2004; Directive 2004/54/EC of European parliament and of the council of 29 April 2004 on minimum safety requirements for tunnels in the trans – European road network: str L201/56 – L 201/76

Richtlinien und Vorschriften für den Straßenbau, RVS 09.01.22, Ausgabe Juli 1994: str. 1-3

Richtlinien und Vorschriften für den Straßenbau, RVS 09.01.24, Ausgabe Juli 1987: str. 1-5

Richtlinien und Vorschriften für den Straßenbau, RVS 09.01.21, Ausgabe September 2007: str. 4-6

Richtlinien und Vorschriften für den Straßenbau, RVS 09.01.22, Ausgabe März 2010: str. 7-10

Richtlinien für die Ausstattung und den betrieb von Straßentunneln, RABT 2006: str. 7-8; str. 11-15; str. 34-41

Schweizer norm SN 505 197, Projektierung Tunnel, Grundlagen, Ausgabe 1993: str. 37-40

Schweizer norm SN 197/2, Projektierung Tunnel, Straßentunnel, Ausgabe 1993: str. 13-24

Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation, Bundesamt für Strassen, Richtlinien, Normalprofile, Rastplätze und Raststätten der Nationalstrassen, ASTRA 2002: str. 5; str. 13-14; str. 37

Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade, Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, Inspectorato generale per la circolazione la sicurezza stradale, 2002: str. 38-41

World Road Association, 2004. CROSS SECTION DESIGN FOR BI-DIRECTIONAL ROAD TUNNELS.

PIARC Technical Committee on Road Tunnel Operation (C5): str. 7-15; str. 57-63

World Road Association, 2001. CROSS SECTION GEOMETRY IN UNIDIRECTIONAL ROAD TUNNELS.

PIARC Technical Committee on Road Tunnel Operation (C5): str. 9-11

[www.britanica.com](http://www.britanica.com)

30.11.2009