

TRAJNOST KONSTRUKCIJA II

ZAŠTITNE OGRADE NA CESTAMA I MOSTOVIMA

Uvodno o prikladnosti zaštitnih ograda

- Pravilnik o prometnim znakovima, signalizaciji i opremi na cestama, NN 33/05, 64/05 i 155/05.

- 1 kriterij razine zadržavanja

- EN 1317 (3 kriterija zaštite)

- + kriterij ozbiljnosti učinka udara na korisnike vozila
 - + kriterij deformacije zaštitne ograde

- Smjernice i preporuke za odabir

- + Uzimaju u obzir kolike su opasnosti prisutne na mjestu ugradnje i uvjete prometa

Članak 89.

Zaštitna ograda je tehnička sigurnosna konstrukcija kojoj je osnovna svrha spriječiti klizanje vozila s (planuma) ceste, odnosno zadržati vozila skrenuta s kolnika.

Zaštitna ograda se izrađuje od čelika, betona (tip New Jersey), ili kombinirano.

Zaštita ograda mora se postaviti>

- u razdjelnom pojasu, ovisno o veličini prometa,
- na cestovnom objektu,
- kad je cesta na nasipu višem od 3.0 m,
- ispred opasnog mjesta (bočne opasnosti).

Klasa zaštitne ograde ovisno o kategoriji ceste:

KATEGORIJA CESTE	RUB KOLNIKA	RAZDJELNI POJAS	OBJEKT
AUTOCESTA I BRZA CESTA	H2-H1	H2	H3 – H2
DRŽAVNA CESTA I BRZA GRADSKA CESTA	H1	–	H2
OSTALE CESTE	N2	–	H1 – H2

Kriteriji zaštite od udara

□ Kriteriji koji se primjenjuju

- za procjenu učinkovitosti zaštitnih cestovnih sustava,
- za definiranje granice prihvatljivosti te
- za opisivanje tehničkih razreda jesu:
 1. kriterij zadržavanja vozila (sposobnost zaštitnog sustava da preusmjeri probno vozilo)
 2. kriterij ozbiljnosti učinka udara na korisnike vozila (rizik ozljeđivanja putnika vozila)
 3. kriterij deformacije zaštitne ograde (deformacija zaštitne ograde nakon udara vozila).



1. Kriteriji zadržavanja vozila

- sposobnost zaštitnog sustava da preusmjeri probno vozilo (propisane težine, brzine i kuta udara)
- Razine zadržavanja podijeljene su u više kategorija i označavaju se slovima T, N, H i Ha/b
- Razine zadržavanja L/La/Lb se rijetko koriste u praksi (uzimaju u obzir neke posebne uvjete na prometnicama).

Tablica 2. Razine zadržavanja i odgovarajuće vrste ispitivanja

Razina zadržavanja	Ispitivanje
Niska razina zadržavanja	
T1	TB 21
T2	TB 22
T3	TB 41 i TB21
Normalna razina zadržavanja	
N1	TB 31
N2	TB 32 i TB 11
Visoka razina zadržavanja – 2 ispitivanja	
H1	TB 42 i TB 11
H2	TB 51 i TB 11
H3	TB 61 i TB 11
Vrlo visoka razina zadržavanja – 2 ispitivanja	
H4a	TB 71 i TB 11
H4b	TB 81 i TB 11
Visoka razina zadržavanja – 3 ispitivanja	
L1	TB 42 i TB 32 i TB 11
L2	TB 51 i TB 32 i TB 11
L3	TB 61 i TB 32 i TB 11
Vrlo visoka razina zadržavanja – 3 ispitivanja	
L4a	TB 71 i TB 32 i TB 11
L4b	TB 81 i TB 32 i TB 11

1. Kriteriji zadržavanja vozila

- Razina zadržavanja označava maksimalno opterećenje zaštitnih cestovnih sustava, ali pri tome pruža i maksimalnu sigurnost za manja vozila.

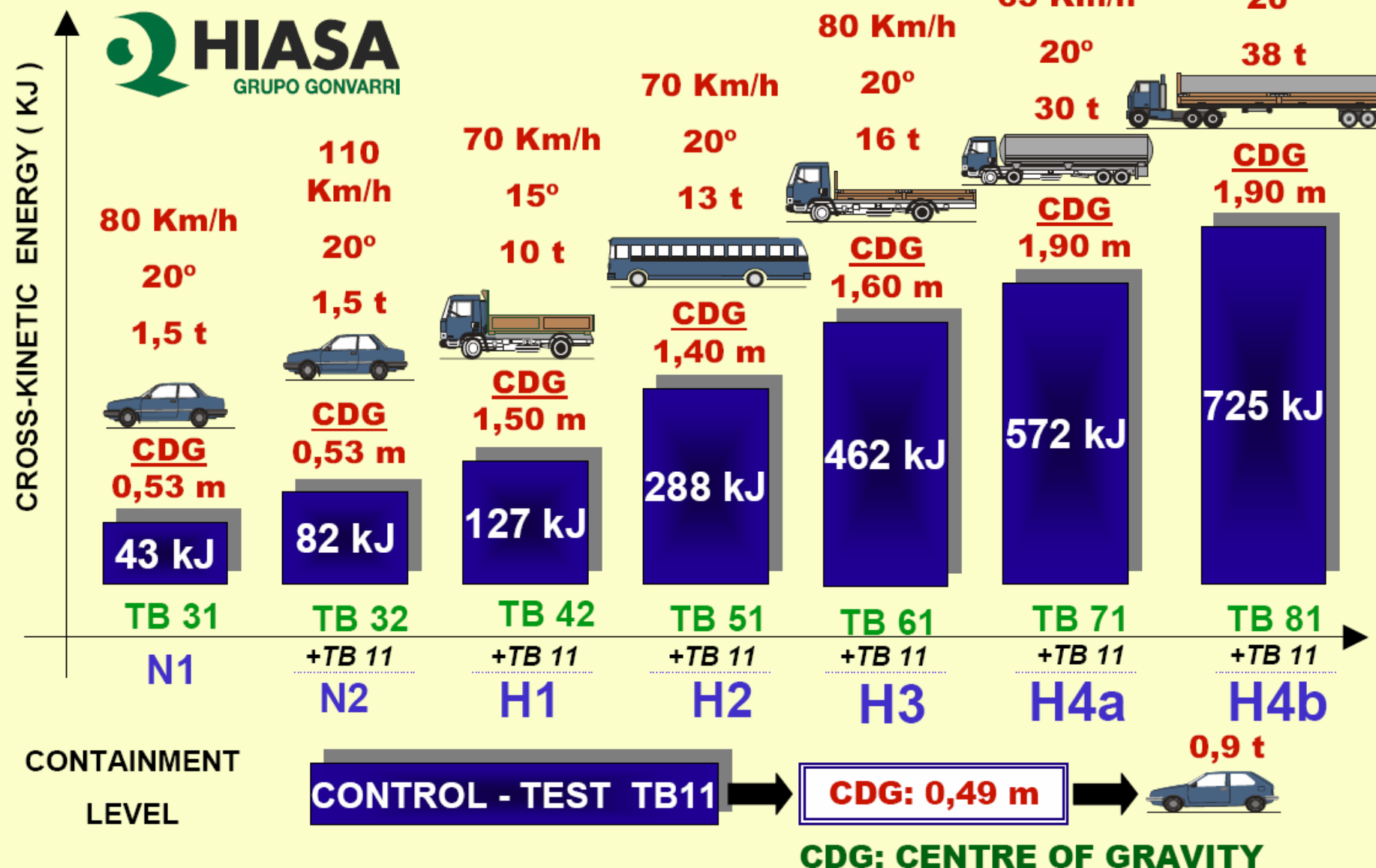
Tablica 1. Vrste i kriteriji ispitivanja na udar vozila

	Brzina udara (km/h)	Kut udara (°)	Ukupna masa vozila (kg)	Vrsta vozila
TB 11	100	20	900	automobil
TB 21	80	8	1300	automobil
TB 22	80	15	1300	automobil
TB 31	80	20	1500	automobil
TB 32	110	20	1500	automobil
TB 41	70	8	10000	kamion
TB 42	70	15	10000	kamion
TB 51	70	20	13000	autobus
TB 61	80	20	16000	kamion
TB 71	65	20	30000	kamion
TB 81	65	20	38000	tegljač

Tablica 2. Razine zadržavanja i odgovarajuće vrste ispitivanja

Razina zadržavanja	Ispitivanje
Niska razina zadržavanja	
T1	TB 21
T2	TB 22
T3	TB 41 i TB21
Normalna razina zadržavanja	
N1	TB 31
N2	TB 32 i TB 11
Visoka razina zadržavanja – 2 ispitivanja	
H1	TB 42 i TB 11
H2	TB 51 i TB 11
H3	TB 61 i TB 11
Vrlo visoka razina zadržavanja – 2 ispitivanja	
H4a	TB 71 i TB 11
H4b	TB 81 i TB 11
Visoka razina zadržavanja – 3 ispitivanja	
L1	TB 42 i TB 32 i TB 11
L2	TB 51 i TB 32 i TB 11
L3	TB 61 i TB 32 i TB 11
Vrlo visoka razina zadržavanja – 3 ispitivanja	
L4a	TB 71 i TB 32 i TB 11
L4b	TB 81 i TB 32 i TB 11

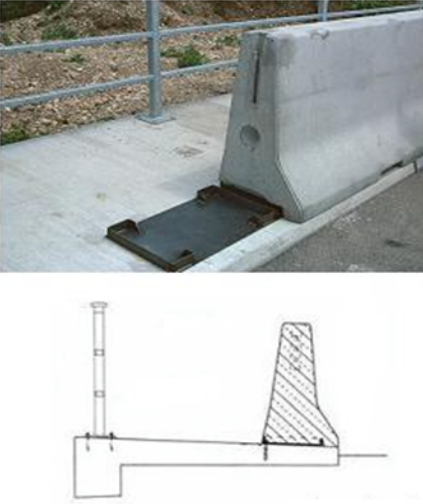
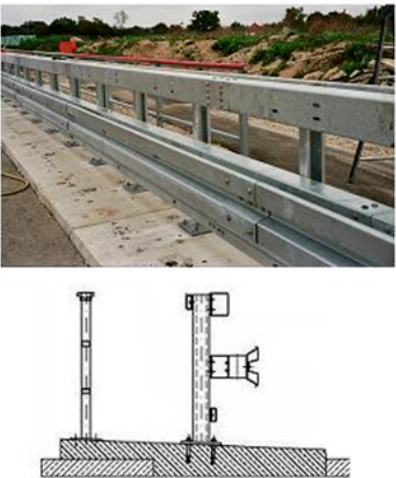
CONTAINMENT LEVELS TO EN-1317-2



Udar tegljača (TB81)u ogradu



Primjeri udara u neke ograde

OGRADA	SLIKA	SVOJSTVA	UDAR KAMIONA (TB 81)	UDAR AUTOMOBILA (TB 11)
A		Materijal: beton Širina: 0.58 m Visina: 1.07 m Udaljenost do ruba vijenca: 0.0 m Sidrenje: 1 anker (M16) svakih 6 m Težina: 783 kg/m		
B		Materijal: čelik Širina: 0.60 m Visina: 1.24 m Udaljenost do ruba vijenca: 0.4 m Sidrenje: 4 ankera (M16) svakih 1.33 m Težina: 88 kg/m		

1. Kriteriji zadržavanja vozila

- Ponašanje zaštitnih cestovnih sustava podrazumijeva da vozilo ne smije ozbiljno oštetiti ili preskočiti sustav.
- Niti jedna deformacija zaštitnih cestovnih sustava ne smije prouzročiti probijanje vozila.



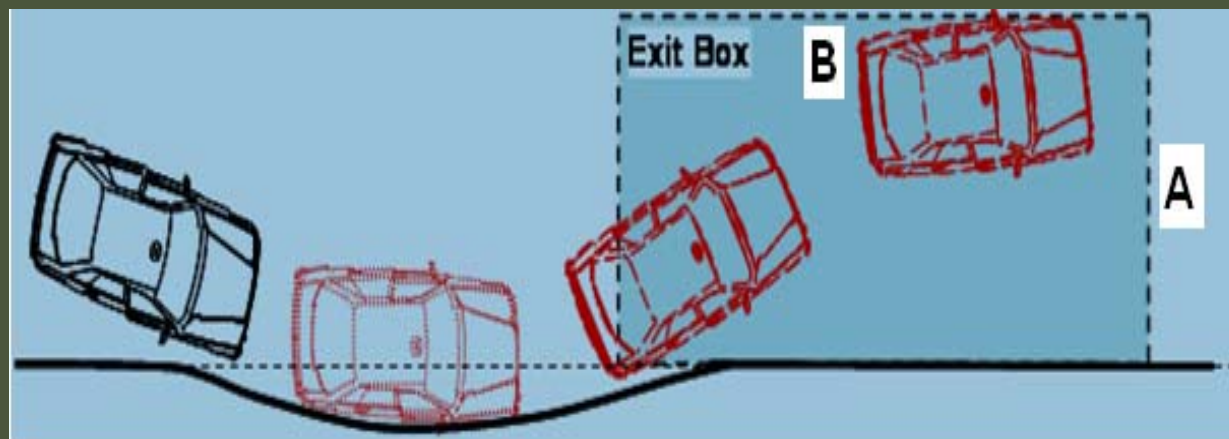
Primjeri oštećenja sidrenja zaštitnih ograda

- To svojstvo naročito je bitno kod uporabe zaštitnih cestovnih sustava na mostovima, gdje bi probijanje vozila prouzročilo značajne štete.



1. Kriteriji zadržavanja vozila

- ❑ Sustav mora zadržati i preusmjeriti vozilo na kontroliran i predvidljiv način.
- ❑ Vozilo mora napustiti područje zaštitne ograde nakon udara, tako da kotači vozila budu u području tzv. izlazne kutije



tip vozila	A m	B m
osobno vozilo	2,2	10
druga vozila	4,4	20

2. Kriteriji ozbiljnosti učinka udara na korisnike vozila

- ❑ ... može se definirati kao rizik ozljeđivanja putnika u vozilu. Određuje se na temelju triju pokazatelja:
 - **Indeks ozbiljnosti udara (ASI - Acceleration Severity Index)** je funkcija vremena, proračunava se ovisno o graničnim vrijednostima ubrzanja tijela i ubrzanja odabrane točke na vozilu uprosječenog za vremenski interval od 50ms. Ovaj parametar daje mjeru ozbiljnosti pomaka vozila na putnika koji sjedi blizu odabrane točke u vozilu.
 - **Teoretska brzina udara (THIV - Theoretical Head Impact Velocity)** predstavlja brzinu udara slobodne mase (glave putnika u vozilu) u unutarnju površinu vozila, nakon što je vozilo naglo promijenilo brzinu i smjer prilikom udara u zaštitni sustav. Teoretska brzina udara je pokazatelj opasnosti nevezanja putnika u vozilu.
 - **Usporavanje nakon udara (PHD - Post-impact Head Deceleration)** ovisno je o teoretskoj brzini udara, a pokazatelj je težine posljedica na putnika nakon udara u unutrašnjost vozila.

2. Kriteriji ozbiljnosti učinka udara na korisnike vozila

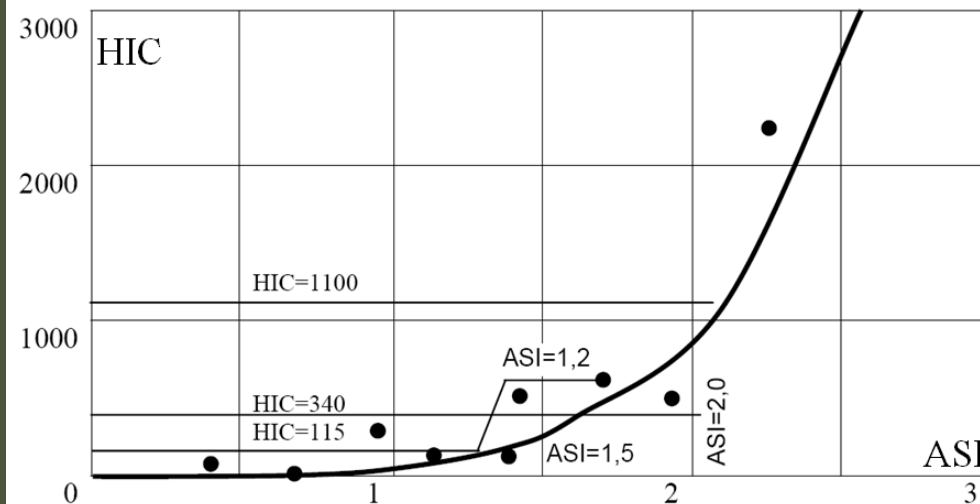
- ❑ Razina ozbiljnosti udara služi prvenstveno kao prikaz veličine rizika od ozljeđivanja korisnika putničkog vozila prilikom njegovog udara u zaštitnu ogradu.
- ❑ Ovaj prikaz je utoliko važan jer se u 90% slučajeva skretanja vozila s vozne trake radi o putničkim vozilima.
- ❑ Prema indeksu ozbiljnosti udara razlikuju se tri razine ozbiljnosti udara.
- ❑ *Razina C pridodana je normama 2007. godine iako postoje studije o njenoj štetnosti.*

Tablica 3. Razine ozbiljnosti udara i odgovarajuće vrijednosti pokazatelja

Razina ozbiljnosti udara	Vrijednosti pokazatelja		
A	$ASI \leq 1,0$	i	$THIV \leq 33 \text{ km/h}$
B	$ASI \leq 1,4$		
C	$ASI \leq 1,9$		

2. Kriteriji ozbiljnosti učinka udara na korisnike vozila

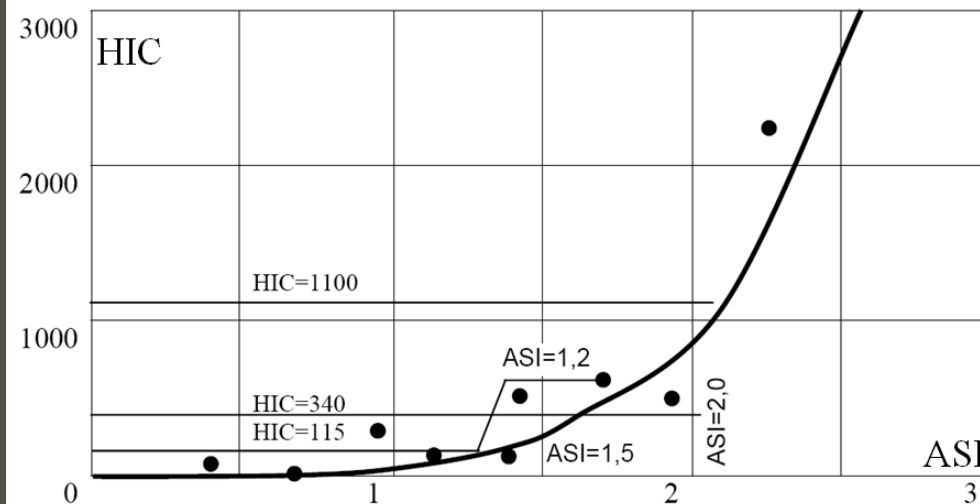
- Utvrđena je veza između
 - indeksa ozbiljnosti udara (**ASI**) i
 - kriterija povrede glave prikazana (**HIC** - *Head Injury Criterium*) - jedan od pokazatelja povrede putnika prilikom prometnih nesreća.
- Kod frontalnog udara vrijednost **200** ovog kriterija ukazuje na značajnu opasnost od povreda putnika, dok se vrijednost **1000** povezuje s ozbiljnim povredama.



Slika 1. Odnos kriterija povrede glave i indeksa ozbiljnosti udara

2. Kriteriji ozbiljnosti učinka udara na korisnike vozila

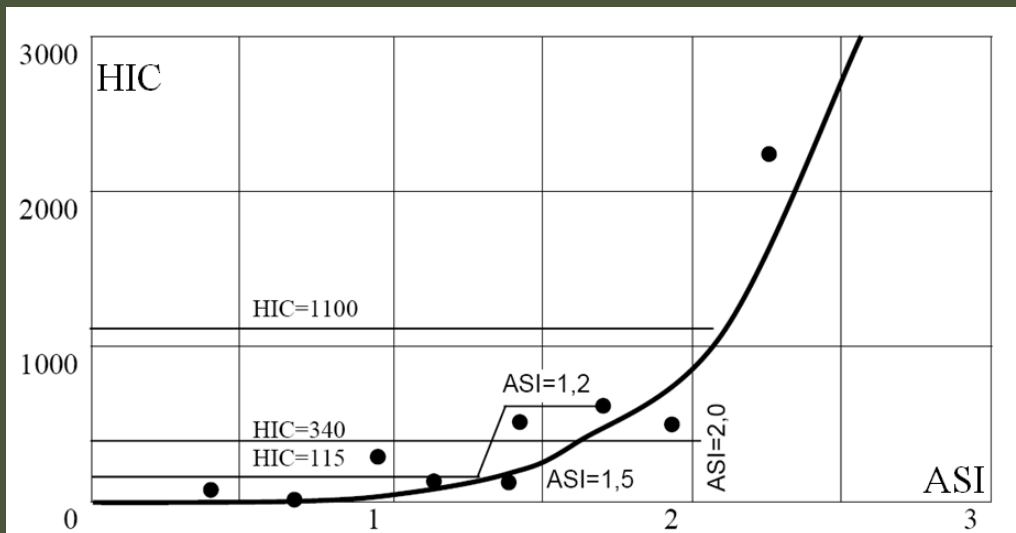
- Vidljivo je da sa porastom indeksa ozbiljnosti udara (**ASI**) vrijednost kriterija povrede glave (**HIC**) raste eksponencijalno.
- Prema mjerenjima, dopuštena granica indeksa ozbiljnosti udara (ASI) je vrijednost **1,5**.
- Do vrijednosti ASI indeksa **1,0**, vrijednost kriterija povrede glave HIC se nalazi ispod **100**,
- ali sa povećanjem vrijednosti ASI indeksa od **1,4** na **1,9** vrijednost pokazatelja HIC se penje na **1000**.



Slika 1. Odnos kriterija povrede glave i indeksa ozbiljnosti udara

2. Kriteriji ozbiljnosti učinka udara na korisnike vozila

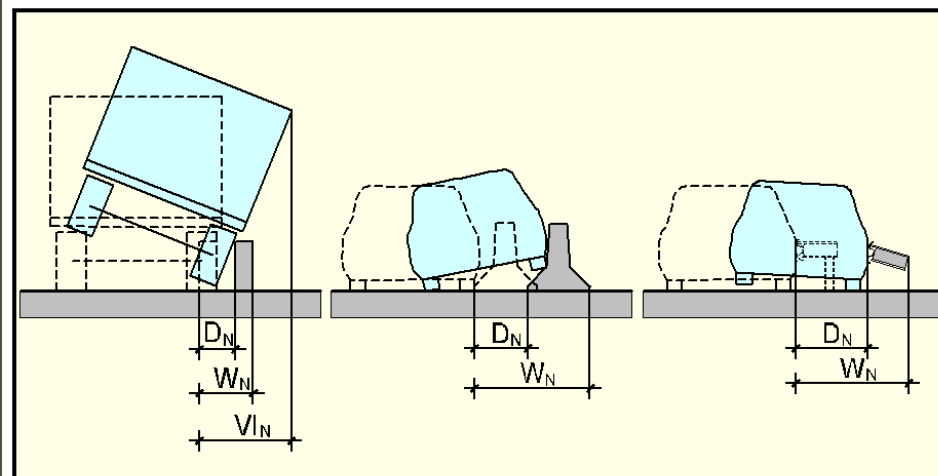
- Dakle, što je veća vrijednost ASI indeksa, to je veća opasnost da će prilikom nesreće nastupiti ozbiljne povrede.
- Stoga je uvođenje razreda C koji predstavlja potencijalnu opasnost za vozače i putnike upitno.



Slika 1. Odnos kriterija povrede glave i indeksa ozbiljnosti udara

3. Kriteriji deformacije zaštitnih ograda

- Deformacije zaštitnih ograda određuju tri parametra:
 - Radna širina (W - *working width*)** je udaljenost između unutarnje strane zaštitne ograde prije udara i pozicije najizbočenijeg dijela sustava nakon udara.
 - Dinamički progib (D - *dynamic deflection*)** maksimalni bočni pomak zaštitne ograde gledajući samo unutarnju stranu ograde. Za uske zaštitne sustave, dinamički progib teško se mjeri, a za takve slučajeve njegova širina može se uzeti kao radna širina (W).
 - Širina prodiranja vozila (VI)** prikazuje maksimalnu bočnu poziciju vozila pri udaru u zaštitnu ogradu. Ovi se parametri ispituju kod visokih vozila, kod kojih postoji mogućnost bočnog izlijetanja preko zaštitne ograde. U ta vozila ubrajamo kamione, autobuse i sl.



Slika 2. Primjeri radne širine W_N , dinamičkog progiba D_N i širine prodiranja vozila VI_N

3. Kriteriji deformacije zaštitnih ograda

- Svrha mjerenja ovih parametara je utvrditi veličinu bočnog prostora potrebnog za ispravnost sustava zaštitnih ograda.

Tablica 4. Razredi radne širine zaštitne ograde

Razredi radne širine	Razine radne širine (m)
W1	$W_N \leq 0,6$
W2	$W_N \leq 0,8$
W3	$W_N \leq 1,0$
W4	$W_N \leq 1,3$
W5	$W_N \leq 1,7$
W6	$W_N \leq 2,1$
W7	$W_N \leq 2,5$
W8	$W_N \leq 3,5$

Tablica 5. Razredi širine prodiranja vozila

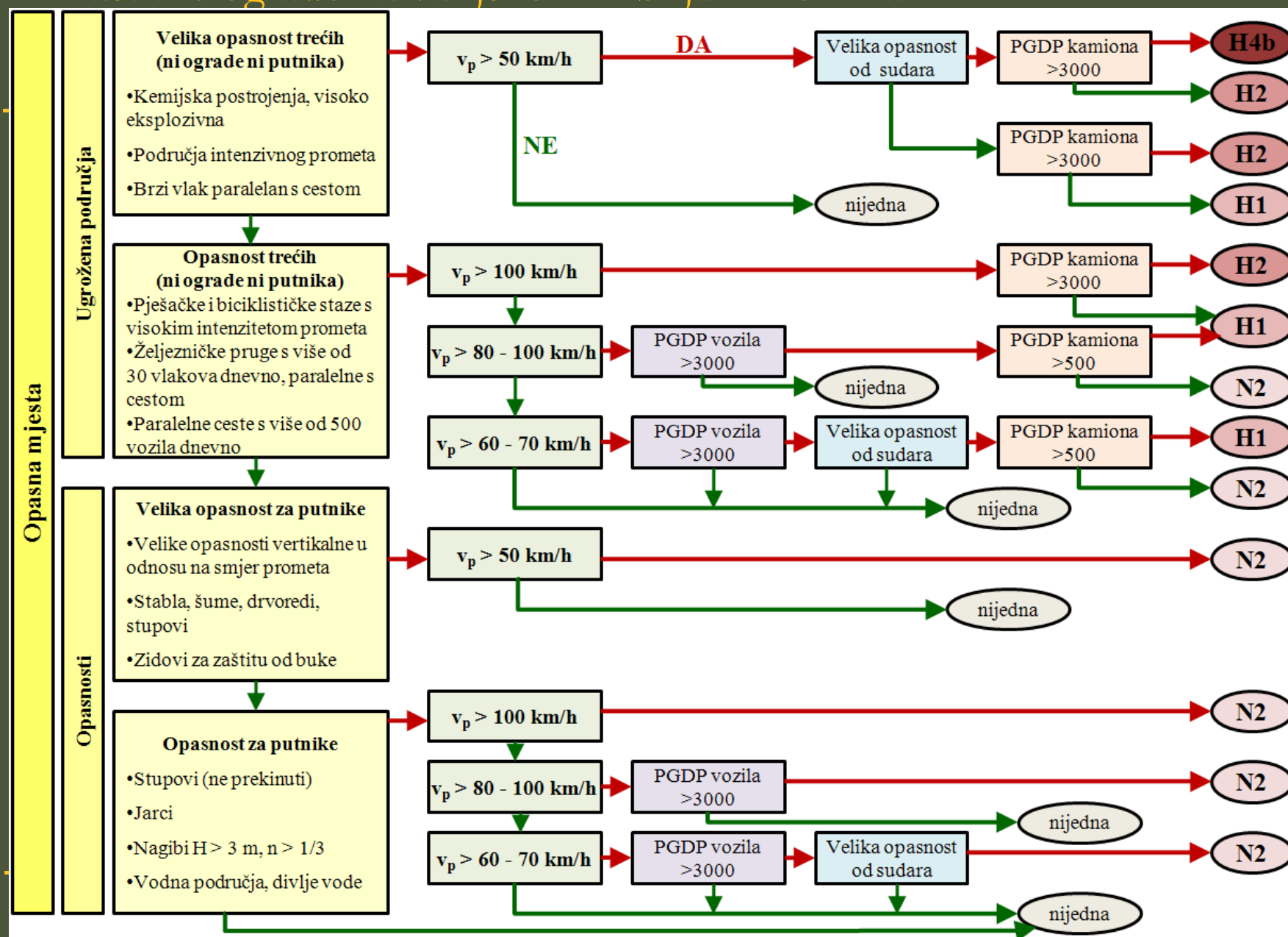
Razredi širine prodiranja vozila	Razine širine prodiranja vozila (m)
VI1	$VI_N \leq 0,6$
VI2	$VI_N \leq 0,8$
VI3	$VI_N \leq 1,0$
VI4	$VI_N \leq 1,3$
VI5	$VI_N \leq 1,7$
VI6	$VI_N \leq 2,1$
VI7	$VI_N \leq 2,5$
VI8	$VI_N \leq 3,5$
VI9	$VI_N > 3,5$

Smjernice za odabir čelične zaštitne ograde

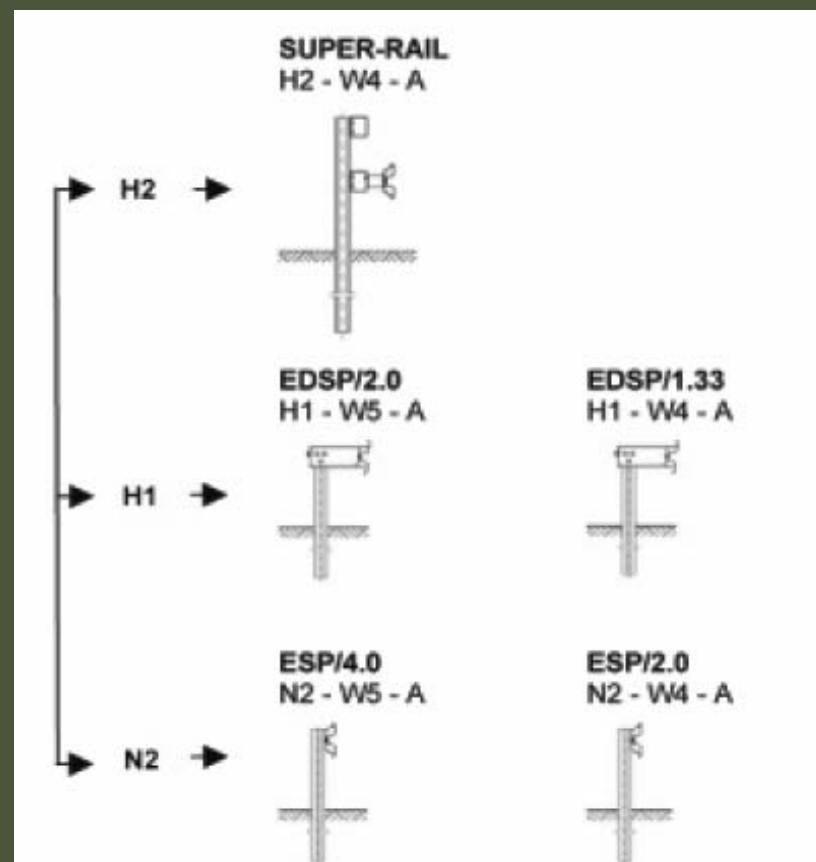
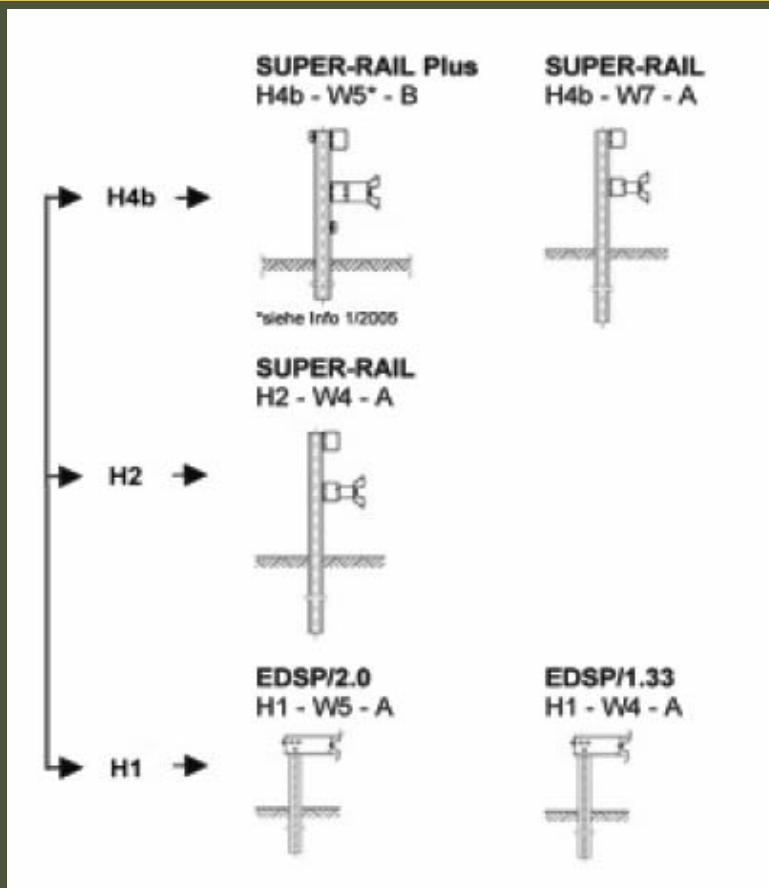
- Usporedno s odredbama normi razvijaju se smjernice i preporuke za izbor potrebne razine zadržavanja, ovisno o
 - mjestu opasnosti i
 - uvjetima prometa.

- Pri odabiru zaštitnih ograda potrebno je voditi računa o:
 - **mjestu ugradnje**
 - ✓ obične ceste, autoceste, mostovi i druge prometnice
 - **brzini kretanja vozila**
 - ✓ prosječna i maksimalna brzina kretanja
 - **ukupnoj količini vozila**
 - ✓ brojnost svih automobila, kamiona i autobusa
 - **pojedinačnoj brojnost vozila**
 - ✓ brojnost automobila, kamiona i autobusa

Dijagram toka za odabir čelične zaštitne ograde - primjenjuje se za izbor zaštitne ograde na vanjskom rubnjaku kolnika

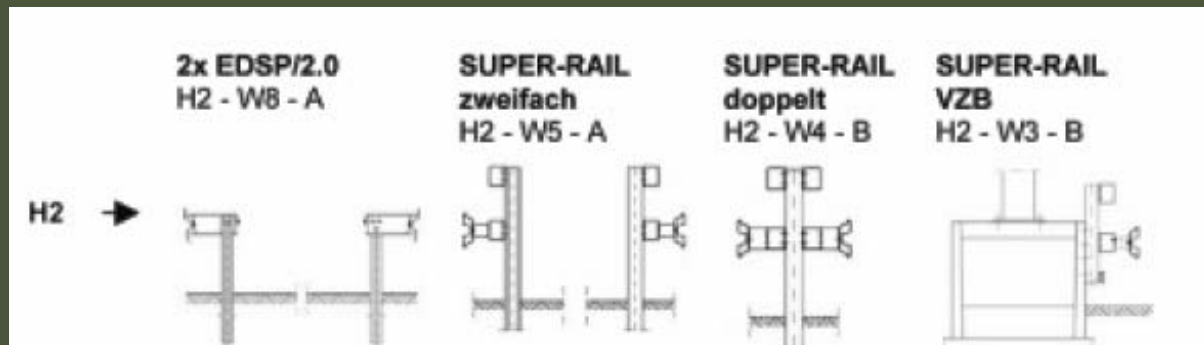


Smjernice za odabir čelične zaštitne ograde

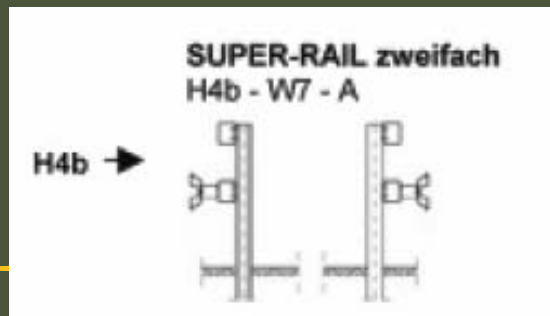


Smjernice za odabir čelične zaštitne ograde

- U razdjelnom pojasu valja kao minimalnu razinu zadržavanja primjenjivati visoku razinu H2.

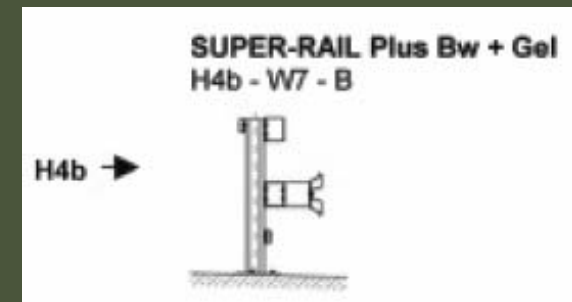
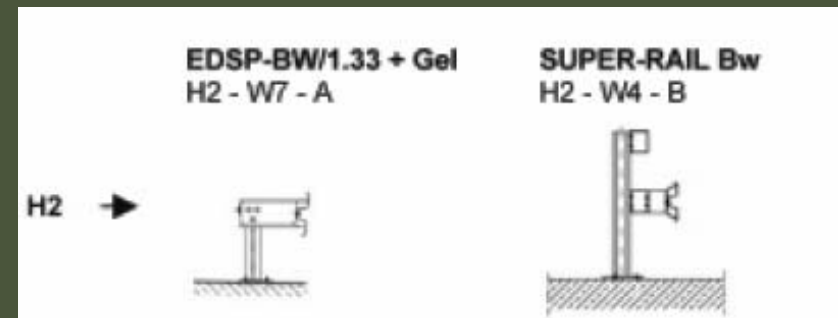


- Tamo gdje je prosječni godišnji dnevni promet kamiona veći od 3000 kamiona u kombinaciji s povećanom vjerojatnošću sudara, razdjelne pojaseve valja zaštititi ogradama vrlo visoke razine zadržavanja H4b.



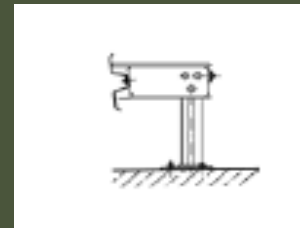
Smjernice za odabir čelične zaštitne ograde

- Na mostovima i uz kolnike autocesta treba predvidjeti ograde visoke razine zadržavanja H2,
- a pri posebnoj ugroženosti trećih i brzinama većim od 100 km/h i vrlo visoku razinu zadržavanja H4b.
 - Naime, bitan element je i okolina koja se nalazi neposredno oko prometnice.
 - Mostovi ispod kojih se nalaze druge prometnice ili naselja moraju se bitno jače zaštititi od pada vozila s mosta koji bi mogao prouzročiti ogromnu štetu na druge građevine.



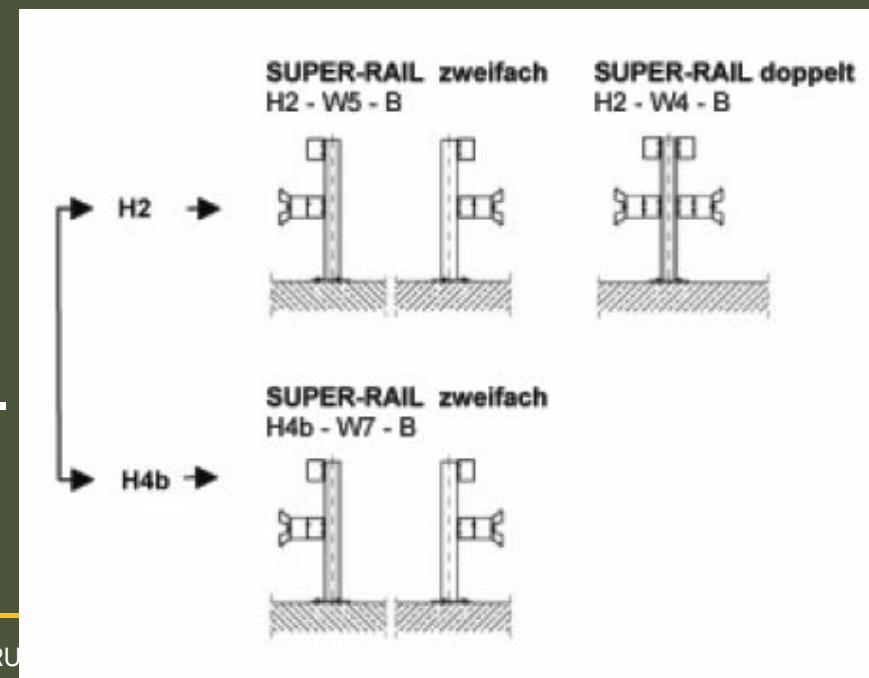
Smjernice za odabir čelične zaštitne ograde

- Ako su brzine kretanja najviše 100 km/h i prosječan godišnji dnevni promet kamiona najviše 300, dopušta se primijeniti i razinu zadržavanje ograde na mostu H1.

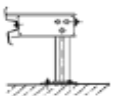
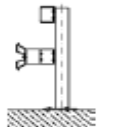
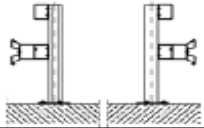
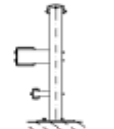
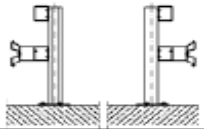
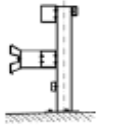


H1	W5 W _N = 1,6 m	A
----	------------------------------	---

- U razdjelnim pojasevima na mostovima treba odabirati iste razine zadržavanja kao i na dionici ceste ispred i iza mosta.



Zaštitne ograde na mostovima

Sustav na objektu		Oznaka	Razina zadržavanja	Radna širina	Razina ozbiljnosti udara	Dužina ispitivanja
Razina zadržavanja H2						
JDO / 1.33		S1.2-120	H1	W5 $W_N = 1,6 \text{ m}$	A	80 m
		S1.2-120	H2	W7 $W_N = 2,2 \text{ m}$	A	80 m
SUPER RAIL		S1.2-310	H2	W4 $W_N = 1,2 \text{ m}$	B	36 m
SUPER RAIL (dvostruka)		S1.2-320	H2	W4 $W_N = 1,2 \text{ m}$	B	36 m
SUPER RAIL		S1.2-510	H2	W4 $W_N = 1,1 \text{ m}$	B	32 m
razina zadržavanja H4b						
SUPER RAIL (dvostruka)		S1.2-320	H4b	W7	B	40 m
SUPER RAIL		S1.2-340	H4b	W6 $W_N = 2,1 \text{ m}$	B	80 m

Smjernice za odabir čelične zaštitne ograde

- Na mostovima se
 - za razinu zadržavanja H2 preporučuju ograde tipa
 - EDSP-BW/1.33+Gel H2-W7-A i
 - SUPER-RAIL Bw H2-W4-B,
 - a za razinu H4b ograda
 - SUPER-RAIL Plus Bw+Gel H4b-W7-B.

- Za razdjelni pojas na mostu
 - za razinu zadržavanja H2 preporučuju se ograde tipa
 - SUPER-RAIL dvojna H2-W5-B i
 - SUPER-RAIL dvostrana H2-W4-B,
 - a za razinu H4b ograda
 - SUPER-RAIL dvojna H4b-W7-B.

Učinak udara vozila u zaštitnu ogradu

- ❑ Udar vozila na zaštitnu ogradu prouzročit će određene učinke na mostu koje valja na pravilan način obuhvatiti proračunom.
- ❑ Izvanredna djelovanja od udara vozila dana su u projektantskim normama no valja razmotriti i učinke udara stvarnih vozila koji proizvode sile jednake onima u probnim ispitivanjima pojedinih ograda.
- ❑ Naime pri projektiranju novog mosta valja provjeriti da sila udara stvarnog vozila ne prelazi normiranu silu,
- ❑ a pri zamjeni ograda na postojećem mostu valja provjeriti da li je sila koju oграда može izdržati manja od normirane vrijednosti i da li njene učinke most može izdržati.

Sila udara vozila

- **EN 1991-2** preporučuje primjenu četiriju razreda za izvanrednu horizontalnu silu udara koja djeluje na zaštitnu ogradu.

- Razred A: 100 kN  slabo pričvršćenje ($\sim H2$)

- Razred B: 200 kN

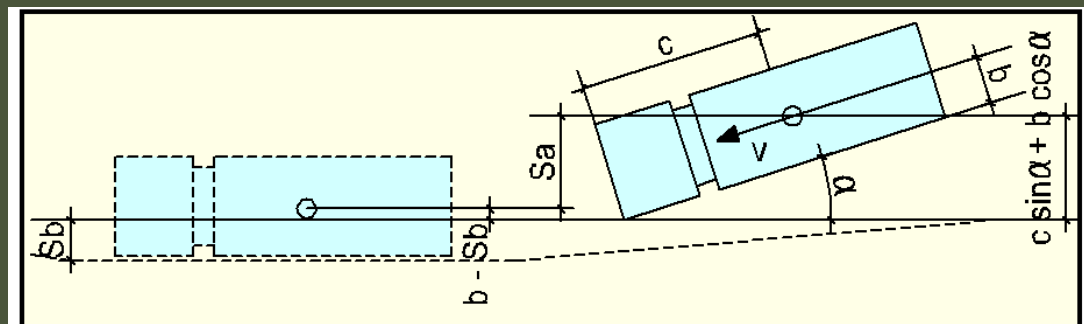
- Razred C: 400 kN

- Razred D: 600 kN  vrlo jako pričvršćenje

Sila udara vozila

- Prema **EN 1317-1**, dodatak B, moguće je odrediti silu udara od stvarnog vozila uz poznavanje njegove mase, dimenzija, brzine kretanja i kuta udara.
- Početna brzina vozila okomita na zaštitnu ogradu iznosi:

$$v_n = v \cdot \sin \alpha$$



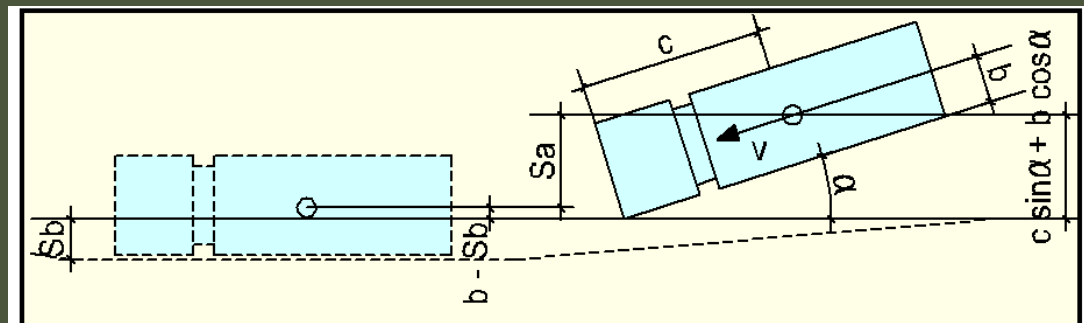
Slika 4. Pomak težišta vozila

Sila udara vozila

- Pomak težišta vozila određuje se prema izrazu:

$$s_n = c \cdot \sin \alpha + b(\cos \alpha - 1) + s_b$$

- s_b maksimalni dinamički pomak prometne plohe zaštitne ograde koji se dobiva kao zbroj
 - bočnog progiba ograde i širine izbacivanja vozila
 - a možemo ga zamijeniti radnom širinom zaštitne ograde W_N ;
- c se može uzeti kao pola duljine vozila;
- b kao pola širine vozila.



Slika 4. Pomak težišta vozila

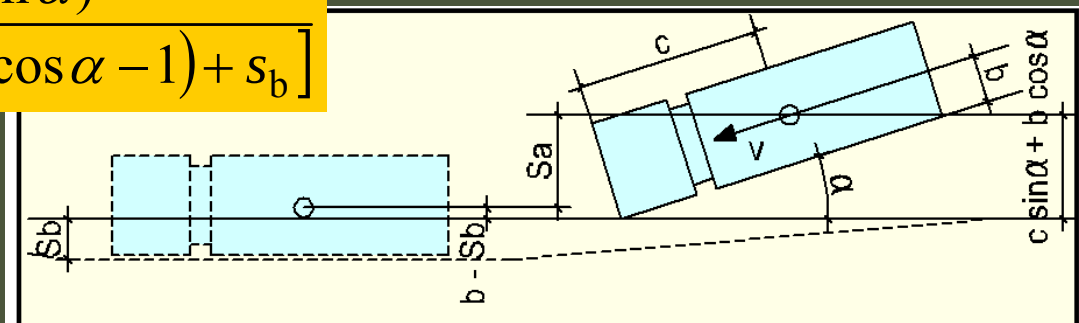
Sila udara vozila

- Prosječno ubrzanje centra gravitacije vozila okomito na zaštitnu ogradu možemo dobiti prema:

$$\bar{a}_n = \frac{v_n^2}{2 \cdot s_n}$$

- pa prosječna sila koja djeluje okomito na zaštitnu ogradu iznosi:

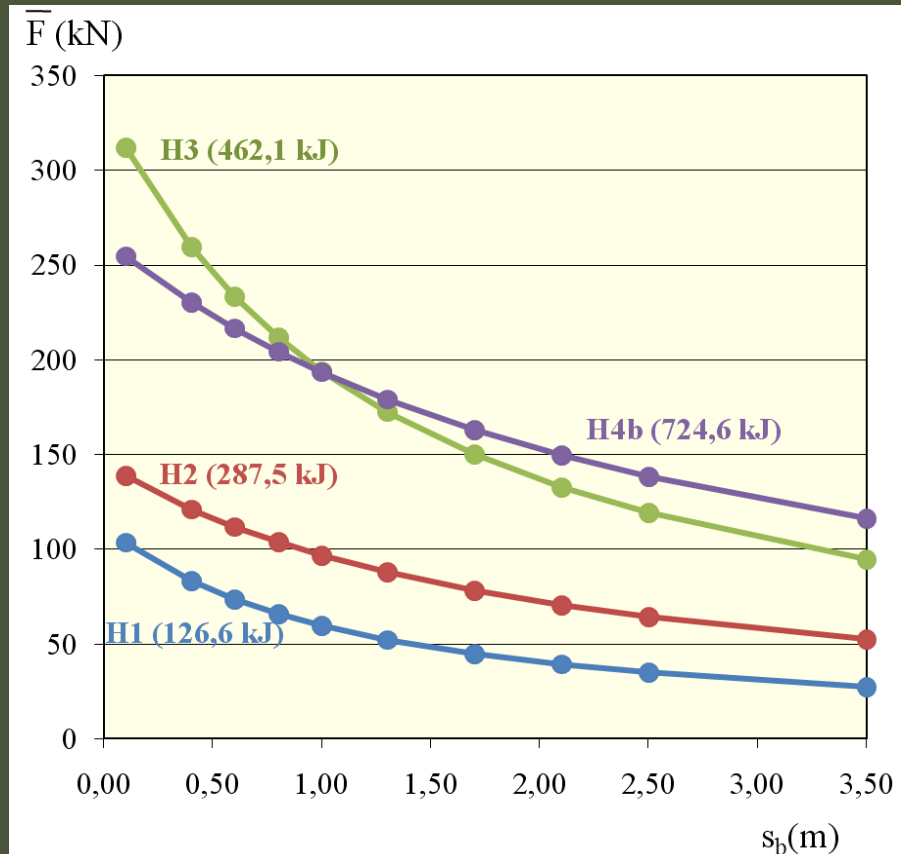
$$\bar{F} = m \cdot \bar{a}_n = \frac{m \cdot (v \sin \alpha)^2}{2 \cdot [c \cdot \sin \alpha + b(\cos \alpha - 1) + s_b]}$$



Slika 4. Pomak težišta vozila

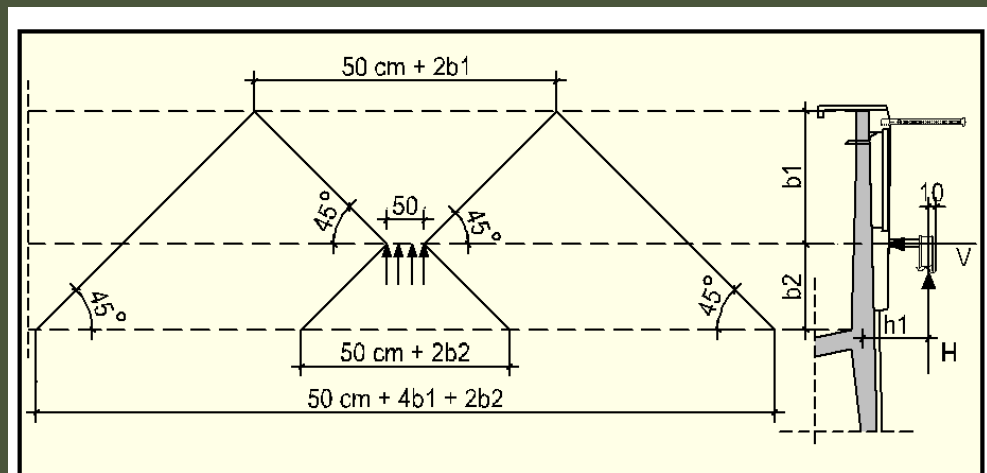
Sila udara vozila

- Deformacija, odnosno pomak zaštitne ograde od iznimnog je utjecaja na vrijednost sile udara.
- Vidljivo je da sila može za pomak zaštitne ograde od 0,6 m (što odgovara radnoj širini W1) biti i preko 2,5 puta veća od sile za pomak 3,5 m (što odgovara radnoj širini W8).
- Stoga je od iznimne važnosti pri razmatranju pričvršćenja ograde na rasponski sklop i učinaka samog udara na most poznavati sve kriterije zaštite od udara pojedine zaštitne ograde.



Raspodijela sila na konzoli

- Horizontalna sila djeluje 10 cm ispod vrha zaštitne ograde na duljini 50 cm.
- Istovremeno s horizontalnom silom udara valja uzeti u obzir i djelovanje vertikalne sile od vozila
- Rasprostiranje sila u horizontalnoj ravnini uzima se pod kutom od 45° .



Slika 6. Shema raspodjele sila pri udaru vozila

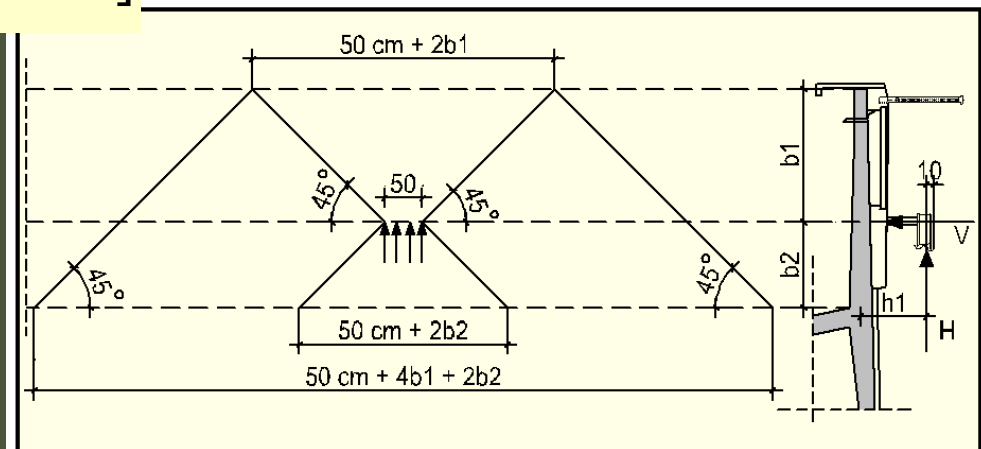
Raspodijela sila na konzoli

- Unutrašnje sile na mjestu upetosti konzole u rasponski sklop:

$$v_z = V / (0,5m + 2b_2) \quad [\text{kN/m}]$$

$$m_{y,H} = H \cdot h_1 / (0,5m + 4b_1 + 2b_2) \quad [\text{kNm/m}]$$

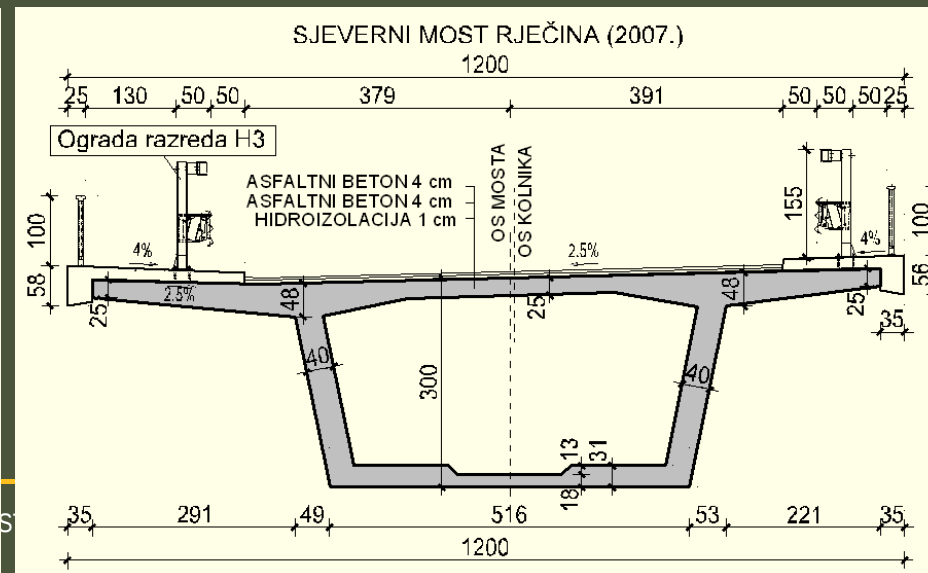
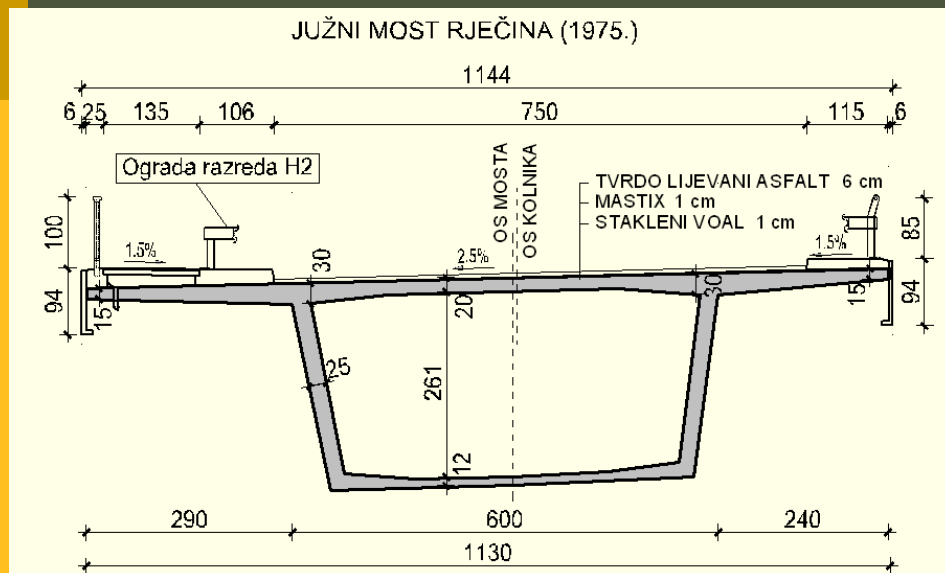
$$m_{y,V} = V \cdot b_2 / (0,5m + 2b_2) \quad [\text{kNm/m}]$$



Slika 6. Shema raspodjele sila pri udaru vozila

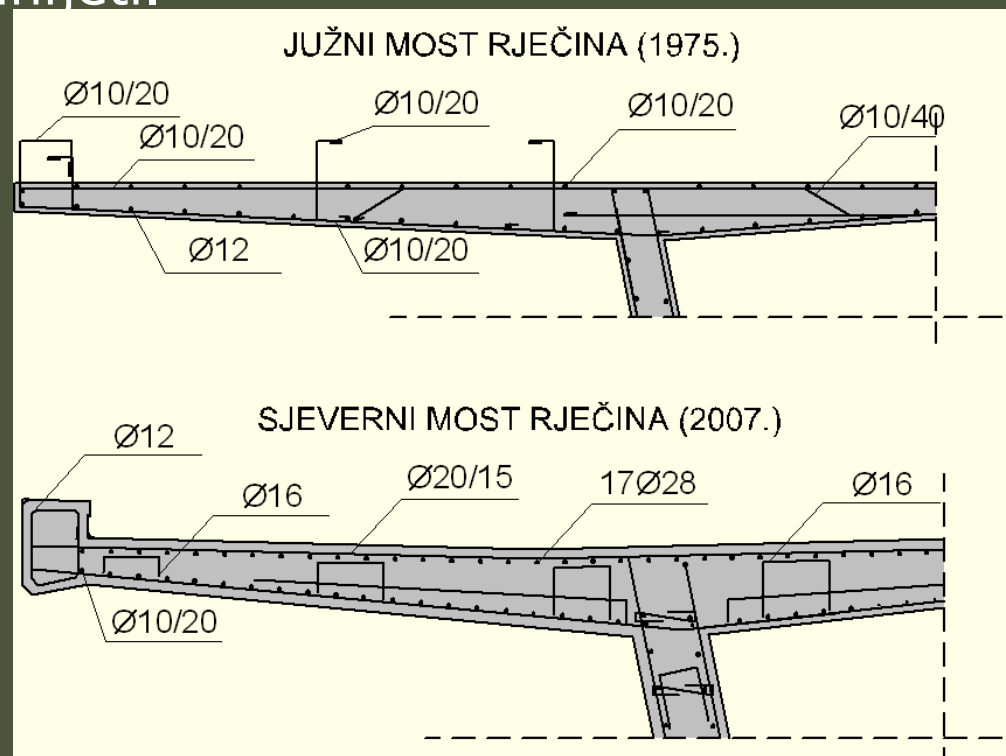
Stari i novi most Rječina

- Proveden proračun učinaka udara stvarnih vozila na mostove sa ugrađenim ogradama
 - H2 na starom i
 - H3 na novom mostu,
- ali je provjeren i učinak udara za ograde nižih i viših razina zadržavanja
 - H1 na starom i
 - H4b na novom mostu



Stari i novi most Rječina

- Stvarno postojeća armatura u konzolama sandučastih presjeka starog i novog mosta uspoređena je sa armaturom zahtijevanom s obzirom na udare koje određene razine zadržavanja moraju podnijeti.



Stari i novi most Rječina

- ❑ Kod **starog mosta** Rječina nužno je ojačanje da bi konzola bila u stanju podnijeti učinke udara probnog vozila u ogradu.
- ❑ Postojeća armatura u konzoli ne zadovoljava ni jednu visoku razinu zadržavanja.
- ❑ Proračun **novog mosta** pokazao je da postojeća armatura u konzoli zadovoljava i učinke udara vozila za vrlo visoke razine zadržavanja te bi bila moguća i primjena ograde H4b-W7.

Tablica 6. Usporedba ulaznih podataka i učinaka udara vozila na starom i novom mostu

	Stari južni most		Novi sjeverni most	
Razina zadržavanja	H1	H2	H3	H4b
Masa vozila m (kg)	10000	13000	16000	38000
Brzina kretanja v (km/h)	70	70	80	65
Kut naleta α (°)	15	20	20	20
Dimenzije $2c \cdot 2b$ (m·m)	kamion 9,0·2,4	autobus 12·2,6	kamion 8,5·2,4	tegljač 16,5·2,5
Radna širina W_i (m)	1,6	2,2	2,5	2,5
Horizontalna sila H (kN)	46,53	68,93	120,02	138,22
Vertikalna sila V (kN)	98	128	157	373
Moment od H $m_{v,H}$ (kNm/m)	4,18	6,19	15,92	18,30
Moment od V $m_{v,V}$ (kNm/m)	40,19	52,49	68,01	161,57
Postojeća armatura konzole $A_{\text{post.}}$ (cm ²)	3,95	3,95	20,93	20,93
Potrebna armatura konzole $A_{\text{pot.}}$ (cm ²)	14,37	16,93	11,94	19,48

Primjer proračuna: novi most, ograda H3

Svojstva vozila

$$m = 16000 \text{ kg} \quad v = 80 \text{ km/h} = 22,22 \text{ m/s} \quad \alpha = 20^\circ \quad 2c = 8,5 \text{ m} \quad 2b = 2,4 \text{ m}$$

Svojstvo ograde:

$$W_N = s_b = 2,5 \text{ m}$$

Početna brzina vozila okomita na zaštitnu ogradu iznosi:

$$v_n = v \cdot \sin \alpha = 22,22 \cdot \sin 20^\circ = 7,60 \text{ m/s}$$

Pomak težišta vozila:

$$s_n = c \cdot \sin \alpha + b(\cos \alpha - 1) + s_b = (8,5 / 2) \cdot \sin 20^\circ + (2,4 / 2)(\cos 20^\circ - 1) + 2,5 = 3,85 \text{ m}$$

Horizontalna sila udara vozila:

$$H = \bar{F} = m \cdot \frac{v_n^2}{2 \cdot s_n} = 16000 \cdot \frac{7,60^2}{2 \cdot 3,85} = 120020 \text{ N} = 120,02 \text{ kN}$$

Vertikalna sila vozila

$$V = 160 / 9,81 = 157 \text{ kN}$$

Stalno djelovanje

Vijenac	0,18888 x 26 =	4,91 kN/m
Pješačka ograda		0,50 kN/m
Elastični odbojnik		0,50 kN/m
g ₁ (konzola)	0,365 x 25 =	9,125 kN/m'
g ₂ (hodnik) = kapa	0,17 x 26 =	4,42 kN/m'
izolacija	0,01 x 24 =	0,24 kN/m'
		4,66 kN/m'
g ₂ (kolnik) = asfalt	0,08 x 25 =	2,00 kN/m'
izolacija	0,01 x 24 =	0,24 kN/m'
odstupanje kol. zastora		0,50 kN/m'
		2,74 kN/m'



Momenti savijanja na mjestu upetosti konzole u rasponski sklop:

$$m_{y,H} = H \cdot h_1 / (0,5m + 4b_1 + 2b_2) = 120,02 \cdot 1,18 / (0,5 + 4 \cdot 1,29 + 2 \cdot 1,62) = 15,92 \text{ kNm/m}$$

$$m_{y,V} = V \cdot b_2 / (0,5m + 2b_2) = 157 \cdot 1,62 / (0,5 + 2 \cdot 1,62) = 68,01 \text{ kNm/m}$$

$$m_g = \text{vijenac} \times l_1 + \text{pješačka ograda} \times l_2 + \text{elastični odbojnik} \times l_3 + g_1 (\text{konzola}) \times l_4 + g_2 (\text{kolnik}) \times l_5$$

$$m_g = 4,91 \times 3,09 + 0,5 \times 3,07 + 0,5 \times 1,62 + 9,125 \times 2,91^2 \times 0,5 + 4,66 \times 2,55 \times 3,26 \times 0,5 + 2,76 \times 0,71^2 \times 0,5$$

$$m_g = 76,22 \text{ kNm/m}$$

Dimenzioniranje:

$$m_{sd} = \gamma_G \cdot m_g + \gamma_Q \cdot m_q = 1,0 \cdot 76,22 + 1,0(68,01 + 15,99) = 160,15 \text{ kNm/m}$$

$$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{4,5}{1,5} = 3 \text{ kN/cm}^2 \quad f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{50,0}{1,15} = 43,48 \text{ kN/cm}^2$$

$$d = 36,5 - 4,0 - 0,5 = 32,0 \text{ cm}$$

$$\mu_{sd} = \frac{m_{sd}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{16015}{100 \cdot 32^2 \cdot 3,0} = 0,052 \rightarrow \zeta = 0,964$$

$$A_{s1} = \frac{m_{sd}}{\zeta \times d \times f_{yd}} = \frac{16015}{0,964 \times 32 \times 43,48} = 11,94 \text{ cm}^2$$

Zaključak

- ❑ Važeći Pravilnik o prometnim znakovima, signalizaciji i opremi na cestama omogućava izbor zaštitne ograde isključivo prema
 - ❑ kriteriju razine zadržavanja.
- ❑ Prema suvremenim smjernicama, uz navedeni kriterij valja razmotriti
 - ❑ i ozbiljnost učinka udara na korisnike vozila
 - ❑ te deformaciju same zaštitne ograde nakon udara.
- ❑ Deformacija, odnosno pomak zaštitne ograde od iznimnog je utjecaja na vrijednost sile udara,
 - ❑ a što je povezano s krutošću pričvršćenja ograde u rasponski sklop
 - ❑ i učincima na samu konstrukciju mosta.

Zaključak

- ❑ Izvanredna djelovanja od udara vozila dana su u projektantskim normama.
- ❑ Pri projektiranju novog mosta projektant treba voditi računa o tome
 - ❑ da ne odabere normiranu silu udara koja je manja od sile udara stvarnog vozila kojeg određena ograda mora zadržati,
- ❑ a pri održavanju postojećih mostova
 - ❑ da ukoliko odabere ogradu na koju udar stvarnog vozila most bez ojačanja ne bi izdržao, pristupi projektu ojačanja.

TRAJNOST KONSTRUKCIJA II



– Sljedeće predavanje –

UDAR U STUP NADVOŽNJAKA