



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
FAKULTA DOPRAVNÍ

David Smeták

KOLIZE DOPRAVNÍCH PROSTŘEDKŮ S PRVKY
DOPRAVNÍ INFRASTRUKTURY

Bakalářská práce

2016



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta dopravní

d ě k a n

Konviktská 20, 110 00 Praha 1

K616.....Ústav dopravních prostředků

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE
(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení studenta (včetně titulů):

David Smeták

Kód studijního programu a studijní obor studenta:

B 3710 – DOS – Dopravní systémy a technika

Název tématu (česky): **Kolize dopravních prostředků s prvky dopravní infrastruktury**

Název tématu (anglicky): Vehicle collisions with elements of transport infrastructure

Zásady pro vypracování

Při zpracování bakalářské práce se řiďte osnovou uvedenou v následujících bodech:

- Popište dopravní nehody s prvky dopravní infrastruktury
- Zaměřte se na dopravní nehody se svodidly a popište mechaniku a dynamiku kolize
- Proveďte kritiku současných konstrukčních prvků aktivní bezpečnosti na vozidlech a dopravní infrastrukturu
- Navrhňte aktivní a pasivní opatření vedoucí k zvýšení úrovně bezpečnosti v případě kolize vozidla se svodidly

- Rozsah grafických prací: dle pokynů vedoucího práce
- Rozsah průvodní zprávy: minimálně 35 stran textu (včetně obrázků, grafů a tabulek, které jsou součástí průvodní zprávy)
- Seznam odborné literatury: FIRST, Jiří a kol. Zkoušení automobilů a motocyklů: příručka pro konstruktéry. Vyd. 1. Praha: S&T CZ, 2008. 348 s. ISBN 978-80-254-1805-5.
- Kovanda, J., Šatochin, V. Pasivní bezpečnost vozidel. Praha: ČVUT, 2000. ISBN 80-01-02235-8
- Kramer, Florian. Passive Sicherheit von Kraftfahrzeugen. Vieweg + Teubner, Weisbaden 2009.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Jiří First**

Datum zadání bakalářské práce: **26. června 2014**
(datum prvního zadání této práce, které musí být nejpozději 10 měsíců před datem prvního předpokládaného odevzdání této práce vyplývajícího ze standardní doby studia)

Datum odevzdání bakalářské práce: **25. srpna 2016**
a) datum prvního předpokládaného odevzdání práce vyplývající ze standardní doby studia a z doporučeného časového plánu studia
b) v případě odkladu odevzdání práce následující datum odevzdání práce vyplývající z doporučeného časového plánu studia



doc. Ing. Petr Bouchner, Ph.D.
vedoucí
Ústavu dopravních prostředků

prof. Dr. Ing. Miroslav Svítek, dr. h. c.
děkan fakulty

Potvrzuji převzetí zadání bakalářské práce.



David Smeták
jméno a podpis studenta

V Praze dne 10. prosince 2015

Prohlášení

Nemám závažný důvod proti užívání tohoto školního díla ve smyslu § 60 Zákona č. 121/200 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon).

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracoval samostatně a že jsem uvedl veškeré použité zdroje v souladu s Metodickým pokynem o dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací.

V Praze dne

.....

David Smeták

Poděkování

Tímto bych rád poděkoval panu Ing. Jiřímu Firstovi za cenné rady, konstruktivní připomínky a odborné vedení této práce.

Název práce: Kolize dopravních prostředků s prvky dopravní infrastruktury

Autor: David Smeták

Obor: Dopravní systémy a technika

Druh práce: Bakalářská práce

Vedoucí práce: Ing. Jiří First

Ústav dopravní techniky K616

Fakulta dopravní, ČVUT v Praze

Anotace:

Tato bakalářská práce pojednává o problematice nárazů vozidel do prvků dopravní infrastruktury a možnostech, jak těmto nárazům zabránit nebo minimalizovat následky nárazu. V práci je přehled pevných překážek ohrožující účastníky provozu. Dále jsou zde popsány současné typy používaných svodidel. Závěr práce obsahuje návrhy ke zvýšení aktivní a pasivní bezpečnosti na vozidle nebo dopravní infrastruktuře.

Klíčová slova:

Pasivní bezpečnost, dopravní nehoda, svodidla, pevná překážka, návrh

Title: Vehicle collision with elements of transport infrastructure

Author: David Smeták

Branch: Transportation Systems and Technology

Document type: Bachelor's thesis

Thesis Advisor: Ing. Jiří First

Department of transportation technology K616

Fakulty of Transportation , ČTU in Prague

Annotation:

This bachelor thesis is focused on problems regarding vehicle collisions with elements of transport infrastructure and options to prevent or minimize the consequences of an impact. The thesis contains an overview of fixed obstacles endangering traffic participants. This thesis also describes current types of crash barriers. The conclusion contains new ideas of active and passive safety features on vehicles and transport infrastructure.

Keywords:

Passive safety, traffic collision, crash barrier, fixed obstacles, proposal

OBSAH

ÚVOD.....	10
1 PASIVNÍ BEZPEČNOST POZEMNÍCH KOMUNIKACÍ	11
1.1 Princip pasivní bezpečnosti pozemní komunikace	11
1.2 Možná opatření proti vyjetí z vozovky a snížení následků nehod	12
1.3 Bezpečnostní zóna pozemní komunikace	12
2 PEVNÉ PŘEKÁŽKY.....	13
2.1 Zákon o pevných překážkách.....	13
2.2 Dělení překážek	14
2.2.1 Přírodní překážky.....	14
2.2.2 Umělé překážky	14
2.3 Tuhost překážky.....	16
2.4 Statistiky nehodovosti s pevnou překážkou	17
3 NÁRAZ VOZIDLA.....	19
3.1 Čelní náraz do pevné překážky	19
3.1.1 Konstantní deformace $F = konst$	20
3.1.2 Lineární deformace $F = c \cdot \Delta x$	20
3.1.3 Lineární deformace v závislosti na rychlosti $F = k \cdot \Delta \dot{x}$	21
3.2 Příčná síla působící mezi vozidlem a svodidlem	22
3.2.1 Energetická bilance nárazu.....	23
4 BEZPEČNOSTNÍ ZAŘÍZENÍ NA POZEMNÍCH KOMUNIKACÍCH.....	24
4.1 Svodidla	25
4.1.1 Dělení svodidel a požadavky na TPV	25
4.1.2 Zásady návrhu svodidel	26
4.1.3 Návrhové parametry svodidla	27
4.1.4 Ocelová svodidla.....	29
4.1.5 Betonová svodidla	31
4.1.6 Lanová svodidla	34
4.1.7 Dřevoocelová svodidla	36
4.1.8 Dočasná svodidla	38
4.2 Tlumiče nárazů	39
4.2.1 Typy tlumičů nárazu	40
4.3 Zkoušení svodidel	40

4.3.1	Místo zkoušky	40
4.3.2	Zkušební vozidlo	41
4.3.3	Chování svodidla.....	41
4.3.4	Chování vozidla.....	41
4.3.5	Postup při zaznamenávání dat	42
5	NÁVRH	43
5.1	Návrh aktivní bezpečnosti	43
5.1.1	Návrh 1 – Identifikace průjezdu nebezpečným územím	43
5.1.2	Návrh 2 – Celoplošné zmapování a oprava komunikací.....	44
5.2	Návrh pasivní bezpečnosti.....	45
5.2.1	Návrh 1 – Inteligentní svodidla.....	45
5.2.2	Návrh 2 – Airbag na přední vozidla.....	46
	ZÁVĚR	49
	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ.....	50
	SEZNAM ZKRATEK.....	52

ÚVOD

Přemísťování je i z historického hlediska jednou z nejzákladnějších činností člověka. Postupně docházelo k budování pozemních komunikací a po technologickém rozmachu k zvyšujícímu se počtu dopravních prostředků, což mělo za důsledek nárůst intenzit a následně vyšší nehodovost. Proto je vhodné věnovat vysokou pozornost oblasti bezpečnosti dopravy. Předcházet nehodám lze využíváním prvků aktivní bezpečnosti. V případě, že nehoda odvrátit nelze, jsou zde prvky bezpečnosti pasivní, které mají za úkol následky nehody minimalizovat. Prvky aktivní i pasivní bezpečnosti se mohou vyskytovat na samotném vozidle, ale také na pozemní komunikaci nebo v jejím blízkém okolí.

Tato práce se zabývá problematikou spojenou s nárazy do prvků dopravní infrastruktury. V úvodu práce je přehled vznikajících nehod a možná opatření, která by jejich vzniku zamezila nebo minimalizovala následky. Poté se práce zabývá jednotlivými překážkami, u kterých nejčastěji dochází ke kolizi s vozidlem. Následující kapitola vysvětluje fyzikální podstatu nárazu do pevné překážky a vznikající síly při kolizi se svodidly. V závěrečné kapitole teoretické části jsou shrnuty prvky záchytných bezpečnostních zařízení, zaměřené na svodidla.

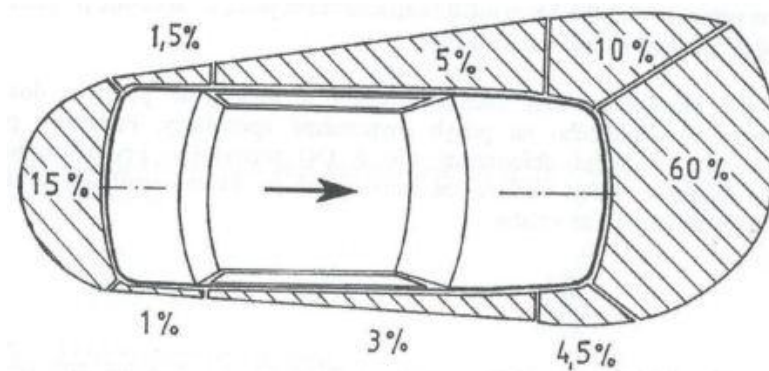
Praktická část je zaměřena na návrh bezpečnostních prvků. Návrhy se týkají vozidla i dopravní infrastruktury. S rozvojem technologie a inteligentních systémů je potřeba využít nejnovějších poznatků a zajistit snižování rizikovosti spojené s dopravou.

Cílem práce je podat souhrnný přehled problematiky nárazů spojených s prvky dopravní infrastruktury a navrhnout konstruktivní řešení aktivních a pasivních opatření pro snížení následků nehod nebo vznik nehod samotných.

1 PASIVNÍ BEZPEČNOST POZEMNÍCH KOMUNIKACÍ

Nehody vznikají, pokud dojde k narušení rovnováhy mezi vozidlem, řidičem a prostředím. A právě prostředí má vliv na více než 30% všech nehod, proto je zde prostor pro snižování nehodovosti vhodným utvářením bezpečného prostředí. (Janata, str. 6)

Z analýz nehod se došlo k závěru, že nejčastější typ nárazu je náraz čelní. Další následuje náraz zezadu, ale škody v porovnání s čelním nárazem bývají menší. Z hlediska nebezpečí je potřeba nepřehlížet boční náraz, a to především s konstrukcemi s menším průměrem, jako je např. sloup nebo kmen stromu. Tragické následky mají také nehody, kdy dochází k převrácení vozu a posádka není připoutána bezpečnostním pásem. (Kovanda, str. 17)



Obrázek 1: Četnost nárazů vozidla (Kovanda, str. 18)

Dělení nehod:

- bez kontaktu (vyjetí z komunikace bez nárazu, tzn. do příkopu nebo pole)
- s nárazem do překážky
- s převrácením

1.1 Princip pasivní bezpečnosti pozemní komunikace

Pasivní bezpečnost pozemní komunikace lze chápat jako vozovku, krajnice, vybavení komunikace včetně dopravních zařízení, mostní objekty, ochranné ostrůvky svahy tělesa, příkopy i nejbližší okolí uspořádané tak, aby řidiče motivovalo k vhodné volbě rychlosti a aby všichni účastníci provozu měli dostatek informací o stavu komunikace. Pro minimalizaci následků nehod je důležité, aby nejbližší okolí vozovky bylo uspořádáno tak, aby vozidlo bylo postupně zpomalováno bez rizika kolize s pevnou překážkou. (Janata, str. 10)

1.2 Možná opatření proti vyjetí z vozovky a snížení následků nehod

Opatření proti vyjetí z vozovky lze dělit na opatření aktivní a opatření pasivní. Pasivními prvky, především svodidlům se následně budeme zabývat v kapitole 4. Aktivní prvky, které mají zabránit vzniku nehody, mohou být následující:

- Vodorovné značení
- Úprava směrového vedení trasy
- Úprava povrchu vozovky
- Šířkové uspořádání
- Bezpečnostní zóny

(Janata, str. 52)

1.3 Bezpečnostní zóna pozemní komunikace

Bezpečnostní zóna je plocha přilehlá k pozemní komunikaci, ve které by se neměly nacházet žádné překážky, které by ohrožovaly vozidlo v případě dopravní nehody. Cílem je tedy redukovat počet, blízkost a masivnost pevných překážek na nejnutnější míru a provedení technických opatření, která mohou v případě nehody snížit následky kolize.

Návrh bezpečnostní zóny ovlivňují faktory jako kategorie komunikace, intenzita dopravy, směrové poměry, návrhová rychlost, ale také např. charakter krajiny. (Mičunek, str. 35)

V našich technických předpisech se pojem bezpečnostní zóna běžně nevyskytuje, ovšem v zahraničí je tento pojem často využíván. Rozměry bezpečnostních zón se mezi různými státy liší. Příkladem může být Francie, kde u dálnic je šířka bezpečnostní zóny 10,0 m, u rychlostních komunikací 8,5 m. Výška je v obou případech 3,0 m (viz. Obr. 2). U ostatních silnic je tato zóna šířky 7,0 m. (Janata, str. 28 & Smělý, et al.)



Obrázek 2: Bezpečnostní zóna (www. cdv.cz)

2 PEVNÉ PŘEKÁŽKY

Riziko usmrcení při nárazu do stromu je až pětinasobné a při nárazu do svodidla dvojnásobné, než když má vozidlo volný prostor při vyjetí z komunikace. Pevné překážky nejsou příčinou nehod, ale výrazně ovlivňují její následky. (Mičunek, str. 38)

Za pevné překážky se nepovažují křoviny a stromky s průměrem menším 80 mm. Přestože takové stromky nejsou považovány za pevnou překážku, je potřeba brát v úvahu, pokud jsou rozmístěné méně než 2,0 m od sebe, mohou být rizikové. Stejně tak je potřeba počítat s budoucím růstem těchto dřevin. (DIER, str. 8)

2.1 Zákon o pevných překážkách

Dle zákona č. 13/1997 Sb., o pozemních komunikacích platí následující:

Na vozovkách, dopravních ostrůvcích a krajnicích dálnice, silnice a místní komunikace mohou být umístěny pouze dopravní značky a zařízení kromě zábradlí, zrcadel a hlásek. Ostatní předměty jsou považovány za pevnou překážku.

Pevnou překážku lze umístit na pozemní komunikaci pouze se souhlasem Policie České republiky. Pokud se jedná o dálnici, je potřeba obdržet povolení silničního správního úřadu po projednání s vlastníkem pozemní komunikace a souhlas Ministerstva vnitra. Povolení se vydává pouze za předpokladu, že nedojde k ohrožení bezpečnosti provozu a snížení jeho plynulosti. Náklady na všechna potřebná opatření zajišťuje žadatel.

V případě neudělení vydání povolení na umístění pevné překážky je vlastník překážky povinen na vlastní náklady překážku odstranit. Pokud tak vlastník neučiní, správce dálnice, silnice nebo místní komunikace je oprávněn překážku odstranit na náklady jejího vlastníka.

Pokud pevnou překážku tvoří strom (silniční vegetace) je potřeba zajistit, aby nedocházelo k ohrožení bezpečnosti provozu, neúměrnému ztěžování použití komunikací k účelům údržby nebo neúměrnému ztěžování obhospodařování sousedních pozemků.

Po projednání nebo návrhu s Policií České republiky nebo silničního správního úřadu je vlastník silnice, dálnice a místní komunikace oprávněn v souladu se zvláštními předpisy kácet dřeviny na silničních pozemcích.

2.2 Dělení překážek

Pevné překážky můžeme rozdělit na:

- přírodní překážky (stromy a aleje)
- umělé překážky (sloupy, propustky, mostní pilíře, patníky atd.)

2.2.1 Přírodní překážky

2.2.1.1 Strom

Stromy patří mezi nejnebezpečnější z pevných překážek s 60% účastí na smrtelných nehodách s pevnou překážkou. Zeleň v okolí komunikace má nepochybně i pozitivní vliv.

Pozitivní vliv zeleně je např. zlepšení klimatických podmínek, estetiky, bezpečí a ekologie. Stromy působí jako záchytné prvky proti prachu, zplodin z motoru a také snižují hluk vznikající dopravou. Dále je zde pozitivní vliv na volení rychlosti při průjezdu stromořadím a dále např. optické vedení trasy.

Negativní vliv je snižování rozhledu v obloucích a křižovatkách. Zhoršení sjízdnosti spadem listů, plodin a větví. Z důvodů větší vlhkosti v okolí stromů vzniká i větší pravděpodobnost náledí a jak už bylo zmiňováno, hlavním negativem jsou tragické následky nehod. (Mičunek, str. 39 & Janata, str. 33)

2.2.2 Umělé překážky

2.2.2.1 Konstrukce dopravního značení

Svislé dopravní značení se umísťuje tak, aby nezasahovalo do volné šířky komunikace. Pokud je komunikace vybavena záchytným zařízením, musí se podpěrné konstrukce umísťovat až za deformační zónu daného zařízení.

S ohledem na bezpečnost provozu mohou být podpěrné konstrukce provedeny tak, aby se při nárazu vozidla oddělily nebo deformovaly. Norma ČSN EN 12767 (Pasivní bezpečnost podpěrných konstrukcí zařízení na pozemní komunikaci) stanovuje tři kategorie podpěrných konstrukcí, které zvyšují pasivní bezpečnost komunikací:

- s vysokou absorbcí energie (HE)
- s nízkou absorbcí energie (LE)
- bez absorpce energie (NE)

Podpěrné konstrukce s absorbcí energie výrazně zpomalují vozidlo, čímž se snižuje nebezpečí sekundárních nárazů do staveb, stromů, chodců nebo jiných účastníků silničního provozu. Kategorie se volí na základě jízdní rychlosti, existence jiných konstrukcí, stromů, pravděpodobnosti zranění v případě nárazu, existence záchytných zařízení a jiné. (ČSN EN 12767)

2.2.2.2 Zábradlí

Zábradelní konstrukce jsou také klasifikovány jako pevná překážka. Často bývají ve špatném a nevyhovujícím stavu. Některé konstrukce jsou dokonce osazeny betonovými sloupky, které zhoršují následky nehod. (Janata, str. 135)

Další problémovou situací jsou konstrukce umístěné mezi tramvajovými pásy a následné nehody sanitních vozů s právem přednosti v jízdě, které využívají tramvajová tělesa. (Mičunek, str. 44)

2.2.2.3 Propustky s betonovými čely kolmo ke komunikaci

Nebezpečnost spočívá v agresivním tvaru při případném nárazu vozidla a samotný fakt, že vozidlo je v příkopu přímo vedeno na překážku. V dnešní době jsou čela propustků navrhovány zešikmené tak, že vozidlo po něm při najetí vyjede a nedojde k deformaci. Ovšem u takovýchto provedení není brán zřetel na to, že při vysoké kolizní rychlosti je vozidlo katapultováno a může docházet k závažným následkům. (Janata, str. 66)

2.2.2.4 Reklamní plochy

Mnohdy se jedná o zbytečnou potenciálně nebezpečnou překážku. Problematikou reklamních ploch se zabývá pouze zákon 13/1997 Sb., o pozemních komunikacích. Po návrhu reklamní plochy dochází ke schvalování orgánem, který posuzuje jeho bezpečnost včetně z hlediska odpoutávání pozornosti řidiče. (Janata, str. 59)

2.2.2.5 Směrové sloupky, patníky

Směrové sloupky slouží jako dopravní vodící zařízení pro podélné směrové vedení vozidel hlavně při snížené viditelnosti. Navrhují se, aby byly ohebné nebo lehce odlomitelné během nárazu vozidla. Směrovými sloupky se zabývá ČSN 73 6101 (Vodící bezpečnostní zařízení)

Ovšem problémem jsou staré betonové patníky, nejčastěji umístované ve směrových obloucích. Tyto patníky se z důvodů bezpečnosti v dnešní době odstraňují. (Mičunek, str. 46)

2.2.2.6 Sloupy, osvětlení komunikace

Sloupy se umísťují tak, aby nezasahovaly do průchozího nebo průjezdného prostoru komunikace. Osvětlení je možno umístit do přilehlého oplocení, nebo samostatné zdroje lze připevnit na fasádu domu, nebo na převěsy přes komunikaci. Osvětlením komunikací se zabývá ČSN 73 6110. (Mičunek, str. 24)

2.2.2.7 Protihlukové stěny

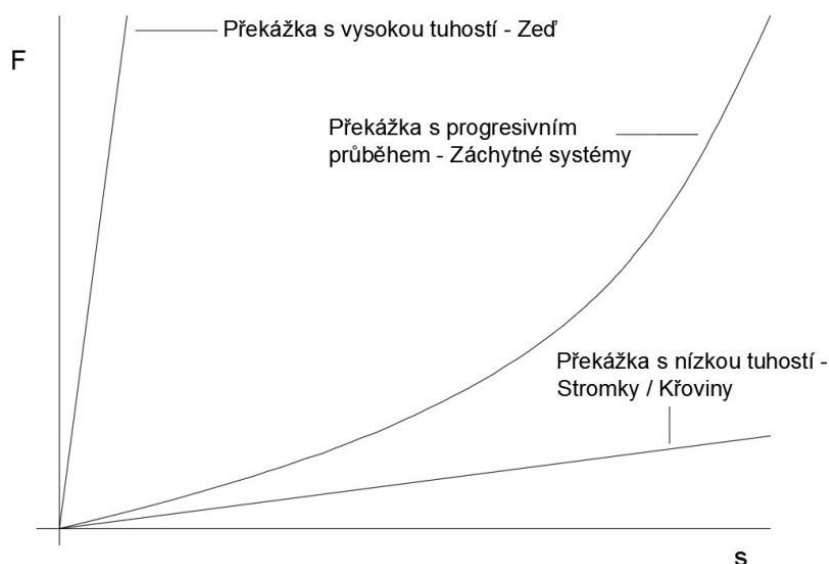
Protihlukovými clonami se zabývá ČSN 73 6110. V úsecích, kde jsou protihlukové clony, musí být zachován rozhled pro zastavení, předjíždění a nesmí být bránění rozhledu v křižovatkách. Důležité je správné stavební řešení ukončení clony nebo osazení bezpečnostními prvky, aby při nárazu bylo vozidlo zpomaleno nebo bezpečně vychýleno z kolizního směru. (Janata, str. 61)

2.3 Tuhost překážky

Tuhost lze považovat za hlavní indikátor nebezpečnosti překážky. Lze jí vyjádřit jako poměr síly k velikosti deformace $(c = \frac{dF}{ds})$. Tuhost pevných překážek bývá až několikanásobně vyšší než je karoserie vozidla.

Za tuhé překážky lze považovat ocelové a železobetonové sloupy, zděné objekty, kmeny stromů, čela propustků apod. Lehké a poddajné materiály, jako plastové směrové sloupky a příhradové konstrukce nepředstavují velké nebezpečí z hlediska překážky. (Mičunek, str. 49)

K znázornění průběhu tuhosti různých překážek byl proveden odhad charakteristik a schematicky znázorněn do Obrázku 3.



Obrázek 3: Schéma znázornění tuhosti překážek (vlastní zdroj)

2.4 Statistiky nehodovosti s pevnou překážkou

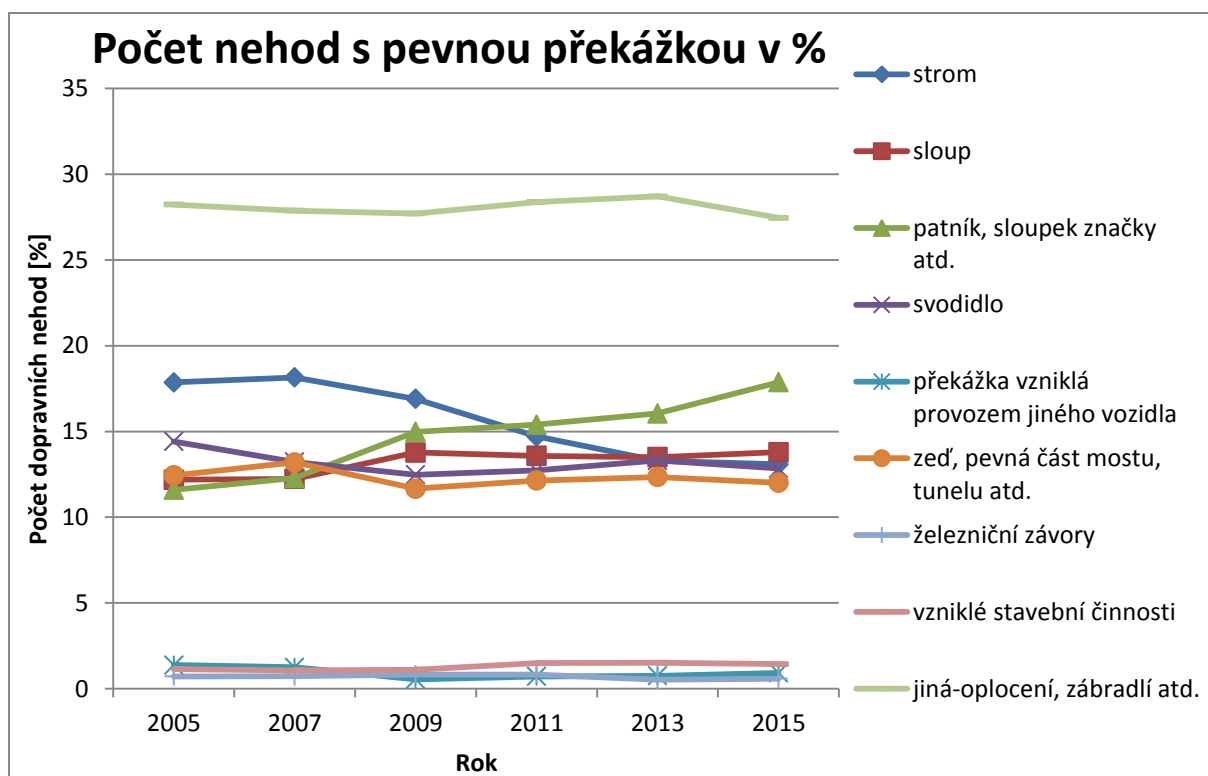
V roce 2015 došlo celkem k 19 847 nehodám s pevnou překážkou, což je přibližně 21% z celkových 93 067 nehod. Pro potřeby statistické analýzy jsou pevné překážky rozdělené do kategorií uvedené v Tabulce 1, v které je uvedena četnost nárazů do pevné překážky za posledních 10 let.

Tabulka 1: počet nehod s pevnou překážkou v %

Rok	2005	2007	2009	2011	2013	2015
	počet nehod					
strom	17,86	18,15	16,9	14,71	13,3	13,08
sloup	12,19	12,23	13,77	13,58	13,5	13,79
patník, sloupek značky atd.	11,6	12,28	14,98	15,4	16,05	17,87
svodidlo	14,42	13,22	12,48	12,73	13,31	12,84
překážka vzniklá provozem jiného vozidla	1,38	1,25	0,55	0,72	0,76	0,92
zeď, pevná část mostu, tunelu atd.	12,44	13,2	11,67	12,14	12,35	12,01
železniční závory	0,72	0,73	0,83	0,83	0,52	0,59
vzniklé stavební činnosti	1,15	1,07	1,11	1,49	1,51	1,44
jiná- oplocení, zábradlí atd.	28,23	27,88	27,71	28,38	28,71	27,46
celkem	100	100	100	100	100	100

Zdroj: (statistická ročenka ředitelství služby dopravní policie Policejního prezidia České republiky)

Graf č. 1: Počet nehod s pevnou překážkou v %



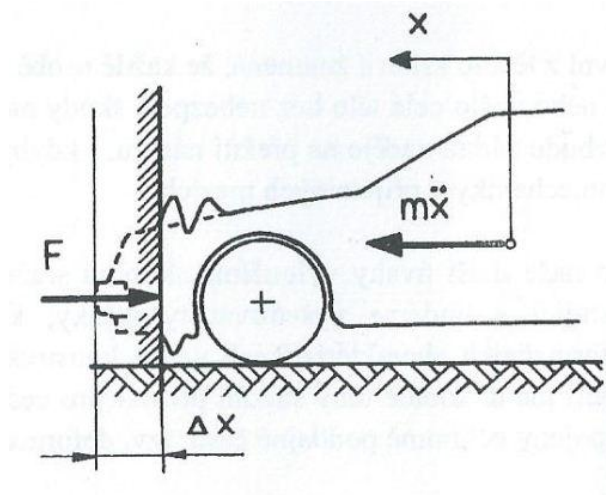
Zdroj: (statistická ročenka ředitelství služby dopravní policie Policejního prezidia České republiky)

Z grafu 1 je patrné, že pouze nárazy do stromu mají mírnou klesající tendenci. Ovšem náraz do stromu je stále příčinou 60,17% (102 osob) celkových úmrtí souvisejících s nárazem do pevné překážky.

3 NÁRAZ VOZIDLA

3.1 Čelní náraz do pevné překážky

Předpokládejme, že vozidlo narazí do dokonale tuhé a nepohyblivé stěny bez zpětného odrazu, tj. plně plastický ráz s koeficientem restituce $\varepsilon = 0$. Rychlost nárazu je v_0 .



Obrázek 4: Dynamický model nárazu vozidla na pevnou překážku (Vlk, str. 124)

V okamžiku nárazu při plně plastickém rázu je kinetická energie rovna deformační práci. Rovnice energetické rovnováhy má tvar

$$E_k = \frac{1}{2}mv_0^2 = \int_0^{\Delta x_{max}} F(\Delta x, \Delta v)dx$$

kde F je okamžitá deformační síla, Δx je okamžitá deformace vozidla, Δv je pokles rychlosti vozidla a Δx_{max} je maximální deformaci vozidla.

Při nárazu vozidla je okamžitá deformace Δx rovna posuvu x nedeformované části vozidla. Pohybová rovnice vozidla po nárazu je ve tvaru

$$m\ddot{x} + F = 0.$$

Nyní budeme uvažovat mezi různými typy závislostí mezi deformační silou a deformací vozidla. Nabízejí se nám tři základní možnosti průběhu vozidla. Deformační síla je konstantní (3.1.1). Deformační síla lineárně závisí na stlačení, c je koeficient tuhosti přídě (3.1.2.). Deformační síla lineárně závisí na rychlosti stlačení, k je koeficient útlumu přídě (3.1.3.).

Poznámka: ve všech případech má vozidlo stejné zpoždění a_{max} a stejnou nárazovou rychlost v_0

3.1.1 Konstantní deformace $F = \text{konst.}$

Z pohybové rovnice plyne

$$-\ddot{x} = \frac{F}{m} = a_{max}$$

pokud $F = \text{konst.}$, pak

$$\frac{1}{2}mv_0^2 = F\Delta x_{max}$$

odtud vyjádříme maximální deformaci

$$\Delta x_{max} = \frac{1}{2} \frac{mv_0^2}{F} = \frac{v_0^2}{2a_{max}}$$

3.1.2 Lineární deformace $F = c \cdot \Delta x$

Platí

$$F_{max} = ma_{max}, \quad F_{max} = c \cdot \Delta x_{max}$$

Dosadíme-li F do energetické rovnice

$$\frac{1}{2}mv_0^2 = \int_0^{\Delta x_{max}} c\Delta x dx = \frac{1}{2}c\Delta x_{max}^2$$

po úpravě

$$\Delta x_{max} = \frac{F_{max}}{c} = \frac{ma_{max}}{c} = v_0 \sqrt{\frac{m}{c}}$$

Můžeme vyjádřit tuhost přídě c

$$c = \frac{ma_{max}^2}{v_0^2}.$$

Maximální deformace je

$$\Delta x_{max} = \frac{ma_{max}}{c} = \frac{v_0^2}{a_{max}}$$

3.1.3 Lineární deformace v závislosti na rychlosti $F = k \cdot \Delta \dot{x}$

Pohybová rovnice má tvar

$$m\ddot{x} + k\dot{x} = 0.$$

Řešením rovnice dojdeme ke vztahu nedeformované části vozidla

$$x = v_0 \frac{m}{k} (1 - e^{-\frac{k}{m}t})$$

a pro rychlost

$$\dot{x} = v_0 e^{-\frac{k}{m}t}.$$

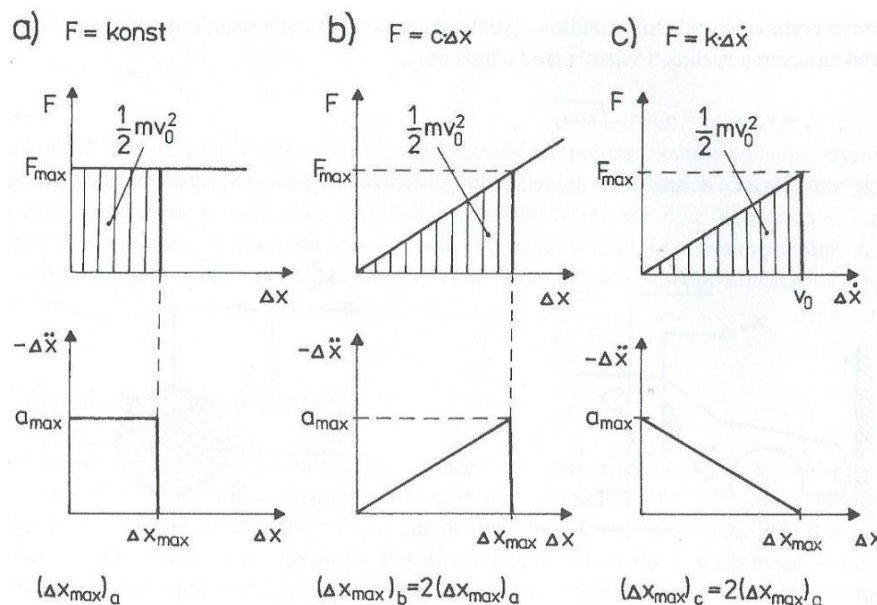
Maximální deformační rychlost je v okamžiku $t = 0$ kdy $\Delta \dot{x}_{max} = v_0$

Aby platila podmínka $\ddot{x}_{max} = a_{max}$ musí platit

$$\ddot{x}_{max} = \frac{k}{m} v_0, \quad \text{tzn.} \quad k = \frac{m a_{max}}{v_0}$$

maximální deformace $\Delta x = x_{max}$ (při $t \rightarrow \infty$) je potom

$$\Delta x_{max} = v_0 \frac{m}{k} = \frac{v_0^2}{a_{max}}$$



Obrázek 5: Deformační síly a zpoždění vozidla v závislosti na deformační charakteristice přídě (Vlk, str. 127)

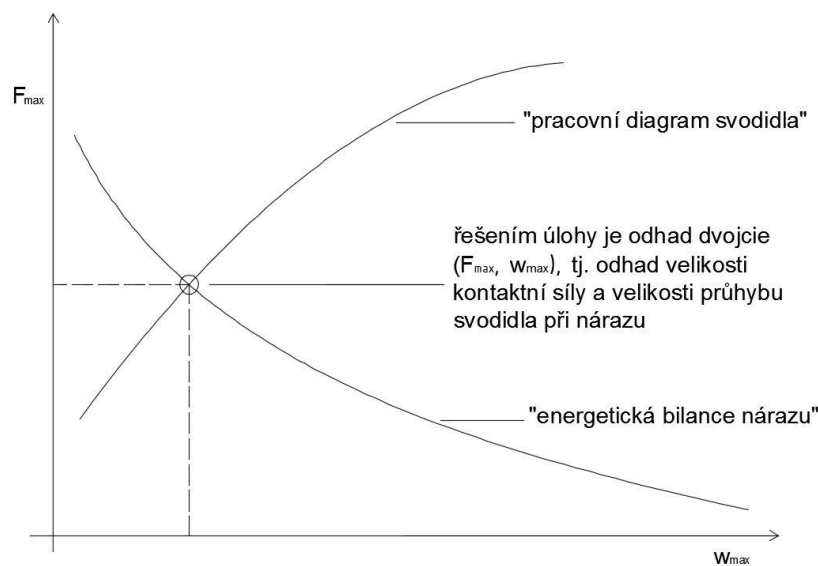
(Vlk, str. 124-127 & Kovanda, str. 12-16)

3.2 Příčná síla působící mezi vozidlem a svodidlem

Jelikož náraz vozidla do svodidla je složitým dějem a velikost síly závisí na mnoha faktorech, včetně deformace svodidla, vychází se především z úvah.

Pro jednotlivá svodidla bývá možnost přibližného stanovení nebo grafického vyjádření závislosti tuhosti svodidla (poddajnost) w_{max} zatíženého kontaktní silou $F_{výz}$. Tento inverzní vztah lze nazývat jako „pracovní diagram svodidla“.

Nalezení obou závislostí w_{max} a $F_{výz}$ a určení, která intenzita síly je v daném případě významná, je obtížné. V případě nalezení závislostí a správného zvolení síly $F_{výz}$, je již snadné hledanou dvojici hodnot nalézt, např. řešením dvojice rovnic, interpolací dvou tabulek nebo graficky jako průsečík dvou křivek (Obr. 6).



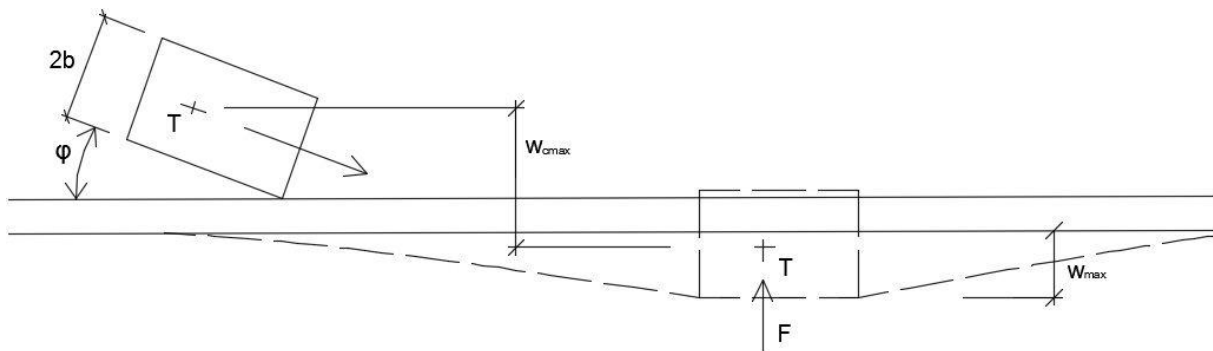
Obrázek 6: Grafické řešení odhadu velikosti kontaktní síly a velikosti průhybu svodidla (TP 101, str. 17)

- F celková velikost příčné složky kontaktní síly v kNm
- $F_{výz}$ náhradní konstantní intenzita celkové příčné kontaktní síly odvozená z proměnné intenzity F, která je něčím významná v kN
- w_{max} maximální velikost průhybu svodidla dosažená během nárazu v m
- E část kinetické energie vozidla odpovídající příčné složce jeho rychlosti v kNm
- m celková hmotnost vozidla v t
- v rychlost vozidla v okamžiku prvního kontaktu se svodidlem v km/h

3.2.1 Energetická bilance nárazu

Názorná situace, kde příčná složka rychlosti vozidla je nulová a průhyb svodidla w_{max} je maximální, je zobrazena na Obrázku 7, kde m je hmotnost vozidla, v rychlost vozidla a φ úhel nárazu. Část kinetické energie vozidla, odpovídající příčné složce vozidla, je na dráze w_{cmax} pohlcena svodidlem, které vyvozuje příčnou reakci F . Zachování energie lze vyjádřit touto rovnicí:

$$E = \frac{m \cdot (v \cdot \sin\varphi)^2}{2} = \int_0^{w_{cmax}} F(w) \cdot dw + E_d$$



Obrázek 7: Situace nárazu vozidla do svodidla (TP 101, str. 18)

Pokud bychom uvažovali, že velikost síly F během nárazu je konstantní, platilo by $F(w) = F_{prům}$. Integrál by bylo možno nahradit součinem:

$$\int_0^{w_{cmax}} F(w) \cdot dw = F_{prům} \cdot w_{cmax}$$

a následné veškeré výpočty by bylo možné provádět pouze s jedinou významnou hodnotou $F_{prům}$. Ovšem ve skutečnosti kontaktní síla F je silně proměnná. Přesto je možné při návrhu a posouzení svodidel jako nosných konstrukcí zjednodušení využít, a to pokud definujeme „podle délky trvání“ tři významné náhradní intenzity kontaktní síly F .

- $F_{prům}$ (průměrná) – Fyzikálně nepříliš významná, ovšem bývá často uváděna v různých tabulkách, např. v ČSN EN 1317-1. Ostatní intenzity se odvozují právě od průměrné síly.
- F_{max} (maximální) – Síla, která právě svodidlo deformuje nebo převrací, a proto ji lze považovat jako zatížení „návrhové“. Při výpočtech se pracuje právě s tímto maximem.
- F_{dyn} (dynamická) – Z výsledků zkoušek lze předpokládat, že dynamická síla je rozhodující pro „poškození“ posádky vozidla a někdy převrací vozidlo přes svodidlo.

$$F_{max} = 1,6 \cdot F_{prům}$$

$$F_{dyn} = 1,6 \cdot F_{max} = 2,5 \cdot F_{prům}$$

4 BEZPEČNOSTNÍ ZAŘÍZENÍ NA POZEMNÍCH KOMUNIKACÍCH

Bezpečnostní zařízení na PK se navrhují v místech, kde hrozí zvýšené nebezpečí účastníků silničního provozu, a to v podobě např. sjetím nebo pádem z pozemní komunikace, střetnutí s jinými účastníky silničního provozu nebo s pevnou překážkou.

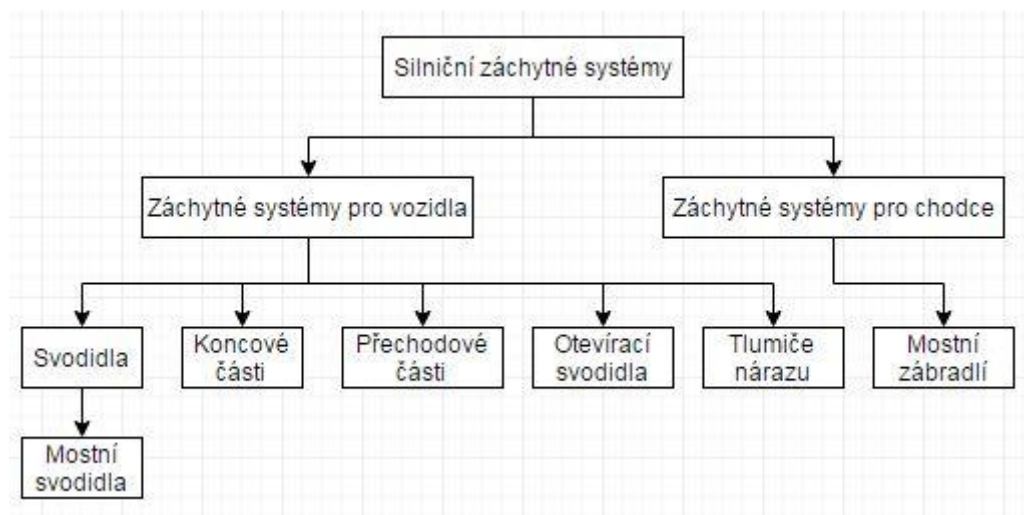
Bezpečnostní zařízení dělíme dle svého účelu na:

- záchytná
- vodící

My se v této práci budeme podrobněji zabývat pouze zařízeními záchytnými. Pro záchytné bezpečnostní systémy je charakteristické, že se nesnaží zabránit vzniku dopravní nehody, nýbrž mají za úkol následky dopravní nehody co nejvíce zmírnit. Silniční záchytné systémy lze dělit na:

- svodidla
- tlumiče nárazu
- zábradlí

Při návrhu záchytných systému je důležité brát v úvahu, aby systémy nebránily požadovanému rozhledu, ať už při zastavení nebo předjíždění. (ČSN EN 1317-1)



Obrázek 8: Rozdělení silničních záchytných systémů (ČSN EN 1317-1)

4.1 Svodidla

„Svodidla patří mezi silniční záchytné systémy instalované na krajnici nebo ve středním dělicím pásu pozemní komunikace (viz ČSN EN 1317-1), tzv. na silnicích a mostech. Účelem svodidla je zadržet a přesměrovat neovládané vozidlo při zajištění přiměřené bezpečnosti cestujících ve vozidle a jiných uživatelů pozemní komunikace.“ (TP 114, str. 2)

4.1.1 Dělení svodidel a požadavky na TPV¹

Dle zákona č. 22/1997 Sb., o technických požadavcích na výrobky a o změně a doplnění některých zákonů se svodidla dělí na „schválená“ a „jiná“.

„Schválená“ svodidla jsou opakovaně vyráběné a využívané výrobky na pozemních komunikacích, na které se vztahuje norma ČSN EN 1317-1 a ČSN EN 1317-2.

„Jiná“ svodidla jsou kusové výrobky, navrhované individuálně, na které se normy ČSN EN 1317-1, ČSN EN 1317-2 nevztahují. „Jiná“ svodidla se navrhují pouze na mostech, a to pouze v případech s řádným odůvodněním. Jejich statické posouzení se většinou provádí podle návrhových norem jako nosné konstrukce. (TP 114, str. 4)

Dále se svodidla mohou dělit podle použitého materiálu:

- ocelová
- betonová
- lanová
- dřevoocelová

TPV „schváleného“ svodidla musí uvádět:

- a) Základní rozměry svodidla, včetně obrázků svodidla, stručného popisu, řešení konce a začátku svodidla. Jednotlivé komponenty musí být označené z důvodu potřebné identifikace a dohledatelnosti;
- b) Návrhové parametry svodidla přesně podle protokolů z nárazových zkoušek.;
- c) Vzdálenost líce svodidla od pevné překážky;
- d) Způsob použití svodidla;
- e) Minimální délku svodidla;
- f) Zatížení, které musí přenést konstrukce, která podporuje svodidlo; (TP 114, str. 5)

¹Technické podmínky výrobce

4.1.2 Zásady návrhu svodidel

Povoleno je používat pouze schválené konstrukce svodidel a/nebo pokud konstrukce byly povoleny k používání ústředním úřadem státní správy ve věcech dopravy.

Do prostoru pracovní šířky svodidel není povoleno ani dodatečné umístění pevných překážek. Výjimka je možná udělit zvláštním předpisem.

Svodidlo je vybaveno odrazkami, pokud vymezuje volnou šířku směrově nerozdělené silnice. Musí být zajištěné plynulé výškové vedení.

Žádná část svodidla nesmí zasahovat do volné šířky silnice nebo dálnice. Výjimku tvoří dolní část betonového svodidla, které může zasahovat nejvíce 180 mm do volné šířky.

V prostoru středního dělicího pásu se svodidlo umísťuje buď „v ose“ nebo „v krajních polohách“ (tj. líc svodidla na hranici dílčí volné šířky nejméně 0,50 m od okraje zpevnění).

V případě výskytu obruby, svodnice musí lícovat s hranou obruby.

Výškový průběh svodnice musí být plynulý s výjimkou v přechodových částech, začátečních a koncových částí.

Svodidlo se osazuje v nejkratší nutné délce, ovšem musí splňovat minimální navrhnutou délku.

Svodidlo se osazuje:

- na všech mostech, opěrných zdech bez přesypávky, podjezdech pozemní komunikace
- nad mosty, opěrnými zdmi a propustky s přesypávkou a na propustcích bez přesypávky, jejichž římsy leží více než 1,50 m nad terénem, dnem vodního toku nebo povrchem přemostované komunikace

Svodidlo se osazuje vždy do středního dělicího pásu u dálnic, rychlostních silnic a směrově rozdělených silnic s průměrnou roční intenzitou provozu větší než 5000 voz/24h.

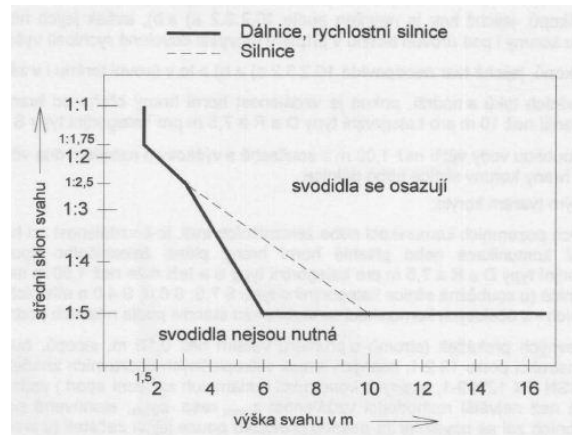
Na mostech, opěrných zdech a propustcích bez přesypávky se navrhují svodidla zábradelní.

U nezpevněné části krajnice se svodidlo osazuje:

- na násypech určených středním sklonem a výškou svahu podle Obrázku 9.

$$S_s = \frac{h}{\sum_{i=1}^m \frac{h_i}{n_j}}$$

kde S_s je	střední sklon svahu;
h	celková výška svahu v m;
h_i	výška svahu na dílčím úseku i v m;
$\frac{1}{n_j}$	sklon dílčí části svahu;
m	počet úseků s dílčím sklonem



Obrázek 9: Použití svodidel u svahů násypu

(ČSN 73 6101, str. 64)

- podél všech vodních toků a nádrží s nebezpečným tvarem koryta nebo hloubka vody je větší než 1,00 m a současně výškový rozdíl dna, měřený od hrany koruny silnice je více než 2,00 m, pokud vzdálenost horní hrany břehu od hrany koruny silnice nebo dálnice je menší než 10 m. Pro kategorií typy S je stanovena vzdálenost 7,5 m
- pokud je komunikace souběžná s železniční tratí a boční vzdálenost je menší než 10,0 m a leží níže než 1,50 m nad hranou koruny silnice.
- podél všech pevných překážek vzdálených od okraje méně než největší rozhodující vzdálenost
- při průchodu ochranným pásmem vodního zdroje

(ČSN 73 6101)

4.1.3 Návrhové parametry svodidla

Pro každé svodidlo musí být uvedeny parametry, podle kterých lze volit vhodnost svodidla k využití. (TP 114, str. 5)

- Úroveň zadržetí
- Dynamický průhyb
- Pracovní šířka
- Úroveň prudkosti nárazu ASI
- Výška obruby

4.1.3.1 Zatížení svodidel

Zatížení svodidel lze vyjádřit buď konkrétním nárazem, nebo statickou silou. (TP 114, str. 8)

Tabulka 2: Zatížení svodidel „schválených“

Zkouška	Nárazová rychlost [km/h]	Úhel nárazu [°]	Celková hmotnost vozidla [Kg]	Kinetická energie [kJ]	typ vozidla
TB11	10	20	900	40,6	os
TB21	80	8	1300	6,2	os
TB22	80	15	1300	21,5	os
TB31	80	20	1500	43,3	os
TB32	110	20	1500	81,9	os
TB41	70	8	10000	36,6	nákl
TB42	70	15	10000	126,6	nákl
TB51	70	20	13000	284,5	autobus
TB61	80	20	16000	462,1	nákl
TB71	65	20	30000	572,0	nákl
TB81	65	20	38000	724,6	návěs

Zdroj: (TP 114, str. 8)

4.1.3.2 Úroveň zadržení

Úroveň zadržení je velikost bočního nárazu, jež je svodidlo schopno vzdorovat, aniž by došlo k jeho překonání vozidlem. (TP 114, str. 9)

Tabulka 3: Úroveň zadržení svodidel

Úroveň zadržení	Požadované testy	
Nízké úhlové zadržení	T1	TB 21
	T2	TB 22
	T3	TB 41 a TB 21
Běžné zadržení	N1	TB 31
	N2	TB 32 a TB 11
Vyšší zadržení	H1	TB 42 a TB 11
	H2	TB 51 a TB 11
	H3	TB 61 a TB 11
Velmi vysoké zadržení	H4a	TB 71 a TB 11
	H4b	TB 81 a TB 11

Zdroj: (TP 114, str. 9)

4.1.3.3 Dynamický průhyb

Dynamický průhyb je maximální boční dynamické přemístění líce svodidla. (ČSN EN 1317-2)

4.1.3.4 Pracovní šířka

Pracovní šířka je maximální boční vzdálenost mezi lící stranou svodidla před nárazem a lící stranou svodidla během nárazu. (ČSN EN 1317-2)

4.1.3.5 Úroveň prudkosti ASI

Úroveň prudkosti náraz ASI (Acceleration Severity Index) je bezrozměrná veličina, která udává míru nebezpečí pro posádku vozidla při nárazu do svodidla. Menší hodnota indexu ASI značí větší bezpečí pro posádku. (ČSN EN 1317-2)

Tabulka 4: Úroveň prudkosti ASI

Úroveň prudkosti nárazu	Hodnoty indexu
A	$\leq 1,0$
B	$\leq 1,4$
C	$\leq 1,9$

Zdroj: (ČSN EN 1317-2)

4.1.3.6 Výška obruby

Výška obruby má přímý vliv na tuhost svodidla, proto je důležité stanovit rozmezí pro výšku obruby, aby nedocházelo k jiným vlastnostem svodidla při zkouškách a využití v praxi. (TP 114, str. 5)

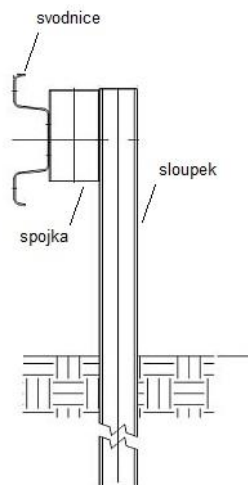
4.1.4 Ocelová svodidla

Ocelová svodidla patří mezi nejpoužívanější svodidla v ČR. Nejvíce používané svodidlo, je svodidlo typu NH4, kde „NH“ označuje výrobce Nová Huť Ostrava a „4“ tloušťku plechu svodnice 4 mm (TP 128, str. 3). Ocelové svodidlo dokáže při nárazu vozidla absorbovat velké množství kinetické energie, čímž zabraňuje vážným zraněním a dovoluje vozidlu být vedeno po délce svodidla nebo zpět na vozovku (Larsson, str. 5). Ovšem studie N. Jacques a spol. ukázaly, že efektivita ocelových svodidel se snižuje při nárazu s těžkými vozidly. Další nebezpečná je situace, kdy ocelová svodnice může proniknout až do kabiny řidiče a napáchat fatální zranění. (Larsson, str. 6)

4.1.4.1 Konstrukce svodidla

Konstrukce jednotlivých typů svodidel se od sebe různě liší. Obecně se svodidlo skládá ze svodnice, spojky a sloupku (viz Obr. 10). U jednodušších typů je svodnice připevněna přímo

ke sloupku. Sloupky jsou vyráběny z válcovaných profilů, které se zabírají do zeminy. Pokud není zabíraní možné, sloupky se osadí do betonového základu. (TP 128, str. 7)



Obrázek 10: Konstrukce ocelového svodidla (www.doznac.cz)

4.1.4.2 Výška svodidla

Výška u ocelových svodidel je stanovena protokoly nárazových zkoušek. Měření se provádí od horního okraje svodidla. V případě, že svodidlo má dvě svodnice nad sebou, výška se měří u obou svodnic. U jednostranných svodidel při vzdálenosti větší než 1,50 m od hrany zpevnění se výška měří k lici svodidla. Pokud je vzdálenost zpevnění od líce svodidla menší než 1,50 m, výška se měří od hrany zpevnění, ovšem předepsané hodnoty se nesmí lišit o více než 0,10 m. U svodidel oboustranných je kritická vzdálenost hrany zpevnění 2,0 m. (TP 203a, str. 14)

4.1.4.3 Plná účinnost a minimální délka svodidla

Plná účinnost svodidla je v místech s plnou předepsanou výškou. Výškové náběhy se umisťují až před a za chráněné místo.

Minimální délky jsou uvedeny v tab. 5 (JS – Jednostranná svodidla, OS – Oboustranná svodidla, OSM – Oboustranná svodidla mostní). Výškový náběh se do celkové délky nezapočítávají. (TP 128, str. 15)

Tabulka 5: Minimální délka svodidla

Dovolená rychlost [km/h]	Minimální délka svodidla JSNH4 [m]	Minimální délka svodidla OSNH4, OSMNH4 [m]
≤ 80	28	44
> 80	44	60

Zdroj: (TP 128, str. 15)

4.1.4.4 Koncové části svodidla

Pro koncové části svodidla se používají výškové náběhy zapuštěné do země. V případě, že na výškový náběh lze najet, sklon náběhu musí být 1:6 nebo mírnější. Pokud na výškový náběh najet nelze, maximální sklon je 1:3. Dlouhý náběh svodidla obvykle bývá dlouhý 8-12 m. Krátký náběh 4 m. Krátký náběh se využívá pouze v opodstatněných případech. (TP 203a, str. 22)

Pokud je konec svodidla opatřen tlumičem nárazu v souladu s TP 158, koncovými částmi svodidla se nemusíme zabývat. Svodidlo zapuštěné do svahu (viz Obr. 11) není koncovou částí svodidla, ale půdorysný odklon. (TP 203a, str. 45)



Obrázek 11: Zapuštění svodidla do svahu (TP 203a, str. 46)

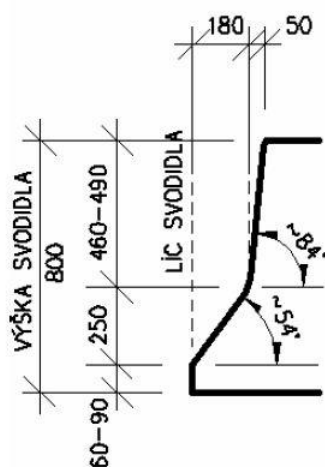
4.1.5 Betonová svodidla

Výhody svodidla je využití v místech s nedostatečnou pracovní šířkou, nenáročné osazení (není potřeba kotvení), snadná a levná výměna svodidla. (Raphael H. Grzebieta, str 2.). Na

druhou stranu z důvodu vysoké tuhosti se při nárazu zvyšuje riziko poranění posádky a pravděpodobnost odrazu od svodidla. (Larsson, str. 5)

4.1.5.1 Konstrukce svodidla

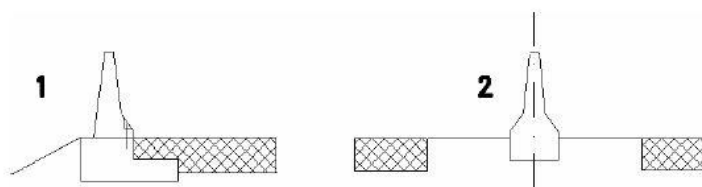
Betonová svodidla jsou tvořena z jednotlivých železobetonových dílců, které jsou zpravidla vzájemně spojeny pomocí destiček a šroubů. Tvar příčného řezu betonového svodidla není předepsaný, ovšem podmínkou schválení tvaru je splnění nárazových zkoušek dle ČSN EN 1317-2. Nejčastěji používaný tvar, pojmenovaný podle původu svého vzniku, je „New Jersey“ (viz. Obr. 12)



Obrázek 12: Betonové svodidlo tvaru New Jersey (TP 139a, str. 12)

Použitý beton musí odolávat agresivnímu prostředí. Jde především o mrazuvzdornost a odolnost proti chemickým rozmrazovacím látkám. Při nárazu ze svodidla nesmí odletovat větší kusy betonu (u mostu je maximální váha odděleného kusu 2 kg).

Betonová svodidla mohou být osazena na zpevněný podklad, po kterém se při nárazu může svodidlo posunout nebo se svodidlo osazuje pevně (viz. Obr. 13) v souladu s nárazovými zkouškami. (TP 139a, str. 15)



Obrázek 13: Betonová svodidla neposuvná (TP 139a, str. 16)

4.1.5.2 Výška svodidla

Limitní požadavky mohou být stanoveny Ministerstvem dopravy, příp. ŘSD ČR² pro jednotlivé stavby. Minimální výška betonového svodidla je 0,800 m. Výška spodního soklu je stanovena maximálně na 110 mm. V případě, že svodidlo je osazeno na obrubu, je potřeba zkrátit spodní sokl o výšku obruby. (TP 139a, str. 13)

4.1.5.3 Plná účinnost a minimální délka svodidla

Plná účinnost svodidla začíná v místě s nesníženou výškou. U monolitického svodidla s řeznými spárami je plná účinnost u první řezné spáry, za předpokladu, že řezná spára je minimálně 4 m za začátkem svodidla.

Minimální délka, včetně náběhových dílců, se stanovuje z požadavků stability, aby se svodidlo při požadované úrovni zadržení nepřevrátilo. Ve skutečnosti dochází k těžším nárazům, než jsou nárazy pro stanovenou úroveň zadržení a proto se doporučuje volit délku svodidla větší než pro odpovídající úroveň zadržení. (TP 139a, str. 22)

Tabulka 6: Minimální délka betonového svodidla

	Úroveň zadržení			
	N1 až H1	H2	H3	H4a a H4b
Minimální délka betonového svodidla včetně výškových náběhů (m)	40	50	70	80

Zdroj: (TP 139a, str. 22)

4.1.5.4 Koncové části svodidla

Z bezpečnostního hlediska jsou koncové díly svodidla opatřeny náběhy (viz. Obr. 14). Do doby vzniku revize EN 1317-5 musí být sklon výškového náběhu 1:3 nebo mírnější. (TP 139a, str. 27)

²Ředitelství silnic a dálnic ČR



Obrázek 14: Náběh betonového svodidla (www.svodidla.cz)

4.1.6 Lanová svodidla

Mezi hlavní výhody lanových svodidel patří dobrý poměr cena/výkon, nízká hodnota indexu prudkosti nárazu ASI (pomalá decelerace zabraňuje zbytečné aktivaci airbagů), vyšší výkon funkce, než na jaké bylo svodidlo projektováno, jednoduchá údržba a opravy, svodidlo nebrání proudění vzduchu, výhodné pro osazení míst s nedostatečně širokou krajnicí. Naopak nevýhodou je větší pracovní šířka svodidla a hlavně tragické následky při nehodě motocyklistů. (TP 106, str. 4)

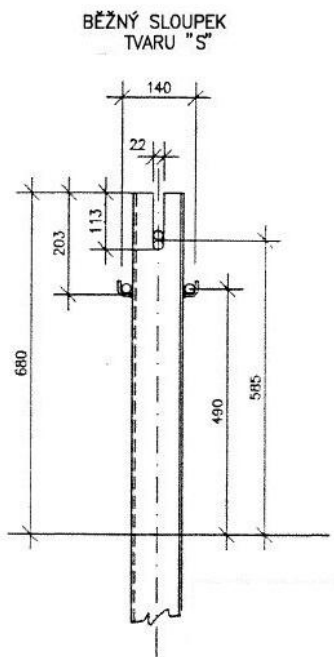
Svodidlo nelze použít pokud:

- délka svodidla v plné výšce je menší než 24 m;
- poloměr směrového oblouku je menší než 200 m;
- výškové údolnicové oblouky mají poloměr menší než 3000 m;
- šířka středního dělicího pásu je menší než 2,40 m za předpokladu, že osová vzdálenost sloupků je absolutní minimum;
- obrubník výšky 110 mm a více se nachází ve vzdálenosti minimálně 1,50 m od líce svodidla (TP 106, str. 11)

4.1.6.1 Konstrukce svodidla

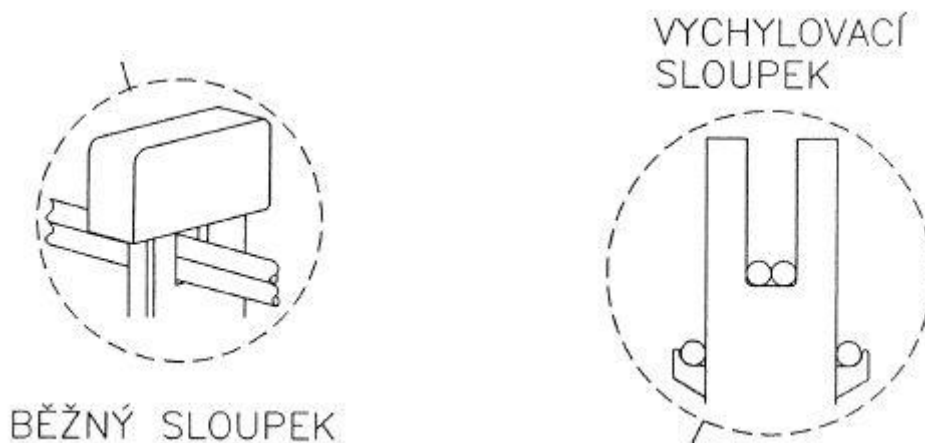
Svodidlo se skládá ze čtyř ocelových napnutých lan, která jsou podepřena ocelovými sloupky ve vzdálenosti 2,40 m. Vrchní dvě lana jsou umístěna v zářezu sloupku. Spodní dvě lana jsou umístěna níže po stranách sloupku (viz. Obr. 15) a vzájemně se proplétají mezi

sousedními sloupky. Lana jsou ukotvena na koncích. Při překonání maximální délky svodidla se zřizuje tzv. mezilehlé kotvení. (TP 106, str. 5)



Obrázek 15: Konstrukce lanového svodidla (TP 106, str. 11)

Sloupky se dělí na „běžné“, „vychylovací“ a „výškově omezující“. Vychylovací sloupky se využívají u koncových a mezilehlých kotevních bloků. Výškově omezující sloupky se osazují v případě, je-li třeba aby lana výškově podešla svodnici. Běžné sloupky se osazují v ostatních případech. (TP 106, str. 5)



Obrázek 16: Sloupky a umístění lan u lanového svodidla (TP 106, str. 49)

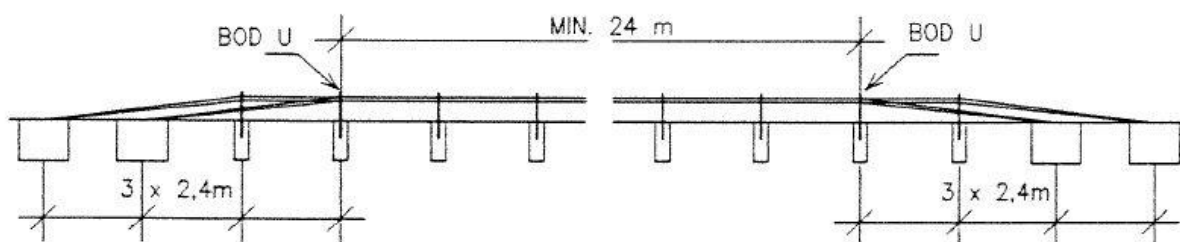
4.1.6.2 Výška svodidla

Výška horních lan je stanovena na 0,585 m, pro lana spodní je výška 0,490 m. Výška se měří podle vzdálenosti od zpevnění. Pokud je zpevnění od líce svodidla vzdálené méně než 1,50 m, výška lan se měří právě od zpevnění. V případě, že zpevnění je více než 1,50 m, výška se měří od líce svodidla. (TP 106, str. 11)

4.1.6.3 Plná účinnost a minimální délka svodidla

Lanové svodidlo je plně účinné až v bodě (bod U na Obr. 17), ve kterém mají všechna lana svou plnou výšku. V místě použití mezilehlých kotví je účinnost svodidla nepřerušena.

Minimální délka svodidla při plné výšce je 24 m. (TP 106, str. 13)



Obrázek 17: Minimální délka lanového svodidla (TP 106, str. 13)

4.1.6.4 Koncové části svodidla

Lana jsou kotvena do betonových koncových kotevních bloků, které jsou zapuštěné do země (viz Obr. 17).

4.1.7 Dřevoocelová svodidla

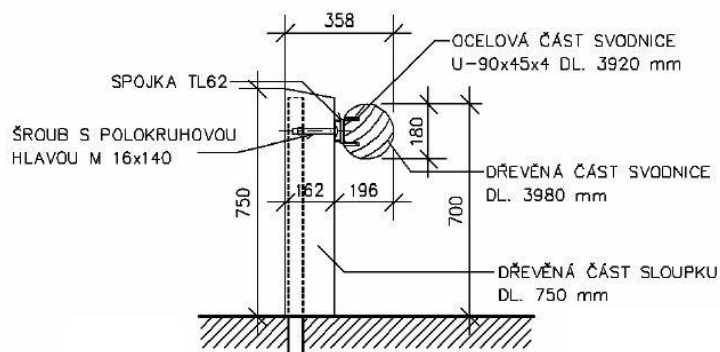
Tato svodidla se využívají především v rekreačních místech, jako jsou např. parkoviště, odpočívadla a jiné. Dále se využívají kolem lesních cest, místních komunikací a silnicích nižších tříd.

4.1.7.1 Konstrukce svodidla

Podobně jako u ocelového svodidla, dřevoocelové svodidlo tvoří sloupky a svodnice. Sloupky se skládají ze zaberaněných ocelových profilů, na které je připevněn dřevěný sloupek, pomocí vyfrézovaných drážek. Svodnice tvoří ocelový U-profil a za pomoci šroubů

je k profilu připevněna dřevěná kulatina. Svodnice je připevněna ke sloupku pomocí šroubů a spojek. (TP 140, str. 13)

JEDNOSTRANNÉ SILNIČNÍ DŘEVOOCELOVÉ SVODIDLO T18 4M



Obrázek 18: Konstrukce dřevoocelového svodidla (TP 140, str. 9)

4.1.7.2 Výška svodidla

Výška se měří od horního okraje svodnice s ohledem ke vzdálenosti zpevnění od líce svodidla (viz tab. 7). (TP 140, str. 17)

Tabulka 7: Výška dřevoocelového svodidla

Typ svodidla	Vzdálenost líce svodidla od zpevnění	Výška svodidla od zpevnění	Výška svodidla od přilehlého terénu
T18 4M	$\leq 1,50$ m	0,750 m	0,650 – 0,850 m
T18 4MS2	$\geq 1,50$ m	-	0,750 m
T40 4MS2	$\leq 1,50$ m	0,850 m	0,750 – 950 m
	$\geq 1,50$ m	-	0,850 m

Zdroj: (TP 140, str. 17)

4.1.7.3 Plná účinnost a minimální délka svodidla

Svodidla mají plnou účinnost tam, kde dosahují plné výšky.

Minimální délky jsou uvedeny v tab. 8. Do minimální délky nejsou započítány výškové náběhy svodidla. (TP 140, str. 19)

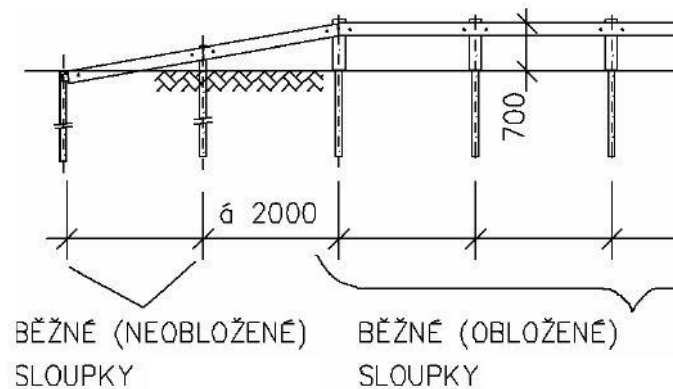
Tabulka 8: Minimální délka dřevoocelového svodidla

typ svodidla	minimální délka svodidla pro rychlost	
	≤ 80 km/h	> 80 km/h
T18 4M	40 m	-
T18 4MS2	52 m	80 m
T40 4MS2	60 m	92 m

Zdroj: (TP 140, str. 19)

4.1.7.4 Koncové části svodidla

Začátek i konec svodidla musí být opatřeny výškovými náběhy se zapuštěním do země. (viz Obr. 19).

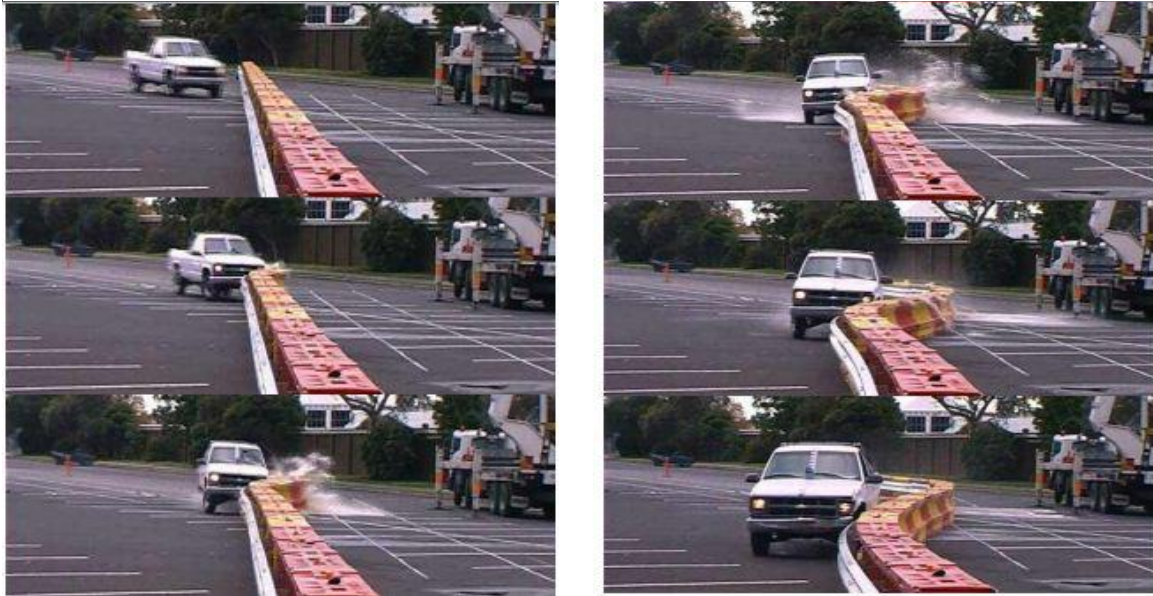


Obrázek 19: Náběh dřevoocelového svodidla (TP 140, str. 13)

4.1.8 Dočasná svodidla

„Dočasná svodidla nejsou stanoveným výrobkem ve smyslu zákona a BV 163/2002 Sb., nebo CRP 305/2011 ale výrobkem, jehož bezpečnost řeší zákon č.102/2001 Sb. o obecné bezpečnosti výrobků v platném znění.“ (TP 159a, str. 6)

Dočasná svodidla využívaná jako ochrana pracovního prostoru pro osoby provádějící práce na silnici jsou vyráběny z betonu, ocele nebo z umělohmotných materiálů, které jsou napuštěny vodou. (Thiyahuddin a spol., 2014, str. 2)



Obrázek 20: Vyobrazení nárazu automobilu o hmotnosti 2000kg při rychlosti 70 km/h do dočasného plastového svodidla (Grazebieta, str. 13)

4.2 Tlumiče nárazů

Jedná se o záchytné systémy, které jsou instalovány před pevnou překážkou v místech, kde lze očekávat riziko nárazu. Účelem tlumičů nárazu je utlumení kinetické energie při nárazu, zvýšení bezpečnosti pro posádku vozidla nebo ochrana cenného objektu. (TP 158, str. 2)

Na trh se uvádějí výhradně výrobky úspěšně odzkoušeny podle normy ČSN EN 1317-3 a které splňují zákony a nařízení vlády. Uvádění individuálních výrobků na trh není povoleno, stejně tak nejsou dovoleny jakékoliv úpravy tlumičů nárazů. (TP 158, str. 3)



Obrázek 21: Tlumič nárazu (<http://www.agrozets.eu>)

4.2.1 Typy tlumičů nárazu

Obecně se tlumiče nárazu dělí na „vodící tlumiče nárazu“ a „nevodící tlumiče nárazu“. Vodící tlumiče nárazu se umisťují do míst, kde je možnost bočního nárazu. Tento typ tlumičů nárazu je na rozdíl od nevodících navíc zkoušen na boční náraz. Nevodící tlumiče se umisťují do míst, kde je předpoklad pouze čelního nárazu. (TP 158, str. 4)

Podle nárazových zkoušek dle ČSN EN 1317-3 se tlumiče dále dělí podle úrovně zadržení (50, 80/1, 80, 100, 110). Jejich využití podle dovolené rychlosti na komunikaci je znázorněno v tabulce 9. (TP 158, str. 5)

Tabulka 9: Úroveň zadržení tlumičů nárazu

Pozemní komunikace s dovolenou rychlostí	Minimální úroveň zadržení
≥ 110 km/h	100
≥ 90 km/h ale < 110 km/h	80/1, 80
< 90 km/h	50

Zdroj: (TP 158, str. 5)

4.3 Zkoušení svodidel

Zkoušky jsou provedeny v souladu s parametry uvedenými v tabulce 2.

4.3.1 Místo zkoušky

Plocha, na které se zkoušení provádí, musí být rovná, nepřesahující sklon 2,5%. Na ploše nesmí být stojatá voda, led nebo sníh. Musí být zajištěna dostatečná velikost, aby zkušebnímu vozidlu bylo umožněno dosažení požadované a rovnoměrné rychlosti před nárazem. Prostor by měl být zajištěn tak, aby docházelo k minimálnímu výskytu prachu, kvůli zřetelnosti zaznamenávaných snímků.

Ke správnému vyhodnocení výjezdových charakteristik vozidla je potřeba, aby zpevněná plocha měřila nejméně 40 m za bodem střetu vozidla se svodidlem a 15 m před lícem svodidla. Ve výjezdovém prostoru nesmí dojít ke kolizi zkušebnímu vozidlu s jinou pevnou překážkou, která by zapříčinila další deformace na vozidle. (ČSN EN 1317-2)

4.3.2 Zkušební vozidlo

Zkušební vozidla mají být výrobní modely odpovídající běžné dopravě v Evropě. Pneumatiky mají být nahuštěny na tlak uváděné výrobcem. Pneumatiky, závěs, rovnoběžné seřízení kol a karosérie musí být ve stavu, aby vyhovělo požadavkům vydání certifikátu jízdní způsobilosti. Veškeré provedené opravy a úpravy, které by zrušily platnost tohoto certifikátu, nejsou povoleny. Vozidlo musí být čisté a opatřeno označovacími body, k usnadnění analýzy.

Vozidlo nesmí být omezováno kontrolou řízení nebo jiným způsobem (např. antiblokovacím systémem). (ČSN EN 1317-2)

4.3.3 Chování svodidla

Svodidlo musí zadržet a přesměrovat vozidlo, aniž by došlo k úplnému poškození podélných prvků svodidla.

Ze svodidla se nesmí zcela oddělit nebo představovat příliš velké nebezpečí pro dopravu a okolí žádná větší část.

Do kabiny cestujících ve vozidle nesmí proniknout žádné prvky svodidla. Deformace kabiny, které by mohly způsobit vážná zranění, nejsou přípustné.

Kotvení v podkladu a upevnění se musí chovat podle stanovených předpokladů a návrhů. (ČSN EN 1317-2)

4.3.4 Chování vozidla

Při zkoušce těžiště vozidla nesmí překročit osu deformovaného zařízení.

Vozidlo se v průběhu ani po zkoušce nesmí převrátit. Přípustné jsou pouze mírná příčná a podélná kymácení.

Stopa kol po nárazu nesmí překročit čáru rovnoběžnou s původní lící plochou svodidla, a to ve vzdálenosti *A plus šířka vozidla plus 16% délky vozidla*, ve vzdálenosti *B od konečného křížení (průsečíku) stopy kol s původní lící plochou svodidla*. Hodnoty *A* a *B* jsou specifikované v tabulce 10. (ČSN EN 1317-2)

Tabulka 10: Rozměry výjezdové plochy

Typ vozidla	A [m]	B [m]
osobní vozidlo	2,2	10
jiná vozidla	4,4	20

Zdroj: (ČSN EN 1317-2)

4.3.5 Postup při zaznamenávání dat

Zaznamenávány jsou následující charakteristiky:

a) Předzkušební údaje

- Hmotnost vozidla a poloha těžiště vozidla ve zkušebních podmínkách, včetně dodatečné zátěže v souladu s ISO 10392.
- Fotografie interiéru a exteriéru vozidla.
- Fotografie polohy a konstrukce svodidla.

b) Zkušební údaje

- Nárazová rychlost vozidla.
- Úhel nárazu vozidla.
- Dynamický průhyb a pracovní šířka svodidla, zaokrouhlené na nejbližší desetinné místo.
- Fotografické záznamy z vysokorychlostních filmových kamer s velkou rychlostí snímání a/nebo videokamer s velkou rychlostí snímání rozmístěných tak, aby daly kompletní záznam vozidla a chování svodidla včetně deformace průhybu. Limitem je 200 snímků/sekundu.

c) Pozkušební údaje

- Poškození a deformace zkušebního vozidla.
- Poškození zkoušeného svodidla.
- Klidové fotografické snímky napomáhající podání zprávy.

(ČSN EN 1317-2)

5 NÁVRH

5.1 Návrh aktivní bezpečnosti

5.1.1 Návrh 1 – Identifikace průjezdu nebezpečným územím

Jelikož na řidiče vozidla jsou kladeny vysoké nároky na sledování provozu a je zde možnost přehlédnutí dopravního značení a následné nevědomé porušení pravidel silničního provozu, např. nepřizpůsobení rychlosti, a tím vystavení sebe i ostatních účastníků silničního provozu do nebezpečí. Proto je potřeba řidiči připomínat platící dopravní značení na určitém úseku komunikace.

V dnešní době již existují systémy, které dokáží identifikovat svislé dopravní značení a následně informovat řidiče pomocí symbolů zobrazených na přístrojové desce (viz. Obr. 22). Tento systém se nazývá TSR (Traffic sign recognition) a lze ho nalézt již v nových vozech automobilek BMW, Audi, Volvo a Mercedes. (Carwow)



Obrázek 22: Zobrazení systému TSR na přístrojové desce (www.carwow.co.uk)

Systém TSR ovšem nedokáže identifikovat možná nebezpečí např. při průjezdu stromořadím podél komunikace. Návrh nového systému spočívá v zobrazování, nejen platícího dopravního značení, ale také v informování řidiče o potenciálním nebezpečí a případně ho zvukovými signály upozornil na přizpůsobení jízdy.

Systém je v součinnosti s odborem silniční databanky (SDB), který má za úkol sběr a zpracování dat. Úseky komunikací vystavující zvýšené riziko, jsou zaznamenány do databáze. Následně pomocí propojení s GPS a touto databází dochází při vjetí do označených úseků k informování řidiče o rizikovosti komunikace pomocí varovných signálů.

Jinou variantou návrhu je fyzické označení úseků, např. umístění vysílačů do svislého dopravního značení nebo na začátek nebezpečného úseku. Vysílače následně komunikuje s projíždějícími vozy a pomocí vyvinutého softwaru se řidiči vozidla zobrazují informace o projížděném úseku na přístrojové desce.

Zobrazování na přístrojové desce je rozděleno do jednotlivých stupňů závažnosti rizika. Tyto stupně závažnosti jsou proměnné a závislé na rychlosti vozidla při průjezdu určitým úsekem.

5.1.1.1 Výhody a nevýhody návrhu

Výhody

- Informování řidiče o hrozícím nebezpečí

Nevýhody

- Náročnost zmapování nebezpečných oblastí
- Řidič může výzvy ignorovat

5.1.1.2 Zhodnocení návrhu

Předpoklad náročnosti tohoto systému spočívá pouze v počátečním zmapování a nutném ohodnocení závažností jednotlivých úseků. Je nutné provedení dalších analýz, které odhalí účinnost takového systému.

5.1.2 Návrh 2 – Celoplošné zmapování a oprava komunikací

Návrh ke zvýšení aktivní bezpečnosti je provedení celoplošného zmapování komunikací. Po důkladném zpracování dat dojde k vytvoření bezpečnostních zón a následně k odstranění všech vad z hlediska nebezpečí střetu s překážkou. Navrhované body při mapování:

- odstranění neopodstatněných pevných překážek v okolí komunikace
- oprava poškozených svodidel
- správné provedení ukončení svodidel
- správné provedení návaznosti svodidel na jinou konstrukci
- opravení povrchu vozovky
- opravy dopravního značení

5.1.2.1 Výhody a nevýhody návrhu

Výhody

- Zvýšení bezpečnosti okolí komunikace
- Zvýšení funkčnosti zachytných systémů
- Zvýšení bezpečnosti komunikace

Nevýhody

- Organizační náročnost

5.1.2.2 Zhodnocení návrhu

Alespoň částečné provedení předkládaného návrhu je nutností ke zvýšení bezpečnosti na pozemních komunikacích. K zjištění finanční a administrativní náročnosti je potřeba analyzovat sebraná data.

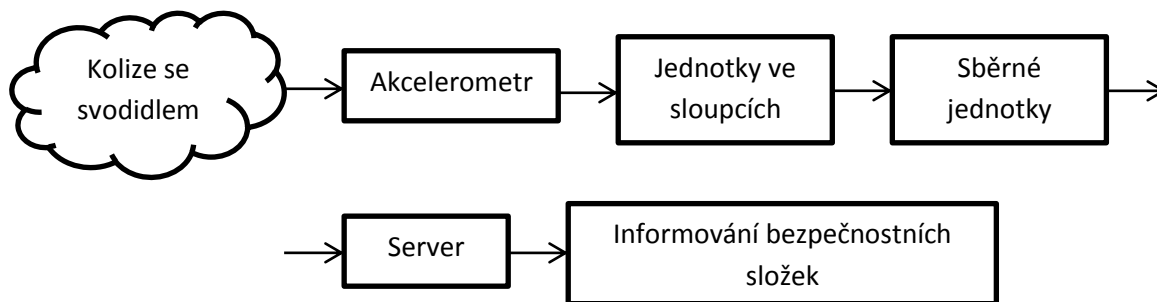
5.2 Návrh pasivní bezpečnosti

5.2.1 Návrh 1 – Inteligentní svodidla

Ač mají svodidla za úkol snížit závažnost následků při nárazu vozidla, přesto jsou zde šance na vážná poranění řidiče při nárazu. V takovémto případě se řidič spoléhá na ostatní účastníky provozu, kteří jsou schopni zalarmovat bezpečnostní složky nebo mu poskytli první pomoc. Ovšem v případě, že se nehoda odehraje v okamžiku, kdy se v okolí nenachází žádný jiný účastník provozu, je řidič havarovaného vozidla vystaven nebezpečí neposkytnutí potřebné pomoci.

Takovýmto situacím je zabráněno předloženým návrhem o využití tzv. inteligentních svodidel, která jsou schopna zaznamenat náraz vozidla, vyhodnotit závažnost nárazu, informovat bezpečnostní složky a informovat o nehodě ostatní účastníky provozu pomocí informačních tabulí.

Na svodidle jsou rozmístěné akcelerometry, které jsou schopny zaznamenávat změnu stavu, tedy rozeznání případné kolize. Jednotky, které získávají a vyhodnocují data z akcelerometrů, jsou umístěny v každém sloupcu. Tyto jednotky jsou schopny vzájemně komunikovat a následně odesílat informace do „sběrných“ jednotek, vyhrazené pro určitý úsek, které jsou schopné se spojit se serverem a následně informovat bezpečnostní složky. V případě odeslání informací o nehodě dojde k automatickému zobrazení varovného oznámení na bezpečnostních tabulích o vzniklé nehodě.



Obrázek 23 : Schéma odeslání informace o nehodě

5.2.1.1 Výhody a nevýhody návrhu

Výhody

- Vyslání bezpečnostních složek v případě vážné nehody
- Informování ostatních řidičů o nehodě

Nevýhody

- Náročnost realizace
- Vysoké pořizovací náklady
- Vysoké náklady oprav
- Alarmování i v případě nezávažných nehod

5.2.1.2 Zhodnocení návrhu

Takovýto návrh vyžaduje další výzkumné práce. Předpokládáné jsou vysoké pořizovací náklady a následné náklady oprav při poškození vzniklé kolizí. Výhodou je okamžité alarmování ostatních účastníků silničního provozu pomocí informačních tabulí.

5.2.2 Návrh 2 – Airbag na přídi vozidla

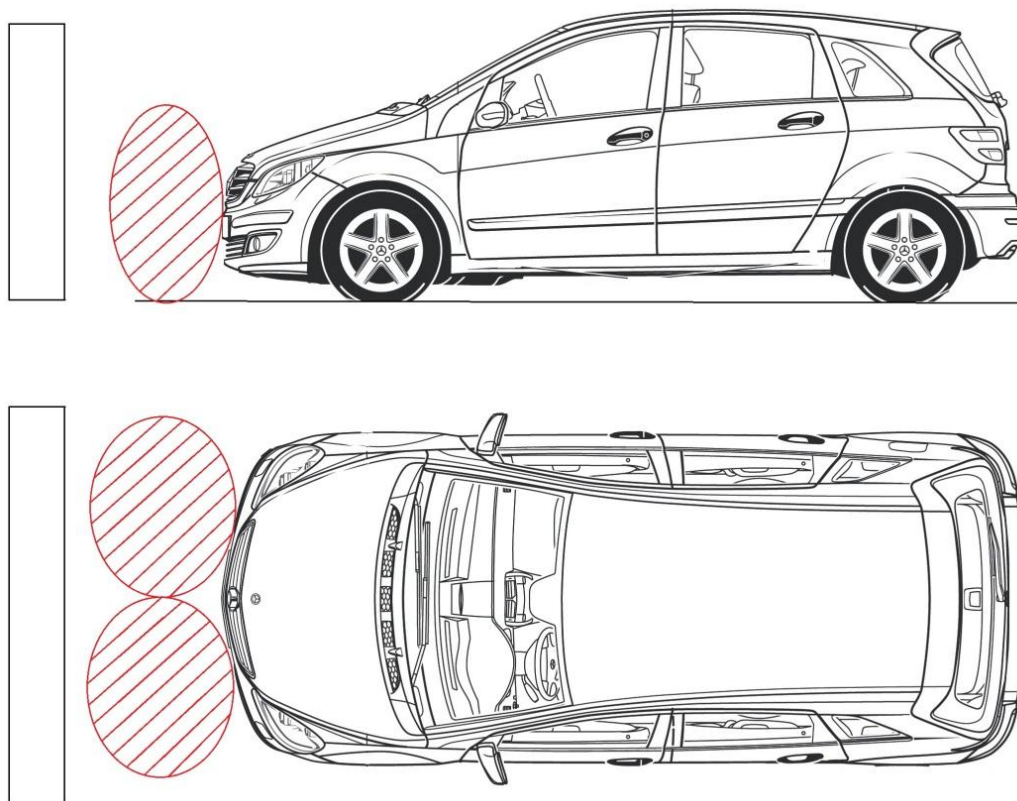
Asi nejdůležitějším ochranným pasivním prvkem na vozidle, který lze stále výrazněji zdokonalit jsou deformační zóny vozidla, které mají za úkol pohlcovat kinetickou energii při kolizi. Momentálně dochází k pohlcování kinetické energie především řízenými deformacemi předě vozidla. Snaha je o pohlcení veškeré kinetické energie, proto přichází v úvahu, že při prodloužení deformační zóny dojde k většímu pohlcování energie a tím pádem zvýšení bezpečnosti posádky ve vozidle.

Prodloužením deformační zóny docílíme umístěním airbagu na příď vozidla. Senzory, umístěné na přídi vozidla identifikují vzdálenost překážek od přídě a v případě nevyhnutelného střetu (tj. rychlost vozidla by byla vyšší, než maximální stanovená při určité

vzdálenosti překážky) dojde k aktivaci airbagů, a to ve správném okamžiku, aby v době nárazu byl airbag plně nafouknut.

Důležitá je správná identifikace pevných překážek, aby nedocházelo k aktivaci airbagů při nárazu s chodcem, kde naopak dochází k zvyšování nebezpečí (např. katapultáž chodce).

Dalším důležitým prvkem je správné seřízení vyfukování airbagu v závislosti na rychlosti vozidla, aby docházelo k maximální účinnosti utlumení nárazu.



Obrázek 24: Schéma airbagů na přídí vozidla (www.caradisiac.com s vlastní úpravou)

5.2.2.1 Výhody a nevýhody návrhu

Výhody

- Snižování následků nehod s pevnou překážkou
- Finanční nenáročnost

Nevýhody

- Riziko aktivace při srážce s člověkem
- Neúčinnost při šikmém nebo bočním nárazu
- Náročné seřízení senzorů k aktivaci

5.2.2.2 Zhodnocení návrhu

K zjištění účinnosti takového systému je potřeba provedení několika testů, které přesahují rozsah této práce. Nejdůležitějším a kritickým faktorem je návrh spolehlivých senzorů. V případě nežádoucích aktivací airbagů při nehodách s chodcem tento systém spíše ohrožuje ostatní účastníky provozu. Nevýhodou je potenciální účinnost pouze při čelním nárazu. Nabízí se zde možnost k vývoji airbagů umístěných na boku vozidla.

ZÁVĚR

Zvyšování bezpečnosti dopravy je jednou z priorit při výrobě nových automobilů. V dnešní době je snaha o maximalizaci promíjivosti lidského pochybení. Zvyšovat bezpečnost lze zajištěním neustálého vývoje bezpečnostních prvků na vozidle. Na tuto problematiku lze pohlížet z širšího pohledu a zajímat se o prvky v okolí pozemní komunikace.

Tato práce přehledně popisuje potenciálně nebezpečné prvky, které se nacházejí v okolí pozemní komunikace. V dnešní době je snaha o odstraňování takovýchto pevných překážek, které mají za následek vážná nebo smrtelná zranění při nárazu. Problematickým odvětvím jsou stromy podél pozemní komunikace, které mají nepochybně svůj krajinnotvorný význam, ale výrazně se podílejí na zvyšování rizikovosti dopravy samotné a dochází k složitému rozhodování, zda zeleň v okolí pozemní komunikace zachovat nebo ji odstranit.

Zvýšení bezpečnosti lze zajistit vybudováním záchytných zařízení, především svodidel, které jsou v práci přehledně shrnuty, rozděleny podle druhu materiálu a popsány konstrukční zásady jednotlivých druhů. Volba správného typu svodidla není jednoduchou záležitostí a při návrhu je potřeba se řídit zásadami návrhu svodidel dle nejnovějších norem.

Cílem bakalářské práce bylo navrhnout nové prvky za účelem potenciálního zvýšení bezpečnosti. Předloženy byly celkem čtyři návrhy, dva týkající se aktivní bezpečnosti a dva týkající se bezpečnosti pasivní. Stejně tak se dva návrhy týkají zvyšování bezpečnosti přímo na vozidle a dva na zvyšování bezpečnosti vně vozidla, tedy dopravní infrastrukturu.

Návrhy byly provedeny pouze z teoretického hlediska, kde se jeví jako reálné varianty. Zapotřebí je ovšem provedení detailnějšího výzkumu k návrhům, včetně matematických výpočtů. Provedeno by muselo být i finanční vyčíslení, zdali by využívání předložených návrhů bylo ekonomicky realizovatelné. Detailnější pohled na návrhy ovšem přesahuje rozsah této práce, ale je zde možnost dalšího zpracování.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

Carwow: *How does road sign recognition work*, [online], [2010] poslední revize [19.8.2016] [cit. 19.8.2016] Dostupné na <https://www.carwow.co.uk/blog/how-does-road-sign-recognition-work>

ČSN EN 1317-1. *Silniční záchytné systémy - Část 1: Terminologie a obecná kritéria pro zkušební metody*. Český normalizační institut, 1999.

ČSN EN 1317-2. *Silniční záchytné systémy - Část 2: Svodidla - Funkční třídy, kritéria přijatelnosti nárazových zkoušek a zkušební metody*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2011.

ČSN EN 1317-3. *Silniční záchytné systémy - Část 3: Tlumiče nárazu - Funkční třídy, kritéria přijatelnosti nárazových zkoušek a zkušební metody*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2011.

ČSN EN 12767. *Pasivní bezpečnost podpěrných konstrukcí zařízení na pozemní komunikaci – Požadavky, klasifikace a zkušební metody*, Praha: Český normalizační institut, 2009.

ČSN 73 6101. *Projektování silnic a dálnic*. Praha: Český normalizační institut, 2008.

ČSN 73 6110. *Projektování místních komunikací*. Praha: Český normalizační institut, 2006.

DIER. *Road safety barriers: Design guide*, 2007 [online] [cit. 7.7.2016] Dostupné na <http://www.transport.tas.gov.au/?a=108501>

Grzebieta, et al. *Roadside hazard and barrier crashworthiness issues confronting vehicle and barrier manufactures and government regulators*. [online] [2005] [cit. 28.5.2016] Dostupné na <http://www-nrd.nhtsa.dot.gov/pdf/esv/esv19/05-0149-O.pdf>

Janata, M. *Pasivní bezpečnost pozemních komunikací: zkušenosti z České republiky a ze zahraničí*. Brno: Centrum dopravního výzkumu, 2007.

Kovanda, J. & Šatochin, V. *Pasivní bezpečnost vozidel*. Praha: Skripta ČVUT-FD, 2000

Larsson, M, Candappa, N., Corben, B. *Flexible Barrier Systems Along High-Speed Roads – a Lifesaving Opportunity*, 2003 [online] [cit. 30.5.2019] Dostupné na https://www.monash.edu/__data/assets/pdf_file/0005/216806/muarc210.pdf

Mičunek, T. *Možnosti snížení následků dopravních nehod technickými opatřeními a opatřeními po nehodě*. Praha: Disertační práce ČVUT, 2010

Přehled o nehodovosti na pozemních komunikacích v České republice za rok 2015, 2016 [online] [cit. 2.8.2016] Dostupné na <http://www.policie.cz/clanek/statistika-nehodovosti-900835.aspx?q=Y2hudW09MQ%3d%3d>

Smělý, M., Novák, V., Simonová, E. *Problematika pasivní bezpečnosti pozemních komunikací Část 2 – Pevné překážky v blízkosti silnic: Francie*. 2007 [online] [cit. 6.7.2016] Dostupné na <https://www.cdv.cz/file/clanek-problematika-pasivni-bezpecnosti-pozemnich-komunikaci-cast-2-pevne-prekazky-v-blizkosti-silnic-francie/>

TP 101. *Výpočet svodidel*. Praha: Ministerstvo dopravy a spojů ČR, 1997.

TP 106. *Lanová svodidla na pozemních komunikacích*. Praha: Ministerstvo dopravy a spojů ČR, 1998.

TP 114. *Svodidla na pozemních komunikacích: Zatížení, stanovení úrovně zadržení na PK, navrhování „jiných“ svodidel, zkoušení a uvádění svodidel na trh*. Praha: Ministerstvo dopravy a spojů ČR, 2010.

TP 128. *Ocelové svodidlo NH4: Prostorové uspořádání a konstrukční díly*. Praha: Ministerstvo dopravy a spojů ČR, 1999.

TP 139. *Betonové svodidlo*. Praha: Ministerstvo dopravy, 2010.

TP 140. *Dřevoocelové svodidlo*. Praha: FLOP – dopravní značení, s.r.o., 2011.

TP 158. *Tlumiče nárazu: Stanovení úrovně zadržení, prostorové uspořádání*. Praha: Ministerstvo dopravy a spojů ČR, 2003.

TP 159a. *Dočasná svodidla*. Praha: Ministerstvo dopravy a spojů ČR, 2015.

TP 203. *Ocelová svodidla (svodnicového typu)*. Praha: Ministerstvo dopravy a spojů ČR, 2015.

Vlk, F. *Karosérie motorových vozidel*. Brno: Nakladatelství a vydavatelství VLK. 2000

Zákon č. 13/1997 Sb., o pozemních komunikacích

Zákona č. 22/1997 Sb., o technických požadavcích na výrobky a o změně a doplnění některých zákonů

SEZNAM ZKRATEK

ČR	Česká republika
ČSN	česká státní norma
DIER	department of infrastructure energy and resources
EN	evropská norma
kg	kilogram
kN	kilonewton
kNm	kilonewton metr
km/h	kilometr za hodinu
m	metr
PK	pozemní komunikace
ŘSD	ředitelství silnic a dálnic
t	tuna
TPV	technické podmínky výrobce
TP	technické podmínky
TSR	traffic sign recognition
voz/24h	vozidel za 24 hodin