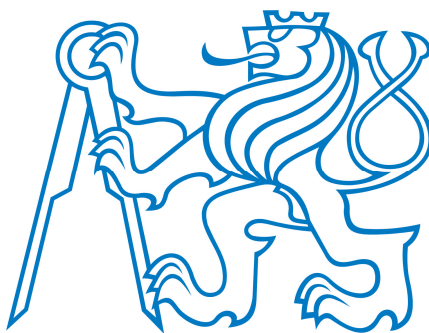


ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
Fakulta strojní
Ústav automobilů, spalovacích motorů a kolejových vozidel



BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

**STATISTIKA A ANALÝZA NEHOD
V ŽELEZNIČNÍM PROVOZU**

STATISTICS AND ANALYSIS OF ACCIDENTS IN RAILWAY TRAFFIC

Radim Rezek

2021/2022

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Rezek** Jméno: **Radim** Osobní číslo: **491156**
Fakulta/ústav: **Fakulta strojní**
Zadávací katedra/ústav: **Ústav automobilů, spalovacích motorů a kolejových vozidel**
Studijní program: **Teoretický základ strojního inženýrství**
Studijní obor: **bez oboru**

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce:

Statistika a analýza nehod v železničním provozu

Název bakalářské práce anglicky:

Statistics and analysis of accidents in railway traffic

Pokyny pro vypracování:

Vypracujte:

- 1) Rešerši na téma: aktivní a pasivní bezpečnost železničního provozu (vozidel i tratí).
- 2) Statistický přehled nehodovosti železničních vozidel na území České republiky za období 2018 až 2021.
- 3) Analýza statistiky nehodovosti železničních vozidel.
- 4) Návrh možných opatření ke zvýšení bezpečnosti železničního provozu.

Seznam doporučené literatury:

Podklady z SŽ - záznamy z nehod.
Podklady z DI - záznamy z nehod.
Odborné časopisy, firemní literatura, patentová literatura, normy.
Skripta ČVUT:
KOLÁŘ, J.: Teoretické základy konstrukce kolejových vozidel

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) bakalářské práce:

Ing. Jakub Seidl ústav automobilů, spalovacích motorů a kolejových vozidel FS

Jméno a pracoviště druhé(ho) vedoucí(ho) nebo konzultanta(ky) bakalářské práce:

Datum zadání bakalářské práce: **20.04.2022**

Termín odevzdání bakalářské práce: **06.06.2022**

Platnost zadání bakalářské práce: _____

Ing. Jakub Seidl
podpis vedoucí(ho) práce

doc. Ing. Oldřich Vítek, Ph.D.
podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry

doc. Ing. Miroslav Španiel, CSc.
podpis děkana(ky)

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Student bere na vědomí, že je povinen vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je třeba uvést v bakalářské práci.

Datum převzetí zadání

Podpis studenta

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto práci vypracoval samostatně s použitím literárních pramenů a informací, které cituji a uvádím v seznamu použité literatury a zdrojů informací.

V Praze dne:

podpis



Poděkování

Rád bych poděkoval všem, kdo mi pomohli při tvorbě této bakalářské práce, především svému vedoucímu práce Ing. Jakubu Seidlovi za cenné rady a ochotu při konzultování práce.

Dále bych rád poděkoval své rodině a přátelům, kteří pro mne byli oporou během náročných chvil při tvorbě této práce a po celou dobu studia.



Anotační list

Jméno autora:	Radim Rezek
Název BP:	Statistika a analýza nehod v železničním provozu
Anglický název:	Statistics and Analysis of Accidents in Railway Traffic
Rok:	2022
Studijní program:	Teoretický základ strojního inženýrství
Ústav:	Ústav automobilů, spalovacích motorů a kolejových vozidel
Vedoucí BP:	Ing. Jakub Seidl
Bibliografické údaje:	počet stran 57 počet obrázků 29 počet tabulek 9 počet grafů 3
Klíčová slova:	Zvýšení bezpečnosti provozu, Nehodovost, Železniční zabezpečovací zařízení, Železniční přejezd
Keywords:	Increase of traffic safety, Accidents, Railway signaling, Railway crossing
Anotace:	Cílem této práce je analyzovat nehodovost na železnici v České republice v letech 2018–2021 a následně navrhnout opatření, která by pomohla počet mimořádných událostí co nejvíce minimalizovat.
Abstract:	The aim of this bachelor thesis is to analyze the accident rate on the railway in the Czech Republic in the years 2018–2021 and to propose measures that would help minimize the number of emergencies.



Obsah

1	ÚVOD	8
2	BEZPEČNOST ŽELEZNIČNÍ DOPRAVY	9
2.1	Pasivní bezpečnost železničních vozidel	9
2.1.1	Základní požadavky pasivní bezpečnosti	9
2.1.2	Statická a dynamická odolnost kolejových vozidel	10
2.1.3	Deformační odolnost kolejových vozidel	11
2.2	Aktivní bezpečnost železničních vozidel	12
2.2.1	Protiskluzová ochrana	12
2.3	Zabezpečovací zařízení na železnici	13
2.3.1	Staniční zabezpečovací zařízení	14
2.3.2	Trať ová zabezpečovací zařízení	16
2.3.3	Vlaková zabezpečovací zařízení	20
2.3.4	Zabezpečení železničních přejezdů	24
3	PROBLEMATIKA NEHOD NA ŽELEZNICI	28
3.1	Nehody na železnici	28
3.2	Nehody na železničních přejezdech	28
3.3	Celospolečenské ztráty	29
3.4	Shrnutí	29
4	STATISTIKA A VYHODNOCENÍ DAT	30
4.1	Metodika vyhodnocení	30
4.1.1	Kritéria vyhodnocení srážky dvou kolejových vozidel	31
4.1.2	Kritéria vyhodnocení nehod na železničním přejezdu	32
4.2	Vyhodnocení	34
4.3	Srážky dvou kolejových vozidel	34
4.3.1	Analýza nehod	34
4.3.2	Vyšetřování Drážní inspekce	38
4.3.3	Vyhodnocení	44
4.3.4	Závěr a návrhy opatření	46
4.4	Nehody na železničních přejezdech	47
4.4.1	Analýza nehod	47
4.4.2	Vyhodnocení	49
4.4.3	Závěr a návrhy opatření	49
5	ZÁVĚR	50



Seznam použitých zkratek

Zkratka	Význam
AVV	Automatické vedení vlaku
CB	Režim cílové brzdění systému AVV
ČD	České dráhy, a.s.
ČR	Česká republika
ČSN	Česká státní norma
DI	Drážní inspekce
ETCS	European Train Control System
HDV	Hnací drážní vozidlo
HZS	Hasičský záchranný sbor
JOP	Jednotné obslužné pracoviště
KV	Kolejové vozidlo
NA	Nákladní automobil
OA	Osobní automobil
PČR	Policie České republiky
PZM	Přejezdové zabezpečovací zařízení mechanické
PZS	Přejezdové zabezpečovací zařízení světelné
ŘV	Řídicí vůz
SZZ	Staniční zabezpečovací zařízení
SŽ	Správa železnic, s.o.
TO	Trat'ový oddíl
TZZ	Trat'ové zabezpečovací zařízení
ŽP	Železniční přejezd
žst.	Železniční stanice



1 ÚVOD

Železniční doprava tvoří páteř dopravního systému nejen v České republice, ale v celé kontinentální Evropě. V posledních letech zaznamenává osobní i nákladní železniční doprava obrovský růst popularity. Její význam roste nejen hlediska plnění klimatických závazků, ale i z důvodu časové a finanční úspory při dojíždění za prací. Podle statistik Správy železnic se však každý den na české železnici stanou přibližně 3 mimořádné události. Mimořádnou událostí se v železničním provozu rozumí jak nehody, tak i méně závažné události, které je třeba prošetřit a vyvodit z nich důsledky. Každá mimořádná událost znamená zpoždění, a tím se nejen že snižuje konkurenceschopnost železniční dopravy, ale především často dochází i ke zraněním. Nejvážnějšími mimořádnými událostmi se zabývá Drážní inspekce, která jako nezávislý národní orgán šetří příčiny a okolnosti vzniku mimořádných nehod v drážní dopravě.

V této práci se budu zabývat analýzou těch vážnějších mimořádných událostí, zejména nehod, a návrhem opatření, které by pomohlo jim předcházet.



Obrázek 1: Vážná dopravní nehoda ze dne 14. 7. 2020, zdroj: [39]



2 BEZPEČNOST ŽELEZNIČNÍ DOPRAVY

Železniční doprava je specifický dopravní systém, kde je pohyb každého vlaku kontrolován a samostatně povolován. Bezpečnost všech účastníků provozu zajišťují prvky aktivní a pasivní bezpečnosti kolejových vozidel. Aktivní bezpečnostní prvky slouží k předcházení nehodám. Patří mezi ně například výkonné brzdy, protiskluzový systém a také zabezpečovací zařízení, které se spolu s dopravními zaměstanci stará o řízení provozu. Pasivní bezpečnost pak minimalizuje následky v případě nehody. Jedná se o dostatečně pevnou skříň vozu či deformační prvky na čele vozidla, které pohlcují energii při nárazu. Provoz na tratích v České republice se řídí předpisem SŽ D1 (Dopravní a návěsní předpis) [1],[2].

2.1 Pasivní bezpečnost železničních vozidel

Pasivní bezpečnost popisuje schopnost konstrukce vozidla odolávat vnějším silám při srážce s jiným vozidlem. Prvky pasivní bezpečnosti mají za úkol zmírnit následky dopravní nehody. Prvky pasivní bezpečnosti neslouží jen pro snížení následků kolize pro samotné kolejové vozidlo, ale i pro cestující a strojvedoucího [1].

2.1.1 Základní požadavky pasivní bezpečnosti

Požadavky pasivní bezpečnosti pro nově vyráběná vozidla určuje norma ČSN EN 15227 (Požadavky na odolnosti skříní železničních vozidel proti nárazu). Cílem normy je chránit cestující zachováním konstrukční celistvosti vozidla. Požadavky se vztahují na skříň vozidla a na mechanické prvky, které mohou být použity k pohlcování energie při nárazu, jako jsou např. spřáhla a narážecí systémy [3],[4]. Obecné zásady, které v případě srážky sníží následky jsou:

- snížení nebezpečí šplhání,
- pohlcení kolizní energie kontrolovaným způsobem,
- zachování prostoru pro přežití a konstrukční celistvost obsazených prostorů,
- snížení nebezpečí vykolejení a omezení následků srážky s překážkou na trati.

Norma předepisuje pro každou kategorii kolejových vozidel scénáře srážek, na které musí být nově navrhovaná KV konstruována. Jednotlivé scénáře srážek reprezentují nejčastější typy srážek, jichž je dané KV v běžném provozu účastníkem [4]. Pro kategorii C-I (lokomotivy, osobní vozy a pevné vlakové jednotky) jsou předepsány tyto scénáře:

- čelní srážka totožných vlakových jednotek,
- čelní srážka s odlišným typem vozidla,
- náraz čela vlakové jednotky do velkého silničního vozidla na úrovni přejezdu,
- náraz vlakové jednotky do nízké překážky (např. auta na úrovňovém přejezdu).



Obrázek 2: Příklad šplhání železničních vozů po nehodě, zdroj: [41]

2.1.2 Statická a dynamická odolnost kolejových vozidel

Předepsání statické a dynamické odolnosti skříní kolejových vozidel se zabývá norma ČSN EN 12663 (Pevnostní požadavky na konstrukce skříní kolejových vozidel). Při působení podélných zatížení zajišťuje srovnatelnou podélnou tuhost jednotlivých kolejových vozidel. Cílem tohoto částečného sjednocení bylo snížení poškozování vozů při jejich řazení do vlakových souprav zejména přes svázný pahrbek. Při této manipulaci docházelo velmi často k poškozování méně tuhých vozů vozy tužšími. Tímto sjednocením se navíc dosáhlo i zvýšení ochrany cestujících a strojvedoucích. Pro účely dimenzování jednotlivých typů vozidel je v normě ČSN EN 12663 zavedeno následující členění do sedmi kategorií: [5]

Nákladní vozy

- kategorie F-I např. vozidla, která mohou být posunována bez omezení;
- kategorie F-II např. vozidla, která nesmějí být posunována odrazem;

Vozidla pro osobní dopravu

- kategorie P-I např. osobní vozy volného oběhu a lokomotivy;
- kategorie P-II např. ucelené jednotky;
- kategorie P-III např. vozidla metra a rychlé městské dopravy;
- kategorie P-IV např. vozidla lehkého metra a tramvajové rychlodráhy;
- kategorie P-V např. tramvajová vozidla [3],[5],[6].



Obrázek 3: Statická zkouška hrubé stavby skříně, zdroj: [40]

2.1.3 Deformační odolnost kolejových vozidel

Na základě požadavků uvedených v normě ČSN EN 15227 se v současné době využívají dva způsoby konstrukce kolejových vozidel z hlediska deformační odolnosti. První způsob je založen na využívání deformačních prvků, a využívá se zejména u lokomotiv. Vlastní hrubá stavba se nedeformuje a veškerou potřebnou energii absorbují deformační prvky a nárazníky vozidla. Příkladem může být deformační prvek firmy EST zobrazený na obrázku 4. Tento prvek dokáže absorbovat energii až 1,25 MJ, při správně navržené stavbě skříně pak dokáže zajistit splnění požadavků i pro těžké lokomotivy o hmotnosti 90 t. Druhý způsob vychází z kombinovaného absorbování energie deformačními prvky a řízenou deformací kabiny strojvedoucího. Tento způsob se využívá spíše u konstrukcí elektrických a motorových jednotek [3].



Obrázek 4: Deformační prvek, zdroj: [42]



2.2 Aktivní bezpečnost železničních vozidel

Prvky aktivní bezpečnosti slouží k předcházení rizikových situací, případně nehod. Patří mezi ně výkonné brzdy, protiskluzová ochrana nebo také zabezpečovací zařízení, kterému se podrobně věnuje následující kapitola.

2.2.1 Protiskluzová ochrana

Protiskluzová ochrana je zařízení, sloužící ke zvýšení tažné resp. brzdné síly kolejového vozidla. Ztráta adheze mezi kolem a kolejnicí se v terminologii rozlišuje na skluz, kdy ke ztrátě adheze dojde při rozjezdu (obvodová rychlost kola je větší než rychlost vozidla) a smyk, kdy ke ztrátě adheze dojde při brzdění (obvodová rychlost kola je menší než rychlost vozidla). Následkem skluzu a smyku může být vysoké namáhání prvků přenosu krouťícího momentu na kola, nekontrolované zvyšování otáček motoru, opotřebenění kol a kolejnic, vznik nebezpečných rázů v soupravě a prodlužování zábrzdné vzdálenosti [7].

K zamezení skluzu hnacích dvojkolí se používají opatření vedoucí k obnovení adhezních schopností, např. snížení tažné síly, sypání písku na kolejnice nebo mírné přibrzdění mechanickou brzdou. Ke smyku dochází na všech dvojkolích, nejen na těch hnacích. Pro snížení smyku slouží opatření vedoucí ke zvýšení adheze, například dočasné snížení brzdné síly a sypání písku na kolejnice. Protismyková a protiskluzová ochrana jsou u nových vozidel plně automatická zařízení nevyžadující zásah strojvedoucího. U některých starších vozidel, která automatickou ochranou vybavena nejsou, je ale potřeba pískovač ovládat manuálně a přizpůsobit styl jízdy stavu tratě [7].



Obrázek 5: Následek dlouhotrvajícího skluzu, zdroj: [43]



2.3 Zabezpečovací zařízení na železnici

Železniční zabezpečovací zařízení je soubor technických prostředků, které zajišťují bezpečnost vlakové dopravy kontrolou podílu lidského činitele nebo jeho automatizací tak, aby se co nejvíce zabránilo jeho omylům. Doplnují práci dopravních zaměstnanců, kontrolují jejich činnost, případně je úplně nahrazují. Jedním z podstatných významů zabezpečovacího zařízení je řízení jízdy vlaku. To se děje pomocí návěstidel a vlakového zabezpečovače. Zařízení dovoluje jízdu po zajištění podmínek pro bezpečnou jízdu a dohlíží na plnění těchto podmínek po celou dobu jízdy. Zabezpečovací zařízení umožňují zvyšování rychlosti vlaků, zvyšování propustné výkonnosti stanic a tratí, centralizaci operativního řízení z jednoho místa a snížení pracovních sil [8]. Podle místa použití se zabezpečovací zařízení dají dělit na:

- staniční zabezpečovací zařízení,
- traťová zabezpečovací zařízení,
- vlaková zabezpečovací zařízení,
- přejezdová zabezpečovací zařízení.



Obrázek 6: Pracoviště obsluhy zabezpečovacího zařízení, zdroj: [44]



2.3.1 Staniční zabezpečovací zařízení

Staniční zabezpečovací zařízení zabezpečují cestu pro jízdu vlaků a posunových dílů v dopravnách, kde je kolejové rozvětvení (například železniční stanice nebo odbočka). Pomocí návěstidel zajišťují plnění podmínek pro bezpečnou jízdu po celou dobu průjezdu vlaku stanicí. Rozdělení zabezpečovacích zařízení se zabývá norma TNŽ 34 2620, která je podle úrovně zabezpečení dělí do tří kategorií [8],[9].

Zabezpečovací zařízení 1. kategorie

Jedná se o nejnižší stupeň zabezpečovacího zařízení, kde za splnění většiny bezpečnostních požadavků pro zabezpečenou jízdu vlaku odpovídají určení zaměstnanci. Jde o jednoduchá zabezpečovací zařízení určená pro trat'ové rychlosti do $60 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$. Nejčastěji se vyskytující zabezpečovací zařízení 1. kategorie jsou [9]:

- nezávislá návěstidla staničních zabezpečovacích zařízení,
- oddílová návěstidla hlásek,
- krycí návěstidla manipulačních míst, kolejových splítek a kolejových křižovatek na trati s telefonickým dorozumíváním.



Obrázek 7: Oddílové návěstidlo hlásky, zdroj: [45]



Zabezpečovací zařízení 2. kategorie

Zabezpečovací zařízení 2. kategorie jsou zařízení určená pro trat'ové rychlosti do $100 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$. Splnění určených bezpečnostních požadavků pro zabezpečenou jízdu vlaku zde zajišťuje zabezpečovací zařízení a za splnění ostatních bezpečnostních požadavků odpovídají určení zaměstnanci. Nejčastěji se vyskytující zabezpečovací zařízení 2. kategorie jsou [9]:

- mechanická SZZ,
- elektromechanická SZZ,
- elektrodynamická SZZ,
- poloautomatický blok.



Obrázek 8: Návěstidla elektromechanického SZZ, zdroj: [46]

Zabezpečovací zařízení 3. kategorie

Zabezpečovací zařízení 3. kategorie jsou zařízení určená pro trat'ovou rychlost nad $100 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$, kde splnění bezpečnostních požadavků související s jízdu vlaku a posunu zajišťuje zabezpečovací zařízení bez spoluodpovědnosti zaměstnanců. Jedná se o nejmodernější zabezpečovací zařízení, mnohá z nich umožňují plnou kompatibilitu se systémem ETCS (Level 1, 2). Mezi zabezpečovací zařízení 3. kategorie patří [8],[9],[10]:

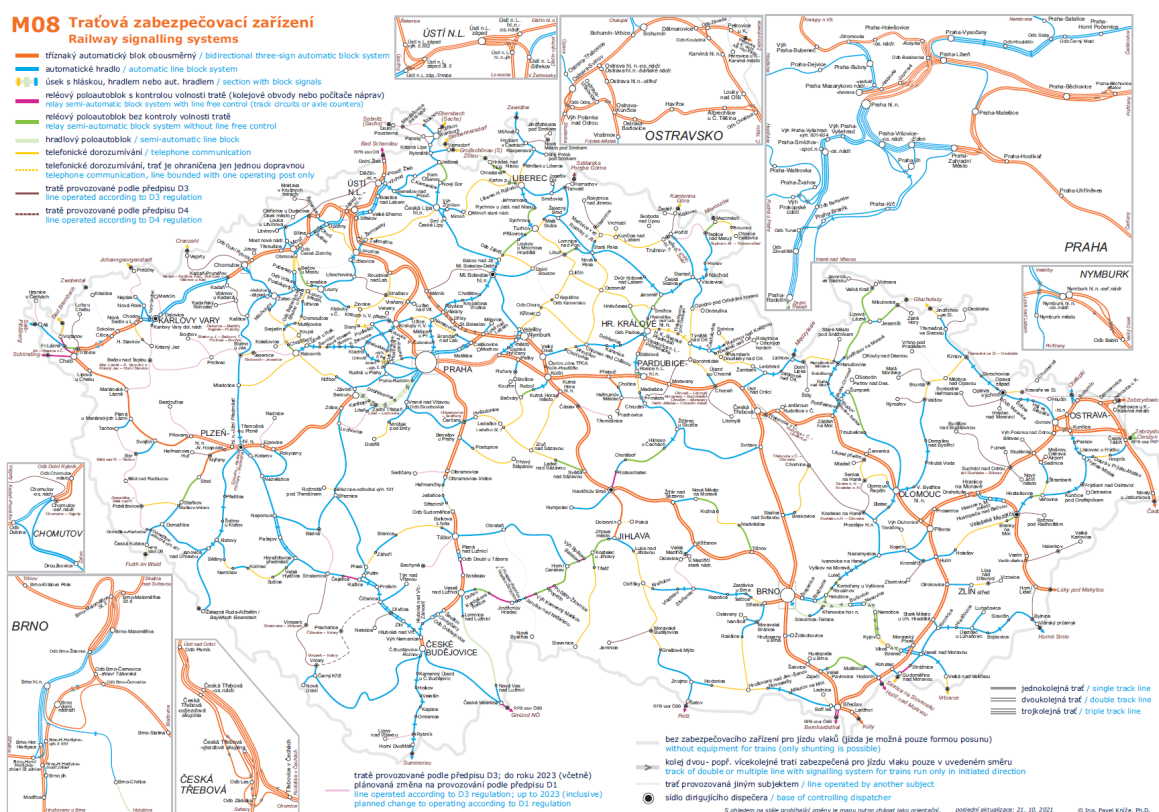
- reléová a elektronická SZZ,
- automatický blok,
- automatické hradlo.



2.3.2 Traťová zabezpečovací zařízení

Traťová zabezpečovací zařízení zabezpečují cesty pro jízdy vlaků (následné i protisměrné) v mezistaničních úsecích. Dělení na tři kategorie probíhá stejným způsobem jako u SZZ. Způsob zabezpečení tratě pak lze rozdělit na čtyři základní typy [8]:

- automatická nebo poloautomatická TZZ,
- telefonické dorozumívání,
- zjednodušené řízení podle předpisu D3,
- radioblok.



Obrázek 9: Mapa traťových zabezpečovacích zařízení v síti SŽ, zdroj: [47]

Automatické nebo poloautomatické zabezpečovací zařízení

V každé stanici je zřízeno staniční zabezpečovací zařízení, které technicky zajistí a kontroluje správné postavení výhybek, volnost kolejí a vyloučí případné kolizní cesty. K předávání informací strojvedoucímu se používají světelná (ojediněle ještě mechanická) návěstidla. V traťových úsecích je zřízeno traťové zabezpečovací zařízení 2. nebo 3. kategorie, které zabezpečí, aby nebyla postavena cesta pro vlaky proti sobě do traťového úseku nebo v příliš těsném sledu za sebou. Na koridorových tratích je zpravidla ještě zřízeno zařízení, které komunikuje s vlakovým zabezpečovačem a zobrazuje návěsti do kabiny strojvedoucího [8]. Na obrázku 9 jsou tyto tratě vyznačeny červenou, modrou, fialovou a zelenou barvou.



Obrázek 10: Návěstidla autobloku, zdroj: [48]

Telefonické dorozumívání

Každá stanice na trati je vybavena staničním zabezpečovacím zařízením a obsazena výpravčím. Každý výpravčí obsluhuje zabezpečovací zařízení ve své stanici, čímž zabezpečuje pohyb vlaků vrámci stanice. S ostatními výpravčími v okolních stanicích komunikuje pomocí telefonního spojení předpisem stanovými slovními formulacemi. Strojvedoucí dostává povolení k jízdě a informace o maximální povolené rychlosti pomocí světelných, nebo mechanických návěstidel umístěných v kolejišti. Na obrázku 9 jsou takto zabezpečené tratě označeny žlutou barvou [8].



Obrázek 11: Traťový telefon na hlásce, zdroj: [49]



Zjednodušené řízení dopravy podle předpisu D3

Zjednodušené řízení dopravy se využívá na tratích s nejmenší intenzitou provozu. Jedná se o tratě, kde není instalováno žádné zabezpečovací zařízení, vyjma přejezdového. Místa určená ke křižování vlaků nejsou obsazena výpravčím a jsou nazývána dopravní D3, jízda vlaku je řízena podle grafikonu vlakové dopravy a pokynů dirigujícího dispečera. Komunikace mezi dispečerem a vlakovým personálem probíhá pomocí telefonu nebo vysílačky z dopravní D3. Obsluha vlaku má u sebe klíče od výhybek a telefonů v dopravních na dané trati. Pokud má dojít k nějaké změně (například křižování vlaků v jiné dopravně) oproti naplánovanému jízdovému řádu, postupuje se podle přesně nastavených pravidel popsanych v předpise SŽDC D3. Pro provoz podle předpisu D3 jsou všichni zúčastnění zaměstnanci (dirigující dispečerů i strojvedouců) pravidelně školeni a přezkoušeni z příslušných předpisů [8],[11].



Obrázek 12: Návěst označující hranici dopravní D3, zdroj: [50]

K 20. 8. 2020 bylo na území ČR 80 úseků se zjednodušeným řízením dopravy. Po nehodě u Perninku 7. 7. 2020 bylo z důvodu nedostatečné bezpečnosti provozu rozhodnuto o změně zabezpečení na většině těchto tratí. Na polovině z nich bude zaveden provoz podle předpisu D1 a budou dovybaveny zabezpečovacími zařízeními. Další úseky je plánováno vybavit alespoň krycím návěstidlem řídicím odjezdy z dopravní. Stávající režim zůstane pouze na 18 úsecích s nejmenší intenzitou provozu. Dále byla v návaznosti na nehodu u Perninku zavedena tzv. ohlašovací povinnost. Ta nařizuje strojvedoucímu každého vlaku ohlásit svůj příjezd do dopravní D3 dirigujícímu dispečerovi a požádat o povolení k odjezdu. Dříve toto platilo pouze v dopravních s plánovaným křižováním [11],[12].

Tratě se zjednodušeným řízením dopravy jsou na obrázku 9 vyznačeny hnědou barvou.



Radioblok

Zařízení radioblok je technickou nadstavbou pro trať se zjednodušeným způsobem řízení dopravy. Trať je vybavena stacionární částí radiobloku a je k dispozici komunikační spojení, kterým lze odeslat data do vlaku a přijímat data z vlaku. K tomu se používá přenos pomocí sítě veřejného mobilního operátora a v určitých oblastech také satelitní signál GPS. Dopravu na trati řídí tzv. dispečer radiobloku, který je pouze jeden pro celou trať a má přehled o všech vlacích na trati. Používá k tomu stacionární část radiobloku, která mu nedovoluje zvolit cesty pro jízdy vlaků, které by byly ve vzájemné kolizi. Strojvedoucí dostává informace pomocí vozidlového terminálu radiobloku, na kterém se zobrazuje oprávnění k jízdě formou textových zpráv. Radioblok s využitím GPS hlídá, aby se vlak nepohyboval bez povolení mezi dopravnou a tratí a případně ho dokáže zastavit. Všechny vlaky musí být vybaveny vozidlovým terminálem radiobloku. Systém radioblok sice umožňuje provoz vlaků nevybavených vozidlovým terminálem, avšak v takovém případě veškerá komunikace mezi dispečerem a strojvedoucími probíhá pouze hlasově [8],[13].



Obrázek 13: Radioblokový terminál ve vozidle, zdroj: [51]

Výrobce systému, společnost AŽD Praha na svých webových stránkách uvádí: „Zařízení má minimální nároky na úpravu infrastruktury, protože technické prostředky a inteligence jsou nainstalovány především na hnacích vozidlech. Právě proto je tento systém vhodný pro regionální tratě, kde by byla instalace klasických zabezpečovacích technologií ekonomicky nerentabilní“ [13]. Přesto je radioblokem zabezpečena pouze jedna trať č. 197 v úseku Čičenice - Volary (na obrázku 9 zobrazeno přerušovanou hnědou čarou). Další rozšíření tohoto systému, který dokáže předejít mnohým nehodám, ministerstvo dopravy zamítlo v souvislosti s plánovaným plošným zaváděním celoevropského zabezpečovače ETCS . To však má být na všech tratích dokončeno až v roce 2040 [14],[15].



2.3.3 Vlaková zabezpečovací zařízení

Vlakový zabezpečovač je zařízení, jehož úkolem je zvyšovat bezpečnost dopravy tím, že kontroluje strojvedoucího, zda dodržuje limitní parametry jízdy vlaku. V případě jejich nerespektování spustí rychločinné brzdění. Vlakové zabezpečovací zařízení se skládá z mobilní a trat'ové části. Mobilní část je umístěna v hnacím vozidle nebo řídicím voze a slouží k přenosu a zobrazování návěstí na stanoviště strojvedoucího. Součástí mobilní části je tlačítko bdělosti. Podle způsobu přenosu informace mezi mobilní a trat'ovou částí se vlakové zabezpečovače dělí na liniové a bodové [16].

Liniové vlakové zabezpečovače

Návěst je na vozidlo přenášena v celém oddílu mezi návěstidly. Změna návěstí je zaznamenána téměř okamžitě. Nevýhodou je, že systém neumí určit vzdálenost k návěstidlu. Na našem území se od 60. let minulého století používá systém LS a modernější MIREL, který navíc umí generovat brzdnou křivku. Z důvodu absence bodové trat'ové části zabezpečovače je však tato křivka generovaná pouze na základě rychlosti vozidla, ne podle skutečné délky oddílu [16],[17].



Obrázek 14: Snímač vlakového zabezpečovače LS2, zdroj: [52]



Bodové vlakové zabezpečovače

Přenos návěsti na vozidlo probíhá pouze při průjezdu přes přenosový bod. Výhodou je přesně určená vzdálenost k návěstidlu a možnost nastavení brzdné křivky. Nevýhodou je, že po projetí přenosového bodu již mobilní část nezaznamená případnou změnu návěsti. Nejjednodušším takovým zařízením je jízdní zarážka. Pomocí mechanického kontaktu dojde v případě projetí návěsti stůj pomocí páky k otevření brzdového ventilu a samočinnému zabrzdění [16].



Obrázek 15: Kontakt bodového zabezpečovače na vozidle, zdroj: [53]



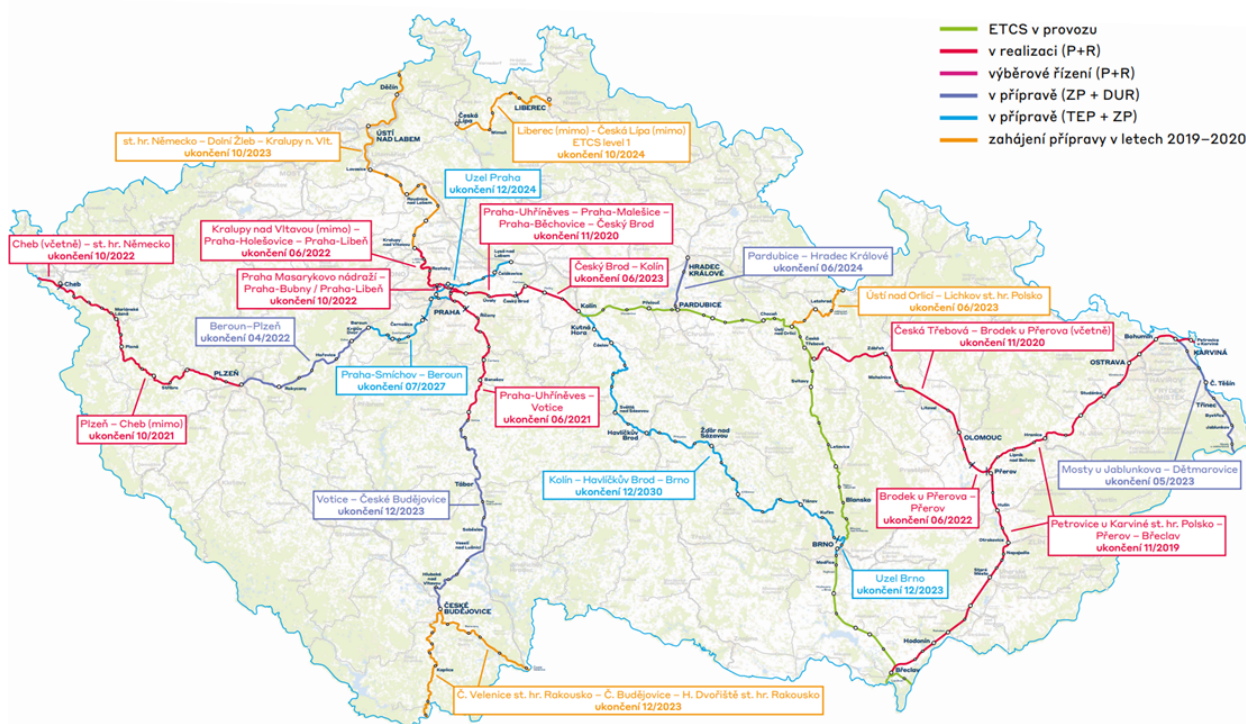
Obrázek 16: Kontakt traťové části bodového zabezpečovače, zdroj: [54]



Moderní vlakový zabezpečovač ETCS

Jedná se o jednotný celoevropský zabezpečovací systém, který se postupně od roku 2000 zavádí na evropských železnicích. Systém má zajišťovat jednotnou evropskou železnici a vyšší bezpečnost provozu na ní. Zajistí také, aby vlaky dopravců mohly volně, bez problémů přejíždět z jedné země do druhé. Umožňuje zvýšení traťové rychlosti nad $160 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$. Systém ETCS kombinuje výhody liniového a bodového zabezpečovače. Informaci o návštěch přenáší průběžně a zároveň poskytuje údaje o poloze vlaku. Mobilní část s traťovou komunikují pomocí tzv. balíz, smyček nebo doplňkového radiového obvodu [18],[19],[20].

Systém ETCS má být v budoucnu zaveden plošně na celé železniční síti, včetně regionálních tratí. Podle současných odhadů má být výhradní provoz ETCS na prvních úsecích tratí zaveden již v roce 2025. Kompletně celá síť by pak měla být takto zabezpečena do roku 2040.



Obrázek 17: Plán zavádění ETCS na hlavních tratích, zdroj: [55]

Zabezpečovač ETCS lze nakonfigurovat do různých úrovní:

- **ETCS L0**

Vozidlo s mobilní částí ETCS se pohybuje po tratích bez traťové části jakéhokoliv vlakového zabezpečovače. Zařízení tak hlídá pouze maximální rychlost [20].



- **ETCS L1**

Zařízení funguje na trati vybavené přepínatelnými balízami. Pracuje podobně jako bodový vlakový zabezpečovač, balízy však ještě předávají informace o následujícím traťovém úseku, což umožňuje průběžně sledovat nejvyšší dovolenou rychlost vlaku. K přenosu návěstí může být kromě balíz ještě použito smyček a rádiových obvodů [20].

- **ETCS L2**

Na rozdíl od úrovně L1 nevyžaduje ETCS L2 návěstidla. Přenos návěstí na vozidlo probíhá přímo z radioblokové centrály. Balízy slouží pouze k získání přesné informace o poloze vlaku. Informace o ujeté vzdálenosti od poslední balízy získává mobilní část ETCS průběžně prostřednictvím impulsních snímačů otáček na nápravách a Dopplerova radaru na spodku vozidla [20].

- **ETCS L3**

Rozdíl proti L2 spočívá ve změně lokalizace a kontroly celistvosti vlaku, která se děje průběžně rádiovými prostředky. U předchozích úrovní se informace o volnosti vlakové cesty určuje pomocí pevných bloků - úsek kolejí mezi dvěma pevnými body, které nelze použít dva vlaky současně. S touto aplikační úrovní jsou nepřetržitě dodávány přesné údaje o poloze přímo z vlaku. Zařízení průběžně hlídá vlastní polohu, není tak potřeba pevných bloků, vlak samotný považovat za pohyblivý blok. To znamená, že volnost vlakové cesty v délce zábrzdné vzdálenosti pro daný úsek, druh a rychlost vlaku se sleduje průběžně, což umožní zvýšit propustnost tratí [20].



Obrázek 18: Eurobalíza - traťová část ETCS, zdroj: [56]



2.3.4 Zabezpečení železničních přejezdů

Zabezpečení úrovnových přejezdů se u nás řeší již od první nehody vlaku se selským povozem v roce 1839. Podoba značení a zabezpečení přejezdů vychází z Protokolu o silničních návěstech, vydaného Mezinárodní železniční unií (UIC) roku 1949. Dopravním značením se rozlišují dva typy ŽP: chráněný (se závorami) a nechráněný (bez závor). V současnosti musí být každý železniční přejezd označen minimálně výstražným křížem [21].

Zabezpečení výstražnými kříži

Zabezpečení pomocí křížů (tzv. přejezd technicky nezabezpečený) je nejjednodušším způsobem zabezpečení přejezdu. Smí být použito pouze na tratích s trat'ovou rychlostí nižší nebo rovnou $60 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ a pokud dopravní moment nepřesáhne hodnotu 10 000.¹ Tedy na pozemních komunikacích, kde nejedí tolik silničních vozidel. Železniční přejezdy zabezpečené pouze výstražným křížem není dovoleno zřizovat na dvoukolejných a vícekolejných tratích nebo na souběžných tratích, nebo v případě, že nemůže být splněna některá z rozhledových délek, či v obtížných místních poměrech. Počet ŽP zabezpečených pouze výstražnými kříži v lednu 2022 byl 3 486, tedy 45 % ze všech ŽP v síti Správy železnic. Jejich počet však z bezpečnostních důvodů dlouhodobě klesá. Na těchto přejezdech musí řidič dbát zvýšené pozornosti při přejíždění a přesvědčit se o volnosti přejezdu. Drážní vozidla navíc u těchto přejezdů projíždějí s použitím zvukové signalizace. V případě špatných rozhledových poměrů v místě přejezdu je trvale snížena také trat'ová rychlost. Takto byla k lednu 2022 omezena rychlost na 669 ŽP v síti Správy železnic [22],[23],[24].



Obrázek 19: Přejezd zabezpečený výstražnými kříži, zdroj: [24]

¹ „Dopravní moment přejezdu M je bezrozměrná veličina vyjadřující dopravní intenzitu na přejezdu a vypočítá se jako součin (padesátirázové) intenzity silničního provozu na pozemní komunikaci vynásobené deseti hodinami a průměrné intenzity provozu na železniční trati za 24 hodin“ [22].



Světelné zabezpečovací zařízení bez závor

Světelné zabezpečovací zařízení je nejjednodušší typ automatického přejezdového zabezpečovacího zařízení. V případě, že se k ŽP blíží KV, jsou řidiči upozorněni světelnou a zvukovou signalizací vydávanou návěstidlem SSZ. V případě, že světelná signalizace nesvítí, může řidič přejezd projet bez zastavení rychlostí až $30 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$. Některá SSZ jsou navíc vybavena ještě bílým blikajícím světlem, které signalizuje řidičům silničních vozidel volnost přejezdu. V takovém případě mohou přejezd projet rychlostí až $50 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$. Správa železnic zajišťuje provoz na 2 363 takto zabezpečených ŽP. Z celkového počtu přejezdů se s 30% zastoupením jedná o druhý nejčastější způsob zabezpečení [23],[24].



Obrázek 20: PZS ve výstraze, zdroj: [24]

Světelné zabezpečovací zařízení se závorami

Závory se světelnou signalizací jsou jeden z nejméně efektivních způsobů zabezpečení železničních přejezdů. Když se k ŽP blíží kolejové vozidlo, začne návěstidlo SSZ vysílat přerušovaný světelný signál červenými světly a zvukový signál. Po určité době činnosti signalizace se spustí závory. Závory mohou být plné, přehrazující celou pozemní komunikaci, nebo poloviční, které přehrazují pouze jeden jízdní pruh [25].

Tímto zabezpečovacím zařízením bylo k lednu 2022 vybaveno 1 611 ŽP, tedy 21% z celkového počtu ŽP v síti Správy železnic. Nově instalované PZS se čtyřdílnými závorami jsou vybaveny tzv. sekvenčním sklápěním, kdy se nejprve zavírají závory vjezdové a výjezdové se sklopí až po uplynutí času potřebného k opuštění ŽP. V posledních letech se také pro zvýšení bezpečnosti na břevna umísťují světelné a odrazové prvky [23],[24].



Obrázek 21: ŽP vybavený sekvenčním sklápěním závor, zdroj: [58]

Mechanické zabezpečovací zařízení

Jde o nejstarší způsob zabezpečení železničních přejezdů, kdy je závora ovládána mechanicky pomocí kliky a řetězových převodů. Nejčastěji se jedná o klasické sklopné závory, které jsou ovládány ručním pohonem přes drátovod ze stanoviště závoráře. V minulosti se využívaly i závory otočné, či posuvné. K lednu roku 2022 bylo v síti Správy železnic takto zabezpečeno 265 přejezdů, tedy 4 % z celkového počtu přejezdů. Část z nich je však trvale uzavřena a uzamčena a otevírají se pouze na požádání. Stanoviště závorářů jsou umístěna buď bezprostředně u přejezdu, nebo ve vzdálenosti až stovek metrů od obsluhovaného přejezdu. Z jednoho stanoviště může být obsluhováno více přejezdů na téže trati. Takto zabezpečené přejezdy se vyskytují jen na málo vytížených pozemních komunikacích a jsou postupně nahrazovány automatickými zařízeními bez vlivu lidského faktoru [21],[23],[24].



Obrázek 22: Mechanické závory, zdroj: [57]



Detektory překážek na přejezdu

Detektor překážek je zařízení, které má zamezit střetu vlaku s překážkou na železničním přejezdu se závorami. Pomocí laserového systému monitoruje vymezenou část železničního přejezdu v době, kdy je přejezd ve výstraze a několik sekund po úplném sklopení závor. Následně dojde k jeho deaktivaci, aby případný protijedoucí vlak na vícekolejně trati nevyvolal nechtěnou reakci. Pokud během aktivní fáze detektoru systém zaznamená objekt, aktivuje generální stop, nebo vypne kód pro vlakový zabezpečovač na tratích s autoblokem. Vývoj tohoto zařízení inicioval ministr dopravy v roce 2015 po nehodě jednotky řady 680 s kamionem uvízlým na železničním přejezdu ve Studénce [21],[26].

Nevýhodou tohoto systému je, že při rychlostech na koridorových tratích je nemožné vlak včas zastavit, případně by se musela výrazně prodloužit doba uzavření přejezdu. Systém tak pouze uvede v činnost brzdy vlaku, srážce však ve většině případů předejít nedokáže. Zkušební provoz probíhá na několika místech v ČR. V zahraničí jsou detektory překážek nejrozšířenější v Japonsku, kde jich je instalováno kolem čtyř tisíc. V Evropě se obdobné systémy používají například ve Švédsku, nebo Velké Británii [21].

Z důvodu nutnosti prodlužovat dobu uzavření přejezdu pro správnou funkčnost systému, se k použití detektoru překážek u Správy železnic přistupuje jen v ojedinělých odůvodněných případech [27].



Obrázek 23: Laserový skener SICK instalovaný na přejezdu, zdroj: [26]



3 PROBLEMATIKA NEHOD NA ŽELEZNICI

Problematika nehod na železnici je velmi rozsáhlé téma, kterým se zabývá mnoho institucí po celém světě. Zde uvádím výběr prací, které se podobají oblasti zkoumané v této práci a mohou pomoci mé výsledky doplnit.

3.1 Nehody na železnici

Nehodami na železnici obecně se zabýval Marek Šoltés ve své diplomové práci na téma Nehody na železnicích a železničních přejezdech a jejich prevence. Pomocí regresní analýzy dat v rozmezí let 2010 až 2019 verifikoval hypotézu: „Jsou železniční tratě pro přepravu osob bezpečné z hlediska počtu mimořádných událostí?“ V rámci ověřování hypotézy potvrdil, že zkoumané statistické jednotky v oblasti mimořádných událostí na železnici jsou statisticky závislé [28].

Podobné problémy, ale z jiného úhlu pohledu se věnoval Michal Krčma v bakalářské práci na téma Specifika bezpečnosti železniční přepravy. Ve své práci porovnával nehodovost v jednotlivých státech Evropské unie a uvádí následky nehod vzhledem k dopravním výkonům v dané zemi. V jeho porovnání jsou výsledky České republiky v evropském měřítku průměrné. Jako největší přínos pro bezpečnost železniční dopravy uvedl existenci autobloku [29].

3.2 Nehody na železničních přejezdech

Problematikou nehod na železničních přejezdech se zabýval například Ing. Pavel Skládaný ve své prezentaci na konferenci BRNOSAFETY 2014. Ve své práci uváděl pozorování interakcí účastníků provozu / výstraha na ŽP s různým zabezpečením. V závěru je uvedeno, že nejhorší relativní bezpečnost je na přejezdech zabezpečených PZS bez závor. Při pozorování na takto zabezpečeném přejezdu řádně zastavilo pouze 65 % účastníků. 21 % pak zastavilo, ale pokračovalo v cestě ihned po projetí vlaku, nikoli po ukončení výstrahy. Zbýlých 14 % pak výstrahu ignorovalo úplně. Naopak nejnižší nehodovost uvedl u PZS se závorami. Zároveň ale také upozornil na časté porušování pravidel ze strany chodců [30].

Další prací na podobné téma byla bakalářská práce Tomáše Kohouta z dopravní fakulty ČVUT z roku 2018. Práce byla na téma Analýza bezpečnosti na železničních přejezdech v Klatovech a okolí. Tato práce byla pojata podrobně jak z hlediska legislativy, tak také analýzy konkrétních přejezdů a návrhů jejich úprav. Jako nejčastější nedostatek železničních přejezdů autor uvádí absenci vodorovného značení na přejezdech [25].



3.3 Celospolečenské ztráty

Samostatným tématem v problematice dopravních nehod jsou celkové ztráty z dopravní nehodovosti. Tím se zabývá mimo jiné Centrum dopravního výzkumu, které v tiskové zprávě uvádí reálné ekonomické ztráty pro společnost způsobené následky na zdraví při dopravních nehodách. Výsledky vychází z nehodovosti silničních vozidel. Vzhledem k jednotné ceně zdravotní péče a srovnatelných následků na zdraví po nehodách, se z těchto čísel dá přibližně vycházet i pro nehody na železnici. Výše celospolečenských ztrát pro jednotlivé zdravotní následky jsou zobrazeny v tabulce 1 [31].

Kategorie následku	Ekonomická ztráta
Usmrcení	25 041 000 Kč
Těžké zranění	5 567 000 Kč
Lehké zranění	809 000 Kč

Tabulka 1: Celospolečenské ztráty [31]

3.4 Shrnutí

Z provedené rešerše vyplývá, že se problematikou mimořádných událostí na železnici obecně zabývá mnoho odborných prací. Nenašel jsem však, že by se někdo zabýval srážkami dvou železničních vozidel z hlediska příčiny a vlivu jednotlivých faktorů, např. zabezpečovacího zařízení. Proto se tomuto tématu chci ve své práci věnovat. Mnoho prací se pak také zabývá problematikou nehod na železničních přejezdech, většinou se však jedná o pohled ze strany chování řidičů silničních vozidel.

V této práci se chci věnovat mimořádným událostem dvou typů, a to srážkám dvou kolejových vozidel a nehodám na železničních přejezdech. U prvního zmíněného typu MU se chci zjistit věnovat analýze okolností, při kterých dochází k největším škodám na zdraví osob a na majetku. Dále také vlivu používaného zabezpečovacího zařízení na vznik nehody. U nehod na železničních přejezdech se chci zaměřit především na závislost zabezpečovacího zařízení, kolizního silničního vozidla a polohy přejezdu na následky na životech lidí a navrhnout opatření, která by tyto následky mohla snížit.



4 STATISTIKA A VYHODNOCENÍ DAT

Statistická data pro účely této práce poskytla Správa železnic s.o. Jednalo se o soupis veškerých mimořádných událostí na všech tratích a vlečkách provozovaných Správou železnic za zkoumané období let 2018–2021. Poskytnuté tabulky obsahovaly informace o místě a čase MU, typu události včetně stručného popisu a kolizních vozidel, následky na zdraví, majetku i provozu a vyhodnocení příčiny MU. V tabulce 2 jsou shrnuty počty mimořádných událostí v jednotlivých letech, počty zraněných a mrtvých v důsledku těchto MU a celková hmotná škoda.

Rok	počet MU	Zranění	Umrті	Hmotná škoda [mil. Kč]
2018	992	195	212	238
2019	1 060	225	241	329
2020	1 017	276	238	413
2021	1 078	239	197	501
Celkem	4 174	935	888	1 480

Tabulka 2: Celkový počet mimořádných událostí

Tabulky poskytnuté Správou železnic však poskytují pouze omezené údaje o příčině a okolnostech, za jakých k MU došlo. Dalším důležitým zdrojem pak byly zprávy o výsledcích šetření Drážní inspekce, které poskytují velmi podrobné informace. Drážní inspekce ale vyšetřuje pouze některé, zpravidla závažnější, mimořádné události.

4.1 Metodika vyhodnocení

Celkem bylo za zkoumané období zaznamenáno 4 174 mimořádných událostí. Aby bylo možné MU porovnávat, bylo nutné stanovit vyhodnocovací kritéria. Nejdůležitějším aspektem byl vždy počet zraněných a případně i mrtvých příčinou MU. Pro základní dělení práce byl hlavním kritériem typ MU. Z tohoto pohledu jsem určil 4 typy MU:

- nehoda na železničním přejezdu,
- srážka dvou kolejových vozidel,
- sebevražda,
- ostatní.

Pod označením „ostatní“ se skrývají MU, při kterých často nedochází k újmě na zdraví. Patří sem například projetí návěstidla bez následné srážky, střet s předmětem v kolejišti, nebo MU, při kterých dojde jen ke zranění drážního zaměstnance jeho vlastním pochybením.



Pro další podrobnější vyhodnocování jsem pak vybral pouze první dva typy mimořádných událostí, pro které jsem určil další vyhodnocovací kritéria. Další vyhodnocovací kritéria jsou pro každý typ MU odlišná.

4.1.1 Kritéria vyhodnocení srážky dvou kolejových vozidel

Dráha

Dráhy jsou rozděleny do tří základních kategorií:

- celostátní,
- regionální,
- vlečka.

Druh dráhy, na které se nehoda stala je zajímavý zejména z hlediska stále vedených sporů, zda zavádět systém ETCS plošně i na regionálních tratích, nebo by stačil některý z jednodušších a levnějších zabezpečovačů.

Doprava

Rozlišujeme tři typy dopravy:

- osobní,
- nákladní,
- služební.

Typ dopravy je zásadní pro správné cílení opatření k předcházení vážným MU.

Režim jízdy

Pro jednoduchost rozlišujeme jen dva režimy jízdy:

- vlak,
- posun.

V režimu jízdy „vlak“ jede souprava vozidel (nebo samotné HV) dle jízdního řádu. V režimu „posun“ není jízda řízena jízním řádem, ale osobou způsobilou k řízení posunu. Posun probíhá většinou bez cestujících a obvykle neopouští dopravnu, v které probíhá [2].

Kolizní vozidlo

Zde je důležité rozlišit, zda se jedná o klasickou soupravu s lokomotivou, nebo o lehčí elektrickou či motorovou jednotku. Potřeba je také odlišit vozidla splňující normu ČSN EN 15227. Data poskytnutá Správou železnic však neobsahují dostatečné informace k vyhodnocení tohoto kritéria. Vyhodnocení bude vycházet pouze z vybraných nehod vyšetřovaných Drážní inspekcí.



Zabezpečovací zařízení

Zabezpečovací zařízení má velký vliv na riziko vzniku MU. Je třeba rozlišit, zda se nehoda stala v dopravně, nebo na trati. Na trati rozlišujeme tři druhy zabezpečení:

- automatické a poloautomatické zabezpečovací zařízení,
- telefonické dorozumívání,
- zjednodušené řízení dopravy podle předpisu D3.

V dopravnách pak určujeme kategorii SZZ:

- SZZ 1. kategorie,
- SZZ 2. kategorie,
- SZZ 3. kategorie.

Rychlost jízdy vozidla při MU

Rychlost, při které se MU stala je důležitá z hlediska konstrukce deformačních prvků a tuhosti skříně vozidla. Je potřeba zjistit, v jakých rychlostech k MU dochází na regionálních a celostátních tratích a porovnat se scénáři v normě ČSN EN 15227. Předpokad je, že na regionálních tratích dochází ke srážkám v nižších rychlostech, než je tomu na tratích celostátních.

Příčina vzniku nehody

Rozlišujeme dvě základní příčiny:

- lidský faktor,
- technická závada.

Znalost příčiny MU je důležitá pro návrh opatření, která mají podobným událostem předcházet.

4.1.2 Kritéria vyhodnocení nehod na železničním přejezdu

Zabezpečovací zařízení

Zabezpečení železničního přejezdu je jedním z hlavních faktorů při vyšetřování příčiny nehody. Zabezpečovací zařízení přejezdů se dělí na následující čtyři stupně zabezpečení:

- výstražné kříže,
- světelné zabezpečovací zařízení bez závor,
- světelné zabezpečovací zařízení se závory,
- mechanické zabezpečovací zařízení.

Cílem je zjistit, jaký vliv má zabezpečovací zařízení na počet nehod.



Kolizní vozidlo

Kolizní vozidla jsou rozdělena do následujících kategorií:

- chodec,
- jízdní kolo,
- motocykl,
- osobní automobil,
- autobus,
- nákladní automobil,
- traktor.

Typ kolizního vozidla má velký vliv na následky nehod na kolizním silničním vozidle, i na kolizním kolejovém vozidle. Důvodem je rozdílnost hmotností jednotlivých kolizních vozidel. Cílem je zjistit závislost následků MU na velikosti kolizního vozidla.

Mezi kolizními vozidly jsou často uváděni také sebevrazi. Sebevraždy se však dějí na všech částech dráhy, nejsou specifické pro železniční přejezdy a vycházím z předpokladu, že zabezpečovací zařízení na jejich přítomnost nemá vliv. Proto jsem je ze statistik vypustil.

Příčina

Znalost příčiny vzniku MU je zásadní pro nastavení podmínek pro jejich předcházení. Pro účely této práce byly stanoveny tři druhy příčin:

- neupřednostnění drážní dopravy,
- uvážnutí na ŽP,
- ostatní.

Pod označením „ostatní“ se skrývají především MU, při kterých došlo k projetí otevřeného přejezdu vlakem, příčinou pochybení drážního zaměstnance.

Pozemní komunikace

Dělí se do následujících kategorií:

- silnice I. třídy,
- silnice II. třídy,
- silnice III. třídy.

Druh a třída pozemní komunikace má význam při určování vytíženosti železničního přejezdu. Z nejnovějších dat sčítání dopravy Ministerstva dopravy vyplývá, že průměrné dopravní vytížení je u silnic I. třídy 9 100 vozidel, u II. třídy 2 900 a u III. třídy 600 vozidel za 24 hodin. Jiné kategorie pozemních komunikací jsem pro vyhodnocení nevyužil [32].



4.2 Vyhodnocení

Základní předpoklad vyhodnocení byl, že nejvíce zranění se stane při nehodách na železničních přejezdech a při srážce dvou železničních vozidel. Z tabulky 3 je vidět, že se předpoklad potvrdil, proto byla statistika rozdělena na dvě části a každá byla vyhodnocována samostatně. Na počet mrtvých má největší vliv počet sebevražd (viz tabulka 4), ale problematika sebevražd je úplně z jiného oboru, tak se jimi tato práce nadále nezabývá.

Rok	Nehoda na ŽP		Srážka 2 KV		Sebevražda		Ostatní	
	[-]	[%]	[-]	[%]	[-]	[%]	[-]	[%]
2018	69	35	32	16	24	12	70	36
2019	88	39	29	13	27	12	81	36
2020	92	33	88	32	26	9	70	25
2021	69	31	71	32	10	4	75	33
Celkem	318	35	220	23	87	9	296	33

Tabulka 3: Počty zranění na železnici podle typu MU

Rok	Nehoda na ŽP		Srážka 2 KV		Sebevražda		Ostatní	
	[-]	[%]	[-]	[%]	[-]	[%]	[-]	[%]
2018	21	10	0	0	184	87	7	3
2019	24	10	0	0	211	88	6	2
2020	22	9	3	1	204	86	9	4
2021	16	8	4	2	162	83	14	7
Celkem	83	9	7	1	761	86	36	4

Tabulka 4: Počty umrtí na železnici podle typu MU

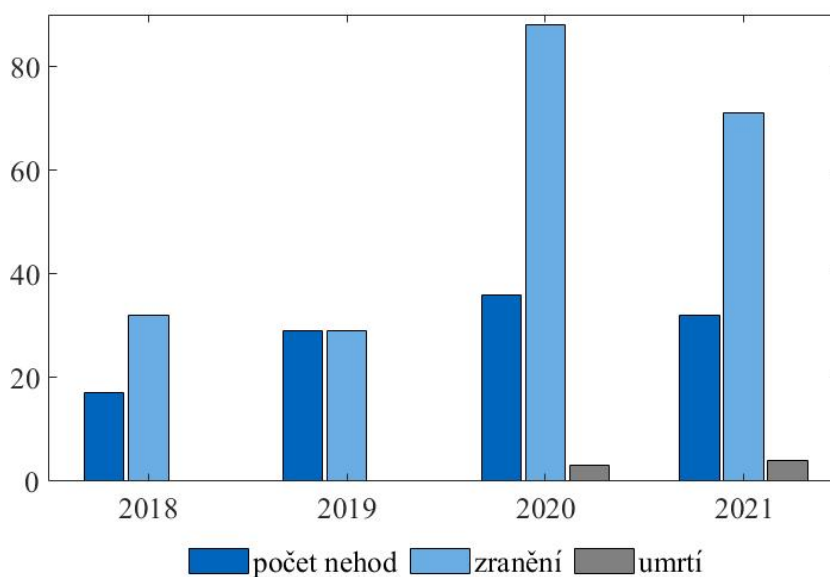
4.3 Srážky dvou kolejových vozidel

V analyzovaném období došlo na železniční síti Správy železnic ke 114 srážkám dvou kolejových vozidel. V průměru tedy více než 28 MU ročně. V grafu 1 je zobrazen počet nehod včetně následků v jednotlivých letech. Z grafu je vidět, že počet MU má meziročně spíše rostoucí tendence.

4.3.1 Analýza nehod

Podle příčiny

Z celkového počtu 114 MU bylo v 95 % případů na vině lidské pochybení, ve zbylých 5 % šlo o technickou závadu. V případě lidského faktoru šlo nejčastěji o nedodržení podmínek jízdy podle rozhledových poměrů při posunu.



Graf 1: Vývoj počtu srážek dvou KV v letech 2018–2021

Podle typu dráhy a režimu jízdy

V tabulce 5 jsou shrnuty srážky dvou KV za roky 2018–2021 rozdělené dle dráhy a režimu jízdy.

Dráha	Počet nehod	Zraněných	Umrті
Celostátní	102	157	5
vlak	20	119	5
posun	82	38	0
Regionální	7	63	2
vlak	5	61	2
posun	2	2	0
Vlečka	5	0	0
posun	5	0	0
Celkem	114	220	7

Tabulka 5: Rozdělení nehod podle dráhy a druhu dopravy

Z tabulky 5 vyplývá, že většina MU v analyzovaném období se stala na celostátních tratích a v 80 % případů šlo o posun. Naopak následky na životech byly největší při nehodách v režimu „vlak“. Největší podíl na výsledném počtu lidských obětí na celostátních tratích mají tři MU:

- 5. 3. 2019 Brno hl.n. - 23 zraněných,
- 14. 7. 2020 Úvaly - Český Brod - 37 zraněných, 1 mrtvý,
- 4. 8. 2021 Výhybna Radonice - 67 zraněných, 3 mrtví.



V regionální dopravě je opět nejvíce zranění u vlaků. Nejvíce přispěly vysokým číslům zranění a umrtí zejména dvě nejvážnější nehody:

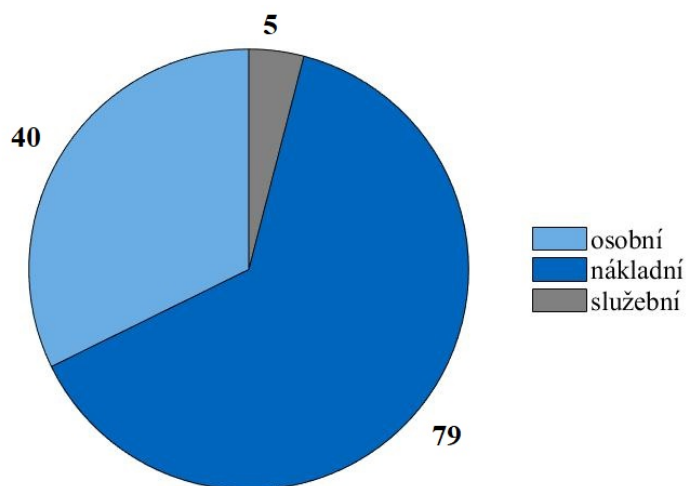
- 9.9.2020 Kdyně - 20 zraněných,
- 7.7.2020 Pernink - Nové Hamry - 24 zraněných, 2 mrtví.

V obou případech se jednalo o osobní vlaky. Zmíněných 5 MU má na svědomí 78 % z celkového počtu zraněných a 83 % mrtvých v analyzovaném období při srážkách dvou KV.

U MU na vlečkách nebyl za analyzované období zaznamenán jediný případ újmy na zdraví. To odpovídá předpokladu, že posuny na vlečkách probíhají při nižších rychlostech a bez účasti cestujících.

Podle dopravy

Při rozdělení podle dopravy je zřejmé, že nejvíce MU se stává v nákladní dopravě, za uvedené roky to bylo celkem 79 nehod. Jedním z možných vysvětlení je absence vlakvedoucího a delší směny strojvedoucích, což může mít za následek menší schopnost se soustředit. V osobní dopravě bylo nehod méně (40), ale s horšími následky nejen na zdraví, ale také z hlediska způsobené hmotné škody. Dalších 5 nehod se týká dopravy služební, kdy šlo vždy o pracovní stroje na rekonstruovaných úsecích tratí. Rozdělení MU podle dopravy je znázorněno v grafu 2.



Graf 2: Rozdělení MU podle dopravy



Podle zabezpečení

Rozdělení srážek dvou kolejových vozidel podle zabezpečení v dopravně, resp. na trati je zobrazeno v tabulce 6. Mimo jiné z tabulky vyplývá, že většina MU se stala v dopravnách. Vážnější následky ale mají nehody na tratích, kde jsou zpravidla vyšší rychlosti jízdy.

Zabezpečení	Počet nehod	Zraněných	Umrті
Na trati	8	65	3
automatické zab. z.	5	38	1
tel. dorozumívání	1	2	0
předpis D3	2	25	2
V dopravně	106	155	4
SZZ 3. kategorie	79	121	4
SZZ 2. kategorie	27	34	0
SZZ 1. kategorie	0	0	0
Celkem	114	220	7

Tabulka 6: Rozdělení nehod podle zabezpečení

Z rozdělení v tabulce 6 vyplývá, že nejvíce nehod se stane v dopravnách se zabezpečovacím zařízením 3. kategorie. To je nejspíš dáno tím, že takto je v dnešní době vybavena většina dopraven s větším provozem. Podobně jsou na tom traťové úseky vybavené automatickým zabezpečovacím zařízením. Výjimka je však u úseků se zjednodušeným řízením dopravy. Zde je vidět, že toto zabezpečení je pro zachování bezpečného provozu nedostatečné.



4.3.2 Vyšetřování Drážní inspekce

Drážní inspekce se zabývala šetřením všech 5 výše zmíněných vážných nehod. Zde jsou shrnuty výsledky jejich vyšetřování.

5.3.2019 Brno hl.n.

Nedovolená jízda vlaku Os 4708 za návěstidlo Lc4 a následná srážka s protijedoucím vlakem Os 4711 v žst. Brno hl. n.



Obrázek 24: Následky srážky, zdroj: [33]

K MU došlo v úterý 5.3.2019 v 8:00 h cca 20 sekund po odjezdu vlaku Os 4708 od nástupiště. Příčinou nehody bylo nerespektování návěsti „Stůj“ hlavního návěstidla strojvedoucím vlaku Os 4708. Následkem nehody bylo 23 zraněných osob (20 cestujících, 3 zaměstnanci dopravce) a celková hmotná škoda 452 393 Kč. Jako přispívající faktor je uvedena absence technických prostředků zabezpečení, které by při pochybení strojvedoucího zastavily vozidlo a zabránily nedovolené jízdě vlaku za návěstidlo.

V čele obou vlaků byla HDV řady 560, čela obou vlaků byla zdeformována a zaklíněna do sebe. Žst. Brno hl. n. je vybavena zabezpečovacím zařízením 3. kategorie – provizorní staniční zabezpečovací zařízení elektronické typ SZZ ESA44, ovládané z dopravní kanceláře. Toto zařízení vykazovalo v době MU správnou činnost. Ke srážce došlo při vzájemné rychlosti $19 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ [33].



7. 7. 2020 Pernink - Nové Hamry

Nedovolený odjezd vlaku Os 17113 z dopravně D3 Pernink a jeho následná srážka s protijedoucím vlakem Os 17110.



Obrázek 25: Následky srážky, zdroj: [34]

Mimořádná událost se stala na regionální trati č. 142 Karlovy Vary dolní n. - Potůčky st. hr. 7. 7. 2020 v 15:08 h. Příčinou srážky bylo nesplnění ohlašovací povinnosti strojvedoucím vlaku Os 17113 v dopravně D3 Pernink, nevyčkání příjezdu protijedoucího vlaku, nezažádání o souhlas k odjezdu vlaku a jeho nedovolený odjezd do prostorového oddílu trati obsazeného vlakem Os 17110. Následkem nehody bylo 24 zraněných (2 zaměstnanci dopravce a 7 cestujících Os 17110, 1 zaměstnanec dopravce a 12 cestujících Os 17113) a dvě usmrcené osoby (cestující Os 17110) a celková hmotná škoda 25 390 500 Kč. Ke vzniku nehody přispěla absence zabezpečovacího zařízení na trati, které by eliminovalo možné selhání lidského faktoru. Trať byla řízena podle předpisu D3.

Vlak Os 17113 byl sestaven z dvoučlánkové motorové jednotky vedené HDV 844 005-9 „RegioShark“, vlak Os 17110 byl sestaven z motorové dvouvozové jednotky v čele s ŘV 914.034-4 „RegioNova“. Přední čela obou vlaků zůstala stát 12 m od místa srážky ve směru jízdy vlaku Os 17113. Čelo vlaku Os 17113 bylo v délce 1,8 m zaklíněno do prostoru ŘV 914.034-4 vlaku Os 17110. V čase srážky se vlaky pohybovaly rychlostí $47 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ (Os 17110) a $37 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ (Os 17113) [34].

Opatření na této trati přijatá SŽ k předcházení dalším MU:

Celý úsek z Nejdku do Potůček byl vybaven počítači náprav včetně dopraven pro zjišťování



volnosti úseků a zároveň polohy drážního vozidla. Mezistaniční úseky byly zabezpečeny traťovým souhlasem s krycími návěstidly. Rozsvícení povolujícího znaku je závislé na:

- volnosti pojížděného výhybkového úseku v obou dopravních ve směru jízdy drážního vozidla;
- volnosti celého mezistaničního úseku mezi krajními výhybkami sousedících dopravních;
- volnosti staniční koleje v následující dopravě, na kterou je zamýšleno postavit vlakovou cestu;
- krajní poloze pojížděných výhybek.

Při nedovolené jízdě z dopravní koleje kolem krycího návěstidla v poloze „Stůj“ je aktivována automaticky funkce VNP (výstraha při nedovoleném projetí návěstidla), která pomocí rádiového systému TRS vydá povel k zastavení všech vlaků v dosahu dané základnové stanice BTS. Celý úsek je pod dohledem dispečera v Karlových Varech, který ho ovládá pomocí JOP. Zároveň probíhá příprava změny zabezpečení z D3 na D1 a s ní související instalace TZZ a SZZ v úseku Nejdek – Potůčky st. hr., ovládání z JOP Karlovy Vary, předpoklad ukončení realizace 3/2022 [34].

14. 7. 2020 Úvaly - Český Brod

Srážka vlaku Os 9359 s vlakem Nex 60051 s následným vykolejením obou vlaků.



Obrázek 26: Následky srážky, zdroj: [35]

K mimořádné události došlo na 1. traťové koleji celostátní trati Kolín - Praha-Libeň mezi žst. Úvaly a Český Brod 14. 7. 2020 ve 21:35 h. Příčinou MU bylo nezastavení vlaku Os 9359 před koncem vlaku Nex 60051 v souvislosti s předcházející náhlou zdravotní



indispozicí (srdeční příhodou) s možným náhlým ovlivněním schopnosti vnímání a jednání strojvedoucího vlaku Os 9359. Jako přispívající faktor je uvedeno opakované rušení omezení rychlosti strojvedoucím vlaku Os 9359, které bylo v obdobných případech automaticky nastavováno režimem CB systému AVV [35].

Vlak Nex 60051 byl sestaven z HDV řady 163 a tří poštovních vozů. Osobní vlak Os 9359 byl tvořen třívozovou dvoupodlažní elektrickou jednotkou řady 471 „CityElefant“. Čelo vlaku Os 9359 se po nárazu nacházelo 63 m za místem nálezu první odlomené součásti a bylo zaražené cca 5 m do skříně posledního vozu vlaku Nex 60051. Obě nápravy prvního podvozku HDV vlaku Os 9359 byly vykolejené a ve výšce cca 1,5 až 0,75 m nad temenem kolejnice opřené o podlahu a 2. podvozek posledního vozu vlaku Nex 60051. V době vzniku MU se dle PČR ve vlaku nacházelo 75 osob. Následkem nehody byl usmrcen strojvedoucí vlaku Os 9359 a zraněno 37 osob (vlakvedoucí a 35 cestujících ve vlaku Os 9359 a strojvedoucí vlaku Nex 60051). Celková vzniklá škoda byla stanovena na 44 981 794 Kč. Ke srážce došlo při rychlosti vlaku Os 9359 $66 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$, vlak Nex 60051 jel rychlostí 2 až $3 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ stejným směrem [35].

Opatření k předcházení MU: Dopravce ČD vydal mimo jiné opatření, že za návěstidlem autobloku bude při jízdě dle rozhledových poměrů možné jet pouze rychlostí $30 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$, resp. $40 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ (namísto předpisem D1 stanovené rychlosti $100 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$) [35].

9.9.2020 Kdyně

Nedovolená jízda vlaku Os 17544 za úroveň hlavního návěstidla L2 s návěstí „Stůj“, vjetí do postavené vlakové cesty pro protijedoucí vlak Služ 55025, následná srážka s vykolejením vlaku Os 17544.



Obrázek 27: Následky srážky, zdroj: [36]



K MU došlo 9.9.2020 v 7:08 h na 2. staniční koleji žst. Kdyně na regionální trati č. 185 Horažďovice předměstí – Domažlice. Příčinou srážky bylo nesprávné použití brzdového zařízení a nepoužití pískovacího zařízení strojvedoucím vlaku Os 17544, a tím nezajištění odvalování kol po předcházejícím nastalém smyku kol HDV. Přispívajícím faktorem bylo snížení součinitele adhezního tření nánosem rozježděných zbytků nežádoucí vegetace na temenech hlav obou kolejnicových pásů a překročení nejvyšší dovolené rychlosti o $20 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ strojvedoucím vlaku Os 17544.



Obrázek 28: Pohled na znečištěnou staniční kolej 2, zdroj: [36]

Vlak Os 17544 byl tvořen motorovým vozem řady 810, vlak Služ 55025 se skládal z HDV řady 742 a taženého měřícího vozu. Čelo vlaku Os 17544 bylo zcela zdemolováno. Ve vlaku Os 17544 cestovalo 16 cestujících. Následkem nehody bylo zraněno 20 osob (2 zaměstnanci dopravce a všech 16 cestujících ve vlaku Os 17544, strojvedoucí a zaměstnanec SŽ ve vlaku Služ 55025). Hmotná škoda byla vyčíslena na 5 513 750 Kč. Rychlost vlaku Služ 55025 v době srážky byla $29 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$, poslední rychlost zaznamenaná rychloměrem před zablokováním kol vlaku Os 17544, 301 m před místem srážky, byla $46 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$. Žst. Kdyně je vybavena SZZ 2. kategorie – elektromechanickým zabezpečovacím zařízením doplněným světelnými návěstidly a předvěstmi [36].

4. 8. 2021 Výhybna Radonice

Nedovolená jízda vlaku Ex 351 za úroveň hlavního (odjezdového) návěstidla S1 s návěstí „Stůj“, vjetí do postavené vlakové cesty pro protijedoucí vlak Os 7406, následná srážka a vykolejení obou vlaků.

K nehodě došlo 4.8.2021 v 8:06 h ve výhybně Radonice na celostátní trati č 180 Plzeň hl. n. – Česká Kubice st. hr. Příčinou bylo nerespektování návěstí „Stůj“ hlavního (odjezdového) návěstidla S1 výhybny Radonice strojvedoucím vlaku Ex 351 [37].



Obrázek 29: Následky srážky, zdroj: [37]

Vlak Ex 351 byl sestaven z HDV řady 223 a 4 osobních vozů, vlak Os 7406 byl sestaven z dvoučlánkové motorové jednotky vedené HDV 844 006-7 „RegioShark“. Vlivem srážky došlo k poškození čelní části skříně HDV, stanoviště strojvedoucího a deformaci třetiny prvního osobního vozu včetně interiéru, čelníků a podélníků, bočních nástupních a čelních dveří vlaku Ex 351. U vlaku Os 7406 došlo k poškození stanoviště strojvedoucího, nástupních dveří na pravé i levé straně, dveří včetně skleněné příčky mezi 1. a 2. třídou, 25 sedaček, utržení hnacího podvozku, poškození spráhla a spodní části skříně HDV. Při MU došlo k usmrcení 3 osob (strojvedoucí obou vlaků a 1 cestující vlaku Os 7406) a zranění 67 osob (vlakvedoucí obou vlaků, 46 cestujících vlaku Ex 351 a 7 cestujících vlaku Os 7406). Celková škoda byla stanovena na 178 074 800 Kč. V době srážky se vlak Ex 351 pohyboval rychlostí $77 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$, vlak Os 7406 jel rychlostí $35 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$. Důvod nezastavení vlaku Ex 351 nebyl vzhledem ke stavu těla strojvedoucího po nehodě zjištěn. [37].

Výhybna Radonice je vybavena SZZ 3. kategorie zjednodušeného typu s kolejovými obvody a třífázovými elektromotorickými přestavníky výhybek. Infrastruktura dráhy v místě vzniku MU nebyla vybavena bezpečnostním systémem s funkcionalitou VNPN (výstraha při nedovoleném projetí návěstidla), který v případě nedovolené jízdy DV za hlavní návěstidlo spustí akustickou výstrahu strojvedoucímu a vyšle povel k zastavení jak tohoto vozidla, tak i vozidel v okolí, kterých bezpečnost je ohrožena. Vzhledem k rychlosti jízdy vlaků, vzdálenosti místa jejich vzájemné srážky od úrovně odjezdového návěstidla S1 výhybny Radonice (87 m) a skutečnosti, že do 3 s od okamžiku nedovolené jízdy vlaku Ex 351 za úroveň odjezdového návěstidla S1 s návěstí „Stůj“ došlo u obou HDV k zavedení rychločinného brzdění strojvedoucími, by v případě této MU bezpečnostní systém s funkcionalitou VNPN srážce nezabránil [37].



4.3.3 Vyhodnocení

Podle typu dráhy, dopravy a režimu jízdy

Největší následky na zdraví po srážce dvou KV jsou u osobních vlaků na celostátních drahách. Je to dáno tím, že zde je přepravováno největší množství osob. U osobních vlaků také došlo k největší způsobené finanční škodě. Způsobeno je to zejména vyšší průměrnou cestovní rychlostí a vyšší cenou osobních vozů. Opatření pro snížení následků MU by proto měla cílit především na osobní vlaky.

Podle příčiny

Jako příčina srážky dvou KV byl v 95 % určen lidský faktor. Z hlediska zvyšování bezpečnosti železniční dopravy je tedy žádoucí vliv lidského faktoru omezovat.

Vliv rychlosti

Jedním z předpokladů bylo, že srážky na regionální dráze se budou odehrávat v nižších rychlostech než srážky na dráze celostátní. Analýzou 5 nejvýznamnějších MU se tento předpoklad nepotvrdil. Dvě z pěti zkoumaných nehod se staly na regionální dráze a obě se staly při relativně velké rychlosti. Vzájemná rychlost vlaků při srážce u Perninku byla $84 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$, ve Kdyni pak přibližně $70 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$. Nehody na celostátní dráze byly dost odlišné, v Brně ke srážce došlo v rychlosti $19 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$, u Českého Brodu $63 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ a v Radonicích $112 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$. Z následků nehod je patrné, že vysoká rychlost při srážce má vliv nejen na celkové škody, ale také na počet vážně zraněných a mrtvých osob. Účast motorové jednotky řady 844 na nehodě v Radonicích pak ukazuje, že i u jednotek určených pro regionální dopravu je potřebné počítat s možností srážky ve stejných rychlostech, jako u vlaků pro celostátní dopravu. Tak to také ukládá norma ČSN EN 15227.

Rychlost nárazu, předepsaná normou ČSN EN 15227, pro scénář 1 - srážka s totožnou vlakovou jednotkou, je určena na $36 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$. Tato rychlost byla ve 4 případech z 5 analyzovaných vážných nehod výrazně překročena. Doporučuji proto, aby došlo ke zvýšení rychlosti nárazu předepsané normou ČSN EN 15227. Zvýšení rychlosti je nutné provést po detailním výzkumu, který přesahuje rozsah této práce. Zvýšení rychlosti nárazu na $120 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ (tak aby byly pokryty všechny nehody za zkoumané období) by vedlo k nesplnitelným požadavkům na pevnost hrubých staveb skříní vozidel a zdvihů absorberů energie.



Vliv pasivní bezpečnosti

Z výše zmíněných zúčastněných vozidel splňují normu ČSN EN 15227 pouze jednotky řady 844 „RegioShark“. Při nehodě u Perninku skončila jednotka řady 844 s menšími následky než protijedoucí jednotka řady 814, která normu nesplňuje. Zde je však potřeba brát v potaz i vyšší hmotnost jednotky řady 844. Při MU v Radonicích však i přes značný hmotnostní rozdíl (96 vs. 270 t) nebylo poškození jednotky řady 844 tak závažné, jako u protijedoucí soupravy, která byla tvořena lokomotivou řady 223 a čtyřmi osobními vozy z poloviny 80. let minulého století, kde vlivem nehody bylo zničeno celé čelo se stanovištěm strojvedoucího a ještě první z osobních vozů (včetně zdeformování skříně).

Zatímco jednotku 844 005-9 se po nehodě u Perninku podařilo opravit, jednotka 844 006-7 byla po nehodě v Radonicích vyřazena [38]. Z toho vyplývá, že splnění požadavků normy ČSN EN 15227 je žádoucí a je tedy potřeba vozidla starší konstrukce co nejrychleji nahradit vozidly novými.

Vliv zabezpečovacího zařízení

Ze statistiky vyplývá, že nehodovost na různých typech zabezpečovacího zařízení je úměrná dopravnímu zatížení dané trati, resp. dopravní. Jedinou výjimkou jsou trati se zjednodušeným řízením dopravy. U výše zmíněných pěti nejzávažnějších nehod není z hlediska zabezpečovacího zařízení nic společného. Vážné nehody se staly na všech typech zabezpečení, vždy však byl na vině lidský faktor. Všem nehodám by ale dokázalo lepší zabezpečovací zařízení předejít. V případě nehody v Brně by stačilo, aby vlakový zabezpečovač nepovolil rozjezd v případě návěsti „Stůj“, u Perninku by stačilo jakékoliv zabezpečovací zařízení v dopravně, případně zabezpečení trati radioblokem, u Českého Brodu by pomohlo omezení rychlosti při jízdě podle rozhledových poměrů na $30 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$, případně zabezpečovač s pohyblivými bloky, který by pak režim jízdy dle rozhledových poměrů nepotřeboval, např. ETCS L3. Srážce ve Kdyni by mohlo předejít zabezpečovací zařízení, které generuje brzdovou křivku na základě reálných adhezních podmínek, případně by stačila automatická protismyková ochrana. A nehodě v Radonicích by pak předešel zabezpečovač, který dokáže generovat brzdovou křivku a zastavit před návěstidlem bez zásahu strojvedoucího. Všem nehodám by tedy dokázalo předejít plošné zavedení výhradního provozu systému ETCS v úrovni minimálně L2 včetně regionálních tratí. Na koridorových tratích pak ETCS úroveň L3. Vzhledem k časově a finančně náročné instalaci tohoto zařízení je pak potřeba dočasně co nejrychleji vybavit všechny tratě se zjednodušeným řízením dopravy alespoň systémem radioblok.



4.3.4 Závěr a návrhy opatření

Z podrobného zkoumání vybraných nehod vyplývá, že všechny analyzované nehody byly zaviněny lidským faktorem. K jejich předcházení je tedy potřeba snižovat vliv lidského faktoru pro řízení železničního provozu. V přepočtu následků na zdraví podle Centra dopravního výzkumu by se předcházením těmto nehodám ušetřilo 155 mil. Kč ročně na celospolečenských ztrátách a dalších 125 mil. Kč ročně na hmotných škodách. V případě úspěšných opatření pro předcházení nehod bychom tedy každý rok ušetřili v součtu více než 280 mil. Kč a plno lidských životů.

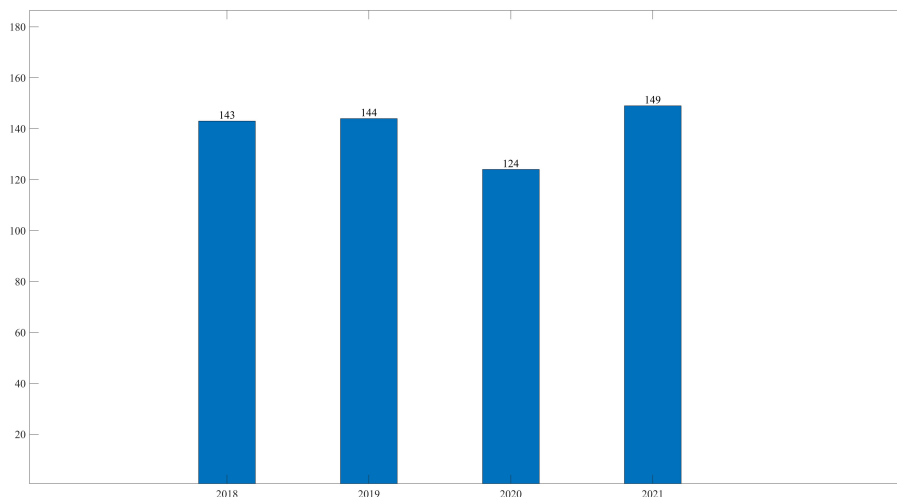
V návaznosti na předchozí analýzu navrhuji následující opatření pro snížení počtu nehod a jejich následků:

- plošné zavedení systému ETCS L2, na koridorových tratích v úrovni L3,
- na přechodnou dobu (do zavedení systému ETCS) vybavit všechny tratě v režimu D3 alespoň zařízením radioblok,
- urychlit obnovu vozového parku nově konstruovanými vozidly, do té doby vozidla nesplňujících normu ČSN EN 15227 využívat přednostně na regionálních tratích s nižší trat'ovou rychlostí a menší intenzitou provozu.



4.4 Nehody na železničních přejezdech

Za analyzované období let 2018–2021 se na železničních přejezdech Správy železnic událo celkem 560 nehod (bez střetů se sebevrahy) při nichž bylo zraněno 320 osob a 83 osob zemřelo. Rozprostření nehod během jednotlivých let zobrazuje graf 3. Z grafu je vidět vliv omezení volného pohybu osob v souvislosti s pandemií onemocnění COVID-19 v roce 2020. V ostatních letech se projevuje spíše nepatrný meziroční nárůst počtu nehod.



Graf 3: Počet nehod na ŽP v jednotlivých letech

4.4.1 Analýza nehod

Podle zabezpečení a kolizního vozidla

Zabezpečovací zařízení má spolu s rozhledovými poměry největší vliv na bezpečné překonání železniční trati silničním vozidlem. Celkový počet nehod za zkoumané 4 roky na jednotlivých typech zabezpečení přepočítaný na 1 000 přejezdů je zobrazen v tabulce 7 a liší se podle kolizního vozidla. Počty zraněných však neukazují pouze zraněné v silničním vozidle, ale také ty ve vlaku. Je zde tak vidět pravdivost předpokladu, že počty zraněných ve vlaku narůstají s hmotností kolizního vozidla. Tučně jsou vyznačeny typy zabezpečení ŽP s největším počtem nehod pro jednotlivá kolizní vozidla.

	Chodec	Cyklista	Motocykl	OA	NA	Autobus	Traktor
Výst. kříže	1,4	0,6	0,6	46,2	5,6	0	2,5
PZS	3,8	3,4	3,0	104,8	6,3	0,4	3,8
PZS + záv.	8,4	2,6	1,3	21,4	3,2	0	1,3
PZM	3,5	0	0	0	0	0	0

Tabulka 7: Počet nehod na 1 000 přejezdů



Zatímco u cyklistů a motorových vozidel se nejvíce nehod stává na přejezdech zabezpečených světelnou signalizací, u chodců je to nejčastěji na přejezdech se závorami. To potvrzuje předpoklad, že závory zastaví řidiče vozidla, chodce však nikoliv.

Další tabulka porovnává následky na zdraví osob podle kolizního vozidla. Z tabulky 8 je vidět, že u menších vozidel a chodců ve velké části případů končí nehoda smrtí. U velkých vozidel nejsou umrtí žádná, ale je zde více zraněných. To je způsobeno větší hmotností a pevností vozidla, kdy je řidič částečně ochráněn a končí pouze ze zraněními.

Kolizní vozidlo	MU	za 4 roky		průměr na 1 MU	
		Umrті	Zranění	Umrті	Zranění
Chodec	28	14	14	0,5	0,5
Cyklista	14	7	4	0,5	0,29
Motocykl	11	7	4	0,64	0,36
OA	446	55	223	0,12	0,5
NA	40	0	50	0	1,25
Autobus	1	0	11	0	11
Traktor	20	0	14	0	0,7

Tabulka 8: Následky na zdraví u jednotlivých kolizních vozidel

Podle příčiny

Přestože je každý přejezd zabezpečen minimálně výstražnými kříži a každý, kdo ho překonává má povinnost se rozhlédnout, tak 98 % MU na ŽP je zaviněných neupřednostněním drážní dopravy. V případně střetu se silničním vozidlem byla vina na straně řidiče silničního vozidla v 99,8 % případů.

Příčina MU	za 4 roky			průměr na 1 MU	
	Počet MU	Umrті	Zranění	Umrті	Zranění
Neupřednostnění dr. dop.	549	83	319	0,2	0,6
Uvážnutí na ŽP	2	0	1	0	0,5
Ostatní	9	0	0	0	0

Tabulka 9: Následky na zdraví podle příčiny MU

Podle pozemní komunikace

V následující části měla být statistika rozdělena na celostátní a regionální dráhu z důvodu různé intenzity provozu a s tím souvisejícím počtem kritických situací na přejezdu. Stejně tak měla být rozdělena podle třídy pozemní komunikace. Cílem mělo být získat co nejpresnější informace o pravděpodobnosti vzniku nehody v závoslosti na použitém přejezdovém zabezpečovacím zařízení.

Bohužel však nebyla pro potřeby této práce do termínu odevzdání poskytnuta potřebná data o počtech přejezdů na jednotlivých typech pozemních komunikací. Proto nemohla být analýza včas zpracována.



4.4.2 Vyhodnocení

Vliv zabezpečovacího zařízení

Jedním z předpokladů bylo, že nejvíce mimořádných událostí nastane na přejezdech s nižším stupněm zabezpečení. Tento předpoklad se však nepotvrdil. K nejvíce MU dochází na přejezdech vybavených PZS. Vysvětlením může být vyšší dopravní moment na přejezdech vybavených PZS oproti těm vybaveným pouze výstražnými kříži. Naopak u ŽP vybavených závorami (mechanickými i automatickými) je nehodovost podstatně nižší. Vyjimku tvoří střet s chodci, ke kterému dochází nejčastěji na přejezdech vybavených PZS se závorami. Tomu přispívají zejména přejezdy v obcích a v blízkosti žst. Předcházet tomu lze nahrazením přejezdů v obcích, zejména v blízkosti žst. podchody či nachody. V případě ŽP v oblastech s menším výskytem chodců pak lze výrazně snížit nehodovost instalací PZS závorami.

Vliv kolizního vozidla

Vliv kolizního vozidla na umrtí lze, v souladu s předpoklady, vyhodnotit, že čím menší vozidlo, tím větší šance na umrtí řidiče vozidla. U zranění pak platí, že čím větší vozidlo, tím více zraněných následkem srážky. Z toho vyplývá, že v zájmu zvýšení bezpečnosti cestujících ve vlaku je třeba minimalizovat riziko srážky s většími vozidly, například instalací závor se sekvenčním sklápěním na silnicích s výraznějším provozem nákladních automobilů.

Vliv příčiny MU

Příčinou MU na ŽP je v drtivé většině případů nerespektování přednosti v jízdě KV řidičem silničního vozidla. Opatření pro snížení tohoto faktoru viz výše. Malou skupinu příčiny nehody na ŽP je pak uvážnutí vozidla na přejezdu. Tomu lze předejít instalací detektoru překážek. Poslední skupinou MU je projetí vlaku otevřeným ŽP. Za analyzované období však tímto způsobem nedošlo k žádnému zranění, není to tak důležité pro účely této práce.

4.4.3 Závěr a návrhy opatření

Z analýzy MU vyplývá, že téměř všechny nehody byly zaviněny řidičem silničního vozidla. V přepočtu následků na zdraví podle Centra dopravního výzkumu by se předcházením těchto nehodám ušetřilo 840 mil. Kč ročně na celospolečenských ztrátách a dalších 102 mil. Kč ročně na hmotných škodách. V případě úspěšných opatření pro předcházení nehod bychom tedy každý rok ušetřili v součtu více než 942 mil. Kč a zdraví mnoha lidí.

V návaznosti na předchozí analýzu navrhuji následující opatření pro snížení počtu nehod a jejich následků:

- budování mimoúrovňových křížení místo přejezdů s velkým dopravním momentem,
- budování podchodů a nadchodů v obcích,
- instalaci závor se sekvenčním sklápěním na přejezdy s provozem NA.



5 ZÁVĚR

Železniční doprava je velmi komplexní dopravní systém kterému je potřeba se věnovat jako celku, jelikož všechny podsystémy se navzájem ovlivňují. To samé platí pro probematiku nehodovosti. V této práci jsem se věnoval té části mimořádných událostí, při nichž dochází k nejvíce zranění a umrtí a jimž jde předejít nějakým technickým řešením.

První, rešeršní, část jsem věnoval pasivní a aktivní bezpečnosti, zejména pak problematice zabezpečovacích zařízení. V dalších částech jsem se pak věnoval statistice a vyhodnocení mimořádných událostí v síti Správy železnic v letech 2018–2021. Statistiku mimořádných událostí jsem rozdělil na dvě základní části, a to srážky dvou kolejových vozidel a nehody na železničních přejezdech. Těmto dvěma částem jsem se pak věnoval podrobněji.

V části srážek dvou kolejových vozidel jsem provedl analýzu nehod a navrhl následující opatření pro předcházení podobným událostem s důrazem na snížení počtu mrtvých a zraněných:

- plošné zavedení systému ETCS L2, na koridorových tratích v úrovni L3,
- na přechodnou dobu (do zavedení systému ETCS) vybavit všechny tratě v režimu D3 alespoň zařízením radioblok,
- urychlit obnovu vozového parku nově konstruovanými vozidly, do té doby vozidla nesplňujících normu ČSN EN 15227 využívat přednostně na regionálních tratích s nižší trat'ovou rychlostí a menší intenzitou provozu.

V této části jsem se také věnoval pasivní bezpečnosti, zejména z pohledu normy ČSN EN 15227. Norma nyní požaduje provést výpočet pro rychlost $36 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$. Z vyšetření v mé práci mi ale vyšlo, že nehody se závažnými následky se staly při až třikrát vyšších rychlostech. Doporučuji proto, aby došlo ke zvýšení rychlosti nárazu předepsané normou. Zvýšení rychlosti je nutné provést po detailním výzkumu, který přesahuje rozsah této práce. Neúměrné zvýšení rychlosti nárazu by mohlo vést k nesplnitelným požadavkům na pevnost hrubých staveb skříní vozidel a zdvihů absorbérů energie.

V oblasti nehod na železničních přejezdech jsem se věnoval zejména analýze počtu mrtvých a zraněných na přejezdech s různým typem zabezpečení. Výsledkem vyhodnocení jsou tato opatření:

- budování mimoúrovňových křížení místo přejezdů s velkým dopravním momentem,
- budování podchodů a nadchodů v obcích,
- instalaci závor se sekvenčním sklápěním na přejezdy s provozem NA.

Aplikací výše zmíněných opatření by se dalo předejít nejen nespočtu umrtí, ale také ušetřit více než miliardu korun ročně na hmotných škodách a celospolečenských ztrátách.



Reference

- [1] KOLÁŘ, Josef, *Teoretické základy konstrukce kolejových vozidel*. 1. vydání. Česká technika - nakladatelství ČVUT, 2009.
- [2] *Předpis SŽDC D1 - Dopravní a návěsní předpis*, SŽDC s.o., 2013.
- [3] MALKOVSKÝ, Zdeněk, *Současný stav pasivní bezpečnosti kolejových vozidel a trendy do budoucna*, Seminář Czech Raildays, Ostrava, 2008
- [4] *Norma ČSN EN 15227:2008 - Požadavky na odolnost skříní železničních vozidel proti nárazu*, Praha: Český normalizační institut, 2008.
- [5] *Norma ČSN EN 12663-1+A1:2015 - Pevnostní požadavky na konstrukce skříní kolejových vozidel*, Praha: Český normalizační institut, 2015.
- [6] KEMKA, Vladislav, *Crashová odolnost skříní kolejových vozidel*, disertační práce, Západočeská univerzita, Plzeň 2013.
- [7] GREGOR, Lumír, *Model protiskluzové ochrany železničních hnacích vozidel*, diplomová práce, České vysoké učení technické, Praha 2018.
- [8] *Základní principy zabezpečení železniční dopravy*, odborný časopis SILNICE ŽELEZNICE, 15. 10. 2020.
- [9] *Norma TNŽ 34 2620 - Železniční zabezpečovací zařízení: Staniční a trat'ové zabezpečovací zařízení*, Praha: České dráhy s.o., 2002.
- [10] *Elektronické stavědlo typ ESA 11*, AŽD Praha [online]. [cit. 16. 2. 2022] dostupné z: https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwjE6NOZjMj0AhV9RvEDH_XvGASQQFnoECAUQAQ&url=https
- [11] *Předpis SŽDC D3 - Předpis pro zjednodušené řízení drážní dopravy*, SŽDC s.o., 2017.
- [12] *Koncept Správy železnic na zabezpečení tratí se zjednodušeným řízením dopravy*, tisková zpráva MDČR [online]. [cit. 9. 5. 2022] dostupné z: <https://www.mdcr.cz/Media/Media-a-tiskove-zpravy/Koncept-Spravy-zeleznic-na-zabezpeceni-trati-se-zj>
- [13] *RADIOBLOK zabezpečí regionální jednokolejné tratě, kde hrozí značné bezpečnostní riziko*, tisková zpráva AŽD Praha [online]. [cit. 12. 5. 2022] dostupné z: https://www.azd.cz/cs/historie-aktualit/radioblok-zabezpeci-regionalni_jednokolejne-trate-kde_hrozi-znacne-bezpecnostni-riziko



- [14] *Radioblok by pomohl od nehod vlaků, ale nesplňuje normy*, Prachatický deník [online]. [cit. 9.5.2022] dostupné z: <https://prachaticky.denik.cz/zpravy_region/radioblok-by-pomohl_od-nehod-vlaku-ale-nesplnuje-normy-20200715.html>
- [15] *Vláda schválila plán zavádění evropského zabezpečovače*, tisková zpráva MDČR [online]. [cit. 15.1.2022] dostupné z: <<https://www.mdcr.cz/Media/Media-a-tiskove-zpravy/Vlada-schvalila-plan-zavadeni-moderniho-evropskeho>>
- [16] *Vlakový zabezpečovač*, Wikipedia [online]. [cit. 15.1.2022] dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Vlakov%C3%BD_zabezpe%C4%8Dova%C4%8D>
- [17] *Vlakový zabezpečovač LS 06*, AŽD Praha [online]. [cit. 15.1.2022] dostupné z: <<https://www.azd.cz/cs/produkty/ls06-vlakovy-zabezpecovac>>
- [18] *Co je to ETCS*, Správa železnic [online]. [cit. 2.2.2022] dostupné z: <<https://www.spravazeleznic.cz/stavby-zakazky/modernizace/etcs/co-je-etcs>>
- [19] *ERTSM/ETCS*, AŽD Praha [online]. [cit. 2.2.2022] dostupné z: <<https://www.azd.cz/cs/o-spolecnosti/ertmsetcs>>
- [20] *ERTSM LEVELS* [online]. [cit. 2.2.2022] dostupné z: <<https://www.ertms.net/wp-content/uploads/2021/06/3-ERTMS-Levels.pdf>>
- [21] SCHRÖTTER, Josef *Železniční přejezdy - krizová místa v dopravě*, Vědeckotechnický sborník ČD č. 41/2016
- [22] *Norma ČSN 73 6380 - Železniční přejezdy a přechody*, Praha: Český normalizační institut, 2013.
- [23] *Přejezdy v číslech* [online]. [cit. 2.2.2022] dostupné z: <<https://www.spravazeleznic.cz/o-nas/bezpecna-zeleznice/bezpecnost-na-prejezdech/prejezdy-v-cislech>>
- [24] *Železniční přejezd* [online]. [cit. 28.1.2022] dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/%C5%BDelezni%C4%8Dn%C3%AD_p%C5%99ejezd>
- [25] KOHOUT, Tomáš *Analýza bezpečnosti na železničních přejezdech v Klatovech a okolí*, bakalářská práce, České vysoké učení technické, Praha 2018.
- [26] KLEGA, Marcel *Problematika kontroly volnosti prostoru přejezdu, zkušenosti a výhled do budoucna*, Seminář ZČU, Plzeň, 2018



- [27] KLEGA, Marcel *Aktuální trendy v oblasti PZS*, Konference sdělovací a zabezpečovací techniky, Olomouc, 2021
- [28] ŠOLTÉS, Marek *Nehody na železnicích a železničních přejezdech a jejich prevence*, diplomová práce, Univerzita Tomáše Bati, Zlín 2020.
- [29] KRČMA, Michal *Specifika bezpečnosti železniční přepravy*, bakalářská práce, Univerzita Tomáše Bati, Zlín 2012.
- [30] SKLÁDANÝ, Pavel *Rizikové chování na železničních přejezdech*, konference BRNOSAFETY 2014, Centrum dopravního výzkumu, 2014
- [31] *Celkové ztráty z dopravní nehodovosti* tisková zpráva CDV [online]. [cit. 2.5.2022] dostupné z: <https://www.cdv.cz/tisk/celkove-ztraty_z-dopravni-nehodovosti-na-pozemnich-komunikacich-v-roce-2019_opet-prekrocily-80-mld-kc/>
- [32] *Výsledky celostátního sčítání dopravy 2020* tisová zpráva MDČR [online]. [cit. 16.4.2022] dostupné z: <https://www.mdcz.cz/Media/Media-a-tiskove-zpravy/Vysledky-celostatniho-scitani_dopravy-2020>
- [33] *Zpráva z vyšetřování MU Brno hl. n.*, DI [online]. [cit. 16.4.2022] dostupné z: <http://www.dicr.cz/uploads/Zpravy/MU/DI_Brno_hl_n_190305.pdf>
- [34] *Zpráva z vyšetřování MU Pernink*, DI [online]. [cit. 16.4.2022] dostupné z: <http://www.dicr.cz/uploads/Zpravy/MU/DI_Pernink_Nove_Hamry_200707.pdf>
- [35] *Zpráva z vyšetřování MU Český Brod*, DI [online]. [cit. 16.4.2022] dostupné z: <http://www.dicr.cz/uploads/Zpravy/MU/DI_Cesky_Brod_210714.pdf>
- [36] *Zpráva z vyšetřování MU Kdyně*, DI [online]. [cit. 17.4.2022] dostupné z: <http://www.dicr.cz/uploads/Zpravy/MU/DI_Kdyne_200909.pdf>
- [37] *Zpráva z vyšetřování MU výhybna Radošovice*, DI [online]. [cit. 17.4.2022] dostupné z: <http://www.dicr.cz/uploads/Zpravy/MU/DI_Radonice_210804.pdf>
- [38] *Atlas vozů* [online]. [cit. 20.4.2022] dostupné z: <<https://www.atlasvozu.cz/vuz/cd/249-844/95545844006.html>>



Zdroje obrázků

- [39] dostupné z: <<https://www.hzscr.cz/>>
- [40] dostupné z: <<https://www.vukv.cz/image.php?nid=12504&oid=3421219&width=221&height=145>>
- [41] dostupné z: <<https://www.dw.com/en/india-deaths-reported-as-train-derails-in-west-bengal/a-60420873>>
- [42] dostupné z: <<http://crashbuffer.com/p15e.htm>>
- [43] dostupné z: <https://www.iricen.gov.in/ModelRoom/H1_Wheel%20Burnt%20Rails.html>
- [44] dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Centrální_dispečerské_pracoviště_Praha#/media/Soubor:CDP_Praha_cvicny_sal.jpg>
- [45] dostupné z: <[https://cs.wikipedia.org/wiki/H1%C3%A1ska_\(dopravna\)#/media/Soubor:Hlaska_Strojirna.jpg](https://cs.wikipedia.org/wiki/H1%C3%A1ska_(dopravna)#/media/Soubor:Hlaska_Strojirna.jpg)>
- [46] dostupné z: <<http://nadrzymartinice.cz/foto/SZZ.jpg>>
- [47] dostupné z: <<https://provoz.spravazeleznice.cz/portal/Show.aspx?path=/Data/Mapy/TZZ.pdf>>
- [48] dostupné z: <<https://www.k-report.net/ukazobrazek.php?soubor=1285675.jpg&stranka=1>>
- [49] dostupné z: <[https://cs.wikipedia.org/wiki/H1%C3%A1ska_\(dopravna\)#/media/Soubor:H1%C3%A1ska_Ble%C5%A1no_-_telefon_hl%C3%A1skov%C3%BD+_tra%C5%A5ov%C3%BD.jpg](https://cs.wikipedia.org/wiki/H1%C3%A1ska_(dopravna)#/media/Soubor:H1%C3%A1ska_Ble%C5%A1no_-_telefon_hl%C3%A1skov%C3%BD+_tra%C5%A5ov%C3%BD.jpg)>
- [50] dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Dopravna_D3>
- [51] dostupné z: <<https://www.azd.cz/admin/upload/images-cache/588/400.jpg?v=be2d69f22a4d41a9>>
- [52] dostupné z: <<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=2995240>>
- [53] dostupné z: <<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=2681975>>
- [54] dostupné z: <<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=519699>>



- [55] dostupné z: <<https://ekonomickydenik.cz/wp-content/uploads/2021/04/mapa-pokryti-etcs-1536x917.png>>
- [56] dostupné z: <<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=32782463>>
- [57] dostupné z: <www.mechaniky.cz>
- [58] dostupné z: <www.spravazeleznic.cz>



Seznam obrázků

1	Vážná dopravní nehoda ze dne 14. 7. 2020, zdroj: [39]	8
2	Příklad šplhání železničních vozů po nehodě, zdroj: [41]	10
3	Statická zkouška hrubé stavby skříně, zdroj: [40]	11
4	Deformační prvek, zdroj: [42]	11
5	Následek dlouhotrvajícího skluzu, zdroj: [43]	12
6	Pracoviště obsluhy zabezpečovacího zařízení, zdroj: [44]	13
7	Oddílové návěstidlo hlásky, zdroj: [45]	14
8	Návěstidla elektromechanického SZZ, zdroj: [46]	15
9	Mapa traťových zabezpečovacích zařízení v síti SŽ, zdroj: [47]	16
10	Návěstidla autobloku, zdroj: [48]	17
11	Traťový telefon na hlásce, zdroj: [49]	17
12	Návěst označující hranici dopravní D3, zdroj: [50]	18
13	Radioblokový terminál ve vozidle, zdroj: [51]	19
14	Snímač vlakového zabezpečovače LS2, zdroj: [52]	20
15	Kontakt bodového zabezpečovače na vozidle, zdroj: [53]	21
16	Kontakt traťové části bodového zabezpečovače, zdroj: [54]	21
17	Plán zavádění ETCS na hlavních tratích, zdroj: [55]	22
18	Eurobalíza - traťová část ETCS, zdroj: [56]	23
19	Přejezd zabezpečený výstražnými kříži, zdroj: [24]	24
20	PZS ve výstraže, zdroj: [24]	25
21	ŽP vybavený sekvenčním sklápěním závor, zdroj: [58]	26
22	Mechanické závory, zdroj: [57]	26
23	Laserový skener SICK instalovaný na přejezdu, zdroj: [26]	27
24	Následky srážky, zdroj: [33]	38
25	Následky srážky, zdroj: [34]	39
26	Následky srážky, zdroj: [35]	40
27	Následky srážky, zdroj: [36]	41
28	Pohled na znečištěnou staniční kolej 2, zdroj: [36]	42
29	Následky srážky, zdroj: [37]	43

Seznam tabulek

1	Celospolečenské ztráty [31]	29
2	Celkový počet mimořádných událostí	30
3	Počty zranění na železnici podle typu MU	34
4	Počty umrtí na železnici podle typu MU	34



5	Rozdělení nehod podle dráhy a druhu dopravy	35
6	Rozdělení nehod podle zabezpečení	37
7	Počet nehod na 1 000 přejezdů	47
8	Následky na zdraví u jednotlivých kolizních vozidel	48
9	Následky na zdraví podle příčiny MU	48