



B&B
VIŠJA STROKOVNA ŠOLA

Diplomsko delo višješolskega strokovnega študija
Program: Logistično Inženirstvo
Modul: Železniški promet

SISTEMI ZA ZAGOTAVLJANJE AKTIVNE VARNOSTI V ŽELEZNIŠKEM PROMETU

Mentor: mag. Ramšak Tomaž
Lektorica: Jasmina Spahalić, mag. slovenistike

Kandidat: Nejc Pucihar

Ljubljana, junij 2025

ZAHVALA

Zahvaljujem se mentorju mag. Ramšak Tomažu tako za akademski in strokovni kot tudi človeški pristop pri pripravi diplomske naloge.

Hvaležen sem inštruktorju strojevodji g. Lipovšek Emilu s podjetja Slovenske železnice Vleka in tehnika, d. o. o., za pomoč pri izvedbi anketiranja sodelavcev ter zavzetost pri predaji znanja ob opravljanju licence za varnostno napravo ETCS.

IZJAVA

Študent Nejc Pucihar izjavljam, da sem avtor tega diplomskega dela, ki sem ga napisal/a pod mentorstvom mag. Tomaža Ramšaka.

Skladno s 1. odstavkom 21. člena Zakona o avtorski in sorodnih pravicah dovoljujem objavo tega diplomskega dela na spletni strani šole.

Dne: _____

Podpis: _____

POVZETEK

Diplomska naloga obravnava razvoj, delovanje in pomen varnostnih sistemov v železniškem prometu. Predstavljena je zgodovinska pot sistemov, kot so PZB in LZB, njune tehnične značilnosti ter uporaba v praksi. Zlasti v kontekstu slovenskega železniškega omrežja. Poseben poudarek je namenjen evropskemu sistemu nadzora vlakov ETCS, njegovim nivojem, razlogom za uvedbo ter specifikam njegove implementacije v Sloveniji.

Naloga vključuje tudi empirični del, ki temelji na anketi med slovenskimi strojevodji. Rezultati ankete so pokazali pomisleke glede doslednosti in učinkovitosti uvajanja sistema ETCS ter izraženo nezadovoljstvo uporabnikov s trenutnim načinom upravljanja železniške infrastrukture. Poudarjena je tudi potreba po usklajevanju digitalnih rešitev z organizacijskimi postopki in večjo strokovno odzivnostjo upravljalca infrastrukture.

Na podlagi analize avtor ugotavlja, da sama uvedba sodobnega varnostnega sistema brez sočasne posodobitve načina dela upravljalca infrastrukture ne zagotavlja želenih učinkov. Poudarjena je potreba po sistemski prenovi, večjem sodelovanju med lastnikom infrastrukture in njenim upravljalcem ter sprejetju evropsko primerljivih standardov v železniškem prometu.

KLJUČNE BESEDE

- varnostna naprava
- točkovni sistem nadzora
- kontinuirani sistem nadzora
- interoperabilnost

ABSTRACT

This thesis explores the development and role of railway safety systems, focusing on their historical evolution, technical principles, and impact on safe and efficient train operations. It provides a detailed overview of systems such as PZB and LZB, emphasizing their variants and practical application in Slovenia. Additionally, the European Train Control System (ETCS) is thoroughly examined, including its purpose, system levels, and rationale for implementation across the European railway network.

The empirical part of the thesis includes a survey conducted among Slovenian train drivers who regularly operate under the ETCS system. The survey results reveal significant dissatisfaction with the current management of railway infrastructure in Slovenia, particularly regarding the inconsistent and technically unconvincing application of the ETCS system. Respondents highlighted issues such as system deactivations during construction works, outdated operating practices, and lack of digital integration.

The findings suggest that the introduction of modern safety technologies alone is insufficient without a parallel modernization of infrastructure management practices. The thesis concludes that a more professional, consistent, and technically competent approach, aligned with the standards of advanced European rail systems, is necessary to ensure that the full potential of safety systems like ETCS is realized in Slovenia.

KEYWORDS

- railway safety device
- intermittent train protection system
- continuous train protection system
- interoperability

KAZALO

1	UVOD	1
1.1	Predstavitev problema	1
1.2	Cilji naloge	2
1.3	Metodologija raziskave	2
1.3.1	Deskriptivna metoda	2
1.3.2	Metoda anketiranja	2
1.3.3	Primerjalna metoda	2
1.3.4	Metoda zbiranja in sinteze virov	2
2	PZB	3
2.1	Delovanje	3
2.2	Stari tip I 60	4
2.2.1	Režimi	5
2.2.2	Vpliv 1000 Hz	5
2.2.3	Vpliv 500 Hz	6
2.2.4	Vpliv 2000 Hz	7
2.2.5	Preizkus delovanja	7
2.3	Pzb 90	8
2.3.1	Vpis podatkov	9
2.3.2	Režimi delovanja	11
2.3.3	Največja dovoljena hitrost	11
2.3.4	Vpliv 1000 Hz	11
2.3.5	Vpliv 500 Hz	13
2.3.6	Vpliv 2000 Hz	13
2.3.7	Restrektiva	14
2.3.8	Prekrivanje vplivov	15
2.3.9	Preizkus	15
2.4	Vgrajevanje progovnih delov PZB naprave	15
2.4.1	Aktivni 1000 Hz magneti	16
2.4.2	Aktivni 2000 Hz magneti	17
2.4.3	Aktivni magneti 500 Hz	17
2.5	Postopki ob okvarah PZB	17
2.6	Točkovni nadzor hitrosti GPA/GÜ/GPE	18
2.6.1	Zavarovanje mesta znižanja progovne hitrosti	18
2.6.2	Težava nadzora znižanja hitrosti z magnetom 1000 Hz	18
2.6.3	Sistem GPA	19
3	LZB	21
3.1	Komponente	22
3.2	Delovanje	23
4	ETCS	26
4.1	Delovanje etcs	27
4.2	Nivoji ETCS	28
4.2.1	Nivo 0 in Nivo STM/NTC	28

4.2.2	Nivo 1	28
4.2.2	Nivo 2	30
4.2.3	Nivo 3	31
4.3	Načini delovanja	33
4.3.1	Full Supervision (FS)	33
4.3.2	On Sight (OS)	33
4.3.3	Staff Responsible (SR)	33
4.3.4	Unfitted (UN).....	34
4.3.5.	Shunting (SH)	34
4.3.6	Trip (TR) in Post trip (PT).....	34
5	SMISELNOST UPORABE SISTEMA ETCS NA JŽI	35
5.1	Anketna raziskava o uporabi in percepciji sistema ETCS med strojevodji Slovenskih železnic.....	36
5.1.1	Delovne izkušnje na delovnem mestu strojevodja	36
5.1.2	Ocena zasnove sistema ETCS s strani anketiranih strojevodij	37
5.1.3	Razumevanja višjih nivojev ETCS.....	37
5.1.4	Vprašanja neposredno povezana z uporabo ETCS na JŽI.....	38
5.1.5	Se vam zdi, da je JŽI pripravljen na uvedbo sistema ETCS?	38
5.1.6	Omejitev odgovornosti strojevodje kadar vlak vozi v ETCS načinu FS	38
5.1.7	Ali bi moral upravljalec JŽI zagotoviti vnos počasnih voženj v sistem ETCS?	38
5.1.8	Izklop sistema ETCS za čas nadgradenj JŽI	39
5.1.9	Poznavanje in razumevanje pisnih nalogov ETCS	39
5.1.10	Napake prisotne od začetka vožnje z ETCS	40
5.1.11	Ostale stalne napake na območju kjer je ETCS predan v uporabo.....	41
5.1.12	Vgradnja ETCS na ostala vozila.....	42
5.1.13	Predlogi za izboljšave sistema	42
5.1.14	Dodatno varovanje počasnih voženj tudi z magnetom PZB 1000 Hz	43
5.2	Povzetek rezultatov ankete	44
6	ZAKLJUČEK	45
6.1	Predlogi za izboljšave.....	45
6.1.1	Strateška modernizacija signalnovarnostnih sistemov	45
6.1.2	Zagotavljanje neprekinjenega delovanja sistema ETCS med gradbenimi deli	45
6.1.3	Vzpostavitev standardiziranih postopkov za odpravljanje motenj	46
6.1.4	Večja vloga uporabnikov pri načrtovanju sprememb	46
6.1.5	Redna strokovna izobraževanja in preverjanje znanja	46
6.1.6	Krepitev sodelovanja med državo in upravljalcem infrastrukture	46
6.1.7	Prilagoditev vloge Agencije za varnost železniškega prometa	46
7.	LITERATURA IN VIRI.....	47
	PRILOGA.....	49

KAZALO SLIK

Slika 1: PZB magnet na infrastrukturi	3
Slika 2: PZB I60 na seriji 363, v teku časovna kontrola hitrosti	6
Slika 3: Registrirni trak	7
Slika 4: Začetni meni vnosa podatkov 541/1216.....	9
Slika 5: Pomoč pri izbiri BRA.....	10
Slika 6: Vnos podatkov s prikazom pomoči izbire BRH.....	10
Slika 7: Aktiven vpliv 1000 Hz na 541/1216	12
Slika 8: Zavorna krivulja režima 85.....	13
Slika 9: Aktiven startni program 541/1216	14
Slika 10: Primer GPA	19
Slika 11: Nadzor hitrosti z 1000 Hz magnetom	20
Slika 12: Nadzor hitrosti z 2000 Hz magnetom	20
Slika 13: Progovni del LZB	22
Slika 14: LZB sprejemnik nameščen na vozilu.....	22
Slika 15: Signalizacija LZB na ICE 2	24
Slika 16: Prikaz LZB na vlaku ICE 4, s slike je razvidno, da je trenutna dovoljena hitrost 200 km/h in da bo takšna ostala še najmanj 9.800 m.....	25
Slika 17: DMI ETCS	27
Slika 18: Shematični prikaz ETCS Nivo 1	29
Slika 19 ETCS, Stop marker.....	31
Slika 20: Shematični prikaz razlike med Nivojem 2 in nivojem 3.....	32
Slika 21: Prikaz izkušenj na delovnem mestu strojevodja v letih.....	36
Slika 22: Prikaz mnenja anketiranih strojevodij v zvezi z zasnovo ETCS.....	37
Slika 23: Prikaz mnenja o motnjah prisotnih že od začetka uporabe ETCS	40
Slika 24: Vgradnja ETCS na ostala vozila	42

KAZALO TABEL

Tabela 1: Izbira režima PZB	5
Tabela 2: maksimalna hitrost ter čas pri časovni kontroli hitrosti PZB I60.....	6

POJMOVNIK

ETCS (European Train Control System):

Enoten evropski sistem nadzora vlakov, ki omogoča interoperabilnost med državami in zamenjuje različne nacionalne varnostne sisteme.

PZB (Punktförmige Zugbeeinflussung):

Točkovni sistem nadzora hitrosti vlakov, ki deluje s pomočjo vnaprej nameščenih balis in nadzira vožnjo na podlagi signalov in hitrosti.

LZB (Linienzugbeeinflussung):

Kontinuirani sistem nadzora, ki omogoča neprekinjeno komunikacijo med vlakom in infrastrukturo ter je zasnovan za proge z večjimi potovalnimi hitrostmi.

Varnostna naprava:

Tehnični sistem, ki zagotavlja varen potek železniškega prometa in preprečuje kritične situacije, kot je prevoz rdečega signala.

Interoperabilnost:

Pomeni sposobnost železniških sistemov različnih držav, da med seboj tehnično in operativno delujejo brez dodatnih prilagoditev ali ovir.

Strojevodja:

Je usposobljena oseba, ki upravlja železniško vozilo in je neposredno odgovorna za varno vožnjo ter pravilno uporabo varnostnih sistemov.

Pisni nalog:

Obrazec ali dokument, ki ga dispečer izda strojevodji, kadar signalnovarnostne naprave niso delujoče ali kadar je potreben poseben ukrep pri vožnji.

Balisa:

Naprava, nameščena med tiri, ki pri prehodu vlaka komunicira z varnostnim sistemom in pošilja podatke o signalizaciji, omejitvah ali drugih navodilih.

Zavorna pot:

Je razdalja, ki jo potrebuje vlak, da se ob aktivaciji zavore popolnoma ustavi, kar je ključni dejavnik pri načrtovanju signalizacije in varnosti.

KRATICE IN AKRONIMI

PZB: Točkovna varnostna naprava v železniškem prometu

LZB: Linijska varnostna naprava v železniškem prometu

ETCS: Evropska varnostna naprava v železniškem prometu

GZV: Glavni zavorni vod

GSM-R: Standardizirani sistem za digitalno komunikacijo namenjen železnici

1 UVOD

Železniški transport velja za enega najbolj varnih načinov prevoza in je v primerjavi z drugimi oblikami kopenskega transporta na samem vrhu glede prometne varnosti. Z večanjem obsega uporabe železniškega sistema in rasti prometnih tokov je bilo nujno uvesti signalizacijo, ki omogoča nadzorovan, varen in tekoč potek prometa. Signalnovarnostne naprave so bile zasnovane tako, da se vpliv človeka čim bolj zmanjša – kar je bila ena od prednosti že pri prvih mehanskih rešitvah.

Kljub tovrstnim prizadevanjem so se v zgodovini dogajali primeri, ko je vlak prevozil signal, ki je kazal signalni znak za prepovedano vožnjo. To je spodbudilo razvoj sistemov za samodejno zaustavitev vlaka. V Veliki Britaniji so na primer razvili mehanski sistem, ki je ob prevozu rdečega signala razbil steklen del na cevi glavnega zavornega voda in s tem sprožil zaviranje. Slabost takšne rešitve je bila njena neobnovljivost – brez zamenjave poškodovanega dela vlak ni mogel nadaljevati vožnje.

V sodobnem železniškem prometu se uporabljajo naprednejši sistemi, kot sta PZB in njegova nadgradnja LZB, ter najnovejši evropski sistem ETCS (European Train Control System), ki si prizadeva za poenotenje signalnovarnostnih rešitev v državah Evropske unije.

1.1 Predstavitev problema

Z razvojem sodobne družbe narašča potreba po hitrih, učinkovitih in zanesljivih oblikah prevoza. Za srednje dolge razdalje se je v Evropi kot ena najbolj optimalnih možnosti izkazala železnica, saj potnikom omogoča potovanje brez dodatnih postopkov, kot so prijava prtljage, varnostni pregledi ali dolgotrajni carinski postopki – v nasprotju z letalskim prometom.

S hitrejšimi vlaki pa se pojavljajo tudi višje zahteve glede varnostnih sistemov. Točkovni nadzor hitrosti, kot ga omogoča PZB, ima svojo omejitev, medtem ko je kontinuirani nadzor (LZB) tehnološko starejša rešitev, ki ne sledi več v celoti potrebam interoperabilnega prometa. Ena od prioritet Evropske unije je vzpostavitev enotnega železniškega omrežja, v katerem bi vlaki prehajali državne meje brez tehničnih, administrativnih ali kadrovskih ovir.

Kljub implementaciji sistema ETCS v številnih državah, tudi v Sloveniji, ostaja praksa precej oddaljena od idealov interoperabilnosti. Strojevodje se še vedno srečujejo z različnimi nacionalnimi predpisi in potrebami po obsežnem usposabljanju za posamezno državo. Cilj ETCS je prav v tem, da poenoti predpise in standarde do te mere, da bi za upravljanje vlakov zadostovalo enotno evropsko usposabljanje.

1.2 Cilji naloge

Namen diplomske naloge je pregled in analiza obstoječih sistemov za zagotavljanje aktivne varnosti v železniškem prometu, s poudarkom na tehničnih značilnostih sistemov PZB, LZB in ETCS. Posebej je izpostavljen sistem ETCS kot sodobna evropska rešitev, namenjena poenotenju signalnovarnostnih naprav.

Naloga na razumljiv način predstavi osnovne principe teh sistemov in je lahko v pomoč tudi kandidatom za strojevodje, saj približa ključne tehnične koncepte.

V empiričnem delu primerjamo uporabo teh sistemov v Sloveniji z njihovim delovanjem v tujini, zlasti v okoljih z višjimi hitrostmi in naprednejšo implementacijo ETCS.

Cilj naloge je preveriti, ali je uvedba sistema ETCS v Sloveniji skladna z njegovimi varnostnimi in interoperabilnimi cilji ter na podlagi ugotovitev predlagati izboljšave po zgledu boljših evropskih praks.

1.3 Metodologija raziskave

1.3.1 Deskriptivna metoda

Uporabljena za opis delovanja varnostnih sistemov v železniškem prometu, njihovega razvoja in tehničnih značilnosti. S to metodo je omogočena razumljiva predstavitev temeljnih pojmov in principov delovanja.

1.3.2 Metoda anketiranja

Z anketnim vprašalnikom so bili zbrani podatki o izkušnjah in mnenjih končnih uporabnikov varnostnih sistemov (npr. strojevodij), kar je omogočilo analizo stanja na terenu.

1.3.3 Primerjalna metoda

Služila je za primerjavo različnih sistemov (PZB, LZB, ETCS) in njihove implementacije v Sloveniji ter tujini. Tako je bilo mogoče izpostaviti prednosti in slabosti posameznih pristopov.

1.3.4 Metoda zbiranja in sinteze virov

Vključuje analizo strokovne literature, tehničnih dokumentov, zakonodaje in tujih praks, z namenom oblikovanja celostnega pogleda na obravnavano tematiko.

2 PZB

Je točkovna varnostna naprava, ki se uporablja predvsem v srednji Evropi. Deluje s pomočjo indukcije. Sistem je bil razvit v tridesetih letih prejšnjega stoletja v Nemčiji, od tod tudi ime, saj kratica PZB pomeni točkovna varnostna naprava (nem. Punktförmige Zugbeeinflussung). Pri nas pa ima naprava kratico ASN (avtostop naprava). Varnostna naprava je poimenovana »točkovna«, prav zaradi svojih možnosti točkovnega vpliva na vozilo, saj deluje na principu dveh magnetov. Kot večina varnostnih naprav v grobem njene dele delimo na progovni del in del na vozilu. Sistem uporabljajo države nekdanje skupne republike ter Nemčija in Avstrija.

Razlog za prevzem sistema v samo Jugoslavijo pa najbrž tiči v tem, da smo s severa prevzeli tudi večino ostalih varnostnih naprav, tudi logika za signali (čeprav se sprva opazovalcu zdijo povsem različni) je enaka.

2.1 Delovanje

Progovni del varnostne naprave je magnet z bodisi spremenljivo ali vedno enako frekvenco. Ta je postavljen ob določenem signalu oziroma signalni oznaki, z ozirom na veljavno zakonodajo države. Ko magnet, ki je nameščen na vozilu, prevozi progovni del naprave, ta prebere frekvenco zapisano na progovnem magnetu ter ustrezno reagira.



Slika 1: PZB magnet na infrastrukturi
(Vir: Wikimedia, 2025)

Reakcija je odvisna od same frekvence, in sicer lahko tu v grobem govorimo, o:

- podani zahtevi za takojšno zaustavitev vozila (2000 Hz);
- preverjanjem hitrosti vozila in v primeru prekoračitve podani zahtevi za ustavitev (500 Hz) (praviloma vgrajen 250 m pred mestom, ki ga ščiti);
- preverbi odziva strojevodje in kasnejšim preverjanjem parametrov (čas, pot, hitrost) (1000 Hz).

V Slovenji sta v uporabi dva različna sistema, ki sta si v delovanju dokaj podobna, le da en nudi zgolj časovni nadzor, drugi pa kontinuiran nadzor. Ta je vgrajen na novejših vozilih, in sicer v več verzijah, ki imajo med seboj določene razlike, ki pa za strojevodjo ne pomenijo razlike pri uporabi naprave, večinoma gre za manjše programske posodobitve z namenom kompatibilnosti z ostalimi sistemi.

Sistem se praviloma uporablja za hitrosti do 160 km/h, saj se smatra, da je nad to hitrostjo potrebna posebna kabinska signalizacija, saj strojevodja ne more več normalno opazovati signalov in signalnih oznak ob progi ter se v primernem času odzvati, prav tako pa pri hitrosti, večji od 160 km/h, ni nujno zagotovljena zavorna razdalja¹ v skladu s prometnim pravilnikom, to je praviloma 1000 m, ali na regionalnih progah 700 m.

2.2 Stari tip I 60

Ta tip je vgrajen na starejših vozilih, gre zgolj za časovni nadzor hitrosti in je za uporabo nekoliko lažji, vendar nudi manjšo varnost. Sistema se zaradi zastarelega nadzora, na primer v Nemčiji, sploh ne sme več uporabljati, tam mora biti na vozilo nameščen novejši sistem, ki zagotavlja večjo stopnjo varnosti ter lažji kasnejši nadzor. V Avstriji pa se podoben sistem sme uporabljati zgolj na starejših vozilih, nova vozila, ki na novo zaprosijo za obratovalno dovoljenje, pa morajo, če bi vozila po omrežju ÖBB, imeti novejši tip PZB.

Pri nas je še vedno v uporabi starejši tip, tu pa ne smemo zanemariti dejstva, da je v Nemčiji največja dovoljena progovna hitrost na progah za navadne vlake pogosto krepko nad 120 km/h, pri nas pa se ta hitrost v večini primerov giblje med 75 in 100 km/h, z redkimi izjemami, kot so maksimalno 120 km/h za vozila, na katera je nameščen sistem PZB I 60.

Sistem je pri nas nameščen na vozila serij:

- 311/315 (Gomulka),
- 342 (Moped),
- 363 (Brižita),
- 642/643 (Đura),
- 644 (Španka),
- 664 (Regan),
- 713/715 (Kanarček),
- 813 (Fiat).

¹ Zavorna razdalja je fiktivna razdalja, na kateri se vgrajujejo varnostne naprave. Zavorna pot nekega vozila ali vlaka pri sprožitvi hitrega zaviranja, ne sme preseči zavorne razdalje.

2. 2. 1 Režimi

Naprava omogoča izbiro režima delovanja, ta se določa na podlagi dejanskega zavornega odstotka vlaka², in sicer z namenom doseganja enake stopnje varnosti, ne glede na vrsto vlaka. Od režima je odvisna najvišja dovoljena hitrost pri različnih vplivih progovnih magnetov, ter zahtevani odzivni čas. Manjši kot je dejanski zavorni odstotek vlaka, bolj restriktivne so te hitrosti, saj se zahteva, da vlak na neko nevarno mesto oziroma pri približevanju signalu, ki prepoveduje vožnjo, tem bolj zmanjša hitrost, saj bi v primeru prevoza takšnega signala potreboval pri enaki hitrosti bistveno daljšo pot do zaustavitve, kot na primer vlak z višjim zavornim odstotkom.

Režim	Dejanski zavorni odstotek
1	$\geq 111\%$
2	$>66\%$ in $<111\%$
3	$\leq 65\%$

Tabela 1: Izbira režima PZB
(Vir: SŽ-Vit, 2014)

Sama izbira režima se opravi na relejni omarici PZB I 60, in sicer s prestavitvijo določene tri položajne ročice. Izbrani režim se signalizira na upravljalnem pultu, s pomočjo dveh modrih lučk. In sicer:

- v režimu 1 gorita obe modri lučki,
- v režimu 2 gori zgolj leva modra lučka,
- v režimu 3 pa zgolj desna modra lučka.

2. 2. 2 Vpliv 1000 Hz

Pri prevozu magneta z aktivno frekvenco 1000 Hz mora strojevodja v času štirih sekund uporabiti tipko budnosti, kje se tovrstna tipka nahaja, pa je odvisno od vlečnega vozila oziroma garniture ter od same razdelitve elementov v upravljalni kabini.

Ko naprava zazna potrditev strojevodje, se na kabinskem delu PZB naprave prižge rumena luč in začne odštevanje časa, po preteku tega časa lučka ugasne, naprava pa preveri hitrost vozila, če je ta večja od dovoljene, pošlje zahtevo po izpraznitvi glavnega zavornega voda in posledično ustavitve vlaka. Aktiviranje in vzrok aktivacije se zabeleži na registrirnem traku oziroma na določenem pomnilniku.

² Dejanski zavorni odstotek vlaka je količnik med maso vseh zavor v vlaku in maso vlaka, izražen v odstotkih.

Vožnjo je mogoče nadaljevati šele po razrešitvi aktiviranja hitre zavore, po zaustavitvi vlaka. V tem primeru govorimo o časovni kontroli hitrosti.

Režim vožnje	Čas kontrole	Mejna hitrost
1	20 s	90 km/h
2	26 s	65 km/h
3	34 s	50 km/h

Tabela 2: maksimalna hitrost ter čas pri časovni kontroli hitrosti PZB 160
(Vir: SŽ-Vit, 2014)



Slika 2: PZB 160 na seriji 363, v teku časovna kontrola hitrosti
(Lastni vir)

2. 2. 3 Vpliv 500 Hz

Pri prevozu magneta z aktivno frekvenco 500 Hz se preveri samo trenutna hitrost, ki mora biti pod mejno vrednostjo. Če ta pogoj ni izpolnjen, pride do aktiviranja hitre zavore. V primeru vožnje mimo magneta 500 Hz in ustrezno zmanjšani hitrosti, ni potreben nikakršen odziv strojevodje.

Magneti, ki imajo lahko aktivno frekvenco 500 Hz, se vgrajujejo načeloma pred glavne signale na razdalji 150–250 m pred signalom. V primeru Slovenije so načeloma vgrajeni pred uvoznimi signali, z nekaj izjemami, nekatere postaje jih imajo namreč tudi pred izvoznimi in kritnimi signali.

Lahko pa se vgradi tudi na kakšno drugo mesto, kjer bi bila občasna potreba po zaustavitvi vlaka. Tak primer je bil na odseku Celje – Šentjur, kjer je bil vgrajen magnet 500 Hz na zavorni razdalji pred nekdanjim nivojskim preходом pri postajališču v Štorah. Ta prehod je bil namreč varovan s čuvajem nivojskega prehoda, ki je zapornice s pomočjo pletenice spuščal in dvigal ročno. Če bi ostal promet na nivojskem prehodu nezavarovan (prehod ne bi bil zaprt) bi bil magnet 500 Hz aktiven in bi privedel do zaustavitve vlaka pred nezavarovanim preходом.

2. 2. 4 Vpliv 2000 Hz

Magnet z aktivno 2000 Hz frekvenco je vgrajen ob glavnih signalih, aktiven pa je kadar ti kažejo signalni znak Stoj oziroma Previdna vožnja.

Pri prevozu takšnega magneta naprava nemudoma izvede hitro zaviranje. V primeru potrebe po vožnji vlaka/lokomotive/garniture mimo signalnega znaka stoj, ko je ta v okvari in ima strojevodja nalog oziroma dovoljenje prometnika, ki s signalom upravlja, mora strojevodja uporabiti tipko »Po nalogu«, takrat naprava ne sproži hitrega zaviranja, uporaba te tipke pa se zabeleži na registrirni trak oziroma pomnilnik, ki beleži podatke o vožnji.



Slika 3: Registrirni trak
(Lastni vir)

2. 2. 5 Preizkus delovanja

Preizkus delovanja opravi strojevodja tako, da s kosom kovine pri stoječem vozilu podrgne po magnetu vozila, to izzove enako reakcijo, kot če bi vlak prevozil magnet z aktivnih 2000 Hz. Ta postopek mora strojevodja opraviti pri dnevnem pregledu

vozila, najmanj vsakih 24 ur. V skladu s pravilnikom o zavorah, varnostnih napravah in opremi železniških vozil, postopek pa je treba izvesti v obeh kabinah, torej z vseh upravljalnih mest vozila, ki ga pregleduje. Preizkus je dopustno izvesti tudi med vožnjo, in sicer čez magnet, ki je vedno aktiven s frekvenco 2000 Hz, omenjeni magneti so po navadi na izvozu s kurilniških tirov oziroma delavnice, in morajo biti označeni s predpisanim signalnim znakom. V praksi se za vožnjo mimo teh magnetov uporablja tipka »po nalogu« saj se delovanje same ASN naprave opravi že predhodno z zgoraj opisanim postopkom.

2.3 Pzb 90

Gre za novejši sistem naprave, ki temelji na enaki tehnologiji, torej zajemanje podatkov s proge na vozilo preko magnetov. Razlika je, da pri tem tipu ne poznamo relejnega dela, ampak je namesto tega računalniški del. Ta naprava je nekoliko bolj kompleksna, nudi kontinuiran nadzor hitrosti. To pa pomeni, da ima naprava programirano najvišjo hitrost, ki jo nenehno nadzira. Kadar je aktiven kateri od vplivov, pa se nenehno preverja zmanjševanje hitrosti, če je ta v katerem koli trenutku nad predvideno krivuljo zmanjševanja hitrosti, se sproži hitro zaviranje. Naprave tega tipa so nameščene na novejših vozilih. Pri nas je ta sistem poznan tudi pod oznako I 60 R, a je ta oznaka napačna, saj sistem I 60 R še ni poznal restriktivnega nadzora hitrosti.

Razlog za razvoj tega sistema pa so bile nesreče, pri preiskavi katerih se je pokazalo, da je strojevodja potrdil signal, ki mu je kazal signalni znak pričakuj stoj, za tem iz nekega vzroka, najverjetneje voznoredni postanek, ustavil, in sicer tik pred signalom, ki mu je kazal stoj, tako je že prevozil 500 Hz magnet, se ob nadaljevanju vožnje spozabil ter s prometnega mesta odpeljal s polno hitrostjo, mimo signala, ki je kazal signalni znak stoj. Posledično je aktiviral vpliv 2000 Hz, a je vlak zaradi prevelike hitrosti vseeno naletel na odprt nivojski prehod, ali pa drug vlak. To so rešili z restriktivnim nadzorom hitrosti, ki v primeru restrektive 500 Hz aktivira takoj, ko je hitrost višja od 25 km/h.

Pri nas torej na serijah:

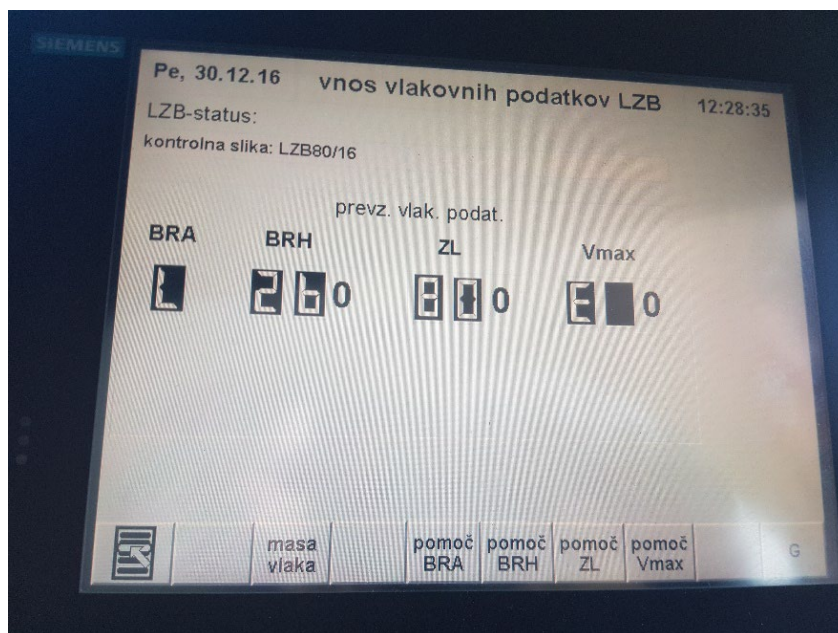
- 189 (Helga),
- 193/1293 (Vectron),
- 310 (Pendolino),
- 311 (Stadler Kiss),
- 312 (Siemens desiro),
- 510 (Stadler Flirt E),
- 541/1216 (Živa/Taurus 3),
- 610 (Stadler Flirt D),
- 645/2016 (Hercules).

2. 3. 1 Vpis podatkov

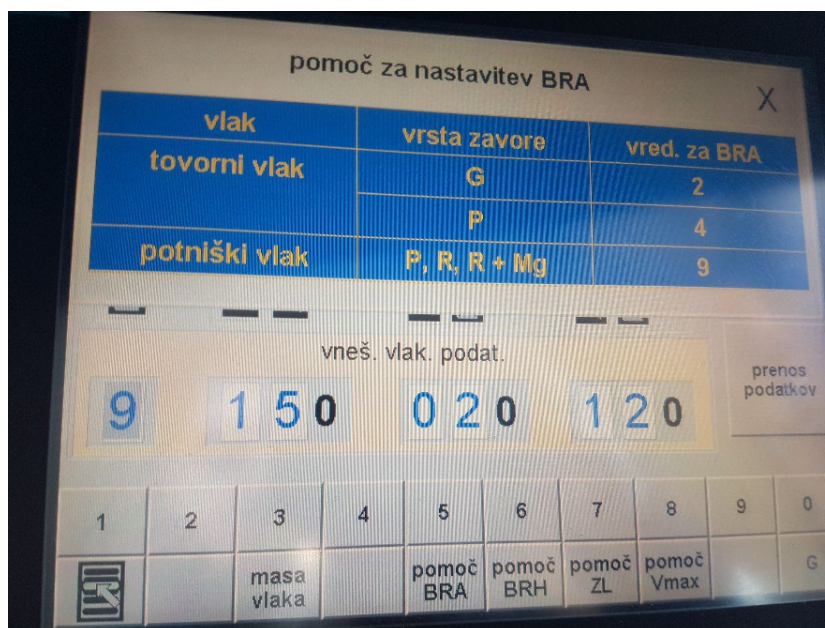
Pri novejšem tipu avtostop naprave je strojevodja dolžan pred vsako vožnjo vpisati določene parametre v napravo. Sam vpis se pri serijah; 310, 312, 645 opravlja na računalniškem delu naprave, pri serijah; 189, 193/1293, 311, 510, 541/1216, 610 pa preko diagnostičnega monitorja, oziroma pri tistih, ki so opremljene že z ETCS napravo preko vozniškega monitorja, oziroma dodatnega PZB monitorja (Stadler).

Strojevodja mora pred vožnjo vnesti naslednje podatke:

- Osebno številko (Gre za lažjo identifikacijo strojevodje, če bi se pri kasnejšem nadzoru pokazala potreba),
- številko vlaka,
- vrsto zavore (BRA),
- zavorni odstotek (BRH),
- kontrolo datuma in časa (če odstopa, se ga na določenih vozilih lahko popravi, na določenih pa se to zgolj zapiše v dokumente in v lastne evidence. Naj bi bil ta čas merodajen tudi za voznoredne postanke, kar bi pri kasnejšem nadzoru lahko pripeljalo do nesoglasij, npr. domnevni predčasni odhod vlaka.)

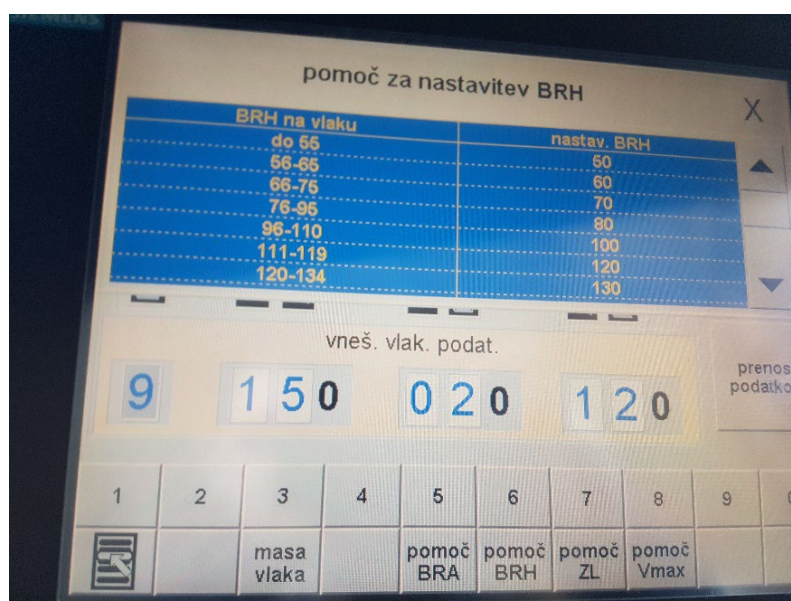


Slika 4: Začetni meni vnosa podatkov 541/1216
(Lastni vir)



Slika 5: Pomoč pri izbiri BRA
(Lastni vir)

Kot je razvidno s slike, se kot BRA vnaša vrsta vlaka in vrsta zavore, tudi to vpliva na izbiro režima same naprave, posledično na maksimalne hitrosti, ki jih naprava dovoljuje. Številke nastavitve BRA se razlikujejo od vozila do vozila, pri seriji 312 je na primer številka BRA vedno 8. Ter od nacionalne zakonodaje, na primer v Nemčiji, pri vožnji krmilnega vagona, se na čelu vlaka kot BRA izbere številka 7.



Slika 6: Vnos podatkov s prikazom pomoči izbire BRH
(Lastni vir)

V napravo kot, že zapisano, vnašamo tudi podatke o BRH, gre za podatke o zavornem odstotku vlaka, ki ga bomo vozili (nem. Bremshundertstel), v praksi pomeni s kakšno silo bodo v primerjavi s težo vlaka zavirala vsa v vlak uvrščena vozila. Ta podatek je zelo pomemben pri izbiri režima vožnje, v kombinaciji z BRA=4 mora biti ta vsaj 111 (nastavljena vrednost 120), če bi hoteli vlak voziti v režimu O (85).

2. 3. 2 Režimi delovanja

Naprava tako kot starejša, pozna tri režime delovanja:

- O – Obere, v žargonu 85
- M – Mitte, v žargonu 70
- U – Unterre, v žargonu 55

2. 3. 3 Največja dovoljena hitrost

Naprava nenehno preverja, da vlak ne presega največje dovoljene hitrosti, ta je odvisna od samega režima vožnje, in sicer 165 km/h, 125 km/h, 105 km/h, če se ta hitrost preseže, sledi hitro zaviranje, ki traja zgolj do trenutka, ko je hitrost vožnje manjša od dovoljene hitrosti, po tem se glavni zavorni vod ponovno napolni, dejstvo pa je, da se v takem primeru hitrost vlaka pred popustitvijo vseh zavor v vlaku, drastično zmanjša, če se vlak celo popolnoma ne zaustavi.

2. 3. 4 Vpliv 1000 Hz

Pri prevozu magneta z aktivno frekvenco 1000 Hz, mora strojevodja posredovati tako, da v času štirih sekund uporabi tipko budnosti (potrditev, nem. Wachsam), kje se ta tipka nahaja, pa je odvisno od vlečnega vozila oziroma garniture ter od same razdelitve elementov v upravljalni kabini.

Po pritisku tipke je treba tipko tudi spustiti, šele takrat se registrira potrditev signala. Po potrditvi signala naprava začne s kontinuiranim nadzorom hitrosti, v tem času hitrost ne sme biti višja od mejne vrednosti, saj se v tem primeru aktivira hitra zavora.

Na indikaciji se prižge mirna rumena lučka 1000 Hz, modra luč izbranega režima pa utripa. Krivulja pade na mejno vrednost posameznega režima pod 700 m prevožene poti, oziroma po preteku (23, 29, 38 sekund), odvisno od samega režima vožnje. Nato rumena lučka 1000 Hz ugasne, lučka izbranega režima pa utripa še nadaljnjih 550 m, takrat je hitrost še vedno nadzorovana, in ne sme preseči hitrosti 1000 Hz nadzora izbranega režima, torej 85 km/h, 70 km/h oziroma 55 km/h. V tem času lahko strojevodja s pritiskom tipke razrešitev (nem. Frei) ta vpliv prekliče in pospeši na redno hitrost, vendar, če v 550 m sledi aktiven magnet 1000 Hz, mora hitrost še pred prevozom magneta zmanjšati pod mejno vrednost 1000 Hz kontrole posameznega režima, saj v tem primeru naprava takoj zahteva zmanjšano hitrost, drugače pride do prisilnega zaviranja. Prav tako, če strojevodja uporabi tipko razrešitev, v naslednjih

550 m ne sme bit aktivnega magneta 500 Hz, saj v tem primeru pride takoj do prekinitve zanke hitre zavore.

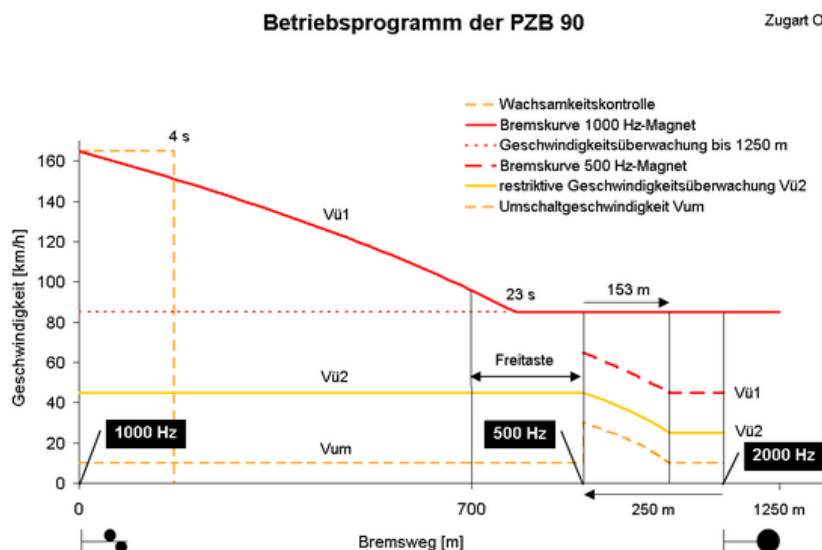
Tipke razrešitev se v Avstriji za zgoraj opisani primer sploh ne sme uporabljati, ampak se mora voziti s hitrostjo nadzora 1000 Hz celotnih 1250 m.

Če je znotraj 700 m nadzora 1000 Hz aktiven še en magnet 1000 Hz, se njegova kontrolna pot preprosto prišteje še ne dokončani 700 m kontrolni poti prejšnjega vpliva, na indikaciji pa nam za kratek čas utripne rumena lučka 1000 Hz.

Skupna pot nadzora hitrosti pri 1000 Hz vplivu torej znaša 1250 m.



Slika 7: Aktiven vpliv 1000 Hz na 541/1216
(Lastni vir)



Slika 8: Zavorna krivulja režima 85
(Vir: Wikimedia, 2025)

2. 3. 5 Vpliv 500 Hz

Pri prevozu magneta z aktivno 500 Hz frekvenco naprava nemudoma preveri, ali je hitrost manjša od dovoljene hitrosti 500 Hz vpliva posameznega režima, to je 65 km/h, 50 km/h oziroma v najnižjem režimu delovanja 40 km/h. Tudi pri 500 Hz vplivu dovoljena hitrost pada, in sicer v odvisnosti od poti. Tako je po 153 m, ko se dovoljena hitrost zniža na najnižjo raven, dovoljena hitrost zgolj 45 km/h, 35 km/h oziroma 25 km/h.

Po skupni prevoženi poti od aktivnega 500 Hz magneta, 250 m 500 Hz nadzor preneha. 500 Hz nadzor se na indikacijskem delu PZB 90 indicira s prižgano mirno modro lučko izbranega režima ter mirno rdečo lučko 500 Hz.

2. 3. 6 Vpliv 2000 Hz

Pri prevozu aktivnega magneta 2000 Hz se nemudoma sproži hitro zaviranje, razen če je bila uporabljena tipka oziroma stikalo (odvisno od vozila) »po nalogu« (nem. Befehl). To tipko lahko strojevodja uporabi zgolj kadar ima izrecno dovoljenje prometnika ali progovnega prometnika, v tem primeru je hitrost pri samem prevozu magneta omejena na 40 km/h, ne glede na režim, če je hitrost presežena, prav tako pride do hitrega zaviranja.

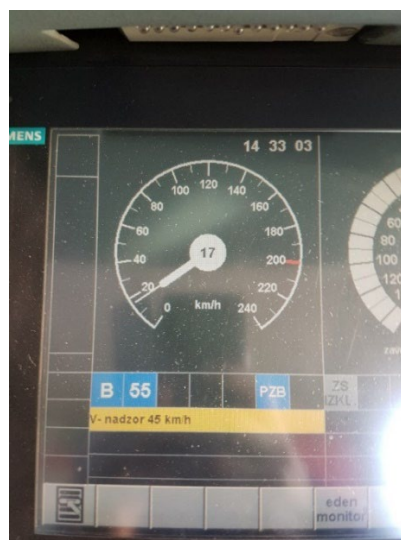
Na pultu se nam ob modri lučki izbranega režima prižge še bela lučka po nalogu 40. Takrat lahko tipko po nalogu izpustimo. Tipko po nalogu se praviloma uporablja nekaj sekund pred samim navozom magneta z aktivno frekvenco 2000 Hz, saj lahko zaradi

velike količine podatkov, ki jih lokomotiva sprejema, pride do zakasnitve pošiljanja ukaza po nalogu, kar pa bi zaradi večje varnosti privedlo do prekinitve zanke hitre zavore.

2. 3. 7 Restrektiva

PZB 90 pozna tudi restriktivno hitrost. Ta je odvisna od vpliva v katerem se izvaja, obstajajo trije vplivi restrektive:

- Štartni program, kjer je najvišja hitrost na razdalji 1250 m omejena na 45 km/h, se lahko kadar koli razreši, vendar se v 550 m ne sme pričakovati 500 Hz magneta, sicer naprava aktivira hitro zaviranje. Štartni program se aktivira po posodobitvi podatkov o vlaku oziroma menjavi upravljalnega mesta.
- Restrektiva 1000 Hz se vklopi kadar je aktiven nadzor hitrosti 1000 Hz, hitrost pa se znotraj nadzora za več kot 15 sekund zmanjša pod 10 km/h. Najvišja hitrost v 1000 Hz restrektivi znaša 45 km/h. To restrektivo se lahko razreši zgolj, če je že poteklo 700 m od aktiviranja 1000 Hz vpliva (ugasnjena rumena lučka 1000 Hz) in pod pogojem, da se v naslednjih 550 m ne pričakuje aktivnega magneta s frekvenco 500 Hz.
- Restrektiva 500 Hz se vklopi kadar je aktiven nadzor hitrosti 500 Hz, hitrost pa se znotraj nadzora za več kot 15 sekund zmanjša pod 10 km/h. Najvišja hitrost v 500 Hz restrektivi znaša 25 km/h. Te restrektive se ne da razrešiti.



*Slika 9: Aktiven startni program 541/1216
(Lastni vir)*

2. 3. 8 Prekrivanje vplivov

Varnostna naprava PZB I 60 R lahko nadzoruje več vplivov naenkrat, vendar vedno tako, da je strojevodji prikazan najbolj restriktiven vpliv, torej tisti, ki zagotavlja največjo varnost in posledično dovoljuje najnižjo hitrost. Ko prenehajo pogoji za določen vpliv in je nad njim aktiven manj restriktiven vpliv, se preprosto vključi slednji. Pojavi pa se tudi zvočno opozorilo.

2. 3. 9 Preizkus

Naprava PZB 90 se preizkuša različno, odvisno od tipa samega vozila. Praviloma ob dnevnem pregledu vozila, ter prevzemu vozila iz delavnice oziroma garažnega tira. Na motornikih serije 312 in 310 in lokomotivi 645, se to opravi tako, da se hkrati pritisne tipki potrditev in razrešitev, naprava se aktivira dvakrat zapovrstjo, tako da izpusti zrak iz GZV, med tem pa preizkusi povezavo med magneti v smeri vožnje, računalnikom ter povezavo med računalnikom in zavorno krmilno napravo. Na upravljalnem pultu pa se zaporedoma prižigajo vse lučke, tako preverimo tudi morebitno pregorelo žarnico posamezne indikacije. V kolikor test ni uspešno opravljen, lučka 1000 Hz začne utripati, takrat je garnitura nesposobna za vožnjo, izjemoma se jo lahko z dvojno zasedbo zapelje do delavnice, vendar z najvišjo hitrostjo 100 km/h, pod pogojem da se PZB napravo izloči.

Na lokomotivah se mora preizkus vlakovnih varnostnih naprav opraviti najmanj enkrat na 24 ur, na kar nas opozori tudi lokomotiva sama, ta se opravi iz obeh kabin, pogoj za opravljanje preizkusa pa je GZV, napolnjen na 3,5 bar ter smer vožnje v položaju naprej, saj drugače PZB ni vklopljen, vklopljen je zaviralnik. Priporočeno je še, da je vzmetno akumulacijska zavora zavrt, zavrt neposredna zavora lokomotive, ter da lokomotiva ni speta z vlakom. Test traja približno minuto, preizkusi pa se vse ključne elemente in povezave med računalniki, zagon preizkusa se opravi na diagnostičnem monitorju, po navadi se ta opravi skupaj z dnevnim pregledom vozila, da je preizkus bil opravljen, se evidentira v lokomotivsko knjigo, kamor se vpisujejo vsi strojevodje, ki so lokomotivo vozili. Oziroma v primeru lokomotive v lasti SŽ v elektronsko aplikacijo na tabličnem računalniku.

2. 4 Vgrajevanje progovnih delov PZB naprave

Progovni deli PZB naprave se vgrajujejo na različna mesta, odvisno od magnetov in frekvence, ki jo lahko oddaja.

Poznamo magnetne s stalno frekvenco in tiste s spremenljivo. Prve se pri nas vgrajujejo zgolj v obliki 2000 Hz magnetov, na izvoze iz kurilniških tirov in delavnic, z namenom preizkušanja ASN naprave. Na primer v Nemčiji in Avstriji se jih vgrajuje tudi pri

signalnih oznakah, ki naznanjajo znižanje progovne hitrosti ali počasno vožnjo³ z manj kot 90 km/h, če seveda pri takšni oznaki ni nameščenega PZB kontrolnega odseka hitrosti.

Na hrvaškem so nameščeni pred signalnimi oznakami »počasi« ki se nameščajo 700 m pred mestom počasne vožnje, seveda pri počasnih vožnjah pod neko določeno hitrostjo. Druge pa se vgrajuje načeloma pri glavnih (uvoznih, izvoznih, kritnih, prostornih) signalih in pri preduvoznih, predkritnih signalih, tako kot tudi pri predsignalih. Oziroma na drugem mestu na progi ali postaji, ki ga je treba ščititi.

2. 4. 1 Aktivni 1000 Hz magneti

So vgrajeni pri signalih in so praviloma aktivni, kadar signalni znak kaže:

- prosto, pričakuj omejeno hitrost (ena zelena utripajoča luč),
- omejena hitrost (ena zelena in pod njo ena rumena mirna luč),
- omejena hitrost pričakuj stoj (ena rumena utripajoča luč in pod njo ena rumena mirna luč),
- omejena hitrost pričakuj omejeno hitrost (ena rumena in pod njo ena zelena utripajoča luč),
- omejena hitrost pričakuj prosto ali previdno (ena rumena utripajoča luč in pod njo ena zelena mirna luč),
- previdno pričakuj stoj (rumena mirna luč),
- pričakuj stoj (predsignal (ena rumena mirna luč)),
- pričakuj omejeno hitrost (predsignal (ena zelena utripajoča luč)).

Na posameznih progah ali postajah pa te niso aktivne pri signalih, ki kažejo (omejeno hitrost, omejeno hitrost pričakuj prosto ali previdno). To je najbrž prevzeto iz Avstrije oziroma Nemčije, saj tam, če signal ne kaže neke pričakovane omejitve, magnet 1000 Hz ni aktiven, kar je sicer logično.

Vzemimo primer postaje Ljubljana, kjer je magnet aktiven tudi pri izvoznem signalu v smeri Ljubljana Zalog, tudi kadar kaže signalni znak Omejena hitrost, pričakuj prosto ali previdno. Namreč pri vožnji mimo njega se le tega potrdi, in vklopi se nadzor 1000 Hz, v primeru PZB 90 ta nadzor traja najmanj 700 m, najvišja hitrost proge pa se dvigne na 120 km/h, preden vlaku preneha nadzor hitrosti in posledično mora vlak tudi v območju, kjer bi sicer lahko vozil s hitrostjo 120 km/h, voziti s hitrostjo restrektive ali pa vpliva 1000 Hz.

³ Počasna vožnja je mesto na katerem je zaradi nekega vzroka (slabo stanje proge, počena tirnica itn.) hitrost nižja od najvišje dovoljene hitrosti tega odseka, te počasne vožnje niso stalne, čeprav na določenih odsekih lahko trajajo tudi nekaj let.

2. 4. 2 Aktivni 2000 Hz magneti

So vgrajeni pri glavnih signalih, ki prepovedujejo nadaljnjo vožnjo:

- stoj (ena rdeča mirna luč),
- previdna vožnja (ena rdeča mirna luč in pod njo ena rumena utripajoča luč),
- kadar je signal nerazsvetljen.

2. 4. 3 Aktivni magneti 500 Hz

Praviloma 250–150 m pred glavnim signalom, aktivni so, kadar glavni signal kaže:

- stoj (ena rdeča mirna luč),
- previdna vožnja (ena rdeča mirna luč in pod njo ena rumena utripajoča luč),
- kadar je signal nerazsvetljen.

2. 5 Postopki ob okvarah PZB

V primeru okvare je vozilo nesposobno za vožnjo na progah opremljenih z avtostop napravo.

Če se naprava pokvari med vožnjo, strojevodja PZB izloči (način izločitve je odvisen od samega vozila, ter tipa okvare električni del/zračni del ali oboje), o okvari obvesti delavca, ki upravlja promet, ter vožnjo do prve postaje nadaljuje z največjo hitrostjo 30 km/h. Od tu naprej sta dve možnosti:

- Vozilo se odstavi, za nadaljevanje vožnje se uporabi drugo vozilo (pomožni stroj, obračanje vozil, ki so že uvrščena v vlak).
- Prevoznik zagotovi drugega delavca z opravljenim izpitom za strojevodjo, vlak nato nadaljuje vožnjo do končne postaje z dvojno zasedbo, z največjo hitrostjo 100 km/h. Na končni postaji se vozilo razglasi za pokvarjeno ter se ga odstavi, s takšnim vozilom je vožnja povratnega vlaka prepovedana (seveda se vozilo lahko uvrsti v drug vlak, ali pa uporabi za sprego, doprego, torej kot vozilo, ki v vlak ni prvo v smeri vožnje). Na to je imuna serija 310 (Pendolino), saj ima garnitura dve med seboj popolnoma neodvisni avtostop napravi tipa PZB 90 (Ena na členu CM1 in ena na členu CM2, torej za vsako kabino oziroma smer vožnje ena.)

Okvara PZB 90 se signalizira z utripajočo rumeno lučko 1000 Hz, ali pa se to odrazi v aktiviranju PZB brez vzroka, šteje se, da je naprava pokvarjena, če se v roku meseca trikrat aktivira brez vzroka. Prav tako je naprava pokvarjena, če na delu naprave, ki mora bit plombiran, plomba manjka, ali pa je strgana (zračna izločilna pipa, stikalo za izklop).

2. 6 Točkovni nadzor hitrosti GPA/GÜ/GPE

Točkovni nadzor hitrosti omenjenega tipa bazira na tehnologiji PZB, kratice pa v nemščini pomenijo odsek nadzorovanja hitrosti (GPA Geschwindigkeitsprüfabschnitt), nadzor hitrosti (GÜ Geschwindigkeitsüberwachungseinrichtung) ter preverjanje hitrosti (GPE Geschwindigkeitsprüfeinrichtung). V praksi gre za enake sisteme z različnimi poimenovanji. Za razumevanje, čemu je bil sistem sploh razvit, pa moramo razumeti nekaj specifičnosti avstrijskih in nemških pravilnikov.

Sistem se v Sloveniji ne uporablja, saj nimamo tako veliko odsekov z višjimi hitrostmi, smiselna uporaba sistema pa bi bila zgolj na nekaj odsekih z drastičnimi spremembami progovnih hitrosti. Na primer med postajo Šentjur in postajališčem Štore, kjer se najvišja dovoljena progovna hitrost za lahke vlake zmanjša iz 140 km/h na 90 km/h in to zmanjšanje trenutno ni zaščiteno, to v praksi pomeni, da strojevodja v trenutku nepozornosti, če ne zmanjša hitrosti, lahko v omenjeno krivino pripelje s hitrostjo 140 km/h. Omenjena pomanjkljivost bo odpravljena z uvedbo sistema ETCS.

2.6. 1 Zavarovanje mesta znižanja progovne hitrosti

Zaradi zagotavljanja višje varnosti, kadar bi strojevodja spregledal signalno oznako, ki naznanja mesto znižanja progovne hitrosti (npr. signalna oznaka pričakuj počasno vožnjo, pričakuj znižanje hitrosti itn.), so se domislili, da se takšno signalno oznako zavaruje z magnetom vpliva 1000 Hz, torej mora strojevodja pri vožnji mimo te oznake uporabiti tipko potrditev, ter hitrost ustrezno zmanjšati v skladu z režimom PZB v katerem vozi. Takšne magnetne so nameščali pred signalnimi oznakami, ki naznanjajo znižanje hitrosti na 90 km/h ali manj (zaradi nadzora hitrosti 1000 Hz vpliva v zgornjem režimu 85 km/h).

2.6. 2 Težava nadzora znižanja hitrosti z magnetom 1000 Hz

Težava nastopi pri vlakih, ki zaradi svojega nižjega zavernega odstotka vozijo v srednjem ali spodnjem režimu PZB, saj bi ti morali pri spremembi progovne hitrosti, iz na primer 140 km/h na 90 km/h, takšno naznanitev spremembe progovne hitrosti prav tako potrditi, ter zaradi svojega režima po nepotrebnem zmanjšati pod 70 km/h ali celo pod 55 km/h, čeprav bi potem lahko znova pospešili na progovno hitrost 90 km/h.

Prav tako se pojavi težava, kako nadzirati znižanje progovne hitrosti iz na primer hitrosti 160 km/h na 120 km/h, ne da se vlak po nepotrebnem za čas PZB vpliva 1000 Hz upočasnjuje pod 85 km/h.

2.6.3 Sistem GPA

Sistem praviloma sestoji iz treh PZB magnetov, in sicer magnet, ki sistem vklopi, magnet, ki na vozilo lahko vpliva in magnet, ki sistem izklopi.

Prvi in zadnji magnet imata le funkcijo senzorja, ki zazna prevoz vozila oziroma PZB magnet nameščen na vozilu (v teoriji bi lahko bila nameščena tudi števec osi, ali pa izolirna stika, a je magnet PZB veliko lažje nameščati in odstranjevati, sistem se namreč uporablja tudi pri začasnih omejitvah hitrosti, kot so na primer počasne vožnje).

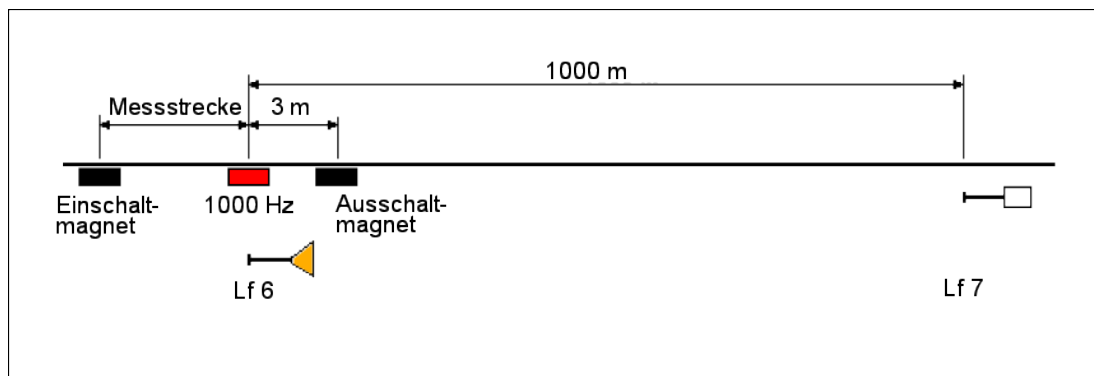
Srednji magnet pa je tako imenovani aktivni magnet, gre lahko za magnet frekvence 1000 Hz ali pa za magnet frekvence 2000 Hz.

Pri prevozu vklopnega magnet, se aktivira časovna kontrola, ki poteka na strani naprave GPA, po preteku določenega časa se aktivni magnet izključi, ta čas je odvisen od razdalje med vklopnim in izklopnim magnetom ter hitrosti, ki jo nadzorujemo. Če bi vlak vozil nad hitrostjo, ki jo naprava preverja, potem bo prevozil aktivni magnet, ko ta še oddaja določeno frekvenco, pri aktivnem magnetu na frekvenci 1000 Hz to pomeni, da bo vlak vožnjo nemoteno nadaljeval, le zapadel bo v nadzor hitrosti določenega režima v katerem vozi (saj bo strojevodja ob prevozu takega mesta v skladu s pravilnikom potrdil videno signalno oznako poleg katere leži sistem GPA. Če je aktivni magnet nastavljen na 2000 Hz, pa bo sledila takojšnja prisilna ustavitev vlaka, saj se bo PZB sistem na vozilu odzval enako kot bi pri prevoženem signalu, ki prepoveduje nadaljnjo vožnjo.



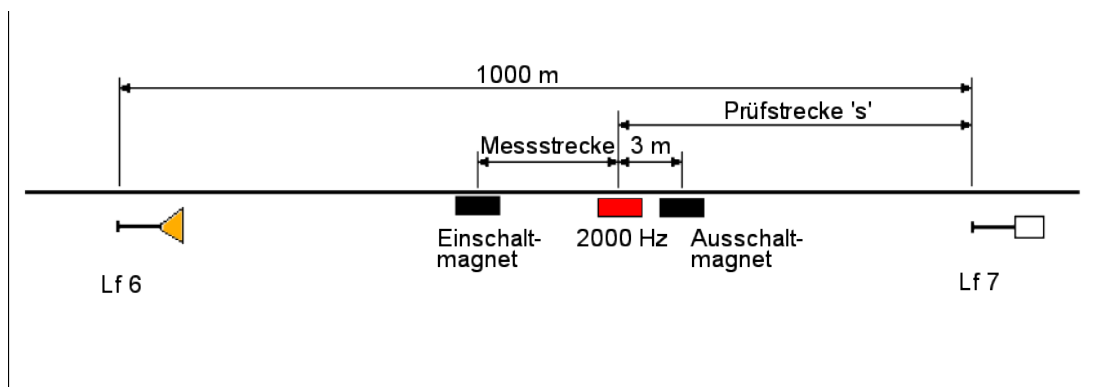
Slika 10: Primer GPA
(Vir:Wikipedia, 2025)

Sistem se namešča pri nadzoru z magnetom 1000 Hz pri oznaki pričakuj spremembo progovne hitrosti med 80 in 95 km/h, v takšnem primeru je edina prednost sistema, da kljub strojevodjevi potrditvi, da je signal opazil, če strojevodja že zmanjšuje hitrost in mesto prevozi s hitrostjo do 15 km/h, višja kot bo tista po znižanju progovne hitrosti, ne zapade v vpliv 1000 Hz, in ni mi treba močno zniževati hitrosti vožnje.



Slika 11: Nadzor hitrosti z 1000 Hz magnetom
(Vir: Wikimedia, 2025)

Pri višjih hitrostih pa se namesti sistem z aktivnim magnetom nazivne frekvence 2000 Hz, in sicer med signalno oznako pričakuj znižanje progovne hitrosti na 140 km/h do 100 km/h. Aktivni magnet se namesti na točno določeni razdalji pred signalno oznako sprememba progovne hitrosti, ta razdalja je med 485 m in 215 m. Strojvodja mora pred prevozom omenjenega magneteta v izogib aktiviranju PZB voziti s hitrostjo, ki je za največ 10 do 20 km/h višja od nove nižje progovne hitrosti. In sicer največ 20 km/h pri novi hitrosti do 110 km/h, 15 km/h pri novi hitrosti 120 km/h in največ 10 km/h več pri novi hitrosti, višji od 120 km/h.



Slika 12: Nadzor hitrosti z 2000 Hz magnetom
(Vir: Wikimedia, 2025)

3 LTB

LTB je linijska varnostna naprava (nem. Linienzugbeeinflussung). Linijska se imenuje zaradi zmožnosti konstantne (na celotni liniji) izmenjave podatkov med železniškim vozilom in infrastrukturo. Del delovanja naprave je tudi kabinska signalizacija, ki strojevodji signalizira prostost proge pred vlakom ter največjo dovoljeno hitrost. Razvili so jo zaradi dejstva, da strojevodja nad hitrostjo 160 km/h ne more zanesljivo opazovati signalov ter signalnih oznak ob progi, oziroma pri takšnih hitrostih minimalna razlika v času odziva lahko pomeni razliko pri mestu ustavitve tudi za več 100 m, prav tako pa se s hitrostjo eksponentno povečuje tudi zavorna razdalja, kot zanimivost lahko navedem, da nemški ICE pri hitrosti 300 km/h, v idealnih adhezijskih pogojih s 300 km/h do popolne ustavitve, potrebuje med 4 in 5 km.

Naprava v vozilih, ki lahko vozijo s funkcijo tempomata, omogoča, da LTB sam krmili želeno hitrost, tam vlak tako rekoč vozi sam, strojevodja mora pritiskati le tako imenovani budnik (nem. Sifa), da vlaku sporoča, da je še vedno prisoten. V primeru motenj mora biti sposoben takoj prevzeti vožnjo vlaka, prav tako pa mora sam ustaviti oziroma speljati pri morebitnih voznorednih postankih znotraj aktivnega območja LTB.

Ko vlak vozi v režimu LTB, ta naprava poskrbi, da se varnostna naprava PZB izklopi, posledično se hitrost 160 km/h lahko preseže, naprava za zapis podatkov in poseg v zavoro uporablja iste elemente kot PZB naprava, po navadi gre tu za združen modul obeh naprav na samem vozilu.

Pri vožnji v režimu LTB, v Nemčiji signali za tak vlak ne veljajo. Vlak teoretično lahko pelje 330 km/h mimo rdečega signala, ali signala v temi. Za vožnjo po progah LTB morajo biti strojevodje dodatno izšolani in imeti veljavno LTB licenco. V Avstriji pa so ob progi postavljeni signali še vedno veljavni in je strojevodja dolžan v primeru, na primer vrnitve signala pred njim v lego stoj, tudi če LTB ne sproži hitrega zaviranja, to sprožiti sam.

Sistem se pri nas ne uporablja, saj nimamo proge za hitrost nad 160 km/h, kjer tak sistem pride do izraza, sistem sicer velja za zastarelega in se nadomešča s sistemom ETCS.



Slika 13: Progovni del LZB
(Vir:Wikimedia, 2025)

3.1 Komponente

Naprava je sestavljena iz progovnega dela in dela na vozilu, le da je tu magnet na vozilu vpet na sredini koša in gleda v medtirje, progovni del pa je v obliki kabelskih zank. Te zanke so priključene na določene vmesnike, ki preko računalniškega sistema, ki je povezan s centrom vodenja prometa, dobijo določene podatke, ki jih vlakovni del prebere.



Slika 14: LZB sprejemnik nameščen na vozilu
(Vir: Wikimedia, 2025)

3.2 Delovanje

Sistem se vklopi pri postavitvi smerne ročice v položaj naprej. Deluje, kadar deluje PZB, samo delovanje pa je moč prepoznati po modri lučki B. Ko vlak zapelje na del proge, opremljen z LZB, naprava tega zazna ter izklopi PZB, to opazimo po ugasnitvi lučk PZB in prižigu modre lučke Ü (nem. Übergabe (prenos podatkov)) na zaslonu ali pultu (odvisno od izvedbe vozila). Pojavi se oziroma prižge signalizacija proge LZB in trenutna dovoljena hitrost, poleg nje pa še naslednja dovoljena hitrost. Če je do spremembe hitrosti več kot 4000 m, se nam razdalja izpisuje v enotah po 200 m, in sicer praviloma do razdalje 16 do 32 km. (Odkvisno od izvedbe naprave).

Pri približevanju mestu znižanja hitrosti strojevodjo na to opozori akustični signal ter rdeča lučka G, naprava prikazuje trenutno želeno hitrost (hitrost zavorne krivulje) z rdečim trikotnikom, ki pada ob merilcu hitrosti, če je hitrost v danem trenutku nad hitrostjo zavorne krivulje, naprava sama začne z zmanjševanjem hitrosti vlaka, če je to treba tudi z vklopom najmočnejšega zaviranja (znižanjem tlaka v zavornem vodu na 3,5 bar). V primeru vklopljenega tempomata vlak kljub ročici tempomata, nastavljeni na najvišjo hitrost, hitrost tempomata uravnava sam, in sicer tako, da je ta vedno pod zavorno krivuljo morebitnega zmanjševanja hitrosti zaradi vpliva LZB.

Po prevozu mesta, od koder je dovoljena viša hitrost, pa se strojevodji to signalizira na pultu, če pa je vklopljen tempomat, in njegova vrednost nastavljena na največjo hitrost, pa vlak pospeši sam.

Pri približevanju koncu sistema LZB nam naprava to signalizira sprva kot zmanjšanje hitrosti na 160 km/h oziroma manj, odkvisno od dovoljene hitrosti na točki konca LZB, 2000 m pred koncem pa začne utripati rumena lučka ENDE, ob njej pa se oglasi akustičen signal, če to strojevodja v času štirih sekund ne potrdi s pritiskom tipke razrešitev (Frei), sledi aktiviranje prisilnega zaviranja. Ko vlak zapuša območje LZB, se prižge tudi naprava PZB, od trenutka prižiga naprave PZB je treba to tudi uporabiti, torej v primeru prevoza aktivnega magneta 1000 Hz, tega potrditi ter hitrost ustrezno prilagoditi vplivu PZB.



Slika 15: Signalizacija LZB na ICE 2
(Vir: Wikimedia, 2025)

Dobra stran LZB sistema je, da lahko strojevodja katerega koli vlaka, z eno samo tipko, ustavi promet na delu proge, tipka na progo tako rekoč postavi hitrostni limit 0 km/h, posledično vsi vlaki, ki vozijo proti tej točki, začnejo s hitrim zaviranjem, tako se zmanjša čas, ki je potreben za odziv strojnega osebja po tem, ko bi en od strojevodji oddal nujno sporočilo in zahtevo za zaustavitev prometa preko GSM-R.

LZB sistem v praksi pomeni tudi, da se na določenem odseku, kjer ni vmesnih signalov, lahko nahaja več vlakov, saj vsi nenehno komunicirajo z računalnikom LZB na strani infrastrukture, tako bi v primeru okvare predhodnega vlaka in njegovi zaustavitvi, tudi vlak, ki vozi za njim, ustavil.

Sistem uporabljata Nemčija in Avstrija, s pomembno razliko v nacionalnih predpisih, in sicer v Nemčiji pri vožnji v sistemu LZB signali ob progi za vlak ne veljajo, v praksi to pomeni, da vlak s 300 km/h lahko vozi mimo ugasnjenih in tudi rdečih signalov. V Avstriji pa vsi signali veljajo, in morajo biti postavljeni v lego za dovoljeno vožnjo, in sicer s hitrostjo, ki jo dovoljuje tudi LZB.

Prav tako različico sistema uporabljajo nekatere podzemne železnice ali sistemi prevoza potnikov, sistem ob določenih nadgradnjah omogoča vožnjo vlaka brez strojevodje, seveda pa je za kaj takšnega potrebna absolutna omejitev dostopa do železniške infrastrukture, torej dobro varovanje ter ograjenost sistema, kjer pa to ni mogoče (peroni) pa senzorji gibanja oseb v tirih, ki vlake samodejno ustavijo.



*Slika 16: Prikaz LZB na vlaku ICE 4, s slike je razvidno, da je trenutna dovoljena hitrost 200 km/h in da bo takšna ostala še najmanj 9.800 m.
(Vir: Wikimedia, 2025)*

4 ETCS

Zaradi interoperabilnosti železniških vozil ter težnje po poenotenju predpisov ter hkrati stopnje varnosti, ki jo nudi sistem kabinske signalizacije s kontinuiranim nadzorom hitrosti, se je v Evropski uniji začel razvijati varnostni sistem, ki naj bi se vgradil in uporabljal na vseh glavnih progah EU.

Sistem je nekakšen skupek sistemov kot so LZB, in francoski TVM (fr. Transmission Voie-Machine), ki se uporablja na hitrih progah LGV (fr. Ligne à Grande Vitesse) v Franciji.

ETCS sestoji iz dveh delov, vlakovnega in progovnega. Vlakovni del služi za komunikacijo s progovnim delom, vgrajenim na infrastrukturi, in zagotavlja aktivno zaščito, prikaz hitrostnih profilov, naklonov ter preračunava hitrostno krivuljo glede na vnesene parametre.

Progovni oziroma infrastrukturni del komunicira s signalnovarnostno napravo in vlakovnemu delu pošilja potrebne informacije.

Način pošiljanja teh informacij je odvisen od nivoja sistema, v grobem Nivo 1 ali 2, ter je opisan v nadaljevanju v poglavju, ki podrobneje opisuje nivoje.

Vlakovni del ETCS sestoji iz:

- EVC (ang. European Vital Computer) glavni računalnik vlakovnega dela.
- DMI (ang. Driver Machine Interface) monitorja v strojevodski kabini.
- BTM (ang. Balise Transmission Module) ETCS radarja praviloma nameščenega pod čelo vozila, namenjen je pridobivanju podatkov z ETCS evrobaliz.
- JRU (ang. Juridical Recording Unit) tahograf oziroma vlakovna črna skrinjica.
- TIU (ang. Train interface unit) enota, ki skrbi za povezavo med EVC in vlakom.
- STM (ang. Specific Transmission Modules) vmesnik med ETCS in obstoječimi varnostnimi sistemi (npr. PZB, LZB, TVM).
- Euroradio naprava, ki preko GSM-R ohranja stalen podvojen stik z glavnim računalnikom centra vodenja prometa pri nivoju 2.

4. 1 Delovanje etcs

ETCS deluje na način kontinuiranega nadzora hitrosti ter podeljevanja dovoljenja za vožnjo MA (ang. Movement Authority), pri tem upošteva prostost odseka, torej informacije, ki jih pridobi z infrastrukturnega dela.

Konec dovoljenja za vožnjo predstavlja točka EOA (ang. End Of Authority), če vlak to točko prevozi, se sproži hitro zaviranje, vlak pa preide v način delovanja TRIP.

Točki EOA se vlak lahko približa le z nižjo hitrostjo, saj se zavorna krivulja spusti na mejo sprostilne hitrosti (ang. Realise speed), ki pa je specifična glede na nacionalne predpise.

Strojevodja informacije s strani sistema ETCS pridobi na monitor, nameščen v kabini DMI (ang. Driver machine interface). DMI se deli na nekaj polj, prikazanih na sliki spodaj, in sicer;

A: Informacija o razdalji do mesta znižanja dovoljene hitrosti oziroma točke prepovedi nadaljevanja vožnje.

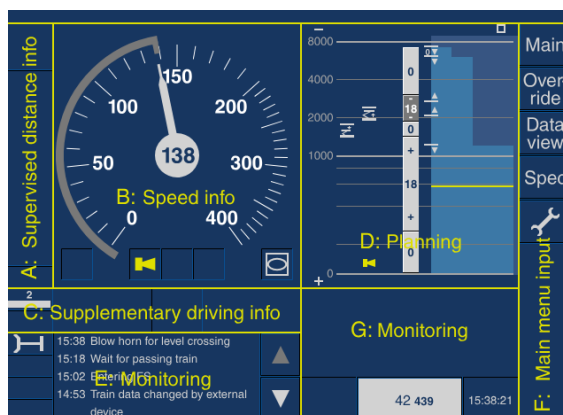
B: Merilnik hitrosti z informacijo o nadzirani hitrosti ter morebitno aktivnimi zavornimi krivuljami ter piktogramom odredb, ki so trenutno v veljavi (npr. uporaba sirene, točka brez ustavitve, ravnanje z odjemnikom toka, ventilacijo vlaka).

C: Dodatne informacije o trenutno vklopljenem nivoju ali približevanju spremembi nivoja.

D: Graf prostosti proge oziroma dovoljenja vožnje (eng. Movement authority) glede na razdaljo z vidnimi podatki o spremembi dovoljenih hitrosti, naklonu proge, začetku zavorne krivulje, piktogrami nalogov oziroma odredb.

E in G: Polji za nadzor z opisom zaznanih motenj ter dodatnim sporočilom (npr. Pazi, nivojski prehod).

F: Polje za uporabo ter vnos podatkov in nastavitve naprave za boljšo uporabniško izkušnjo.



Slika 17: DMI ETCS
(Vir: Wikimedia, 2025)

4.2 Nivoji ETCS

Preden se osredotočimo na delovanje sistema ETCS, je treba vedeti, da ETCS lahko deluje v primarno 3 različnih nivojih (ang. Level), dejansko pa delovanje lahko ločimo na 5 različnih nivojev delovanja, seveda odvisno od opreme posameznega vozila, nacionalnih predpisov, opremljenosti infrastrukture.

4.2.1 Nivo 0 in Nivo STM/NTC

Omenjena nivoja predstavljata le način delovanja ETCS naprave nameščene na vozilu, nekakšen uporabniški vmesnik, pri čemer po vnosu podatkov v nivoju 0 ni vključena nobena varnostna naprava. V nivoju STM pa je vključena nacionalna varnostna naprava, ki se upravlja enako kot enako vrsto naprave, nameščeno na vozilu brez ETCS.

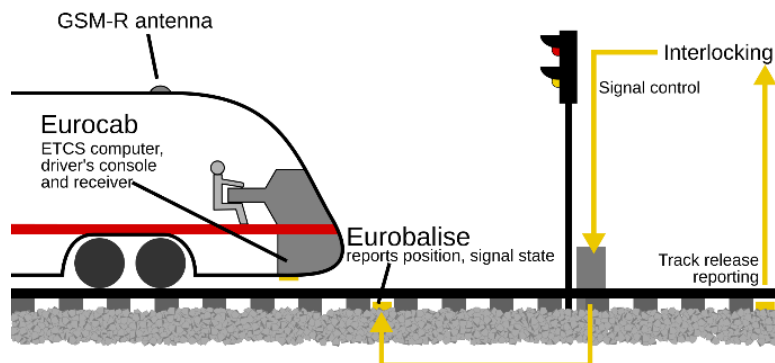
Nivo STM (ang. Specific Transmission Module) v kasnejših verzijah poimenovan NTC (ang. National Train Control). V praksi vklopi nacionalni varnostni sistem, ki je integriran v sam ETCS.

Oba nivoja sta v praksi skoraj enaka, le da Nivo 0 pride v poštev na starejših vozilih, kjer v sam ETCS ni implementirana nacionalna varnostna naprava, v tem primeru ETCS nadzoruje le najvišjo hitrost, nacionalna varnostna naprava pa deluje neodvisno od ETCS. V tem primeru obe napravi lahko prožita hitro zaviranje.

4.2.2 Nivo 1

Na območju prog JŽI je vgrajen sistem ETCS Nivo 1, bazira na sistemu točkovnega prenosa informacije iz infrastrukture preko vgrajenih evrobaliz na vlečno vozilo. Na tem nivoju se uporablja obstoječe signalnovarnostne naprave za zavarovanje železniškega prometa. Za komunikacijo med sistemom ETCS in obstoječo signalnovarnostno napravo skrbijo vmesniki, imenovani LEU, ti so nameščeni ob progi ter na podlagi postavitve voznih poti ustvarjajo telegrame, ki jih preko vgrajenih transparentnih evrobaliz pošljejo vlakovnemu delu ETCS, ki se ustrezno odzove.

Nivo 1 predstavlja osnovno zasnovan sistem ETCS, za uporabo tega sistema je še vedno nujna fizična signalizacija na infrastrukturi, sistem le nadomesti nacionalne varnostne sisteme.



Slika 18: Shematični prikaz ETCS Nivo 1
(Vir: Wikipedia, 2025)

Na javni železniški infrastrukturi v republiki Sloveniji se je omenjen sistem namestil na glavne proge 10, 30 ter 50, ter na nekaj ostalih krakov. Torej je nameščen na progah;

- DM Dobova – Ljubljana (proga 10),
- DM Šentilj – Zidani Most (proga 30),
- DM Hodoš – Ormož – Pragersko (progi 40 in 41),
- Ljubljana – Sežana DM (proga 50),
- Divača – Cepišče Prešnica – Koper (progi 60 in 62).

Vlak s proge zajema podatke le preko Evrobalis, te so nameščene med tirnicami, so značilno rumene barve, lahko so posamične ali postavljene v skupini, evrobalize ne potrebujejo lastnega napajanja, saj delujejo induktivno na naprave ETCS, nameščene na vozilu. Vse evrobalize so fizično enake, v delovanju pa jih ločimo na:

- Fiksne oziroma stalne; te služijo za pošiljanje informaciji stalnega značaja, kot so lokacije mostov, nivojskih prehodov, predorov, najvišjih dovoljenih hitrosti, naklona proge ter ostalih podatkov o progi ali naslednjih ETCS balizah. Kalibraciji odometra zaradi določanja natančne lokacije vozila (Relokacijska baliza).
- Transparentne ali spremenljive; te so povezane s signalnovarnostno napravo ter vlaku prenesejo informacije o legi signala, morebitni prepovedi nadaljevanja vožnje, znižanju hitrosti ter tudi motnji naprav za zavarovanje prometa na nivojskih prehodih.
- Infil balize; so povezane s signalnovarnostno napravo in vlaku pošljejo informacije o legi prihodnjih signalov, ter omogočijo preklic morebitnih

zavornih krivulj, ki so v veljavi zaradi zadnje pridobljene informacije transparentnih balis.

Glavna pomanjkljivost nivoja ena je točkovni nadzor, če opišemo na primeru;

Vlak B vozi za vlakom A v razmiku blokovnega odseka (med prostornimi signali APB), približuje se prostornemu signalu številka 12, ker vlak A še ni sprostil odseka številka 22 in posledično APB signal št. 22 kaže signalni znak 1. »Stoj!«, signal APB 12 pa kaže signalni znak 3. »Previdno, pričakuj stoj«.

ETCS vlaka B to prepozna ter začne z izračunom zavorne krivulje na nacionalno nastavljeno hitrost sprostitve (ang. release speed) v primeru JŽI 30 km/h.

Proga je ravna in strojevodja vlaka B vidi, da je naslednji signal, torej APB 22 iz signalnega znaka stoj prešel v signalni znak za dovoljeno vožnjo, vendar ne pospeši, ampak še vedno zavira proti hitrosti 30 km/h, saj mu tako narekuje ETCS, vse dokler ETCS ne prevozi infil balise, od koder tudi on pridobi podatek, da se signal APB št. 22 lahko prevozi in na novo izračuna zavorno krivuljo ter dovoli večjo hitrost.

Z vidika upravljalca infrastrukture pa je upravljanje z nivojem 1 težje, saj je ob različnih spremembah progovnih hitrosti z razloga stanja infrastrukture ali vpeljanih počasnih voženj, na terenu treba namestiti nove balise, ter opraviti reprogramacijo obstoječih.

Omenjenega se v Sloveniji, a zdaj še ne počne, saj upravljalet nima dovolj usposobljenega osebja, da bi vsako počasno vožnjo zavaroval tudi v sistemu ETCS, kot je to npr. navada v Avstriji.

4.2.2 Nivo 2

Za opremljenost infrastrukture s sistemom ETCS nivo 2, je potrebna bistvena nadgradnja, saj balise ETCS na progi ne prenašajo več informaciji o signalih, hitrosti profilu proge ipd. Temveč so prisotne zgolj zaradi definiranja točne lokacije vozila (ponastavitve podatkov lokacije, ki bi zaradi zunanjih okoljskih dejavnikov, kot so drsanje koles z odometrom ETCS, vožnja v odklon na več kretnicah in posledično podaljšanje dejansko prevožene poti, lahko odstopali od lokacije, shranjene v računalniku.)

Sistem deluje preko obstoječega sistema GSM-R (gre za posebno komunikacijsko omrežje, katerega osnove temeljijo na sistemu civilne telefonije GSM, le da je tu dodana izbira -R (ang. Railroad).

Sistem lahko deluje tudi na progah brez fizične signalizacije, vsa dovoljenja za vožnjo se generirajo v računalniški centrali RBC, ki predstavlja signalnovarnostno napravo. Vozilo nato vzpostavi povezavo z RBC in stalno vzdržuje komunikacijo. ETCS računalnik vozila nato strojevodji da dovoljenja za vožnjo, oziroma ostale zahteve

centra za vodenje prometa prikazuje preko ETCS DMI. Zaradi možnosti motenj pa se v večini držav še vedno vgrajujejo signalne oznake, ki označujejo mesto tako imenovanih imaginarnih signalov, (ETCS točka ustavitve (ang. stop marker). Poleg njih pa nekatere države vgrajujejo tudi svetlobne signale, po navadi podobne premikalnim signalom, ki olajšajo premik na takšnih postajah, predvsem v primeru motenj na sistemu ETCS ali vlaku, vzdrževanju infrastrukture z vozili brez ETCS, reševanju z vlakom ali pomožni lokomotivi, ki ETCS nima vgrajenega.



Slika 19 ETCS, Stop marker
(Vir: Wikipedia, 2025)

4.2.3 Nivo 3

Od leta 2023 so sicer funkcionalnosti nivoja 3 združene v nivo 2, a zaradi lažjega opisa predstavljamo nivo 3 v svojem poglavju.

Nivo 3 predstavlja najnaprednejšo stopnjo ETCS in temelji na konceptu mobilnega bloka oziroma virtualnega blokovnega odseka. Za razliko od nižjih nivojev, kjer se položaj vlaka določa s pomočjo izolirk ali števcov osi in je proga razdeljena na fiksne blokovne odseke, ETCS nivo 3 omogoča natančno in stalno določanje položaja vlaka preko radijske komunikacije, kar omogoča boljšo izrabo zmogljivosti prog.

Pri omenjenem nivoju torej odpadejo fiksne signalne točke (ETCS stop marker), saj ETCS sam točke EOA lahko postavlja kjer koli vzdolž proge, glede na vlake na njej. Ker pa infrastrukturni del več ne nadzoruje prostosti oziroma zasedenosti odseka s fizično detekcijo (izolirke, števcji osi), morajo vsi vlaki na progi imeti možnost nadzora celovitosti vlaka. Torej zmožnost vlaka, da nadzornemu sistemu zagotavlja informacijo o svoji celovitosti (ang. train integrity) – potrdi, da ni prišlo do prekinitve kompozicije. To zahteva uporabo posebnih sistemov nadzora, kot je TIMS (Train

Integrity Monitoring System), kar predstavlja enega večjih izzivov, zlasti pri daljših in tovornih vlakih, ki sestojijo iz konvencionalnih tovornih vagonov brez kakršne koli električno-računalniške opreme.

Omogočeno je tudi mešano delovanje sistema, torej kadar po progi vozi več vlakov, ki izpolnjujejo zahteve nivoja 3, si ti sledijo v razmiku virtualnega blokovnega odseka, hkrati pa po progi vozi vlak v nivoju 2, ta pa mora počakati da infrastrukturni del ugotovi prostost fizičnega progovnega bloka ter nato podeli dovoljenje za vožnjo (MA) vlaku nižjega nivoja.

V praksi je zaradi tehničnih zahtev ta nivo še v fazi poskusnega obratovanja (npr. na Švedskem in v Združenem kraljestvu), medtem ko večina evropskih železniških sistemov še vedno uporablja ETCS Level 1 ali 2.

Fixed Blocks

Train 2 must wait until train 1 has completely left the block before it is allowed to enter it.



Moving Block

Blocks do not exist anymore, trains are driving in optimal distance.



*Slika 20: Shematični prikaz razlike med Nivojem 2 in nivojem 3
(Vir: Voie-libre, 2025)*

4.3 Načini delovanja

Ker v železniškem prometu nikoli ne poteka vse brez težav ali posebnosti, mora ETCS imeti določene možnosti odstopanja od delovanja brez posebnosti, to mora biti prilagojeno nacionalnim predpisom, ETCS pa mora imeti različno možnost nadzora, torej bodisi popoln nadzor pri navadni vlakovni vožnji, kot v primeru motenj, le delni nadzor maksimalne hitrosti vlaka ter ustavitve v primeru prevoza signala v legi za prepovedano vožnjo ETCS točke EOA (ang. End of authority).

4.3.1 Full Supervision (FS)

Gre za način popolnega nadzora vožnje vlaka, to pomeni, da sistem ETCS na vozilu daje polno zaščito pred prekoračitvijo hitrosti in vožnjo vlaka preko točke EOA. Strojevodja ne sme preseči dovoljene hitrosti in mora ravnati v skladu z dovoljenjem za vožnjo MA, sicer ETCS sproži bodisi delovno zavoro (popolno zavrtje), dokler hitrost ne pade pod predvideno, oziroma TRIP (hitro zaviranje s popolno izpraznitvijo GZV) do zaustavitve in uporabe premostitve (ang. override).

4.3.2 On Sight (OS)

Pri vožnji v načinu delovanja po preglednosti mora strojevodja vožnjo uravnavati tako, da ne preseže dovoljene hitrosti, ETCS v tem primeru ne nadzira najvišje progovne hitrosti, ampak le nacionalno hitrost, nastavljeno za ta način obratovanja, ob morebitnem prevozu točke EOA, še vedno pride do sprožitve TRIP.

Na JŽI se omenjeni sistem vklopi ob vožnji mimo signala, ki kaže signalni znak 9; »Previdna vožnja«, hitrost pa je smiselno omejena na 20 km/h na postajnem območju oziroma 100 km/h na odprti progi.

ETCS ima v načinu OS še vedno MA, le da do točke EOA ne bo izračunaval zavorne krivulje, točko EOA prepozna strojevodja na podlagi signalnih znakov oziroma ETCS stop marker oznake.

4.3.3 Staff Responsible (SR)

Način vožnje, polna odgovornost osebja. V tem načinu vožnje celotno odgovornost za vožnjo vlaka prevzame osebje, ETCS pa le nadzira, da je največja hitrost pod nacionalno hitrostjo za vožnjo v sistemu SR.

Pri izbiri Nivo 1 in začetku vlakovne vožnje ta do prvega signala opremljenega z ETCS balizo poteka v načinu SR. V tem načinu ETCS nima MA, a dopušča vožnjo na razdalji, določeni v nacionalnih nastavitvah do prve balize, kjer pridobi MA.

4.3.4 Unfitted (UN)

Vožnja v načinu brez sistema, v tem sistemu ETCS nadzoruje le najvišjo hitrost definirano v nacionalnih nastavitvah. Delno bi ga lahko enačili z nivojem 0.

4.3.5. Shunting (SH)

Vozila opremljena z ETCS je treba premikati v režimu SH, gre za način premikalne vožnje, pri čemer ETCS omejuje le razdaljo, hitrost pa premika glede na nacionalne vrednosti. Na JŽI je to do signala premikalni mejnik z največ 35 km/h. Pri tem načinu vlak lahko vozi mimo signalov v legi za prepovedano vožnjo, strojevodja torej prevzema popolno odgovornost za varno vožnjo. V primeru potrebe po premiku mimo signala premikalni mejnik oz. nacionalno določene točke za konec premika, mora strojevodja ročno izvršiti prehod v način delovanja SR (Staff Responsible), seveda mora za takšen prehod imeti potrebno dovoljenje prometnika ali progovnega prometnika.

4.3.6 Trip (TR) in Post trip (PT)

Način hitrega zaviranja v nevarni situaciji se sproži pri prevozu točke EOA, dani zahtevi za prisilno ustavitev, prevozu evrobalise z ukazom stoj (zaprt tir, gradbišče), izgubi povezave z RBC pri Nivoju 2, prevozu preko skupine evrobalis, ki je okvarjena do te mere, da bi lahko pomenila nevarnost prevozu mesta, kjer se pričakuje lokacija evrobalis, pa te manjkajo oziroma ostalih, za varen železniški promet, spornih situacijah.

Aktivacija Trip-a pomeni izpraznitev GZV in neizogibno ustavitev vlaka. GZV se v načinu delovanja TR ne da napolniti, za to je treba pridobiti nalog s strani prometnika ter način TR razrešiti. Vožnja se nato nadaljuje odvisno od navodil upravljalca ter nivoja ETCS:

- Nivo 1:
 - V načinu SR po pridobljenem dovoljenju za vožnjo do naslednjega signala kjer ETCS ponovno preide v način FS.
 - V načinu PT (način po razrešitvi načina TR), ta način dovoljuje premik nazaj za določeno razdaljo, namen načina PT pa je, da po pridobljenem dovoljenju za vožnjo vlak nemudoma ponovno prevozi evrobalise, ki so predhodno sprožile TRIP, ter preide v način delovanja FS.
- Nivo 2; Vlak v režimu PT počaka, da mu centrala RBC dodeli novo dovoljenje za vožnjo MA, ko tega prejme, preide v način FS.

5 SMISELNOST UPORABE SISTEMA ETCS NA JŽI

Evropski sistem za upravljanje železniškega prometa (European Train Control System – ETCS) je bil razvit z namenom poenotenja signalnovarnostnih sistemov v državah članicah Evropske unije. Osnovna ideja sistema temelji na interoperabilnosti, torej možnosti, da bi vlaki z uporabo enotne opreme in enotnih postopkov lahko neovirano prehajali med nacionalnimi omrežji brez potrebe po tehničnih ali postopkovnih prilagoditvah. V praksi pa se izkazuje, da ETCS, kljub svoji zasnovi, še ne dosega te ravni univerzalne uporabnosti.

Natančnejša analiza uporabe sistema ETCS razkrije, da gre dejansko za skupno tehnično platformo, ki pa jo vsaka država – oziroma vsak upravljalec železniške infrastrukture – implementira z določeno mero nacionalne prilagoditve. Te prilagoditve se nanašajo tako na tehnično konfiguracijo sistema (npr. uporabljeni nivo ETCS, struktura balis, način prenosa podatkov) kot tudi na operativna pravila, ki določajo delovanje sistema v posebnih situacijah, kot so motnje, načini delovanja ali prekinitve komunikacije.

Posledično se v praksi pojavlja situacija, kjer strojevodja, ki poseduje več nacionalnih licenc in je usposobljen za vožnjo z varnostno napravo ETCS v eni državi, nima samodejne pravice opravljanja iste funkcije v drugi državi, čeprav gre za enak varnostni sistem. Enako velja znotraj ene države, kadar različne železniške infrastrukture upravljajo ločeni subjekti – vsaka entiteta lahko predpisuje specifična dodatna znanja in postopke za uporabo sistema ETCS na svojem omrežju.

Konkretno se to lahko ponazori na primeru strojevodje podjetja Slovenske železnice – Vleka in Tehnika d. o. o., ki poseduje slovensko in avstrijsko nacionalno licenco ter je usposobljen za delo s sistemom ETCS v Republiki Sloveniji. Kljub temu tak strojevodja v sistemu ETCS brez dodatnega usposabljanja in certifikacije, ne more voziti vlakov na območju avstrijskega upravjalca infrastrukture ÖBB-Infrastruktur AG. Razlog za to tiči v specifičnih nacionalnih operativnih pravilih ter dejstvu, da se v Avstriji poleg ETCS nivoja 1 uporablja tudi nivo 2, ki zahteva drugačne postopke upravljanja in odzivanja v primeru motenj.

Takšna ureditev pomeni, da osnovni namen sistema ETCS – interoperabilnost in poenotenje železniškega nadzora – v trenutni obliki še ni uresničen. Strojvodje morajo pridobivati dodatna, lokalno specifična znanja, kar podaljšuje čas usposabljanja, ustvarja dodatne stroške in zmanjšuje fleksibilnost v mednarodnem prometu. Poleg tega to pomeni dodatno obremenitev za upravljavce železniških prevozov, saj morajo zagotavljati skladnost s številnimi različicami istega sistema.

Zato je upravičeno vprašanje, ali trenutna praksa uporabe sistema ETCS res sledi temeljnim evropskim načelom interoperabilnosti in poenotenja. Ta dvom je pri

raziskavi predstavljal pomembno izhodišče za nadaljnjo obravnavo uporabnosti sistema ETCS v Sloveniji ter analizo njegovih prednosti in omejitev.

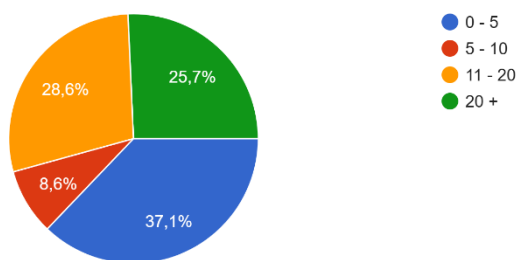
5.1 Anketna raziskava o uporabi in percepciji sistema ETCS med strojevodji Slovenskih železnic

Za boljše razumevanje dejanskega stanja uporabe sistema ETCS v praksi smo izvedli spletno anketo med strojevodji podjetja Slovenske železnice – Vleka in tehnika d. o. o. Vprašalnik je zajemal več vsebinskih sklopov: izkušnje strojevodij, pogostost uporabe ETCS, razumevanje sistema, mnenje o razbremenitvi odgovornosti v načinu Full Supervision (FS), zahtevo po vnosu počasnih voženj v sistem ETCS, stalnimi posodobitvami sistema tudi za čas investicijskih posegov na JŽI ter nekaj ostalih vprašanj, neposredno povezanih s sistemom ETCS ali aktivno varnostjo. Anketo je izpolnilo 35 strojevodji.

5.1.1 Delovne izkušnje na delovnem mestu strojevodja

Ker je sistem ETCS razmeroma nov varnostni sistem na železniški infrastrukturi, smo v uvodnem delu ankete najprej preverili delovne izkušnje anketirancev na delovnem mestu strojevodje. Namen tega vprašanja je bil pridobiti osnovni demografski vpogled v strukturo sodelujočih ter ugotoviti, ali gre pretežno za mlajše strojevodje z manj delovne dobe ali za bolj izkušene kadre z daljšo prakso. Ta podatek je pomemben za nadaljnjo interpretacijo rezultatov, saj lahko dolžina delovnih izkušenj, na drugi strani pa tehnična razgledanost, pomembno vpliva na poznavanje, razumevanje in sprejemanje sistema ETCS v praksi.

Koliko let že opravljate delo strojevodje?
35 odgovorov

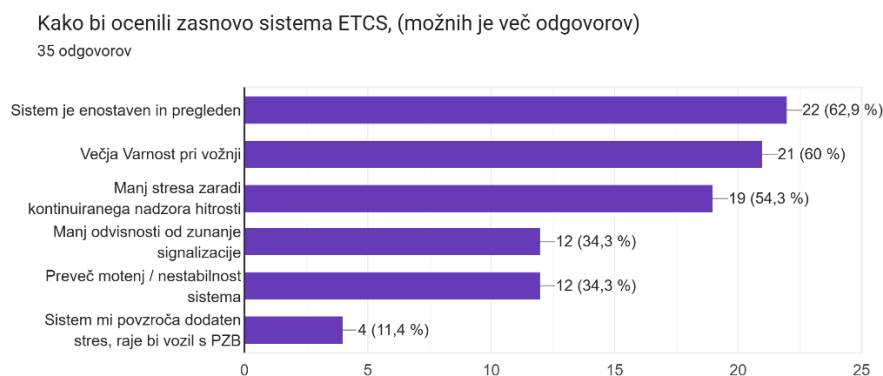


Slika 21: Prikaz izkušenj na delovnem mestu strojevodja v letih
(Vir: Anketni vprašalnik, 2025)

5.1.2 Ocena zasnove sistema ETCS s strani anketiranih strojevodij

Namen vprašanja je bil ugotoviti, kako uporabniki – predvsem strojevodje – doživljajo sistem ETCS v praksi. Zanimalo nas je, kako ocenjujejo njegovo preglednost, varnost, vpliv na stres med vožnjo in zanesljivost delovanja. Na vprašanje je bilo mogoče podati več možnih odgovorov.

S tem vprašanjem smo želeli izvedeti, katere lastnosti sistema uporabniki ocenjujejo kot pozitivne in katere jih morda motijo ali jim povzročajo težave pri vsakdanjem delu. Na ta način smo dobili boljši vpogled v to, kako dobro sistem deluje z vidika uporabnikov.



Slika 22: Prikaz mnenja anketiranih strojevodij v zvezi z zasnovo ETCS
(Vir: Anketni vprašalnik, 2025)

5.1.3 Razumevanja višjih nivojev ETCS

Namen tega vprašanja je bil preveriti, v kolikšni meri uporabniki sistema ETCS razumejo delovanje sistema kot celote, oziroma ali njihovo znanje zajema le tisti nivo, za katerega so bili konkretno izšolani. Z vprašanjem: »Ali se vam zdi, da ETCS razumete v popolnosti, ali samo nivo, za katerega ste bili izšolani?« smo želeli ugotoviti, ali uporabniki poznajo tudi delovanje višjih nivojev ETCS (npr. Nivo 2 in Nivo 3). Torej preveriti samoiniciativnost in splošno zanimanje za varnostno napravo, ki jo uporabljajo.

Večina vprašanih (23 od 35) je navedla, da razume le Nivo 1 sistema ETCS, za katerega so bili izšolani. Manjši delež (12 odgovorov) pa je izrazil, da pozna tudi princip delovanja celotnega sistema, vključno z Nivojema 2 in 3. Rezultati kažejo, da je poznavanje širšega delovanja sistema med uporabniki sicer omejeno, vendar se za celostno razumevanje ETCS zanima presenetljivo velik delež strojevodij, kar lahko

nakazuje na pripravljenost za nadaljnje usposabljanje ob morebitnem prehodu na višje nivoje sistema.

5.1.4 Vprašanja neposredno povezana z uporabo ETCS na JŽI

Sledilo je več vprašanj, ki so bila neposredno povezana z implementacijo sistema ETCS na Slovenskih železnica (JŽI). Namen teh vprašanj je bil pridobiti vpogled v dejanske izkušnje uporabnikov pri uvajanju sistema, zaznane prednosti in pomanjkljivosti ter vpliv nove tehnologije na njihovo vsakodnevno delo.

5.1.5 Se vam zdi, da je JŽI pripravljen na uvedbo sistema ETCS?

Večina vprašanih (20 odgovorov) meni, da je JŽI na uvedbo pripravljena le delno, kar kaže na zadržanost glede trenutne pripravljenosti železniške infrastrukture, organizacijskih procesov ali kadrov. Tretjina vprašanih (12 odgovorov) ocenjuje, da JŽI ni pripravljen, medtem ko je le manjši delež anketiranih (3 odgovori) prepričan, da je pripravljenost popolna. Rezultati kažejo na splošno zaznano potrebo po dodatnih izboljšavah in prilagoditvah pred polno uvedbo sistema ETCS.

5.1.6 Omejitev odgovornosti strojevodje kadar vlak vozi v ETCS načinu FS

Na vprašanje, ali bi si strojevodje želeli podobne razbremenitve odgovornosti, kot jo v tujini omogoča vožnja v načinu ETCS FS (Full Supervision) – kjer strojevodja ne odgovarja za signalizacijo in progovne znake, temveč zgolj sledi informacijam prikazanim na DMI – je odgovorilo 35 udeležencev.

Od tega jih je 19 (54,3 %) odgovorilo z »da«, kar pomeni, da jasno podpirajo takšno ureditev. Preostalih 16 (45,7 %) je odgovorilo z »da, delno«, kar kaže na pogojno podporo, verjetno vezano na določene sistemske ali praktične pomisleke. Nihče ni odgovoril z »ne«, kar pomeni, da med vprašanimi ni nasprotovanja ideji razbremenitve odgovornosti v kontekstu popolnega nadzora sistema ETCS.

Rezultati kažejo na visoko stopnjo sprejemanja sprememb v pravni odgovornosti, ki jih prinaša digitalizacija nadzora v železniškem prometu. Strojvodje se večinsko strinjajo, da je ob zanesljivem sistemu in ustrezni zakonodajni podpori takšen pristop smiseln in zaželen.

5.1.7 Ali bi moral upravljalec JŽI zagotoviti vnos počasnih voženj v sistem ETCS?

Kar 33 vprašanih (94,3 %) je odgovorilo pritrdilno, kar jasno kaže, da strojevodje pričakujejo popolno integracijo informacij o progovnih omejitvah v sistem ETCS. Le 2 udeleženca (5,7 %) sta menila, da to ni potrebno.

Iz rezultatov je razvidno, da med uporabniki prevladuje prepričanje, da bi moral biti sistem ETCS popolnoma informacijsko podprt, kar vključuje tudi pošiljanje podatkov o počasnih vožnjah. Tak pristop bi izboljšal preglednost, zmanjšal možnost napak ter dodatno razbremenil strojevodje.

5.1.8 Izklop sistema ETCS za čas nadgradenj JŽI

V okviru nadgradenj železniške infrastrukture upravljalec JŽI trenutno izklaplja sistem ETCS, da bi se izognil zapletenim in ponavljajočim se posodobitvam sistema v posameznih fazah gradbenih del. Ta praksa je sprožila vprašanje, ali je takšen izklop upravičen oziroma legitimen, tudi z vidika uporabnikov sistema – strojevodij.

27 vprašanih (77,1 %) je odgovorilo, da upravljalec infrastrukture ne bi smel izklapljeti sistema, temveč bi moral zagotavljati stalno posodobitev ETCS, da bi vlaki lahko nemoteno vozili v tem načinu tudi med gradbenimi deli.

Le 8 udeležencev (22,9 %) meni, da je takšen izklop upravičen.

Rezultati kažejo, da večina strojevodij ne podpira izklapljanja sistema ETCS med nadgradnjami, saj pričakujejo, da bo sistem ostal dosleden in funkcionalen tudi v spremenjenih infrastrukturnih razmerah. To kaže na visoko stopnjo zavedanja o pomenu stalne digitalne podpore ter željo po čim manj prehodih med različnimi načini vožnje, ki lahko vplivajo na obremenjenost in varnost pri delu.

5.1.9 Poznavanje in razumevanje pisnih nalogov ETCS

V okviru vprašanja smo želeli ugotoviti, v kolikšni meri strojevodje poznajo pisne naloge, ki so predpisani v Sistemu varnega upravljanja (SVU) za delovanje v ETCS. Gre za šest različnih tipiziranih pisnih nalogov, ki so predvideni za specifične situacije, kot je na primer ETCS 01 – odobritev vožnje preko točke EOA.

Na vprašanje je odgovorilo 35 strojevodij, rezultati pa so naslednji:

- 7 odgovorov: »Da, poleg tega mi je kristalno jasno, kdaj se kateri nalog uporabi.«
- 12 odgovorov: »Da, vem da so nalogi v SVU predpisani, a ne vem, kdaj naj bi se uporabljali.«
- 16 odgovorov: »Ne.«

Analiza rezultatov ankete in odzivov strojevodij kaže na resno pomanjkljivost pri uvajanju pisnih nalogov, predvidenih v okviru Sistema varnega upravljanja (SVU) za delovanje v sistemu ETCS. Čeprav je v predpisih predvidenih šest različnih tipiziranih

pisnih nalogov, večina strojevodij njihove vsebine ne pozna ali pa ne ve, kdaj naj bi se uporabili. Uporaba v praksi je tako rekoč neobstoječa.

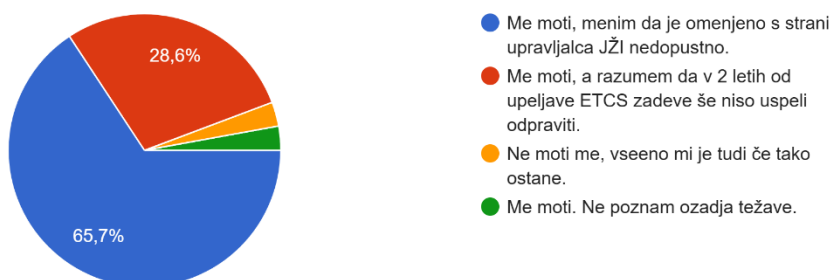
Ti pisni postopki so bili nekritično preneseni iz ureditve drugih držav, predvsem Nemčije in Avstrije, vendar brez prilagoditve slovenskemu okolju ter brez zagotovljenega sistematičnega usposabljanja uporabnikov. Nalogi tako formalno obstajajo, a niso vključeni v vsakodnevno delo in niso podprti z operativnimi navodili, primeri uporabe ali simulacijami.

Dejstvo sicer je, da so pisni nalogi najbolj uporabni in pomembni prav v ETCS Nivoju 2, kjer fizična signalizacija ob progi izgine, strojevodja pa je popolnoma odvisen od informacij, prikazanih na DMI (vmesniku v kabini). V takih okoliščinah pisni nalogi nadomeščajo signalne oznake in omogočajo varno nadaljevanje vožnje ob izpadih sistema ali v degradiranem načinu.

5.1.10 Napake prisotne od začetka vožnje z ETCS

Eden izmed konkretnih primerov, ki ponazarja nedoslednosti v implementaciji sistema ETCS, se nanaša na postajo Ljubljana Zalog. Na tej lokaciji sistem ETCS določa omejitev hitrosti 50 km/h tudi pri vožnji po prevoznem (glavnem) tiru, čeprav je dejanska konstrukcijska oziroma dovoljena hitrost na tem odseku 100 km/h. Ta nastavitev ni utemeljena z objektivnimi infrastrukturnimi omejitvami, temveč izhaja iz napačne ali površne konfiguracije podatkov v sistemu ETCS.

Podobno se pojavlja tudi nepotrebno znižanje hitrosti na 30 km/h pri vožnji v odklon, čeprav vozni red za potniške vlake predpisuje vožnjo s 50 km/h. Takšne neustrezne nastavitve omejujejo pretočnost prometa in povzročajo zmedo. Zato smo od strojevodij želeli ugotoviti ali jih omenjena problematika moti.



Slika 23: Prikaz mnenja o motnjah prisotnih že od začetka uporabe ETCS
(Vir: anketni vprašalnik, 2025)

5.1.11 Ostale stalne napake na območju kjer je ETCS predan v uporabo

Z vprašanjem o zaznanih stalnih napakah v delovanju sistema ETCS na območju JŽI smo želeli ugotoviti, kateri problemi se v praksi najpogosteje pojavljajo in kakšna je izkušnja strojevodij na terenih, kjer je sistem že v uporabi. Med 14 prejetimi odgovori so bili izpostavljeni naslednji najpogostejši in najbolj problematični primeri:

- Napake pri tranziciji med sistemi, zlasti na območju US Sevnica iz smeri Trebnje, kjer tranzicija v ETCS pogosto ne steče pravilno.
- Nepravilna interpretacija signalnih podatkov, kot na primer pri uvoznem signalu C postaje Zidani Most, kjer ETCS že bistveno pred dejanskim mestom spremembe progovne hitrosti naloži znižanje hitrosti na 35 km/h.
- Napačen ali neustrezen prehod med sistemi ETCS in PZB, kjer v primeru vožnje »na previdno« PZB ne aktivira predpisanih zaščitnih ukrepov (npr. vpliv 1000 Hz).
- Napačni ali nepotrebni prikazi na DMI, kot na primer na progi 10, kjer sistem opozarja na nivojske prehode, ki so dejansko že ukinjeni.
- Odstopanja med prikazano hitrostjo v ETCS in dovoljeno hitrostjo po voznem redu ali progovnih značilnostih, kar povzroča zmedo in potrebo po dodatni presoji s strani strojevodje.
- Težave z LEU enotami in odsotnost dovoljenja za vožnjo (MA) ob prehodih, kjer balise ali točke za prenos podatkov niso pravilno sinhronizirane.
- Neskladje med fizično postavljenimi oznakami (npr. table za omejitev hitrosti) in podatki v ETCS, kar negativno vpliva na zaupanje v sistem.

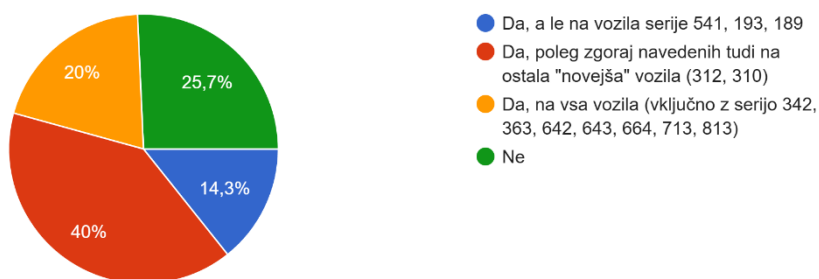
Ti odgovori jasno potrjujejo, da sistem ETCS v Sloveniji, kljub napredni zasnovi, v praksi še ni povsem stabilen in zanesljiv, saj vsebuje številne lokalne pomanjkljivosti, napake v podatkih, pa tudi napake v prehodih med sistemi. To dodatno poudarja potrebo po nadaljnjem razvoju, testiranju in odpravi znanih težav, v navezavi na prejšnje vprašanje pa pomeni, da bi moral upravljalec JŽI resneje pristopiti k rešitvi težav.

5.1.12 Vgradnja ETCS na ostala vozila

Z vprašanjem smo ugotavljali, ali uporabniki zaznavajo ETCS kot koristen varnostni sistem, katerega uvedbo bi podprli tudi širše, in ne le na povsem novih vlečnih vozilih, torej tam kjer je sistem tovarniško vgrajen. Hkrati nas je zanimalo, ali obstaja zavest o potrebi po poenotenju sistema na celotnem omrežju.

Ali se vam zdi smiselna vgradnja ETCS tudi na ostala vozila.

35 odgovorov



Slika 24: Vgradnja ETCS na ostala vozila
(Vir: anketni vprašalnik, 2025)

5.1.13 Predlogi za izboljšave sistema

V zaključnem odprtem vprašanju so anketiranci imeli možnost izraziti svoja mnenja in predloge glede nadaljnjega razvoja in uporabe sistema ETCS na JŽI. Od 12 odgovorov je večina izpostavila kritiko neizkoriščenosti sistema ter opozorila na številne nedoslednosti v njegovi uporabi.

Najpogostejše ponovljena pobuda je bila, da naj upravljalec končno aktivira ETCS na vseh progah, kjer je ta že tehnično nameščen, saj obstajajo celotni odseki (npr. Zidani Most–Celje), ki imajo vsa obratovalna dovoljenja, a sistem kljub temu ni vklopljen. To ustvarja občutek nedoslednosti, pomanjkanja načrta in celo nezainteresiranosti za ustrezno delovanje sistema.

Nekateri odgovori so opozorili tudi na tehnične pomanjkljivosti, kot je predlog za samodejno aktivacijo PZB zaščite (1000 Hz) v primeru neuspešne tranzicije iz ETCS v bližini nevarne točke. To kaže na visoko tehnično razumevanje anketirancev in njihovo pripravljenost sodelovati pri izboljšavah.

Eden od anketirancev je posebej izpostavil, da je implementacija sistema v Sloveniji videti "šlampasta", in dodal, da ETCS sicer ponuja visok varnostni potencial, a da je pri nas občutek, da se sistem izvaja brez jasne strategije ali zadostnega znanja.

Med bolj radikalnimi predlogi najdemo tudi mnenje, da naj se ETCS začasno izključi, dokler ne bo sistem deloval brez napak.

Pojavil se je tudi zanimiv predlog za implementacijo t.i. tempomata (samodejno vzdrževanje dovoljene hitrosti) v okviru ETCS, kar nakazuje usmerjenost uporabnikov v tehnološke nadgradnje. Naj poudarimo, da je v tem primeru za omenjeno odgovoren lastnik voznih sredstev, ki kljub zahtevi in plačilu omenjene funkcije (saj je bila del tehničnih zahtev razpisne dokumentacije) od proizvajalca vozila omenjenega ne zahteva.

Skupni imenovalec vseh teh odzivov je jasen: uporabniki si želijo stabilnega, dosledno implementiranega in tehnično dovršenega sistema ETCS, ki ne bo le formalen del opreme, temveč tudi dejanski pripomoček za varnejšo in zanesljivejšo vožnjo.

5.1.14 Dodatno varovanje počasnih voženj tudi z magnetom PZB 1000 Hz

S tem vprašanjem smo želeli preveriti, ali strojevodje podpirajo dodatno varnostno zaščito v obliki 1000 Hz tirnih magnetov pri signalnih oznakah, ki prikazujejo signalni znak 83.a ("Počasi" – rumeni lopar). Ta signal se uporablja za napoved počasne vožnje zaradi del ali drugih omejitev.

Cilj vprašanja je bil ugotoviti, ali uporabniki zaznavajo potrebo po dodatni prisilni zaščiti v primeru neupoštevanja znaka, saj trenutna ureditev v Sloveniji predvideva, da strojevodja znak sicer upošteva, a ni dodatno tehnično varovan, kot je to običajno pri glavnih signalih.

Zanimala nas je torej stopnja zaupanja v sistem samokontrole v primerih zmanjšanja hitrosti ter pripravljenost na uvedbo dodatnih (klasičnih) varnostnih ukrepov tudi v kontekstu ETCS ali v kombinaciji s PZB.

Na vprašanje, ali bi bilo smiselno nameščati 1000 Hz tirne magnetne pri signalnih oznakah, ki prikazujejo znak 83.a ("Počasi" – rumeni lopar), je večina sodelujočih izrazila podporo dodatni tehnični zaščiti. Največ jih je menilo, da bi bilo magnetne smiselno vgraditi pri hitrosti počasne vožnje 50 km/h ali manj (19 anketirancev), nekaj jih je prag postavilo celo na 40 ali 30 km/h. (5 anketirancev). Skoraj četrtina (8 anketirancev) jih meni, da bi bilo magnetne smiselno vgraditi povsod, ne glede na določeno hitrost počasne vožnje. Le trije pa so bili proti omenjeni ureditvi.

Rezultati kažejo na jasno naklonjenost dodatnim varnostnim ukrepom, zlasti v situacijah, kjer je povečano tveganje zaradi del na progi ali zmanjšane preglednosti. Strojvodje očitno menijo, da bi sistem moral vključevati večslojno zaščito, ki ni odvisna le od njihove pozornosti, ampak tudi od tehnične prisile v primeru neupoštevanja opozoril.

5.2 Povzetek rezultatov ankete

Rezultati ankete med strojevodji, ki ETCS sistem v Sloveniji uporabljajo, razkrivajo zaskrbljujočo raven nezadovoljstva z delovanjem upravljalca infrastrukture, družbe SŽ-Infrastruktura, d. o. o. Več kot tri četrtine anketiranih uporabnikov, od katerih jih večina opravlja delo strojevodje že več kot pet let, meni, da upravljalec ne izkazuje zadostne strokovne usposobljenosti, vizije ali odgovornosti pri vzdrževanju in modernizaciji železniške infrastrukture. Zlasti izstopa izrazito razočaranje nad uvedbo in upravljanjem naprednih signalnovarnostnih sistemov, kjer se po mnenju večine anketirancev kaže pomanjkanje resnosti, strokovnosti in dolgoročnega strateškega pristopa.

Anketa razkriva, da strojevodje zaznavajo počasno in neučinkovito odzivanje na potrebe sodobnega železniškega prometa, kar se kaže v neustreznem tehničnem vzdrževanju, odsotnosti jasne digitalne preobrazbe in neambicioznem uvajanju evropsko primerljivih varnostnih sistemov (npr. ETCS). Večina vprašanih meni, da se upravljalec preveč zanaša na zastarele prakse ter pogosto deluje zgolj reaktivno in administrativno, brez pravega posluha za tehnološki razvoj, pretočnost ali varnost v železniškem prometu.

Poleg tega so bili izpostavljeni resni dvomi o zmožnosti SŽ-Infrastrukture, da učinkovito usklajuje delovanje z Republiko Slovenijo kot lastnico infrastrukture. Uporabniki pogosto navajajo nepreglednost investicij, nejasne prioritete ter odsotnost strateške usmeritve države pri razvoju železnic kot ključnega dela trajnostne mobilnosti.

Posebno ostro kritiko je sprožila praksa izklapljanja sistema ETCS med infrastrukturnimi deli – kar 77,1 % strojevodij temu odločno nasprotuje. Uporabniki pričakujejo, da bo sistem ostal aktiven tudi v času gradbenih posegov, saj ti izklopi povečujejo obremenitev strojevodij, zmanjšujejo natančnost nadzora in večajo tveganje za napake. To kaže na jasno zaupanje v sistem ETCS in zahtevo po višji profesionalnosti pri njegovi integraciji in vzdrževanju. V tujini, kjer je ETCS že uveljavljen, se tovrstne situacije rešujejo s sprotnimi posodobitvami, medtem ko v Sloveniji izklop postaja norma.

Še en primer nedoslednosti je dolgotrajno neodpravljen motnja na postaji Ljubljana Zalog, kjer je zaradi omejitev hitrosti motena pretočnost prometa. Ta primer ilustrira širši problem: nepripravljenost upravljalca, da operativno rešuje osnovne tehnične napake tudi na ključnih točkah železniškega omrežja.

6 ZAKLJUČEK

Zbrani podatki in izpovedi strojevodij jasno kažejo, da SŽ-Infrastruktura, d. o. o. kot upravljalec železniške infrastrukture v Sloveniji ne izpolnjuje pričakovanj svojih neposrednih uporabnikov – niti na ravni tehničnega upravljanja niti pri strateškem razvoju. Anketirani strojevodje sistematično opozarjajo na pomanjkanje odzivnosti, strokovnosti ter preglednosti, kar vzbuja dvom v sposobnost upravljalca, da vodi prehod v sodoben in varen železniški prometni sistem.

Če Republika Slovenija kot lastnica infrastrukture ne bo nemudoma zahtevala višjih standardov upravljanja, okrepila institucionalnega nadzora in zagotovila kadrovsko ter tehnično prestrukturiranje upravljalca, obstaja resno tveganje, da bo slovenska železniška infrastruktura obstala na robu evropskih prometnih tokov – infrastrukturno, tehnološko in operativno.

S tem se zaključuje analiza stanja, ki ni zgolj kritika konkretnega upravljavca, temveč tudi poziv k celoviti reformi železniške politike v Sloveniji. Učinkovito, varno in sodobno upravljanje infrastrukture ni luksuz, temveč osnovna zahteva trajnostne mobilnosti, ki si jo zaslužijo tako uporabniki kot družba v celoti.

6.1 Predlogi za izboljšave

Na podlagi tehnične analize obstoječih varnostnih sistemov ter rezultatov ankete med končnimi uporabniki, strojevodji, se v nadaljevanju povzemajo ključni predlogi za izboljšanje učinkovitosti in zanesljivosti upravljanja železniške infrastrukture v Sloveniji.

6.1.1 Strateška modernizacija signalnovarnostnih sistemov

Slovenija bi morala oblikovati dolgoročni razvojni načrt za digitalizacijo železniškega omrežja. Ta mora vključevati jasen časovni okvir za implementacijo sistema ETCS in postopno opustitev zastarelih sistemov, kot je PZB, na progah, kjer ti niso več učinkoviti. S tem bi se povečala varnost, zmanjšala kompleksnost vmesnih rešitev ter spodbudila interoperabilnost z evropskim železniškim prostorom.

6.1.2 Zagotavljanje neprekinjenega delovanja sistema ETCS med gradbenimi deli

Na podlagi izsledkov ankete je razvidno, da končni uporabniki pričakujejo, da sistem ETCS ostane aktiven tudi v času infrastrukturnih posegov. Upravljalec bi moral slediti praksi naprednejših držav članic EU, kjer so delovišča opremljena s potrebno tehnično in podatkovno podporo za ohranjanje funkcionalnosti sistema.

6.1.3 Vzpostavitev standardiziranih postopkov za odpravljanje motenj

Primer dolgotrajnega omejevanja hitrosti na postaji Ljubljana-Zalog nakazuje na pomanjkljivo operativno odzivnost. Predlaga se oblikovanje protokola za hitro ukrepanje v primeru tehničnih okvar, ki bi vseboval maksimalno dopustni čas za odpravo napake ter odgovorne osebe za izvedbo ukrepov.

6.1.4 Večja vloga uporabnikov pri načrtovanju sprememb

Strojevodje kot ključni uporabniki varnostnih sistemov morajo biti sistematično vključeni v načrtovanje in uvajanje sprememb. Priporočena je ustanovitev stalne posvetovalne skupine uporabnikov, ki bi sodelovala v fazah testiranja, validacije in operativne implementacije novih tehnologij.

6.1.5 Redna strokovna izobraževanja in preverjanje znanja

Zaznani primanjkljaji v znanju pri izvajanju določenih postopkov (npr. uporabe pisnih nalogov) kažejo na nujnost spremembe rednega strokovnega usposabljanja. Predlaga se uvedba obveznih periodičnih preverjanj znanja tako uporabnike kot tudi za zaposlene pri upravljalcu. Rezultati preverjanja pa se odrazijo tudi pri izrednih napredovanjih.

6.1.6 Krepitev sodelovanja med državo in upravljalcem infrastrukture

Ker je Republika Slovenija lastnica železniške infrastrukture, mora kot regulator vzpostaviti strožji nadzor nad delovanjem družbe SŽ-Infrastruktura. Nadzor bi moral vključevati sprotno spremljanje ciljev interoperabilnosti, časovne izvedbe investicij in kakovost tehničnih rešitev.

6.1.7 Prilagoditev vloge Agencije za varnost železniškega prometa

Agencija za varnost železniškega prometa bi morala preusmeriti svojo nadzorno funkcijo iz predvsem kaznovalne naravnosti do zaposlenih – zlasti strojevodij – zaradi manjših napak, v smeri strateškega nadzora nad delovanjem vodilnih kadrov pri upravljalcu infrastrukture in železniških prevoznikih. Ključni poudarek bi moral biti na sistemski odgovornosti vodstva, ustrezni organizaciji varnostnih postopkov in preprečevanju ponavljajočih se sistemskih pomanjkljivosti, ki dolgoročno bolj ogrožajo železniški promet kot posamezne operativne napake.

7. LITERATURA IN VIRI

Interni dokumenti. (2016–2025). Ljubljana: Holding Slovenske železnice.

Matko, K. (2011). *Strokovna literatura za izobraževanje strojevodij 541*. Ljubljana: SŽ-Vit.

Navodilo o progi 200.07. (2024). Ljubljana: SŽ-Vit.

Priročnik za strojevodjo 200.10. (2014). Ljubljana: SŽ-Vit.

Priročnik za upravljanje 541. (2011). Ljubljana: SŽ-Vit.

Voie-libre.com (b.l.). *ETCS L3*. Pridobljeno 25. 2. 2025 z naslova <https://voie-libre.com/en/ertms-etcs-the-european-train-control-system/>

Wikimedia.org (2024). *Doppelgleismagnet*. Pridobljeno 2. 2. 2025 z naslova <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=35333481>

Wikimedia.org (b.l.). *ETCS DMI*. Pridobljeno 17. 2. 2025 z naslova https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/0/08/DMI_ETCS-areas.svg

Wikimedia.org (b.l.). *Feste Fahrbahn*. Pridobljeno 9. 2. 2025 z naslova https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/b/bf/Feste_Fahrbahn_FFB%C3%B6gl.jpg

Wikimedia.org (2006). *LZB ICE2*. Pridobljeno 9. 2. 2025 z naslova https://en.wikipedia.org/wiki/Linienzugbeeinflussung#/media/File:Ice2_mfa_on_lzb.jpg

Wikimedia.org (2017). *LZB ICE4*. Pridobljeno 9. 2. 2025 z naslova https://en.wikipedia.org/wiki/Linienzugbeeinflussung#/media/File:ICE_4,_F%C3%BChrerstands-Display_LZB.jpg

Wikimedia.org (b.l.). *LZB Antenne*. Pridobljeno 9. 2. 2025 z naslova https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/4/48/LZB-Antenne_189.jpg

Wikimedia.org (b.l.). *PZB80-95*. Pridobljeno 8. 2. 2025 z naslova <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/3/38/Pzb80-95.png>

Wikimedia.org (2020). *PZB 90 Betriebsprogramm*. Pridobljeno 7. 2. 2025 z naslova <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=25661685>

Wikimedia.org (b.l.). *PZB 100-140*. Pridobljeno 8. 2. 2025 z naslova <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/1/17/Pzb100-140.png>

Wikipedia (2025). *European Train Control System*. Pridobljeno 13. 1. 2025 z naslova https://en.wikipedia.org/wiki/European_Train_Control_System

Wikipedia.de. (2025). *European Train Control System*. Pridobljeno 17. 1. 2025 z naslova https://de.wikipedia.org/wiki/European_Train_Control_System

Wikipedia.org (2007). *Drei Gleismagnete eines Geschwindigkeitsprüfabschnittes*. Pridobljeno 8. 2. 2025 z naslova https://de.wikipedia.org/wiki/Geschwindigkeitspr%C3%BCfabschnitt#/media/Datei:GP%C3%9C_Ingolstadt.jpg

Wikipedia.org (2015). *ETCS-L1*. Pridobljeno 17. 2. 2025 z naslova https://en.wikipedia.org/wiki/European_Train_Control_System#/media/File:ETCS_L1_en.svg

Wikipedia.org (2014). *ETCS-L2 Stop marker*. Pridobljeno 17. 2. 2025 z naslova https://de.wikipedia.org/wiki/European_Train_Control_System#/media/Datei:Etcstopmarker.jpg

PRILOGA

Priloga 1: Vsebina ankete

Pozdravljeni, sem strojevodja SŽ-VIT, ob delu dokončujem študij logističnega inženirstva. Za lažji zaključek diplomske naloge sem se odločil ustvariti anketo, le-ta je del raziskave na temo uvedbe sistema ETCS na javni železniški infrastrukturi v Sloveniji. Z vašim mnenjem kot aktivni strojevodja prispevate ključen vpogled v uporabniški vidik sistema. Če ne upravljate z vozili z ETCS, a osnove poznate, lahko kljub temu prispevate svoje mnenje.

1. Koliko let že opravljate delo strojevodje?
 - 0 - 5
 - 5 - 10
 - 11 - 20
 - 20 +
2. Ali vozite vlak v sistemu ETCS
 - Da, redno. (Več kot 3x mesečno)
 - Da, občasno. (Manj kot 3x mesečno)
 - Ne, nimam licence za ETCS
3. Kako bi ocenili zasnovo sistema ETCS, (možnih je več odgovorov)
 - Sistem je enostaven in pregleden
 - Večja varnost pri vožnji
 - Manj stresa zaradi kontinuiranega nadzora hitrosti
 - Manj odvisnosti od zunanje signalizacije
 - Preveč motenj / nestabilnost sistema
 - Sistem mi povzroča dodaten stres, raje bi vozil s PZB
 - Drugo:
4. Se vam zdi da je JŽI pripravljen na uvedbo sistema ETCS
 - Da
 - Delno
 - Ne
5. Ali se vam zdi da ETCS razumete v popolnosti, ali samo nivo za katerega ste bili izšolani
 - Da, razumem tudi principe delovanja Nivoja 2 in Nivoja 3
 - Ne, razumem le Nivo 1

6. Ali se vam zdi takšna jurisdikcija in razbremenitev odgovornosti strojevodje smiselna?
 - Da
 - Da, delno
 - Ne
7. Ali menite da bi moral upravljalec infrastrukture tudi v Sloveniji zagotoviti vnos počasnih voženj v sistem ETCS
 - Da
 - Ne
8. Ali menite da upravljalec infrastrukture legitimno izklaplja sistem ETCS za čas nadgradenj JŽI
 - Da
 - Ne, upravljalec infrastrukture bi moral zagotavljati stalno posodobitev sistema ETCS tako da bi vlaki nemotoma vozili v sistemu ETCS tudi v času nadgradenj JŽI na isti lokaciji.
9. Ali veste da SVU predvideva šest različnih pisnih nalogov za uporabo v sistemu ETCS, kot npr. Pisni nalog ETCS 01; "Odobritev vožnje vlaka preko točke EOA"
 - Da, poleg tega mi je kristalno jasno kdaj se kateri nalog uporabi.
 - Da, vem da so nalogi v SVU predpisani, a ne vem kdaj naj bi se uporabljali.
 - Ne.
10. Kakšno mnenje imate v zvezi z napakami prisotnimi že od samega začetka uporabe ETCS.
 - Me moti, menim da je omenjeno s strani upravljalca JŽI nedopustno.
 - Me moti, a razumem da v 2 letih od upeljave ETCS zadeve še niso uspeli odpraviti.
 - Ne moti me, vseeno mi je tudi če tako ostane.
 - Drugo:
11. Poznate še kakšne stalne napake na območju JŽI kjer je ETCS predan v uporabo?
12. Ali se vam zdi smiselna vgradnja ETCS tudi na ostala vozila.
 - Da, a le na vozila serije 541, 193, 189
 - Da, poleg zgoraj navedenih tudi na ostala "novejša" vozila (312, 310)
 - Da, na vsa vozila (vključno z serijo 342, 363, 642, 643, 664, 713, 813)
 - Ne

13. Ali podpirate idejo namestitve 1000 Hz tirnih magnetov pri signalnih oznakah ki kažejo signalni znak 83.a "Počasi" (Rumen lopar) pred počasnimi vožnjami?

- Da, povsod
- Da, le kadar gre za počasno vožnjo enako ali nižjo od 50 km/h.
- Da, le kadar gre za počasno vožnjo enako ali nižjo od 40 km/h.
- Da, le kadar gre za počasno vožnjo enako ali nižjo od 30 km/h.
- Ne
- Drugo:

14. Ali imate še kakšno mnenje oziroma predlog s področja ETCS, katerega bi kot izboljšavo lahko izpostavili upravljalcu infrastrukture?