

## VOZOVI NAGIBNE TEHNIKE

**Mirnes Požegić, e- mail: mirnes.pozegic.96@gmail.com**

Univerzitet u Istočnom Sarajevu

**Mirzet Požegić, e- mail: mirzet.pozegic.3t2@gmail.com**

**Miroslav Đurić, e- mail:miicodjuriic@hotmail.com**

Saobraćajni fakultet Doboj

*Stručni članak*

**Sažetak:** Cilji istraživanja ovog rada jesu vozovi nagibne tehnike, vozovi nagibne tehnike se danas primjenjuju u svim razvijenim zemljama širom svijeta. Vozovi nagibne tehnike se počinju primjenjivati na teritoriji Bosne i Hercegovine od 2016. godine na relaciji Sarajevo-Banja Luka, vozovi koji se primjenjuju nazivaju se Talgo vozovi. Vozovi nagibne tehnike ostvaruju značajno veće brzine u odnosu na druga šinska vozila koja prolaze kroz krivinu određenom brzinom. Pantograf kod vozova nagibne tehnike mora ostati u vertikalnom položaju sa određenim pritiskom na kontaktnu mrežu što se ostvaruje sa posebnim nosećim stubovima unutar same konstrukcije voza.

**Ključne riječi:** vozovi velikih brzina, nagibna tehnika, pantograf.

## TRAINS TILTING TECHNIQUES

**Summary:** The objectives of this paper are tilting trains, tilting trains are currently used in all developed countries around the world. Tilting trains have been used on the territory of Bosnia and Herzegovina since 2016 on the Sarajevo-Banja Luka route, the trains that are used are called Talgo trains. Tilting trains achieve significantly higher speeds compared to other rail vehicles that pass through a curve at a certain speed. In the case of tilting trains, the pantograph must remain in a vertical position with a certain pressure on the contact network, which is achieved with special supporting pillars within the train structure itself.

**Keywords:** high speed trains, tilting technique, pantograph.

### 1. Uvod

Svi vozovi koji mogu razviti brzinu preko 160 km/h nazivaju se vozovi velikih brzina. Današnji savremeni vozovi postižu brzinu preko 300 km/h ali njihova infrastruktura je drugačija. Razvojem vozova velikih brzina dolazi do sve veće primjene nagibne tehnike. vozovi nagibne tehnike se danas primjenjuju u svim razvijenim zemljama širom svijeta. Vozovi nagibne tehnike se počinju primjenjivati na teritoriji Bosne i Hercegovine od 2016. godine na relaciji Sarajevo-Banja Luka, vozovi koji se primjenjuju nazivaju se Talgo vozovi. Vozovi nagibne tehnike ostvaruju značajno veće brzine u odnosu na druga šinska vozila koja prolaze kroz krivinu određenom brzinom. Pantograf kod vozova nagibne tehnike mora ostati u vertikalnom položaju sa određenim pritiskom na kontaktnu mrežu što se ostvaruje sa posebnim nosećim stubovima unutar same konstrukcije voza.

### 2. Vozovi nagibne tehnike

Nagibni voz je voz koji postiže veće brzine prilikom prolaska kroz određenu krivinu u odnosu na druga željeznička vozila koja nemaju ugrađene nagibne tehnike. Vozovi nagibne tehnike su takvi da prilikom prolaska kroz određenu krivinu određenom brzinom, svi objekti kao i putnici koji se nalaze u unutrašnjosti dobijaju određeni nagib. Nagib objekata ili putnika u unutrašnjosti zavisi

od brzine i smjera kretanja nagibnog voza. Nagibna tehnika je zaslužna za eliminisanje svih negativnih sila koje mogu uticati da objekti u unutrašnjosti padaju te putnici koji se nalaze u vozu ne osjećaju pritisak u laktovima a oni koji su u položaju stajanja neće izgubiti svoju ravnotežu.

Kod nagibni vozova samo gornji dio odnosno sanduk vagona ima određeni nagib u zavisnosti od smjera kretanja voza. Vozovi nagibne tehnike mogu imati konstrukciju kod koje inercionalne sile vrše naginjanje i takva tehnologija se naziva "*pasivna tehnika*" ili konstrukcija koja se nagine na osnovu računara i takva tehnologija se naziva "*aktivna tehnika*".

U prošlosti prije izuma tehnologija nagibne tehnike prilikom prolaska voza kroz krivinu javljale su se jake centrifugalne sile koje su stvarale određene neprijatnosti putnicima u toku putovanja. Vozovi nagibne tehnike se danas u najvećoj mjeri primjenjuju isključivo za prevoz putnika.

### 2.1. Historijski razvoj nagibne tehnike

Prva nagibna tehnika se pojavila u SAD-u 1937 godine. Nagibna tehnika se u prvom djelu svog razvoja primjenjivala na drumskim vozilima. Prva nagibna tehnologija je bila "*Pasivna tehnika*" koja se vremenom usavršavala.

Razvoj i unapređenje nagibne tehnike se obustavlja na početku drugog svjetskog rata kada su prestali sa radom i razvojem svih drugih tehnologija. Razvoj nagibne tehnike se nastavlja nakon završetka drugog svjetskog rata i kao takva počinje se prvo primjenjivati na željezničkim vozilima. Na željeznicama Njemačke, Italije, Španije, Francuske počinju se primjenjivati prva željeznička vozila sa nagibnom tehnikom.

Željezničko preduzeće Talgo Španija predstavlja prvu tehnologiju nagibne tehnike koja se i danas primjenjuje u skoro svim komercionalnim željeznicama širom svijeta. Takođe paralelno se razvija nagibna tehnika u Japanu i Italiji.

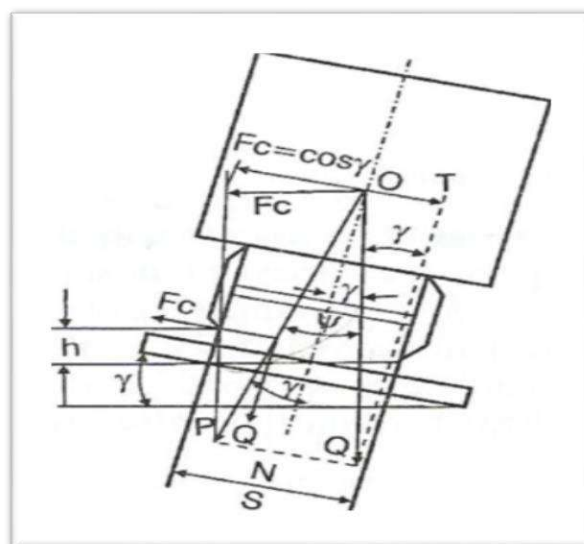
Najveću primjenu nagibne tehnike koja se danas koristi razvijena je u Italijanskoj automobilske industriji Fiat, nagibna tehnika razvijena u Fiatu koristi se danas na preko 500 različitih vozova širom Europe.

Nagibna tehnika je testirana i na samim putničkim kolima te takva tehnika se nije pokazala primjenjivom te se nakon kratkog vremenskog perioda odustaje od iste.

U današnjem svijetu najveću primjenu ima aktivna nagibna tehnika.

### 2.2. Problemi u dizajniranju nagibne tehnike

Kako ne bi došlo do vanrednog događaja na željeznici u pogledu iskakanja ili iskliznuća voza iz kolosijeka, potrebno je izvršiti smanjivanje centrifugalne sile koja djeluje na voz prilikom prolaska kroz određenu krivinu. Kako bi se centrifugalna sila smanjila ili u potpunosti uklonila vrši se izdizanje spoljne šine u krivini. Osim smanjivanje centrifugalne sile izdizanjem spoljne šine smanjuje se habanje šina i bandaža kod točkova željezničkih vozila.



Slika 4. Nadvišenje spoljne šine

(Izvor: Dr Milos Ivić „Željezničke pruge“ univerzitet u Beogradu Saobraćajni fakultet 2005)

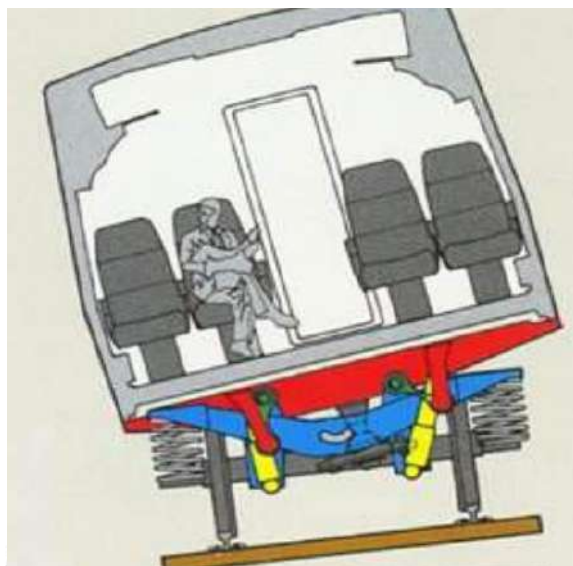
Kombinacija izdizanja spoljnje šine i nagibne tehnike utiče i na povećanje brzine vozova prilikom prolaska kroz krivinu. Ugao nagiba kod vozova nagibne tehnike definisan je u zavisnosti od brzine kretanja, potrebna su veća ekonomska ulaganja ukoliko se radi o većim brzinama.

### 3. Tehnologija nagibne tehnike

Prilikom razni putovanja, kod putnika se javlja bolest koja se zove „morska bolest“, svaki poremećaj pa čak i onaj koji nije toliko primjetna izaziva određene probleme pa se iz tog razloga pasivna nagibna tehnika nije pokazala kao pouzdana. Savremeni vozovi imaju sistemsku tehnologiju koja prepoznaje prugu te na osnovu položaja daje određeni nagib vozovima. Takva tehnologija nagibne tehnika može precizno poslati određeni nagib svakom pojedinačnom vagonu u vozu.

#### 3.1. Pasivna nagibna tehnika

Kod pasivne nagibne tehnike sanduci vagona se nalaze iznad težišta. Sa takvom konstrukcijom nagib se vrši na osnovu centrifugalni sila a dodatne vibracije su smanjene i ublažene sa amortizirajućim elementima.



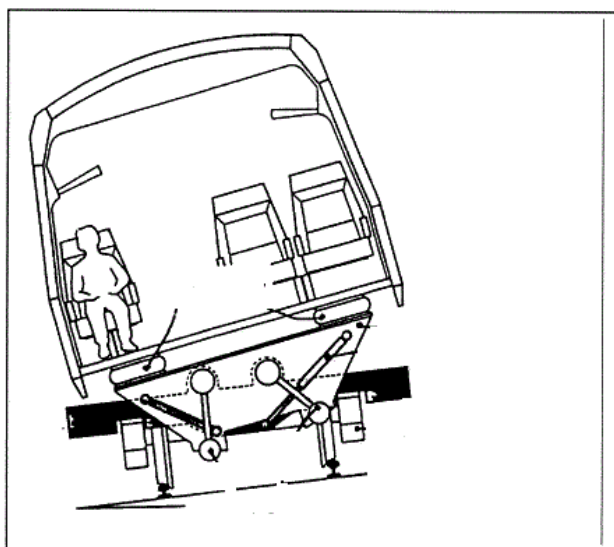
*Slika 2. Način rada pasivne nagibne tehnika*  
(Izvor: railway technology sa web sajta: <https://www.railway-technology.com/projects/alaris/attachment/alaris6/>)

Ugao nagiba kod pasivne nagibne tehnike maksimalno može iznositi  $3.5^\circ$ . Pasivna nagibna tehnika kod se koristi i za vozove na teritoriji Bosne i Hercegovine odnosno na Talgo vozovima.

Pasivna nagibna tehnika ne utiče na povećanje brzine, pasivna nagibna tehnika se koristi isključivo zbog udobnosti i konfora prilikom putovanja.

### 3.2. Aktivna nagibna tehnika

Kod aktivne nagibne tehnike postavljaju se hidraulični cilindri i električni motor, ovi elementi okretni moment prenosi u linearni te na taj način dolazi do naginjanja sanduka vagona. Maksimalni ugao koji se može postići sa aktivnom nagibnom tehnikom iznosi  $8^\circ$ .



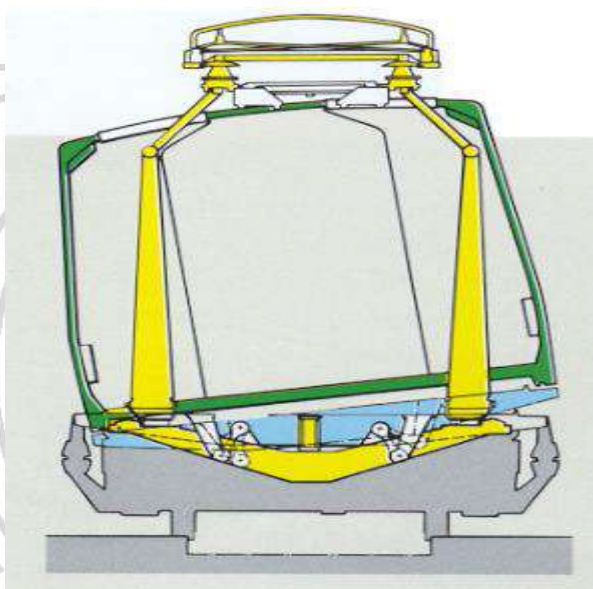
*Slika 3. Način rada aktivne nagibne tehnike*  
(Izvor: Anmol Karnik „High speed tilting trains“ sa web sajta: <https://anmolkarnik.wordpress.com/2012/10/09/high-speed-tilting-trains/>)

Takođe postoje i kombinovane nagibne tehnike, odnosno pasivna tehnika kod koje se nagib aktivno pokreće i zaustavlja.

#### 4. Položaj pantografa kod nagibne tehnike

Svi vozovi koji postižu brzinu preko 160 km/h nazivaju se vozovi velikih brzina, takvi vozovi se pokreću elektro vučom dok dizel vuča je znatno manje rasprostranjena. Da bi voz imao konstantnu vuču pantograf mora biti u neprekidnom kontaktu sa kontaktnom mrežom te pantograf mora vršiti određeni pritisak na kontaktnu mrežu. Pantograf električnu energiju prenosi do elektro motora, napravljen je od skupog materijala grafita koji se brzo troši.

Kako bi se omogućilo da se pantograf ravnomjerno troši uvijek mora biti u ravnom položaju sa kontaktnom mrežom.



*Slika 4. Položaj pantografa kod prilika nagiba*

(Izvor: what happened to tilting trains sa web sajta: <https://twsmmedia.co.uk/what-happened-to-tilting-trains/>)

Kako pantograf ne bi dobio određeni nagib prilikom prolaska voza kroz krivinu i time prekinuo dovod električne energije do elektro motora, pantograf se postavlja na određeni okvir koji omogućava njegovo pravilno držanje i neprekidni kontakt sa kontaktnom mrežom, okvir pantografa je nezavisan od rotirajućeg tijela odnosno sanduka vagona.

#### 5. Nedostaci nagibne tehnike

Priliko uvođenja vozova velikih brzina potrebno je izvršiti rekonstrukciju željezničke infrastrukture što zahtjeva dodatne troškove. Ukoliko se željeznička pruga u većem djelu nalazi u pravcu nagibna tehnika nema uticaja te se stoga ne isplati, na dizajn nagibne tehnike utiče u



bočne prepreke kao što su tuneli. Nagibna tehnika je podložna kvarovima te iz tog razloga vozovi koji su na redovnim pregledima i opravkama značajno se duže zadržavaju u radionicama.

## 6. Zaključak

Većina razvijenih zemalja širom svijeta suočava se sa saobraćajnim problemima koje se ogledaju u zagušenju drumski saobraćajnica, a sa druge strane predugo zadržavanje na aedromima, rešenje su pronašli u željezničkom saobraćaju kao povoljan odnos kvaliteta, komfora i cijene putovanja. Vozovi velikih brzina nude povoljne usluge za brza i udobna putovanja. Iako su vozovi već od samog postojanja nudili veću udobnost putnicima u putovanju vremenom su se razvijale nove tehnologije koji će taj konfort znatno povećati. Jedna od tih tehnologija jeste nagibna tehnika. Da bi se primjenila nagibna tehnika na vozovima velikih brzina većina željezničke infrastrukture se mora rekonstruisati što izaziva ekonomske troškove. S obzirom da nagibna tehnika koja se primjenjuje omogućuje veće brzine, veću udobnost prilikom putovanja ekonomski troškovi su zanemarivi. Na teritoriji Bosne i Hercegovine koriste se vozovi nagibne tehnike odnosno Talgo vozovi željezničke kompanije Španije, Talgo vozovi su sa pasivnom nagibnom tehnikom.

## 7. Literatura

- [1] Dr Milos Ivić „Željezničke pruge“ univerzitet u Beogradu Saobraćajni fakultet 2005
- [2] railway technology sa web sajta: <https://www.railway-technology.com/projects/alaris/attachment/alaris6/> (datum pristupa 02.05.2021)
- [3] Anmol Karnik „High speed tilting trains“ sa web sajta: <https://anmolkarnik.wordpress.com/2012/10/09/high-speed-tilting-trains/> (datum pristupa 04.05.2021)
- [4] what heppened to tilting trains sa web sajta: <https://twsmmedia.co.uk/what-happened-to-tilting-trains/> (datum pristupa 04.05.2021)