



HRVATSKA KOMORA INŽENJERA GRAĐEVINARSTVA

Dani Hrvatske komore inženjera građevinarstva 2020.

Novi sustav pričvršćenja za prednapregnuti betonski prag B 70

prof.dr.sc. Stjepan Lakušić, Tomislav Debeljak,
doc.dr.sc. Mario Uroš, Maja Baniček, Renato Jagustović

prof.dr.sc. Stjepan Lakušić, dipl.ing.građ., Građevinski fakultet, Sveučilište u Zagrebu

Tomislav Debeljak, DIV GRUPA d.o.o.

doc.dr.sc. Mario Uroš, dipl.ing.građ., Građevinski fakultet, Sveučilište u Zagrebu

Maja Baniček, mag.ing.aedif., Građevinski fakultet, Sveučilište u Zagrebu

Renato Jagustović, DIV GRUPA d.o.o.

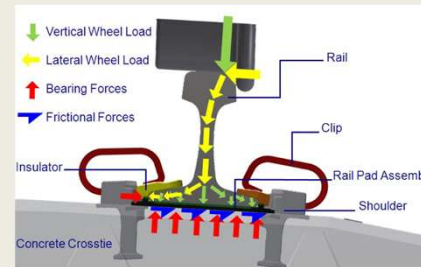


Sustav za pričvršćenje

- Problemi koji se javljaju na željezničkim kolosijecima:
 - **Povećanjem brzina** željezničkih vozila i razvojem brzih željeznica zadnjih desetljeća, znatno su se **povećale dinamičke sile** koje djeluju konstrukciju željezničkog kolosijeka.
 - **Slijeganje** pojedinih slojeva i **degradacija** kolosiječne konstrukcije.
 - Da bi se smanjile dinamičke sile i poboljšala kvaliteta kolosijeka, ugrađuje se **elastični sustav za pričvršćenje** koji povezuje tračnice i pragove.
 - Kod betonskih pragova potrebno je ugraditi elastični element između praga i tračnice – podtračničku podlošku, kako bi se **ublažili udarci i smanjila velika krutost betonskih pragova**.
 - Sustav za pričvršćenje je najvažniji element koji određuje kvalitetu kolosijeka.



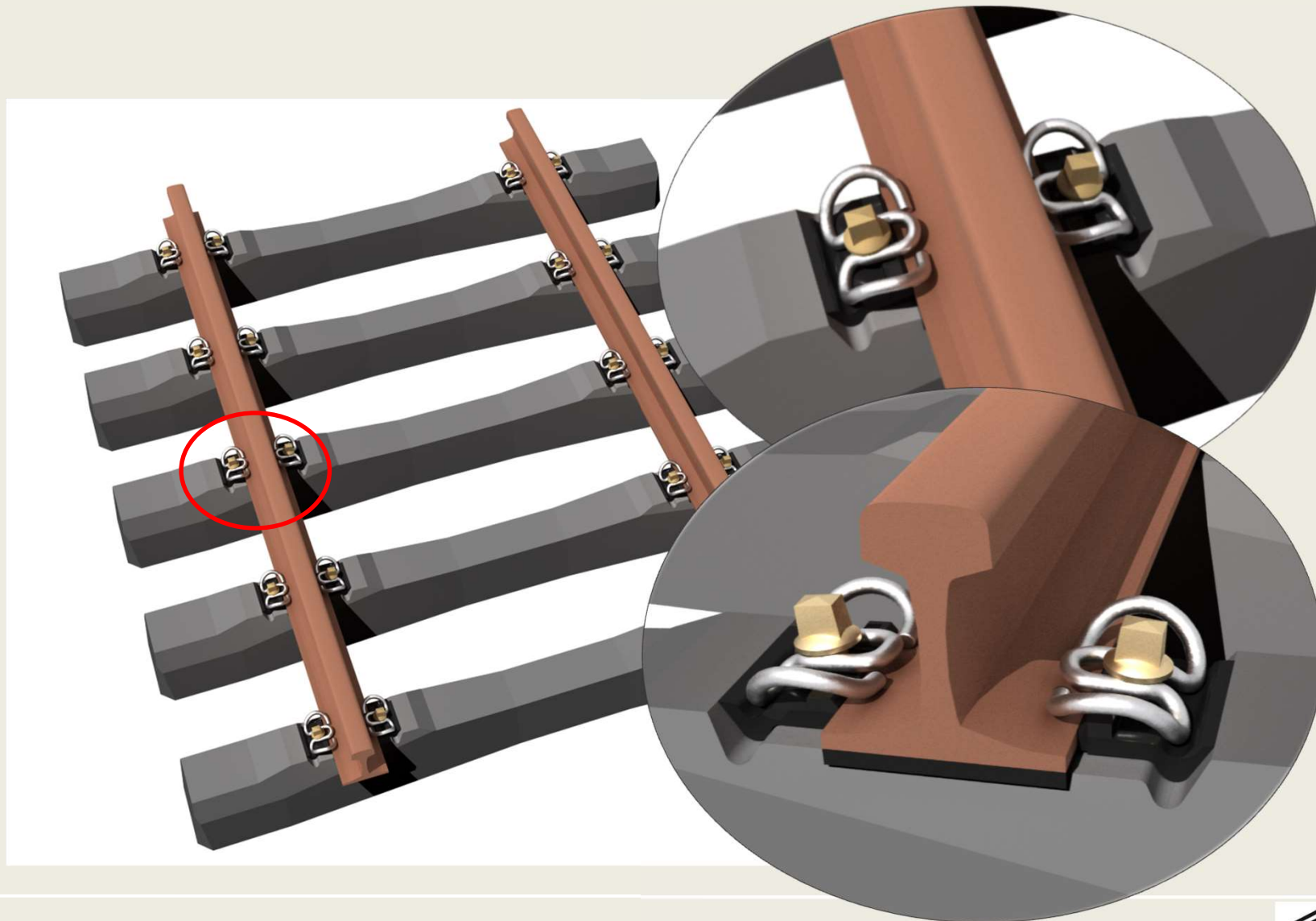
Sustav za pričvršćenje



- Glavne funkcije:
 - **Prijenos sila s tračnica na prag.**
 - **Osiguravanje nepromijenjive pričvrzne sile** tijekom vremena.
 - **Nepromjenjivost elastičnog ponašanja** kroz vrijeme i trajnost svih elemenata kolosijeka.
 - **Niski troškovi i jednostavnost montaže i održavanja**, te osiguranje udobnosti putnicima.
 - **Što veće prigušenje vibracija i udarnih opterećenja** uzrokovana prometom.
 - Održavanje **širine kolosijeka** u određenim tolerancijam.
 - Osiguranje **električne izolacija** između tračnica i pragova, pogotovo u slučaju betonskih i čeličnih pragova.

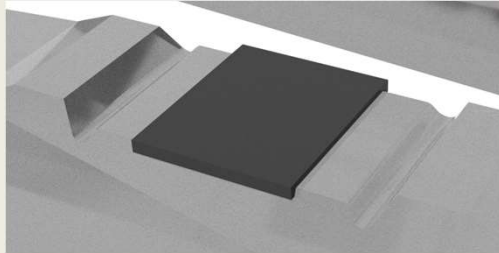


Sustav za pričvršćenje



Elementi sustava za pričvršćenje

- Podtračnička podloška – smanjuje vibracija, udarna opterećenja, vibracije nastale nepravilnostima na voznoj površini tračnice ili kotaču željezničkog vozila – postoje razne vrste podložaka i oni se najčešće proizvode od polimernih i elastomernih materijala



- Pritiskalica - ostvaruje pričvrsnu silu na nožici tračnice i osigurava nepromjenjivost pričvrsne sile tijekom vremena

- Opužni čelik visoke čvrstoće:
 - Granica tečenja: 1100 – 1300 MPa
 - Vlačna čvrstoća: 1350 – 1500 MPa



Elastična sila pričvršćenja

- Kod povećanih naprezanja u tračnici uzrokovanih dinamičkim djelovanjima koja se javljaju uslijed prolaska željezničkog vozila po tračnici, elastična sila pričvršćenja tračnice za prag igra najvažniju ulogu.
- Ona osigurava elastično prihvaćanje tračnice pri njezinom vertikalnom kretanju, amortizira vibracije te ostvaruje veliku otpornost uzdužnom pomicanju te bočnom zaokretanju tračnice (Lakušić, Bartoš and Bajić, 2008).
- Osigurava stalni kontakt tračnice i pragova te mora biti dovoljna za sve slučajeve opterećenja, čak i u slučaju istrošenja pojedinih komponenata (Lakušić, Bartoš and Bajić, 2008).



SKL-14 - VOSSLOH



- https://www.vossloh.com/en/products-and-solutions/product-finder/product_11018.php

SKL-14 - VOSSLOH

- Značajke

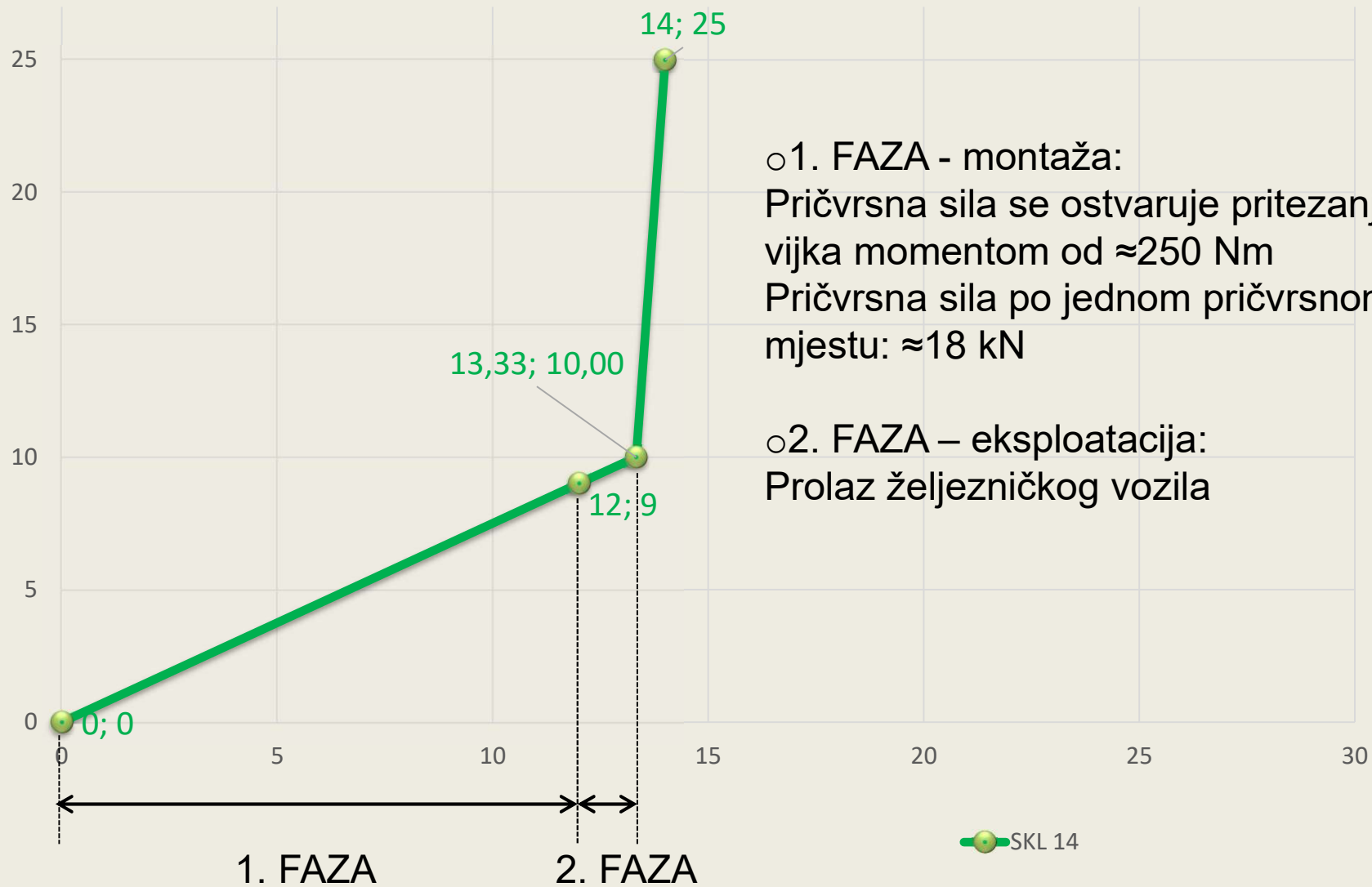
Prednosti:

- Velikom elastičnom deformacijom postiže se elastična sila pričvršćenja.
- U kombinaciji s podloškom ovaj sustav ima dobro svojstvo prigušenja vibracija, čime se povećava udobnost putovanja.

Mane:

- Elastična sila pričvršćenja se postiže pritezanjem vijka - zahtjeva redovito pritezanje vijka kako bi se održala nepromijenjiva sila pričvršćenja.
- Koncentrirana naprezanja na dijelovima pritiskalice – ubrzano trošenje i umornost materijala na tim mjestima – moguće puknuće pritiskalice uslijed ponavljanih sila velikih amplituda.

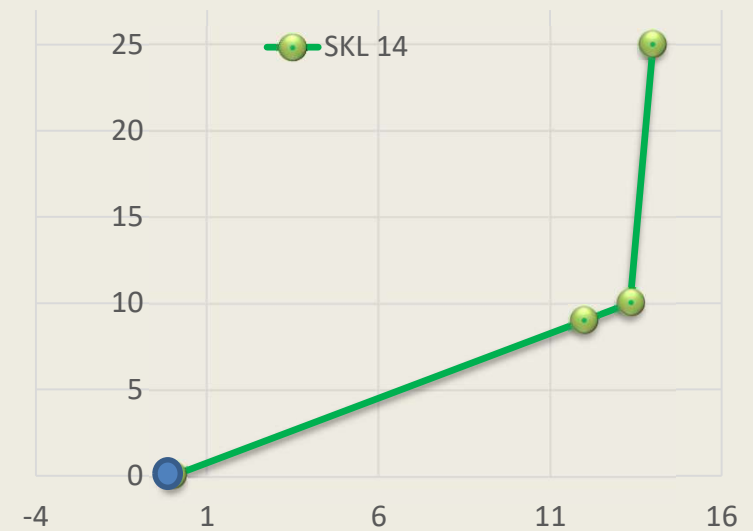
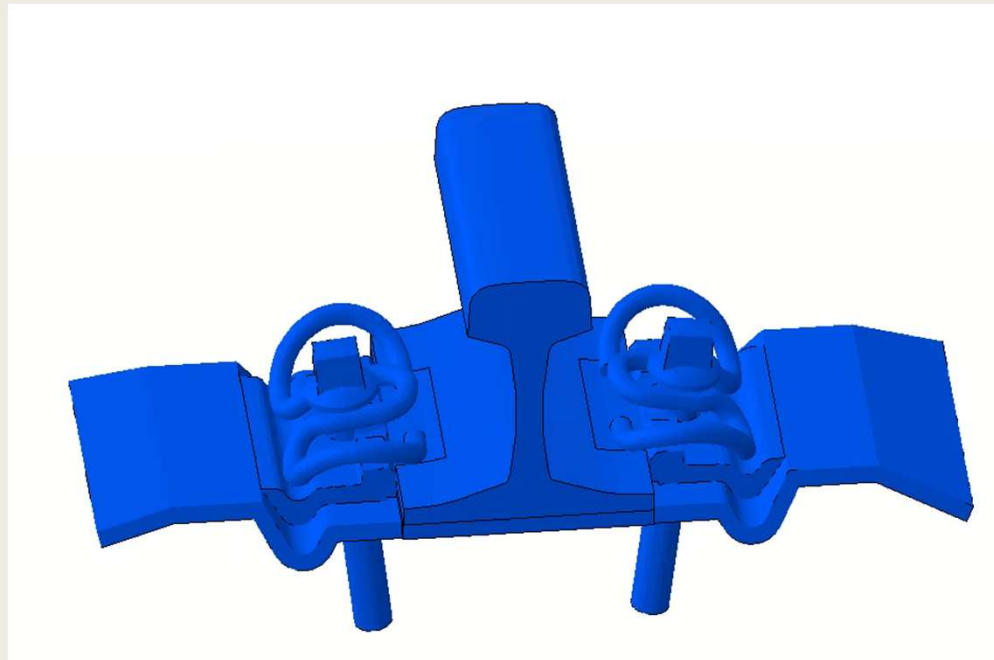




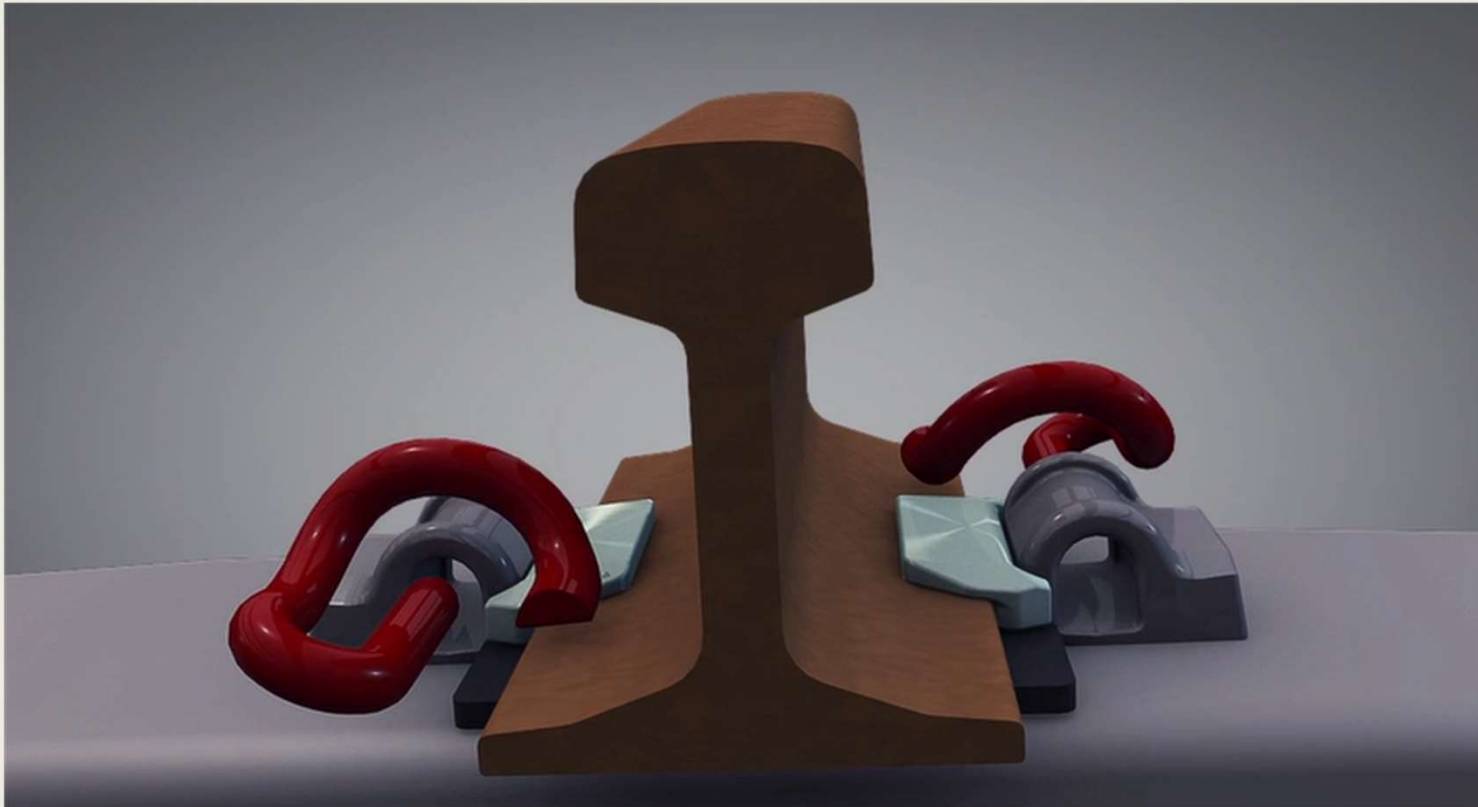
- 1. FAZA - montaža:
Pričvrsna sila se ostvaruje pritezanjem vijka momentom od ≈ 250 Nm
Pričvrsna sila po jednom pričvrsnom mjestu: ≈ 18 kN
- 2. FAZA – eksploatacija:
Prolaz željezničkog vozila

SKL-14 - VOSSLOH

- Simulacija montaže sustava za pričvršćenje



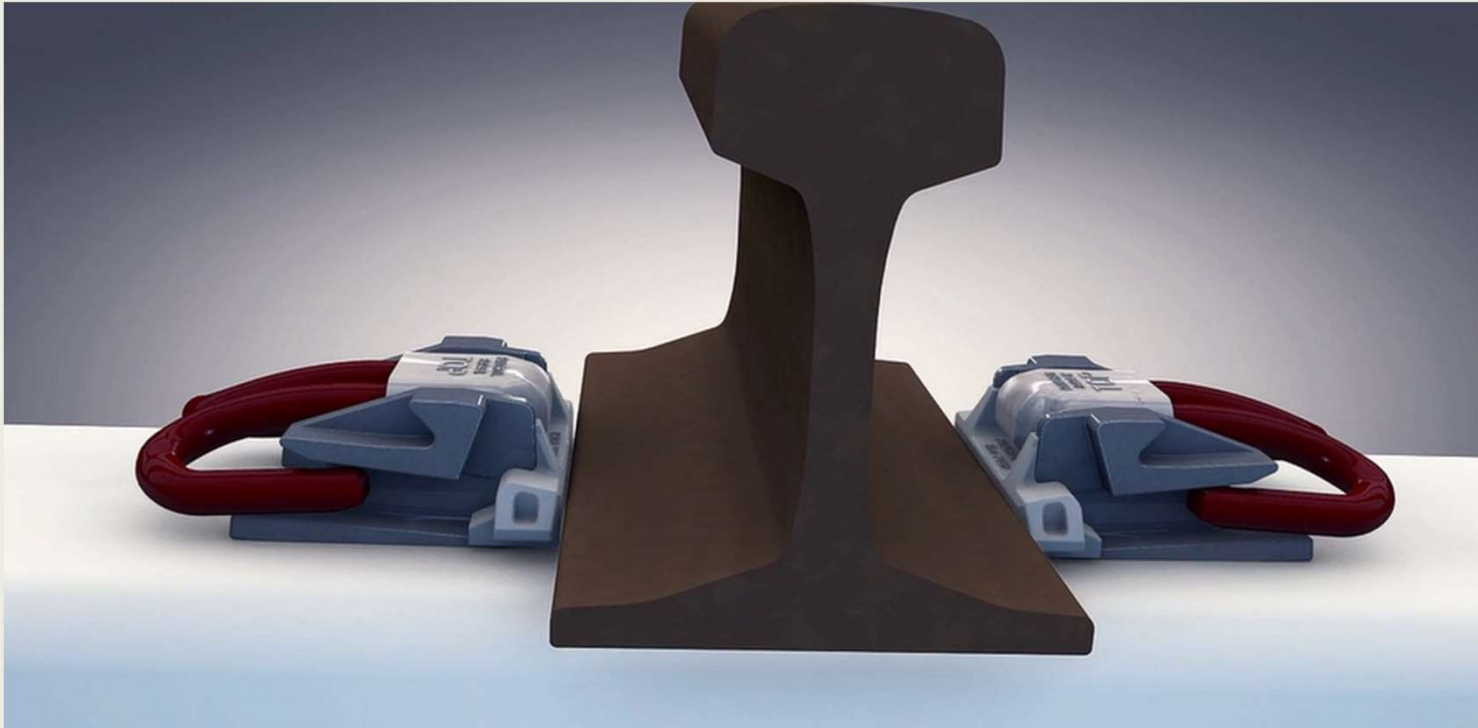
e2000 - PANDROL



- <https://www.pandrol.com/us/product/fastclip-fc/>



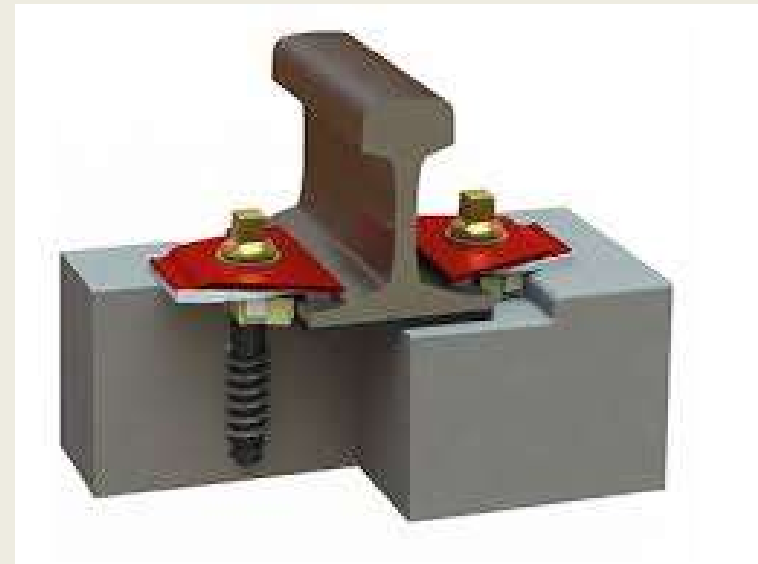
Fastclip - PANDROL



- <https://www.pandrol.com/us/product/fastclip-fc/>

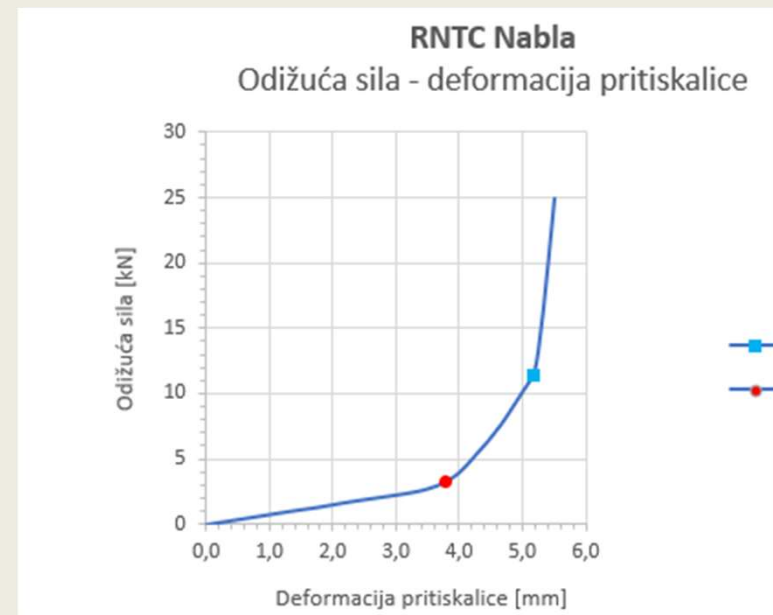
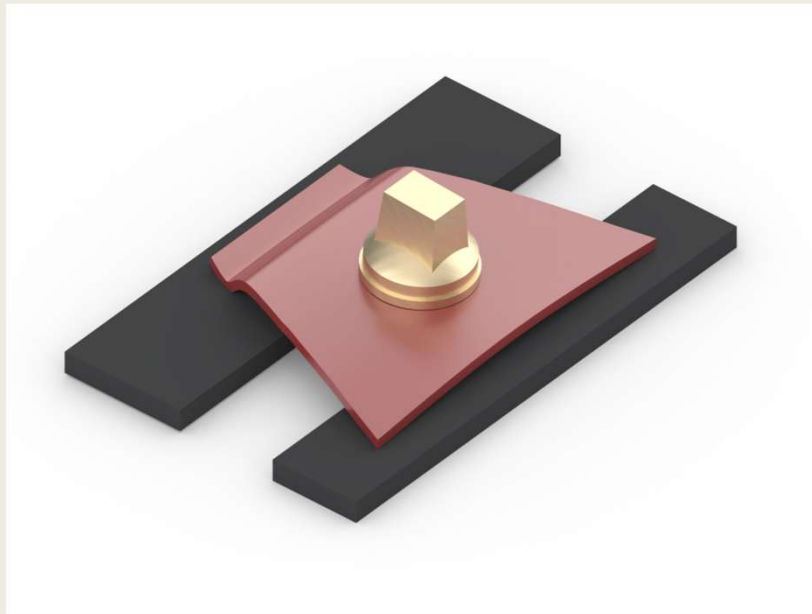
Nabla - PANDROL

- Prednosti:
 - Vrlo dobrih elastičnih svojstava
 - Osigurava nepromijenjivu pričvrсну silu tijekom vremena
- Nedostaci:
 - Nije namijenjena za tip praga B 70
 - Pričvrсна sila ostvaruje se pritezanjem vijka (redovito pritezanje vijka)



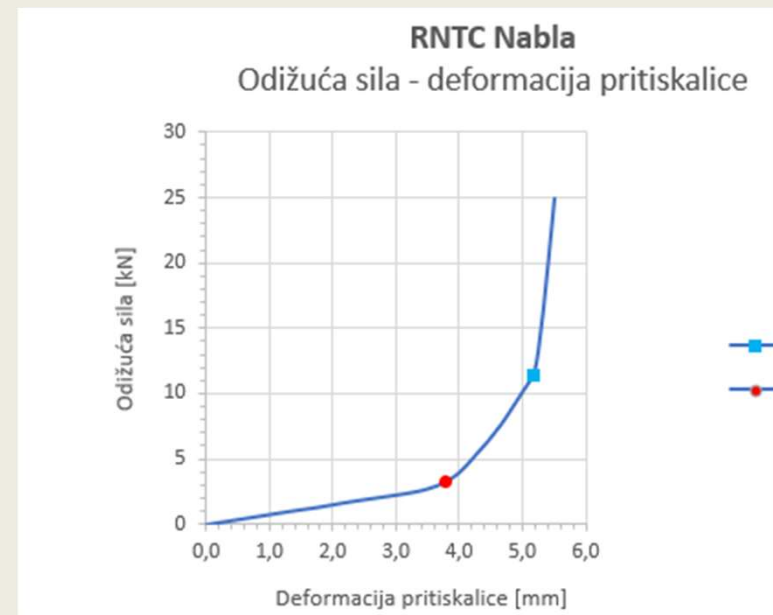
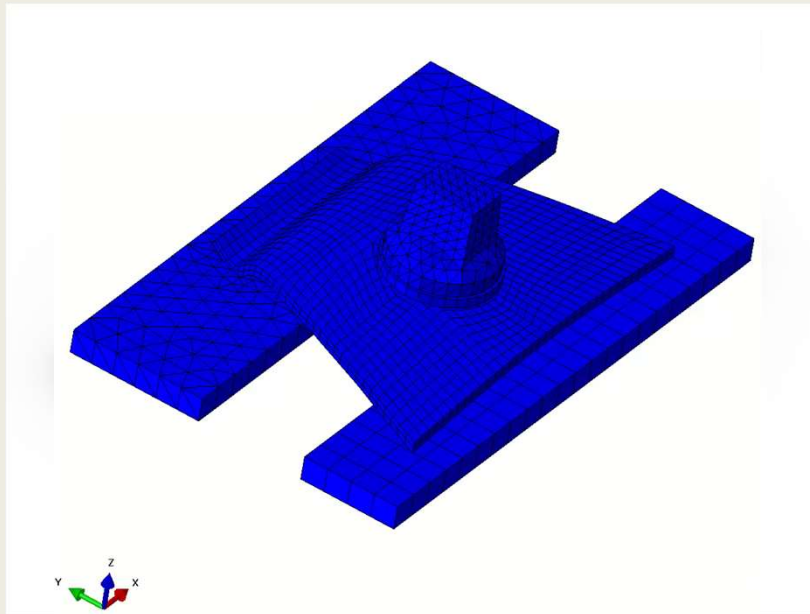
Nabla - PANDROL

- Simulacija montaže sustava za pričvršćenje W-14



Nabla - PANDROL

- Simulacija montaže i eksploatacije sustava za pričvršćenje Nabla



Projekt „Razvoj DIV elastične kopče”

1. FAZA: INDUSTRIJSKI RAZVOJ DIV ELASTIČNE KOPČE

1.1. Razrada konstrukcijskih modela elemenata DIV elastične kopče

(razrada numeričkih modela -> 9 inicijalnih modela -> odabir 3 najbolja modela)

1.2. Razvoj alata za proizvodnju elemenata DIV elastične kopče

1.3. Interna ispitivanja probnih serija DIV elastične kopče

1.4. *Ispitivanja DIV elastične kopče u laboratorijima*

(ispitivanja 3 prototipa -> odabir 1 optimalnog modela)

1.5. Razvoj postupaka i strojeva za montažu i demontažu DIV elastične kopče

1.6. *Izrada projekta probne dionice*

*(glavni projekt probne dionice -> 200 m - 100 m referentna dionica SKL-14,
100 m DIV kopča)*

1.7. Zaštita intelektualnog vlasništva



Projekt „Razvoj DIV elastične kopče”

2. FAZA: EKSPERIMENTALNI RAZVOJ DIV ELASTIČNE KOPČE

2.1. *Izgradnja probne dionice i postavljanje mjerne opreme*

2.2. *Ispitivanja DIV elastične kopče na probnim dionicama*

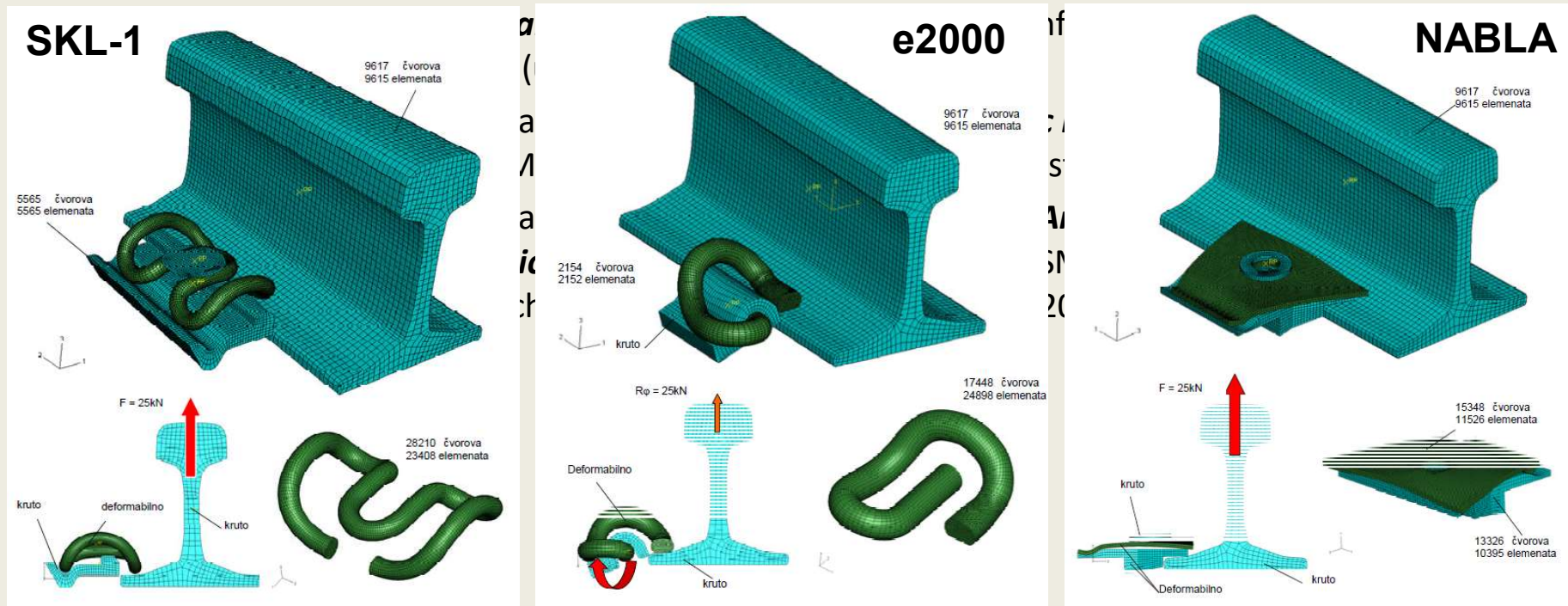
2.3. Priprema za komercijalizaciju DIV elastične kopče



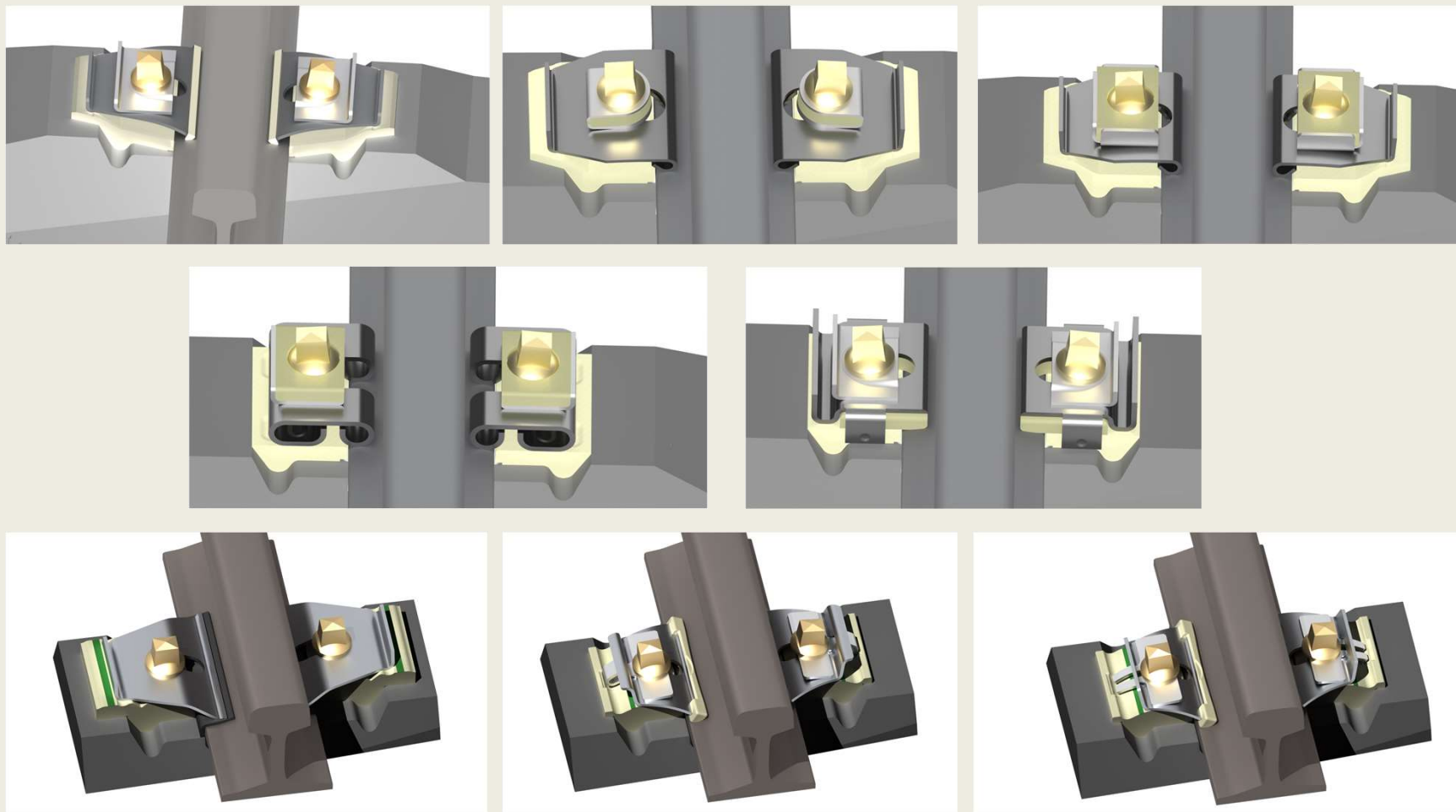
Prethodna istraživanja

PRETHODNA ISTRAŽIVANJA

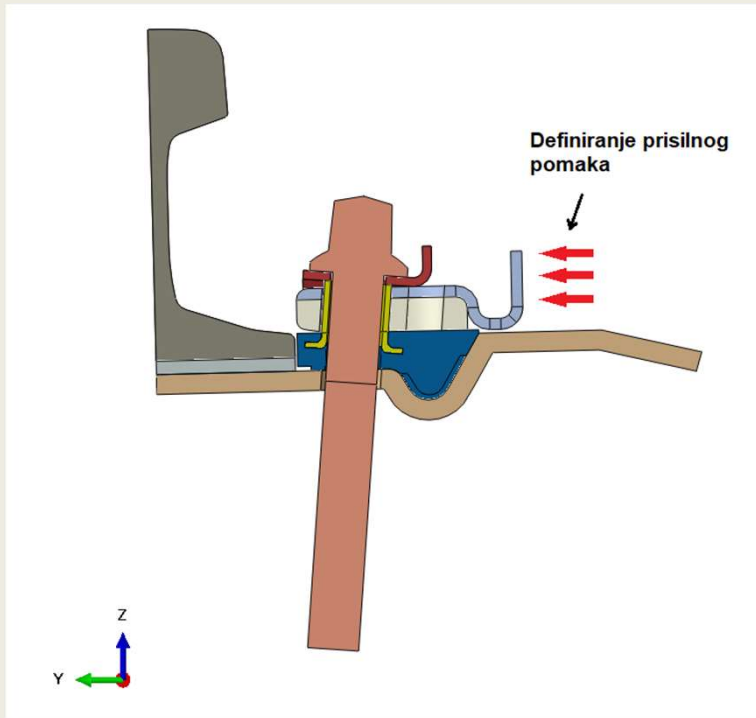
- Lakušić, Stjepan; Bartoš, Dalibor; Bajić, Ante Goran: ***Analiza elastičnih pritiskalica za pričvršćenja tračnica.*** // ŽELJEZNICE 21. 7 (2008) , 3; 7-12
- Lakušić, Stjepan; Bartoš, Dalibor; Tkalčević Lakušić, Višnja: ***Experimental and numerical study***



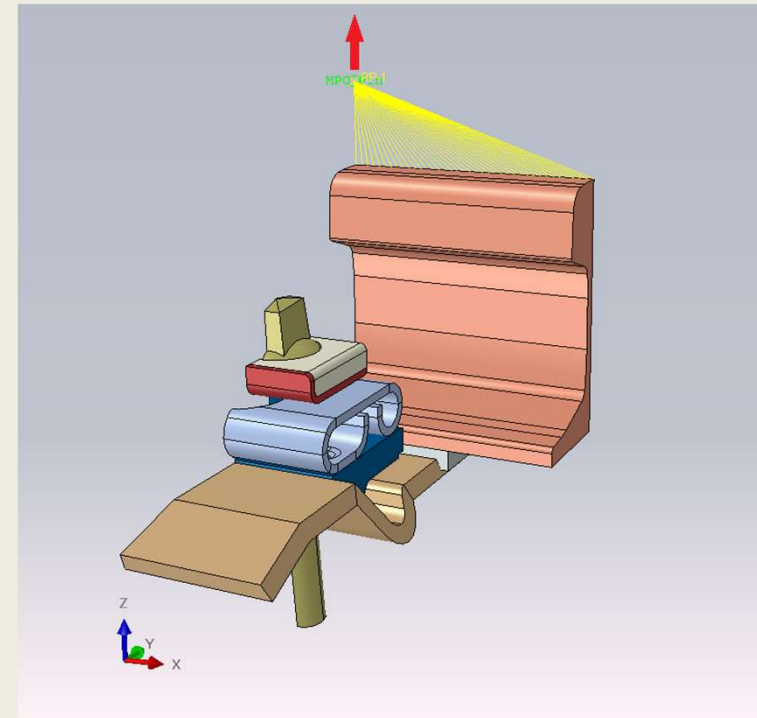
Razvoj novog sustava za pričvršćenje – varijante



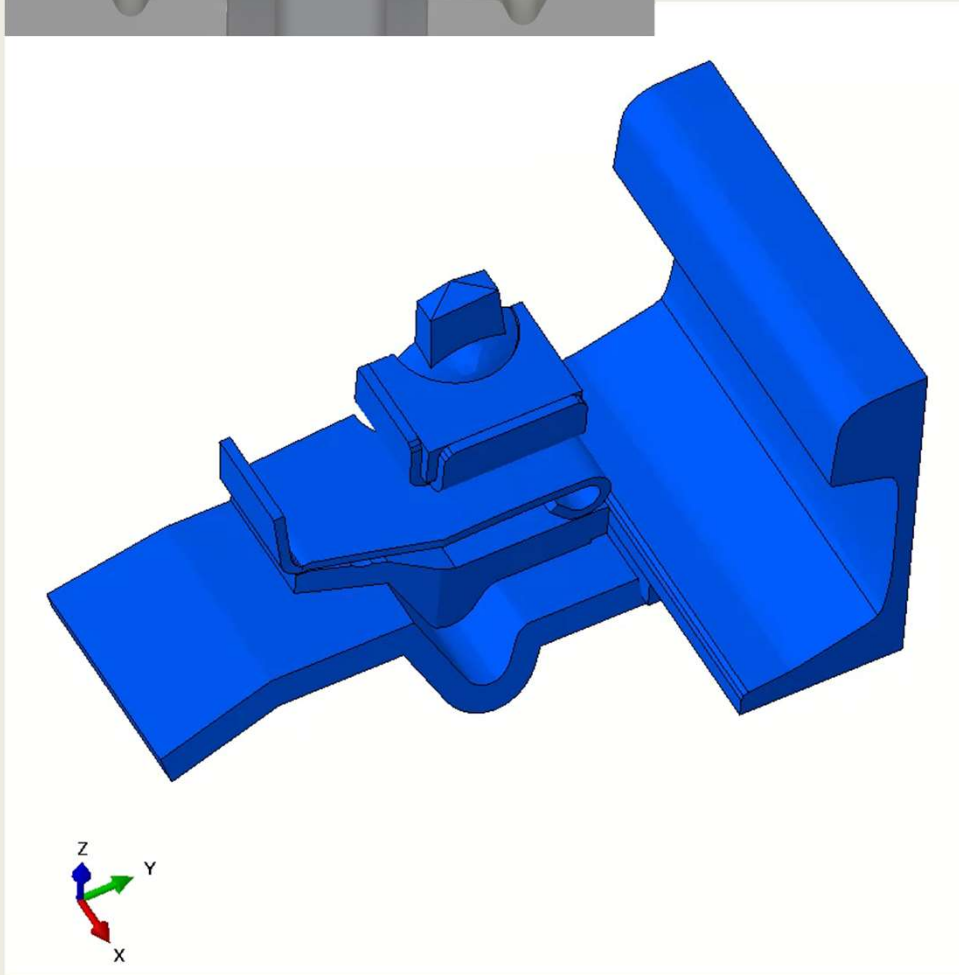
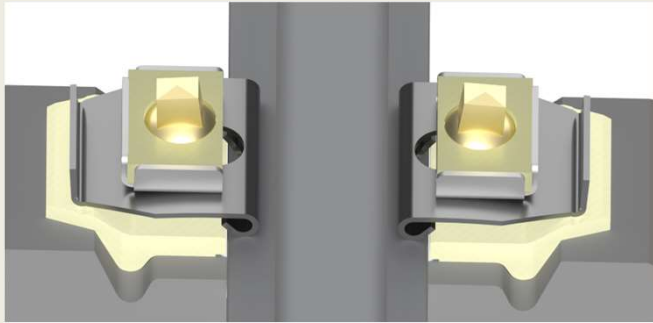
Detaljni numerički modeli



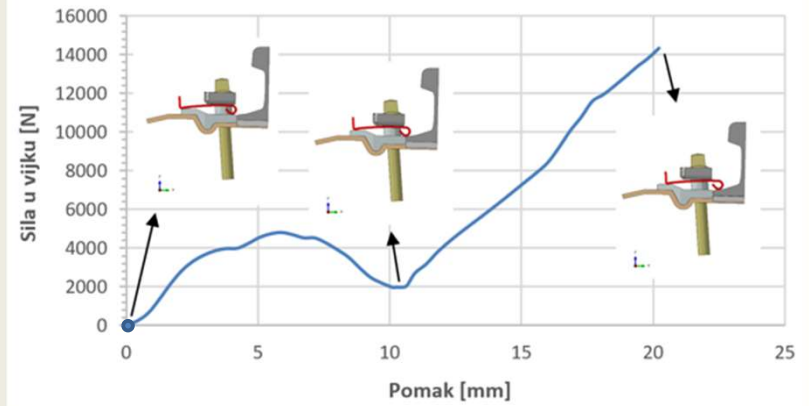
- Zadavanje prisilnog pomaka – **1. FAZA MONTAŽA** pritiskalice



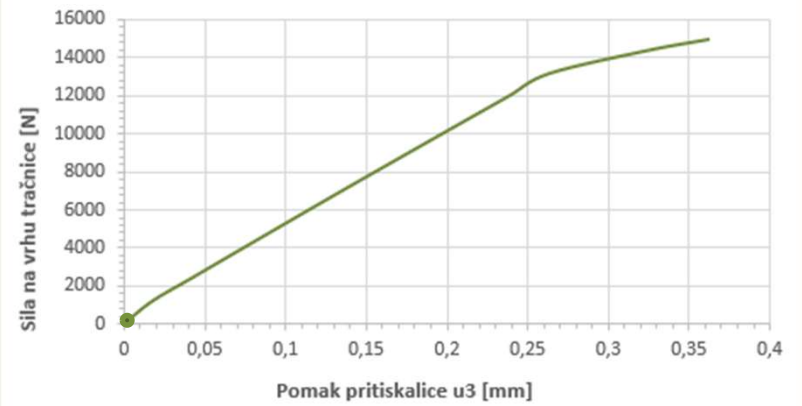
- Nanošenje odižuće sile na vrh tračnice – **2. FAZA EKSPLOATACIJA**

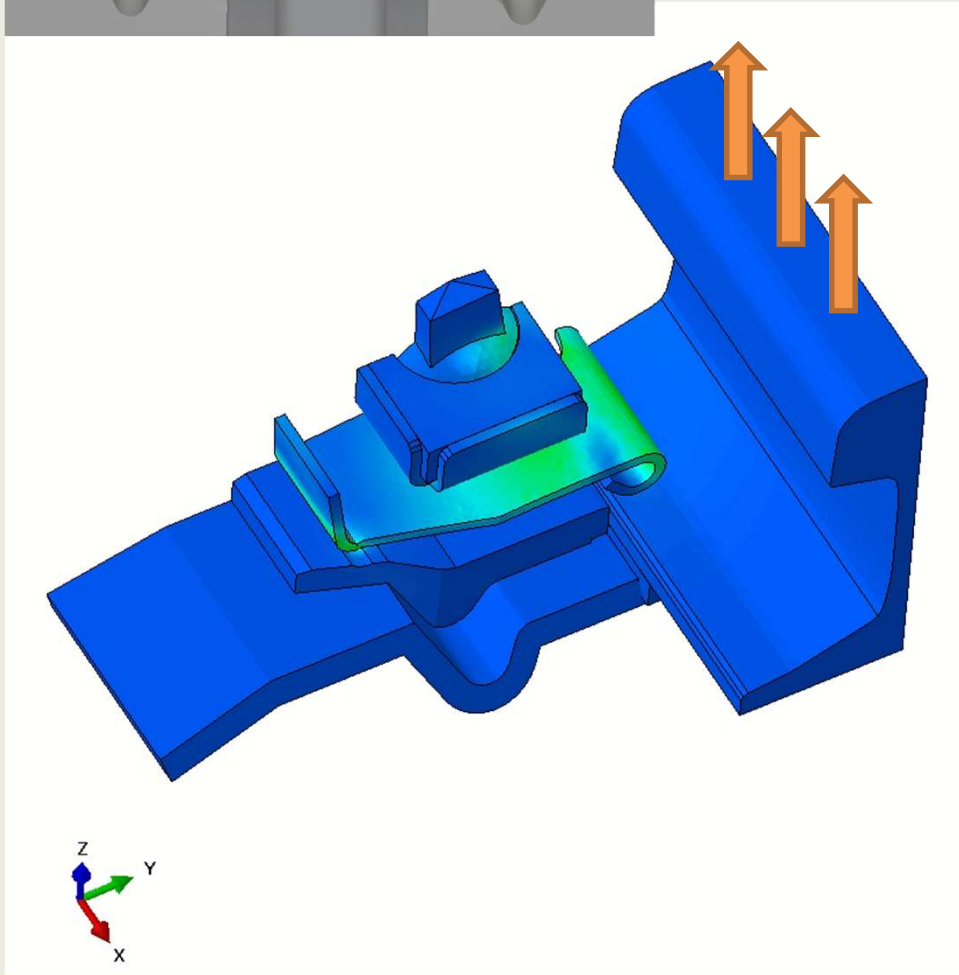
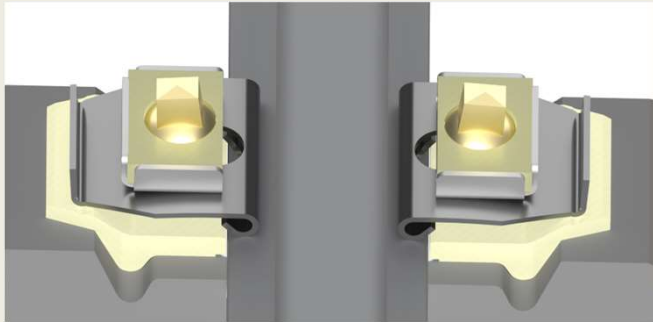


Sila u vijku - prisilni pomak pritiskalice - var 4

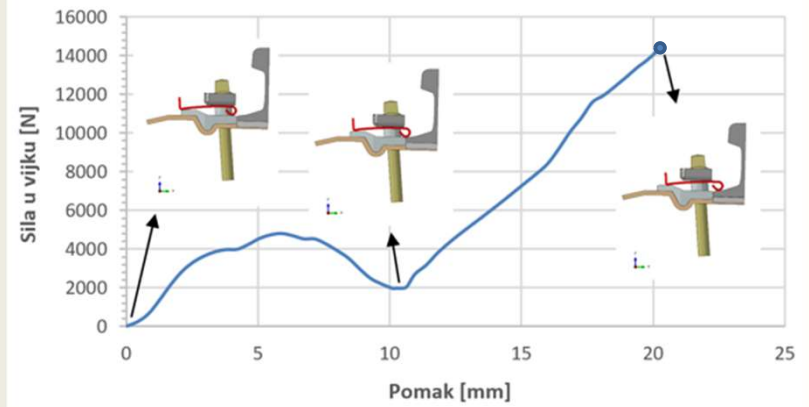


Odižuća sila - pomak nožice pritiskalice - var 4

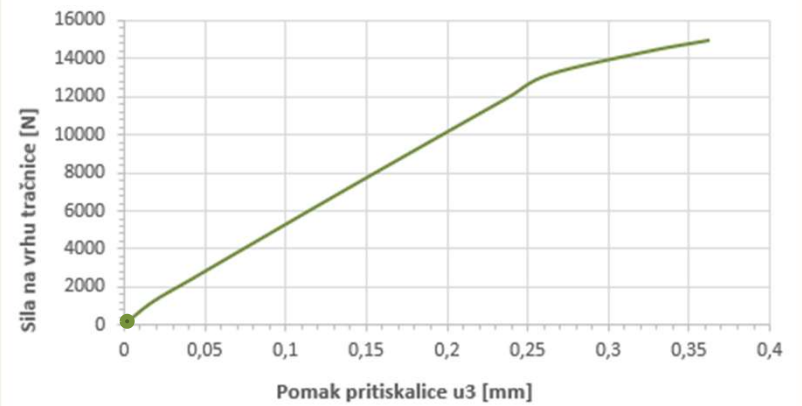


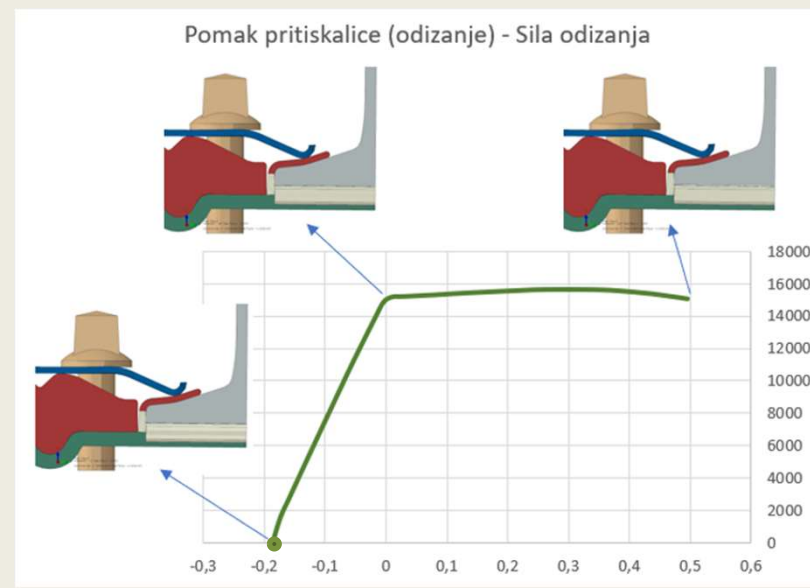
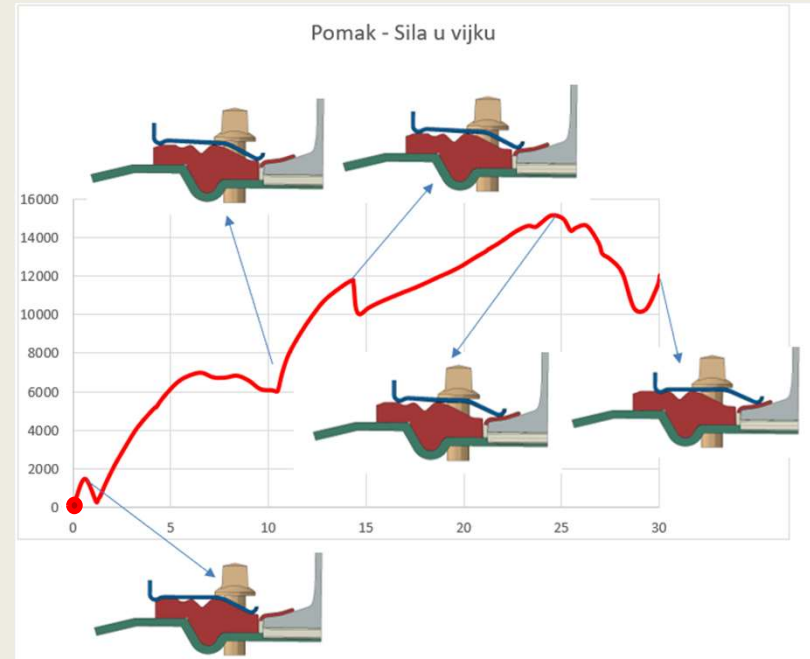
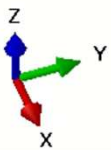
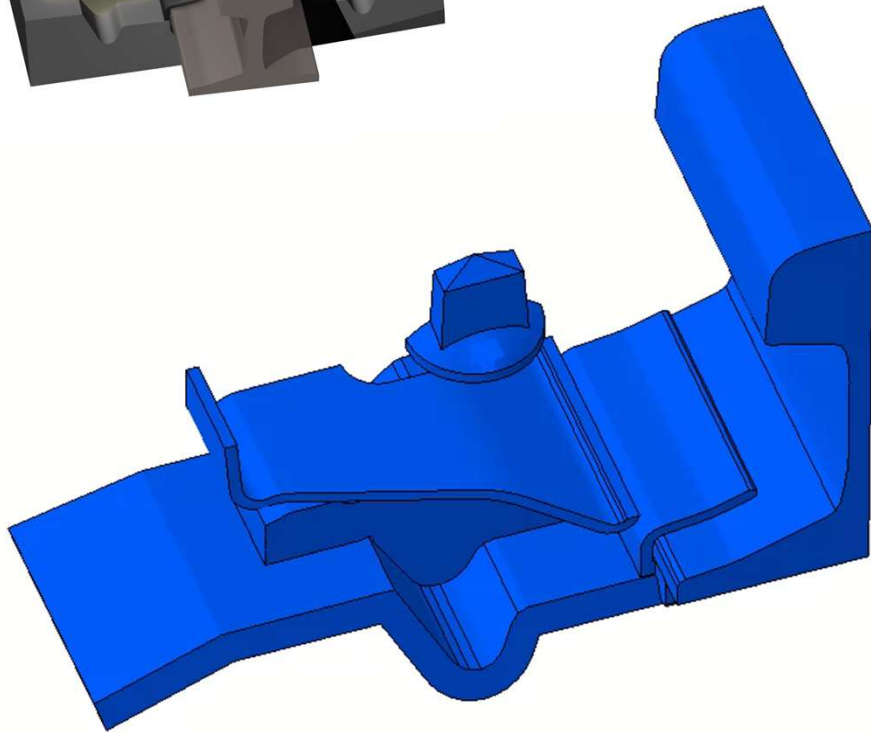
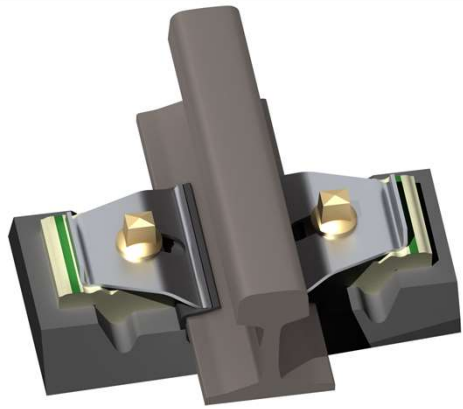


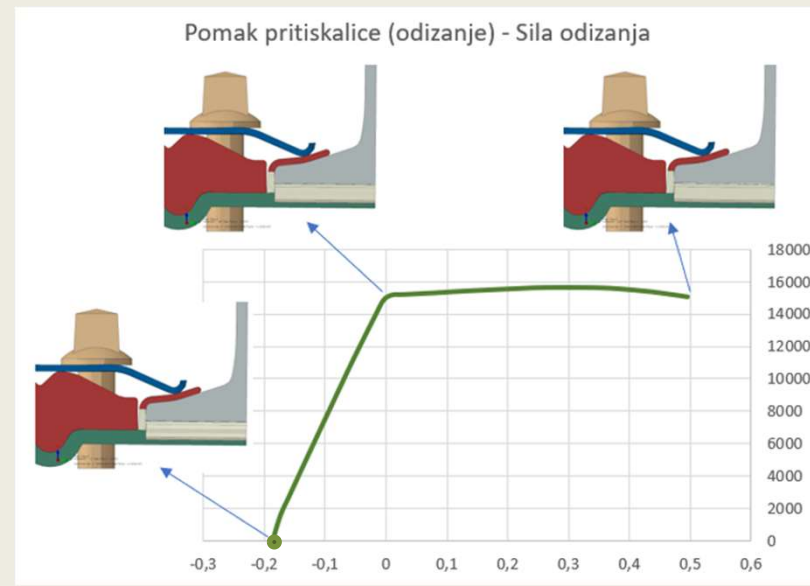
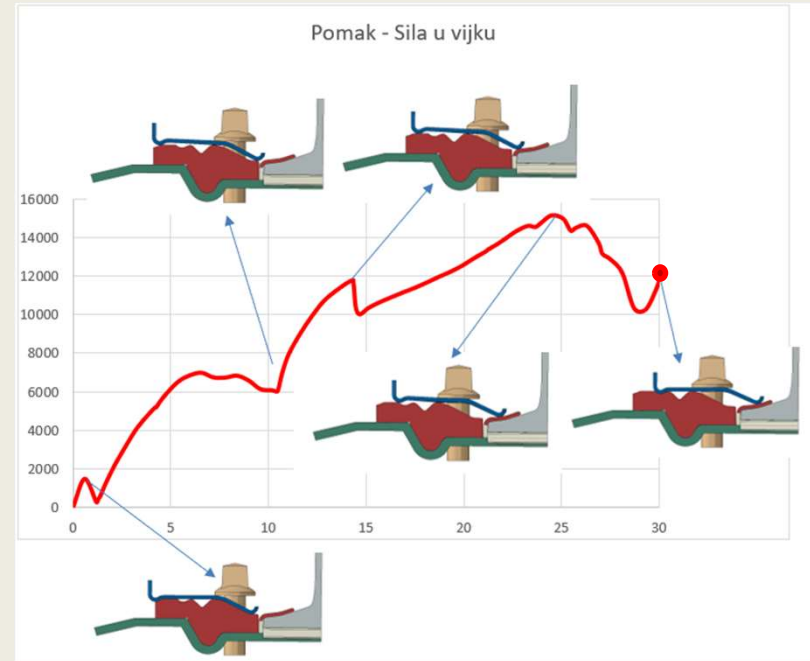
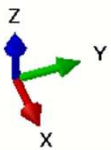
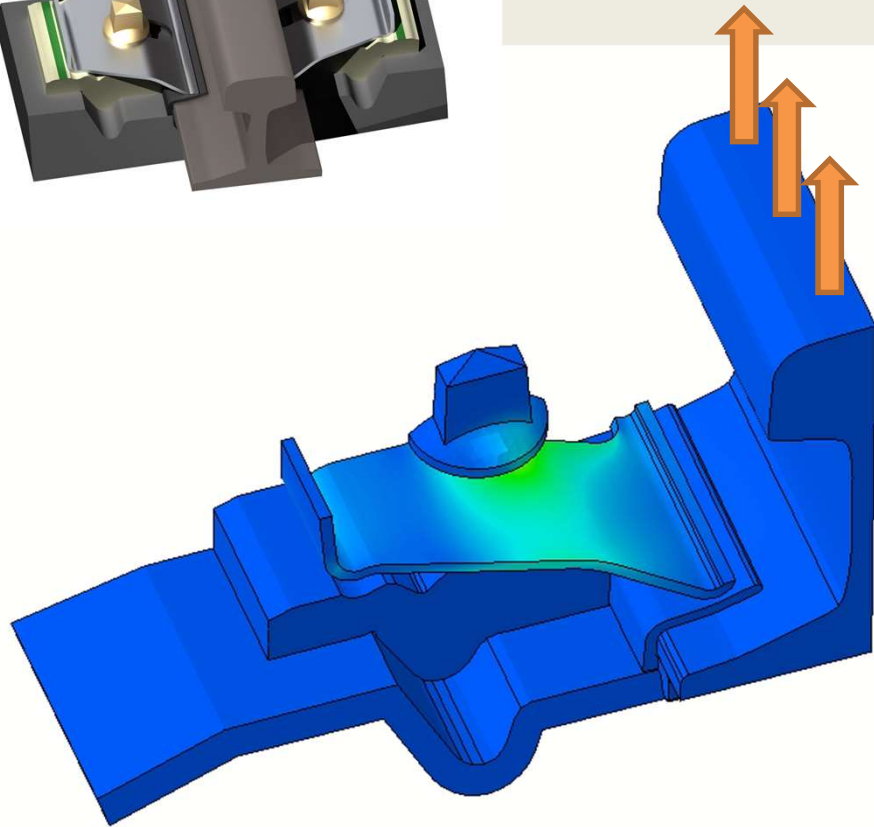
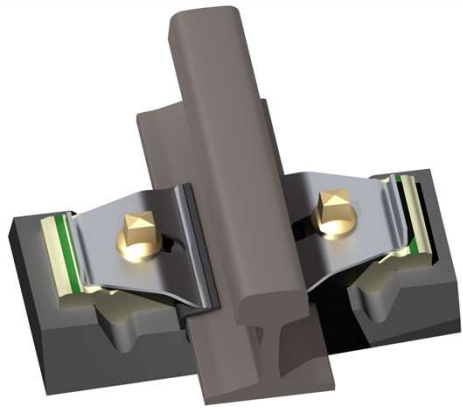
Sila u vijku - prisilni pomak pritiskalice - var 4



Odižuća sila - pomak nožice pritiskalice - var 4







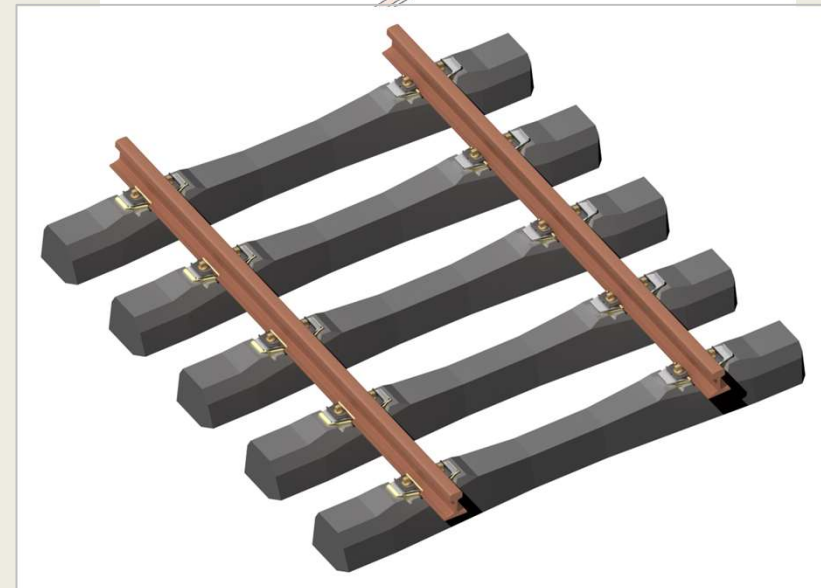
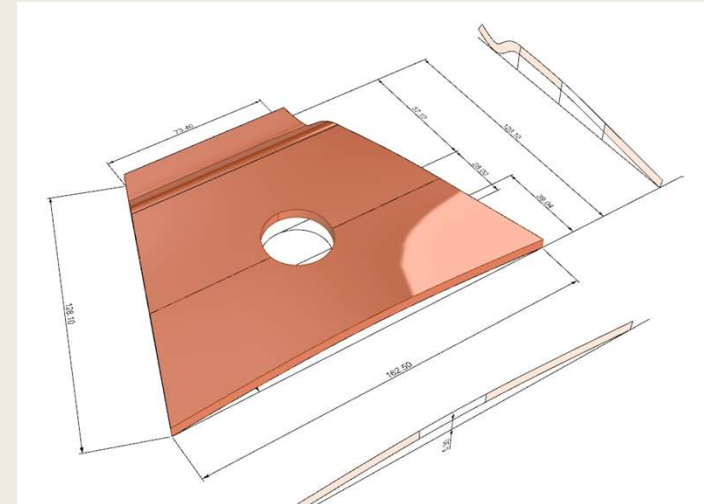
Norme i ispitivanja

- Svaki novorazvijeni sustav pričvršćenja tračnica za pragove treba zadovoljiti ispitivanja propisana normama:
 - **EN 13481-2** – Željeznički sustav – Željeznički gornji ustroj – Zahtjevi za izradbu kolosiječnog pričvrsnog pribora – 2.dio: **Kolosiječni pričvrсни pribor za betonske pragove** (zahtjevi koje sustav za pričvršćenje treba ispuniti i smjernice za provođenje potvrđivanja sigurnosti i trajnosti pričvrsnog sustava tijekom eksploatacije)
 - **EN 13146** – Željeznički gornji ustroj – **Ispitne metode za kolosiječni pričvrсни pribor – 1. - 9. dio.** (smjernice i upute za provođenje ispitivanja sustava za pričvršćenje)



Konačni proizvod

- Kalibracija i potvrda točnosti numeričkih modela
 - Parametarska analiza – parametrizacija geometrije.
 - Izbor najoptimalnijeg oblika pritiskalice.
 - Laboratorijska ispitivanje pritiskalice i sustava za pričvršćenje prema važećim normama.
- **Dobivanje novog, učinkovitijeg sustava za pričvršćenje.**



Hvala na pažnji!

