

# Analiza naprezanja nosive rešetke trkaćeg rally vozila te smanjenje mase rešetke promjenom poprečnog presjeka štapova

---

**Pilski, Milo**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2011**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Zagreb, Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:235:196653>

*Rights / Prava:* [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom](#).

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-04-02**

*Repository / Repozitorij:*

[Repository of Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture University of Zagreb](#)



Sveučilište u Zagrebu  
Fakultet strojarstva i brodogradnje

# ZAVRŠNI RAD

Voditelj rada:  
prof.dr.sc. Ivan Mahalec

Milo Pilski  
MB:0035163054

Zagreb, 2011.

Sveučilište u Zagrebu  
Fakultet strojarstva i brodogradnje

# **ZAVRŠNI RAD**

Milo Pilski

Zagreb, 2011.

## **IZJAVA**

Izjavljujem da sam ovaj završni rad izradio samostalno koristeći se znanjem stečenim tijekom studija i navedenom literaturom.

Sukladno zadatku, tijekom rada surađivao sam s kolegom Androm Hubakom.

Posebno se zahvaljujem prof.dr.sc. Ivanu Mahalcu na pomoći i savjetima, te ostalim djelatnicima Katedre za motore i vozila.

U Zagrebu, 04. veljače 2011.

Milo Pilski

**Milo Pilski**

## **ANALIZA NOSIVE REŠETKE TRKAČEG RALLY VOZILA**

### **SAŽETAK**

U ovom završnom radu prikazan je FIA pravilnik 283-2011, koji se odnosi na opće sigurnosne zahtjeve za sva izvancestovna (engl.*off-road*) trkaća vozila, te FIA pravilnik 285-2011 koji se odnosi na izvancestovna trkaća vozila grupe T1. Prema ovim pravilnicima konstruirana je nosiva rešetka trkačeg rally vozila.

Nakon konstruiranja nosive rešetke slijedi analiza rešetke za tri slučaja opterećenja: opterećenje vertikalnim ubrzanjem od 1g, opterećenje vertikalnim ubrzanjem od 5g i opterećenje vertikalnim ubrzanjem od 20g. Napravljena je simulacija navedenih opterećenja pri doskoku vozila te su prikazani rezultati pripadajućih napreznja, deformacija i pomaka nosive rešetke trkačeg rally vozila.

Na kraju je dan kratki pregled komponenti pogonskog sustava koje se ugrađuju u nosivu rešetku, te je prikazan izgled gotovog vozila koje će predstavljati hrvatski CRO DAKAR tim na predstojećoj utrci Dakar 2012.

Ovaj projektni zadatak je sastavni dio projekta Dakar vozila. Zbog toga su ulazni podaci za ovaj projekt, koji se odnose na konfiguraciju rešetke i točke vezanja ovjesa na šasiju, dobiveni od sudionika u projektu koji su za to zaduženi.

## SADRŽAJ

<b>POPIS SLIKA .....</b>	<b>v</b>
<b>POPIS TABLICA .....</b>	<b>vii</b>
<b>OZNAKE FIZIKALNIH VELIČINA I KRATICE .....</b>	<b>viii</b>
<b>1. UVOD.....</b>	<b>1</b>
<b>2. PRAVILNICI ZA KONSTRUKCIJU REŠETKE.....</b>	<b>2</b>
2.1. FIA 283-2011.....	2
2.1.1. OPĆENITO .....	2
2.1.2. ZNAČENJA .....	2
2.1.3. KARAKTERISTIKE .....	4
2.2. FIA 285-2011.....	19
2.2.1. OBVEZE .....	19
2.2.2. ŠASIJA I SIGURNOSNI KAVEZ.....	19
2.2.3. KAROSERIJA .....	20
<b>3. INAČICE SIGURNOSNOG KAVEZA .....</b>	<b>26</b>
<b>4. MODELIRANJE NOSIVE REŠETKE .....</b>	<b>28</b>
<b>5. ANALIZA NOSIVE REŠETKE.....</b>	<b>30</b>
5.1. MREŽA KONAČNIH ELEMENATA.....	31
5.2. MATERIJAL REŠETKE.....	33
5.3. DODATNE MASE KOJE OPTEREĆUJU REŠETKU .....	33
5.4. SIMULACIJA OPTEREĆENJA PRI DOSKOKU VOZILA .....	35
5.4.1. RUBNI UVJETI.....	36
5.4.2. OPTEREĆENJA .....	37
5.4.3. REZULTATI.....	38
5.5. ZAKLJUČAK ANALIZE .....	44
<b>6. KOMPONENTE POGONSKOG SUSTAVA .....</b>	<b>45</b>
6.1. MOTOR.....	45
6.2. MJENJAČ S RAZVODNIKOM SNAGE .....	46
6.3. PREDNJI I STRAŽNJI DIFERENCIJAL.....	47
6.4. KARDANSKA VRATILA.....	47
6.5. POGONSKA VRATILA .....	48
6.6. KOTAČI .....	49
6.6.1. GUME .....	49
6.6.2. NAPLATCI.....	49

6.6.3. KOČNICE.....	50
<b>7. REŠETKA S POGONSKIM SUSTAVOM .....</b>	<b>51</b>
<b>8. IZGLED GOTOVOG VOZILA .....</b>	<b>52</b>
<b>9. ZAKLJUČAK .....</b>	<b>53</b>
<b>LITERATURA .....</b>	<b>54</b>

## POPIS SLIKA

Slika 1. Cro Dakar Team trkaće vozilo .....	1
Slika 2. Pojačanje spoja cijevi prema FIA pravilniku 283. ....	3
Slika 3. Inačice glavnog nosivog luka (engl. <i>rollbar</i> ) sigurnosnog kaveza. ....	4
Slika 4. Oblik sigurnosnog kaveza primijenjen na rešetci (inačica c) na slici 3.) .....	5
Slika 5. Inačice dijagonalnih cijevi sigurnosnog kaveza. ....	6
Slika 6. Oblik dijagonalnih cijevi primijenjen na rešetci (inačica d) na slici 5.).....	6
Slika 7. Inačice pojačanja vrata sigurnosnog kaveza. ....	7
Slika 8. Oblik pojačanja vrata primijenjen na rešetci (inačica b) na slici 7.) .....	7
Slika 9. Poprečna cijev za pojačanje. ....	8
Slika 10. Poprečna cijev za pojačanje primijenjena na rešetci (vidi sliku 9.) .....	8
Slika 11. Inačice krovnog pojačanja sigurnosnog kaveza. ....	9
Slika 12. Oblik krovnog pojačanja primijenjen na rešetci (inačica a) na slici 11.) .....	9
Slika 13. Pojačanje vjetrobranskog stupa. ....	10
Slika 14. Pojačanje vjetrobranskog stupa primijenjeno na rešetci (vidi sliku 13.).....	10
Slika 15. Inačice neobaveznih cijevi i pojačanja sigurnosnog kaveza. ....	12
Slika 16. Inačice minimalne konfiguracije sigurnosnog kaveza. ....	13
Slika 17. Sigurnosni kavez sa obaveznim i neobaveznim cijevima i pojačanjima, prema FIA pravilniku 283.....	13
Slika 18. Inačice rastavljivih spojeva cijevi. ....	14
Slika 19. Inačice spojeva sigurnosnog kaveza sa šasijom. ....	17
Slika 20. Shematski prikaz vozila grupe T1, 4×4, u horizontalnoj projekciji, s položajem referentnih točaka.....	23
Slika 21. Shematski prikaz vozila grupe T1, 4×4, u vertikalnoj projekciji, s položajem referentnih točaka.....	24
Slika 22. Shematski prikaz predloška za kontrolu prednjeg napadnog kuta. ....	25
Slika 23. Sigurnosni kavez, inačica b), (vidi sliku 3.).....	26
Slika 24. Sigurnosni kavez, inačica c), (vidi sliku 3.) .....	27
Slika 25. Početak modeliranja. ....	28
Slika 26. Modelirani sigurnosni kavez i nosač ovjesa.....	28
Slika 27. Dovršavanje rešetke .....	29
Slika 28. Gotova rešetka.....	29
Slika 29. Mreža konačnih elemenata, izometrija.....	31
Slika 30. Mreža konačnih elemenata, nacrt.....	31
Slika 31. Mreža konačnih elemenata, izometrija 2.....	32



Slika 32. Mreža konačnih elemenata, detalj .....	32
Slika 33. Mase koje opterećuju rešetku, izometrija 1 .....	33
Slika 34. Mase koje opterećuju rešetku, izometrija 2.....	34
Slika 35. Zadavanje rubnih uvjeta .....	36
Slika 36. Smjer djelovanja vertikalnog ubrzanja g.....	37
Slika 37. Sva opterećenja koja djeluju na rešetku .....	37
Slika 38. Raspodjela naprezanja za vertikalno ubrzanje od 1g .....	38
Slika 39. Detalj najvećeg naprezanja za vertikalno ubrzanje od 1g .....	39
Slika 40. Deformirani oblik rešetke s raspodjelom pomaka za vertikalno ubrzanje od 1g .....	39
Slika 41. Raspodjela naprezanja za vertikalno ubrzanje od 5g .....	40
Slika 42. Detalj najvećeg naprezanja za vertikalno ubrzanje od 5g .....	41
Slika 43. Deformirani oblik rešetke s raspodjelom pomaka za vertikalno ubrzanje od 5g .....	41
Slika 44. Raspodjela naprezanja za vertikalno ubrzanje od 20g .....	42
Slika 45. Detalj najvećeg naprezanja za vertikalno ubrzanje od 20g .....	43
Slika 46. Deformirani oblik rešetke s raspodjelom pomaka za vertikalno ubrzanje od 20g ....	43
Slika 47. Motor, GM tip LS7, [4.] .....	45
Slika 48. Mjenjač s razvodnikom snage, SADEV SC90-24, [5.].....	46
Slika 49. Diferencijal, Xtrac 247 heavy duty, s produžetkom, [6.].....	47
Slika 50. Shematski prikaz kardanskog vratila, GKN VL2900, sa zglobovom br.13 .....	47
Slika 51. Shematski prikaz pogonskog vratila, GKN UF4600i.....	48
Slika 52. Prirubnica pogonskog vratila na strani kotača, GKN VL125 .....	48
Slika 53. Guma, BFGoodrich All-Terrain T/A KO, [7.] .....	49
Slika 54. Naplatak, EVOCorse, model DAKARCorse 16, ET 45, [8.].....	49
Slika 55. Čeljust radne kočnice, Brembo, tip XA3.40.91/94, [9.].....	50
Slika 56. Čeljust parkirne kočnice, Brembo, tip 22.5882.11/21, [9.].....	50
Slika 57. Disk, Brembo, tip 09.9226.10/20, [9.] .....	50
Slika 58. Rešetka s pogonskim sustavom, izometrija.....	51
Slika 59. Rešetka s pogonskim sustavom, tlocrt .....	51
Slika 60. Izgled gotovog vozila sprijeda .....	52
Slika 61. Izgled gotovog vozila straga.....	52

## **POPIS TABLICA**

Tablica 1. Konfiguracija sigurnosnog kaveza .....	13
Tablica 2. Karakteristike materijala i dimenzije cijevi.....	18

## OZNAKE FIZIKALNIH VELIČINA I KRATICE

### FIZIKALNE VELIČINE

$A, m^2$	- površina
$D, d, m$	- promjer
$E, N/mm^2$	- Youngov modul elastičnosti
$g, m/s^2$	- ubrzanje zemljine sile teže
$H, m$	- hod klipa od GMT do DMT
$M, Nm$	- zakretni moment motora
$m, kg$	- masa
$n, min^{-1}, (s^{-1})$	- brzina vrtnje
$P, W$	- snaga motora
$r_{din}, mm$	- dinamički polumjer kotača
$R_m, N/mm^2$	- vlačna čvrstoća
$R_{P0,2}, N/mm^2$	- konvencionalna granica razvlačenja
$r_{stat}, mm$	- statički polumjer kotača
$t, s$	- vrijeme
$v, m/s$	- brzina
$V, m^3$	- volumen
$V_H, m^3$	- radni volumen cilindra
$z$	- broj cilindara
$\rho, kg/m^3$	- gustoća
$\nu$	- Poissonov koeficijent

### INDEKSI

din	- dinamički
stat	- statički

### KRATICE

4T	- četverotaktni (motor, proces)
DMT	- donja mrtva točka
GMT	- gornja mrtva točka
T	- broj taktova u motoru

## 1. UVOD

Tema ovog završnog rada je analiza nosive rešetke trkaćeg rally vozila, a uključuje i konstruiranje nosive rešetke trkaćeg vozila. Konstruirano vozilo namijenjeno je hrvatskom CRO DAKAR timu koji će se natjecati na prestižnom natjecanju Dakar Rally Raid 2012. godine (slika 1.).

Dakar Rally (poznatiji kao utrka Pariz-Dakar) jedna je od najprestižnijih i najtežih izvancestovnih (engl.*off-road*) utrka na svijetu. Kako se veći dio utrke vozi po teškom i zahtjevnom terenu, uspjeh je završiti utrku, a za pobjedu je potrebno imati dobar tim i kvalitetno konstruirano vozilo. Ideja o utrci je rođena 1978. godine nakon što se vozač Thierry Sabine izgubio u pustinji i zaključio da bilo sjajno organizirati utrku kroz pustinju. Utrka se većim dijelom vozila na ruti Pariz-Dakar, ali se tokom godina ruta mijenjala. Dakar 2012. voziti će se u Južnoj Americi na ruti Argentina-Čile-Peru.

Vozila koja će sudjelovati na utrci moraju zadovoljavati pravilnike Međunarodne automobilističke organizacije FIA<sup>1</sup>. Konstruirano vozilo pripadati će grupi T1 (poboljšana terenska vozila, pogon 4x4).

Smjernice za konstruiranje nosive rešetke vozila definirane su pravilnikom FIA 283-2011, koji se odnosi na opće sigurnosne zahtjeve za sva off-road trkaća vozila, te FIA pravilnikom 285-2011, koji se odnosi na izvancestovna trkaća vozila grupe T1.

Potrebno je naglasiti da je sigurnosni kavez glavni dio šasije jer su njime definirani gabariti putničkog prostora, a utječe i na položaj pogonskog sustava.

Pri izradi ovog završnog rada korišteni su sljedeći softverski alati: AutoCAD 3D 2011.u kojem je napravljen prvobitni model rešetke i iz kojeg su korištene mjere i referentne točke nosive rešetke, za izradu modela nosive rešetke korišten je Pro/ENGINEER Wildfire 4.0, za analizu nosive rešetke korištena je CATIA V5R19, te Microsoft Office 2007.



Slika 1. Cro Dakar Team trkaće vozilo

---

<sup>1</sup> FIA – Međunarodna automobilistička organizacija (franc. *Federation Internationale de l'Automobile*) je neprofitna organizacija osnovana kao Association Internationale des Automobile Clubs Reconnus (AIACR) 20. lipnja 1904. s ciljem zastupanja interesa pojedinaca i automobilske industrije. Za širu javnost, FIA je uglavnom poznata kao krovno tijelo za organizaciju auto utrka. Sa sjedištem u Place de la Concorde 8 u Parizu, FIA se sastoji od 213 nacionalnih organizacija članica u 125 zemalja širom svijeta. Njezin trenutni predsjednik je Jean Todt. Jedna od njezinih glavna uloga je i licenciranje i arbitraž u Formula 1 auto

## 2. PRAVILNICI ZA KONSTRUKCIJU REŠETKE

Prema FIA pravilnicima 283-2011 i 285-2011 definirani su uvjeti koji moraju biti zadovoljeni prilikom konstruiranja rešetke rally vozila grupe T1.

### 2.1. FIA 283-2011

Ovaj pravilnik je važeći od 1.1.2011. Njime su propisani sigurnosni zahtjevi koji izravno utječu na konstrukciju rešetke.

U sljedećem tekstu prikazane su odredbe koje se odnose na rešetku vozila.

#### 2.1.1. OPĆENITO

Sigurnosni kavez je obavezan za sva vozila.

Može biti:

- a) proizveden u skladu sa zahtjevima navedenim u ovom pravilniku
- b) homologiran ili certificiran od strane ASN-a prema homologacijskim propisima za sigurnosni kavez
- c) homologiran od strane FIA-e prema homologacijskim propisima

Svaka modifikacija na homologiranom sigurnosnom kavezu je zabranjena.

Bilo koji postupak koji uključuje trajne promjene, kao što je zavarivanje ili neka strojna obrada, je zabranjen jer se kavez onda matra modificiranim.

Svi popravci homologiranog ili certificiranog sigurnosnog kaveza, oštećenja nakon nesreća, moraju biti provedeni od strane proizvođača kaveza ili uz njegovo odobrenje.

Kroz cijevi ne smiju prolaziti nikakve tekućine.

Sigurnosni kavez ne smije ometati ulaz ni izlaz vozača i suvozača.

#### 2.1.2. ZNAČENJA

##### 2.1.2.1. Sigurnosni kavez:

Više-cijevna konstrukcija postavljena u kokpit u blizini šasije ima funkciju smanjivanja deformacije šasije i zaštite putnika.

##### 2.1.2.2. Nosivi luk:

Cijevni ovir napravljen u obliku luka.

##### 2.1.2.3. Glavni nosivi luk:

Poprečni i približno vertikalni (maksimalni kut +/-10° od vertikalne osi) jednodijelni cijevni luk smješten poprečno preko vozila iza prednjih sjedala.

##### 2.1.2.4. Prednji nosivi luk:

Slično kao glavni nosivi luk, ali njegov oblik slijedi rubove vjetrobrana.

#### **2.1.2.5. Bočni nosivi luk:**

Približno uzdužni i približno vertikalni jednodijelni cijevni luk smješten duž lijeve ili desne strane vozila, prednji stup prati rub vjetrobrana, a stražnji stup je gotovo vertikalni i smješten iza prednjih sjedala.

#### **2.1.2.6. Bočni polu-nosivi luk:**

Identičan bočnom nosivom luku ali bez stražnjeg stupa.

#### **2.1.2.7. Uzdužna cijev:**

Približno uzdužna jednodijelna cijev koja spaja gornji dio prednjeg nosivog luka i glavnog nosivog luka.

#### **2.1.2.8. Poprečna cijev:**

Približno poprečna jednodijelna cijev koja spaja gornje dijelove bočnih polu-nosivih lukova ili bočnih nosivih lukova.

#### **2.1.2.9. Dijagonalna cijev:**

Poprečna cijev između jednog od gornjih vrhova glavnog nosivog luka, ili jednog od krajeva poprečne cijevi u slučaju bočnih nosivih lukova.

#### **2.1.2.10. Rastavljive cijevi:**

Cijevi sigurnosnog kaveza koje moraju biti rastavljive.

#### **2.1.2.11. Pojačanja kaveza:**

Dijelovi dodani sigurnosnom kavezu u svrhu povećanja čvrstoće.

#### **2.1.2.12. Montažne ploče:**

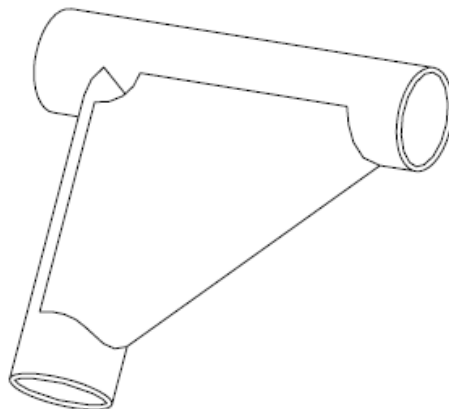
Ploče zavarene za kraj cijevi nosivih lukova, služe za zavarivanje i vijčani spoj sigurnosnog kaveza za šasiju, obično na ploče za pojačanje.

#### **2.1.2.13. Ploče za pojačanje:**

Metalne ploče postavljene na šasiju ispod montažnih ploča za bolju raspodjelu opterećenja.

#### **2.1.2.14. Elementi za pojačanje spojeva cijevi**

Pojačanje spojeva cijevi od savijenog lima U-oblika (slika 2.).



FIA pravilnik 283, slika 253-34

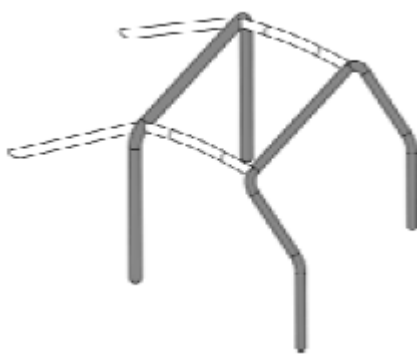
Slika 2. Pojačanje spojeva cijevi prema FIA pravilniku 283.

## 2.1.3. KARAKTERISTIKE

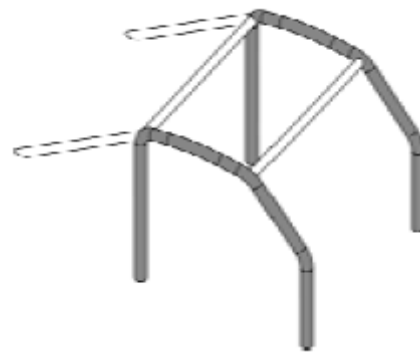
### 2.1.3.1. Osnovni tipovi sigurnosnog kaveza

Izvedba sigurnosnog kaveza mora biti u skladu sa jednim od sljedećih oblika:

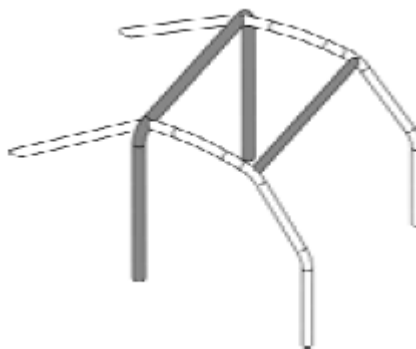
- 1 glavni nosivi luk + 1 prednji nosivi luk + 2 uzdužne cijevi + 2 stražnje cijevi + 6 montažnih ploča (inačica a) na slici 3.).
- 2 bočna nosivih lukova + 2 poprečna nosivih lukova + 2 stražnje cijevi + 6 montažnih ploča (inačica b) na slici 3.).
- 1 glavni nosivi luk + 2 bočna polu-nosivih lukova + 1 poprečna cijev + 2 stražnje cijevi + 6 montažnih ploča (inačica c) na slici 3.).



a)



b)



c)

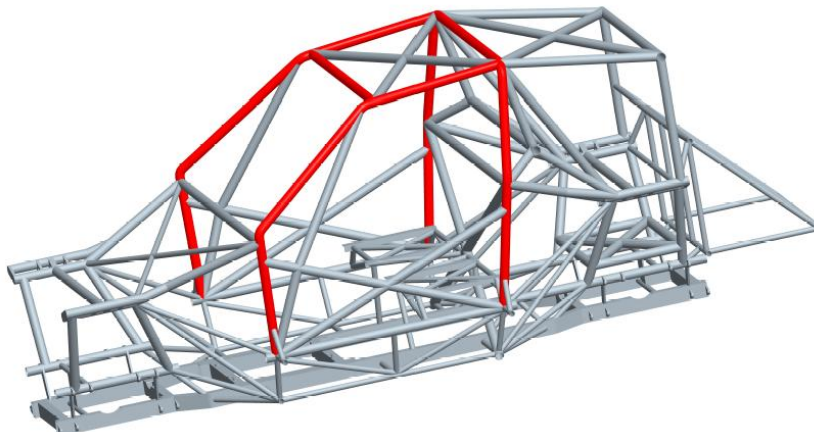
FIA pravilnik 283, slika 253-1 do 253-3

Slika 3. Inačice glavnog nosivog luka (engl. *rollbar*) sigurnosnog kaveza.

Vertikalni dio glavnog nosivog luka mora biti što je moguće bliže unutarnjoj konturi karoserije i mora imati samo jedan pregib.

Prednji stup prednjeg nosivog luka ili bočnog nosivog luka mora slijediti vjetrobran u najvećoj mogućoj mjeri.

Da bi napravili sigurnosni kavez, veze između poprečnih cijevi i bočnih nosivih lukova, veze uzdužnih cijevi i prednjih i glavnih nosivih lukova, kao i veza bočnih polu-nosivih lukova i glavnih nosivih lukova moraju biti smještene na razini krova.



Slika 4. Oblik sigurnosnog kaveza primijenjen na rešetci (inačica c) na slici 3.).

U svakom slučaju, ne smije biti više od 4 rastavljiva spoja na razini krova.

Stražnje cijevi moraju biti pričvršćene u blizini krova i u blizini gornjeg vanjskog luka glavnog nosivog luka, na obje strane vozila, eventualno rastavljivim vezama. Moraju tvoriti kut od najmanje 30° sa vertikalnom osi, te biti postavljene što bliže bočnim stranama.

#### **2.1.3.2. Konstrukcija:**

Nakon što je definiran jedan od osnovnih tipova sigurnosnog kaveza, na njega moraju biti dodane obavezne cijevi i pojačanja (vidi poglavlje 2.1.3.2.1) kao i neobavezne cijevi i pojačanja (vidi poglavlje 2.1.3.2.2).

Ukoliko je izričito dozvoljeno i ukoliko su spojevi rastavljivi u skladu sa poglavljem 2.1.3.2.4, sve cijevi i pojačanja cijevi moraju biti iz jednog dijela.

##### ***2.1.3.2.1 Obavezne cijevi i pojačanja:***

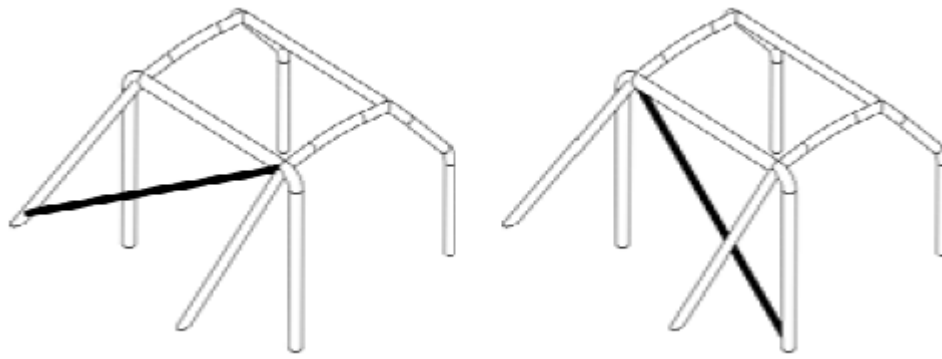
###### **2.1.3.2.1.1 Dijagonalne cijevi:**

- Inačice a), b), c) i d) na slici 5. za vozila homologirana prije 01.01.2008.
- Inačice c) (samo grupa T1) i d) na slici 5. za vozila homologirana od 01.01.2008.

Cijevi moraju biti ravne i mogu biti rastavljive.

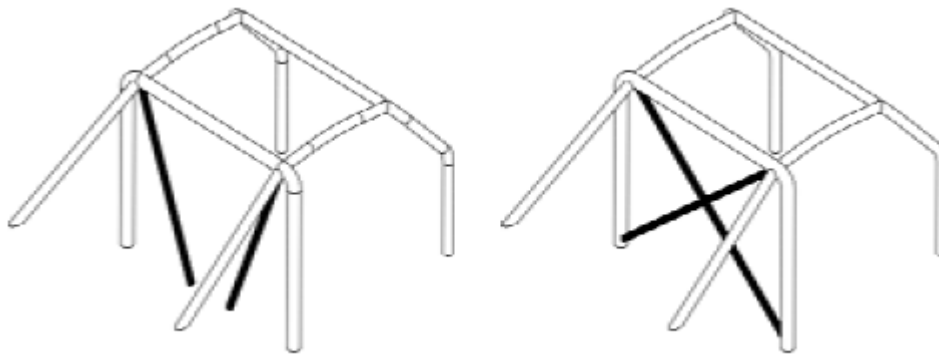
Orijentacija cijeva na inačicama a) i b) na slici 5. može biti i obrnuta.





a)

b)

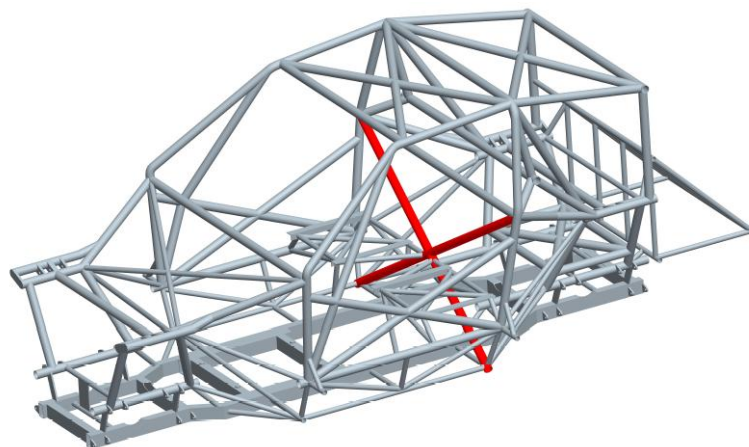


c)

d)

FIA pravilnik 283, slike 253-4 do 253-7

Slika 5. Inačice dijagonalnih cijevi sigurnosnog kaveza.



Slika 6. Oblik dijagonalnih cijevi primijenjen na rešetci (inačica d) na slici 5.).

### 2.1.3.2.1.2 Pojačanja vrata:

Na vratima na svakoj strani vozila mora biti postavljena barem jedna uzdužna dijagonalna cijev (vidi inačicu a) na slici 7.) čiji kut sa horizontalnom cijevi ne smije prelaziti  $15^\circ$ .

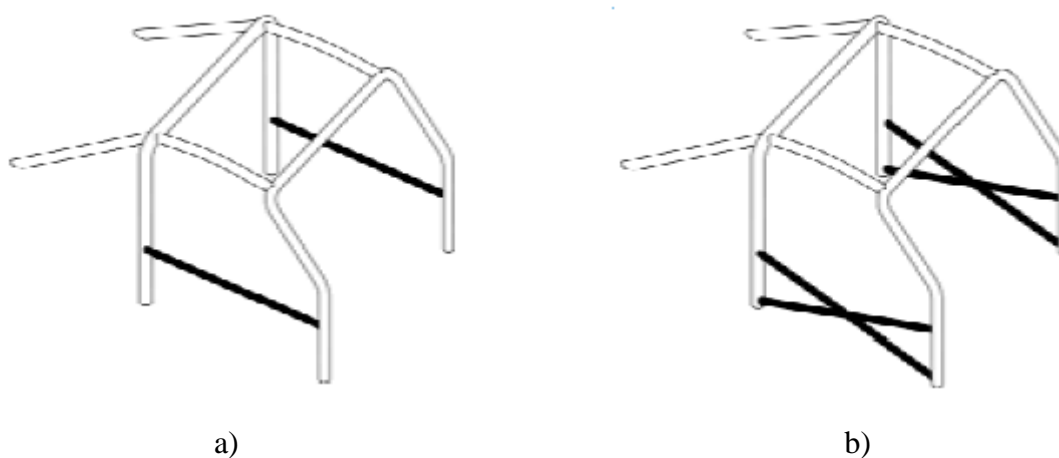
Bočna zaštita mora biti postavljena što je više moguće, ali nikako ne smije prelaziti više od polovice ukupne visine vrata. To ograničenje visine vrijedi i za sjecište dijagonalnih cijevi.

U slučaju pojačanja vrata dijagonalnim cijevima u obliku slova "X" pojačanja moraju biti pričvršćena za prednji i glavni nosivi luk (vidi inačicu b) na slici 7.).

Tipovi sa slika se mogu kombinirati.

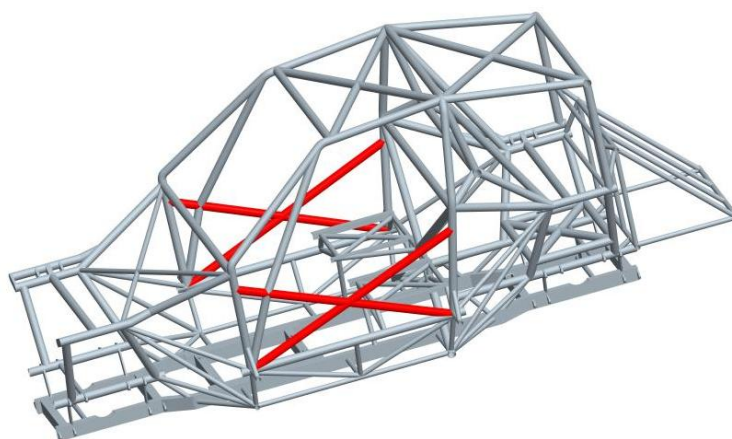
Pojačanja vrata moraju biti identična sa obje strane.

U slučaju natjecanja bez suvozača, pojačanja vrata mogu biti postavljena samo na jednoj strani, i ne moraju biti identična sa obje strane.



FIA pravilnik 283, slike 253-8 i 253-9

Slika 7. Inačice pojačanja vrata sigurnosnog kaveza.

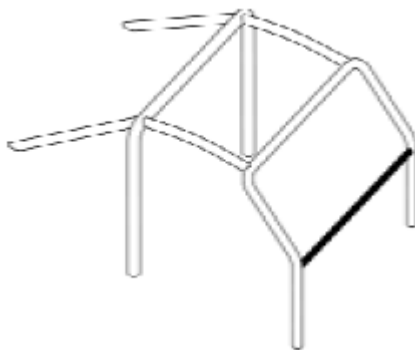


Slika 8. Oblik pojačanja vrata primijenjen na rešetki (inačica b) na slici 7.).

### 2.1.3.2.1.3 Poprečna cijev za pojačanje:

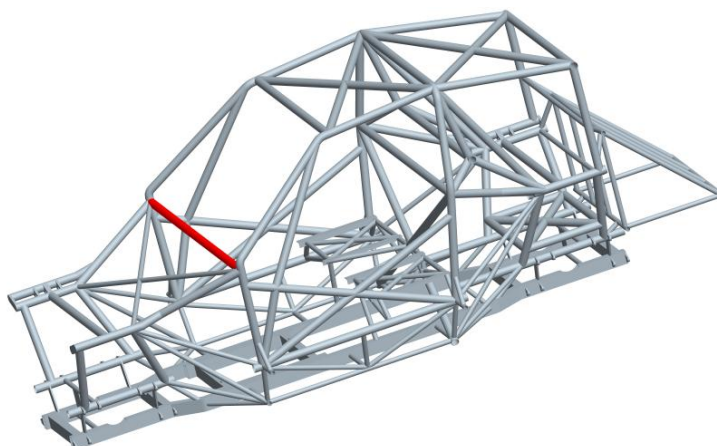
Obavezno mora biti pričvršćena na prednjem nosivom luku, mora biti ravna i ne smije ulaziti u prostor za putnike.

Može biti postavljena što je više moguće, ali njezin donji rub ne smije biti viši od vrha ploče s instrumentima.



FIA pravilnik 283, slika 253-29

Slika 9. Poprečna cijev za pojačanje.



Slika 10. Poprečna cijev za pojačanje primijenjena na rešetki (vidi sliku 9.).

### 2.1.3.2.1.4 Krovno pojačanje:

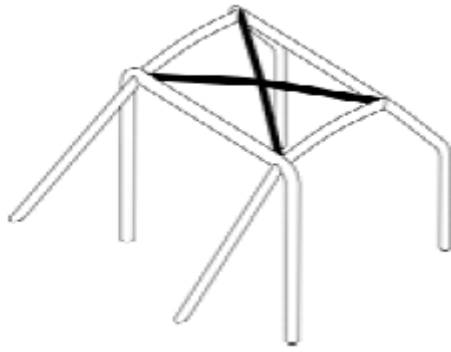
Samo za vozila homologirana nakon 01.01.2005.

Gornji dio sigurnosnog kaveza mora biti u skladu s jednom od inačica na slici 11. (Inačice a), b) i c) na slici 11.).

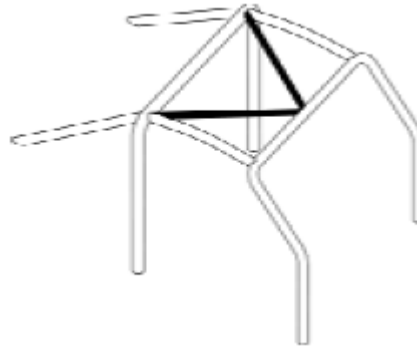
Pojačanja mogu slijediti konturu krova.

Za natjecanja bez suvozača, može biti postavljena samo jedna dijagonalna cijev za pojačanje, ali njezin prednji spoj mora biti na vozačevoj strani (vidi inačicu a) na slici 11.).

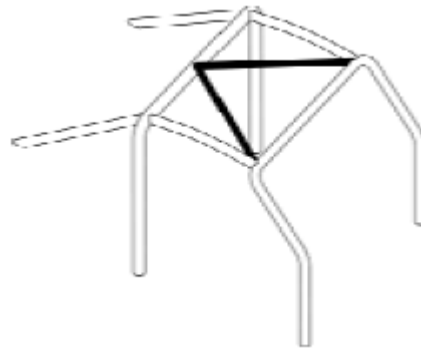
Kraj pojačanja mora biti manje od 100 mm od spoja nosivih lukova i cijevi (primjenjivo samo na inačici a) sa slike 11.).



a)



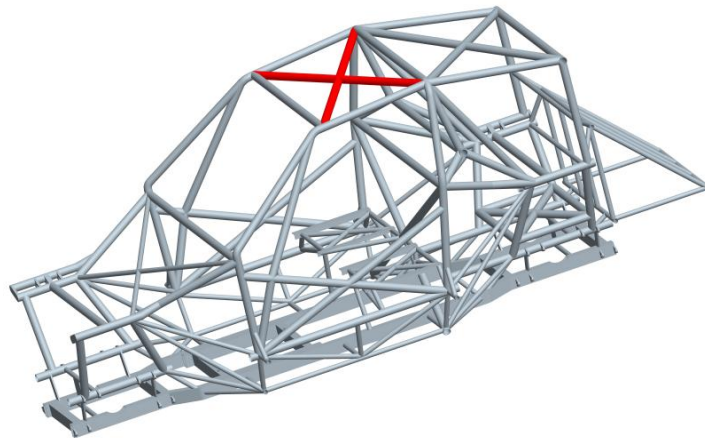
b)



c)

FIA pravilnik 283, slike 253-12 do 253-14

Slika 11. Inačice krovnog pojačanja sigurnosnog kaveza.



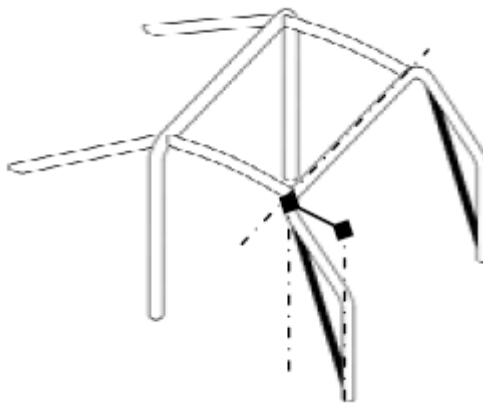
Slika 12. Oblik krovnog pojačanja primijenjen na rešetki (inačica a) na slici 11.).

#### 2.1.3.2.1.5 Pojačanje vjetrobranskog stupa:

Mora biti postavljeno na svakoj strani prednjeg nosivog luka (slika 13.).

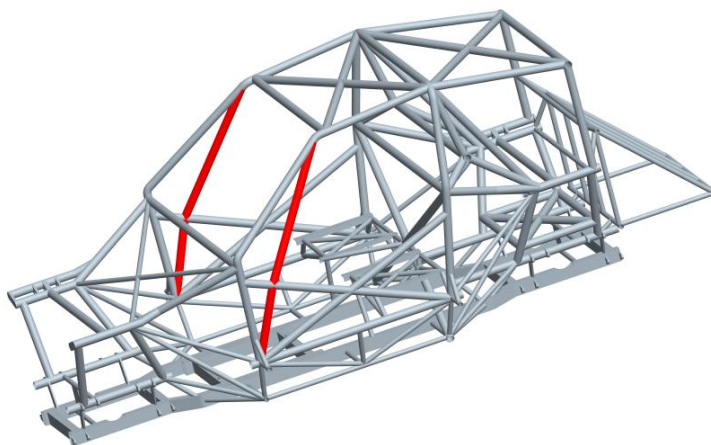
Može biti savijeno ali pod uvjetom da je ravno u bočnom pogledu i pod uvjetom da kut savijanja ne prelazi više od 20°.

Udaljenost cijevi od prednje montažne ploče (vidi inačicu c) na slici 19.) mora biti manja od 100 mm.



FIA pravilnik 283, slika 253-15

Slika 13. Pojačanje vjetrobranskog stupa.



Slika 14. Pojačanje vjetrobranskog stupa primijenjeno na rešetci (vidi sliku 13.).

#### 2.1.3.2.1.6 Pojačanje spojeva i lukova:

Spojevi između:

- dijagonalnih cijevi glavnog nosivog luka
- krovnog pojačanja (inačica a) na slici 11., samo za vozila homologirana iza 01.01.2007.)
- pojačanja vrata (inačica b) na slici 7.)
- pojačanja vrata i vjetrobranskog stupa (slika 13.)

moraju biti pojačani sa najmanje dva elementa za pojačanje spoja cijevi.

### **2.1.3.2.2 Neobavezne cijevi i pojačanja:**

Cijevi i pojačanja prikazana u ovoj točki su neobavezne i mogu biti postavljene prema želji konstruktora.

Cijevi za pojačanja moraju biti ravne.

Mogu biti zavarene ili rastavljive.

Sve cijevi i pojačanja mogu se koristiti zasebno ili u kombinaciji jedno s drugim.

#### **2.1.3.2.2.1 Krovna pojačanja (inačice a), b), c) na slici 11. i inačice h), i) na slici 15.)**

Vrijedi za vozila homologirana prije 01.01.2005.

Cijevi na inačicama h) i i) na slici 15. mogu biti dvodijelne.

#### **2.1.3.2.2.2 Stražnje dijagonalne cijevi (inačice e) i f) na slici 15.)**

Konstrukcija na inačici f) na slici 15. može biti zamijenjena inačicom g) na slici 15. ako se pojačanje krova slaže sa pojačanjem na inačici c) na slici 11.

#### **2.1.3.2.2.3 Montaža prednjeg ovjesa (inačica j) na slici 15.)**

Produžeci cijevi moraju biti povezani na gornje točke pričvršćenja prednjeg ovjesa.

#### **2.1.3.2.2.4 Poprečne cijevi (inačice k), l), m) i n))**

Poprečne cijevi postavljene na glavni nosivi luk ili između zadnjih cijevi mogu biti korištene kao nosači sigurnosnog pojasa (korištenje rastavljivih spojeva je zabranjeno).

Za cijevi prikazane na inačicama k) i l) na slici 15., kut između središnje cijevi i vertikalne cijevi mora biti najmanje 30°.

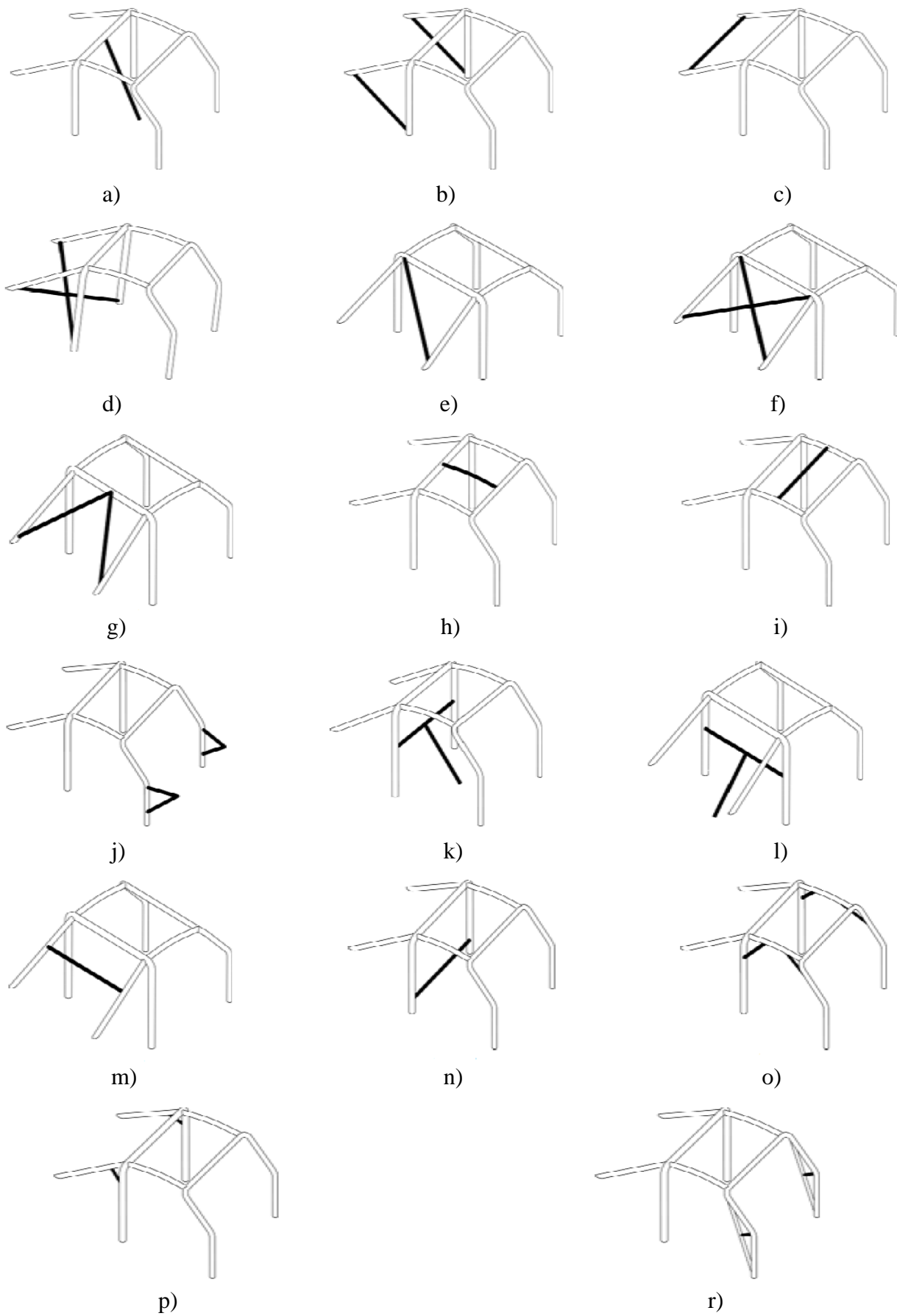
#### **2.1.3.2.2.5 Pojačanja lukova i spojeva (slika 2. i inačice o), p), r) na slici 15.):**

Pojačanja moraju biti izrađena od cijevi ili savijenog lima U-oblika prema slici 2.

Debljina elemenata koji čine pojačanja ne smije biti manja od 1 mm.

#### **2.1.3.2.2.6 Montaža dizalice:**

Za grupu vozila T1, prihvatni za dizalicu mogu biti postavljeni na sigurnosni kavez.



FIA pravilnik 283, slike 253-16 do 253-33

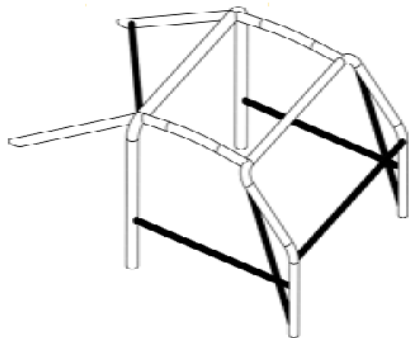
Slika 15. Inačice neobaveznih cijevi i pojačanja sigurnosnog kaveza.

### 2.1.3.2.3 Minimalna konfiguracija sigurnosnog kaveza

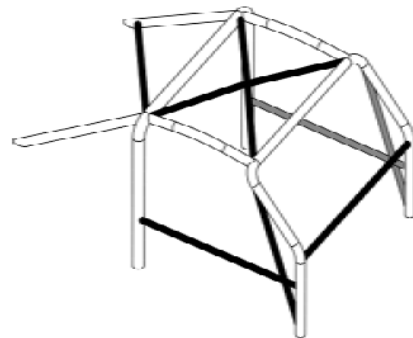
Minimalna konfiguracija sigurnosnog kaveza definirana je kako slijedi:

Tablica 1. Konfiguracija sigurnosnog kaveza

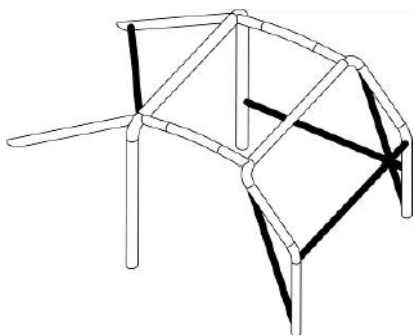
Godina homologacije	Sa suvozačem	Bez suvozača
prije 01.01.2005.	Inačica a) na slici 16.	Inačica b) na slici 16.
nakon 01.01.2005.	Inačica c) na slici 16.	Inačica d) na slici 16.



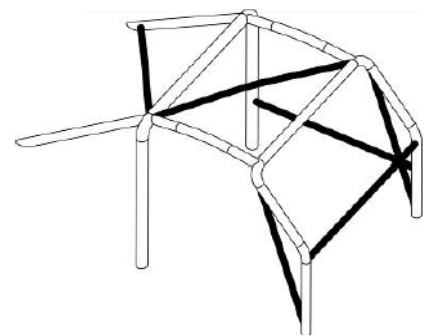
a)



b)



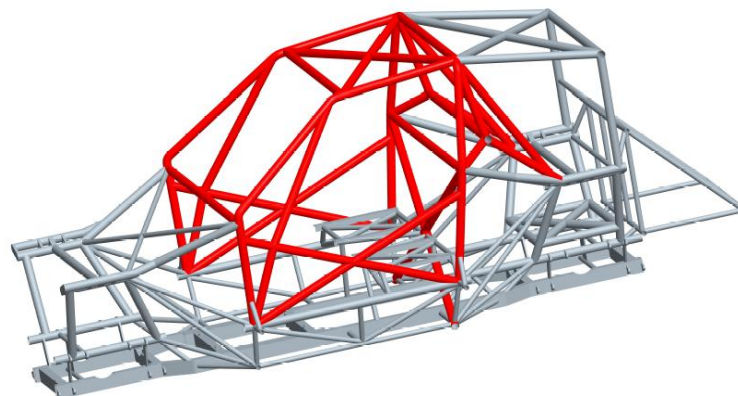
c)



d)

FIA pravilnik 283, slike 283-1A, 283-1B, 283-2A i 283-2B

Slika 16. Inačice minimalne konfiguracije sigurnosnog kaveza.



Slika 17. Sigurnosni kavez sa obaveznim i neobaveznim cijevima i pojačanjima, prema FIA pravilniku 283.



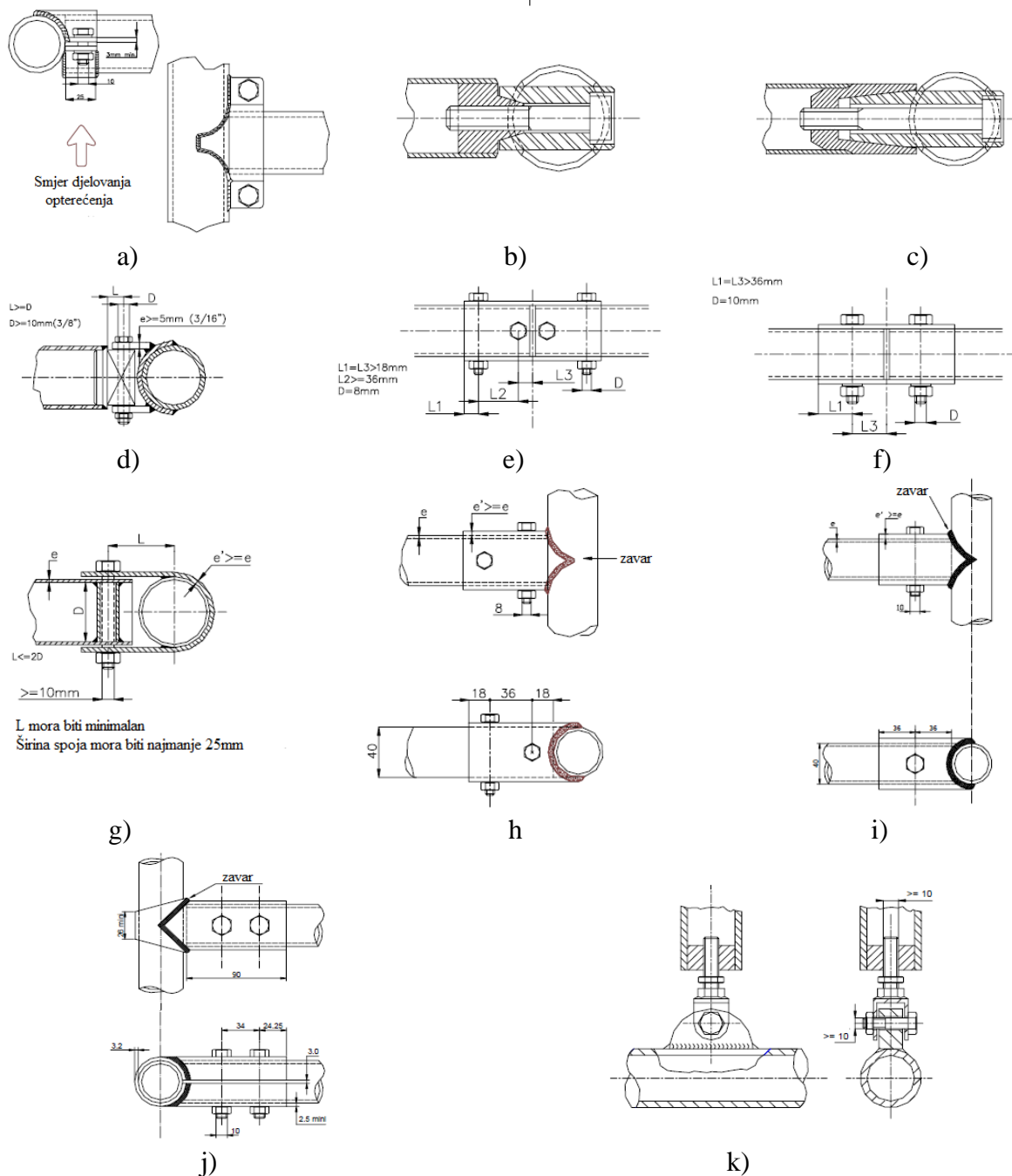
### 2.1.3.2.4 Rastavljivi spojevi cijevi

Ukoliko se koriste rastavljivi spojevi u konstrukciji sigurnosnog kaveza, oni moraju biti u skladu sa tipovima koje je odobrila FIA (inače a) do k) na slici 18.).

Rastavljivi spojevi moraju biti postavljeni bez produljenja od osi cijevi i ne moraju biti zavareni kada su jednom sastavljeni.

Vijci moraju biti najmanje kvalitete 8.8 (ISO standard).

Rastavljivi spojevi prikazani inačicama a), d), g), j) i k) na slici 18., namijenjeni su isključivo za pričvršćivanje neobaveznih cijevi i pojačanja opisanih u 2.1.3.2.2. i zabranjeni su za spajanje gornjih dijelova glavnog nosivog luka, prednjeg nosivog luka, bočnih nosivih lukova te bočnih polu-nosivih lukova.



FIA pravilnik 283, slike 253-37 do 253-47

Slika 18. Inačice rastavljivih spojeva cijevi.

### **2.1.3.2.5 Dodatna ograničenja**

Sigurnosni kavez mora biti u potpunosti sadržan između sljedećih ograničenja:

- 200 mm ispred osi prednjih kotača
- osi stražnjih kotača

Ipak, stražnje cijevi mogu biti produljene izvan tih ravnina kako bi se pričvrstile na šasiju.

Stražnje cijevi na jednodijelnoj šasiji mogu biti produljene iza točki montiranja stražnjeg ovjesa, pod uvjetom da su fiksne ili zavarene na šuplje tijelo jednodijelne šasije.

Najmanja udaljenost između kacige putnika i cijevi sigurnosnog kaveza iznosi 50 mm.

### **2.1.3.2.6 Montaža sigurnosnog kaveza za karoseriju/šasiju**

Sigurnosni kavez mora biti izravno pričvršćen na čeličnu karoseriju ili glavnu šasiju, tj. na strukturu na koju se prenose opterećenja sa ovjesa (ako je potrebno uz dodatna pojačanja na spoju između šasije i donjeg dijela nosivih lukova).

Minimalne točke pričvršćenja:

- 1 za svaki stup prednjeg nosivog luka
- 1 za svaki stup bočnih nosivih lukova ili bočnih polu-nosivih lukova
- 1 za svaki stup glavnog nosivog luka
- 1 za svaku stražnju cijev

Za postizanje učinkovite montaže sigurnosnog kaveza na karoseriju, unutrašnjost može biti izmjenjena rezanjem ili deformiranjem oko sigurnosnog kaveza i njegovih montažnih točki.

Ako je potrebno, kutija s osiguračima može biti premještena kako bi se omogućilo uklapanje sigurnosnog kaveza.

Montažne točke prednjeg nosivog luka, glavnog nosivog luka, bočnih nosivih lukova ili bočnih polu-nosivih lukova:

Svaka montažna točka mora sadržavati barem jednu ploču za pojačanje debljine 3 mm.

Svako montažno postolje mora biti pričvršćeno sa najmanje tri vijka na čeličnu ploču za pojačanje, debljine najmanje 3 mm i najmanje 120 cm<sup>2</sup> površine, koja je zavarena na karoseriju.

Za vozila homologirana nakon 01.01.2007. površina od 120 cm<sup>2</sup> mora biti kontaktna površina između ploča za pojačanje i karoserije.

Primjeri prema inačicama a) do g) na slici 19.

Prema inačici c) na slici 19., ploča za pojačanje ne mora nužno biti zavarena za karoseriju.

U slučaju prema inačici e) na slici 19., točke pričvršćenja mogu biti zatvorene sa zavarenom pločom.

Vijci za pričvršćivanje moraju imati minimalni promjer M8 i minimalnu kvalitetu od 8.8 (ISO standard).

Pričvršćivači moraju biti samozatvarajući ili imati pločicu za zatvaranje.

Obavezno od 01.01.2010 :

Kut između dva vijka (mjereno od osi cijevi na razini postolja prema inačici a) na slici 19.) ne smije biti manji od 60°.

Montažne točke stražnjih cijevi:

Svaka stražnja cijev mora biti osigurana sa najmanje dva M8 vijka s montažnim pločama površine 60 cm<sup>2</sup> (inačica h) na slici 19.), ili osigurana sa jednim vijkom koji prolazi kroz obje strane ploče (inačica i) na slici 19.).

Njihova montažna postolja moraju biti pojačana pločama.

Ovo su minimalni uvjeti.

Uz navedeno, može se koristiti i više pričvršćivača, montažna postolja mogu biti zavarena za ploče za pojačanje, a sigurnosni kavez može biti zavaren za karoseriju/šasiju.

Poseban slučaj:

Dijagonalne cijevi čvrsto pričvršćene za karoseriju (vidi inačicu c) na slici 4.) moraju imati ploče za pojačanje kako je već prije definirano.

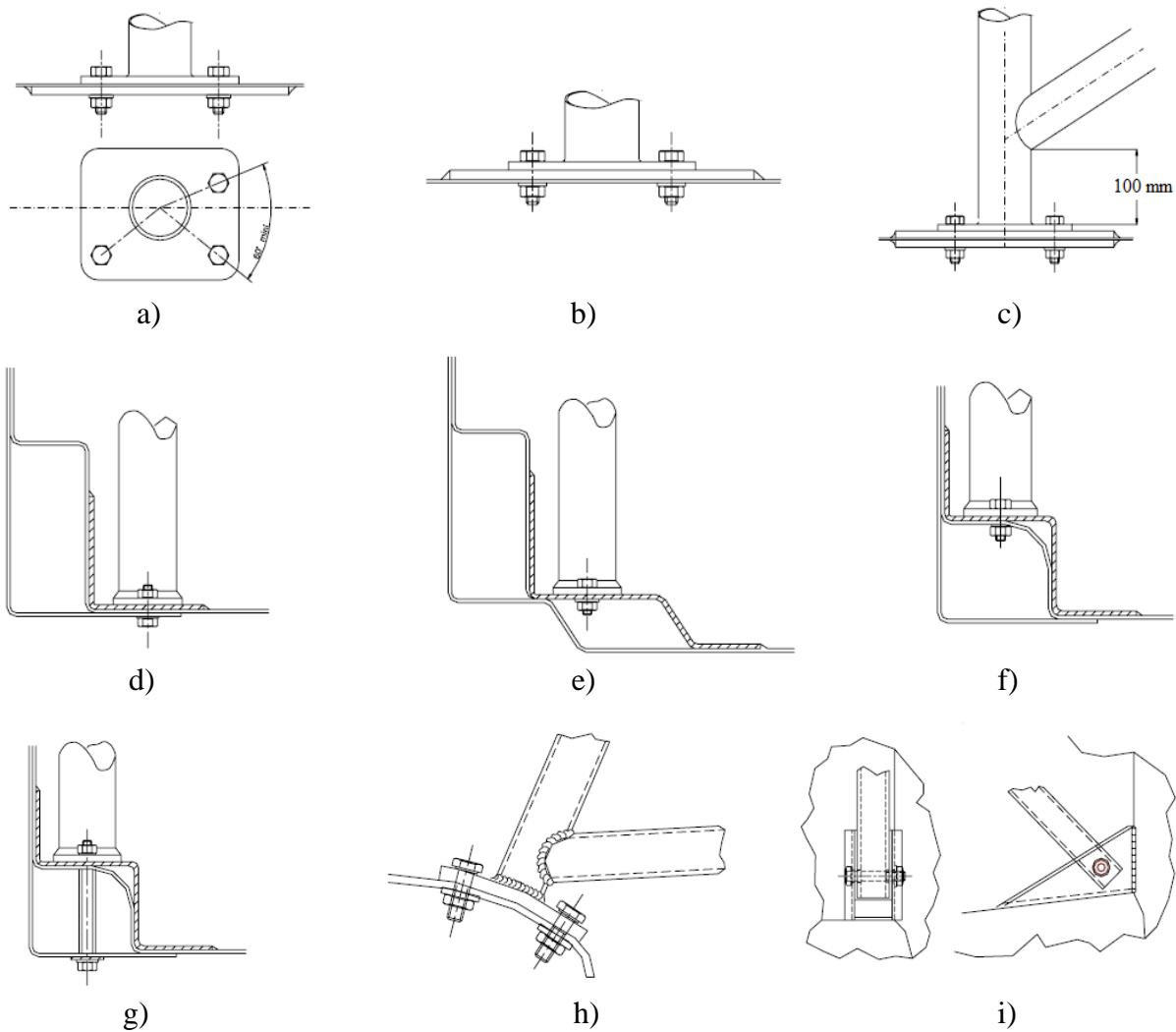
Za ne čeličnu karoseriju/šasiju, bilo kakav zavar između kaveza i karoserije/šasije je zabranjen, a dopušteno je samo spajanje ploče za pojačanje na karoseriju/šasiju.

Kavez na vozilima izrađen od cijevnog ili polu-cijevnog okvira (grupa T1) mora biti zavaren za šasiju ili biti sastavni dio šasije.

Točke pričvršćenja prednjeg nosivog luka, bočnih nosivih lukova, polu-bočnih nosivih lukova i glavnog nosivog luka moraju biti smještene najniže na razini poda kokpita.

Najmanje jedna cijev, istog presjeka i kvalitete, mora produžiti svako postolje nosivih lukova prema dolje.

Preporučuje se još jedna dijagonalna cijev, kao i horizontalne cijevi na razini poda.



FIA pravilnik 283, slike 253-50 do 253-58

Slika 19. Inačice spojeva sigurnosnog kaveza sa šasijom.

### 2.1.3.3. Karakteristike materijala

Dozvoljene su samo cijevi okruglog poprečnog presjeka.

Karakteristike materijala i dimenzije cijevi koje se koriste prikazane su u tablici 2.:

Tablica 2. Karakteristike materijala i dimenzije cijevi

Materijal	Najmanja dopuštena vlačna čvrstoća	Najmanje dopuštene dimenzije (mm)	Upotreba
Hladno vučeni bešavni nelegirani ugljični čelik (vidi ispod) koji sadrži najviše 0.3 % ugljika	350 N/mm <sup>2</sup>	45 x 2.5 (1.75"x0.095") ili 50 x 2.0 (2.0"x0.083")	Glavni nosivi luk (inačice a) i c) na slici 3.) ili Bočni nosivi luk i stražnja poprečna cijev (inačica b) na slici 3.)
		38 x 2.5 (1.5"x0.095") ili 40 x 2.0 (1.6"x0.083")	Bočni polu-nosivi luk i ostali dijelovi sigurnosnog kaveza (osim ako drugačije nije definirano u ranije navedenim poglavljima)

**Napomena:** Ove mjere predstavljaju najmanje dopuštene mjere.

Pri odabiru čelika, pozornost treba obratiti na dobivanje dobrih svojstva istezljivosti i odgovarajuće zavarljivosti.

Cijevi moraju biti savijane hladnim postupkom i središte polumjera savijanja mora biti najmanje 3 puta veće od promjera cijevi.

Ukoliko cijev poprimi ovalni oblik tijekom savijanja, odnos manjeg i većeg promjera mora biti 0.9 ili veći.

Savijena površina mora biti glatka, bez neravnina i pukotina.

### 2.1.3.4. Smjernice za zavarivanje:

Zavarivanje se mora provesti duž cijelog opsega cijevi.

Svi zavari moraju imati najveću moguću kvalitetu uz potpuno prodiranje i poželjno je korištenje elektrolučnog zavarivanja pod zaštitom plina.

Iako dobar vanjski izgleda zavara ne mora biti nužno jamstvo njegove kvalitete, loš izgled zavara nikada nije znak dobre izrade.

Kod korištenja toplinski obrađenog čelika, proizvođači moraju slijediti posebne upute (posebne elektrode, zavarivanje pod zaštitom plina).

### 2.1.3.5. Zaštitna obloga:

Na mjestu gdje tijela putnika mogu doći u kontakt sa sigurnosnim kavezom, mora biti predviđena negoriva zaštitna obloga.

Na mjestima gdje kaciga putnika dolazi u kontakt prilikom sudara sa sigurnosnim kavezom, mora biti postavljena obloga koja je u skladu sa FIA standardom 8857-2001, tip A.

## 2.2. FIA 285-2011

Ovaj pravilnik također je važeći od 1.1.2011. Odnosi se samo na vozila grupe T1.

U sljedećem tekstu prikazane su odredbe koje se odnose na rešetku vozila.

### 2.2.1. OBVEZE

Automobili grupe T1 moraju biti u skladu s općim propisima i sigurnosnom opremom kako je definirano FIA pravilnicima 282 i 283.

Svaki spremnik ulja ili goriva mora biti smješten u okviru glavne strukture, odnosno karoserije vozila.

Dopušteni su samo spremnici goriva u skladu sa standardima: FT3 1999, FT3.5 ili FT5.

Spremnik goriva mora biti smješten iza stražnje cijevi glavnog nosivih lukova.

Ni jedan dio spremnika ne može biti smješten manje od 80 mm iznad referentne površine (vidi sliku 21.).

Za 4x2 automobile, dozvoljeno je nekoliko spremnika goriva i oni mogu biti produžiti prema naprijed ispod razine točke pričvršćenja sjedala za šasiju, ali ne manje od 1100 mm od osi prednje osovine.

Broj točaka usisavanja je ograničen na 2 i tlak usisne pumpe ne smije biti veći od 1 bar.

Broj izlaza goriva je ograničen na 2.

Osim ovog spremnika, maksimalni kapacitet goriva je 4 litre.

### 2.2.2. ŠASIJA I SIGURNOSNI KAVEZ

Dozvoljeni su samo cijevni okviri šasije od željeznih materijala.

**Debljina cijevi koje čine sastavni dio šasije ne smije biti manja od 1.5 mm.**

Sve cijevi sigurnosnog kaveza definirane u poglavlju 2.1.3.1 (inačice a), b) i c)) moraju imati minimalni presjek 50x2 mm ili 45x2.5 mm.

Mjesto spoja stražnje cijevi glavnog nosivog luka i podnice ne smije biti više od 950 mm od središta stražnjih kotača (vidi sliku 21.).

Mora biti instalirana prigušna struktura (engl. *crash box*).

Materijal za postavu sa  $60 - 240 \text{ g/m}^2$ , najmanje debljine 40 mm, mora biti postavljen na upravljaču na površini ne manjoj od  $20000 \text{ mm}^2$  ( $200 \text{ cm}^2$ ) kako bi zaštitio lice vozača.

Automobil mora imati strukturu odmah iza vozačevog sjedala koja je šira od njegovih ramena i proteže se iznad njih, kada vozač sjedi normalno u automobilu sa pričvršćenim sigurnosnim pojasom.

#### **Referentna površina:**

Šasija mora imati 3 fiksne točke koje definiraju referentnu površinu vozila.

Te točke moraju biti u skladu sa slikom 20. i biti vidljive i dostupne u svakom trenutku.

One ne moraju biti najniže točke dijelova za suspenziju.

## 2.2.3. KAROSERIJA

### 2.2.3.1. Eksterijer

Šasija mora:

- proizlaziti iz šasije (ili jednodijelnog tijela) automobila proizvedenih u količini većoj od 1000 godišnje (potrebno odobrenje FIA).

U tom slučaju, ove šasije (ili jednodijelno tijelo) i karoserija mogu se mijenjati samo u skladu prema poglavljima 2.2.3.2.2 i 2.2.3.2.4.

- biti napravljena od cijevnog čeličnog okvira

Vjetrobransko staklo je neobavezno.

Međutim, trebalo bi biti jedno, i mora biti napravljeno od laminarnog stakla bez obzira na svoj oblik i površinu.

Ako je vjetrobransko staklo zalijepljeno, mora biti moguće maknuti prednja vrata ili prozor sa prednjih vrata iz automobila bez upotrebe alata.

Svi dijelovi karoserije moraju biti pažljivo i potpuno završeni, bez privremenih ili improviziranih dijelova i bez oštih rubova.

Ni jedan dio karoserije ne smije imati oštre rubove ili vrhove.

Karoserija svakog automobila mora biti izrađena od tvrdog, netransparentnog materijala koja se proteže prema gore najmanje do središta upravljača i ne manje od 420 mm iznad ravnine montiranja sjedala vozača, i to mora pružaju zaštitu od kamenja.

Gledano u vertikalnoj projekciji, karoserija mora pokrivati najmanje 120 ° iznad gornjeg dijela kotača (nalazi se iznad osi kotača gledano sa boka) i nikakvi mehanički dijelovi ne smiju biti vidljivi odozgo s iznimkom amortizera, hladnjaka, ventilatora i rezervnih kotača, uključujući i njihove točke montiranja i spajanja (vidi sliku 285-1).

Karoserija mora dosegnuti, ili se proširiti prema natrag najmanje do razine gornjeg ruba naplatka kotača.

Svi dijelovi imaju aerodinamičan utjecaj i svi dijelovi karoserije moraju biti nepomično osigurani za suspenzijski dio automobila (šasiju/tijelo), ne smiju imati bilo kakav stupanj slobode, moraju biti sigurno učvršćeni i moraju ostati nepomični u odnosu na ovaj (suspenzijski) dio kada je automobil u pokretu.

Automobil mora biti opremljen sa dva retrovizora, po jedan na svakoj strani automobila, koji pružaju učinkoviti pogled odostraga.

Svaki retrovizor mora imati minimalnu površinu od 120 cm<sup>2</sup>.

Pogled mora biti osiguran, pomoću praktičnih demonstracija, da vozač, kada normalno sjedi, može čisto vidjeti vozila iza sebe.

U tu svrhu, vozač će morati identificirati slova ili brojeve, visoke 15 cm i široke 10 cm, prikazane slučajnim odabirom na ploči postavljenoj iza vozila prema sljedećim uputama:

-Visina: između 40 cm i 100 cm iznad tla

-Širina: 2 m sa svake strane od središnje linije automobila

-Položaj: 10 m iza središnje osi stražnje osovine automobila

## **2.2.3.2. Najveće dimenzije**

### **2.2.3.2.1 Širina i visina**

-Za vozila 4x4, najveća širina karoserije je 2000 mm bez retrovizora

-Za vozila 4x2, najveća širina karoserije je 2200 mm bez retrovizora

#### **Visina (samo za 4x4)**

Na minimalnoj površini od 1 m<sup>2</sup> (1m x 1m), krov mora biti minimalno okomito udaljen 1450 mm od referentne površine (vidi sliku 21.).

### **2.2.3.2.2 Prevjes (samo za 4x4)**

Prednji prevjes ne smije biti udaljen manje od 660 mm (vidi sliku 21.).

Gledano u okomitoj projekciji, ova vrijednost od 660 mm mora pokrivati minimalnu udaljenost od 500 mm oko uzdužne središnje linije automobila (250 mm sa svake strane).

Ovo mjerenje se izvodi od referentne točke koja se nalazi na osi prednje osovine (vidi sliku 20.), na nepomičnom dijelu karoserije.

### **2.2.3.2.3 Međuosovinski razmak**

Ako je šasija (ili jednodijelno tijelo) izvedena iz šasije automobila proizvedenog u količini većoj od 100 godišnje (vidi poglavlje 2.2.3.1), mora biti zadržan serijski međuosovinski razmak.

Za cijevni okvir šasije, međuosovinski razmak:

-mora biti 2900 +/- 20 mm za 4x4 vozila (vidi sliku 21.)

-je slobodna mjera za 4x4 vozila sa krutim prednjim i stražnjim osovinama, te za 4x2 vozila.

Ova mjerenja moraju biti izvedena i prilagođena 300 mm od tla.

### **2.2.3.2.4 Prednji i stražnji napadni kut**

Prednji napadni kut, mjeren u bilo kojem trenutku, mora biti manji ili jednak 57° (vidi sliku 22.).

Stražnji napadni kut, mjeren u bilo kojem trenutku, mora biti manji ili jednak 50° (vidi sliku 21.).

Mjerenje kuta izvodi se i prilagođava 300 mm od tla (udaljenost referentna površina/tlo) i novim gumama.

Gledano u okomitoj projekciji, vrijednosti 57° i 50° moraju pokrivati minimalnu udaljenost od 500 mm oko uzdužne središnje linije automobila (250 mm sa svake strane).

Donji štitnik motora mora biti u skladu sa slikom 22.

## **2.2.3.3. Unutrašnjost**

Os upravljačkih pedala mora biti smještena iza ili neposredno iznad osi prednjih kotača.

Karoserija mora biti dizajnirana kako bi osigurala udobnost i sigurnost vozača i mogućih suvozača.

Ni jedan dio karoserije ne smije imati oštre rubove ili vrhove.

Ni jedan mehanički dio ne smije viriti ni prodirati u unutrašnjost kokpita.

Kontrolni otvori dozvoljeni su u pregradi kokpita.



S izuzetkom filtera zraka, klimatizacijskog sustava i cijevi za hlađenje putničkog prostora, mora se onemogućiti postavljanje i uklanjanje mehaničkih dijelova.

Ukupna površina kontrolnih otvora je ograničena na 750 cm<sup>2</sup> (kontrolni otvori za filter zraka, klima uređaj, bez cijevi za hlađenje putničkog prostora).

Oni moraju omogućiti da kokpit ostane nepropustan i nezapaljiv.

Bilo kakva oprema koja bi mogla uključivati rizik mora biti zaštićena ili izolirana i ne smije biti smještena u kokpitu.

Automobili moraju imati bočne otvore koji omogućuju izlaz vozača i mogućih suvozača.

Dimenzije tih otvora moraju biti takve da u njih stane pravokutnik najmanje 500 mm širok i 500 mm visok, mjereno okomito, svaki kut može biti zaobljen sa najvećim radijusom od 150 mm.

Vrata sa prozorima moraju imati otvor od prozirnog materijala i u koji je moguće uklopiti paralelogram sa mjerom horizontalnih strana od najmanje 400 mm.

Visina mjerena na površini prozora okomito prema horizontali mora biti najmanje 250 mm.

Kutovi mogu biti zaobljeni, sa najvećim radijusom 50 mm.

Mjere će biti uzete pomoću mjernog užeta.

Automobili bez bočnih prozora moraju biti opremljeni bočnom zaštitnom mrežom u skladu sa FIA pravilnikom 283.

Kokpit mora biti dizajniran tako da dopusti putniku izlaz iz normalnog položaja u vozilu u roku 7 sekundi kroz vrata na njegovoj strani, a u roku 9 sekundi kroz vrata na suprotnoj strani.

Za potrebe navedenog testiranja, putnik mora nositi svu redovitu opremu, sigurnosni pojasevi moraju biti pričvršćeni, upravljač mora biti na mjestu i u najnezgodnijem položaju i sva vrata moraju biti zatvorena.

Ova testiranja moraju se ponoviti za sve putnike u automobilu.

#### **-Za automobile sa jednim i sa dva sjedala:**

Najmanja okomita visina sigurnosnog kaveza je 1050 mm između poda kokpita (na mjestu sjedala), mjereno na mjestu 300 mm ispred dna B stupa, i linije spajanja (izvana) dva glavna nosiva luka (prednji nosivi luk i glavni nosivi luk) (vidi sliku 211).

Najmanja širina za noge mora biti 250 mm, održava se na visini 250 mm, mjereno vodoravno i okomito na uzdužnoj osi šasije, neposredno iznad upravljačkih pedala.

#### **-Automobili sa jednim sjedalom:**

Mjesto predviđeno za sjedalo mora imati širinu najmanje 450 mm u koju stane cijela dubina sjedala.

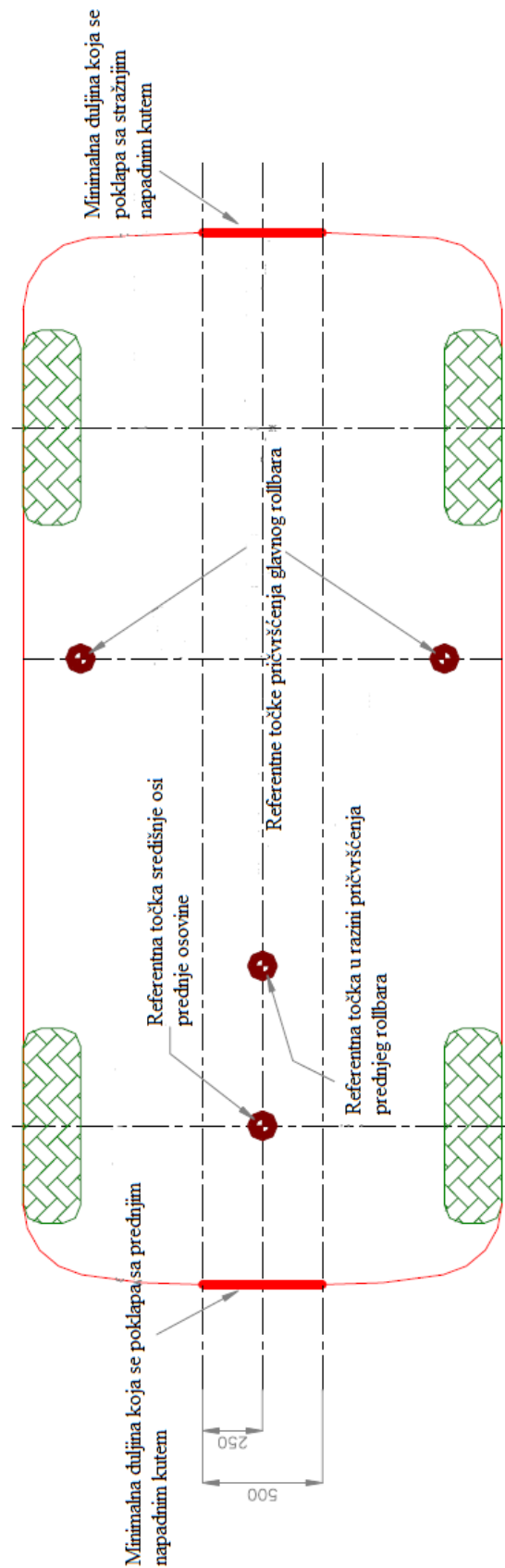
#### **-Automobili sa dva sjedala:**

Svako mjesto predviđeno za sjedalo mora imati širinu najmanje 450 mm u koju stane cijela dubina sjedala.

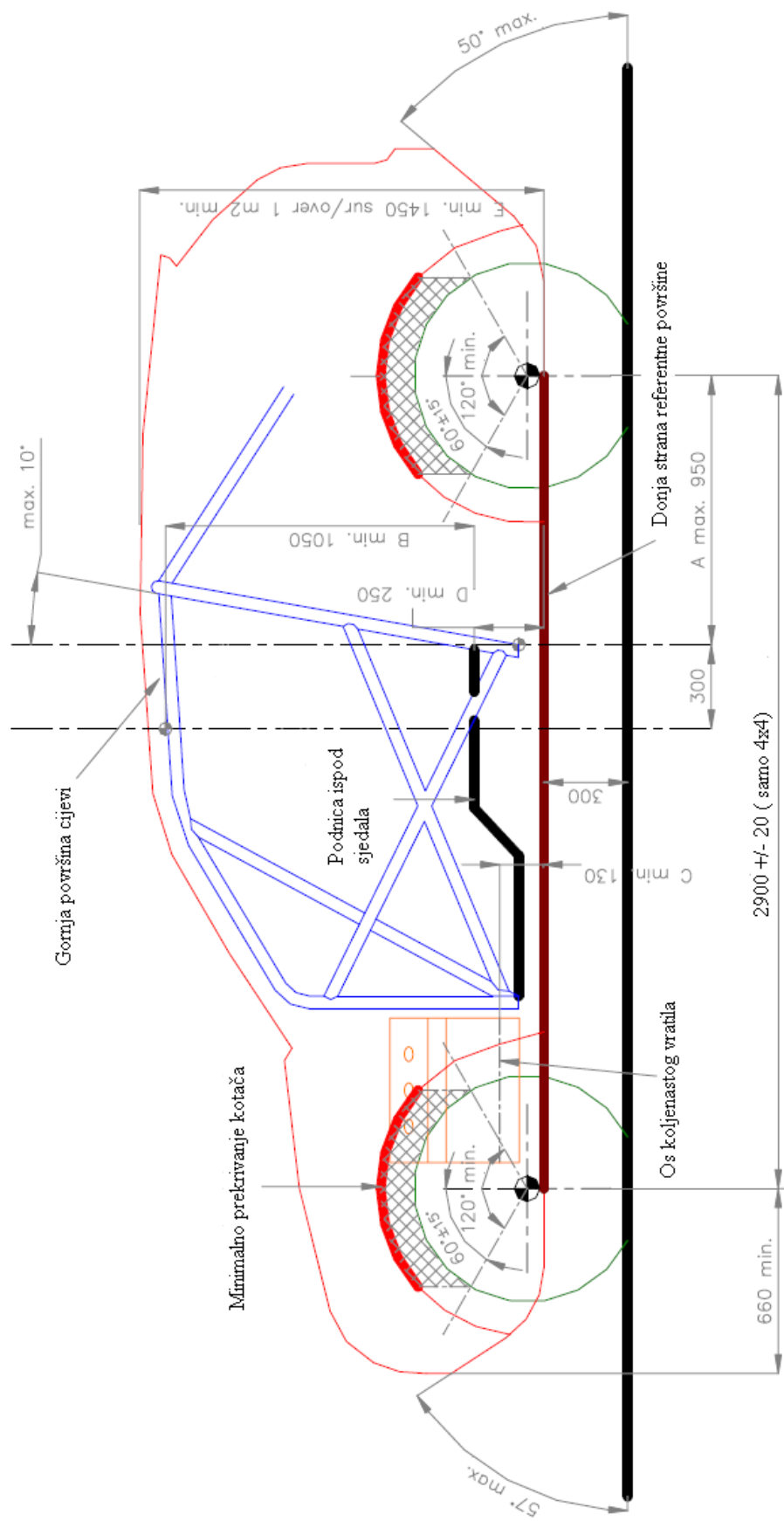
Udaljenost između uzdužnih linija dvaju sjedala automobila ne smije biti manja od 600 mm.

Ako središnje linije sjedala nisu paralelne, mjera se mora uzeti između udubljena svakog od dva sjedala.

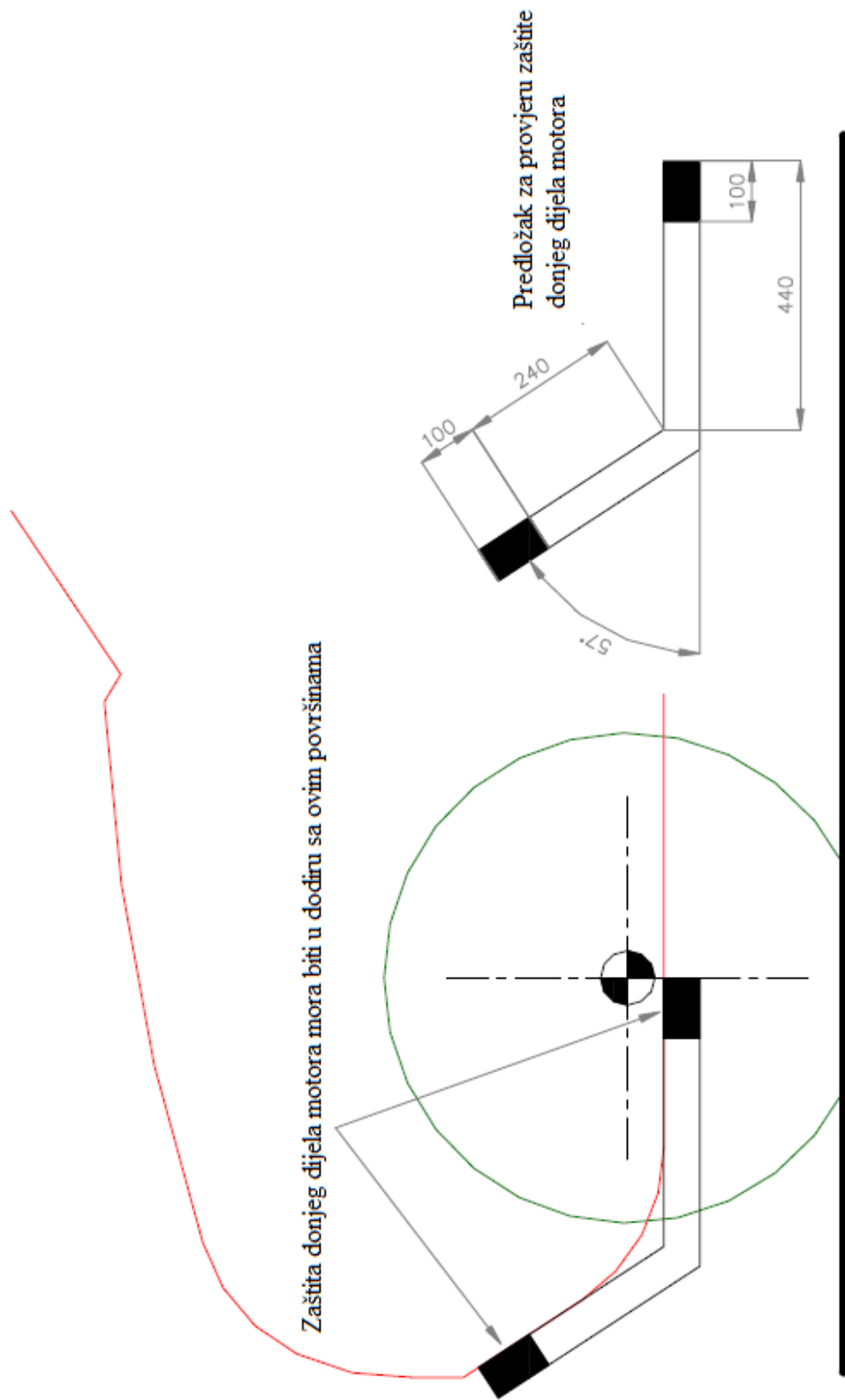
Najmanja širina unutrašnjosti za prednja sjedala je 1130 mm (975 mm za vozila 4x2) i 400 mm duljine. Ovaj pravokutnik 1130 x 400 mm mora stati unutar sigurnosnog kaveza iznad glave vozača i suvozača.



Slika 20. Shematski prikaz vozila grupe T1, 4x4, u horizontalnoj projekciji, s položajem referentnih točaka.



Slika 21. Shematski prikaz vozila grupe T1, 4x4, u vertikalnoj projekciji, s položajem referentnih točaka.

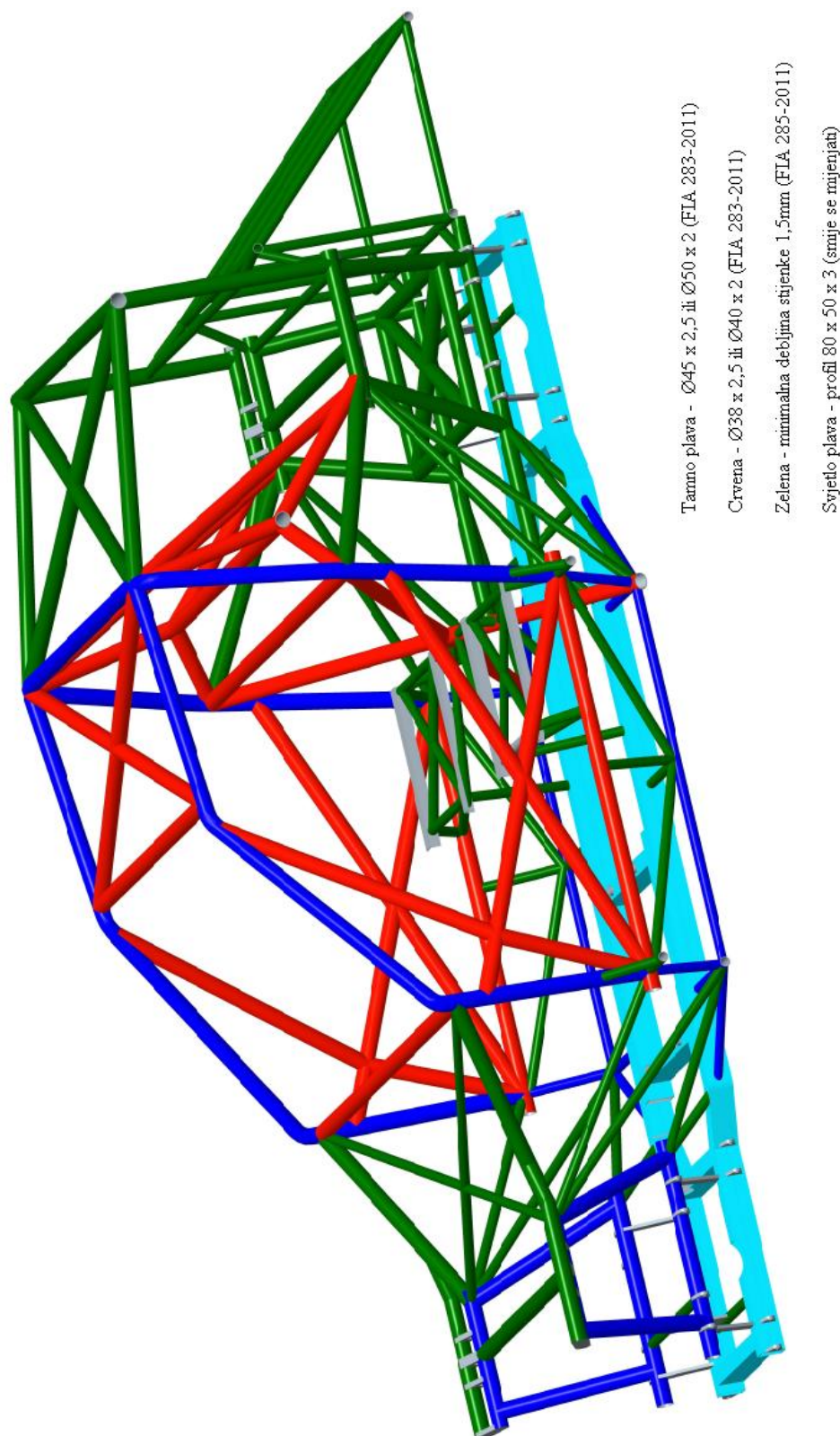


Slika 22. Shematski prikaz predloška za kontrolu prednjeg napadnog kuta.

### 3. INAČICE SIGURNOSNOG KAVEZA

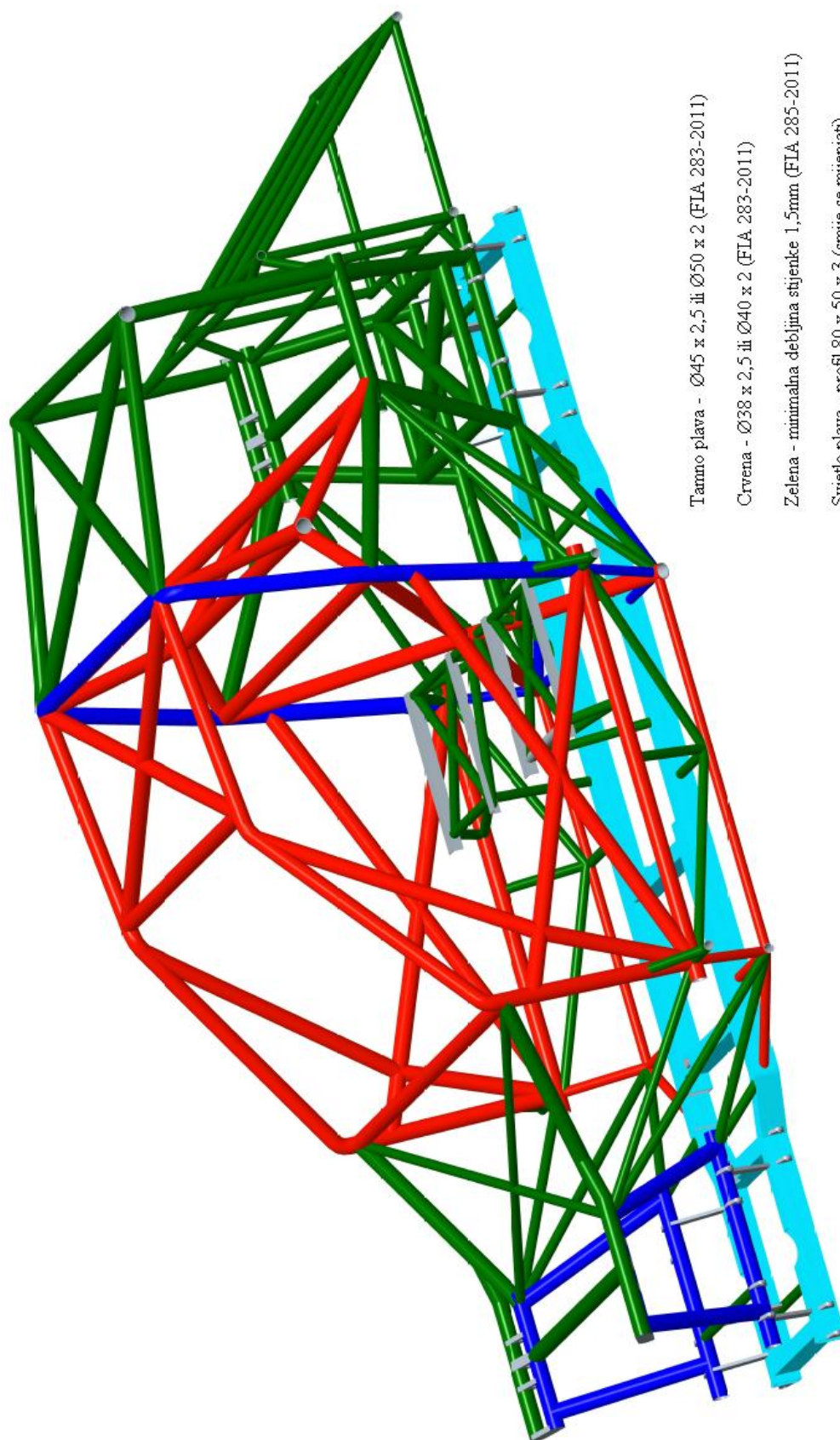
U nastavku su prikazani najmanji dopušteni promjeri cijevi rešetke koji su definirane prethodno prikazanim FIA pravilnicima (vidi poglavlje 2.). Na slikama 23. i 24. prikazane su dvije inačice sigurnosnog kaveza definirane u poglavlju 2.1.3.1.

#### A) Sigurnosni kavez, inačica b) (vidi poglavlje 2.1.3.1.)



Slika 23. Sigurnosni kavez, inačica b), (vidi sliku 3.)

**B) Sigurnosni kavez, inačica c) (vidi poglavlje 2.1.3.1.)**



Tamno plava -  $\varnothing 45 \times 2,5$  ili  $\varnothing 50 \times 2$  (FLA 283-2011)

Crvena -  $\varnothing 38 \times 2,5$  ili  $\varnothing 40 \times 2$  (FLA 283-2011)

Zelena - minimalna debljina stijjenke 1,5mm (FLA 285-2011)

Svijetlo plava - profil 80 x 50 x 3 (smije se mijenjati)

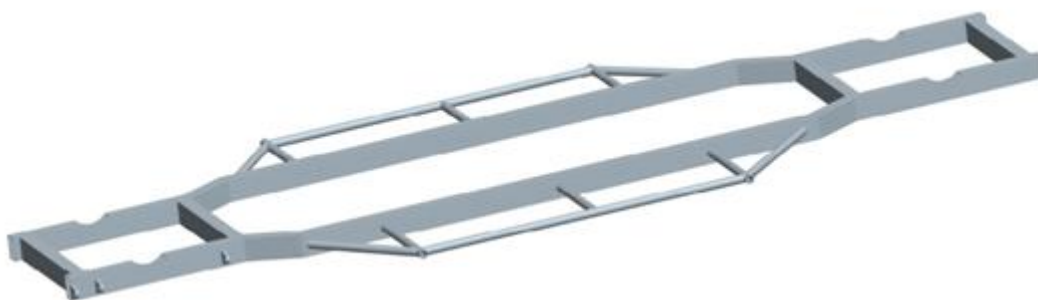
Slika 24. Sigurnosni kavez, inačica c), (vidi sliku 3.)

## 4. MODELIRANJE NOSIVE REŠETKE

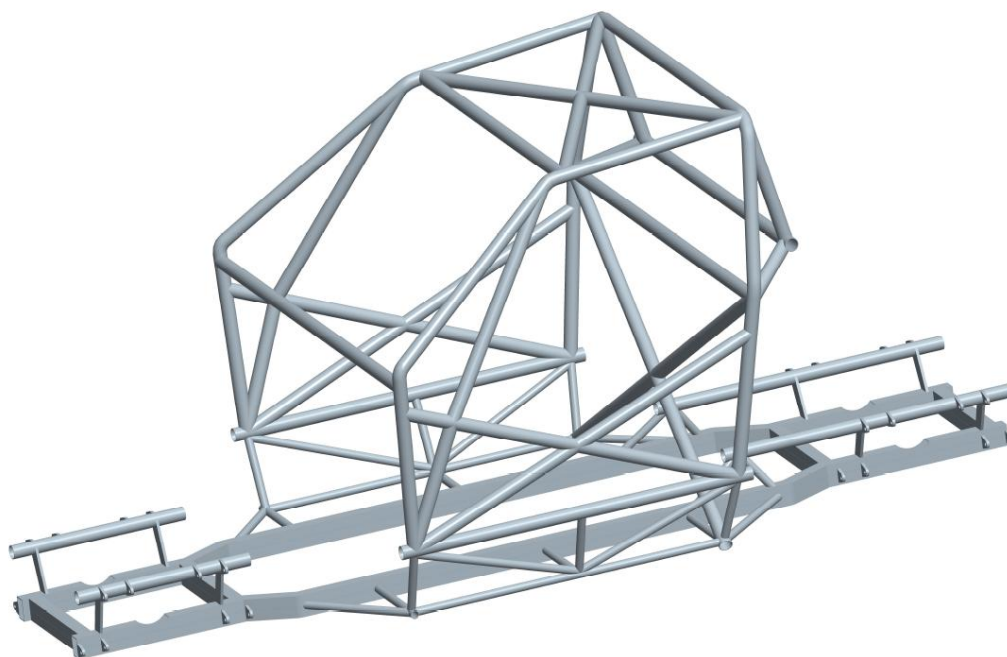
Za modeliranje nosive rešetke korišten je programski paket Pro/ENGINEER Wildfire 4.0. Nosiva rešetka modelirana je prema mjerama modela iz programa AutoCAD 2011., koje su prethodno definirali članovi CRO DAKAR tima.

Pro/ENGINEER je jedan od najpoznatijih 3D parametarskih CAD<sup>2</sup> programa za modeliranje. Spada među najbolje programe jer svojim modulima pokriva gotovo sve primjene u suvremenom strojarstvu.

Na sljedećim slikama prikazan je tijek modeliranja nosive rešetke. Nosiva rešetka modelirana je prema FIA pravilnicima 283-2011 i 285-2011 koji su prethodno definirani.



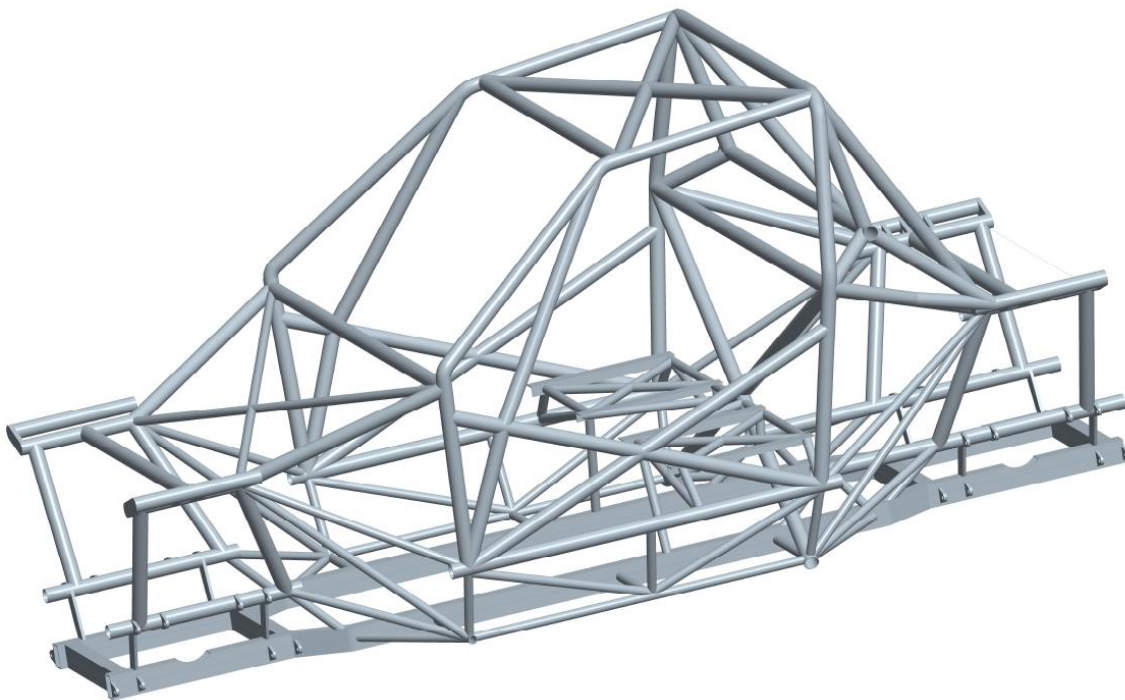
Slika 25. Početak modeliranja.



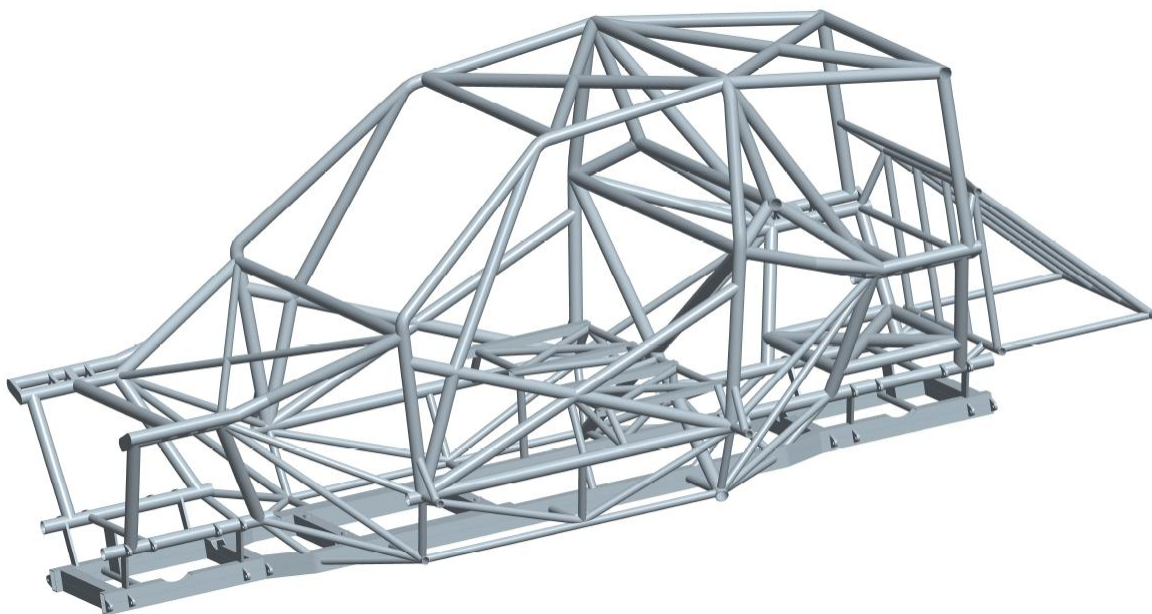
Slika 26. Modelirani sigurnosni kavez i nosač ovjesa

---

<sup>2</sup> CAD – Konstruiranje pomoću računala (eng. *Computer Aided Design*) je korištenje širokog spektra računalnih alata koji pomažu inženjerima, arhitektima i ostalim konstruktorima. CAD programi se koriste za konstruiranje različitih modela u automobilskoj industriji, brodogradnji, svemirskoj industriji, arhitekturi i mnogim drugim granama industrije. CAD se također mnogo koristi u izradi kompjuterske animacije specijalnih efekata u filmovima, reklamama i tehničkim uputstvima.



Slika 27. Dovršavanje rešetke



Slika 28. Gotova rešetka

Masa konstruirane nosive rešetke, prema programskom paketu Pro/ENGINEER Wildfire 4.0, iznosi 337 kg.



## 5. ANALIZA NOSIVE REŠETKE

Nakon što je napravljen model nosive rešetke u programu Pro/ENGINEER Wildfire 4.0 (vidi poglavlje 4.), slijedi analiza modela nosive rešetke. Za analizu nosive rešetke korišten je programski paket CATIA V5R19. U ovom programu napravljena je FEM<sup>3</sup> analiza.

Analiza se provodi za tri slučaja opterećenja, i to:

- Opterećenje vlastitom masom i dodatnim masama sa vertikalnim ubrzanjem od 1g
- Opterećenje vlastitom masom i dodatnim masama sa vertikalnim ubrzanjem od 5g
- Opterećenje vlastitom masom i dodatnim masama sa vertikalnim ubrzanjem od 20g

Masa konstruirane nosive rešetke, izmjerena pomoću programskog paketa Pro/ENGINEER Wildfire 4.0, iznosi 337 kg.

Udarna opterećenja izazvana skokovima za vrijeme utrke aproksimirana su kvazistatičkim vertikalnim opterećenjem, odnosno vozilo je postavljeno u položaj mirovanja na zamišljenu podlogu dok na njega djeluje opterećenje.

Vertikalno ubrzanje od 1g odgovara vlastitoj težini nosive rešetke i dodatnih masa kada je vozilo u mirovanju, a posljedica je Zemljine privlačne težine, tj. sile težine.

Vertikalno ubrzanje od 5g odgovara peterostrukom povećanju težine, a toliko ubrzanje može izdržati uvježbani mladi čovjek, u fizički dobrome stanju.

Najveće ubrzanje od 20g, koje odgovara dvadeseterostrukom povećanju težine, vjerovatno seneće pojaviti tijekom utrke. Međutim, toliko opterećenje trebaju na primjer izdržati sidrišta autobnih sjedala (ECE pravilnik br.17). Ubrzanje od 20g pojavilo bi se npr. kada bi vozilo sa brzinom od 150km/h udarilo u zid i pritom se zaustavilo za 0,2 sekunde.

---

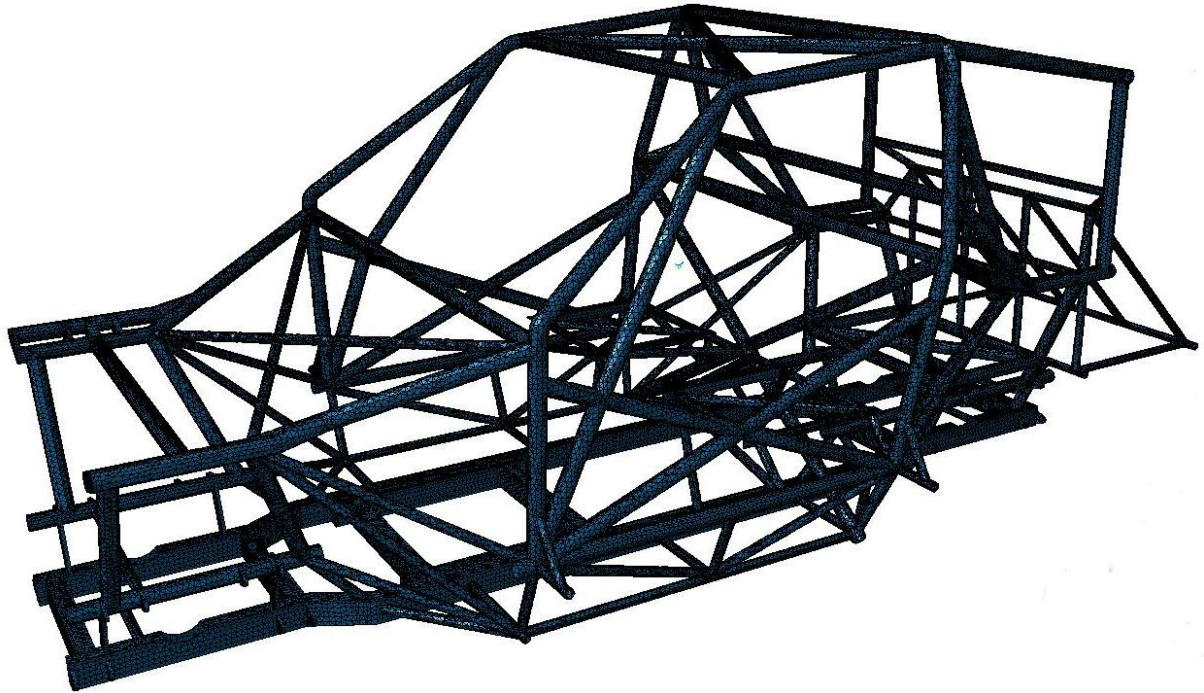
<sup>3</sup> FEM – Metoda konačnih elemenata (eng. *Finite Element Method*) je približna numerička metoda za analizu modela, a temelji se na fizičkoj diskretizaciji, pri čemu se kontinuum s beskonačno stupnjeva slobode zamjenjuje s diskretnim modelom s konačnim brojem stupnjeva slobode. Rješavanje inženjerskih problema svodi se na rješavanje sustava algebarskih jednažbi. Primjenjuje se u mehanici deformabilnih tijela za rješavanje statičkih i dinamičkih problema, temperaturnih polja, proračun strujanja te analiza elektromagnetskih polja. FEM je postala nezaobilazna metoda u analizi inženjerskih konstrukcija.

## 5.1. MREŽA KONAČNIH ELEMENATA

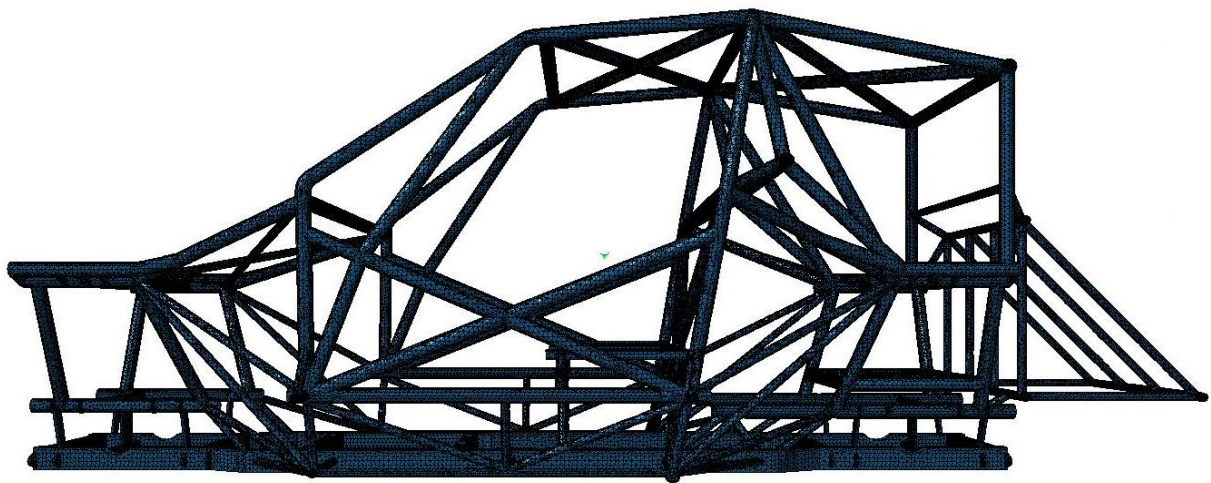
Model nosive rešetke diskretiziran je pomoću linearnih tetraedarskih konačnih elemenata. Mreža se sastoji od:

- 616823 linearnih tetraedarskih konačnih elemenata
- 201231 čvor
- 603693 stupnja slobode gibanja

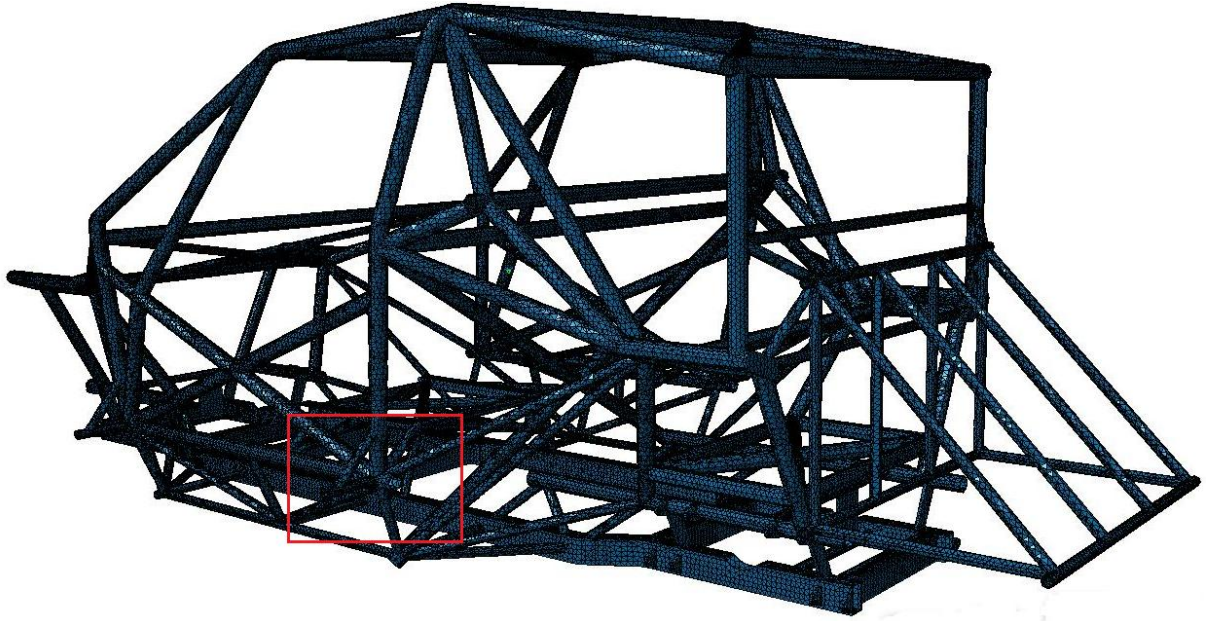
Na slikama 29. do 32., prikazana je mreža konačnih elemenata nosive rešetke koja je korištena za daljnju analizu.



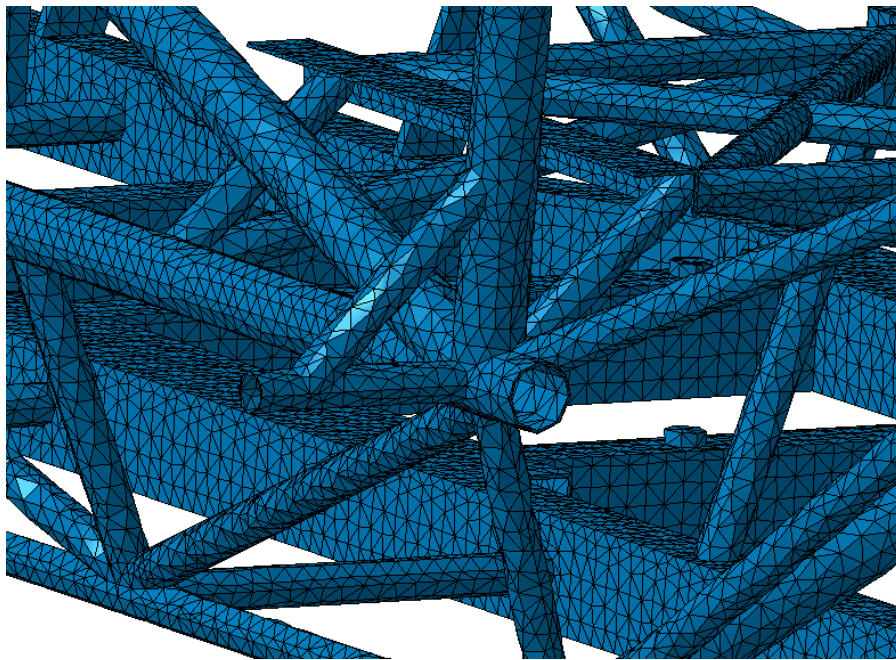
Slika 29. Mreža konačnih elemenata, izometrija



Slika 30. Mreža konačnih elemenata, nacrt



Slika 31. Mreža konačnih elemenata, izometrija 2



Slika 32. Mreža konačnih elemenata, detalj

## 5.2. MATERIJAL REŠETKE

Nakon što je dobivena mreža konačnih elemenata, potrebno je definirati karakteristike materijala. Korištene su hladno vučene čelične cijevi sa sljedećim karakteristikama:

Proizvođač - TRAFILTUBI, Milano; Italija

Oznaka materijala – X4 Cr Ni Mo 16.5.1 (APX4)

Granica proporcionalnosti –  $R_{p0,2} = 800 \text{ N/mm}^2$

Vlačna čvrstoća –  $R_m = 1000 \text{ N/mm}^2$

Youngov modul elastičnosti –  $210000 \text{ N/mm}^2$

Poissonov koeficijent – 0,27

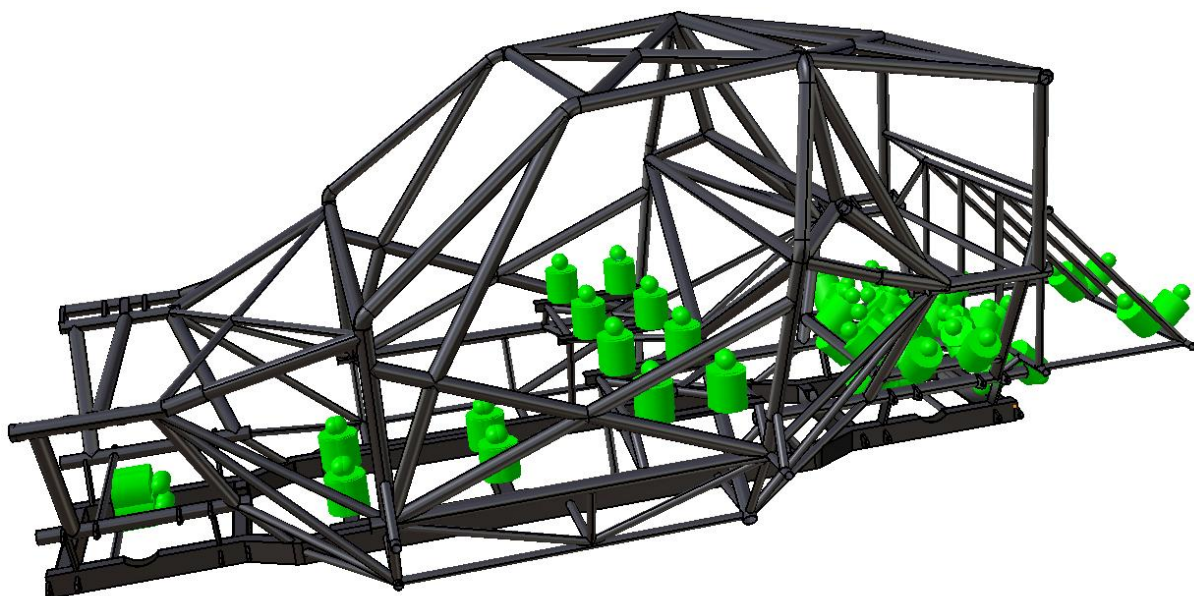
Gustoća –  $7860 \text{ kg/m}^3$

## 5.3. DODATNE MASE KOJE OPTEREĆUJU REŠETKU

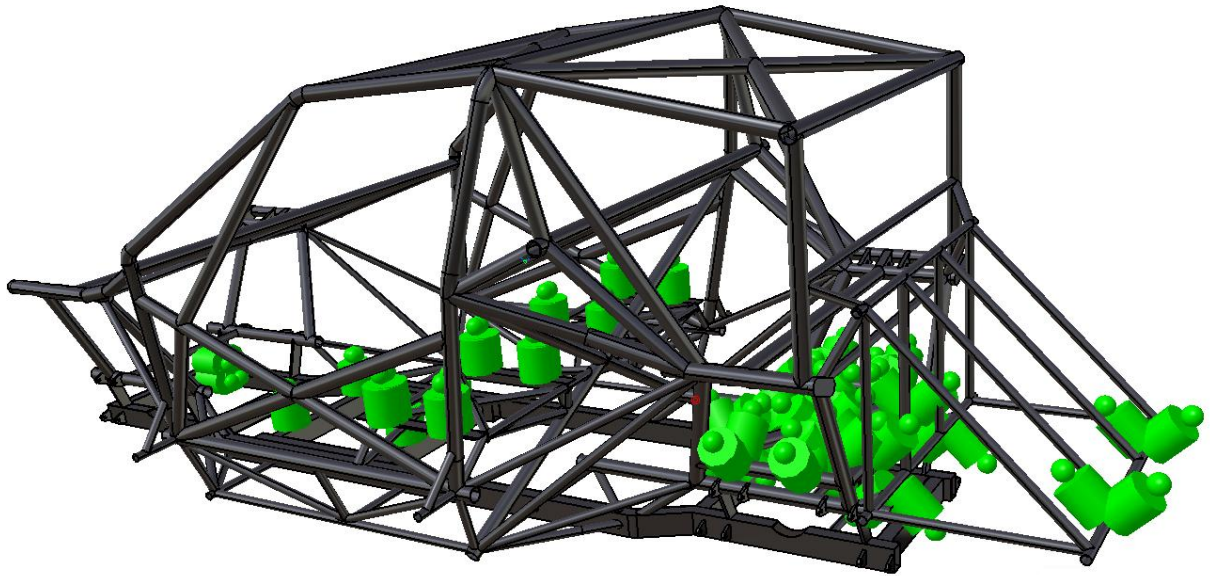
Dodjeljivanje dodatnih masa koje opterećuju rešetku prikazano je ispod na slici 33. i slici 34.

Mase dodane na rešetku od prednjeg kraja rešetke prema stražnjem kraju:

- Prednji diferencijal.....34 kg
- Motor + zamašnjak i spojka + zvonu + mjenjač.....310 kg
- Vozač s opremom.....120 kg
- Suvozač s opremom.....120 kg
- Spremnik goriva + gorivo.....500 kg
- Stražnji diferencijal.....34 kg
- Rezervni kotači.....105 kg



Slika 33. Mase koje opterećuju rešetku, izometrija 1



Slika 34. Mase koje opterećuju rešetku, izometrija 2

## 5.4. SIMULACIJA OPTEREĆENJA PRI DOSKOKU VOZILA

Simulacija opterećenja pri doskoku vozila napravljena je pod pretpostavkom da vozilo padne na podlogu svim kotačima istovremeno. Pri doskoku vozila, udarac apsorbiraju amortizeri.

Provedene su tri simulacije opterećenja pri doskoku vozila, i to:

- za opterećenje vlastitom masom i dodatnim masama sa vertikalnim ubrzanjem od 1g,
- za opterećenje vlastitom masom i dodatnim masama sa vertikalnim ubrzanjem od 5g,
- za opterećenje vlastitom masom i dodatnim masama sa vertikalnim ubrzanjem od 20g.

Opterećenje vlastitom masom i dodatnim masama sa vertikalnim ubrzanjem od 1g je stalno prisutno opterećenje, koje odgovara vlastitoj težini nosive rešetke sa dodatnim masama,

Opterećenje vlastitom masom i dodatnim masama sa vertikalnim ubrzanjem od 5g odgovara peterostruko većoj težini nosive rešetke i dodatnih masa. Ovo vertikalno ubrzanje od 5g može izdržati fizički spremna i uvježbana osoba, a javlja se npr. kod bolida formule ili boba u brzom i oštrom zavoju.

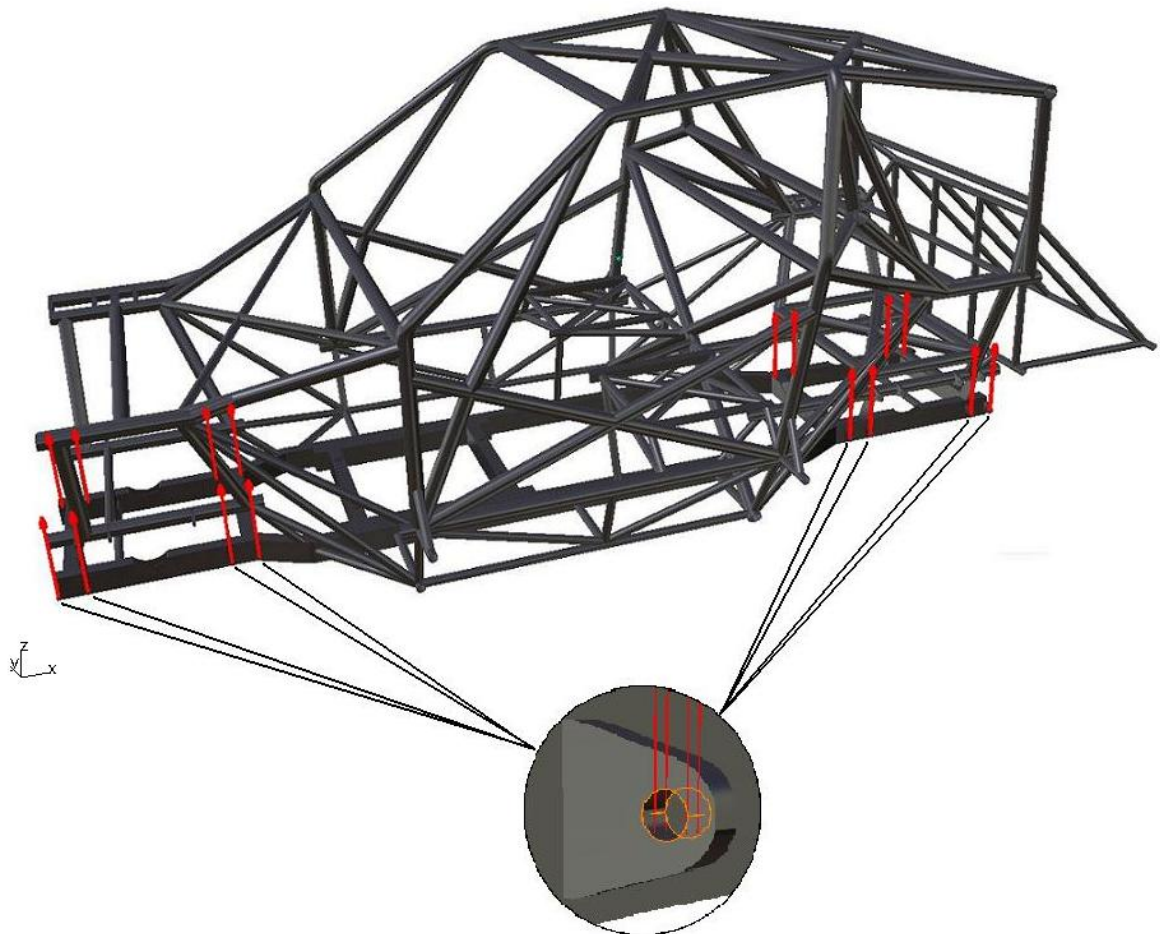
Opterećenje vlastitom masom i dodatnim masama sa vertikalnim ubrzanjem od 20g odgovara dvadeseterostruko većoj težini nosive rešetke i dodatnih masa. Ovo vertikalno ubrzanje od 20g vjerovatno se neće pojaviti na vozilu za vrijeme utrke, ali toliko vertikalno ubrzanje moraju izdržati sidrišta autobusnih sjedala, pa je ovo vertikalno ubrzanje korišteno kao najveće opterećenje koje mora izdržati nosiva rešetka vozila.

Za sve tri navedene simulacije opterećenja, jednaki su sljedeći parametri: mreža konačnih elemenata (poglavlje 5.1), materijal (poglavlje 5.2), dodatne mase na rešetci (poglavlje 5.3) te rubni uvjeti (slika 35.).

### 5.4.1. RUBNI UVJETI

Zadavanje rubnih uvjeta prikazano je na slici 35.

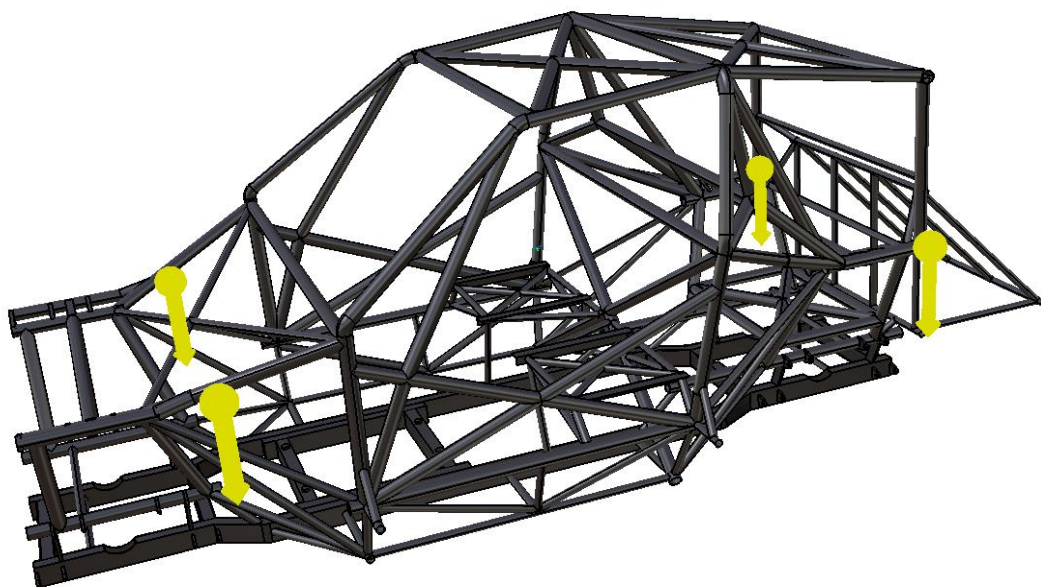
Rubni uvjeti postavljeni su u hvatištima donjih ramena ovjesa i njima su onemogućeni pomaci rešetke u smjeru osi Z.



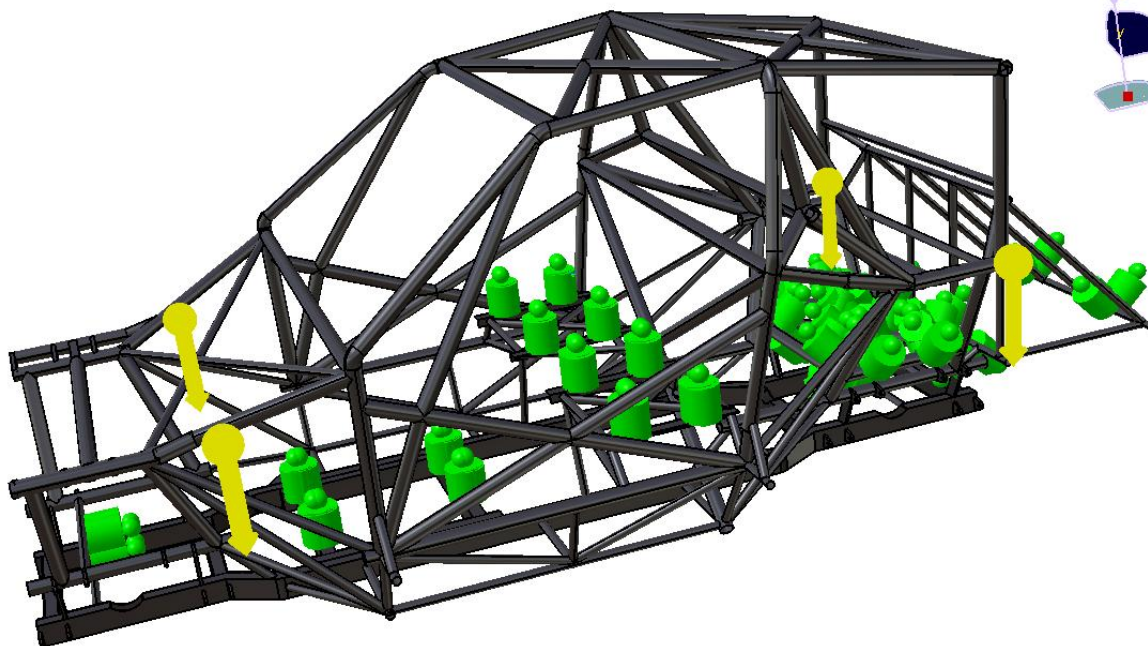
Slika 35. Zadavanje rubnih uvjeta

## 5.4.2. OPTEREĆENJA

Nosiva rešetka opterećena je vlastitom težinom uslijed vertikalnog ubrzanja, prema slici 36., te dodatnim masama (vidi poglavlje 5.3). Na slici 37. prikazana su sva opterećenja koja djeluju na rešetku, tj. vertikalno ubrzanje i dodatne mase. Za sve tri navedene simulacije opterećenja, jednaki su: mreža konačnih elemenata (poglavlje 5.1), materijal (poglavlje 5.2), dodatne mase na rešetci (poglavlje 5.3) te rubni uvjeti (slika 35.). Mijenjaju se samo iznosi vertikalnog ubrzanja  $g$ , kako je definirano na početku poglavlja 5.(str. 30.).



Slika 36. Smjer djelovanja vertikalnog ubrzanja  $g$



Slika 37. Sva opterećenja koja djeluju na rešetku

Nakon što su definirani mreža konačnih elemenata, materijal, rubni uvjeti, mase i opterećenja, program može započeti s proračunom nosive rešetke nakon čega se dobivaju rezultati analize.



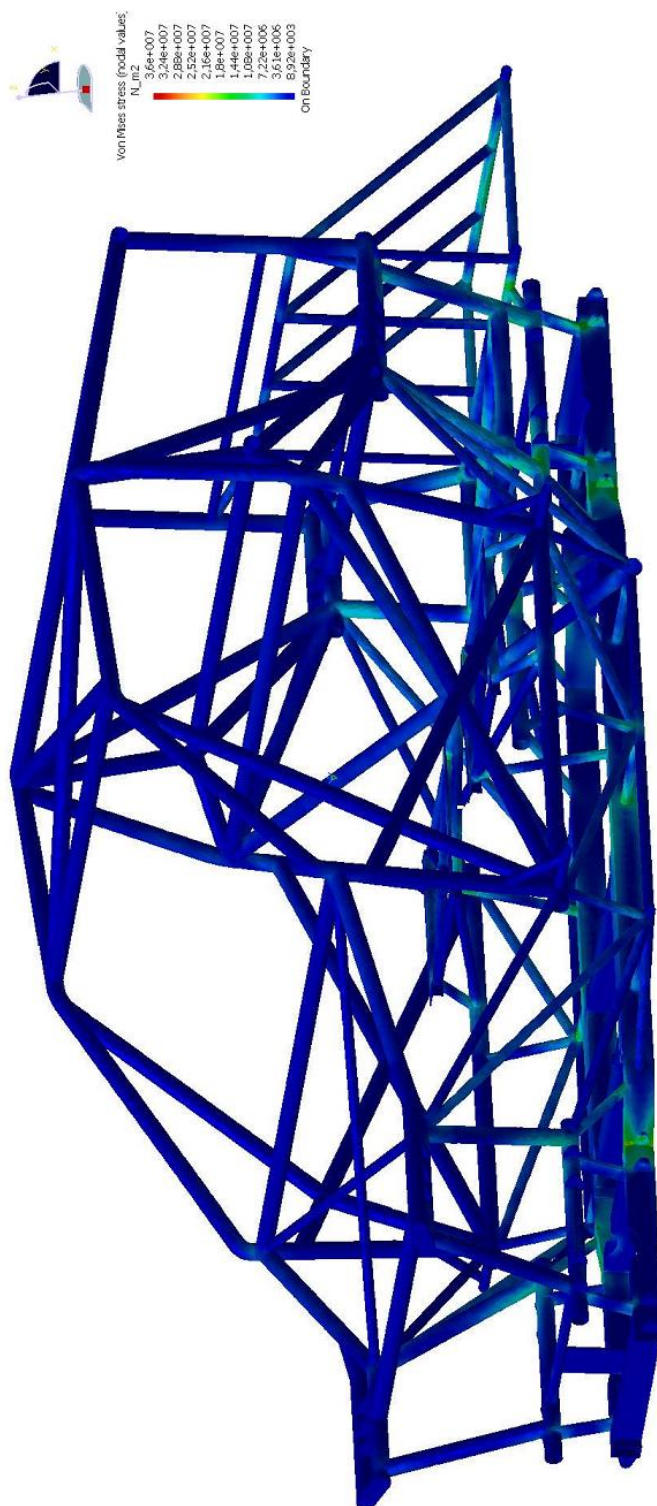
### 5.4.3. REZULTATI

#### 5.4.3.1. REZULTATI ANALIZE ZA VERTIKALNO UBRZANJE OD 1g

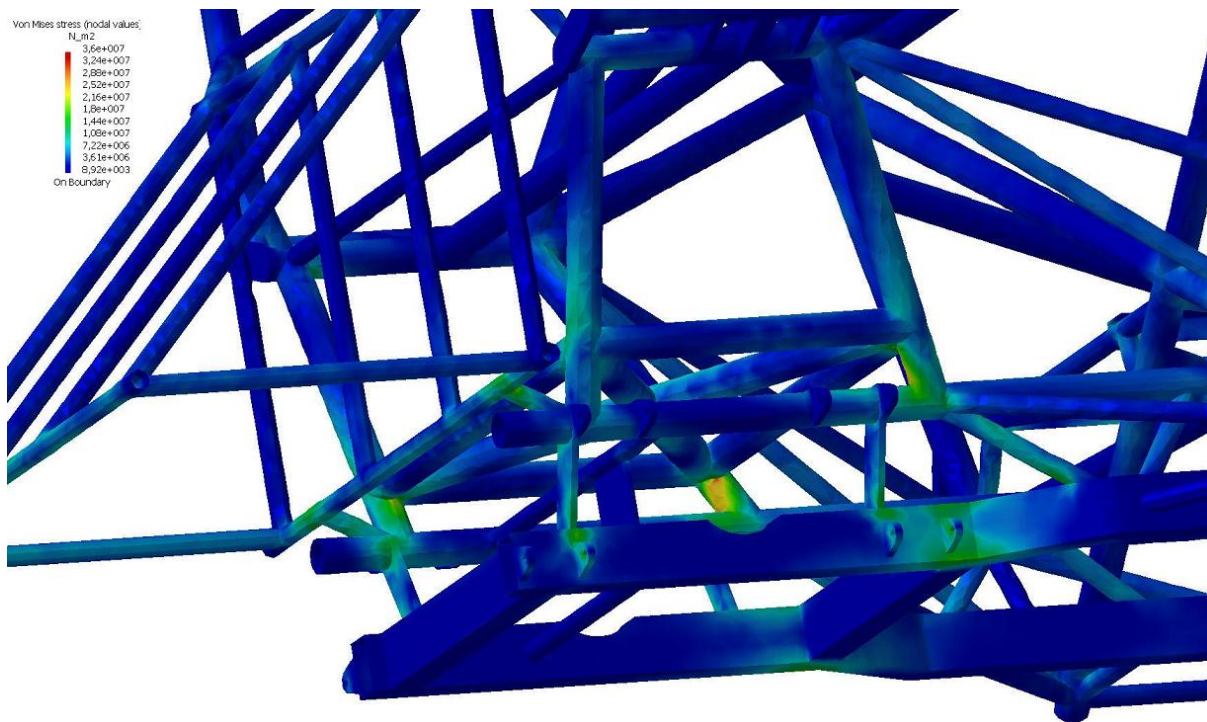
Na slici 38. prikazani su dobiveni rezultati ekvivalentnih *von Mises*-ovih napreznja, a na slici 40. prikazani su dobiveni pomaci.

Najveće napreznje iznosi  $36 \text{ N/mm}^2$  i nalazi se na spojevima cijevi ispod nosača spremnika goriva (slika 39.).

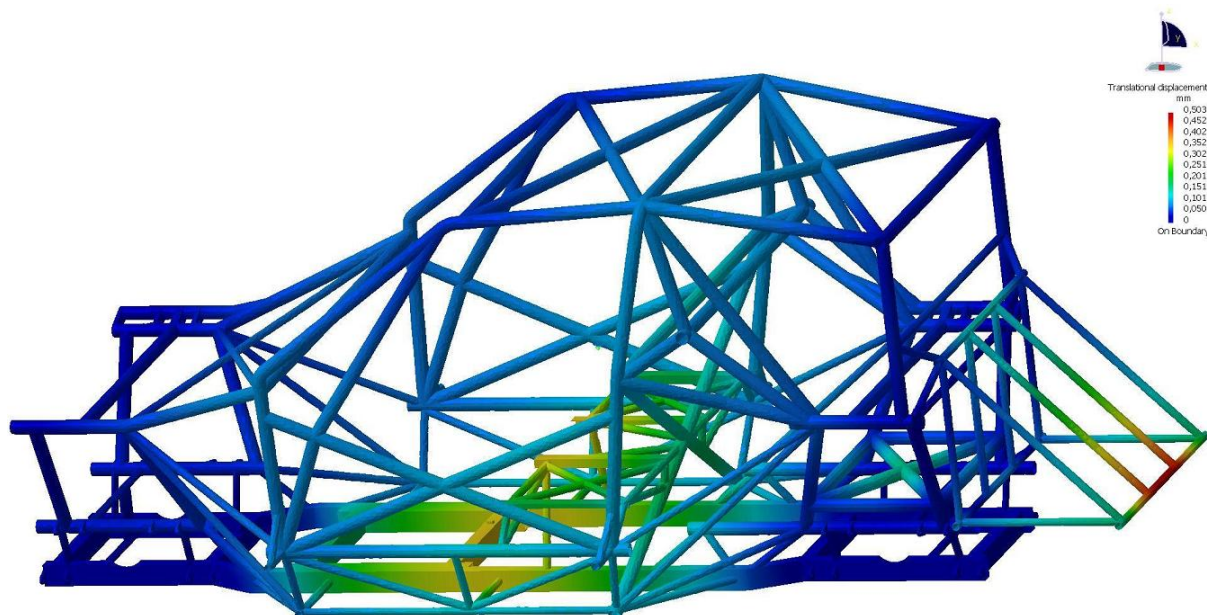
Najveći pomak iznosi 0,5 mm i nalazi se na stražnjoj cijevi nosača rezervnih kotača.



Slika 38. Raspodjela napreznja za vertikalno ubrzanje od 1g



Slika 39. Detalj najvećeg naprezanja za vertikalno ubrzanje od 1g



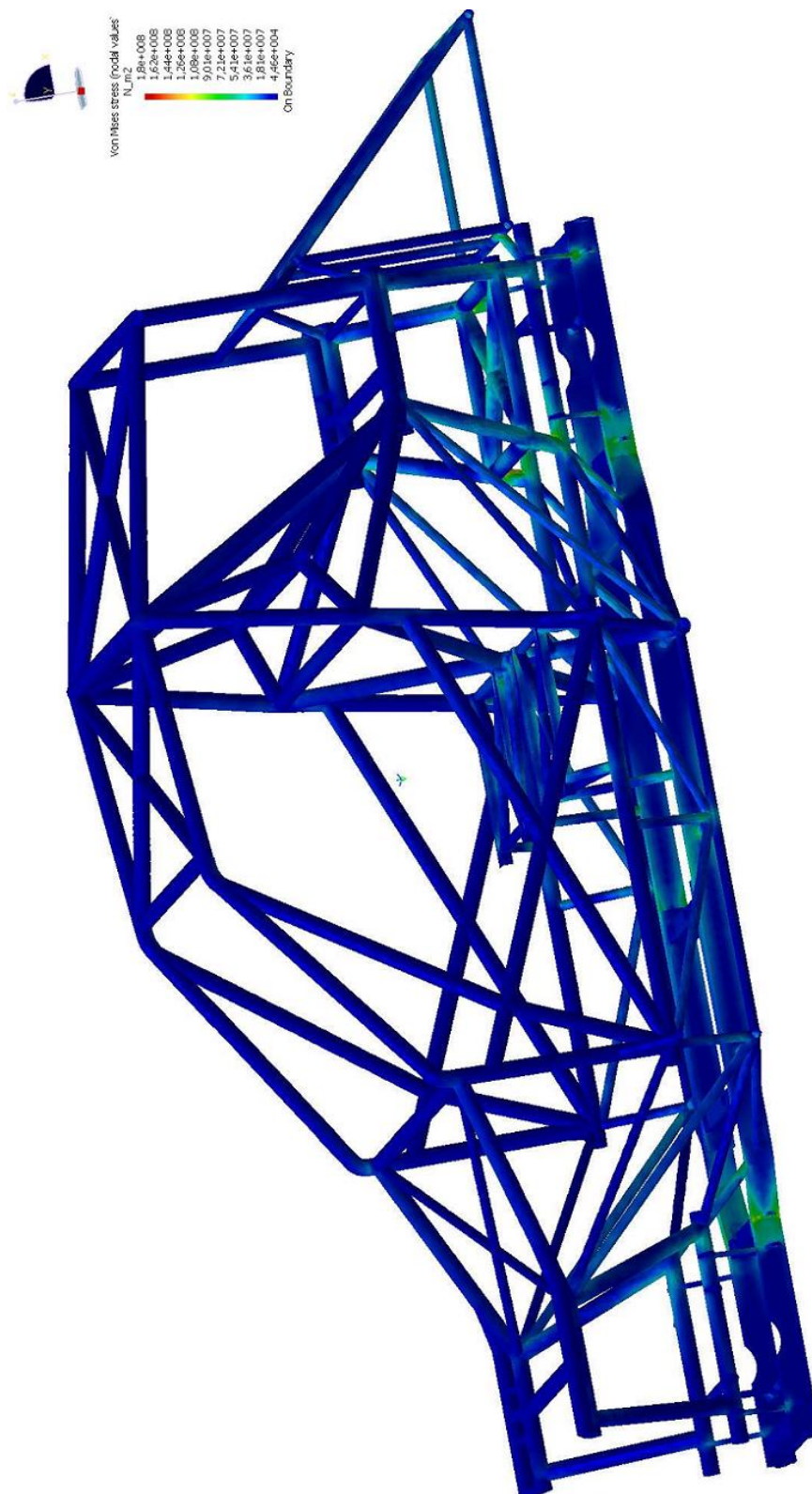
Slika 40. Deformirani oblik rešetke s raspodelom pomaka za vertikalno ubrzanje od 1g

### 5.4.3.2. REZULTATI ANALIZE ZA VERTIKALNO UBRZANJE OD 5g

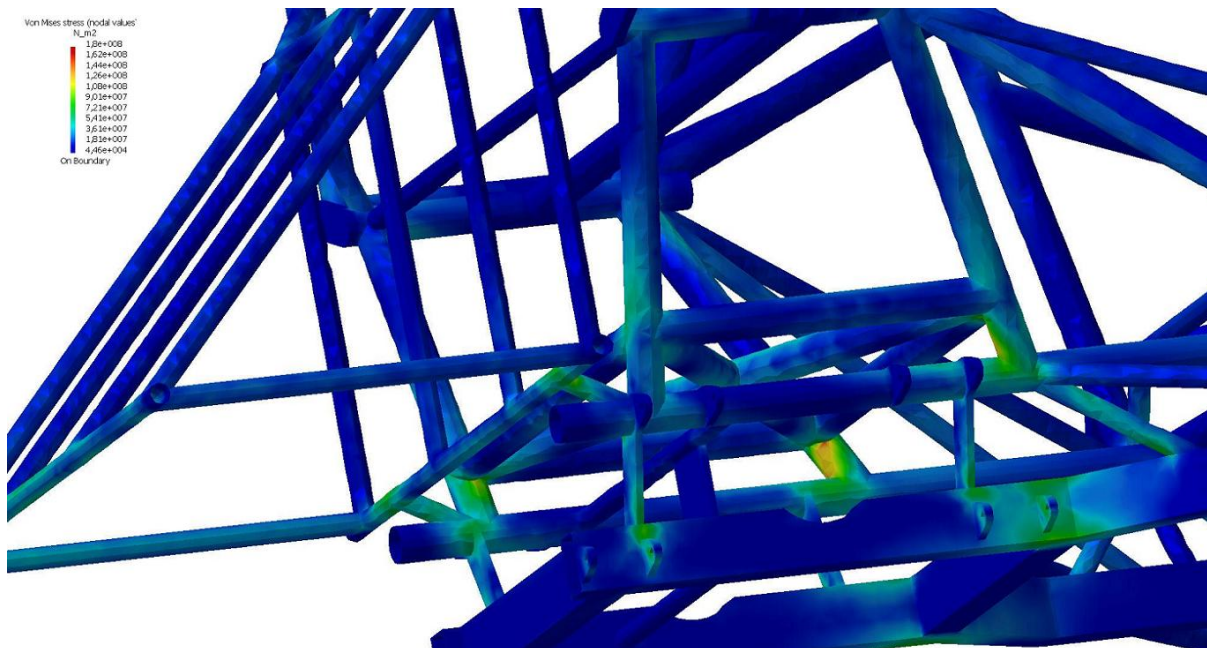
Na slici 41. prikazani su dobiveni rezultati ekvivalentnih *von Mises*-ovih naprezanja, a na slici 43. prikazani su dobiveni pomaci.

Najveće naprezanje iznosi  $180 \text{ N/mm}^2$  i nalazi se na spojevima cijevi ispod nosača spremnika goriva (slika 42.).

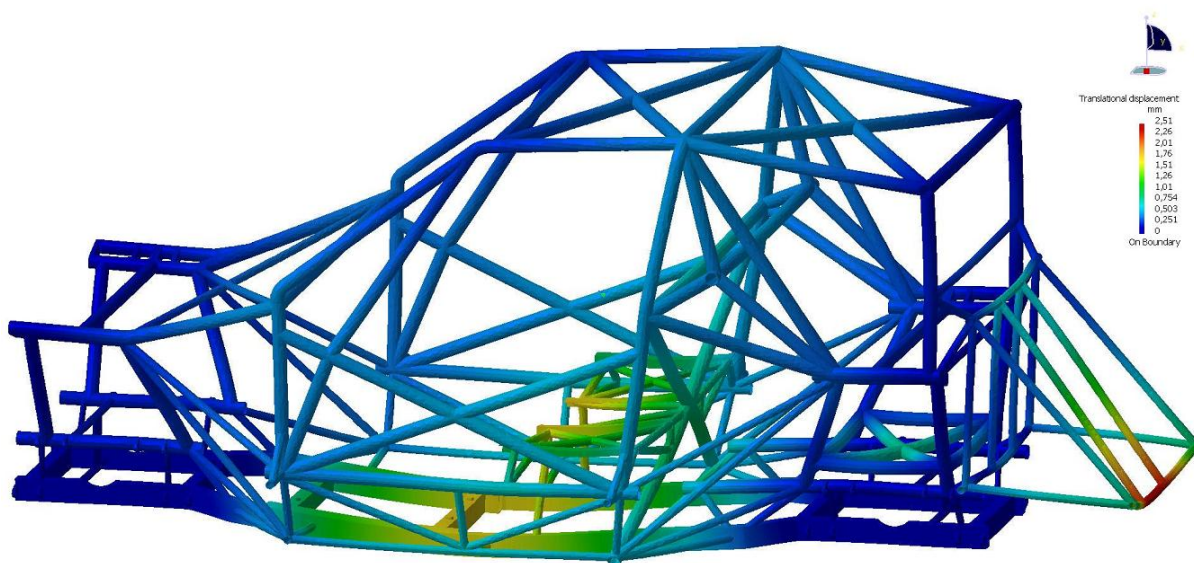
Najveći pomak iznosi 2,5 mm i nalazi se na stražnjoj cijevi nosača rezervnih kotača.



Slika 41. Raspodjela naprezanja za vertikalno ubrzanje od 5g



Slika 42. Detalj največje napreznja za vertikalno ubrzanje od 5g



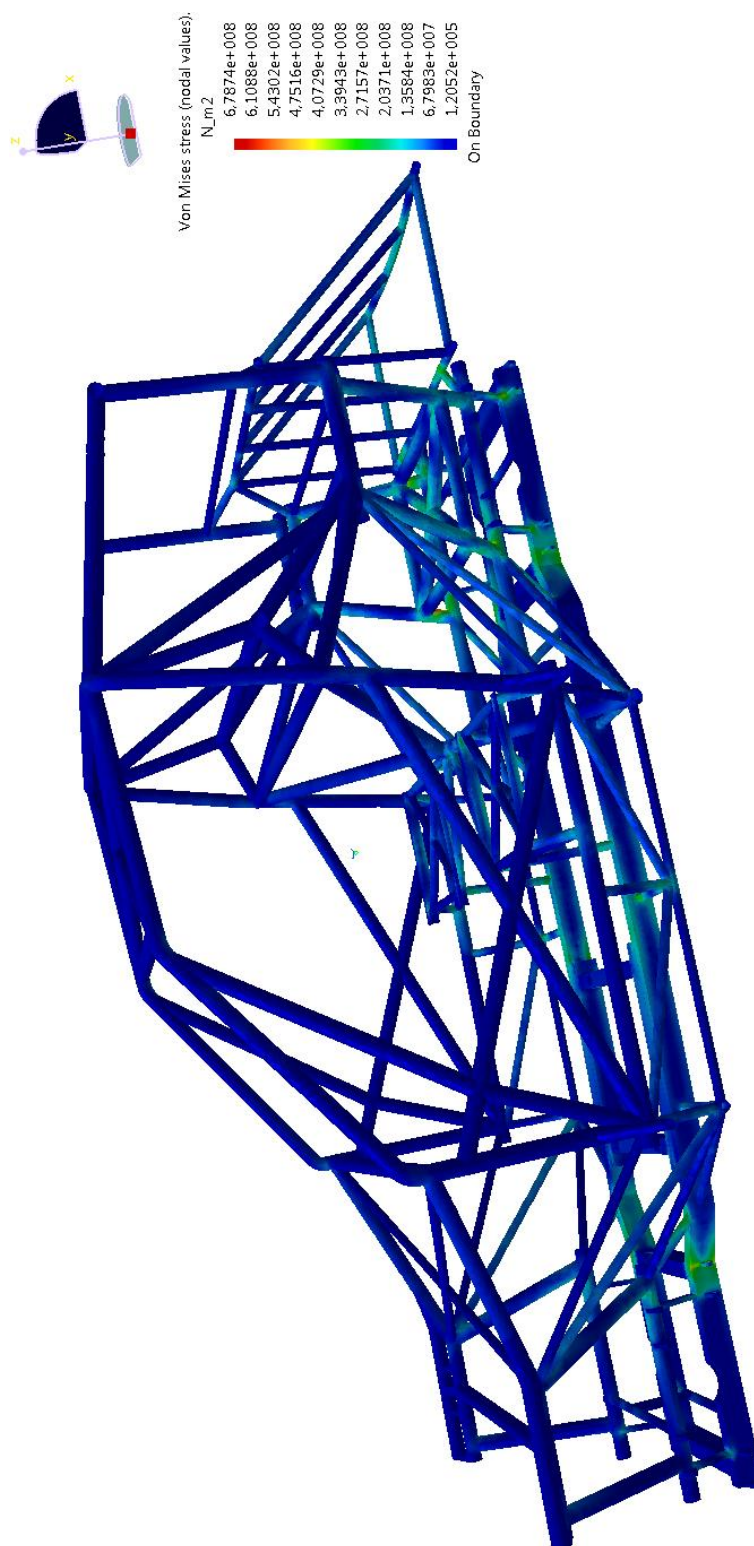
Slika 43. Deformirani oblik rešetke s raspodelom pomaka za vertikalno ubrzanje od 5g

### 5.4.3.3. REZULTATI ANALIZE ZA VERTIKALNO UBRZANJE OD 20g

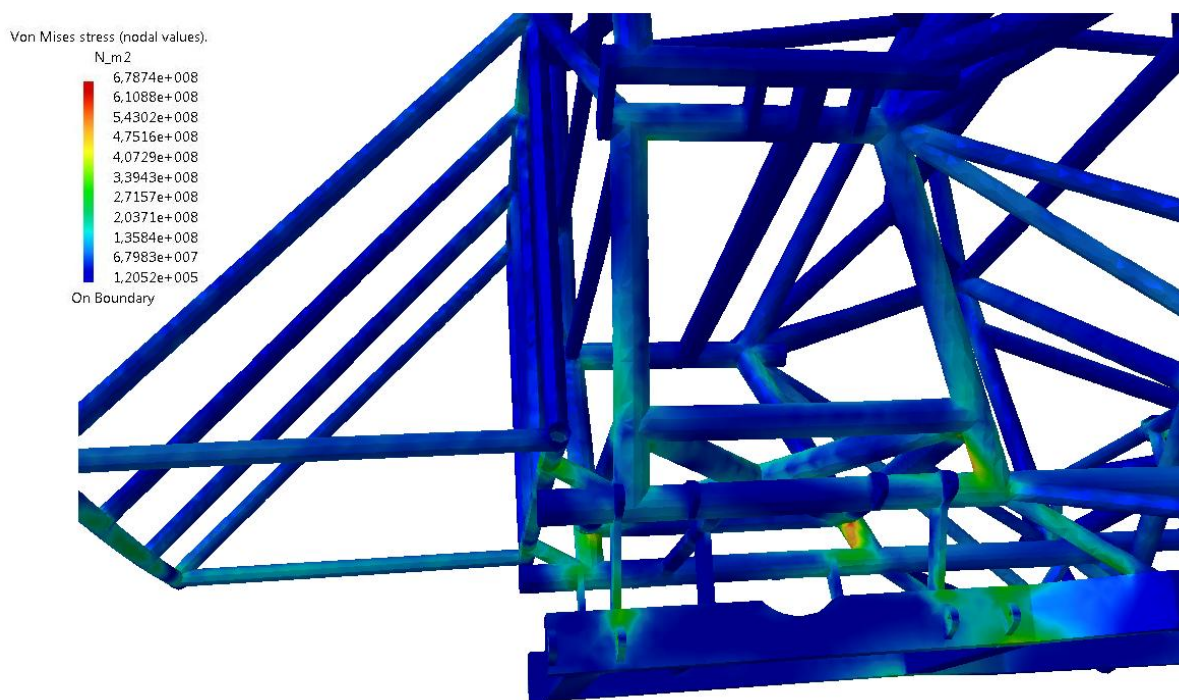
Na slici 44. prikazani su dobiveni rezultati ekvivalentnih *von Mises*-ovih naprezanja, a na slici 46. prikazani su dobiveni pomaci.

Najveće naprezanje iznosi  $679 \text{ N/mm}^2$  i nalazi se na spojevima cijevi ispod nosača spremnika goriva (slika 45.).

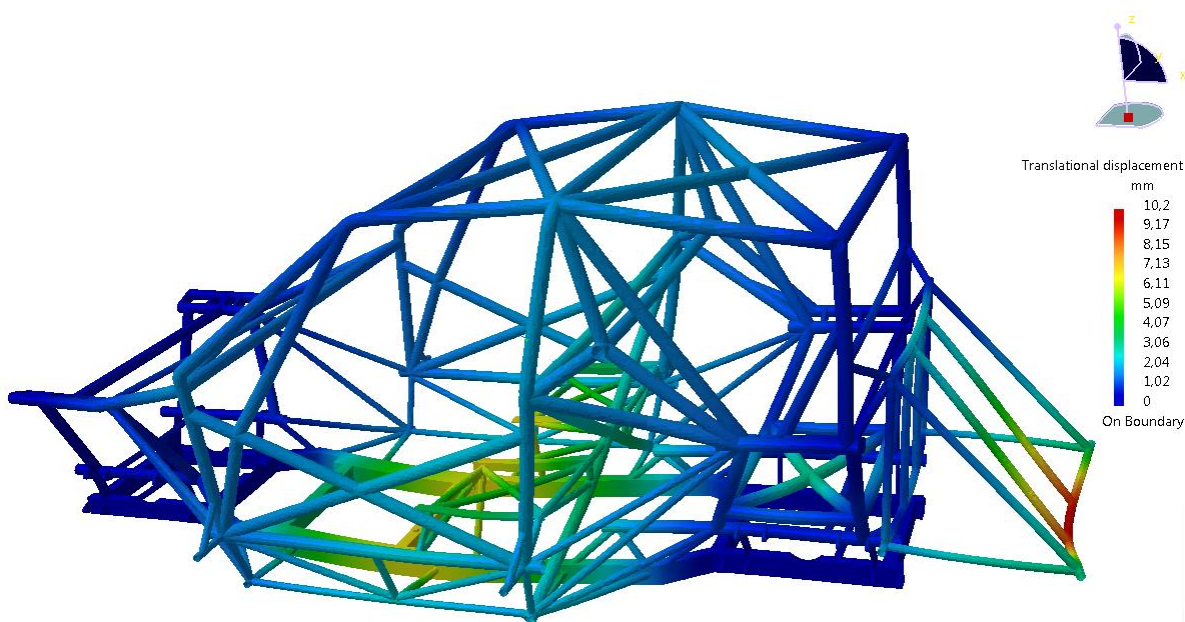
Najveći pomak iznosi 10,2 mm i nalazi se na stražnjoj cijevi nosača rezervnih kotača.



Slika 44. Raspodjela naprezanja za vertikalno ubrzanje od 20g



Slika 45. Detalj največjeg naprežanja za vertikalno ubrzanje od 20g



Slika 46. Deformirani oblik rešetke s raspodelom pomaka za vertikalno ubrzanje od 20g

## 5.5. ZAKLJUČAK ANALIZE

Nosiva rešetka je značajan dio vozila koji mora postići maksimalnu krutost i osigurati maksimalnu sigurnost putnicima.

Rezultati analize nosive rešetke pokazuju sljedeće:

Kod opterećenja nosive rešetke vlastitom masom i dodatnim masama (slika 37.) sa vertikalnim ubrzanjem od 1g, javljaju se zanemariva naprezanja (slika 38.), a najveće naprezanje iznosi  $\sigma = 36 \text{ N/mm}^2$  i javlja se na spojevima cijevi ispod nosača spremnika goriva (slika 39.). Najveći pomak kod opterećenja rešetke sa 1g iznosi svega 0,5 mm i nalazi se na stražnjoj cijevi nosača rezervnih kotača (slika 40.).

U slučaju opterećenja nosive rešetke vlastitom masom i dodatnim masama (slika 37.) sa vertikalnim ubrzanjem od 5g, javljaju se veća koncentrirana naprezanja (slika 41.). Najveće naprezanje iznosi  $\sigma = 180 \text{ N/mm}^2$ , a također se javlja na spojevima cijevi ispod nosača spremnika goriva (slika 42.). Najveći pomak kod opterećenja rešetke sa 5g iznosi 2,5 mm i nalazi se na stražnjoj cijevi nosača rezervnih kotača (slika 43.).

Za slučaj najvećeg opterećenja, kada je nosiva rešetka opterećena vlastitom masom i dodatnim masama (slika 37.) sa vertikalnim ubrzanjem od 20g, javljaju se velika naprezanja (slika 44.). Najveće naprezanje iznosi  $\sigma = 680 \text{ N/mm}^2$  i javlja se, kao i u prethodnim slučajevima, na spojevima cijevi ispod nosača spremnika goriva (slika 45.). Najveći pomak za slučaj opterećenja rešetke sa 20g iznosi relativno velikih 10,2 mm, a nalazi se također na stražnjoj cijevi nosača rezervnih kotača (slika 46.).

Rezultati analize pokazuju da nosiva rešetka vozila može izdržati stalna opterećenja vertikalnim ubrzanjem od 1g. Rešetka također može izdržati opterećenja vertikalnim ubrzanjem od 5g, ali to vertikalno ubrzanje čovjek ne može izdržati ni često, kao ni dulji vremenski period. Nosiva rešetka zadovoljava i za slučaj opterećenja vertikalnim ubrzanjem od 20g, koje se vrlo rijetko pojavljuje na automobilima tijekom utrke, eventualno prilikom jako teških sudara.

Za sva tri slučaja opterećenja nosive rešetke pri doskoku vozila, naprezanja zadovoljavaju uvjet  $\sigma < R_{p0,2} = 800 \text{ N/mm}^2$ , što znači da neće doći do nikakvih lomova na nosivoj rešetci.

## 6. KOMPONENTE POGONSKOG SUSTAVA

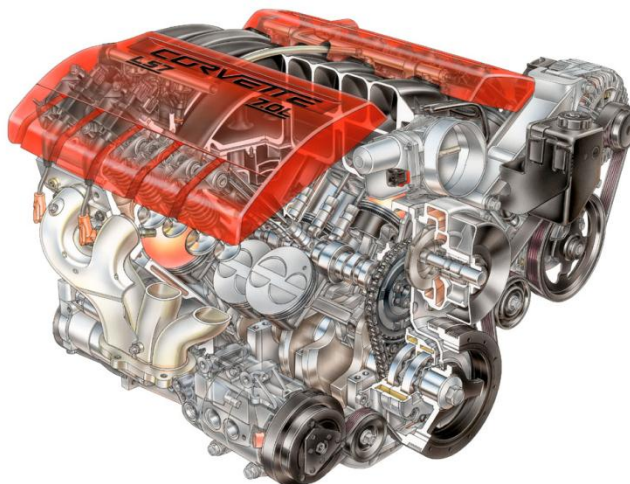
U ovom poglavlju prikazane su komponente pogonskog sustava koje će biti ugrađene u nosivu rešetku vozila. Komponente je odabralo vodstvo tima Dakar 2012, a ovdje je dan kratki pregled njihovih karakteristika.

Mase ovih dijelova uzete su u obzir prilikom analize nosive rešetke opisane u prethodnom poglavlju.

### 6.1. MOTOR

Motor je proizvod američke tvrtke General Motors, trgovačke oznake LS7 sa sljedećim karakteristikama (slika 47.):

- V8 motor, cilindri pod 90°, bregasto vratilo u bloku motora
- Četverotaktni Otto proces
- 2 ventila po cilindru, u glavi motora
- Kompresijski omjer: 11,0:1
- Radni volumen:  $V_H = 7,008 \text{ cm}^3$
- Promjer cilindra:  $D = 104,8 \text{ mm}$
- Hod klipa:  $H = 101,6 \text{ mm}$
- Blok motora: lijevani aluminij
- Klipovi: lijevani aluminij
- Glava motora: CNC-lijevani aluminij
- Promjer usisnih ventila: 56 mm
- Promjer ispušnih ventila: 41 mm
- Snaga: 377 kW (505 KS) pri 6300 o/min
- Okretni moment: 637 Nm pri 4800 o/min
- Najveći broj okretaja: 7100 o/min
- Masa: 206 kg



Slika 47. Motor, GM tip LS7, [4.]



## 6.2. MJENJAČ S RAZVODNIKOM SNAGE

Mjenjač je proizvod francuske tvrtke Sadev, model SC90-24/1702 RAID, a prikazan je na slici 48. Karakteristike:

- Najveći moment motora: 750 Nm
- 6-stupanjski sekvencijalni mjenjač
- 1 stupanj za vožnju unatrag
- 13 različitih položaja razvodnika snage
- Samoblokirajući središnji razvodnik snage sa senzorom
- Uljna pumpa s dvije razine
- Aluminijsko kućište
- Masa: 67 kg



Slika 48. Mjenjač s razvodnikom snage, SADEV SC90-24, [5.]

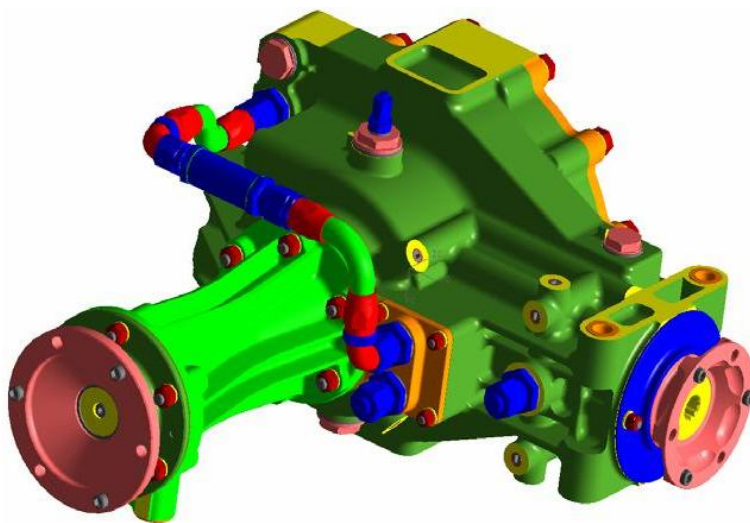
### 6.3. PREDNJI I STRAŽNJI DIFERENCIJAL

Oba diferencijala su ista i proizvod su britanske tvrtke Xtrac, model 247 heavy duty.

Diferencijali se isporučuju sa produžetkom u tri različite duljine. Diferencijal s produžetkom prikazan je na slici 49.

Karakteristike diferencijala su sljedeće:

- Najveći izlazni moment: 4000 Nm
- Konusni i tanjurasti zupčanik
- Kućište: lijevani aluminij
- Masa: 37 kg

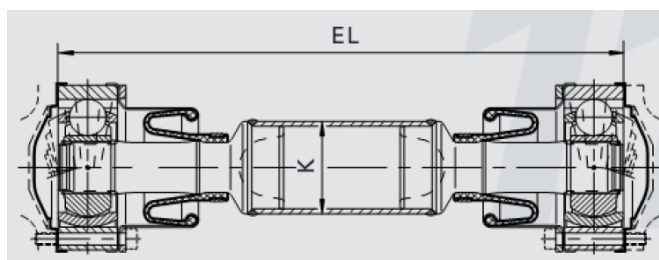


Slika 49. Diferencijal, Xtrac 247 heavy duty, s produžetkom, [6.]

### 6.4. KARDANSKA VRATILA

Kardanska vratila su proizvod tvrtke GKN (njem. *Gleichlauf-Gelenkwellen für Industrie*), tip VL2900. Kardanska vratila izvedena su tako da je i na diferencijalu i na razvodniku snage zglob pomičan, a izvedba je prikazana na slici 50. Karakteristike:

- Zglob br. 13
- Najveći moment preko 1850 Nm
- Najveća brzina vrtnje: 4700 o/min
- Kritična brzina vrtnje za cijev  $\text{Ø}50 \times 3$ , EL= 980 mm: 5700 o/min

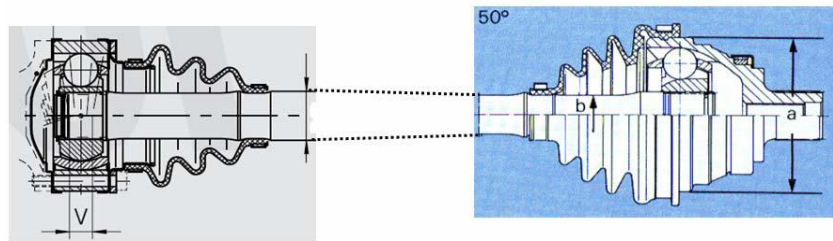


Slika 50. Shematski prikaz kardanskog vratila, GKN VL2900, sa zglobom br.13

## 6.5. POGONSKA VRATILA

Pogonska vratila proizvod su tvrtke GKN, isto kao i kardanska vratila. Tip je UF4600i + VL125. Vratila su slična kardanskim vratilima, samo što nepomičan zglob ima nazubljeni rukavac za pogon kotača, oznake VL125 prikazan na slici 52. Zglob kod kotača je najveći mogući, jer u slučaju blokiranja jednog od kotača, mora kratkotrajno podnijeti i kompletan moment kroz samo jedno pogonsko vratilo. Izvedba pogonskog vratila prikazana je na slici 51. Karakteristike:

- Zglob br. 21
- Najveći moment: 6000 Nm
- Najveći mogući zglob kod kotača



Slika 51. Shematski prikaz pogonskog vratila, GKN UF4600i



Slika 52. Prirubnica pogonskog vratila na strani kotača, GKN VL125

## 6.6. KOTAČI

Svi kotači su isti, a sastoje se od sljedećih dijelova:

### 6.6.1. GUME

Gume su proizvod američke tvrtke BFGoodrich, model All-Terrain T/A KO.

Guma je prikazana na slici 53., a ima sljedeće karakteristike:

- Veličina: LT265/75R16/E 123S
- Vanjski promjer:  $D=805$  mm
- Statički polumjer:  $r_{stat}=390$  mm
- Dinamički polumjer:  $r_{din}=393$  mm
- Univerzalna guma za sve vremenske uvjete



Slika 53. Guma, BFGoodrich All-Terrain T/A KO, [7.]

### 6.6.2. NAPLATCI

Naplatci su proizvod talijanske tvrtke EVOCorse, model DAKARCorse 16, ET 45.

Naplatak je prikazan na slici 54., a ima sljedeće karakteristike:

- Promjer naplatka: 16"
- Širina naplatka: 7"
- Materijal: Aluminiј A356
- 6 rupa na  $\varnothing 139,7$  (5,5")



Slika 54. Naplatak, EVOCorse, model DAKARCorse 16, ET 45, [8.]

### 6.6.3. KOČNICE

Kočnice su proizvod talijanske tvrtke Brembo. Kočnica se sastoji od:

- a. Čeljusti radne kočnice, slika 55.: - tip XA3.40.91/94
  - 6 klipova
  - jednodijelna aluminijska čeljust



Slika 55. Čeljust radne kočnice, Brembo, tip XA3.40.91/94, [9.]

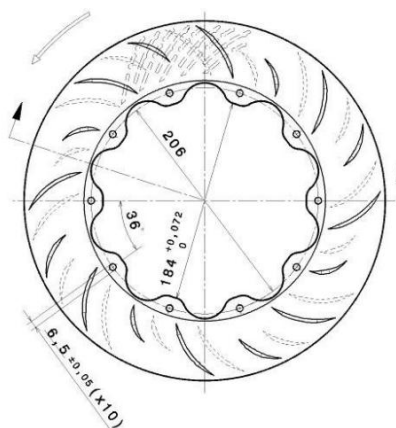
- b. Čeljusti parkirne kočnice, slika 56.: - tip 22.5882.11/21



Slika 56. Čeljust parkirne kočnice, Brembo, tip 22.5882.11/21, [9.]

- c. Diskova, slika 57.: - tip 09.9226.10/20

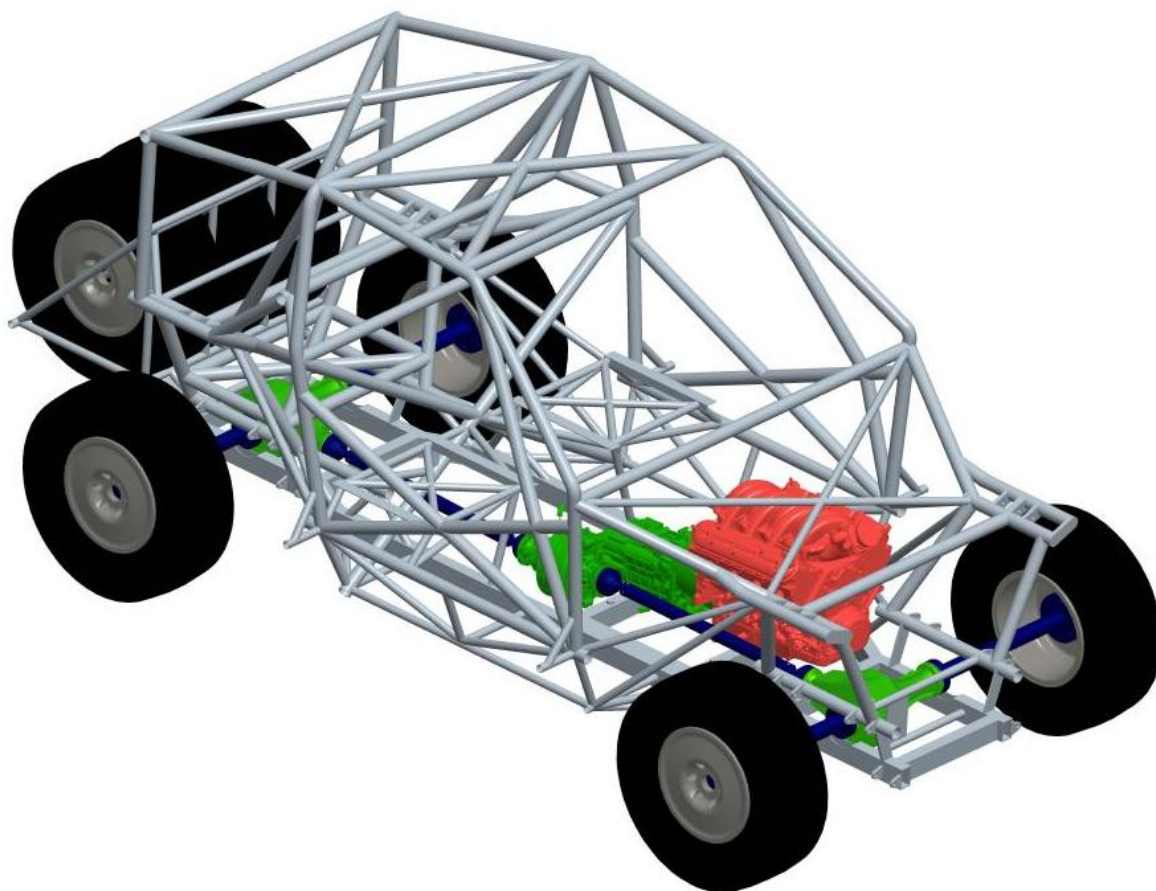
- promjer diska:  $\varnothing 328$  mm
- debljina diska: 28 mm



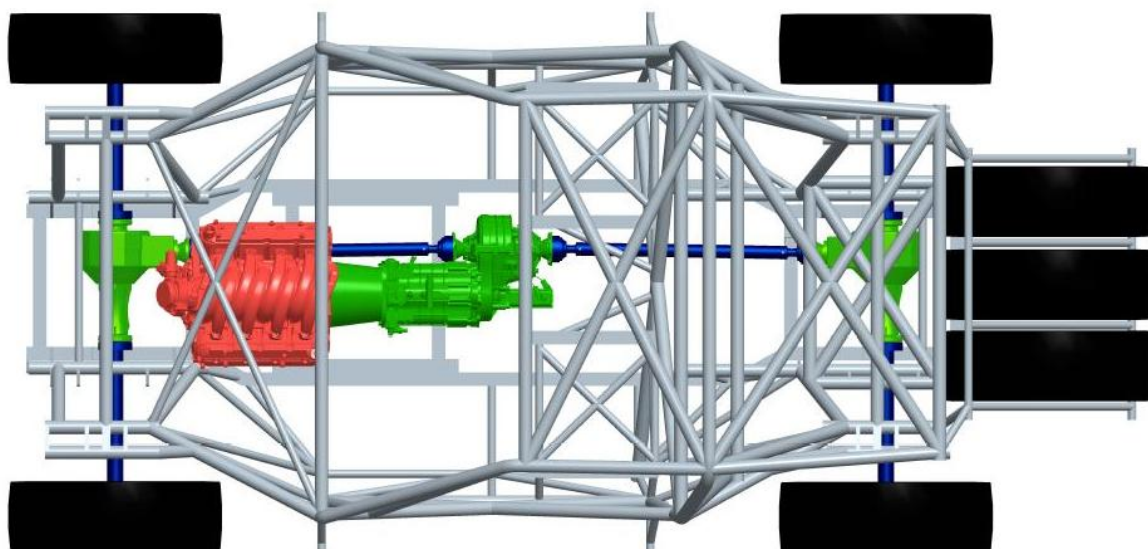
Slika 57. Disk, Brembo, tip 09.9226.10/20, [9.]

## 7. REŠETKA S POGONSKIM SUSTAVOM

Na slici 58. i slici 59. prikazana je gotova rešetka s pogonskim sustavom.



Slika 58. Rešetka s pogonskim sustavom, izometrija



Slika 59. Rešetka s pogonskim sustavom, tlocrt

## 8. IZGLED GOTOVOG VOZILA

Na slici 60. i slici 61. prikazan je izgled gotovog trkačkog vozila koje će predstavljati hrvatski tim na utrci Dakar Rally 2012.



Slika 60. Izgled gotovog vozila sprijeda



Slika 61. Izgled gotovog vozila straga

## 9. ZAKLJUČAK

U ovom završnom radu prikazan je dio projekta konstruiranja vozila za utrku Dakar Rally Raid. U radu su prikazani i razrađeni svi pravilnici koje propisuje FIA, koji definiraju vozilo grupe T1, a odnose se na konstrukciju nosive rešetke, smještaj i konfiguraciju pogonske grupe, te sigurnost vozača i suvozača tijekom utrke.

Nakon detaljnje razrade FIA pravilnika, prvo je modelirana nosiva rešetka vozila u programskom paketu PRO/Engineer Wildfire 4.0 prema izmjerama prvobitnog modela nosive rešetke iz programa AutoCAD 3D 2011. Nosiva rešetka je zatim analizirana pomoću programskog paketa Catia V5R19. Analiza je provedena za tri slučaja opterećenja pri doskoku vozila, i to: opterećenje vertikalnim ubrzanjem od 1g, opterećenje vertikalnim ubrzanjem od 5g te opterećenje vertikalnim ubrzanjem od 20g.

Nosiva rešetka vozila je značajan dio vozila, koji osim što mora postići maksimalnu krutost, mora pružiti maksimalnu sigurnost putnicima, zadovoljiti sve zahtjeve FIA pravilnika, osigurati povoljan smještaj vozača i suvozača, povoljan smještaj pogonske grupe i spremnika za gorivo, i sl.

Rezultati analize pokazuju da nosiva rešetka vozila sa velikom sigurnošću može izdržati stalna opterećenja vertikalnim ubrzanjem od 1g. Rešetka također može izdržati opterećenja vertikalnim ubrzanjem od 5g, ali vertikalno ubrzanje od 5g čovjek ne može izdržati često, kao ni dulji vremenski period. Nosiva rešetka, uz malu sigurnost, također zadovoljava i za slučaj kratkotrajnih opterećenja vertikalnim ubrzanjem od 20g, koje se vrlo rijetko pojavljuje na automobilima tijekom utrke.

Prikazano vozilo nije potpuno definirano. Nedostaju neki bitni elementi kao što su ovjes, amortizeri, spremnici goriva, sama karoserija i sl. Te elemente na vozilu konstruiraju ostali sudionici projekta. Da bi se svi elementi ugradili u vozilo i da bi vozilo postalo jedna cjelina, potrebna je stalna suradnja i konzultacije između članova projektnog tima.

Timski rad i dobra suradnja s kolegom Androm Hubakom, kao i s ostalim članovima tima, jedno je veliko iskustvo, koje je značajno u daljnjem radu svakog budućeg inženjera.



## LITERATURA

- [1.] *FIA pravilnik 283-2011*,  
[http://argent.fia.com/web/fia-public.nsf/F558BC894A09B1D4C12578010048D525/\\$FILE/283%20%2810-11%29.pdf](http://argent.fia.com/web/fia-public.nsf/F558BC894A09B1D4C12578010048D525/$FILE/283%20%2810-11%29.pdf),  
str. 1-5.
- [2.] *FIA pravilnik 285-2011*,  
[http://argent.fia.com/web/fia-public.nsf/D2D90B1D67294BE7C12578010048DEE4/\\$FILE/285%20%2810-11%29.pdf](http://argent.fia.com/web/fia-public.nsf/D2D90B1D67294BE7C12578010048DEE4/$FILE/285%20%2810-11%29.pdf),  
str. 6-16 i str. 21-22.
- [3.] *Službene stranice Dakar rally utrke*, [http://www.dakar.com/index\\_DAKus.html](http://www.dakar.com/index_DAKus.html)
- [4.] *GM motor*,  
[http://www.gm.com/vehicles/innovation/powertraintechology/pbc/ls7\\_corvette/photo\\_gallery/ls7\\_photo\\_gallery.jsp](http://www.gm.com/vehicles/innovation/powertraintechology/pbc/ls7_corvette/photo_gallery/ls7_photo_gallery.jsp)
- [5.] *Sadev mjenjač s razvodnikom snage*,  
<http://www.sadev-tm.com/en/>
- [6.] *Xtrac diferencijali*,  
<http://www.xtrac.com/pdfs/Xtrac%20247%20Differential%20Specification%202003%201%20Web%20Format.pdf>, str. 6.
- [7.] *BFGoodrich gume*,  
<http://www.streetperformance.com/part/bfgoodrich-tires/14-in-tire/677247-90127.html>
- [8.] *EVOCorse naplatci*, <http://www.evocorse.com/dakar-16-212.html>
- [9.] *Brembo kočnice*, <http://www.brembo.com/NR/rdonlyres/01971A37-5186-4C7E-BA28-2B195A402DF4/11568/Catalogo200901.pdf>, str. 68. i 80.
- [10.] *Trafiltubi, materijal cijevi nosive rešetke*, <http://www.trafiltubi.com/doc/eng/prod1.htm>