

PROJEKTOVANJE PREDNJEG DELA KAROSERIJE LAKOG HIBRIDNOG VOZILA**DESIGN OF LIGHT HYBRID VEHICLE'S FRONT END**Veljko Mladenović, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – MAŠINSTVO**

Kratak sadržaj – U radu je opisan proces projektovanja prednjeg dela karoserije lakog hibridnog vozila (HEV Hermes), uz pomoć programa „CATIA P3 V5-6R2016”. Izrađena su dva različita modela, pridržavajući se ograničenja koja su zadata na samom početku, i upoređena su sa više različitih aspekata. Objasnjen je i proces izrade delova od plastike (branik), kao i sam programski paket koji je poslužio kao alat za projektovanje modela.

Ključne reči: Motorno vozilo, CATIA, dizajn, branik, plastični delovi

Abstract – This paper describes the process of designing the front part of the lightweight hybrid vehicle body (HEV Hermes), using CATIA P3 V5-6R2016. Two different models were created, adhering to the constraints imposed at the beginning, and compared with several different aspects. The process of making plastic parts (bumper) is explained, as well as the software package itself, which served as a tool for designing the model.

Ključne reči: Vehicle, CATIA, design, bumper, plastic parts

1. UVOD

U oblasti motornih vozila, kojom se bavi ovaj rad, vozilo je sredstvo koje je po konstrukciji, uređajima, sklopovima i opremi namenjeno i osposobljeno za kretanje po putu [1]. Cilj ovog rada je da na zadatoj, postojećoj, konstrukciji HEV HERMES, koja je razvijana i pravljen na Departmanu za mehanizaciju i konstrukciono mašinstvo FTN-a u Novom Sadu, projektovati i konstruisati prednji deo karoserije (branik).



Slika 1. HEV HERMES [2]

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji su mentori bili dr Dragan Ružić i dr Boris Stojić.

2. OGRANIČENJA PRILIKOM PROJEKTOVANJA PREDNJEG DELA KAROSERIJE AUTOMOBILA

Biće urađena dva modela pomoću programskog paketa „CATIA“ (modili: *part, shape, product design*), koji će na kraju biti međusobno upoređeni.

Prilikom projektovanja karoserije automobila, projekat od samog starta prolazi kroz veći broj faza razvoja. Pojedine faze mogu trajati i više meseci, a do same proizvodnje preko raznih ispitivanja i testiranja može proći i par godina.

Prednji deo karoserije automobila čine svi spoljašnji delovi kao što su: branik, mreže za ulaz vazduha za hlađenje, farovi, i drugi delovi koji zavise od proizvođača i vrste modela.

Neke od osnovnih funkcija branika i neka druga ograničenja na koja se mora obratiti pažnja prilikom projektovanja su:

- Poboljšavanje aerodinamike vozila,
- Sprečavanje nastanka štete pri sudarima manje brzine,
- Absorbovanje dela sile prilikom sudara sa pešacima,
- Smanjenje težine vozila korišćenjem odgovarajućih materijala,
- Povećanje atraktivnosti vozila,
- Tačke veze (branik-glavna konstrukcija, ostali delovi sa branikom),
- Prostor za elemente oslanjanja i druge komponente (raspored u prostoru),
- Pristup radi održavanja,
- Tehnologija izrade branika,
- Reciklaža...

2.1. Tehnologije izrade branika

Postoji nekoliko vrsta branika, a danas su najzastupljeniji:

- Plastični branici – najviše zastupljeni na modernim automobilima, a odlikuje ih jeftina izrada (serijska i masovna proizvodnja), i velika absorpcija energije pri udaru,
- Karbonski branici – veoma su laki i čvrsti, ali zbog svoje visoke cene koriste ih najviše sportska i vozila više klase,
- Hibridni branici – kombinacija više materijala. Uglavnom za maloserijsku i pojedinačnu proizvodnju.

Procesi izrade branika:

- Brizganjem plastike,
- 3D štampači
- Kompozitni materijali (fiberglass, carbon fiber)

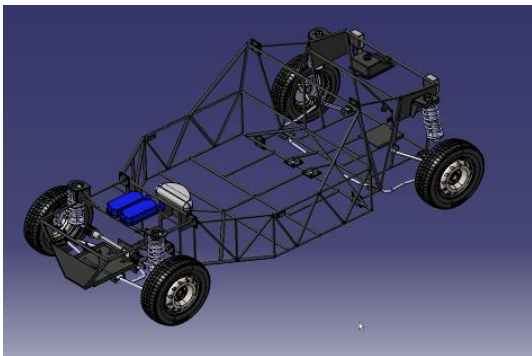
3. PROJEKTOVANJE MODELA POMOĆU SOFTVERSKOG PAKETA „CATIA”

CATIA (*Computer Aided Three-Dimensional Interactive Application*) je računarski program firme *Dassault Systemes* za projektovanje i tehničko konstruisanje. Ovaj program može poslužiti i za dizajniranje, simulacije, analizu i proizvodnju u različitim industrijama. Iako je prvobitno bio namenjen za konstruisanje aviona, vrlo brzo je našao primenu u oblastima kao što je automobilska industrija (*BMW, Audi, Daimler AG, VW,*), brodogradnja, industrijske mašine.

- **PART DESIGN** - predstavlja modul koji koristimo za konstruisanje preciznih pojedinačnih 3D modela koje posle sklapamo u Product-u. Part Design nam omogućava konstruisanje od jednostavnijih do veoma komplikovanih delova.
- **GENERATIVE SHAPE DESIGN** - je modul koji omogućava modelovanje delova jednostavne i veoma komplikovane nepravilne geometrije. *Shape Design* nam omogućava parametrijsku izradu delova i brze izmene postojećih delova. *Shape Design* se koristi u kombinaciji sa *Part Design*-om. U *shape design* se prave površine na osnovu kojih dobijamo gotove 3D modele dodavanjem materijala u *Part Design*-u.
- **PRODUCT/ASSEMBLY DESIGN**- predstavlja modul u koji ubacujemo gotove 3D elemente koje smo konstruisali prethodno ili ih generisali iz baze podataka *Catie*. *Produkt* nam omogućava sklapanje kompletnih proizvoda i mogućnost analize finalnog proizvoda.

3.1. Koncept 1.

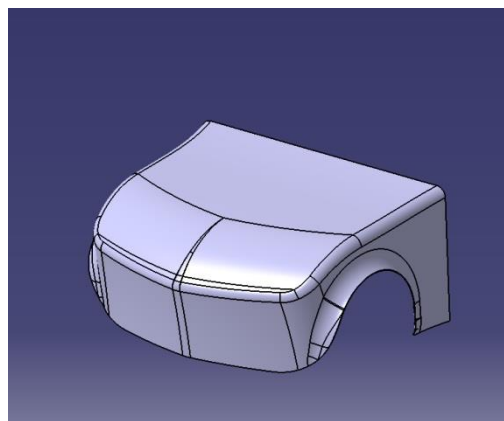
Na samom startu uzimamo početni model od koga krećemo (Slika 2.)...



Slika 2. Prikaz osnovne (početne) konstrukcije

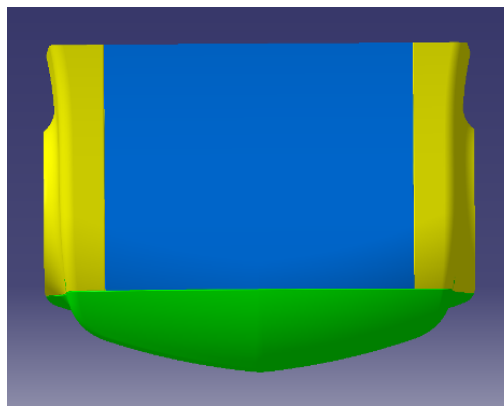
Zadatak je da na prednjem delu izmodeliramo branik. Rad na prednjem delu ćemo podeliti u nekoliko faza:

- **Faza 1.** (rad sa površinama u *Shape Design*-početna faza) – U ovoj početnoj fazi postavljamo tačke i Plane-ove (referentne), u odnosu na apsolutni koordinatni sistem. Dalje pomoću opcije *Sketch* crtamo odgovarajuće profile od kojih kasnije pomoću opcija *Sweep, Extrude, Split, Trim*, dobijamo željeni izgled.
- **Faza 2.** (rad u *Part Design*u sa debljinom (Body)), - U fazi dva prelazimo u drugo okruženje i pomoću opcija *Mirror, Chamfer i Fillet* ulepšavamo izgled prednjeg dela. Nakon toga pomoću opcije *Shell* dobijamo debljinu dela 3 [mm] (Slika 3.).



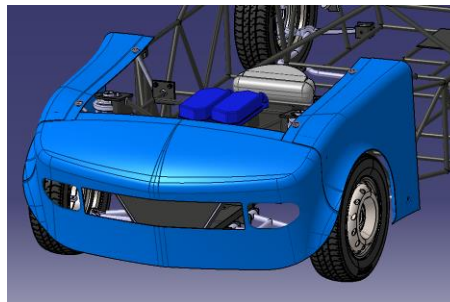
Slika 3. *Part Design* – Body (debljina 3 [mm])

- **Faza 3.** (Podela prednjeg dela na više segmenata) – U fazi tri ćemo podeliti prednji deo na više segmenata zbog lakše izrade i montaže, i posle toga uraditi otvore na prednjem delu za svetla i mrežice za vazduh (Slika 4.).



Slika 4. Podela prednjeg dela na više delova

- **Faza 4.** (Rad na kačenju - veza delova sa konstrukcijom i između sebe) – U ovoj fazi treba osmisliti i dati predlog kačenja-veze delova između sebe i sa konstrukcijom. Pošto imamo ograničenje i zahtev da to bude što jednostavnije, odstupamo od nekih standardnih rešenja pomoću raznih vrsta klipova koji su dosta komplikovani za izradu. Prvo je potrebno napraviti odgovarajuće držače na konstrukciji, a nakon toga ćemo pomoću jednostavnih kopči i vijaka spojiti delove (Slika 5.).



Slika 5. Montirani delovi sa predloženim kačenjem

- **Faza 5.** (dodatni element – farovi, pokazivači pravca, mreža i logo) – Na kraji dodajemo svetla i pokazivače pravca koji su objedinjeni u jednom kućištu, kao i mrežu na srednjem delu sa logom (Slika 6.).



Slika 6. Prikaz završenog prednjeg dela

- **Faza 6.** (Provera i izračunavanje parametara) – U poslednjoj fazi, u istom programu, izvršićemo proračun težine dela (prvo zadamo odgovarajući materijal- plastika: gustina $0,857 \text{ [g/cm}^3\text{]}$) - $m=7,1 \text{ [kg]}$. Pomoću programa *Flow design*, firme *Autodesk*, uradićemo simulaciju, (za brzinu od 60 [km/h] ($16,6 \text{ [m/s]}$)), aerodinamike i merenje koeficijenta otpora vazduha - $C_w=0,52$.

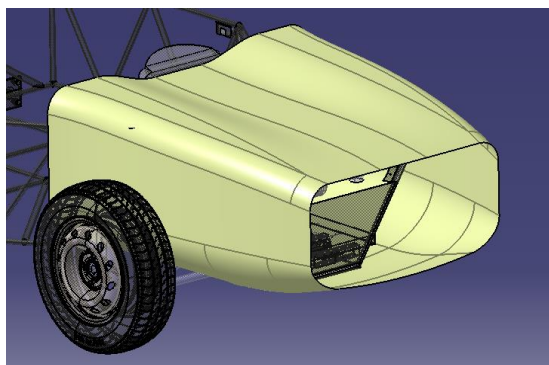
Napomena: Ove vrednosti dobijene simulacijom treba uzeti sa rezervom pošto ne predstavljaju realno stanje, konstrukcija nije kompletna, pa se ne mogu koristiti za proračune.

3.2. Koncept 2.

Krećemo od početnog modela... (Slika 2.).

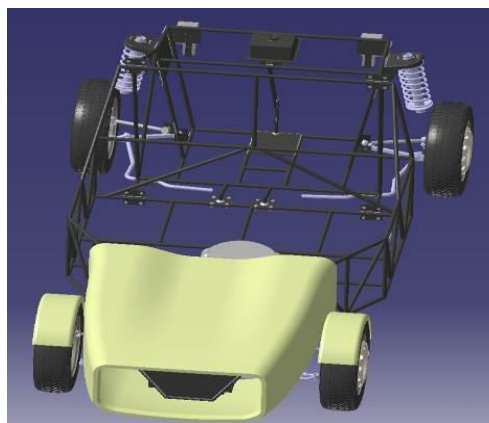
- **Faza 1., Faza 2.** (rad sa površinama u Shape Design-u-početne faze) – Isto kao kod prvog modela, u Shape Design-u, postavljamo referentnu tačku i u odnosu na nju u odgovarajućim ravnima koordinatnog sistema postavljamo *Plane*-ove.

Dalje pomoću opcije Sketch crtamo odgovarajuće profile od kojih kasnije pomoću opcija Sweep, Extrude, Split, Trim, Shape Fillet, dobijamo željeni izgled. (Slika 7.).



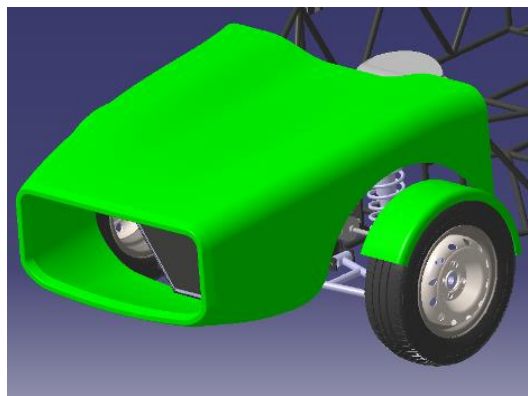
Slika 7. Izgled zatvorenog profila prednjeg dela

- **Faza 3., Faza 4.** (Rad sa površinama u Shape Design-u – prednji deo i blatobrani) – U ovoj fazi crtamo profil prednjeg dela pomoću opcije *Sketch*, pozicionirajući se u odgovarajućoj ravni. Zatim pomoću opcije *Sweep* i *Shape fillet* dobijamo oblik prednjeg dela. Iznad točkova dodajemo blatobrane koji su propisani pravilnikom (Slika 8.).



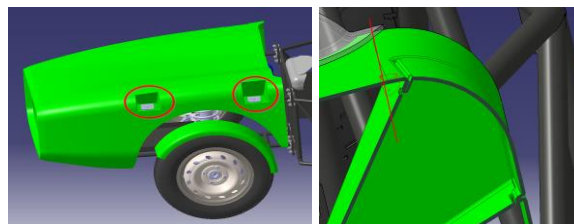
Slika 8. Izgled zatvorenog profila prednjeg dela sa blatobranima

- **Faza 5.** (rad u *Part Designu* sa debljinom (*Body*)) - Prelazimo u drugo okruženje i pomoću opcije *Close surface* dobijamo *Body* i dodeljujemo materijal. Sređujemo prednji deo oko točkova da bi se mogli zakretati, pošto su blatobrani predviđeni da se zakreću zajedno sa točkovima (Slika 9).

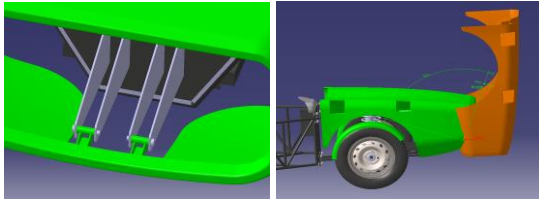


Slika 9. Izgled prednjeg dela sa prostorom za zakretanje točkova

- **Faza 6.** (rad u *Part Designu*-u - veza delova) - Tačke veze-kačenja će biti što jednostavnije urađene, biće u skladu sa zahtevom da se što lakše pristupi prednjem delu radi održavanja. Biće urađene tako da omoguće da se ceo prednji deo podiže napred i oslobodi prostor za pristup prednjem delu konstrukcije. Na glavnu konstrukciju ćemo dodati profile na kojima su vijci koji čine jedan deo. Prilikom spuštanja prednjeg kraja-haube, ona će se u krajnjem položaju, preko ojačanja napravljenih za vezu, spustiti na vijke. Dodatnim leptir navrtkama (2 sa jedne, 2 sa druge strane-simetrično postavljene) i elastičnim podloškama biće učvršćen gornji deo i osiguran od pomeranja. Kada se fiksira gornji deo dodajemo poklopce koji će sakriti mesta kačenja (Slika 10.).



Slika 10. Izgled kačenja sa gornje strane i rešenje poklopca za skrivanje vijaka



Slika 11. Rotaciona veza na prednjem kraju i prikaz podignute haube

- **Faza 7.** (rad u *Part Design*-u - rad na dodatnim delovima) - Na kraju nam ostaje da dodamo preostale delove kao što su: svetla, maska sa znakom i zaštita za vozača. Prednja signalizacija je urađena po standardima (Slika 12.).



Slika 11. Izgled prednjeg dela

Kao i na prvom modelu i ovde ćemo dodeliti materijal i izmeriti težinu. Ako bude izrađen od plastike (gustina $0,857 \text{ [g/cm}^3\text{]}$), težina je $m=7,4 \text{ [kg]}$.

Kao i kod prvog modela urađena je simulacija otpora vazduha na isti način - $C_w=0,42$.

Nakon izrade delova i njihovog testiranja i provere u pogledu krutosti, biće potrebno za svaki deo uraditi ojačanja u vidu dodatnih, poprečnih i/ili uzdužnih rebara. To će omogućiti da delovi budu bolji u pogledu krutosti i postojaniji usled spoljnih uticaja.

4. POREĐENJE MODELA

Ova dva modela (Koncept 1., Koncept 2.), upoređićemo sa više različitih aspekata (aerodinamika, tačke veze, tehnologija izrade, težina, pristup radi održavanja...).

Sa strane tačaka veze, prvo je trebalo ispuniti uslov da bude što jednostavnija veza između dela koji pravimo i konstrukcije. Pošto je na samom početku rečeno da treba ići u pravcu pojedinačne proizvodnje, odmah smo zaobišli skup i komplikovan sistem veze. U ovoj fazi treba napraviti prototipe branika-prednjih delova koje smo osmislili i ispitati tačke veze i njihovu krutost i izdržljivost.

Tehnologija izrade može bilo koja od navedenih. Gledajući sa ekonomske strane, za pojedinačnu proizvodnju pravljenje kalupa za brizganje plastike bi bilo skupo i neisplativo. Treba gledati u pravcu kompozitnih materijala i od njih izraditi delove.

Još jedan bitan zahtev i ograničavajući element pre samog konstruisanja bio je omogućiti funkcionalnost svih delova a samim tim obezbediti što lakši pristup radi održavanja. Kod oba koncepta skida se nekoliko navrtki koje omogućavaju skidanje ili podizanje određenog dela i dobija se pristup prostoru za održavanje. Kod prvog koncepta skida se samo poklopac prednjeg dela i nešto je manji pristup delu za održavanje. Kod drugog koncepta, ceo prednji deo

je predviđen da se uradi iz jednog dela, pa tako podizanjem i zakretanjem oko odgovarajuće ose, podize se ceo prednji deo i omogućava u potpunosti pristup.

Treba napomenuti da Koncept 2. nije u potpunosti urađen u skladu sa propisima. Prednji deo mora imati napred branik kao poseban deo, što nije slučaj sa našim drugim modelom jer je predviđen da se uradi iz jednog dela po uzoru na trkačka vozila.

5. ZAKLJUČAK

U ovom radu je prikazan kompletan postupak izrade prednjeg dela (branika), za HEV HERMES. Kao što vidimo od samog početka, od ideje, pa preko skica i izrade modela pomoću programskog paketa „CATIA“, zadato je mnogo ograničenja sa različitih aspekata koje je bilo potrebno ispoštovati.

Prednost prvog modela (Koncept 1.), je mogućnost lakše izrade. Izrađuje se više jednostavnijih delova, jednostavniji kalupi, samim tim i jeftinija proizvodnja. Mana ovog modela, pored malo lošijeg koeficijenta otpora vazduha (koji nisu dovoljno relevantni), je što se lakim skidanjem poklopca, radi održavanja, dobija pristup samo odozgo. Drugi model (Koncept 2.), je na neki način suprotnost prvom. On se izrađuje iz jednog dela (sa dodatkom blatobrana koji su posebni delovi), pa je tako i izrada komplikovanija i skuplja. Prednost je što se podizanjem prednjeg dela dobija pristup celom prednjem kraju.

6. LITERATURA

- [1] Ružić D. :Motorna vozila – skripta, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 2017.
- [2] www.mehanizacija.ftn.uns.ac.rs, pristupljeno 31.10.2018.
- [3] Stojić, B.: Teorija kretanja drumskih vozila, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 2012.
- [4] Brzaković R., Marjanović, Z.:Reciklaža kao segment životnog ciklusa vozila, I nacionalna konferencija o reciklaži motornih vozila, Ečka, 2009.
- [5] Happian-Smith J.: An Introduction to Modern Vehicle Design, Oxford, 2002.
- [6] IRJET- Vishwanatha R. H., Ajith A., Anand N., Punith Raju K. B., Vasantha K.: Design and Strength Validation of Front Car Bumper Using Composite Material, Volume: 05 Issue: 05, India, 2018.
- [7] Advanced in Mechanical Engineering-Hu Y.,Liu C., Zhang J., Ding G., Wu Q.: Research on carbon fiber-reinforced plastic bumper beam subjected to low-velocity frontal impact, Vol. 7(6) 1-15. China, 2015.

Kratka biografija:



Veljko Mladenović, rođen je u Ivanjici 1986. godine. Diplomski rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Mašinstva odbranio 2015. godine.