

Kokkuvõte

Käesolevas lõputöös kirjeldatakse Formula Student klassi vormeli aerodünaamika paketi arendusprotsessi, võistlussarja reegleid, voolavusanalüüside olemust ning eelneva lahenduse analüüsi. Vormeli FEST18 aerodünaamika paketi projekteerimine ja analüüsimine algas rekordiliselt vara- augustis 2017 ning kestis kuni jaanuari kuuni. Ette võeti viimase kolme aasta kõige suurem aerodünaamika paketi ümberkujundamine.

Paljud uued ideed tulid eelmise aerodünaamika paketi vigade analüüsimisest. Vead tulid välja nii reaalses rajatingimustes, teostatud lõngatestiga kui ka CFD- analüüsides. Eesmärgiks seati 700 N survejõudu kiirusel 15,3 m/s, mis tähendas survejõu suurendamist 45 %. Kusjuures takistusjõud pidi jääma samaks. Lisaks seati eesmärgiks paketi reguleeritavus ning aerodünaamilise tsentri paiknemine massitsentriga samal kaugusel.

Eesmärgi saavutamiseks muudeti kõiki aerodünaamilisi elemente, tagatiiva puhul seati eelkõige eesmärgiks takistuse vähendamine. Tagatiiva takistusjõudu vähendati 13 % ning lisaks projekteeriti esmakordselt Formula Student Team Tallinna ajaloos tagatiivale elektriline ning automaatselt juhitud DRS- süsteem, mis vähendab sirgetel rajalõikudel kogu vormeli takistust kolmandiku võrra ja seeläbi vähendab raja läbimise aega.

Võistlussarja reegleid läbi töötades avastati võimalus motoriseeritud maaefekti kasutamiseks, mis tagas kogu vormeli survejõu suurenemise 20 % võrra. Ning lisaks on sellisel meetodil võimalik tekitada 120 N survejõudu olukorras, kus vormel seisab ning seeläbi parandada vormeli paigalt kiirendamise omadusi. Analoogselt tagatiivaga on põhjaaluste ventilaatorite puhul tegemist aktiivsete aerodünaamiliste elementidega, mida kontrollib vastavalt rajaolukorrale auto keskaju.

Esitiiva survejõu suurendamiseks lisati sellele mitmeid elemente, mis õhuvoolu tiiva all parandasid. Esitiival tehtud muutused parandasid ka ülejäänud elementide tööd. FEST18 esitiiv on laias vahemikus reguleeritav, mis tähendab, et igale juhile ja igale rajale saab luua täpselt õige seadistuse.

Lisaks põhiliste aerodünaamiliste elementide muutmisele lisati paketti mitmeid uusi: splitter, difuuser, katmikud. Palju tähelepanu pöörati ka erinevatele keeriste tekitamise mehhanismidele, millega saavutati ka märkimisväärne kasu. Tudengivormeli tiheda projekteerimise graafiku tõttu ei jõutud lõplikult keeriste tekitamisega tegeleda kuid difuusori tekitatavat survejõudu oleks veelgi võimalik keeriste targa juhtimisega suurendada.

Julgelt võib väita, et FEST18 aerodünaamika pakett on Tallinna meeskonna seni kõige komplekssem aga ka kõige efektiivsem. Lõplikuks survejõu väärtuseks saadi täpselt eesmärgiks seatud väärtus- 700 N ning takistuseks 186 N kiirusel 15,3 m/s. See tähendab aga, et paketi aerodünaamiline

kasutegur on 3,8, mis on FEST- seeria autode rekord. Tabelis 3 on toodud FEST18 põhilised aerodünaamilised näitajad.

Tabel 3. FEST18 aerodünaamika paketi näitajad

	FEST 18 aerodünaamilised näitajad kiirusel 15,3 m/s		
Element	Takistusjõud (N)	Survejõud (N)	Kasutegur
Esitiib	42,0	264,0	6,3
Tagatiib	70,8	157,3	2,2
Külgdifusori tiivad	20,4	38,0	1,9
Kere	19,1	20,0	1,0
Esirehv	2,9	-6,9	2,4
Tagarehv	4,4	-6,4	1,5
Difusor	12,6	234,0	18,6
Kogu vormel	186	700	3,8

Summary

Current Bachelor's thesis describes the development process of Formula Student class formula car, analyses previous package, gives overview of Formula Student rules on aerodynamic devices and briefly explains principles of computational fluid dynamics. The design process of new package already begun during previous season in August and was halted in January 2018. It was biggest aerodynamic package redesign in three years.

Most of new ideas for the new package came from the analyse process of the previous solution. Weak spots were noticed during races, wool tuft tests and from CFD simulations. The target was set to have 700 N of downforce at the speed of 15,3 m/s, which is 45 % more than previous package's downforce. Despite the enlargement of downforce, drag figures had to stay the same. What is more, the adjustability of the package and correct position of the centre of aerodynamic forces were also set as main goals.

To achieve described ambitions, all the aerodynamic components were modernised. The main intent on rear wing was to lower its drag figures. 13 % of drag was reduced and first time in the history of Formula Student Team Tallinn, electrical DRS system was implemented. New system is automatically controlled by the main controller board. This scheme reduces formula's drag on straights by one third which means that a lot of seconds from the lap time are saved.

During the examination of rules, a chance of using motorized ground effect was spotted. By adding powerful fans into the diffuser, 20 % gain in overall downforce was achieved. Furthermore, by adding fans it is possible to generate 120 N of downforce while vehicle is standing still. With this much static downforce, the acceleration of the vehicle is greatly improved. Like the rear wing, undertray ventilators are active aerodynamic elements controlled by the main controller, which means that fans are turned on only when they are needed.

To enhance front wing downforce, several elements were added to improve the airflow under the wing. Changes made to the front wing increased aerodynamic figures on other elements. The front wing of FEST18 can be widely adjusted to adapt wide range of race tracks or to be adapted to meet the needs of different drivers.

Besides overhauling main aerodynamic elements, many new elements were developed: splitter, diffuser, suspension covers. A lot of attention was paid on vortex generating mechanisms. Different vortices appeared to be very beneficial but because of tight schedule of the development, a lot of potential was unused. For the next season, vortex generation and guidance should be taken as priority.

The aerodynamic package of FEST18 is the most complex package developed in Team Tallinn. Final downforce figure at the speed of 15,3 m/s was 700 N and drag was 186 N. The overall efficiency was 3,8 which is 30 % better than previous best. Table 4 describes main aerodynamic figures of FEST18.

Table 4. FEST18 aerodynamic figures

	FEST 18 aerodynamic figures at the speed of 15,3 m/s		
Element	Drag (N)	Downforce (N)	Efficiency
Front wing	42,0	264,0	6,3
Rear wing	70,8	157,3	2,2
Sidepod's wings	20,4	38,0	1,9
Body	19,1	20,0	1,0
Front wheel	2,9	-6,9	2,4
Rear wheel	4,4	-6,4	1,5
Diffuser	12,6	234,0	18,6
Whole car	186	700	3,8