

**Факултет инжењерских наука
Универзитета у Крагујевцу**



Назив студијског програма: Аутомобилско инжењерство

Ниво студија: Мастер академске студије

Модул: Аутомобилско инжењерство

Предмет: Пројектовање моторних возила

Број индекса: 388/2013

Стефан Г. Милић

**Возило категорије M1G/AF са хибридним
погоном електро/мотор СУС**

мастер рад

Комисија за преглед и одбрану:

1. **Др Јованка Лукић, проф. -ментор**

2. _____

3. _____

Датум одбране: _____

Оцена: _____

У оквиру овог мастер рада кандидат треба да:

- анализира развој путничког возила M1G са хибридним погоном са посебним акцентом на системе преноса снаге
- анализира тржиште наведене класе и намене
- да предлог концепције возила усвајајући конкретне агрегате
- усвоји димензије возила, позиције појединих агрегата, смештај возача и путника,
- извршити проверу вучно-брзинских карактеристика
- пројектовати радно место возача
- у програмском пакету по избору нацртати силуету возила и контуре радног места возача

Препоручена литература:

- [1] Демид М.: Пројектовање путничких аутомобила, Машински факултет у Крагујевцу, 2004.
- [2] Fuhs A.: Hybrid vehicles and future of personal transportation, CRC Press, 2009.
- [3] Stan C.: Alternative Antriebe für Automobile, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2012.

Крагујевац, 19.10.2015

ментор:

Др Јованка Лукић, проф.

Резиме:

У овом раду приказан је поступак пројектовања возила M1G категорије. На самом почетку рада приказан је историјски развој аутомобила. Затим је извршена анализа тржишта. Приказани су закони везани за ову категорију возила. Извршена је селекција делова и склопова возила. Такође је одлучено који ће се елементи куповати, а који производити. Дате су димензије пројектованог возила. Извршен је прорачун вучно-брзинских карактеристика возила. На крају је приказан изглед возила, нацртаног у програмском пакету Catia.

Кључне речи: *пројектовање, категорија M1G, тржиште, димензије,, прорачун и возило.*

Summary:

In this paper, the process of designing the vehicle category M1G is presented. The historical development of the car is shown in the introduction chapters . Off road market analzsis is performed. Selection of parts and assemblies of vehicle is performedIt was decided which elements will be purchased, and which one will be desined and manufactured.Vehicle performances were calaculated. Finally, outlook of vehicle is performed in presented CATIA software.

Key words: *design, M1G category, dimensions, calculation, vehicle.*

Садржај:

1. Увод	7
2. Развој хибридних возила, њихове карактеристике и подела	8
2.1. Подела хибридних возила	13
2.2. Концепција путничког возила M1G	21
3. Анализа модела моторног возила – M1G са хибридним погоном	24
3.1. Произвођач Audi	24
3.2. Произвођач Volkswagen	27
3.3. Произвођач Mercedes-Benz	30
3.4. Произвођач BMW	33
4. Тржиште за које је возило намењено и законска регулатива коју возило категорије M1G/AF треба да испуни	37
4.1. Извод из правилника о подели моторних возила	37
4.2. SRPS Стандарди	39
4.3. ЕСЕ Правилник	39
4.4. ЕЕС Директиве	43
5. Усвајање концепције за возило M1G/AF	45
6. Димензије возила, позиције агрегата, смештај путника и пртљага у возилу	48
6.1. Димензије возила	48
6.1.1. Димензионисање путничког простора	48
6.1.2. Спољашње димензије возила	56
6.2. Позиције агрегата и система на возилу	58
7. Могућност производње или куповине готових делова и опреме	60
7.1. Самоносећа каросерија	60
7.2. Погонски агрегати	61
7.3. Спојница	62
7.4. Мењачки преносник	62
7.5. Погонски мост и систем за пренос снаге	63
7.6. Систем за управљање	64
7.7. Систем ослањања и кочења	64
7.8. Пнеуматици	65
7.9. Стандардна опрема	65
8. Усвајање концепције возила и конкретних агрегата (мотор, мењач, систем за управљање, систем за кочење и др.)	66
8.1. Усвајање концепције возила	66
8.2. Усвајање погонских агрегата	66
8.3. Усвајање спојнице	70
8.4. Усвајање мењачког преносника	71
8.5. Усвајање система за пренос снаге	72
8.6. Усвајање система за управљање	75
8.7. Усвајање система ослањања и система кочења	76
8.8. Усвајање точкова	79
8.9. Усвајање ентеријера и додатне опреме	80

9. Димензије пројектног моторног возила M1G/AF	81
10. Рачунска провера перформанси и стабилности возила	83
11. Ергономски захтеви при пројектовању радног места возача	97
12. Пројектовање радног места возача у програмском пакету CATIA V5	100
13. Закључак	102
14. Литература	103

1. Увод

Историја аутомобила почиње 1789. године. 1806. године појавили су се први аутомобили погонени мотором СУС који су као гориво користили течни гас и то је примењивано на возилима до 1885. године од када почињу да се производе возила чији мотор СУС користи бензин као гориво. Аутомобили који су користили електромотор као погонски агрегат су се на кратко појавили почетком XX века, како би убрзо нестали, а њихово поновно појављивање је интензивније почетком XXI века.

Почетак XX века узима се као период у коме је озбиљније примењена електрична енергије у транспорту у категорији личних возила. Једноставност употребе и комфор првих електричних возила нису се могли постићи тадашњим возилима која су користила моторе са унутрашњим сагоревањем (мотори СУС). Даља истраживања и улагања у иновације, узроковала су развој возила са моторима СУС, као и других система на возилу који су смањили предности возила са електричним погоном.

Први бензинско – електрични мотор изумео је још 1900. године Фердинанд Порше (Ferdinand Porsche), повећана је брзина и побољшане перформансе возила применом два електромотора на точковима, а који су били погонени енергијом из мотора СУС. 1978/79 на возилу „Opel GT“ примењен је кочиони систем који је допуњавао батерије које су снабдевале енергијом електромоторе, возило је имало потрошњу мању од 6 l/100 km.

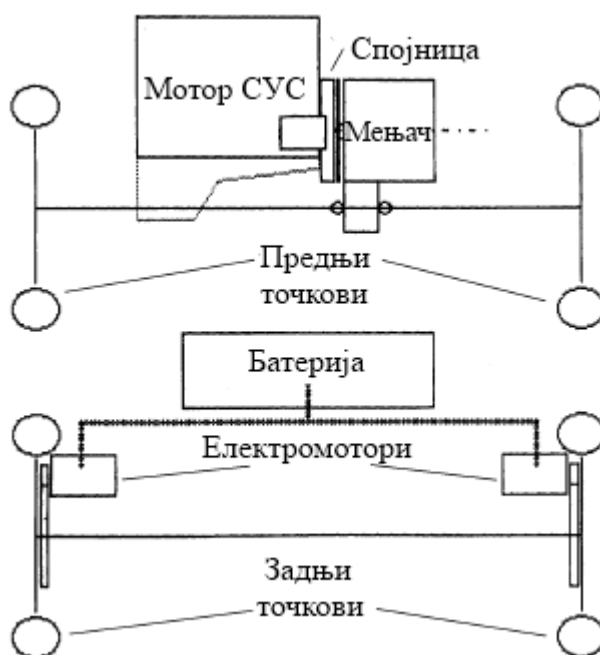
Хибридна Електрична Возила (ХЕВ) спадају у возила која производе ниску емисију штетних гасова. Користе два извора енергије: агрегат за претварање енергије (мотор СУС или електромотор) и агрегат за акомулирање произведене енергије, односно батерије и ултракапацитатори – кондензатори. Савремена возила са хибридним погоном могу да се допуњавају са струјним каблом из конвенционалних прикључака, тзв. Plug in Electric Vehicle (PEV) возила.

Возила која користе алтернативни погон су углавном још у фази развоја и тестирања, највеће потешкоће имају при задовољењу захтева који се односе на радијус кретања возила користећи искључиво електро-погон (минимум 250 km). Још један од важних захтева јесте постизање одређене брзине возила, односно развијање максималне брзине возила од 160 km/h до 200 km/h, зависно од карактеристика возила.

Данашња хибридна возила углавном користе комбинацију ОТО (бензинског) мотора и електромотора, где се конверзија енергије из мотора СУС врши преко електромотора, део енергије се преноси на погонске точкове, а део се складишти у батерије. Када се возило покреће искључиво електромотором користи се енергија из батерија, која је предходно ускладиштена. Комбинација дизел мотора и електромотора је мање заступљена, а користи се код потпуних хибрида или полу-хибрида, потпуни хибриди могу радити у електро-моду без помоћи мотора СУС, док полу-хибриди немају ову опцију.

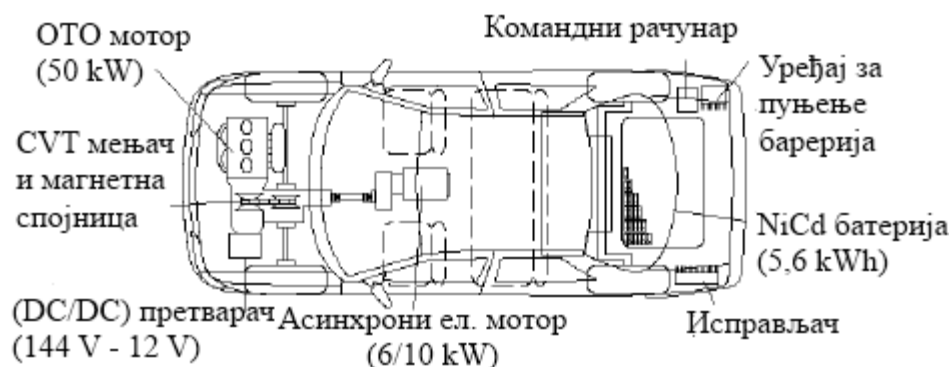
2. Развој хибридних возила, њихове карактеристике и подела

Хибридна електрична возила за погон користе мотор СУС и електромотор, а за складиштење електричне енергије користе акумулаторску батерију капацитета $1\div 2$ kWh. Батерија се допуњава помоћу генератора који покреће мотор СУС, као и код успоравања или заустављања конверзијом кинетичке енергије, рекуперацијом. Код ове врсте возила не постоји могућност пуњења акумулаторске батерије из неког спољног извора или електроенергетске мреже. Електрични мотор се најчешће користи у ситуацијама кад је потребна додатна снага или кад је могућа уштеда горива, а тек новије генерације возила користе само електрични мотор при покретању возила и мањим брзинама вожње, што је карактеристика градске вожње. Шематски је на слици 2.1 приказан хибридни погон код путничког возила категорије М1.

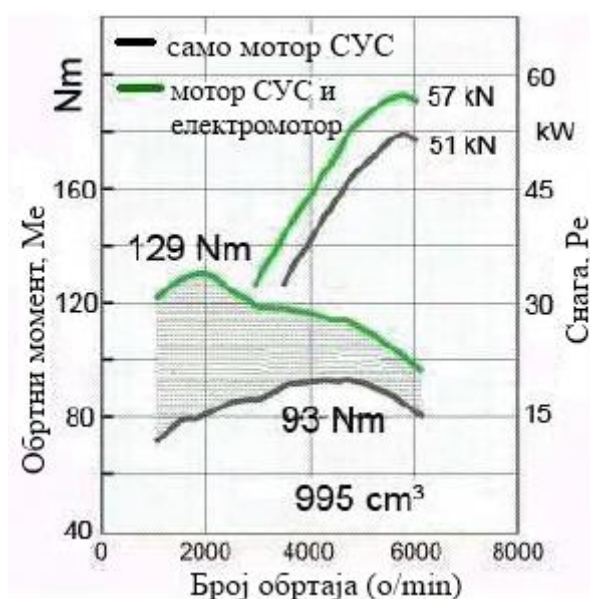


Слика 2.1. Шематски приказ концепције хибридног погона код возила категорије М1 [1]

Мотор СУС и електромотор могу се користити истовремено или појединачно, нпр. при вожње на отвореном путу и при вишим брзинама користио би се мотор СУС, док би у случајевима градског саобраћаја или при мањим брзинама кретања, погон био електромотором напајањем струјом из акумулатора/батерија. У случајевима недовољног капацитета батерија, када је ангажован снага мања од тренутно расположиве, могуће је допуњавање акумулатора струјом из генератора који се погони мотором СУС. У случајевима када је потребна већа снага од тренутно расположиве, могуће је истовремено коришћење оба погонска агрегата. На слици 2.2 приказан је концепција хибридног погона возила „Honda Insight“, док је на слици 2.3 приказана радна карактеристика хибридног погона ово возила.



Слика 2.2. Концепција хибридног погона возила „Honda Insight“

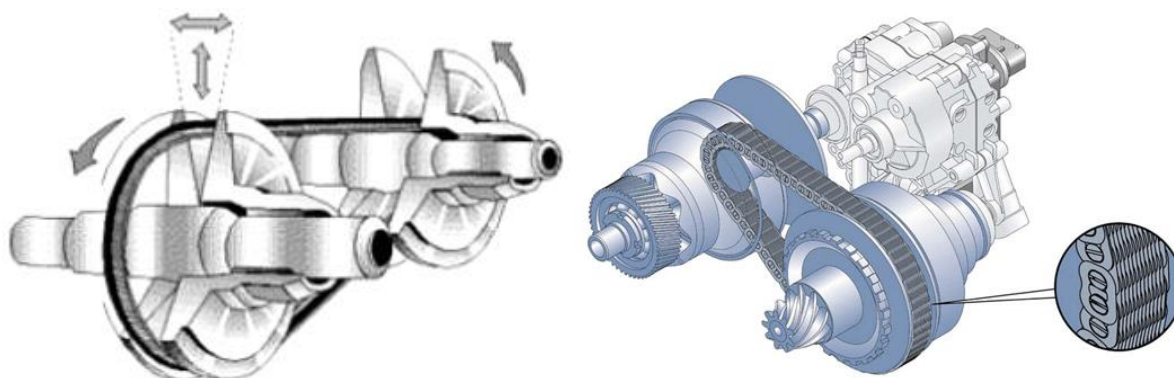


Слика 2.3. Радна карактеристика хибридног погона возила „Honda Insight“ [4]

Код хибридних возила електромотор (слика 2.4) може да ради независно од брзине возила пуњећи батерију или обезбеђујући додатну снагу погонским точковима. У конструкцији хибридних возила често су заступљени континуални мењачки преносници CVT (Continuously Variable Transmission) (слика 2.5 и 2.6).



Слика 2.4. Електромотор код путничког возила Mercedes – Benz C класе (W205) [16]



Слика 2.5. Лево – фрикциони преносник (мењач), Десно – CVT мењач Multitronic (Audi AG) [4]
[17]



Слика 2.6. CVT мењач произвођача Honda [17]

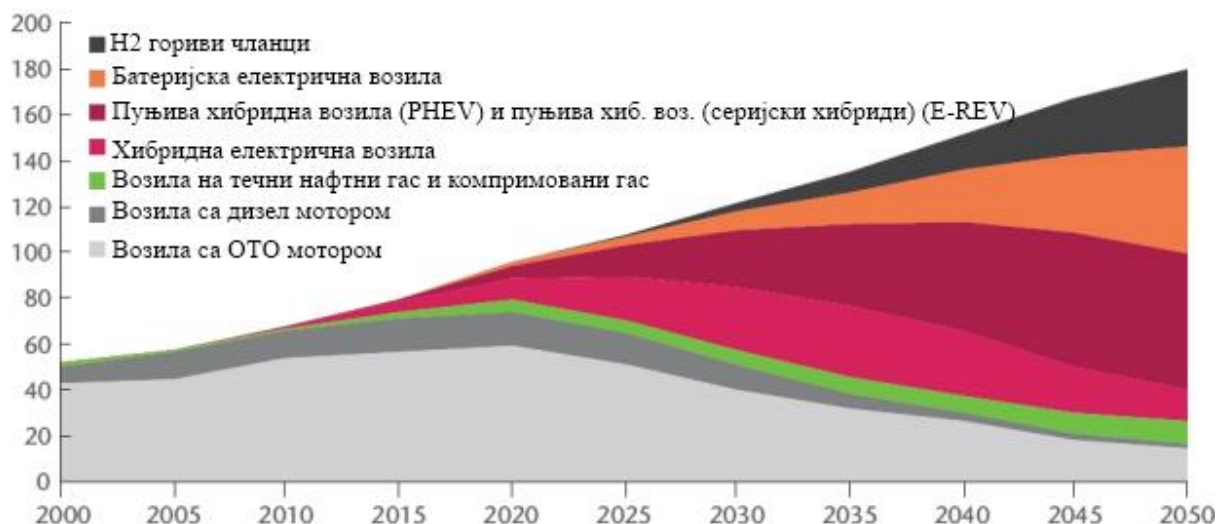
Континуални мењачки преносници омогућавају непрекидну измену вредности преносног односа трансмисије и непрекидну предају обртног момента на погонске точкове, у форми која одговара идеалној вучној карактеристици (хиперболи вуче).

Према томе, континуирани преносници служе за:

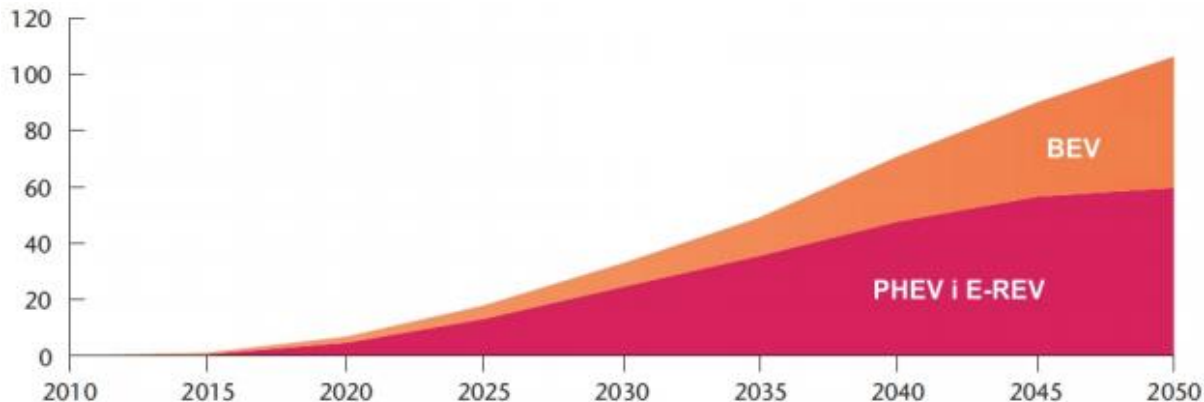
- а) континуирану аутоматску промену преносних односа,
- б) измену преносних односа по закону који омогућава добре вучне и динамичке карактеристике возила при датој карактеристици мотора и
- в) остваривање високог степена корисног дејства у широком опсегу промене експлоатационих режима.

Применом континуираних преносника добија се веома равномерно кретање возила, пошто се обртни момент непрекидно доводи на погонске точкове, а са друге стране смањује се могућност преоптерећења делова трансмисије. Континуални преносници су сложенији по конструкцији и имају веће механичке губитке. Ови мењачки преносници су ређи на возилима у односу на степенасте мењаче чија је конструкција једноставнија, а тиме је израда јефтинија.

Поред електричне енергије и други алтернативни извори енергије попут водоника, су у разматрани као могућа замена за фосилна горива у транспорту. Треба напоменути да за масовније коришћење хибридних и електричних постоје одређене препреке и недостаци које треба отклонити, како би се могла увести у масовну употребу. Како би се могли остварити планови приказани на сликама 2.7 и 2.8 потребно је да данашња структура електроенергетске мреже буде грађена за пуњива хибридна возила и електрична возила.



Слика 2.7. Прогноза удела различитих возила у милионима примерака у свету до 2050. године [12]



Слика 2.8. Прогноза продаје пуњивих хибридних возила и пуњивих хибридних возила са серијским системом у милионима примерака у свету до 2050. године [12]

Путничко хибридно возило Toyota Prius (слика 2.9) је након 2001. године постао доступан на светском тржишту, тренутно је присутан на тржишту у својој трећој генерацији. Закључно са 2010. Годином у свету је укупно продато два милиона примерака, од тога милион на тржишту Сједињених Америчких Држава. Toyota Prius се у смислу технологије сматра се водећим моделом у тој категорији. Најпопуларнији електрично возило на светском тржишту је Tesla Roadster. У питању је спортски аутомобил који производи фирма Tesla Motors (САД), под називом „модел S“ (слика 2.10). Карактеришу га добра аеродинамичких својстава велика радијус вожње од 450 km и брзо пуњење батерија од 45 минута.



Слика 2.9. Хибро путничко возило Toyota Prius (трећа генерација) [12]



Слика 2.10. Возло на електро-погон Tesla "Model S" [12]

Предности хибридног погона [2]:

- мала емисија штетних гасова.
- мања потрошња горива (и до 50 %),
- смањење неискоришћене енергије током празног хода – мировања возила или мале излазне снаге мотора СУС,
- искоришћење регенерисане кинетичке енергије кочења,
- смањењем величине и снаге мотора СУС, а тиме и неефикасности, користећи додатну снагу од електромотора за компензацију губитака, при максималној снази коју производи мали мотор СУС.
- добра радна карактеристика (електромотор обезбеђује константо висок обртни момент и на ниском броју обртаја),
- избор оптималног режима рада.

Недостаци хибридног погона [2]:

- висока цена,
- велика маса возила,
- немогућност одржавања брзине, код већине модела,
- радни век батерије.

2.1. Подела хибридних возила

Када је реч о хибридним и електричним возилма постоји подела на три основне категорије возила (слика 2.11) [12]:

1. хибридна возила (HEV – Hybrid Electric Vehicle)
2. пуњива хибридна возила (PHEV – Plug-in Hybrid Electric Vehicle)
3. батеријска електрична возила (BEV – Battery Electric Vehicle)

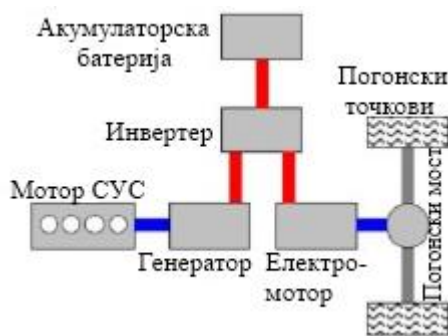


Слика 2.11. Подела путничких возила (катеорије M1) у односу на концепцију – врсту погона [12]

У односу на структуру погонске групе, као и везе механичких и електричних делова, хибридни погон се може поделити у три групе:

- серијски,
- паралелни, и
- серијско – паралелни хибриди (комбиновани).

Серијски хибрид. Код овог хибридног погона, снага мотора СУС се не предаје директно погонском склопу (преноснику снаге) него прво покреће генератор. Електрична струја се користи за допуну батерија, као и покретање електромотора. Када се захтеве већа снага са покретање возила електромотор користи струју и из генератора, односно батерија. Овом систему није потребна компликована трансмисија, јер је електромотор ефикасан у широком дијапазону броја обртаја [7]. Постоје конструкције код којих сваки точак возила има засебан електромотор. На слици 2.12. шематски је приказана концепција серијског хибридног погона.



Слика 2.12. Шематски приказ концепције серијског хибридног погона [7]

Карактеристике серијског хибридног погона [3] [7]:

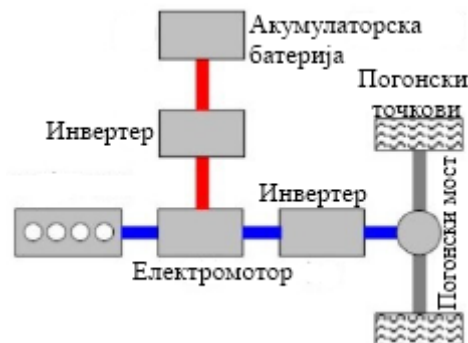
- користи веће батерије,
- користи “on – board” пуњење,
- користи и нека “off – board” пуњења,
- оптимизује рад одвајањем рада оба мотора према брзини возила,
- електромотор нема празан ход, што умањује емисију,
- електромотор и генератор су исте структуре и реверзибилни, могу радити као генератори и мотори,
- не захтева конвенционалну трансмисију,
- може користити мотор СУС мање снаге.

Паралелни хибрид. Овај хибридни систем ункционише тако што су мотор СУС и електромотор спојени са механичком трансмисијом. Електромотор и генератор спојени у један уређај често смештен између мотора СУС и Мењачког преносника, те на тај начин замењују и стартер и алтернатор возила. Помоћни уређаји се покрећу електромотором уместо мотором СУС, који имају константан број обртаја чиме се обезбеђује већи степен корисности. Назив паралелни хибриди имају управо зато што се снага прослеђује на погонске точкове возила паралелно. Систем пуни батерију возила укључењем електромотора као генератора, а струја из батерије се користи за кретање возила. Батерије се пуне када возило не захтева већу или додатну снагу, те електромотор у улози генератора производи електричну струју. Овај систем има једноставнију структуру, уколико систем поседује само један електромотор када се пуни батерија не може се користити за погон возила. Ако се електромотор код тог система одвоји од мотора СУС квачилом – спојницом, тада и тај систем може функционисати као чисто електрични погон у границама расположиве енергије у батеријама и снаге електромотора [7]. На слици 2.13 шематски је приказана концепција паралелног хибридног погона.

Карактеристике паралелног хибридног погона [3] [7]:

- електромотор и мотор СУС су директно спојени на точкове (спрегнути),
- користи мање батерије,
- користи „off-board“ пуњење,
- брже убрзава,
- електромотор има празан ход, што повећава емисију,

- паковање компоненти у возилу је мање флексибилно,
- не захтева конвенционалну трансмисију,
- захтевају комплексан контролни систем,
- омогућавају ниже трошкове,
- имају мању потрошњу горива на аутопуту.

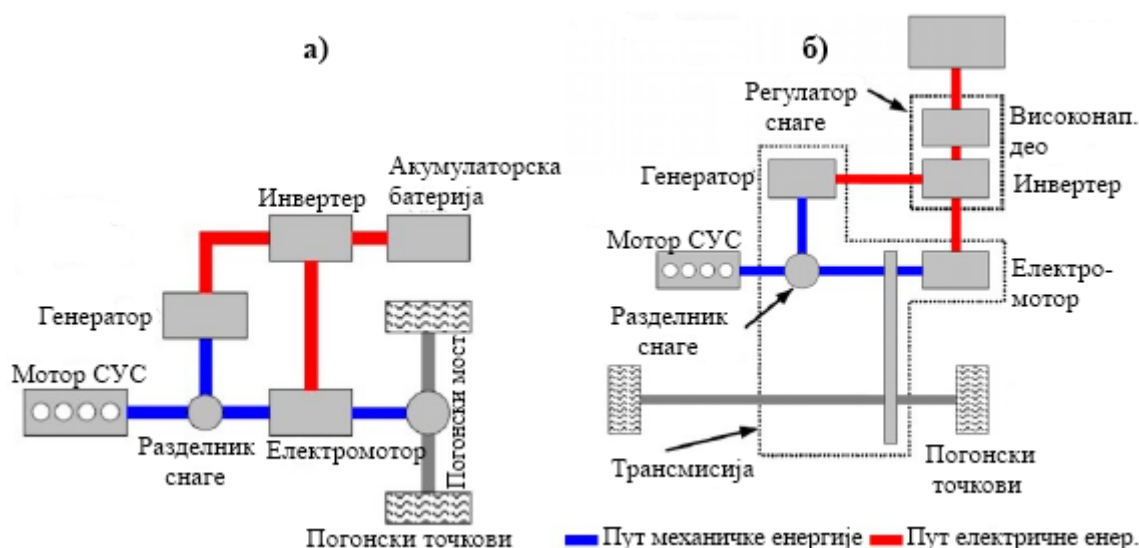


Слика 2.13. Шематски приказ концепције паралелног хибридног погона [7]

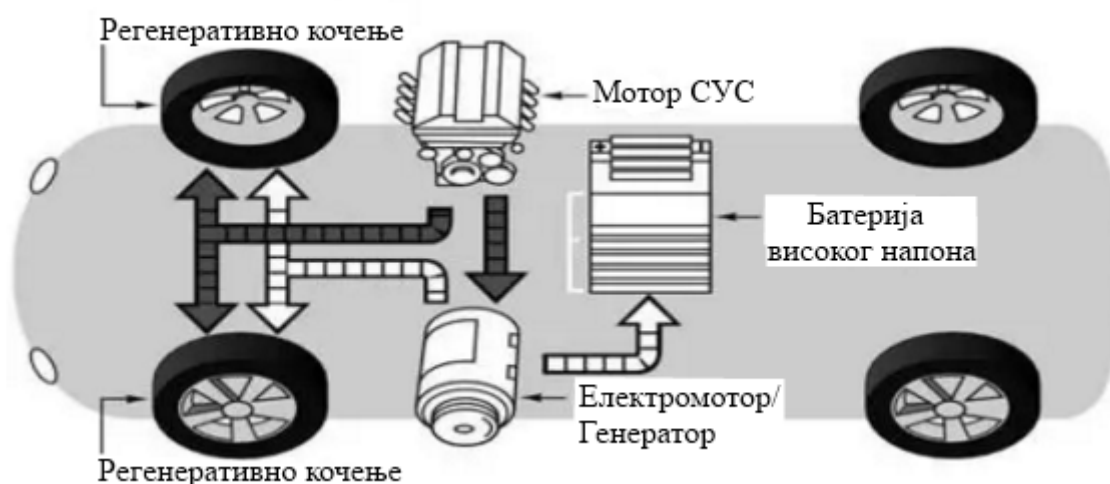
Серијско – паралелни (комбиновани) хибриди. Овај систем хибридног погона има карактеристике и серијског и паралелног хибрида. Комбинација ова два система погона је карактеристична по томе што мотор СУС осим деловања путем преноса снаге, додатно делује и преко генератора на електромотор, а корисити се и енергија из батерија у случају када је потребна већа снага или већи обртни момент. Овај комбиновани хибридни погон остварује велике уштеде горива (у градској возњи и до 50%). На слици 2.14а је приказана шема серијско – паралелног хибрида, где се пренос снаге на погонске точкове врши преко вратила и погонског моста. У питању је Тојотин серијско – паралелни хибридни систем прве генерације (THS – Toyota Hybrid System). На слици 2.14б, приказан је пренос снаге на погонске точкове преко редукционог зупчаника – редуктора. Серијско – паралелни систем погона приказан на слици 2.14б припада другој генерацији овог система за возило Toyota Prius (THSII – Toyota Hybrid System II) [7]. Разлика прве и друге генерације је у коришћењу високо напонског претвараача који је смештен између батерије и мотора СУС и генератор. На слици 2.15 приказан је ток снаге код хибридног возила Toyota Prius.

Карактеристике серијско – паралелног хибридног погона [3] [7]:

- користи средњу величину батерија,
- користи „on и off-board“ пуњење,
- брже убрзава,
- електромотор има празан ход,
- паковање компоненти у возилу је мање флексибилно,
- не захтева конвенционалну трансмисију,
- већа уштеда горива.



Слика 2.14. а) THS комбиновани хибридни погон, б) THSII комбиновани хибридни погон [7]

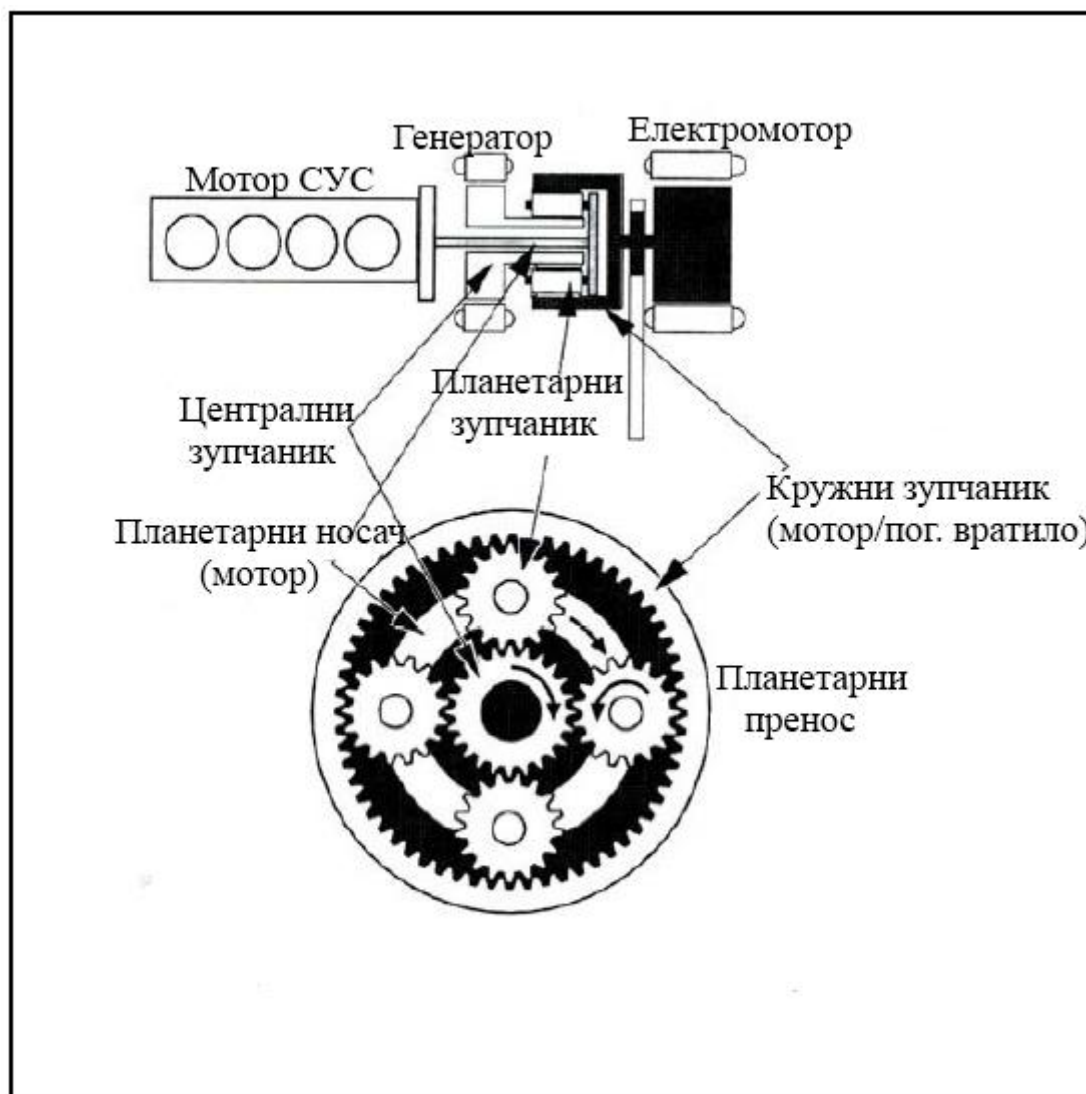


Слика 2.15. Ток снаге код хибридног возила Toyota Prius [7]

Разделник снаге (PSD – The Power Split Device) код возила произвођача Toyota приказан је на слици 2.16. Разделник снаге је „паметн“ редуктор који спаја мотор, генератор и електромотор у једну целину. Хибридно возило са комбинованим системом готово увек ради као паралелни хибрид. Мотор СУС или електромотор могу да раде сваки за себе и преносе снагу на точкове или могу да раде заједно. Разделник снаге омогућава да возило ради и као серијски хибрид. Електромотор може да ради независно од брзине возила пунећи батерију или обезбеђујући потребну снагу на погонским точковима. Делује као континуална трансмисија, (CVT – Continuously Variable Transmission), елиминишући потребу за мануелном или аутоматском трансмисијом – мењачким преносником. С обзиром да PSD омогућава да генератор покрене мотор СУС, аутомобилу није потребан стартер. PSD је планетрани редуктор, односно планетарни мењачки преносник. Електромотор је спојен са кружним (прстенастим) зупчаником. Такође је директно повезан са диференцијалом који покреће точкове. У сваком случају брзина електромотора и број обртаја кружног зупчаника одређују брзину возила. Генератор је спојен са централним (сунце)

зупчаником, а мотор СУС са планетарним преносом. Брзина кружног зупчаника зависи од све три компоненте и оне све време морају заједно радити да би контролисали излазну брзину [7].

Када се возило убрзава почетно, електромотор и акумулатор – батерија обезбјеђују сву потребну снагу. Кружни зупчаник PSD – а је спојен са електромотором и он стартује помоћу електромотора. Планетарни пренос који је спојен са мотором је непокретан, јер мотор не ради [5].



Слика 2.16. Раздјелник снаге PSD за THS и THS II [7]

Подела хибридних возила с обзиром на аутономност електричног погона може се извршити на [7]:

- потпуне (full hybrid),
- хибриди који асистирају (power assist hybrid)
- делимичне (Mild hybrid / micro hybrid) и
- утикачке хибриде (Plug in Hybrid – PHEV) [5].

Потпуни хибриди. Хибридна возила која се могу кретати само са електромотором, мотором СУС или у комбинацији са мотором СУС представљају потпуне хибриде. Рачунар врши контролу рада система, кад је укључен и који мотор, а кад заједно. Функционисање се може поделити у пет различитих режима (модова) [7]:

1. електро мод возила
2. вожња са констатном брзином
3. мод пуњења батерије
4. мод за повећање снаге
5. негативни подељени мод (Negative split mod)

Мод 1: Мотор је заустављен и батерија обезбјеђује потребну снагу за покретање возила. Користи се код празног хода као и код високог стања напуњености батерије (state of charge- SOC).

Мод 2: Кад се возило креће константном брзином без убрзања и кад мотор СУС може задовољити захтеве за снагом. Снага мотора се дели на механички пут снаге и део за генератор који обезбјеђује струју за покретање електромотора чија се снага сабира са мотором. Уколико је ниво напуњености батерије низак део струје са генератора се усмерава према батерији.

Мод 3: Овај мод се користи код празног хода, сем кад се захтева допуњавање батерије, тада се покрећу мотор СУС и генератор.

Мод 4: Овај мод се односи на ситуације када мотор СУС не може досегнути захтевану снагу, за допуну снаге користи електромотор који се напаја из батерије.

Мод 5: Када се возило креће уједначеном брзином, а батерија је добро напуњена. Тада батерија обезбјеђује снагу за електромотор (за обезбједење механичке снаге) и за генератор. Генератор претвара ту снагу у механичку енергију која се усмерава према излазном вратилу мотора СУС успоравајући га без мењања излазног момента. Резултат је смањење потрошње горива. [7]

Модел аутомобила попут Toyota Prius, Auri, Lexus, BMW 7 Active и других су потпуни хибриди. Ови хибриди могу се покретати само помоћу мотора СУС или електромотора, користећи енергију из батерије. Рачунар надгледа рад целог система, утврђује да ли је неопходно покретање возила мотором СУС, електромотором или коришћење оба. Мотор СУС ће се искључити када је електромотор довољан да обезбеди неопходну снагу погонским точковима. На слици 2.17 приказана је структура потпуно хибридног возила Lexus RX 450 h (категорије M1G/AF).



Слика 2.17. Потпуно хибридно возила Lexus RX 450 h (MIG/AF) [18]

Делимични хибриди. Ова хибридна возила су у основи конвенционална возила са великим стартер – мотором (алтернатором), који омогућује да се мотор СУС искључи кад год возило успорава, кочи или стоји, а брзо и потпуно се рестартује. Помоћни уређаји се покрећу помоћу електричну струју, док је мотор СУС искључен. Електромотор се користи код регенеративног кочења, али не асистира мотору СУС и нема електро режим, тј. возило се не може кретати само уз помоћ електромотора. Дакле, многи и не сматрају да су то хибриди, пошто не постоји електромотор за вожњу, тако да та возила немају мању потрошњу горва као остала хибридна возила. Делимична хибридна возила имају мањи радни век мотора СУС, често покретање и заустављање такође проузрокује да мотор не може радити на оптималној температури, а што утиче на његову ефикасност.

Хибриди који асистирају. Код ових хибрида мотор СУС је примарни извор снаге, а електромотор се користи за додатну снагу. Смештен је између мотора СУС и трансмисије – мењачког преносника и представља стартер чија функција није само покретање мотора него и снабдевање возила додатном снагом. Код ове врсте хибрида потреба за електричном енергијом много мања, а самим тим мања је и величина батерије [7].

Ранији модели Honda Civic и Honda Insight користили су овај систем погона, са ОТО моторима мање снаге и радне запремине, које је допуњавао електромотор. Произвођачи су овај систем називали „Интегрисани мотори“ (ИМА – Integrated Motor Assist). Хибридни погона је овог типа је и Mazda е – 4x4, примењен на возилу Mazda Demio. Возило има погон на предњим точковима од стране мотора СУС, електромотор може да погони задње точкове када је потребна додатна снага. Мотори су у потпуности одвојени у свим условима вожње, тако да неће дати побољшање у погледу перформанси или економичности.

Утикачки хибриди (Plug in Hybrid – PHEV). Потпуни хибриди имају могућност покрећа само у електро моду. Опремљени су великом батеријом, а имају и могућност допуњавања са електричне мреже, на тај начин је смањено коришћење мотора СУС за краћа путовања, односно у градској воњи (зависно од величине батерије). Обично се још називају и мрежни хибриди. Имају предност у томе што су независани од коришћења горива за кретање на кратким релацијама. Утикачки хибрид (PHEV), као врста хибридног возила, може бити изведен и са серијским и са паралелним погонским системом. Садржи батерије великог капацитета за разлику од стандардних хибрида, како би возилу било омогућен већи домет вожње само у електро моду [7]. На слици 2.18 приказано је возило Audi A3 Sportback e-tron, које по концепцији припада утичачким хибридама.

Утикачки хибриди смањују емисију штетних гасова и побољшавају начин коришћења енергије због тога што се батерија може пунити ноћу, односно када се возило не користи. Пуњење са мреже наизменичне струје (AC) захтева акумулаторски пуњач који се састоји од AC/DC конвертора. Код ових возила неопходе су јавне станице за пуњење батерије или соларни паркинг (слика 2.19), док траје паркирање. General Motors (GM) је у сарадњи са интернационалним SAE (Society of Automotive Engineers) удружењем постигао стандардизацију утикача помоћу којих се пуни батерија возила. Volvo C30, Ford Fusion Energi, Toyota Prius Plug-in Hybrid, Mitsubishi Outlander и др. модели осталих произвођача су примери утичачких (PHEV).

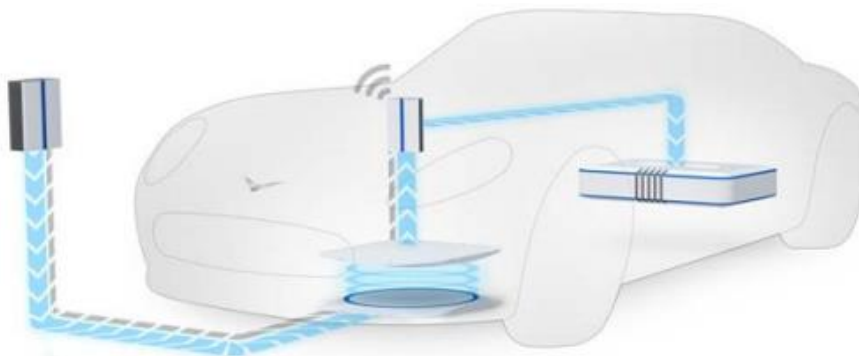


Слика 2.18. PHEV Audi A3 Sportback e-tron (утичачки хибрид) [19]



Слика 2.19. Лево – конектор за пуњење (утичница), Десно – станица за пуњење EV и PHEV возила [12]

Код EV и PHEV возила постоји проблем непостојања универзалног конектора/пуњача за сва возила. Такође, тежи се остварењу веће безбедност корисника од превисоког напона у случају додира. Из тог разлога у фази истраживања је примена пуњача који раде на принципу електромагнетне индукције (слика 2.20), вај начин пуњења утикачких хибридних возила још увек има превише ниску ефикасност да би постигао комерцијалну употребу.



Слика 2.20. Принцип безконтактнoг универзалног пуњача за EV и PHEV возила [12]

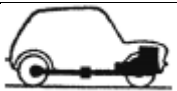
2.2. Концепција путничког возила M1G

Концепција возила, у ширем смислу подразумева конструктивно извођење са аспекта положаја погонског агрегата, трансмисије и погонских точкова, односно њиховог међусобног положаја у односу на шасију. На основу положаја погонских агрегата, трансмисије и погонских точкова у односу на каросерију возила. Код хибридних возила најзаступљеније су две концепције:

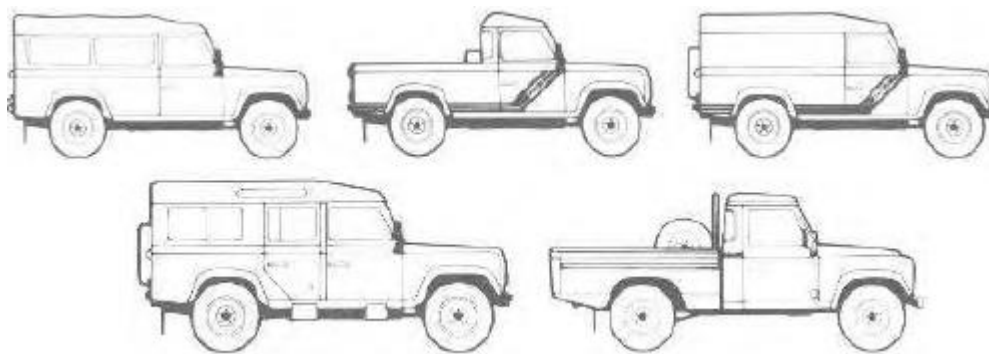
- а) агрегати напред (мотор СУС + електромотор) – погонски мост позади,
- б) агрегати напред (мотор СУС + електромотор) – погонски мост напред.

Погон на свим точковима, представља специјалан случај концепција, када су у питању возила на хибридни погон. Код ове концепције постоји више варијанти, нпр. да се електромотори налазе на точковима (на сва четири или на задњим точковима).

На основу табеле 2.1. може се рећи да погон на сва четири точка, показује предности, нарочито када су у питању теренска возила M1G.

Табела 2.1. Утицај концепције возила на параметре понашања на путу [1]				
	Погон 4x4	++	+	+

Код путничких теренских возила, који су намењен коришћењу у тешким путним условима, шасија возила се задржала, тако да се на њу надграђује каросерија према захтевима и потребама тржишта. Тако нпр. произвођач „Land Rover“ на основе шасије теренског возила надграђује различите верзија каросерије (слика 2.21).



Слика 2.21. Различити типови теренског возила произвођача „Land Rover“ (категорије M1G) [5]

Код теренских возила категорије M1G, велики значај имају прилазни (нападни) и одлазни угао возила (слика 2.22). Углови које заклапа тангента на тачкове и најистуреније предње или задње тачке возила. Ова карактеристика је посебно важна за ван путне услове кретања.



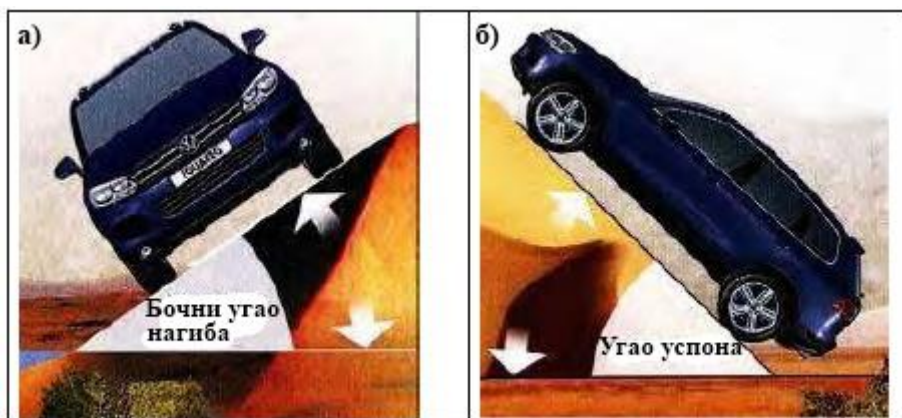
Слика 2.22. Прилазни, изразни и угао препреке [5]

Угао препреке (слика 2.23a), је угао који чине краци угла повучени из најниже тачке возила, која се налази између тачкова, тако да исти тангирају тачкове.

Бочни угао нагиба, представља бочни нагиб пута на коме се возило може кретати без клизања или превртања низ нагиб. Зависи од висине тетишта возила, трага тачкова и

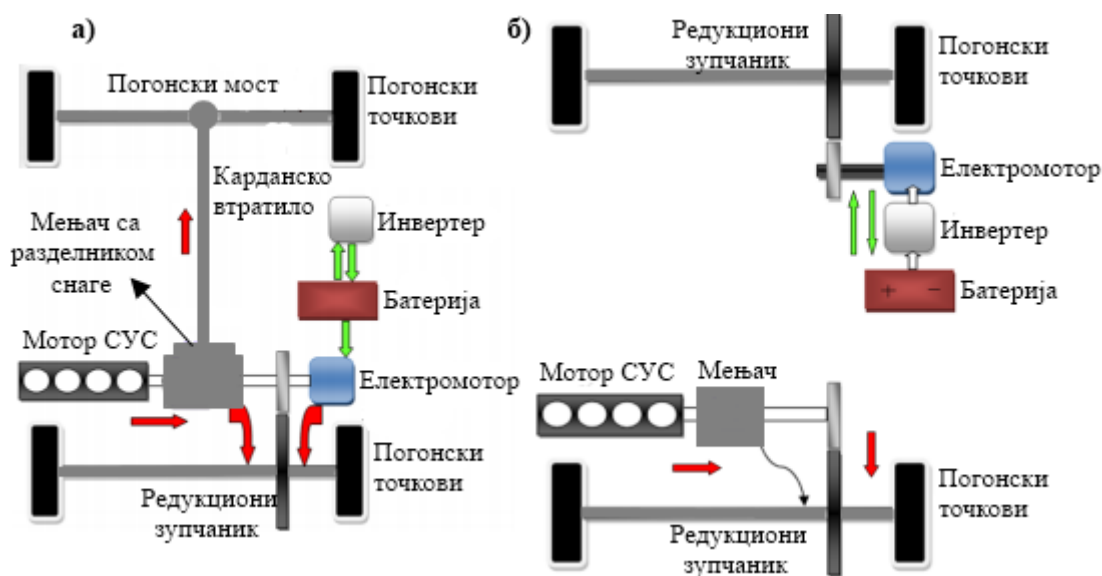
коефицијента трења точкови – пут. Максимални угао бочног нагиба може да буде одређен само за конкретне услове.

Угао успона (слика 2.23б) представља угао нагиба подужтног пута кога возило може да савлада у првом степену преноса, а да погонски точкови не проклизају, прекао и вртања око задње осовине. Угао успона зависи од положаја тежишта возила, коефицијента трења точкови - пут, броја и места погонских осовина (4x2 или 4x4 код путничких возила). Возила високе проходности (теренска возила) могу имати максимални угао савладавања успона и до 100% (45°).



Слика 2.23. а) бочни угао нагиба, б) угао успона [5]

Шема хибрида са погоном на свим точковима 4x4 приказана је на слици 2.24а, где се обртни момент са мотора СУС преноси преко мењачког преносника и разделника снаге на предње и задње точкове, док обртни момент са електромотора преноси на предње точкове. На слици 2.24б, приказана концепција где се обртни момент са мотора СУС преноси на предње точкове, а са електромотора на задње точкове.



Слика 2.24. а) хибридни погон 4x4 преко карданског вратила и погонског моста, б) хибридни погон преко редукционих зупчаника (мотор СУС – напред, електромотор – позади)

3. Анализа модела моторног возила – M1G са хибридним погоном

Возила категорије M1G, представљају путничко теренско возило за експлоатацију у ван путним условима. Овај тип возила познатији је као „дип“.

При пројектовању било каквог возила никад се не полази од нуле, тј. „белог папира“. Насупрот томе треба посматрати шта други произвођачи нуде, и на основу тога створити свој модел. Из тог разлога анализираће се модели оваквог типа возила. Такође, треба напоменути да ће акенат бити на теренским возилима искључиво са хибридним погоном, с обзиром да је тако наведено пројектним задатком.

3.1. Произвођач Audi

Сам погон Audi – ја за производњу аутомобила основан је 1910 године. Возило категорије M1G/AF произвођача Audi, представља пример савременог возила са хибридним погоном је Audi Q5 Hybrid Quattro (слика 3.1).

Audi Q5 Hybrid Quattro представ први хибридни модел из Audi – ја, конципиран као ефикасан паралелни хибрид. Погонску групу чине ОТО мотор од 2.0 литара (TFSI) 155 kW и 350 Nm обртног момента и електромотора снаге 40 kW и максималним обртним моментом од 210 Nm. У овом режиму комбиноване вожње потрошња горива износи 6,9 литара на 100 km. Модификовани Tiptronic мењач са осам степени преноса, преноси снагу мотора на управљачки систем без потребе за конвертором обртног момента. Његов монтажни простор заузима електромотор у комбинацији са вишеструким квачилом. Користи литијум – јонску батерију капацитета 1,3 kWh. Хибридна верзија може да се вози само на мотору СУС или на електромотору или у хибридним режиму. Хибридни систем користити енергију насталу приликом кочења за допуну батерије или повећање убрзања аутомобила када оба мотора раде заједно. На слици 3.2. приказана је трансмисија хибридног возила Audi Q5 Hybrid Quattro.



Слика 3.1. Audi Q5 Hybrid Quattro [21]

На слици 3.3. приказан је ентеријер возила Audi Q5 Hybrid Quattro, док су у табели 3.1 дате техничке карактеристике возила, а основне димензије возила приказане сликом 3.4. као теренско возило Audi Q5 Hybrid Quattro мора имати задовољавајуће карактеристике по питању савладавања препрека, што је приказано сликом 3.5.

Табела 3.1. Техничке карактеристике возила Audi Q5 Hybrid Quattro [20]

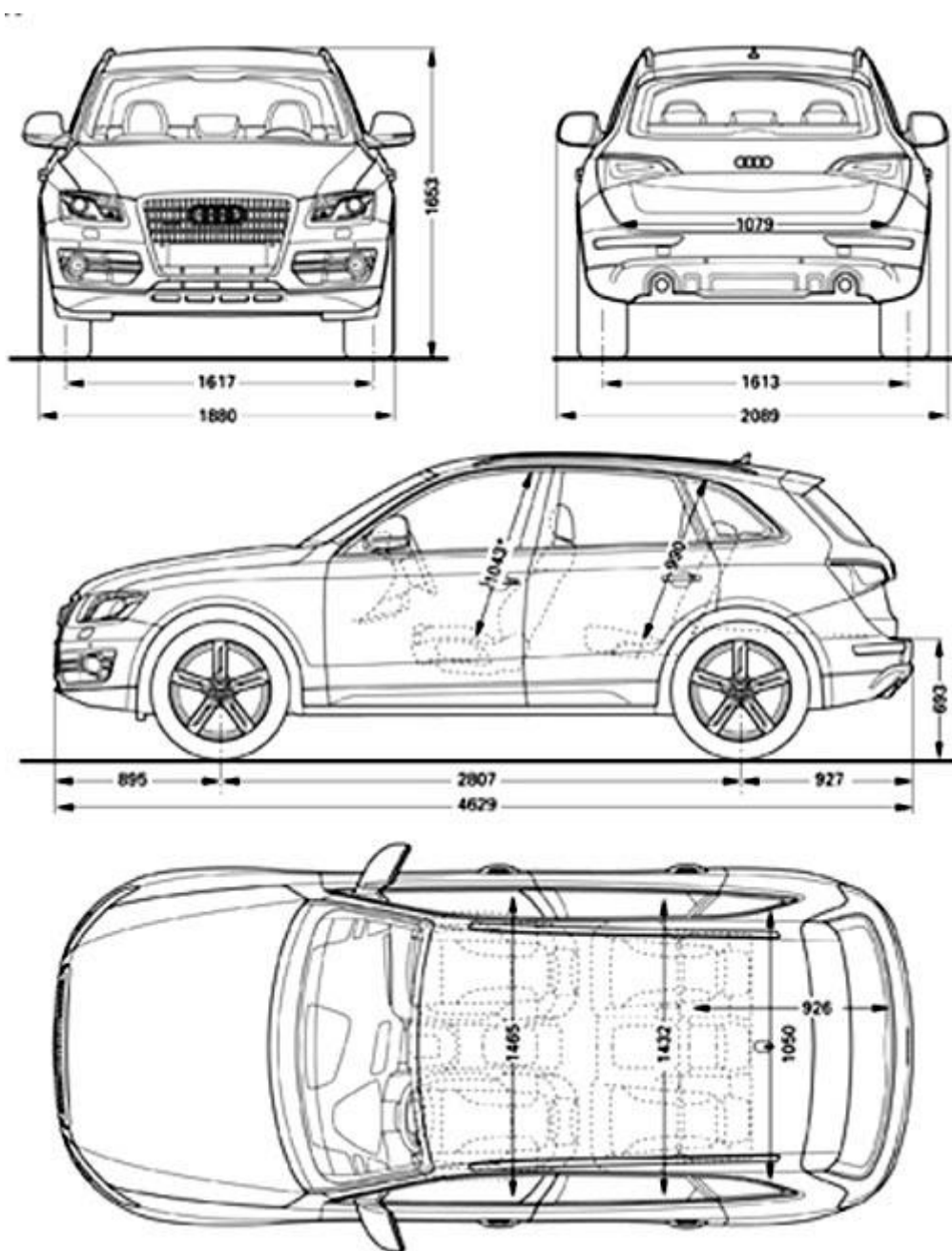
Мотор	
Тип мотора	4-цилиндарски линијски ОТО мотор са турбо пуњачем са рецикулацијом издувних гасова и два брегаста вратила у глави мотора (DOCH)
Радна запремина	1984 cm ³
Максимална снага	155 kW/4300-6000 o/min
Максимални обртни момент	350 Nm/1500-4200 o/min
Степен компресије	9,6:1
Стандард:	ЕУРО 6
Пренос снаге	
Врста погона	4x4
Спојница	Дволамеласта спојница са хидрауличном активацијом и облогама без азбеста и олова
Врста мењача	ZF Tiptronic 8-степени аутоматски мењач
Електромотор/батерије	
Електромотор	40 kW
Батерије	Литијум – јонска батерија 1,3 kWh
Остале карактеристике електромотора	Електромотор има и функцију генератора
Димензије	
Дужина	4628 mm
Ширина	2089 mm
Висина	1653 mm
Међуосовинско растојање	2807 mm
Остале карактеристике	
Максимална брзина	210 km/h
Убрзање од 0-100 km/h	6,8 s
Потрошња горива	6,9 l/100 km (комбиновано)
Кочнице	Самовентилирајући дискови (напред/позад)
Управљачки механизам	Серво – електромеханички



Слика 3.2. Трансмисија возила Audi Q5 Hybrid Quattro [22]



Слика 3.3. Ентеријер возила Audi Q5 Hybrid Quattro [21]



Слика 3.4. Основне димензије возила Audi Q5 Hybrid Quattro [20]



Слика 3.5. Могућност савладавања препрека возила Audi Q5 Hybrid Quattro [22]

3.2. Произвођач Volkswagen

Volkswagen је основан 1937. године, а годину дана касније машински инжењер, Franz Xaver Reimspiess, креирао је заштитни знак, слова VW у кругу. Као пример хибридног моторног возила категорије M1G, анализиран је Volkswagen Tuareg (слика 3.6).

Volkswagen Tuareg има могућност закључавања централног диференцијала и посебно профилисаних осталих система као што су ABS, ESP, HDA и др. Концепција хибридног погона је са паралелним системом, а погонску групу чине шестоцилиндрични ОТО мотор (V6 TSI) са 246 kW и електромотор снаге 34 kW. Потрошња горива је 8,2 литра, а Tuareg се може возити и искључиво на струју и то до 52 km/h.

Ипак, хибридни погон примеренији је на асфалтном путу, са друге стране, за оне за теренску вожњу припремљен је посебан 4XMotion погон. Поред тога што ова врста погона има могућност закључавања централног и задњег диференцијала, Tuareg обезбеђује савладавање успона под углом од 45° (хибридни 4XMotion погон може савладати успон од 31°), ту долази и могућност прилагођавања возила различитим условима пута.

Односно, може се селектовати један од пет модова – On Road, Off Road, Low, Centre Differential Lock, Rear Differential Lock. Ова верзија погона обухвата и шестоцилиндрични дизел мотор (V6 TDI) са 177 kW. Од осталих доступних мотора, Volkswagen за овај тип возила има у понуди и ОТО и дизел моторе од 4,2 литара (V8 FSI/TDI) снаге 265 kW и 250 kW, односно ОТО мотор радне запредине 3,0 литара (TSI) и снаге 250 kW, као и 3,6 литара атмосферски мотор са 206 kW [23].



Слика 3.6. Volkswagen Tuareg [23]

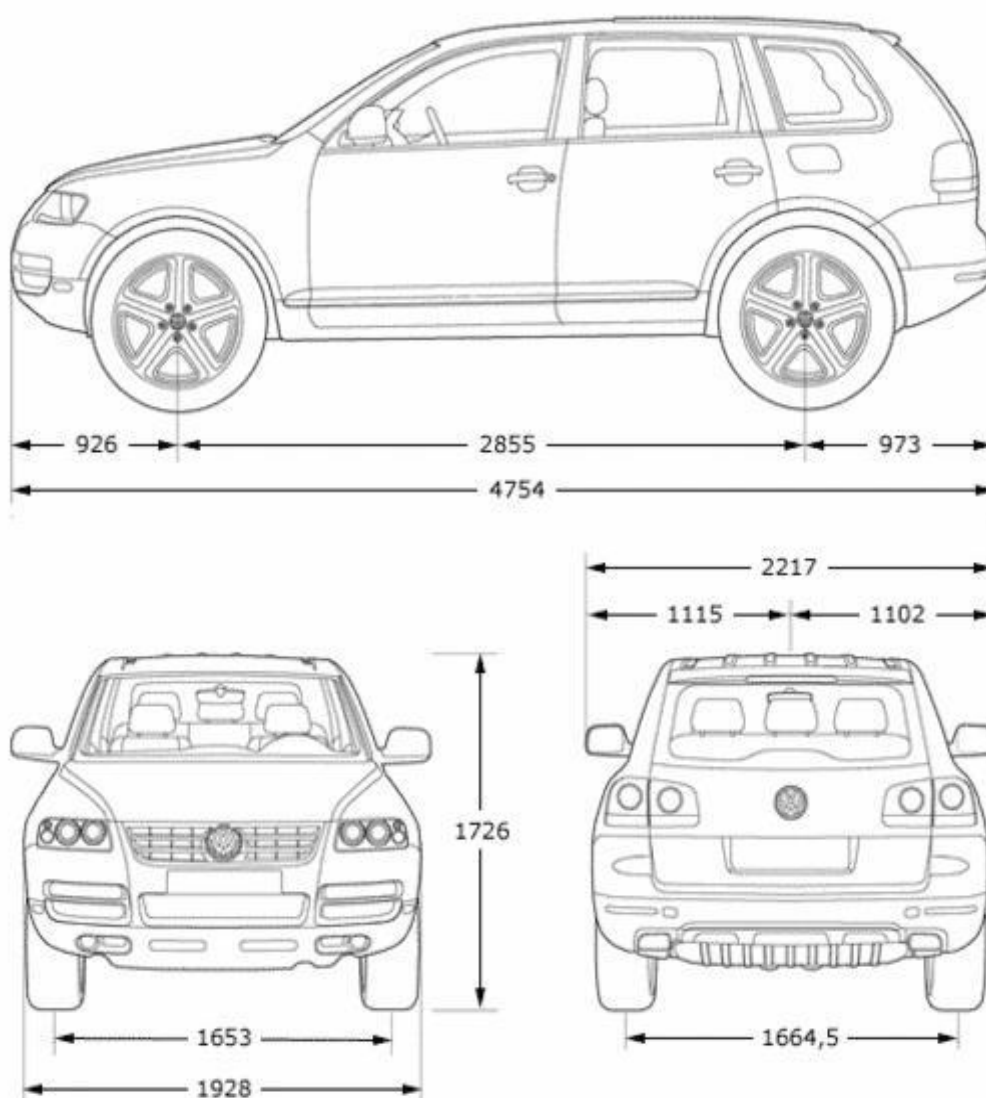
Техничке карактеристике овог возила дате су у табели 3.2, а на слици 3.7 приказан је ентеријер овог возила. Док је на слици 3.8 приказана Volkswagen Tuareg са основним димензијама, а на слици 3.9 приказана је трансмисија хибридног возила Volkswagen Tuareg.

Табела 3.2. Техничке карактеристике возила Volkswagen Tuareg [25]

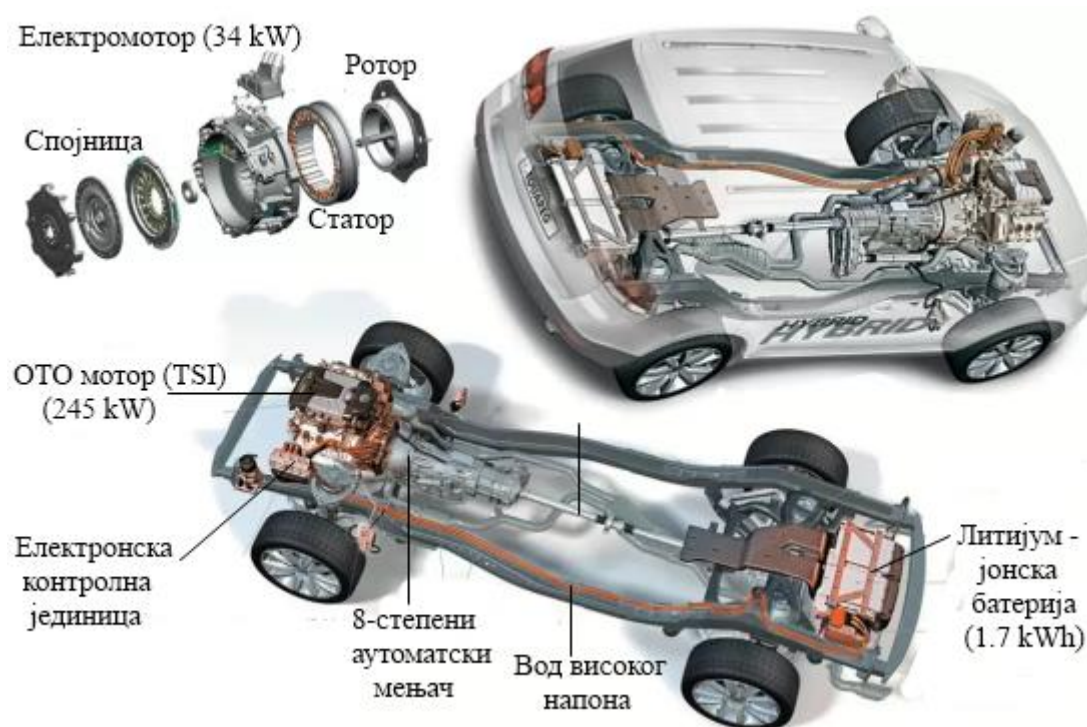
Мотор	
Тип мотора	6-цилиндарски V ото мотор са турбо пуњачем са рецикулацијом издувних гасова и два брегаста вратила у свакој глави мотора (DOCH)
Радна запремина	2995 cm ³
Максимална снага	245 kW/5500-6000 o/min
Максимални обртни момент	440 Nm/3000-5250 o/min
Степен компресије	-
Стандард:	ЕУРО 6
Пренос снаге	
Врста погона	4x4
Спојница	Дволамеласти спојница са хидрауличном активацијом и облогама без азбеста и олова
Врста мењача	8-степени аутоматски мењач
Електромотор/батерије	
Електромотор	34 kW/1500-5250 o/min
Батерије	Литијум – јонска батерија 1,7 kWh
Остале карактеристике електромотора	Електромотор има и функцију генератора
Димензије	
Дужина	4754 mm
Ширина	2217 mm
Висина	1726 mm
Међуосовинско растојање	2855 mm
Остале карактеристике	
Максимална брзина	240 km/h
Убрзање од 0-100 km/h	5,8 s
Потрошња горива	8,2 l/100 km (комбиновано)
Кочнице	Самовентилирајући дискови (напред/позад)
Управљачки механизам	Серво – електромеханички



Слика 3.7. Ентеријер возила Volkswagen Tuareg Hybrid [23]



Слика 3.8. Основне димензије возила Volkswagen Tuareg [25]



Слика 3.9. Трансмисија хибридног возила Volkswagen Tuareg [24]

3.3. Произвођач Mercedes-Benz

Mercedes-Benz је немачки произвођач углавном луксузних аутомобила. Првобитни назив предузећа био је Daimler Benz, данас је уобичајено да се користи само Mercedes. Почети предузећа сежу у осамдесете године XIX века, када су Gotlib Daimler и Carl Benz независно изумели аутомобиле покретане моторима СУС.

Mercedes-Benz данас производи модерна луксузна возила, између осталог и теренска возила са хибридни погон, једно од тих возила је и модел MB ML450 Hybrid (слика 3.10). MB ML450 Hybrid поседује паралелни хибридни погон који омогућава кретањ возила помоћу мотора СУС, електромотора или комбиновано. Хибридни погон је развијан у сарадњи са Daimler AG, BMW групом, General Motors - ом и Chrysler – ом.

Погонски агрегати MB ML450 Hybrid заједно могу да развију 247 kW и 517 Nm које на погонске тачке преноси преко интегралног 4Matic погона. Хибридни погон се састоји од ОТО V6 мотора (3,5 литара и 205 kW/350 Nm, по Аткинсоновом циклусу), два електромотора, система планетарних зупчаника и четири спојнице, који омогућавају разне комбинације погона. Електромотори су веома компактни и у потпуности су интегрисани са кућиштем мењача. Због ограниченог простора за електромоторе, мотори су потпуно различитих перформанси – први производи 62 kW/235 Nm и он је тако пројектован да омогућава побољшање перформанси возила. Други електромотор производи 60 kW/260 Nm и пројектован је тако да се користи приликом покретања и почетног убрзања возила. Батерије у којима се чува електрична енергија за погон електро мотора су никл-метал батерије, са укупном масом од 90 kg и

капацитета 45 kW [26]. У табели 3.3 дати су технички подаци за возило MB ML450 Hybrid, а на слици 3.11 приказан је ентеријер возила MB ML450 Hybrid. На слици 3.12 приказано MB ML450 Hybrid возило са основним димензијама, док је на слици 3.13 приказана је трансмисија возила истог возила.



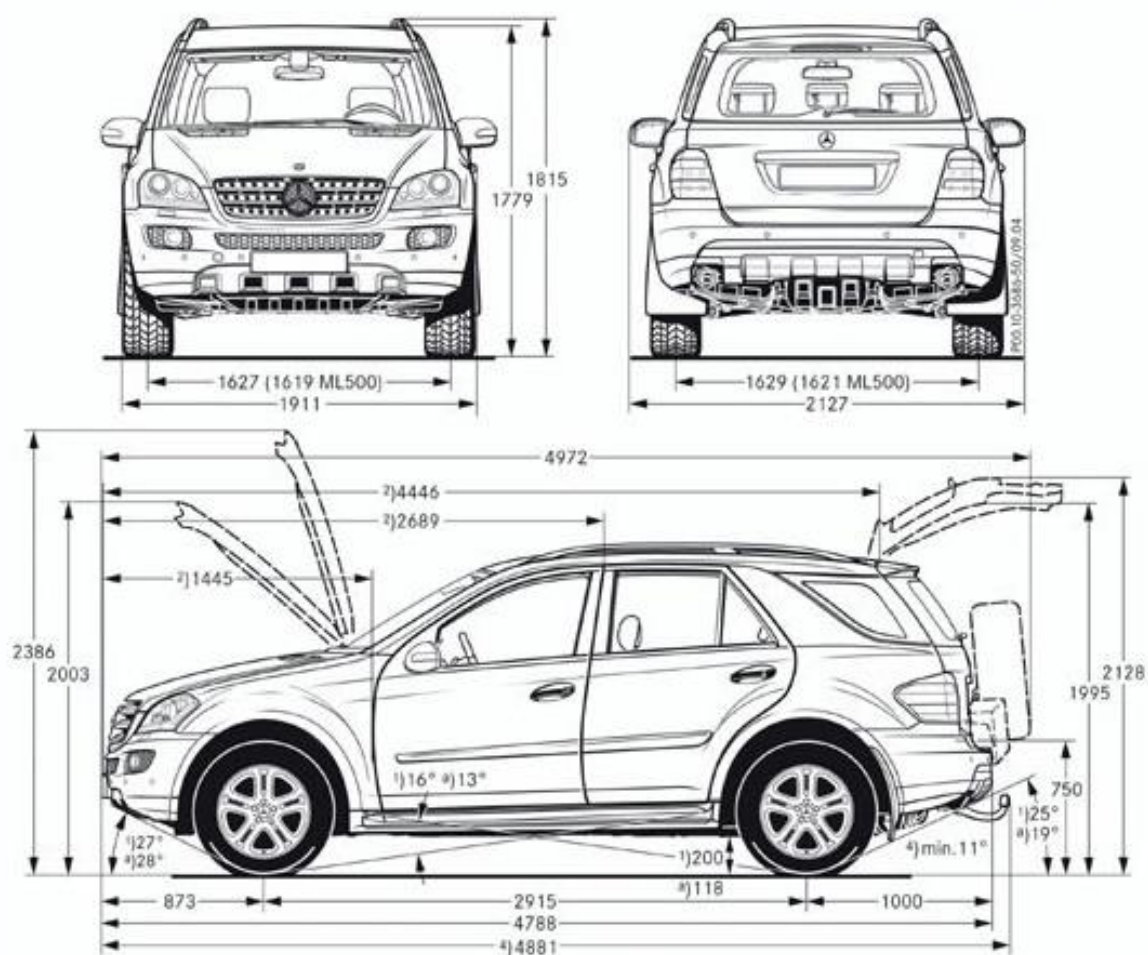
Слика 3.10. Mercedes ML 450 Hybrid [26]

Табела 3.3. Техничке карактеристике возила Mercedes ML 450 [27]

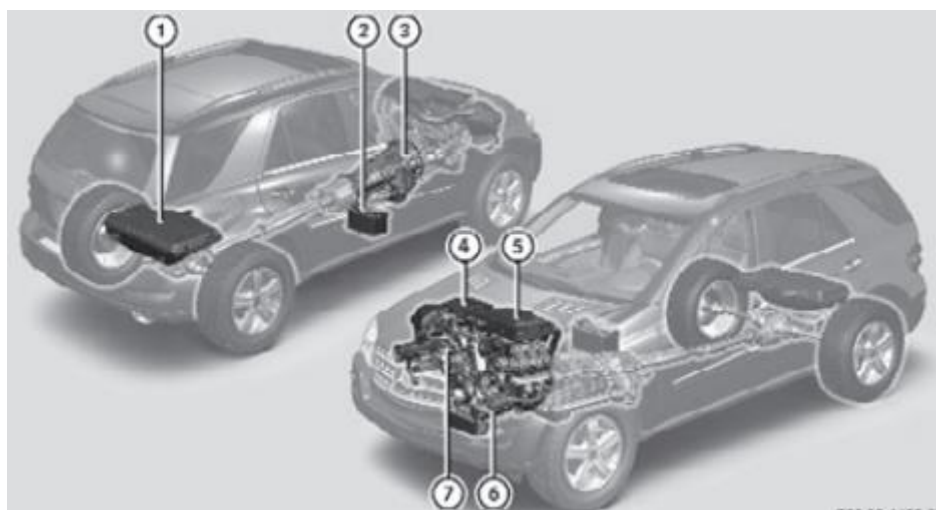
Мотор	
Тип мотора	6-цилиндарски V ото мотор са турбо пуњачем са рецикулацијом издувних гасова и два брегаста вратила у свакој глави мотора (DOCH)
Радна запремина	3495 cm ³
Максимална снага	205 kW/6000 o/min
Максимални обртни момент	440 Nm/3000-5500 o/min
Степен компресије	11,5:1
Стандард:	ЕУРО 6
Пренос снаге	
Врста погона	4x4
Спојница	Дволамеласти спојница са хидрауличном активацијом и облогама без азбеста и олова
Врста мењача	8-степен аутоматски мењач
Електромотор/батерије	
Електромотор	EM1 62 kW/235 Nm EM2 60 kW/260 Nm
Батерије	Никл-Метал – NiMH (288V/45 kW)
Остале карактеристике електромотора	Електромотор има и функцију генератора
Димензије	
Дужина	4754 mm
Ширина	2217 mm
Висина	1726 mm
Међуосовинско растојање	2855 mm
Остале карактеристике	
Максимална брзина	210 km/h
Убрзање од 0-100 km/h	8,07 s
Потрошња горива	4,2-8,2 l/100 km
Кочнице	ESP, ABS и BAS Самовентилирајући дискови (напред/позад)
Управљачки механизам	Серво – електромеханички



Слика 3.11. Ентеријер возила Mercedes ML 450 Hybrid [26]



Слика 3.12. Основне димензије возила Mercedes ML 450 [27]



Слика 3.13. Трансмисија хибридног возила Mercedes ML 450: 1. никл-Метал (NiMH) батерија, 2. 12 V батерија, 3. 6-степенни аутоматски мењач, 4. трансформатор високог напона, 5. електронска контролна јединица, 6. електрични компресор климе, 7. ОТО мотор (205 kW) [27]

3.4. Произвођач BMW

Савремени модел теренског возила произвођача BMW јесте модел X5 са хибридним погоном из 2015. године. Пун назив возила је BMW X5 xDrive40e (слика 3.14), а покрећу га ОТО мотор снаге 180 kW и електромотор снаге 83 kW, односно укупна комбинована снага је 230 kW/450 Nm, BMW X5 xDrive40e је Plug-In паралелни хибрид.

За пренос снаге за погон 4x4 користи се је 7-степенни аутоматски Steptronic мењач, а укупна тежина возила износи 2230 kg. Аутомобил је могуће возити и само на електропогон, а у електро моду могуће је прећи до 31 km пре него што се испразне батерије и укључи бензински мотор. BMW тврди да уз асистенцију електромотора хибрид X5 спушта потрошњу на 3,4 l / 100 km, док је емисија угљен-диоксида 78 g/km [28] [29].



Слика 3.14. BMW X5 xDrive40e [28] [30]

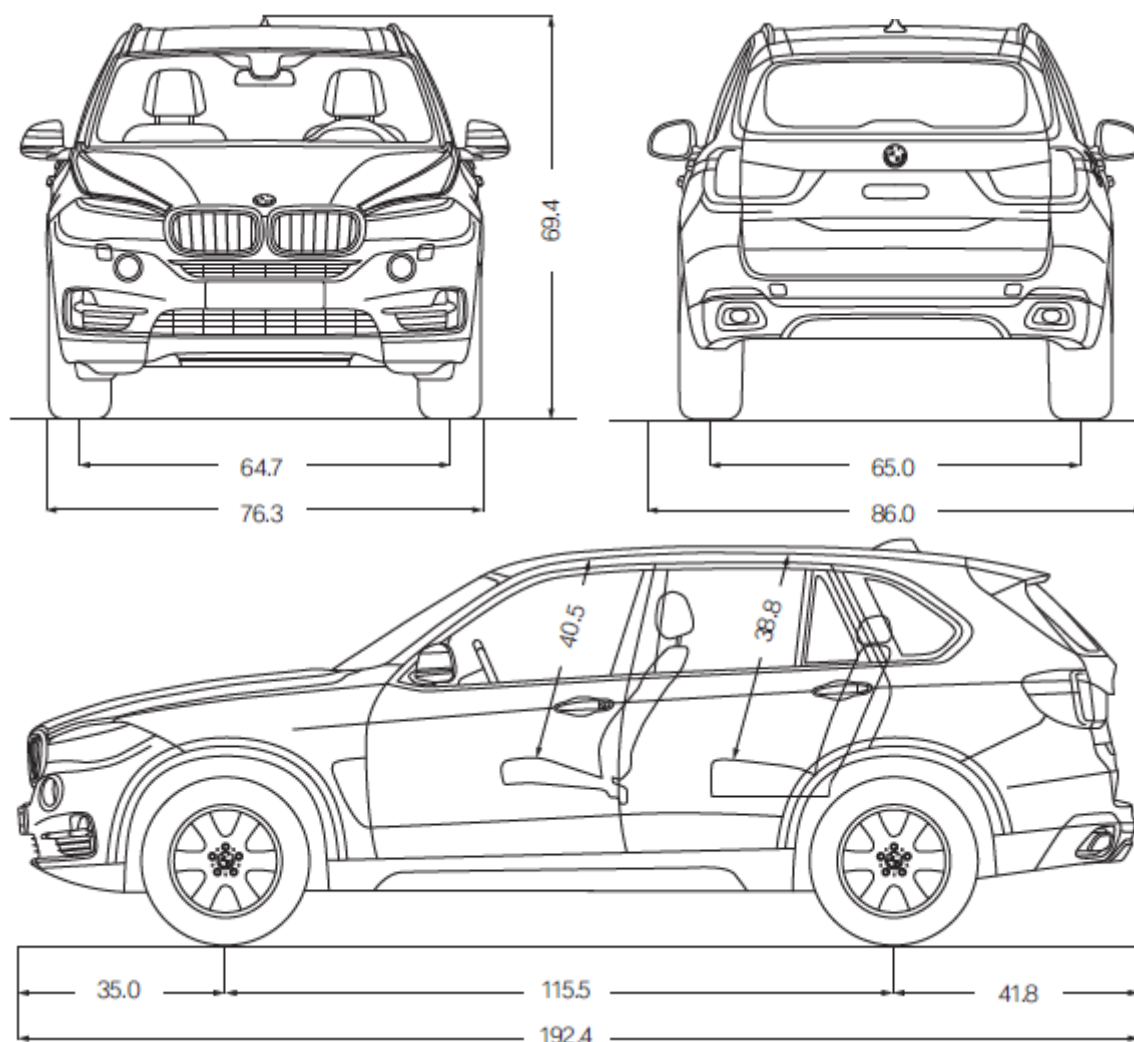
BMW X5 xDrive40e може савладати успон од 25° и водену препреку од 500 mm. BMW X5 xDrive40e производи се у производном погону BMW – а у Спартанбургу - САД, где се већ производе стандардни X5, X3, X4 и X6. У табел 3.4 дате су техничке карактеристике возила BMW X5 xDrive40e, док је на слици 3.15 приказан ентеријер возила. Такође, на слици 3.16, приказано је возило са основним димензијама, односно трансмисија возила BMW X5 xDrive40e на слици 3.17.

Табела 3.4. Техничке карактеристике возила BMW X5 xDrive40e [29] [30] [31]

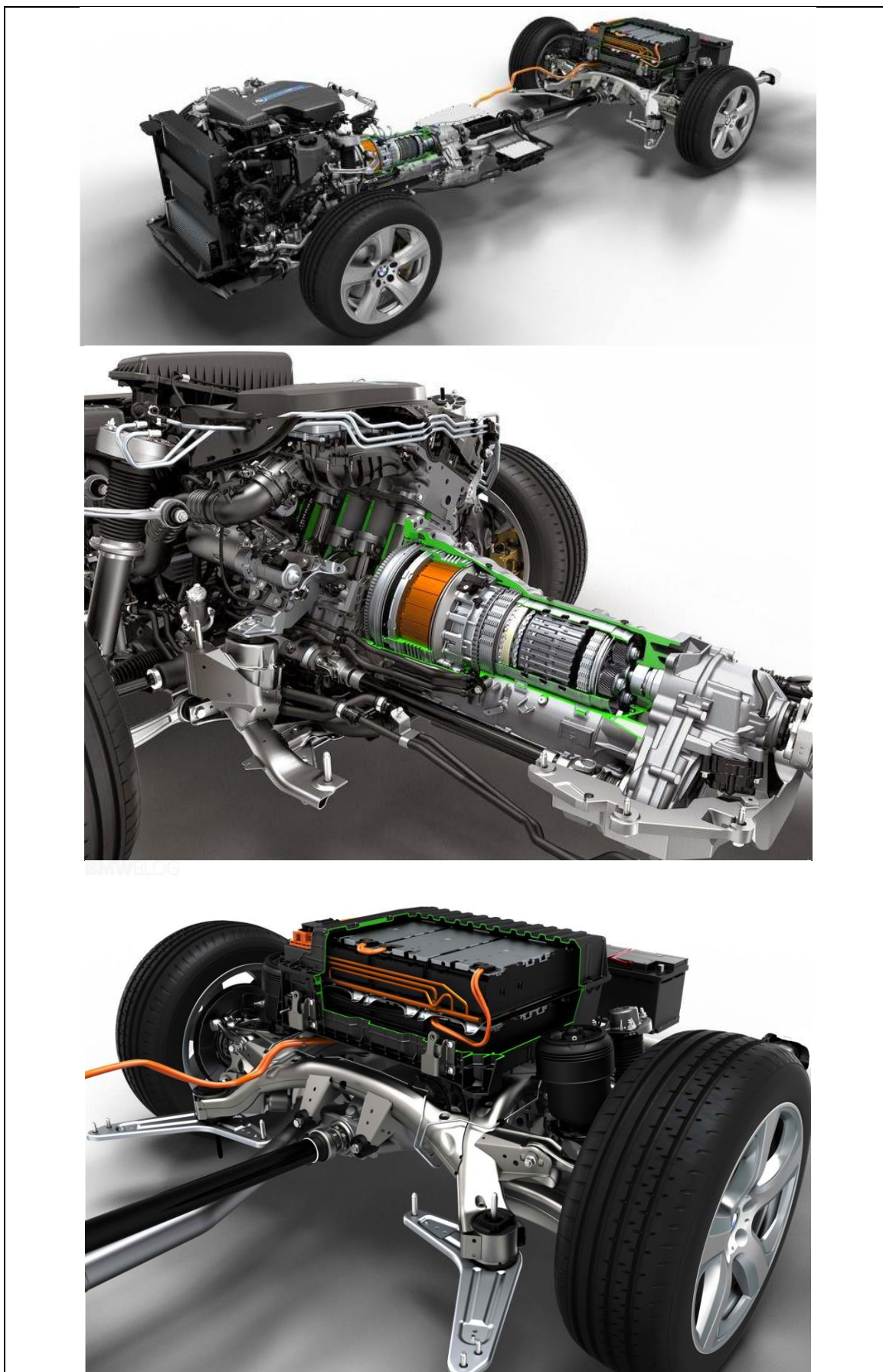
Мотор	
Тип мотора	4-цилиндарски линијски ОТО мотор са турбо пуњењем, два брегаста вратила у глави мотора (DOCH) и убризгавање са променљивом регулацијом вентила (VALVETRONIC)
Радна запремина	1997 cm ³
Максимална снага	180 kW/5000-6500 o/min
Максимални обртни момент	350 Nm/1250-4800 o/min
Степен компресије	10:1
Стандард:	ЕУРО 6
Пренос снаге	
Врста погона	4x4
Спојница	Дволамеласта спојница са хидрауличном активацијом
Врста мењача	BMW Steptronic 8-степени аутоматски мењач
Електромотор/батерије	
Електромотор	83 kW/253 Nm (5000 o/min)
Батерије	Никл-Метал – NiMH (9 kWh/351 V)
Остале карактеристике електромотора	Електромотор има и функцију генератора
Димензије	
Дужина	4887 mm
Ширина	2185 mm
Висина	1763 mm
Међуосовинско растојање	2934 mm
Остале карактеристике	
Максимална брзина	210 km/h
Убрзање од 0-100 km/h	6,8 s
Потрошња горива	3,4 l/100 km
Кочнице	DSC, DTC, DBC, CBC, ESP, ABS, HDC и BAS Самовентилирајући дискови (напред/позад)
Управљачки механизам	Серво – електромеханички



Слика 3.15. Ентеријер возила BMW X5 xDrive40e [28]



Слика 3.16. Основне димензије возила BMW X5 xDrive40e у инчима (1 in= 25,4mm) [29]



Слика 3.17. Трансмисија возила BMW X5 xDrive40e [31]

4. Тржиште за које је возило намењено и законска регулатива коју возило категорије M1G/AF треба да испуни

Пре саме производње неопходно је знати и познавати тржиште за које је намењено будуће возило. Тачније речено мора се проучити законска регулатива, закони и стандарди који се односе на земљу где ће возило бити продавано.

Возила на хибридни погон у погледу безбедности треба да обезбеде висок ниво, како активне, тако и пасивне безбедности. Такође, неопходно је обезбедити техничку исправност возила и могућност адекватног реаговања у критичним ситуацијама, односно лако управљање и кочење возила. Стандарди и прописи биће посматрани за Србију и земље чланице Европске уније.

4.1. Извод из правилника о подели моторних возила

Осим стандардима сва друмска возила подлежу правилима која се тичу закона о безбедности саобраћаја. У Републици Србији на основу закона о безбедности саобраћаја члан 7. став 2., члан 121. став 5. и 131. став 6.. Закона о безбедности саобраћаја на путевима Републике Србије, донет је „ПРАВИЛНИКОМ О ПОДЕЛИ МОТОРНИХ И ПРИКЉУЧНИХ ВОЗИЛА И ТЕХНИЧКИМ УСЛОВИМА ЗА ВОЗИЛА У САОБРАЋАЈУ НА ПУТЕВИМА“.

У овом поглављу рада биће изложене опште одредбе и одредбе које се односе на возило M1 (M1G/AF) [13]:

Члан 7.

Врста М — моторно возило јесте возило које је пројектовано и конструисано првенствено за превоз лица и њиховог пртљага.

Врста M1 — путничко возило јесте возило врсте М које има највише девет седишта укључујући и седиште за возача, без места за стајање.

Члан 11.

Према облику каросерије, возила врсте М, N и O, се разврставају на:

1) путничка возила (M1) чији је облик каросерије дефинисан стандардом SRPS ISO3833:2005, јесте:

(6) AF вишенаменско возило – јесте моторно возило које не одговара осталим облицима каросерије путничких возила M1 и намењено за превоз путника и њиховог пртљага односно терета у истом простору.

Члан 16.

Теренска возила су возила Врста М и N Која су оспособљена за кретање комби пута сам задовољавају захтеве одговарајућег прописа. Ознаке М и N могу бити комбиноване са ознаком G, односно, возило врсте N1 које је намењено за теренску употребу

означава се са N1G. Ознака возила G је допунска користи се искључиво уз ознаке возила M или N.

Члан 17.

(1) Највећа дозвољена дужина возила, износи:

1. за моторно возило, осим аутобуса и возила врсте L – 12,00 m;

(5) Највећи дозвољени препуст може износити највише 63% укупног размака осовина.

(6) Највећа дозвољена толеранција у дужини возила износи 0,5% од прописаних вредности.

Члан 18.

(1) Највећа дозвољена ширина возила износи 2,55 m,

Члан 19.

(1) Највећа дозвољена висина возила износи - 4,0 m, осим возила врсте L, за које највећа дозвољена висина износи - 2,5 m.

(2) Клиренс возила мора омогућавати да возило оптерећено до највеће дозвољене масе може да пређе препреку висине 10 cm.

Члан 41.

Кочни коефицијент означава процентуални однос успорења возила и убрзања земљине теже. За потребе овог правилника усваја се да убрзање земљине теже износи 10 m/s^2 . Кочни коефицијент возила израчунава се као однос збира свих сила остварених током мерења на уређају за мерење кочних сила и укупне масе возила помножене са 10 m/s^2 а изражава се у процентима. Прописане најмање вредности кочног коефицијента, које су наведене у табели 4.1, морају се остварити при дејству силе на команду кочног система која не сме прећи прописану силу активирања дату у истој табели.

Табела 4.1. [13]

ВРСТА ВОЗИЛА	РАДНО КОЧЕЊЕ			ПОМОЋНО КОЧЕЊЕ*		
	Кочни коефицијент	Сила активирања		Кочни коефицијент	Сила активирања	
		Ножно активирање	Ручно активирање		Ножно активирање	Ручно активирање
		$K_r \geq [\%]$	$F \leq [\text{daN}]$		$K_p \geq [\%]$	$F \leq [\text{daN}]$
M1	50	50	-	20	50	40

* Вредности за "ПОМОЋНО КОЧЕЊЕ" у табели 3.1 дате су за случај када је помоћно кочење изведено као посебан систем.

4.2. SRPS Стандарди

Преглед стандарда дат је табелом 4.2, који се односе на друмска возила.

Табела 4.2. SRPS стандарди [14]

Ознака SRPS	Назив
SRPS ISO 1585 (en)	Друмска возила — Испитивање мотора — Нето снага
SRPS ISO 2534 (en)	Друмска возила — Испитивање мотора — Бруто снага
SRPS ISO 2575 (en)	Друмска возила — Символи за команде, индикаторе и светлосне показиваче
SRPS ISO 2697 (en)	Дизел-мотори — Бризгаљке за гориво — Величина „S”
SRPS ISO 2974 (en)	Дизел-мотори — Унутрашњи конус од 60° за компоненте за убризгавање горива под високим притиском
SRPS ISO 3006 (en)	Друмска возила — Точкови путничког аутомобила за употребу на путевима — Методе испитивања
SRPS ISO 3208 (en)	Друмска возила — Мерење и испитивање истурених делова у унутрашњости путничких возила
SRPS ISO 3560 (en)	Друмска возила — Процедура испитивања чеоног судара са непокретном препреком или стубом
SRPS ISO 3553-1 (en)	Друмска возила — Високонапонски прикључак за индук-ционе калемове (бобине) и разводнике паљења — Део 1: Тип са утичницом
SRPS ISO 3832 (en)	Путнички аутомобили — Пртљажни простор — Метода мерења референтне запремине
SRPS ISO 3842 (en)	Друмска возила — Седла за полуприколице — Заменљивост
SRPS ISO 3888-1 (en)	Друмска возила — Испитна стаза за таневар нагле промене коловозне траке — Део 1: Двострука промена коловозне траке
SRPS ISO 3911 (en)	Точкови и наплати за пнеуматике — Речник, означавање и обележавање
SRPS ISO 3984 (en)	Друмска возила — Процедура испитивања судара са покретном препреком са задње стране
SRPS ISO 4010 (en)	Дизел-мотори — Калибрациона бризгаљка са продором игле
SRPS ISO 4024 (en)	Друмска возила — Индукциони калемови (бобине) — Ниско-напонски кабловски прикључци
SRPS ISO 4038 (en)	Друмска возила — Хидраулични кочни системи — Цеви са једним прикључком, навојне рупе, навојни прикључци и прикључци за крајеве црева

4.3. ЕСЕ Правилник

ЕСЕ правилник се доноси на основу међународног споразума о усвајању једнообразних техничких прописа за возила са точковима, као и опрема и делови који могу бити уграђени и/или коришћени на возилима и услова за узајамно признавање хомологације. Р. Србија се обавезала да ће спроводити хомологацију моторних возила и њихове опреме и делова у складу са правилницима које доноси UNECE и признавати хомологације које су донете на основу ЕСЕ правилника, а извршиле овлашћене лабораторије других земаља.

Хомологација опреме и делова возила, односно моторних возила, представља поступак оцењивања, односно потврђивања да ли је одређено возило у целини или неки његов део или опрема, одговарају захтевима ЕСЕ правилника. Под хомологацијом возила, односно делова и опреме испитују се потврђују урђаји захтеви битни за безбедност возила у целини, као и делови од којих зависи еколошки спект возила. Овде су уврстани делови за активну и пасивну безбедност возила, као и еколошки квалитет возила и сл.

Извођење хомологације врше посебне лабораторије које поседују одговарајућу опрему и обучени стручни кадар који су способни да спроведу, често и врло сложена испитивања која су предвиђена ЕСЕ правилницима. У нашој земљи овлашћивање лабораторија за хомологациона испитивања врши завод за стандардизацију. То овлашћивање се врши по посебној процедури по којој се проверава да ли конкретна лабораторија може да врши хомологациона испитивања.

Даље ће у табели 4.3 бити приказани ЕСЕ регулативе које су важне за произвођаче аутомобила (дуготрајност возила за категорију М1), с тим да поред ових регулатива возило мора испунити захтеве који важе за сва друга путничка возила.

Табела 4.3. Дуготрајност возила (хомологација комерцијалних возила у Србији) [6]

Категорија возила	Услов
N ₁ , M ₁ > 3,5 [t] и M ₂	100.000 [km] или 5 година

Контрола саобразности типа возила и документације обавља се у лабораторији за хомологациона испитивања. Уз репрезенте типа возила (према облику каросерије у оквиру типа при првој контроли саобразности) неопходне су и одговарајуће потврде о саобразности (COC – Certificate Of Conformity) како је предвиђено на основу достављене хомологационе документације (табела 4.4).

Табела 4.4. Информативни преглед ЕСЕ правилника донетих на основу међународног споразума о хомологацији који се примењује у Р. Србији за категорију М1 и/или М1G [15]

Прав. бр. ЕСЕ R	Скраћени назив ЕСЕ	Области примене	Место за хомологациону ознаку	Напомене
3/02	Катадиоптери	Уређеји за свекатегорије возила	На катадиоптеру	
4/00	Светла регистарске таблице	Уређаји за М, N, O, T	На уређају	
6/01	Показивачи правца	Уређаји за L, M, N, O, T	На уређају	
7/02	Позициона, стоп и габаритна светла	Уређаји за L, M, N, O, T	На уређају	
10/04	Електромагнетна компатибилност возила	L, M, N, O,	На хомологационој таблици	
11/03	Чвстроћа брава и шарки	M ₁ , N ₁	На хомологационој таблици	

13-H/00	Кочење	M ₁ ,N ₁	На хомологационој табели	
14/07	Прикључци сигурносних појасева	M,N	На хомологационој табели	Са изузетком M ₂ ,M ₃ класе I,II или A
16/06	Уградња сигурносних појасева	L ₂ , L ₄ , L ₅ , L ₆ , L ₇ , M, N, O, T	На хомологационој табели	Са изузетком M ₂ ,M ₃ класе I,II или A
17/08	Чврстоћа седишта и прикључака	M ₁ ,N ₁	На хомологационој табели	M ₂ и M ₃ класе II,III и B ако нису обухваћени са ECE R.80/01
19/04	Предња светла за маглу	Уређаји за L ₃ , L ₄ , L ₅ , L ₇ , M, N, T	На уређају	Ако су уграђена
21/01	Унутрашња опремљеност возила	M ₁	На хомологационој табели	
23/00	Светла за вожњу уназад	Уређаји за M,N,O,T	На уређају	
	Светла за вожњу при маневрисању	Уређаји за M,N,	На уређају	
24/03	Домност мотора са Дизел моторима	L, M, N,	На хомологационој табели	
25/04	Наслони за главу	Опрема	На наслоњу за главу	
26/03	Истуреност спољашњих делова	M ₁	На хомологационој табели	
28/00	Уградња звучних уређаја	L ₃ , L ₄ , L ₅ , M, N	На хомологационој табели	
30/02	Пнеуматици за путничка возила и њихове приколице	Опрема за Уређаји за M ₁ , N ₁ , O ₁ , O ₂	На пнеуматику	
35/00	Распоред ножних команди	M ₁	На хомологационој табели	
37/03	Сијалице са ужареним влакнима	Опрема за све категорије возила	На сијалици	
38/00	Задња светла за маглу	Уређаји за L ₃ , L ₄ , L ₅ , L ₇ , M, N, O, T	На уређају	Ако су уграђена
39/00	Брзиномер	L ₁ , L ₂ , L ₃ , L ₄ , L ₅ , M, N	На хомологационој табели	
43/01	Сигурносна стакла	L, M, N, O, T	На стаклу	L са каросеријом
	Уградња сигурносних стакала	M, N, O	На хомологационој табели	

48/06	Уградња светлосних и светлосно сигналних уређаја	M, N, O	На хомологационој табlici	
49/06	Аерозагађење: возила са Дизел мотором и ОТО мотором са ТНГ или КПП	M, N	На хомологационој табlici	M ₁ , M ₂ , N ₁ и N ₂ референтне масе > 2,610 kg
51/02	Бука моторних возила	M, N	На хомологационој табlici	Возила са ≥ 4
55/02	Уградња вучних уређаја	M, N, O	На хомологационој табlici	Ако су уграђени
58/02	Заштита од подлетања са задње стране под возило и уградња	M, N, O	На хомологационој табlici	
67/01	ТНГ возила	M, N	На хомологационој табlici	
68/00	Мерење максималне брзине возила	M ₁ , N ₁	На хомологационој табlici	
69/01	Обележавање спорих возила и њихових приколица	Опрема за M, N, O, T	На опреми	< 40 km/h
83/06	Аерозагађење возила – зависно од возила	M ₁ , M ₂ , N ₁ и N ₂	На хомологационој табlici	референтне масе > 2,610 kg
84/06	Мерење потрошње горива	M ₁ , N ₁	На хомологационој табlici	N ₁ чија је највећа укупна маса < 2t или ECE R.101
85/05	Мерење снаге мотора	Мотори за M и N	На хомологационој табlici	
98/01	Фарови са гасним извором светлости	Уређаји за M, N и L ₃	На опреми	или ECE R.112
99/00	Сијалице са гасним извором светлости	Опрема за све категорије возила M, N и L ₃	На сијалици	
101/01	Мерење потрошње горива и CO ₂	M ₁ , N ₁	На хомологационој табlici	или ECE R.84
110/01	КПП возила	M, N	На хомологационој табlici	
112/01	Фарови са сијалицама	Уређаји за L, M, N и T	На фару	или ECE R.98
116/00	Заштита од неовлашћене употребе	M ₁ , N ₁	На хомолог. табlici	

4.4. ЕЕС Директиве

ЕЕС директиве о производима су на снази у земљама Европске Уније, које се односе на различите аспекте квалитета производа. Редни бројеви директива које се односе на производе аутомобилске индустрије. ЕЕС директиве које се односе на возила, њихове делове и опрему углавном одговарају са ЕСЕ прописима, мада су захтеви које постављају ЕЕС директиве често су и строжији него захтеви ЕСЕ прописа.

У земљама Европске Уније хомологација возила, делова и опреме возила врши се на основу ЕЕС директива, онда се при увозу таквих возила у нашу земљу врши провера саобразности и у односу на ЕЕС директиве, наше законодавство их третира равноправно са ЕСЕ прописима. Производи или возила који су хомологовани на бази ЕЕС директива носе на себи ознаку у облику правоугаоника у коме је уписано слово (Е), и број земље у којој је хомологација извршена. Поступак провере саобразности возила која су хомологована према ЕЕС директивама не разликује се од поступака који се примењује при провери саобразности возила која су хомологована према ЕСЕ правилницима.

Посебан тип ЕЕС директиве је директива хомологацији типа возила. Када возило поседује документацију да је извршена хомологација типа возила, онда је процес провере саобразности знатно поједностављен, пошто та директива значи да возило задовољава захтеве свих осталих ЕЕС директива, односно ЕСЕ прописа, на бази којих се добија хомологација возила. У табели 4.5 су дате директиве које је потребно да испуни један аутомобил.

Табела 4.5. ЕЕС директиве за путнички ауто [14]

Редни број	Скраћени назив ЕЕС директиве	ЕЕС директива	Област примене
1	2	4	5
1	Хомологација типа моторних возила и њихових	70/156; 78/315; 78/547; 80/1267; 87/358; 87/403; 92/53 (rev); 93/81; 95/54; 96/27; 96/79; 97/27; 98/14; 98/91	Возила категорије М1
2	Резервоар за гориво и задњи заштитни уређај моторних возила и њихових приколица	70/221; 79/490; 81/333; 97/19; 2000/8	Возила категорија М, N и О
3	Простор за монтажу задње регистарске таблице на возилима	70/222	Возила категорија М, N и О
4	Идентификационе таблице произвођача	76/114; 78/507; 87/354	Возила категорија М, N и О
5	Уређај за тегљење	77/389; 96/64	Возила категор. М и N

6	Видно поље возача моторних возила	77/649; 81/643; 88/366; 90/630	Возила категорије M1
7	Контролни уређај, сигнализатор, индикатори и њихови симболи	78/316; 93/91; 94/53	Возила категорија M и N
8	Уређај за одмрзавање и одмагљивање ветробрана	78/317	Возила категорије M1
9	Уређај за прање и брисање ветробрана	78/318; 94/68	Возила категорије M1
10	Грејање кабине моторних возила	78/548	Возила категорије M1
11	Блатобрани	78/549; 94/78	Возила категорије M1
13	Дубина газећег слоја на пнеуматикама неких категорија моторних возила	89/459	
15	Масе и димензије возила категорије M1 - за WVTa	92/21; 95/48	Возила категорије M1
24	Заштита од пожара	95/28	Возила категорије M3
26	Путна испитивања возила и њихових приколица	96/96 77/143; 88/449; 91/225; 91/328; 92/54 (кочнице); 92/55 (емисије); 94/23 (кочнице); 1999/52	
31	Документа о регистрацији возила	1999/37	

Европске норме које се односе на емисију издувних гасова дате су табелом 4.6.

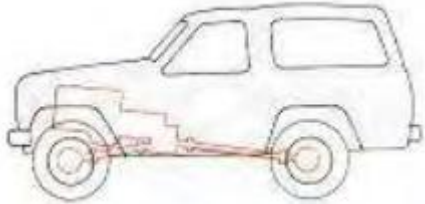
Табела 4.6. Европске норме о емисији издувних гасова код ото мотора [8]

	Датум	CO	HC	HC+NOx	NOx	PM
ЕУРО 1	1992.07	2,72 (3,16)	-	0,97 (1,13)	-	-
ЕУРО 2	1996.01	2,2	-	0,5	-	-
ЕУРО 3	2000.01	2,30	0,20	-	0,15	-
ЕУРО 4	2005.01	1,0	0,10	-	0,008	-
ЕУРО 5	2009.09	1,0	0,10 ^c	-	0,06	0,005
ЕУРО 6	2014.09	1,0	0,10 ^c	-	0,06	0,005

5. Усвајање концепције за возило M1G/AF

При пројектовању возила, никада се не почиње од “белог папира“. Тако да се увек се посматра шта раде други произвођачи по питању одређене категорије возила, односно аутомобилске компаније. Идејни пројекат путничких моторних возила – M1G/AF ће се радити на основу анализираних модела из поглавља 2. На основу тога модела, табелом 5.1 су дати полазни подаци о возилу које ће се пројектовати.

Табела 5.1. Полазни подаци пројектног возила

Носећа структура	Самоносећа каросерија
Концепција	Мотор смештен напред, погон на сва 4 точка 
Мотор	ОТО или Дизел мотор снаге до 200 kW и електромотор снаге до 50 kW
Трансмисија	6-степени или 8-степени аутоматски мењач, разматрање могућности уградње и CVT мењача (континуално вариабилни пренос)
Спојница	Спојница која је унифицирана са мењачким преносником
Управљач	Електрични сервоуправљач
Кочнице	Регулациони системи попут ABS и ESP Диск кочнице се налазе на свим точковима – самовентилирајући дискови
Систем еластичног ослањања	McPherson – напред, Multilink или ваздушно ослањање – позади
Наплатци и пнеуматици	Алуминијумски наплатци Број точкова 4+1 Пнеуматици: 255/45 R 20
Дужина возила	до 4700 mm
Капацитет путника	5

Усвојена је самоносећа конструкција из тог разлога што се уз мању масу обезбеђује већа крутост. Такође, и сама маса возила утиче на потрошњу горива и тежи се да се прави што лакше возило. Поред тога што има мању масу, тежа је и скупља за производњу, као и проблем пригушивања буке и вибрација које се преносе од нееластичних ослоњених маса. Како би се смањила цена коштања саме израде постиже се на тај начин што се производи у великим серијама. Што се тиче вибрација, она се елиминише применом изолирајућих средстава у елементима за везу нееластичних ослоњених маса и каросерије.

Мотор је смештен напред, а обе осовине су погонске. Предности овакве одабране концепције је [1]:

- боља управљивост на влажним и клизавим путевима,
- боље понашање возила у кривинама,
- без израженог подуправљања и надуправљања.

Недостаци [1]:

- смањење унутрашњег простора,
- већа маса,
- компликованија израда,
- већи губици услед трења,
- већа цена и потрошња горива.

Пошто је пројектним задатком задато да возило има хибридни погон, усваја се возило које има комбинацију ОТО и електромотора, односно дизел мотора и електромотора.

Усвојена је аутоматска трансмисија из тог разлога што возачу омогућује далеко већу удобност, односно опуштенију вожњу без „замарања“ сталне промене степена преноса. Такође, и вожња у оваквим аутомобилима је сигурнија. Поред тога јако је компликована за израду, јер не обухвата само механичке системе, већ и хидрауличке системе, електричне системе и компјутерске управљачке јединице, који раде заједно у савршеној хармонији, што у једном класичном механичком мењачу готово је немогуће постићи. Постоји могућност уградње и CVT мењача као још једна верзија при избору теренског возила.

Биће уграђен електрични сервоуправљач. Возачу треба омогућити управљање без замарања, јер вожња по некад може бити јако напорна и дуга.

Од кочиониг система и извршних елемената се очекује да возило на што краћем путо буде заустављено, а притом и безбедно. На овов возилу биће уграђене диск кочнице, а не добош из тог разлога што [1]:

- стабилност момента кочења која је исказана повољном карактеристиком у погледу мале осетљивости напромене коефицијента трења у широком подручју промене температуре, односно мала осетљивост на топлотна оптерећења,
- мала осетљивост на воду и друге загађујуће утицаје из околине и атмосфере,
- мала маса па и мањи утицај на понашање возила на путу. Ово је значајно због тенденције коришћења малих точкова у које се диск кочнице својим габаритима уклапају,
- једноставније одржавање, лак увид у стање похабаности плочица са фрикционим материјалом и једноставна и брза замена ових елемената.
- мањи утицај на загревање пнеуматика,
- подједнака расподела притиска на целој тарној површини облога кочница, одакле правилно хабање и не тако често подешавање,

- велика површина хлађења, а тиме и боље одвођење топлоте јер се диск окреће у слободном ваздуху,
- одсуство деформације: радијална дилатација не утиче на деформацију плоче диска; што се тиче ширења по дебљини, оно утиче на приближавање фрикционих површина, а не на њихово раздвајање као што је то случај код добош коцница,
- исто кочење у оба смера кретања,
- мали зазор омогућује брзо дејство кочнице, ефекат предкочења умањен и
- недостатак ефекта самокочења који може да наступи код добош коцнице.

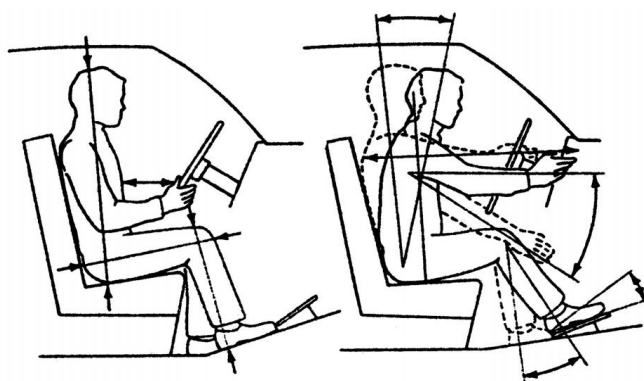
Mc Pherson представља комбинацију ојачаног телескопског амортизера и спиралне опруге, који потпуно задовољава захтеве који се постављају пред управљачке точкове. Биће примењен овај систем еластичног ослањања, из тог разлога што ово возило има пуно делова и тиме би овакав систем заузео мање места. На задњој осовини налазиће се независно ослањање. Овај тип ослањања не утиче на померање једног точка у односу на други и ако су на истој осовини уколико дође до померања једног од њих.

6. Димензије возила, позиције агрегата, смештај путника и пртљага у возилу

6.1. Димензије возила

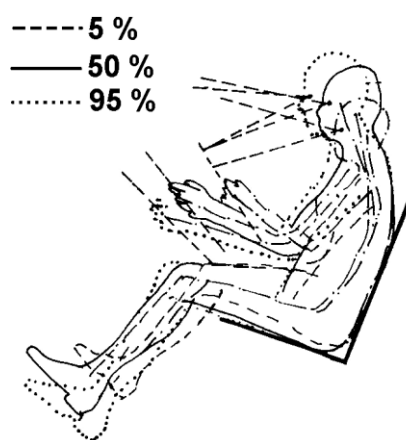
6.1.1. Димензионисање путничког простора

Током дефинисања параметра каросерије, неопходно је одредити димензије путничког простора. На самом почетку потребно је поћи прво од антропометријских података популације (човека), односно од потенцијалних корисника возила. Приликом саме вожње, возач мора да помера своје екстремитете, као и само тело и из тог разлога је потребан додатни простор (слика 6.1).



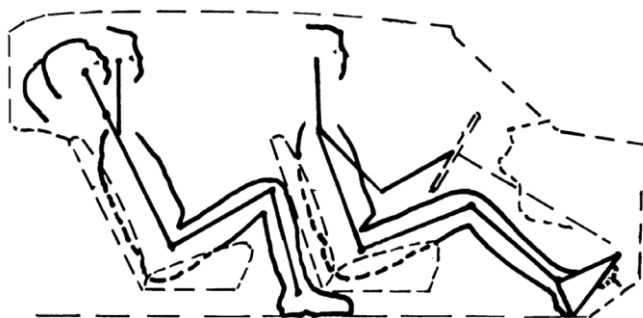
Слика 6.1. Илустрација динамичке и статичке антропометрије [1]

Грађа човека се разликује у зависности од расе, старости, пола, поднебља, животног стандарда и др. Из тог разлог аутомобил се мора пројектовати да одговара сваком човеку, а не да се за сваког појединца израђује модел специјално за њих. Утицај морфолошке грађе возача на могућности доступности команди показана је сликом 6.2.



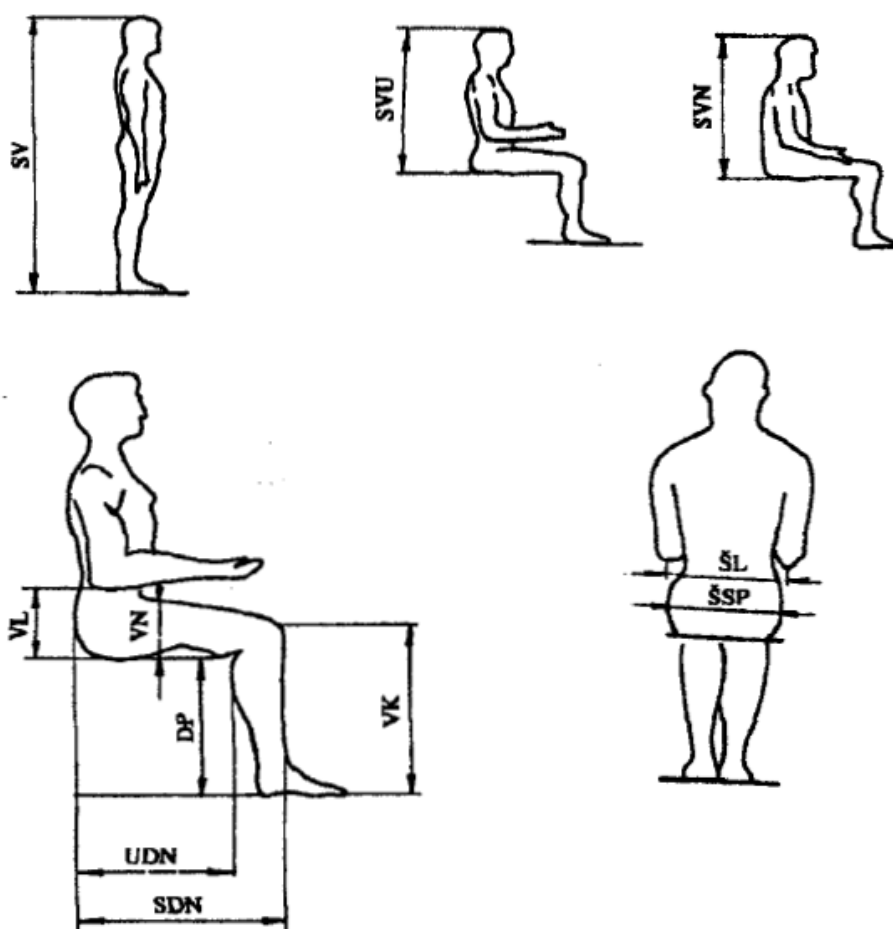
Слика 6.2. Шематски приказ човека различитих димензија у радном положају [1]

На основу претходно реченог путнички простор, односно димензије предњег дела се дефинише на основу потреба возача, док задњи се дефинише на основу потреба путника, што илуструје слика 6.3.



Слика 6.3. Шематски приказ смештаја возача и путника [1]

Важне податке за одређивање димензија каросерије представљају антропометријски подаци димензија екстремитета човека. Основне антропометријске величине људи приказане су сликом 6.4.



Слика 6.4. Основне антропометријске величине човека [1]

Величине са слика 6.4 представљају [1]:

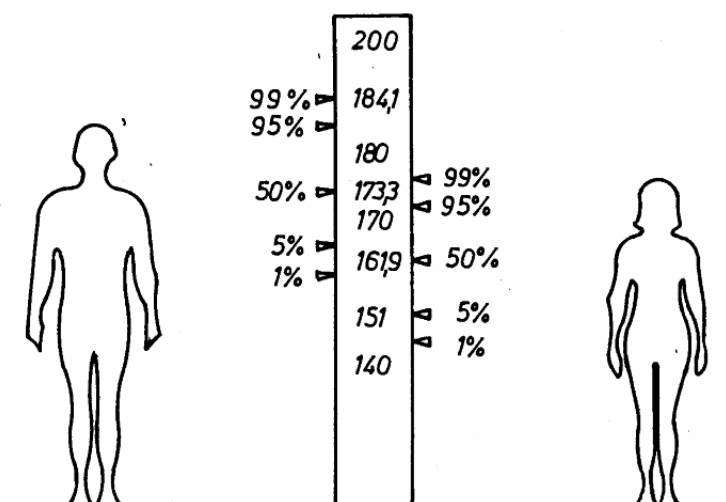
- SV – висина у стојећем стању;
- SVN – седећа висина у нормалном положају;
- SVU – седећа висина у усправном положају;
- VK – висина колена;
- DP – дужина потколенице;
- VN – висина надколенице;
- SN – спољашња дужина надколенице;
- UDN – унутрашња дужина надколенице;
- ŠL – ширина лакта;
- ŠSP – ширина седалног предела;
- VL – висина лакта и
- MT – маса тела.

У табели 6.1 дате су вредности горе побројаних величина за одређене процентуалне вредности женског и мушког пола (све димензије су дате у сантиметрима). Димензије се највише дефинишу за 5% најнижих жена и 95% највиших мушкараца. У табели су дате и друге вредности, с тим да су неке од њих кључне при пројектовању.

Табела 6.1. Вредности антропометријских величина [1]

Мушкарци				Жене		
	5%	50%	95%	5%	50%	95%
SV	162	173,5	185	150	160	170
SVN	80,3	86,7	93	75,2	82	88
SVU	84,5	90,7	96,5	78,5	85	90,7
VK	49	54,4	95,4	45,5	49,7	54,7
DP	39,4	44	49	35,5	40	44,5
VL	18,8	24,1	29,5	18	23,4	28
VN	10,9	14,5	17,5	10,4	14,7	14,5
DN	54	59,2	64	51,8	57	62,5
UDN	44	49,5	55	43,2	48	53,3
ŠL	34,8	42	50,5	31,2	38,4	49
ŠSP	31	35,6	40	31,2	36,3	43,3
MT	57,2	75,3	98,5	46,2	62,2	90,2

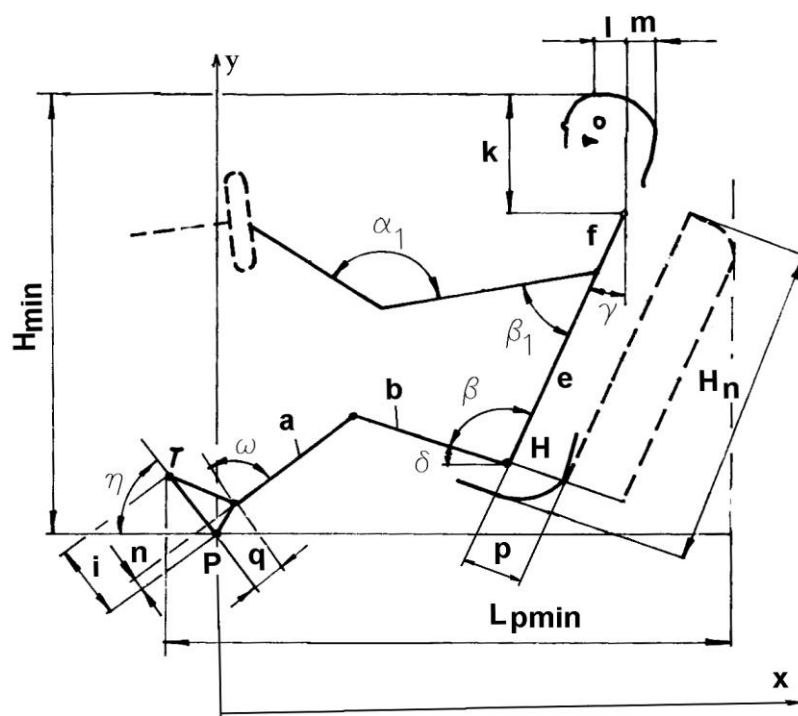
Такође, једна битна карактеристика, која је већ раније поменута, због које се разликује грађа човека је у ствари пол. Слика 6.5 показује однос висине жена и мушкараца.



Слика 6.5. Однос висине код жена и мушкараца [1]

При пројектовању радног места возача такође треба водити рачуна о угловима седења током вожње. Углове седења, битно је изабрати тако да се возач не умара током вожње, односно да потроши што мање енергије приликом управљања возилом. Основни углови седења дати су сликом 6.6.

Унутрашње димензије возила се рачунају на основу димензија човека, тачније речено за 95% мушкараца и 5% жена. Посматрајући слику 6.6, може се написати релација (6.1).



Слика 6.6. Модел за дефинисање ергосфере радног места возача [1]

Табела 6.2. Величине углова седења [1]

	α	β	γ	ω	α_1	β_1
Rodinov	80 – 170	60 – 110	20 – 30	75 – 150	-	-
Winser	95 – 120	85 – 100	15 – 25	85 – 95	80 – 110	15 – 35
Rebiffe	95 – 135	95 – 120	20 – 30	95 – 110	80 – 120	20 – 30
DIN 33408	125	77	22	90	120	38
Демид и др.	130	70	20	75	80	0

Минимална дужина радног места возача (слика 6.6), рачуна се помоћу релације (6.1) [1]:

$$L_{p\min} = (i - n) \cdot \cos \eta + q \cdot \sin \eta + a \cdot \cos(180 - \eta - \omega) + (b + p) \cdot \cos \delta + H_n \cdot \sin \gamma + k_1 + k_2 + k_3 \quad (6.1)$$

где су:

i, q, b, a, n, p - антропометријски подаци 95% мушке популације,

$\eta, \gamma, \omega, \delta$ - усвојени анатомски услови седења,

k_1 - додатак за одећу, (око 20 mm),

k_2 - додатак за обућу, (око 20 - 30 mm),

k_3 - додатак за дебљину наслона седишта, (око 50 mm) и

H_n - висина наслона седишта (у тесној вези са висином лопатице или рамена – препоручује се да буде једнака висини тачке ока за 95% мушке популације).

Релацијом (6.2), рачуна се минимална висина радног места возача, користећи такође слику 6.6.

$$H_{p\min} = (i - n) \cdot \sin \eta + q \cdot \cos \eta + a \cdot \sin(180 - \eta - \omega) + b \cdot \sin \delta + (e + f) \cdot \cos \gamma + k_4 + k_5 \quad (6.2)$$

где су:

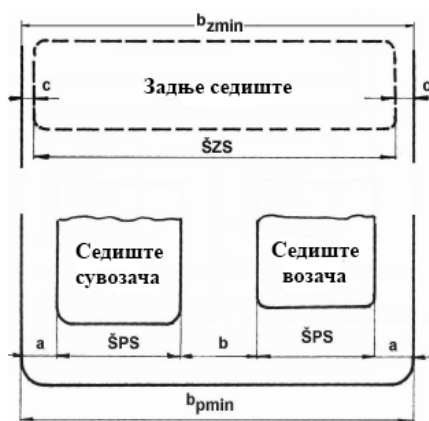
i, q, b, a, n, p - антропометријски подаци 95% мушке популације,

$\eta, \gamma, \omega, \delta$ - усвојени анатомски услови седења,

k_4 - додатак за одећу, (око 20 mm) и

k_5 - додатак за слободан простор, (коса, шешир и сл., око 100 mm).

Ширина путничког простора се дефинише на основу слике 6.7, релацијом (6.3) за предње и (6.4) за задње седиште.



Слика 6.7. Шема за дефинисање ширине аутомобила [1]

$$b_{p\min} = 2(\check{S}PS + a) + b \quad (6.3)$$

где су:

$\check{S}PS$ - ширина предњег седишта

a - додатак од око 100 – 150 mm

b - додатак од око 200 – 300 mm

$$b_{z\min} = \check{S}ZS + 2c \quad (6.4)$$

где су:

$\check{S}ZS$ - ширина задњег седишта

c - додатак од око 100 – 150 mm

На основу угла β са слике 6.6 и посматрајући табелу 6.2, може се одредити:

$$\delta = 90^\circ - \beta \quad (6.5)$$

даље ће бити:

$$\delta = 90^\circ - \beta = 90^\circ - 85^\circ = 5^\circ$$

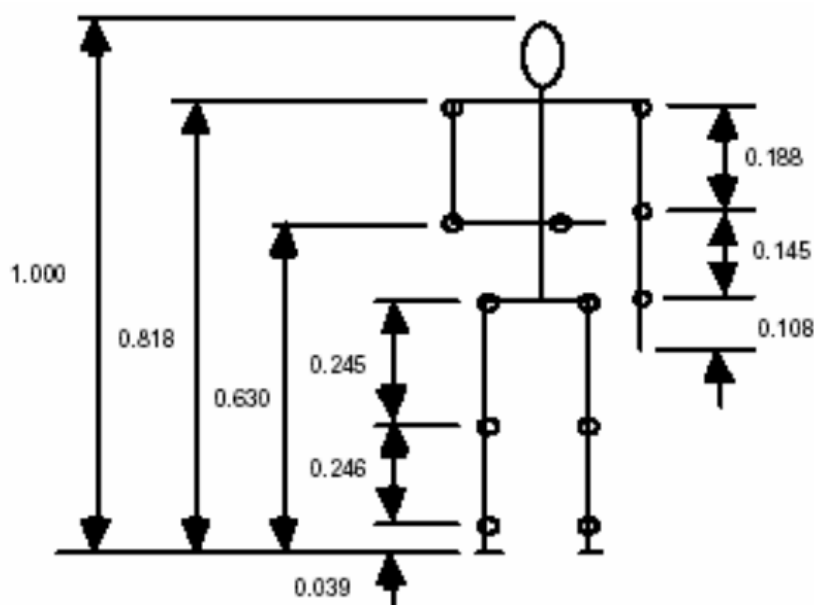
с тим да се усваја вредност угла:

$$\eta = 180^\circ - 90^\circ - (180^\circ - \alpha - \delta) \quad (6.6)$$

на основу претходног израза биће:

$$\eta = 180^\circ - 90^\circ - (180^\circ - \alpha - \delta) = 40^\circ$$

Висина 95% мушке популације у просеку износи $H = 1850 \text{ mm}$. За даљи прорачун димензија човека и његовог радног места посматраће се слика 6.8.



Слика 6.8. Односи димензија људског тела [1]

На основу висине 95% мушке популације као и слике 6.8, могу се одредити неке од величина са слике 6.4.

$$a = 1850 \cdot 0,246 = 455,1 \text{ mm} \quad (6.7)$$

$$b = 1850 \cdot 0,245 = 453,25 \text{ mm} \quad (6.8)$$

$$q = 1850 \cdot 0,039 = 72,15 \text{ mm} \quad (6.9)$$

$$e + f = 1850 \cdot 0,818 - b - a - q = 532,8 \text{ mm} \quad (6.10)$$

$$H_n = 1850 \cdot 0,818 - b - a = 604,95 \text{ mm} \quad (6.11)$$

На основу претходно добијених података може се добити следеће:

$$n = \tan 20^\circ \cdot q = 25,89 \text{ mm} \quad (6.12)$$

$$i - n = \tan 70^\circ \cdot q \rightarrow i = 224,1 \text{ mm} \quad (6.13)$$

Уколико се подаци добијени у релацијама од (6.7) до (6.13), врате у релације (6.1) и (6.2), добиће се:

$$L_{p\min} = (224,1 - 25,89) \cdot \cos 40^\circ + 72,15 \cdot \sin 40^\circ + 455,1 \cdot \cos(180^\circ - 40^\circ - 90^\circ) + (453,25 + 200) \cdot \cos 5^\circ + 604,95 \cdot \sin 20^\circ + 20 + 30 + 50 \quad (6.14)$$

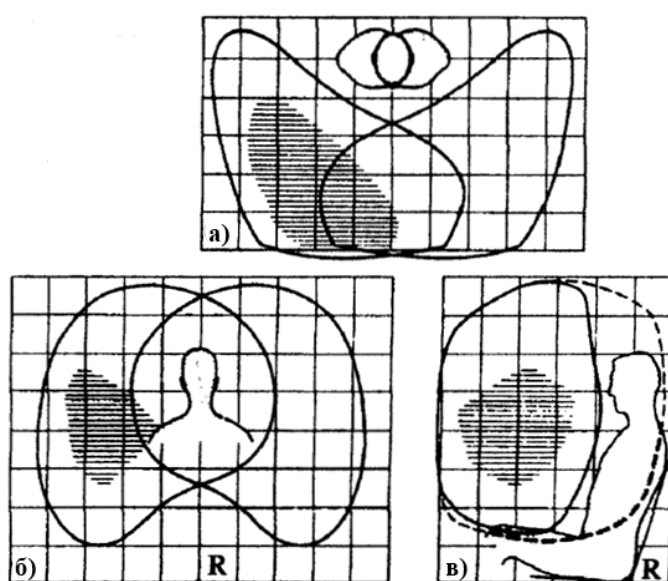
$$L_{p\min} = 1448,42 \text{ mm}$$

$$H_{p\min} = (224,1 - 25,89) \cdot \sin 40^\circ + 72,15 \cdot \cos 40^\circ + 455,1 \cdot \sin(180^\circ - 40^\circ - 90^\circ) + 453,25 \cdot \sin 5^\circ + 604,95 \cdot \cos 20^\circ + 20 + 100 \quad (6.15)$$

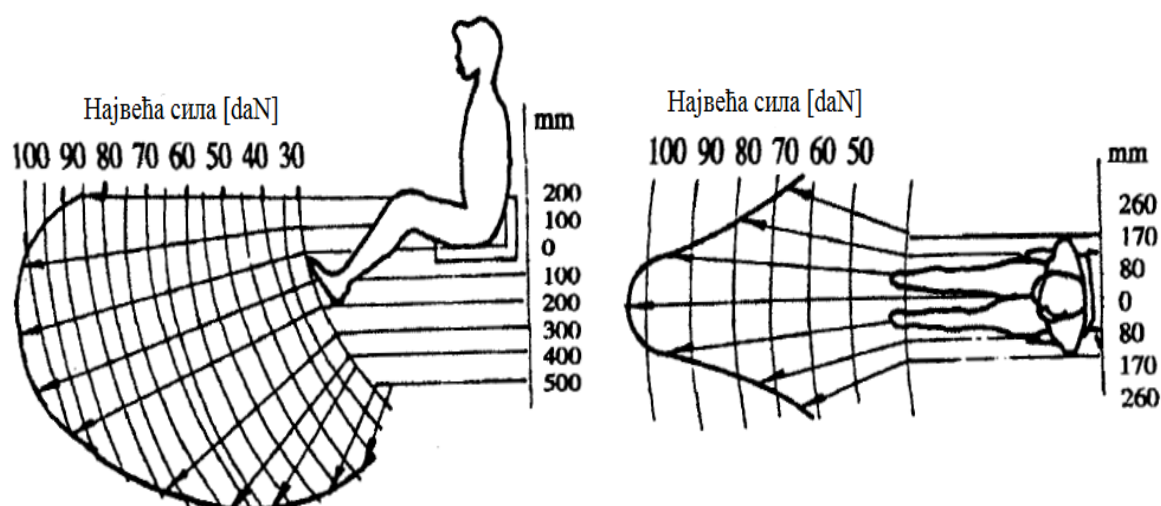
$$H_{p\min} = 1259,27 \text{ mm}$$

Осим антропометријских величина при пројектовању веома је битно прецизно одредити најповољнији положај команди. За одређивање положаја команди возила посматраће се слика 6.9. С тим да су препоручене области осенчене на слици. Треба напоменути да су димензије коцкица са слике $15.2 \times 15.2 \text{ cm}$.

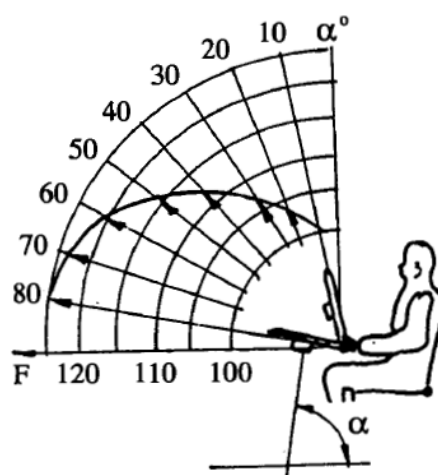
У наставку дате су слике које описују силе и моменте у зависности од положаја одређених команди (слика 6.10), као и параметри видљивости, што је веома битно при пројектовању возила (слика 6.12). Сликама 6.11, приказан је момент који возач може да оствари у зависности од положаја тачка управљача.



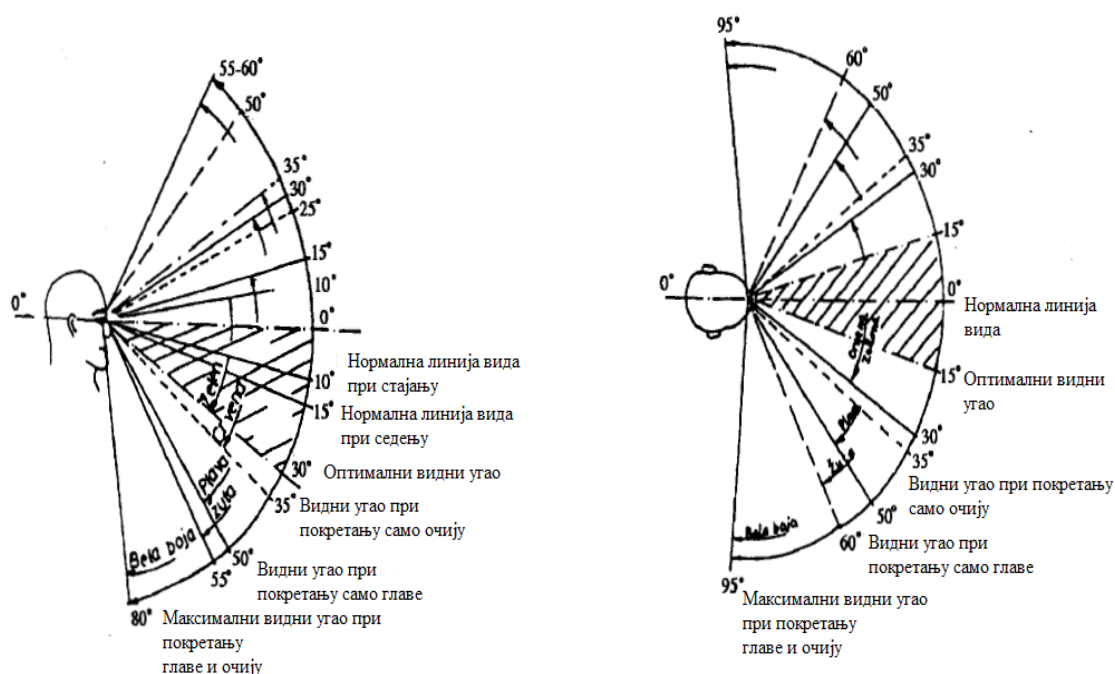
Слика 6.9. Енвелопе дохвата човека у седећем ставу [1]



Слика 6.10. Силе у функцији од положаја ногу [1]



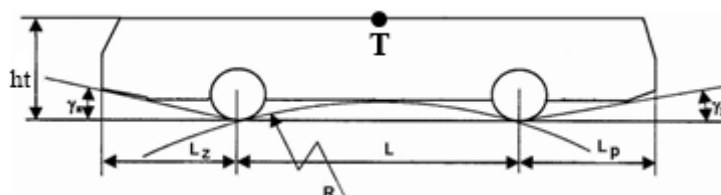
Слика 6.11. Момент који возач може да оствари у зависности од положаја точка управљача [1]



Слика 6.12. Параметри видљивости човека у хоризонталној и вертикалној равни [1]

6.1.2. Спољашње димензије возила

Приказ полазних елемената при изради идејног пројекта аутомобила, као и шематски приказ сила које су битне за одређивање основг растојања дат на слици 6.13.



Слика 6.13. Полазни подаци при изради идејног пројекта: H – висина тежишта, L – Међуосовинско растојање, L_z – предњи препуст, L_p – задњи препуст, γ_z – прилазни угао, γ_p – излазни угао [1]

Висина возила треба бити у тесној вези са потребном минималном висином путничког простора, могућношћу уласка сам изласка путника [21,43] и неопходним клиренсом. Оријентационо се може усвојити да је габаритна висина:

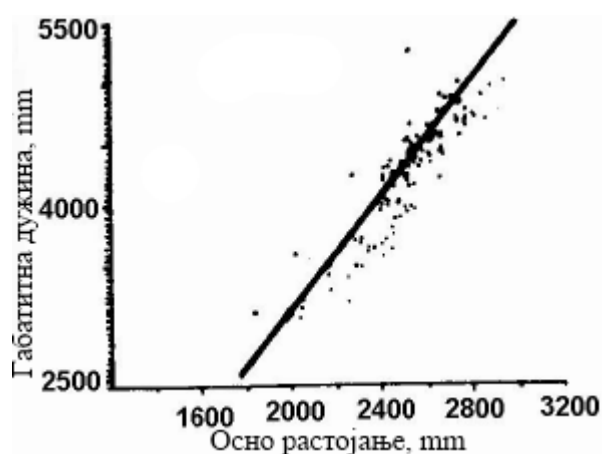
$$H_{\max} = H_{\min} + r_s \dots \quad (6.16)$$

где је:

$H_{\min}$ – висина путничког простора,

r_s – статички полупречник точка, који се у овој фази пројектовања мора усвојити по аналогји са сличним моделима возила (M1G/AF).

Према усвојеној вредности осног растојања, може да се приближно дефинисати габаритна дужина возила. Слика 6.14 омогућава приближно дефинисање габаритне дужине у зависности од осног растојања аутомобила.



Слика 6.14. Зависност габаритне дужине од осног растојања [1]

На основу наведених анализа при дефинисању габарита, односно димензија возила у табели 6.3. дате су оквирно усвојене дименије возила (основне величина).

Табела 6.3. Основне (оквирне) димензије пројектованог возила

Назив димензије	Вредност [mm]
Висина возила	до 1700
Траг точкова – напред	до 1600
Траг точкова – назад	до 1660
Ширина возила без ретровизора	до 1800
Ширина возила са ретровизорима	до 2100
Укупна дужина возила	до 4700
Међуосовинско растојање	до 2700
Предњи препуст	до 950
Задњи препуст	до 1050

6.2. Позиције агрегата и система на возилу

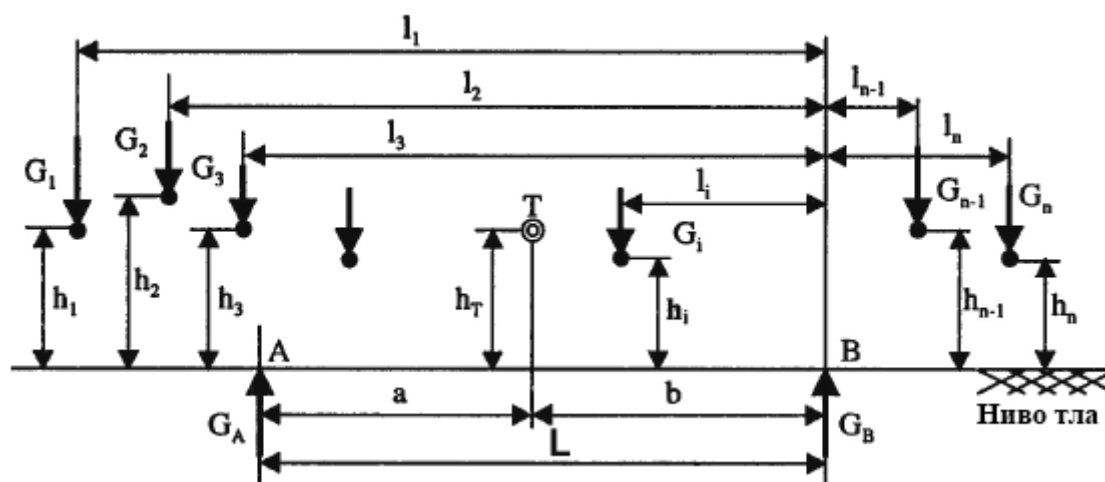
На основу пројектног задатка, задато возило је теренско возило (4x4) од кога се очекују боље перформансе, у односу на класична путничка возила. Из претходно реченог закључује се да и код овог возила као и код конкурентних возила, мотор се налази напред, као и трансмисија, док је погон на свим точковима. Битно је напоменути да је погонски агрегат постављен подужно.

При одређивању позиција, потребно је израчунати инерцијалне параметри возила. те је потребно познавати масе агрегата и система, као и њихов просторне положај у односу на предњу, или задњу осовину. Проблем се решава на тај начин што се возило, чији су агрегати приближно уцртани на упрошћеној скици замењује системом концентрисаних маса. Даље треба дефинисати приближне вредности посматраних маса. Имајући у виду да агрегати и системи аутомобила нису још коначно дефинисани, проблема се решава коришћењем статистичких података о процентуалном учешћу појединих маса у маси возила спремног за вожњу (табели 6.4).

Табела 6.4. Оријентационе вредности процентуалног учешћа маса агрегата и система у маси возила спремног за вожњу

Агрегат	%
Погонска група, (мотор са електромотором, спојница мењач, карданско вратило, главни преносник, полусовоне и др.)	19 до 21,1
Мотор без електроопреме	10,7 до 14,04
Резервоар за гориво	0,69 до 0,94
Систем за стартовање	0,71 до 0,25
Хладњак	0,53 до 1,03
Спојница	0,39 до 0,73
Трансмисија (мењач, гл. преносник, полуосовине)	4,82 до 5,93
Кардански пренос	0,66 до 1,4
Предњи систем еластичног ослањања	6,00 до 7,12
Задњи систем еластичног ослањања	5,97 до 6,74
Систем за управљање	1,56 до 1,9
Електроопрема, батерије и акумулатор	3,10 до 4,87
Точкови и пнеуматици	4,47 до 6,57
Каросерија без седишта	47,34 до 48,90
Каросерија са седиштима	51,91 до 54,50
Остало (прикључни елементи и сл.)	1,00 до 1,56

На слици 6.15, приказани су важнији агрегати са њиховим масама и положајима тежишта у односу на неки произвољно изабрани глобални координатни систем. Положаја тежишта израчунава се и расподела оптерећења по осовинама као и реакције на левој и десној страни аутомобила. Распоред компоненти треба да буде такав да разлика реакција на левој и десној страни аутомобила не буде већа од 2%. Ово се може прецизније проверити после реализације идејног пројекта возила, јер су тада све масе и њихови међусобни положаји познати.



Слика 6.15. Одређивање положаја тежишта путничког аутомобила: $G...$ – тежина агрегата и система, G_A – тежина предње освине, G_B – тежина задње осовине, $h...$ – висина агрегата и система, h_t – висина тежишта, T – тежиште, L – међуосовинско растојање [1]

Пројектно возило је намењено за вожњу у ван путним условима и смештај пет путника. Тако да се од овог возила очекује да има довољно простора, како за путнике тако и за пртљаг и размештај свих агрегата и пратеће опреме. Такође је неопходно да поред свега пружа комфор и удобност путницима.

7. Могућност производње или куповине готових делова и опреме

Већина делова која се уграђују у возила су углавном се набављају о реномираног произвођача, који су специјализовани за производњу одређеног дела или склопа који се уграђује у возило. Тако да ће возило које је задато пројектним задатком, садржати делове од конкретних произвођача, али и поједине компоненте које се могу самостално произвести. Пре свега треба се размотрити које је компоненте неопходно куповати, а које производити.

7.1. Самонесећа каросерија

Како би било могуће смештање возача, путника и пртљага, као и делова и опреме за само функционисање возила је неопходна каросерија. Поред овога треба да обезбеди и потребну крутост. Подела каросерија се може вршити на основу више параметара. Ако се подела изврши према оптерећењу, каросерије могу бити:

- носеће;
- полуносеће и
- самонесеће.

У зависности од врсте возила, каросерија се може поделити на:

- каросерије за лака путничка возила;
- каросерије за аутобусе;
- каросерије за теретна возила;
- каросерије за радна возила и
- каросерије за специјална возила.

Каросерија на путничким аутомобилима преузима улогу носећег система, у питању је самонесећа каросерија. Самонесећа каросерија обезбеђује већу крутост, као и мању масу возила. Поред својих предности има и своје недостатке [1]:

1. сложенија израда, што повећава цену коштања и
2. лоше пригушене карактеристике (буке и вибрације).

Први недостатак се може уклонити израдом великог броја каросерије, и на тај начин постаје економски исплативо. Што се тиче другог недостатка, он се умањује коришћење разних врста изолационих материјал.



Слика 7.1. Самонесећа каросерија аутомобила (BMW X5) [20]

На слици 7.1, приказана је самонесећа каросерија возила категорије M1G/AF (BMW X5), коју израђује сам произвођач. По овом репрезентативном примеру може се у сопственој режији изградити самонесећа каросерија возила за пројектно возило. Све што је потребно су у одређени челични профили и челични лимови израђени по одређеном калупу, такође су потребни и одређени материјали попут лаких метала и полимера. Неопходно је обезбедити довољну чврстоћу и крутост самог возила. Овакви профили могу се купити на територији Србије.

7.2. Погонски агрегати

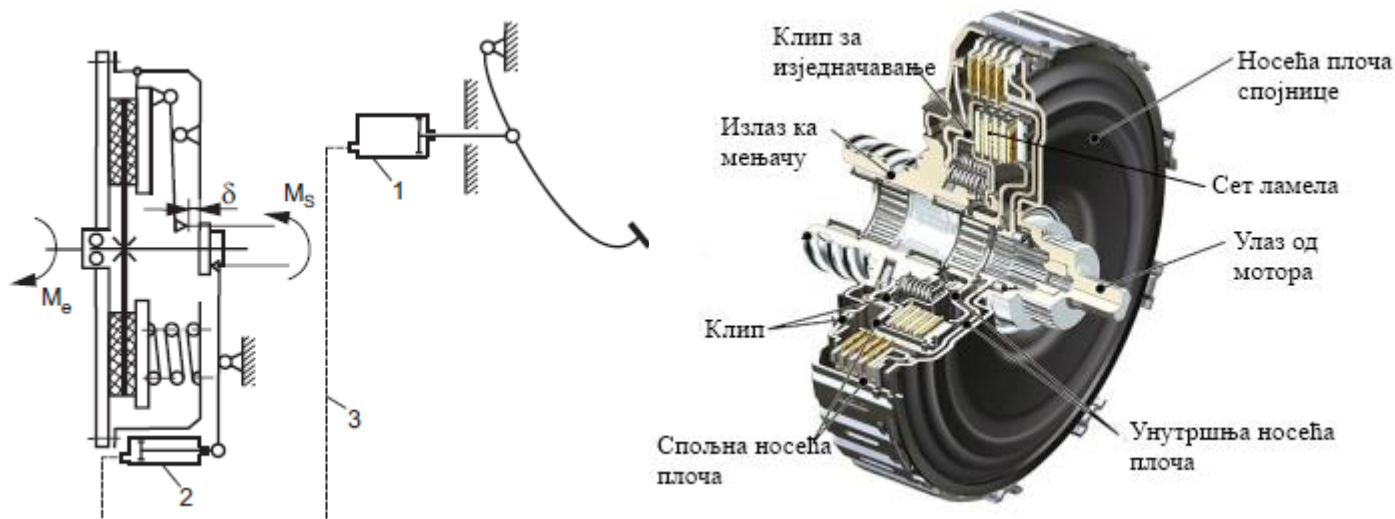
Погонски агрегат је „срце“ сваког возила. Пројектним задатком је задато да возило M1G, па се од возила очекује се да има мотор веће снаге како би савладао одређене препреке. Такође овакви типови возила развијају и велике брзине. Као и код сличних типова возила, осталих произвођача, мотор на задатом пројектованом возилу не би требало да се у великој мери разликује. Домаћих произвођача нема, па тако да ће се погонски агрегат наручити неког страног произвођача мотора, потут Mercedes-Benz, BMW, VW, Ford и др. На слици 7.2. приказан је погонски агрегат примењен код тренеског возила (катеорије M1G) Audi Q5 hybrid quattro, као и електромотор примењен на истом возилу.



Слика 7.2. ОТО мотор код возила Audi Q5 hybrid (155 kW) и електромотор (40 kW) [22]

7.3. Спојница

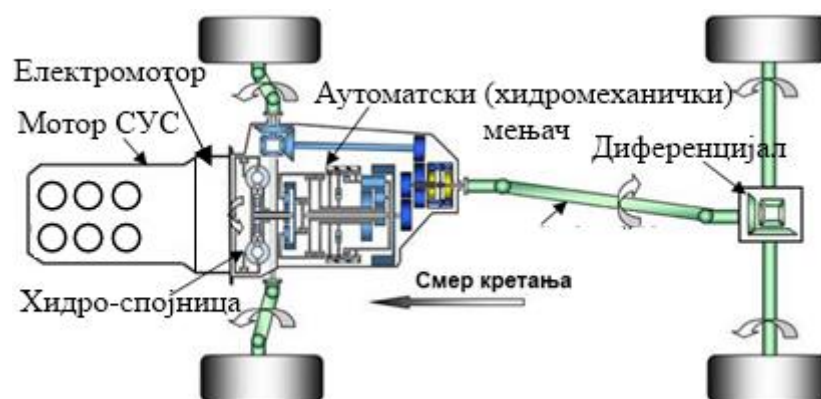
Како би био могућ пренос снаге од мотора ка мењача, а и у исто време и да сачува од преоптерећења неопходна је спојница. Спојница мора бити одабрана тако да сам њен рад не нашкодити остатку система, веће да буде синхронизован са њим. Што значи биће одабрана по препоруци произвођача мотора. На слици 7.3 – лево приказана је шема фрикционе спојнице са хидрауличким командовањем, док је на слици 7.3 – десно приказан мокра дволамеласта фрикциона спојница, која се често примењује код возила са аутоматском степеном преноса.



Слика 7.3. Спојница, Лево – шема фрикцион спојнице са хидрауличким командовањем: 1. главни цилиндар, 2. Радни цилиндар, 3. Хидраулички вод, M_s – обртни момент спојнице, M_e – обртни момент мотора, δ - зазор; Десно – мокра фрикционда дволамеласта спојница [4]

7.4. Мењачки преносник

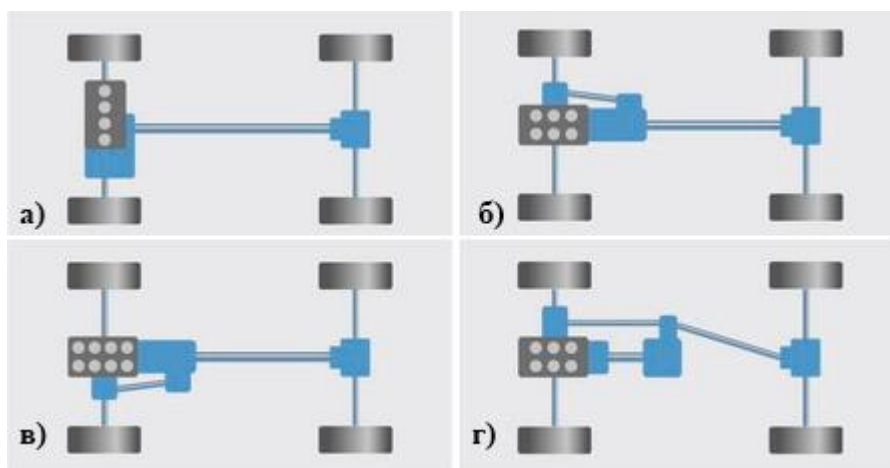
Мењачки преносник који је потребно уградити у возило, набавиће се од страног произвођача. У зависности од одабира погонског агрегата, потребно је узети мењачки преносник од истог произвођача, као и погонског агрегата или по његовој препоруци. Првенствено из разлога усклађености погонског мотора и мењачког преносника. При набавци мењачког преносника у оптицај долазе, такође, реномирани светски произвођачи попут Mercedes – Benza – a, ZF – a, Alison – a, Voit – a и других. За аутоматску промену користе се хидромеханички мењачи, док су код хибридних воила све примењенији варијабилни преносници, односно CVT мењачи. Због све мањег уградног простора за њихов погон, као и због попречног постављања мотора, наметнули су корените измене у самој концепцији и конструкцији аутоматских трансмисија. На слици 7.4 приказана је концепција путничког возила са хидромеханичким преносником снаге (аутоматским мењачем). У следећем поглављу биће изабрани конкретни мењачки преносници неког од поменитих произвођача



Слика 7.4. Хидромеханички преносник снаге на возилу са шемом погона 4x4 [8]

7.5. Погонски мост и систем за пренос снаге

Када је у питању пренос снаге на погонске тачкове, погонски мост и кардански преносник су веома битне компоненте код оваквог возила. Системи преноса снаге и трансформацију обртног момента код хибридних возила имају основни задатак да пренесу снагу погонског агрегата до погонских тачкова, уз одговарајућу трансформацију угаоне брзине мотора СУС/електромотора. Циљ је да систем преноса у свим условима рада возила обезбеди потпуно искориштење снаге погонских агрегата. Погонски мост и систем преноса снаге се набавља од иностраних копераната, а према жељеним перформансама возила и пројектном задатку. На слици 7.5 приказана су могућа решења система преноса снаге код погона 4x4 за категорију возила M1G. За пројектовано возило изабран је систем преноса са разделником снаге са слике 7.5в, избор преноса снаге биће детаљније описан у наредном поглављу.



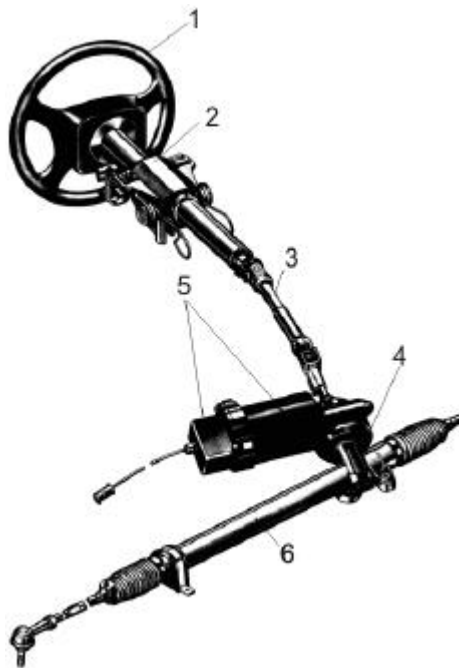
Слика 7.5. Могућа могућа решења система преноса снаге код погона 4x4 за категорију возила M1G [32]

7.6. Систем за управљање

Основна функција систем за управљање јесте да омогући возачу да одржи жељени правац возила. Код свих возила, систем за управљање се састоји од два основна механизма и то:

- механизам за управљање и
- преносни механизам.

Подразумева се да ће систем за управљање имати сервопојачивач, првенствено из разлога да омогући возачу што лакше управљање без великих физичких напора. Конкретно за возило дато пројектним задатком, управљачки систем ће се наручити од реномираног специјализованог произвођача попут ZF – а. Пример изгледа управљачког система са електричним серво управљањем приказан је на слици 7.6.



Слика 7.6. Управљачки систем са електричним сервоуправљачем: 1. точак управљача, 2. стуб управљача са променљивом дужином, 3. међувратило управљача, 4. управљачки механизам, 5. електрични сервопојачивач, 6. зупчаста летва [4]

7.7. Систем ослањања и кочења

Систем еластичног ослањања (СЕО) има задатак да ублажи и пригуши силе које се од неравнина пута преносе на каросерију аутомобила. Такође, треба да обезбеди вођење точкова по унапред дефинисаној путањи. Уколико СЕО у већој мери смањује негативан утицај пута, утолико се може говорити о већој ефикасности и бољим укупним карактеристикама. У зависности од начина реаговања на вибрационе побуде, СЕО могу бити:

- пасивни и
- са регулисаним карактеристикама (полуактивни и активни).

При одабиру тип СЕО, треба имати у виду основне карактеристике, које СЕО поседују. У табели 7.1. дате су упоредне карактеристике најчешће коришћених СЕО.

Табела 7.1. Упоредне карактеристике појединих СЕО [1]

Тип система	Понашање током маневра	Висина аутомобила	Ваљање каросерије	Галопирање при кочењу	Галопирање при убрзању	Динамичка реакција тла
Пасиван	Перформансе су компромис између свих параметара за оцену					
Са самонивелацијом	Висока	Висока	-	-	-	-
Полуактивно	Средња	-	Ниска	Ниска	Ниска	Средња
Активно	Висока	Висока	Висока	Висока	Висока	Висока

Систем за кочење је веома сложен и обично се у идејној фази пројекта иде на избор сличних решења која су примењена на другим возилима ове категорије. Диск кочнице су повољније за примену на путничким возилима, па им треба дати предност у односу на добош кочнице. Због мање инертности треба предност дати хидрауличким системима, јер се пнеуматски скоро и не користе код путничких возила. При избору параметара кочионог система, треба поштовати све захтеве ЕСЕ 13.

7.8. Пнеуматици

Пошто се ради о тешком и брзом возилу, односно о возилу који може да развије велике брзине и пнеуматици ће бити одабрану на тај начин да могу да издрже кретање при оваквим условима. У табели 7.2 дати су симболи за максималну брзину и то ће бити главни параметар за одабир пнеуматика. Пнеуматици су стандардизовани, а димензије су обчно дају у инчима или у милиметрима, а некад комбиновано. Разлика у архитектури радијалног и дијагоналног пнеуматика.

Табела 7.2. Симбол брзине [4]

Ознака	Брзина v [km/h]	Ознака	Брзина v [km/h]
N	150	H	210
Q	160	V	240
R	170	W	270
S	180	Y	300
T	190	YR	преко 240
U	200		

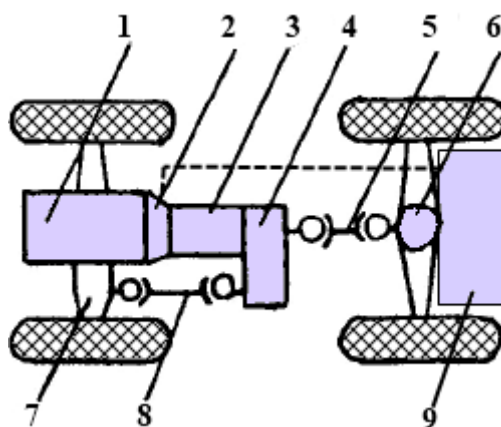
7.9. Стандардна опрема

Како би возачу било што удобније током вожње, потребно је уградити низ система. Ти системи нису само системи информације и забаве, већи и системи који ће му омогућити што лакше управљање возилом. Такође, ту спадају и уређаји који ће му омогућити да се осећа што пријатније, независно од спољних утицаја.

8. Усвајање концепције возила и конкретних агрегата (мотор, мењач, систем за управљање, систем за кочење и др.)

8.1. Усвајање концепције возила

Први корак при пројектовању теренског возила (4x4) је дефинисање концепције његове изградње. У табели 5.1 дат је предлог модела возила који уз мање измене треба да прати основни модел возила. Усвојена је концепција возила са погоном на свим точковима и погонским агрегатима смештеним напред. Концепција возила подразумева међусобни положај мотора и кабине, као и положај погонских осовина и точкова у односу на носећи систем возила. Концепција теренског моторног возила зависи и од шеме погона – трансмисије. На слици 8.1 шематски је приказана усвојена концепција за пројектовано теренско возиловозило са паралелним хибридним погоном, у табели 8.1 приказан је размештај погона и управљачких осовина.



Слика 8.1. Усвојена концепција возила MIG/AF са формулом погона 4x4: 1. мотор СУС, 2. електромотор/спојница – хибридни модул, 3. мењач, 4. разделник обртног момента за предњу и задњу осовину, 5. карданско вратило, 6. задњи погонски мост – диференцијал, 7. предњи погонски мост, 8. карданско вратило за пренос снаге на предње точкове, 9. батерија

Табела 8.1. Размештај погона и осовина код возила MIG/AF [5]

Шема расореда осовина	Погонски тип точкова	Распоред осовина	Формула управљајућих осовина	Формула распореда погона	Намена и проходност
	4 x 4	1 – 1	1 – 0	1 – 2	Возила повишене проходности

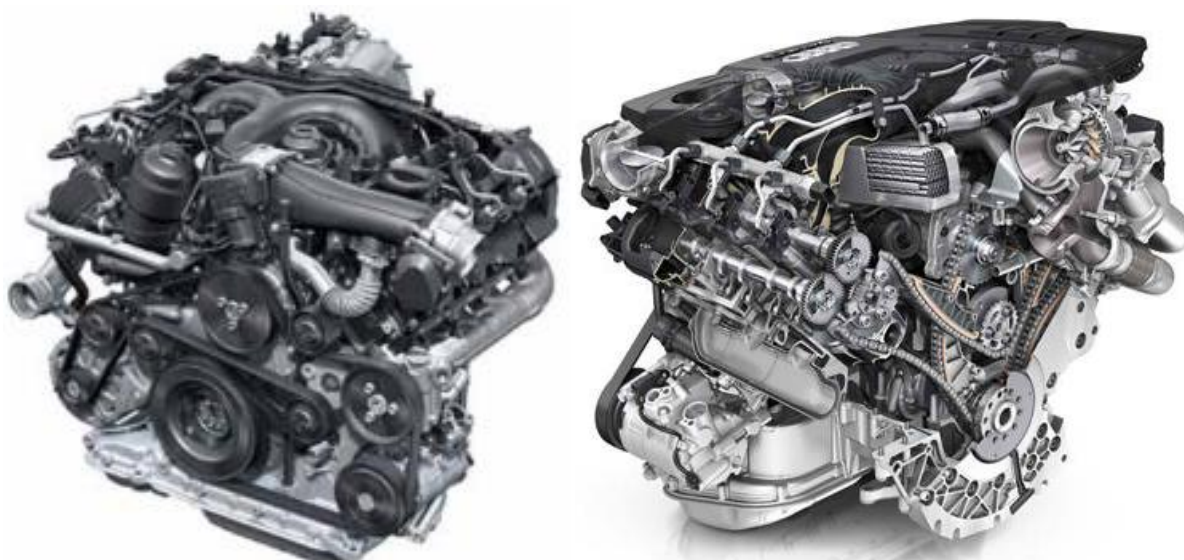
8.2. Усвајање погонских агрегата

Пројектним задатком је дефинисано да теренско возило мора имати хибридни погон. У возило ће бити уграђен мотор СУС у комбинацији са електромотором. Домаћих произвођача нема, па из тог разлога мора се наручити од иностраног произвођача.

У возило које је задато пројектним задатком као прва опција биће уграђен ОТО мотор у комбинацији са електромотором, односно као друга опција комбинација дизел мотор и електромотора. Тако је купцу је омогућено да у одређеној мери, састави возило по свом личном избору. За пројектовано возило (M1G/AF) са хибридним погоном изабрани су ОТО и дизел мотор који у коперацији производе VW и Audi, снаге 147 kW и 180 kW (слика 8.2 и 8.3), чије су радне карактеристике изложене у табели 8.2, а дијаграми снаге и обртног момента на сликама 8.4 и 8.5.



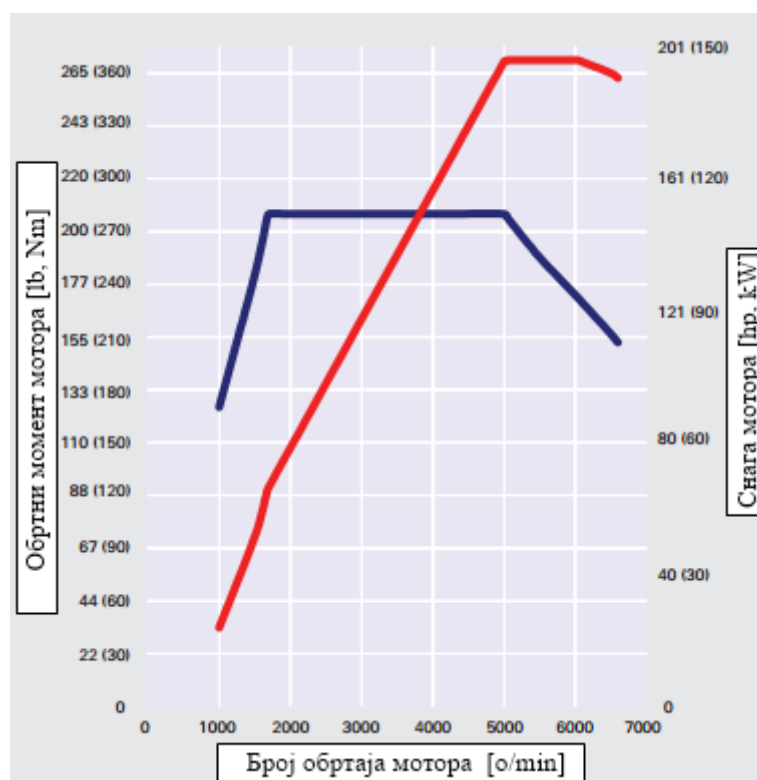
Слика 8.2. VW/Audi 2.0 TFSI ОТО мотор [33]



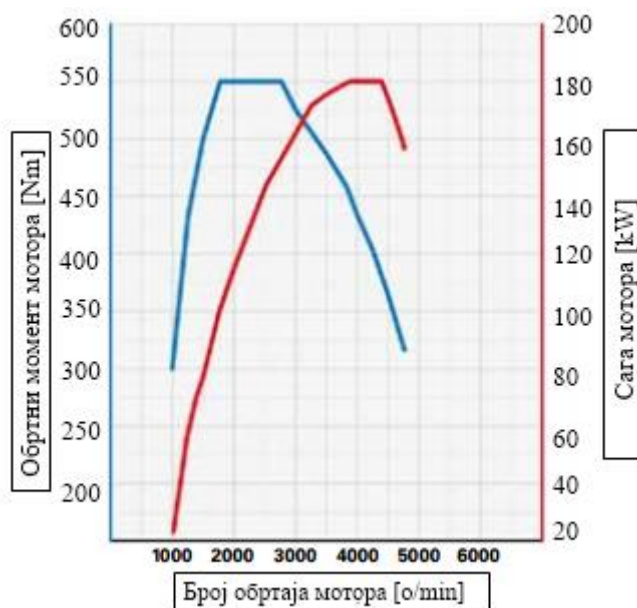
Слика 8.3. VW/Audi 3.0 V6 TDI дизелмотор [34]

Табела 8.2. Карактеристике изабраних мотора СУС за возило MIG/AF [33] [34]

Мотор	Опција 1	Опција 2
	VW/Audi 2.0 TFSI (Еуро 5/6) – ОТО	VW/Audi 3.0 V6 TDI (Еуро 5/6) – Дизел
Број цилиндра/ Распоред	4 – линијски	6 – V распоред
Положај	Хоризонталан	Хоризонталан
Радна запремина	1984 cm ³	2461 cm ³
Снага и бр. обртаја	147 kW / 5100-6000 o/min	180 kW / 3800-4400 o/min
Макс. Обрт. Момент	280 Nm / 1700-5000 o/min	550 Nm / 1750-2750 o/min
Пречник/ход клипа	82,5 x 92,8 mm	83 x 91,4 mm
Степен компресије	9,6.:1	16.8:1
Убризгавање	Bosch MED 17.5	Bosch CRS 3.3 „Common rail“
Маса	144 kg	-
Распоред паљења цилиндара	1-3-4-2	-
Уградња	Предњи препуст – испред кабине	Предњи препуст – испред кабине

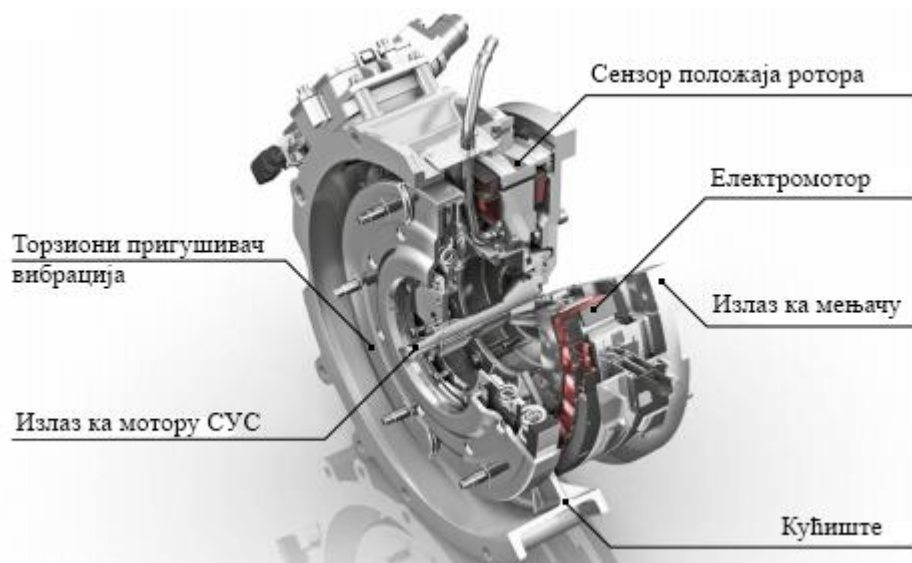


Слика 8.4. Дијаграм снаге и обртног момента за мотор VW/Audi 2.0 TFSI [33]



Слика 8.5. Дијаграм снаге и обртног момента за мотор VW/Audi 3.0 V6 TDI [34]

Електромотор чини основну компоненту код хибридних возила. Електромотори обезбеђују већу ефикасност и повећавају коефицијент исопишћења енергије. Од електромотора који се користи код хибридних возила захтева се могућност лаког интегрисања са осталим компонентама (мотор СУС, спојница, мењачки преносник и др.). Битан фактор јете и самњење губитака приликом конверзије механичке енергије у електричну и обратно. Од аутономности електричног погона зависи величина и снага електромотора који ће бити примењен у хибридном погону. Економичност је једна од добрих одлика електромотора, јер утиче на самњење потрошње горива и емисије CO₂. За модел хибридног возила изабран је електромотор произвођача ZF, тип AL280-32 (слика 8.6). У табели 8.3 дате су техничке карактеристике.



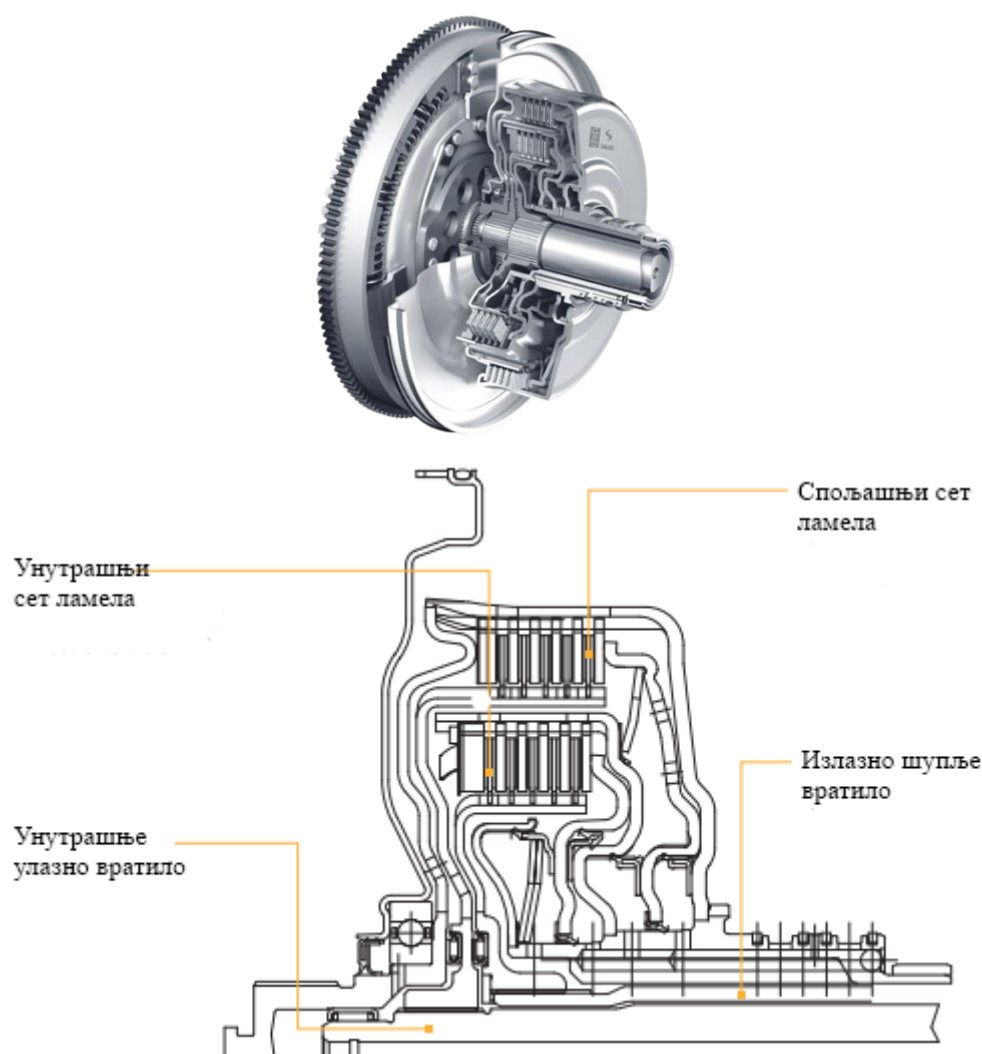
Слика 8.6. Електромотор ZF AL280-32 [36]

Табела 8.3. Техничке карактеристике изабраног електромотора [36]

Снага:	55 kW
Број обртаја:	7000 o/min
Обртни момент:	250 Nm
Напон:	220-420 mm
Спољашњи пречник:	280 mm
Активна дужина:	32 mm
Дужина модула:	150 mm

8.3. Усвајање спојнице

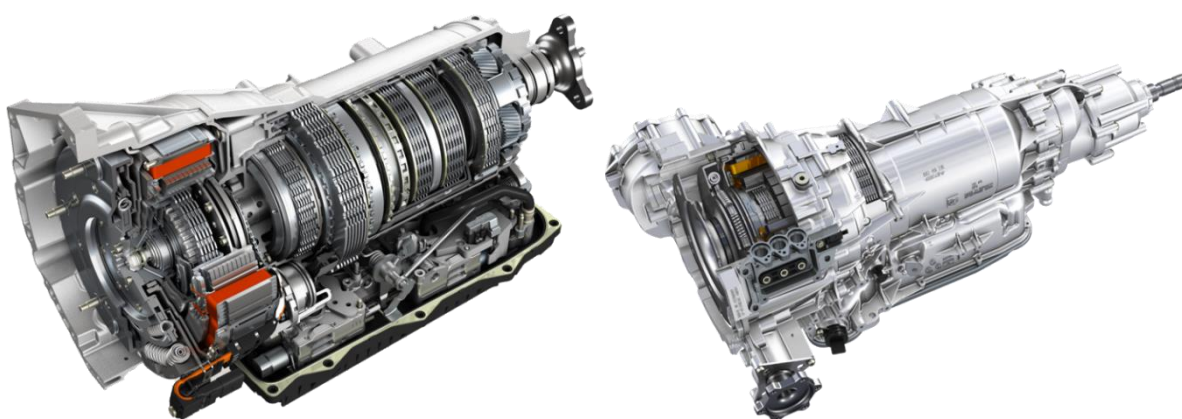
Спојница се бира на основу препорука произвођача, односно тачно дефинисаних карактеристика које се захтевају. Такође, спојница мора бити унифицирана са мењачким преносником, велики број произвођача мењачких преносника у својој понуди поред мењача има и одговарајуће спојнице. На основу анализираних модела теренских возила усвојена је мокра фриксиона дволамеласта спојница. Тачније, изабрана је спојница ZF ND2015 (слика 8.7), пречника 250 mm, улазног обртног момента до 700 Nm, масе 11,7 kg и момента инерције од 0,0579 kgm².



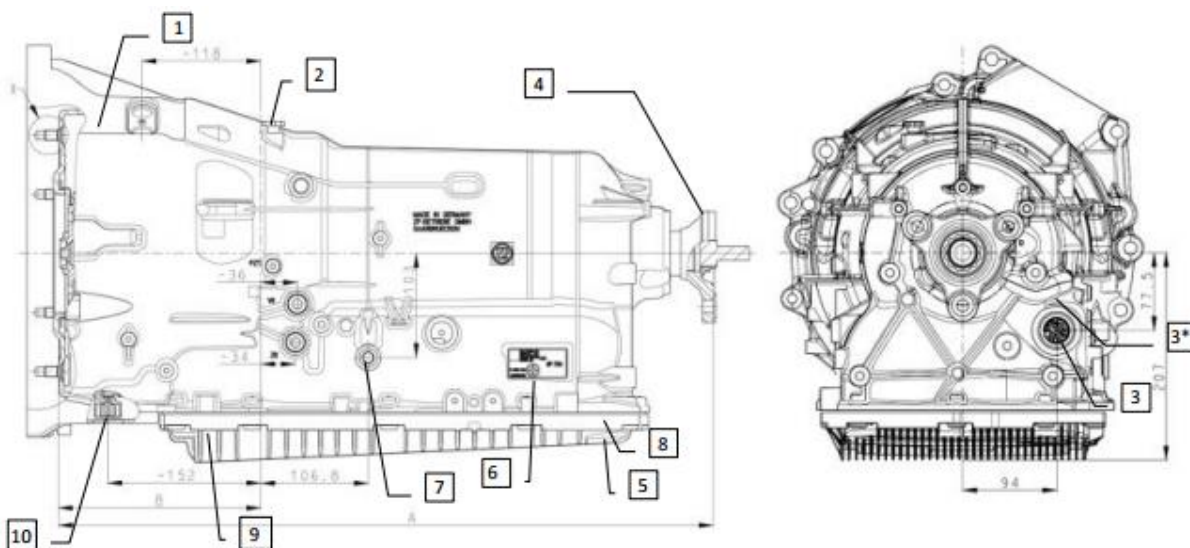
Слика 8.7. Спојница ZF ND2015 [35]

8.4. Усвајање мењачког преносника

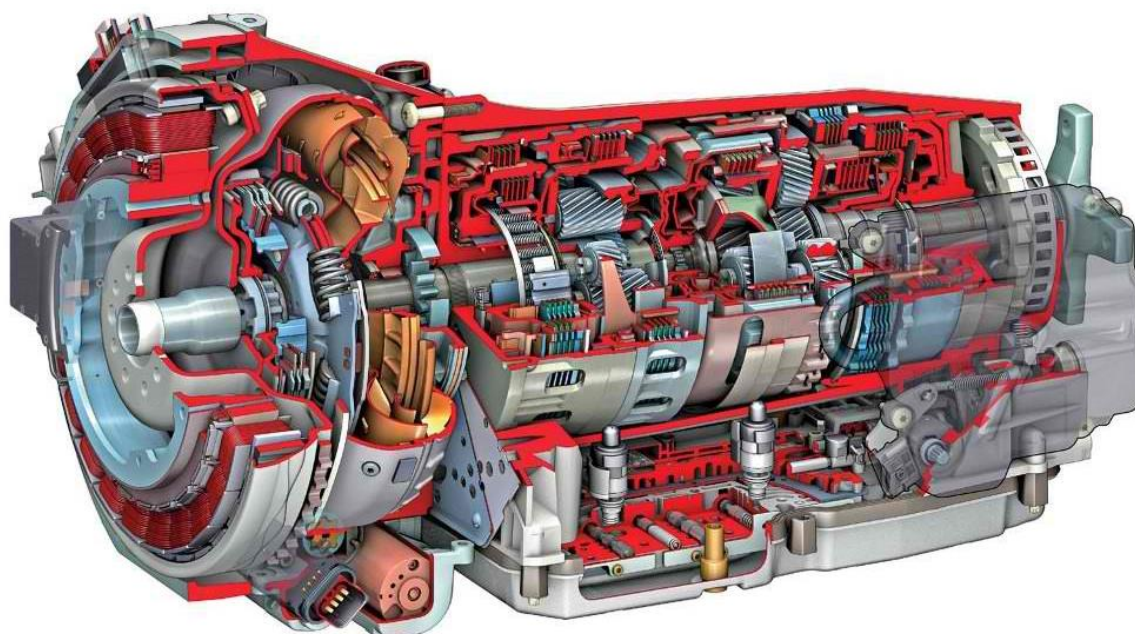
Као и код осталих савремених возила овог типа и за пројектовано возило је усвојена аутоматска трансмисија, из разлога што је ефикаснија и обезбеђује мању потрошњу горива, али и емитује мањи ниво буке. Као прва опција одабран је ZF – ов 8-степенни аутоматски мењачки преносник (ZF 8P70H), односно као друга опција 9-степенни аутоматски мењач Mercedes-Benz 9G Tronic. Изабрани мењачки преносници приказани су на сликама 8.8, 8.9 и 8.10, док су технички подаци за оба мењачка преносника дати у табели 8.4.



Слика 8.8. 8-степенни аутоматски мењач ZF 8P70H – хибридна варијанта (стандардни и погон свим точковима) [37]



Слика 8.9. Осмостепенни аутоматски мењач ZF 8P70H са основним димензијама: 1. хибридни модул – електромотор, 2. вентилатор за хлађење уља, 3. 12 V – ни прикључак за електро-пумпу, 4. излазно вратило, 5. кућиште за уље, 6. довод уља, 7. прикључак за полигу од реучице мењача, 9. мехатроника, 10. конекција за електромотор [37]



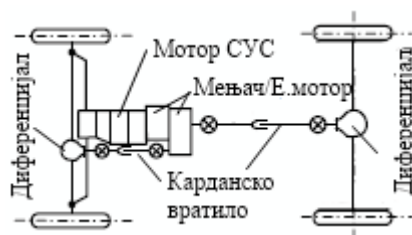
Слика 8.10. Mercedes-Benz 9G Tronic – хибридна варијанта [38]

Табела 8.4. Карактеристике изабраних мењача [37] [39]

Произвођач	Опција 1	Опција 2
	ZF	Mercedes-Benz
Тип	ZF 8P70H	Mercedes-Benz 9G Tronic
Број степени преноса	8 – степени аутоматски	9 – степени аутоматски
Мах. број обртаја	6500 o/min	7000 o/min
Улазни обртни момент	650 Nm	700 Nm
Маса мењача	110 kg	94.8 kg
Преносни односи	$i_I = 4,714, i_{II} = 3,143, i_{III} = 2,106, I_{IV} = 1,667, I_V = 1,285, I_{VI} = 1,00, I_{VII} = 0,839, I_{VIII} = 0,667, I_{HN} = -3,317$	$i_I = 5,503, i_{II} = 3,333, i_{III} = 2,315, I_{IV} = 1,661, I_V = 1,211, I_{VI} = 1,00, I_{VII} = 0,865, I_{VIII} = 0,717, I_{IX} = 0,601, I_{HN} = -4,932$

8.5. Усвајање система за пренос снаге

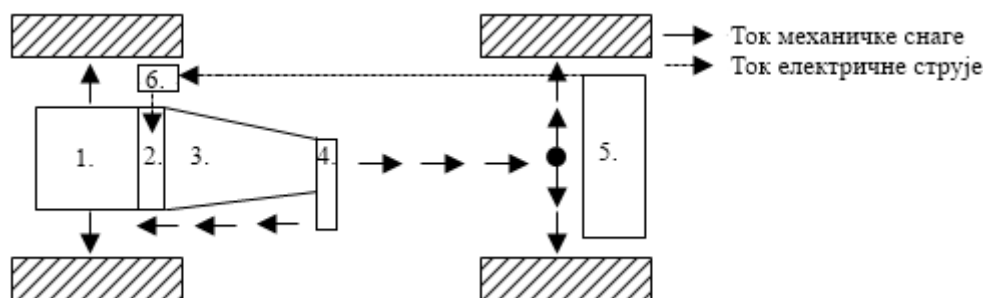
Максималног обртни момент биће главни параметар за одабир карданског вратила. Погонски мост и систем за пренос снаге биће изабран од произвођача мењача. Изабрани начин преноса снаге, погонски мост и систем за пренос снаге приказани су сликом 8.11.



Слика 8.11. Изабрани систем преноса снаге 4x4

Узимајући у обзир да је у питању теренско возило, сам тип оваквог возила није намењен само за возњу путника, већ и да савлада ванпутни терен. Од возила се очекује да има боље вучне карактеристике. Обртни момент се до погонских точкова се преноси путем карданског вратила. Сви ови елементи чине ово возило не само путничким већ и возилом које се може користити за кретање на неким неприступачним теренима.

За пројектовано теренско возило M1G/AF изабран је паралелни систем преноса снаге, односно структура погонске групе везе механичких и електричних делова хибридног возила. На слици 8.12 шематски је приказан паралелни систем погона са током снаге.



Слика 8.12. Шема тока снаге за изабрани паралелни система преноса снаге за возило M1G/AF: 1. мотор сус, 2. електро-модул (електромотор-генератор), 3. мењачки преносник/спојница, 4. разделник снаге, 5. NiMH батерија, 6. електронска јединица снаге

Разлог избора ове врсте хибридног погона је што систем погона користи електромотор за стварање додатне снаге приликом убрзавања, а у случају успоравања, тај исти електромотор ради у моду генератора и на тај начин врши допуњавање батерија. Употребом оваквог система погон могу се остварити боље перформансе возила уз употребу мотора СУС мање снаге, уз мању потрошњу горива. Недостатак ове врсте хибридног погона јесте примена батерије мањег капацитета. Паралелни хибридни погон се највише заступљен код произвођача савремених моторних возила.

Још један од разлога избора ове врсте хибридног погона јесте то што мотор СУС и електромотор заједно покрећу погонско вратило, чиме је могуће обезбедити максималну излазну снагу оба погонска агрегата. Пошто је у питању теренско возило које и поред своје велике масе треба постићи и велику брзину, у појединим тренуцима оба погонска агрегата морају радити истовремено без губитака током конверзије енергије, где паралелни систем има предност у односу на серијски. С обзиром да се снага погонских агрегата сабира у јединствену на погонском вратилу то омогућава да сваки од њих има мању снагу од потребне за достизање жељених возних карактеристика возила. За разлику од серијских и серијско-паралелних, где би се вршила конверзија енергије/снаге, односно погонски агрегати би радили одвојено покретајући погонске осовине. Такође, возилу треба обезбедити аутономност погона што је могуће применом мотора СУС веће снаге, а електромотор би у појединим тренуцима асистирао. Погон електромотором би био могућ на краћим релацијама, dobrим путевима и условима градске возње. За разлику од серијских и серијско-паралелних хибрида, паралелни

погон има мање могућности приликом покретања у електро моду, што за овај тип возила није пресудно.

За изабрани паралелни систем погона, при провери перформанси мотора, односно снаге, важи следећа релација [2]:

$$P = \frac{v}{1000 \cdot \eta_T} \cdot \left(\mu \cdot m \cdot g + \frac{1}{2} \rho \cdot c_x \cdot A \cdot v^2 + m \cdot g \cdot \sin \frac{\alpha \pi}{180^\circ} \right) \quad (8.1)$$

где су:

v – брзина возила, η_T – степен корисност трансмисије, μ – коефицијент пријањања, m – маса возила, g – сила земљине теже, ρ – густина ваздуха, c_x – коефицијент отпора ваздуха, A – чеона површина возила,

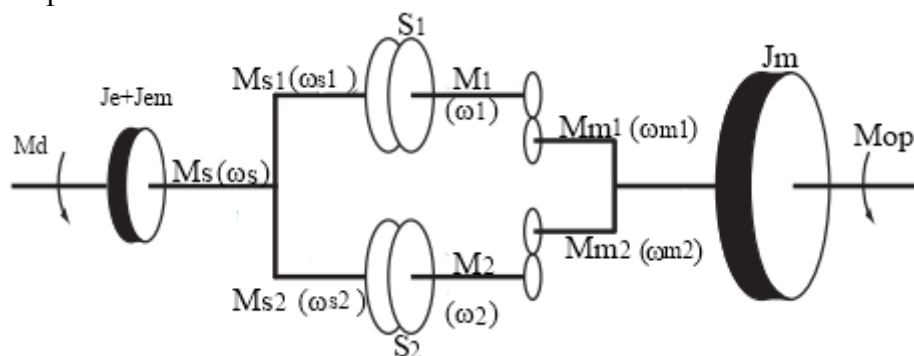
На слици 8.13 приказана прорачунска шема паралелног хибрида са дуплом спојницом.

Укупна снага хибридног возила представља збир два различита извора напајања, односно погонских агрегата, за изабрани пример важи следећи израз [46]:

$$P_d = (M_e + M_{em}) \cdot \omega_d \quad (8.2)$$

где су:

M_e – обртни момент мотора СУС, M_{em} – обртни момент електромотора, ω_d – угаона брзина погонских агрегата.



Слика 8.13. Прорачунска шема паралелног хибрида са дуплом спојницом (DCT мењач) [46]

Прем слици 8.13 могу се извести следећи изрази за пренос снаге кроз трансмисију [46]:

$$(J_e + J_{em}) \cdot \omega_s = M_d + M_s \quad (8.3)$$

где су:

J_e – момент инерције мотора СУС, J_{em} – момент инерције електромотора, ω_s – угаона брзина спојнице, M_d – обртни момент погонских агрегата, M_s – обртни момент на спојници.

$$J_m \cdot \omega_m = M_{op} + M_m \quad (8.4)$$

где су:

J_m – момент инерције мењача, ω_m – угаона брзина мењача, M_{op} – обртни момент оптерећења, M_m – обртни момент на мењачу.

У случају развођења снаге на два вратила, односно спојнице важе следећи изрази [46]:

$$M_m = M_{m1} + M_{m2}; \quad M_S = M_{S1} + M_{S2} \quad (8.5)$$

где су:

M_{m1} – момент на првом улазном вратилу мењача, M_{m2} – момент на другом улазном вратилу мењача, M_{S1} – момент на првој спојници, M_{S2} – момент на другој спојници.

Укупна снага на спојници је збир снаге на обема спојницама [46]:

$$P_S = P_{S1} + P_{S2} \quad (8.6)$$

где су:

P_{S1} – снагана првој спојници, P_{S2} – снага на другој спојници.

8.6. Усвајање система за управљање,

При избору управљачког система треба имати у виду категорију возила, препоручује се да се предходно изврши анализа постојећих система на возилима исте категорије, а у случају да жели коришћење аутоматизованих система за управљање, треба се обратити специјализованим произвођачима тих система. Код свих данашњих савремених возила уградња серво управљача је постала стандард из разлога постизања бољих перформанси и лакшег управља возилом.

За пројектовано возило изабран је систем управљања са зупчастом летвом, односно серво електромеханички систем управљања ZF TRW (EPS), приказан на слици 8.14. Овај систем се примењује се код возила класе D и виших класа. Систем се напаја електричном струјом напона 12 V и може постићи и до 18 kN силе заокретања. У питању је мехатронички систем за управљање предњим точковима и оптерећењем осовине до 1000 kg и преносним односом 24:1. Добре особине овог система је та што његово напајање не потиче од погонског агрегата, те штеди гориво 0,33 l/100km. Такође, смањује емисију CO₂, приближно 8g/km [40].



Слика 8.14. Електромеханички систем управљања ZF TRW (EPS), [40]

8.7 . Усвајање система ослањања и система кочења

За пројектовано теренско возило изабран је систем еластичног ослањања McPherson, на прењој осовини, односно Multilink на задњој осовини као прва опција, односно ваздушно ослањање као друга опција. За ново возило на хибридни погон у табели 8.5 дефинисан је жељени систем осањања. Овакав СЕО се углавном примењује код луксузних и теренских возила.

Табела 8.5. Изабрани ситем ослањања за теренско возило на хибридни погон (MIG/AF)

Напред	- Независно осањање; - Вођење точкова; - Добре пришујуће карактеристике; - Систем McPherson са вођењем у попречној равни.
Позади	- Независно ослањање; - Опција 1:систем Multilink са четворостуком везом; - Опција 2: ваздушно ослањање са регулацијом.

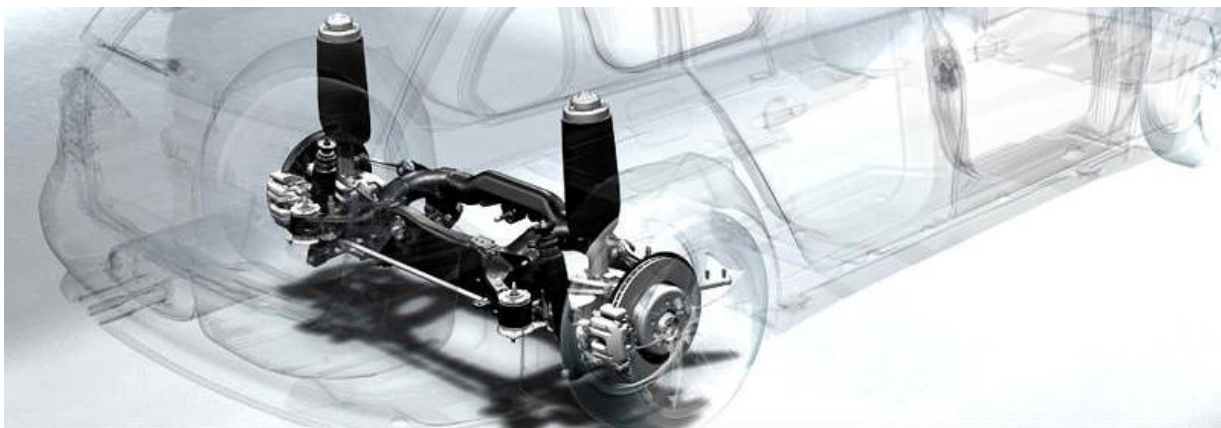
Често се у цилиндричном шупљом простору опруге уграђује телескопски амортизер слика 8.15. Завојне опруге не могу пренети бочче и уздужне силе. Стога се примењују у таквим конструкцијама ослањања, у којима се силе кочења, погонске и бочнее силе преносе посебним елементима за вођење. Опруге се постављају на возило са одређеним преднапоном. Систем Multilink развијен је за систем ослањања позади и представља независно ослањање. Овај систем ослањања је редизајниран у систем са четворостуком везом (три попречен и једна узбужна веза по точку). Ово значи да може да уздужно и попречно прими динамичка оптерећења, свака веза за себе готово независно једна од друге, чиме се постиже задовољавајућа стабилност и удобност. На слици 8.16, приказано је Multilink задње ослањање. Као све полупларније код теренских возила високе класе је регулисано ваздушно ослањање задње осовине приказано на слици 8.17.



Слика 8.15. McPherson опругна нога са завојном опругом [4]



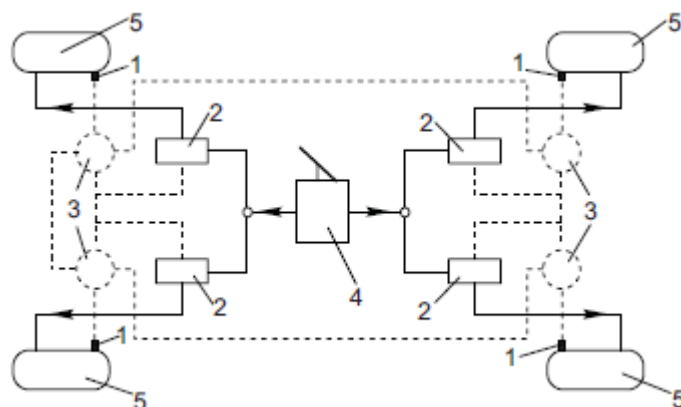
Слика 8.16. Multilink задње ослањање [41]



Слика 8.17. Ваздушно ослањање задње осовине (BMW X5) [42]

При изради идејног пројекта, дефинишу се параметри система који требају да обезбеде добре кочионе особине и стабилност возила током кочења. Основни захтев који се поставља пред систем кочења је остваривање максималних кочних сила и максималног успорења. Максимално успорење постиже се у случају највеће вредности коефицијента пријањања. То се постиже при њиховом проклизавању од око 20 – 30%. Да би се ова вредност клизања остварила у свим условима, користе се против блокирајући системи

точкова – ABS (Antilock Braking System). С обзиром да се пројектује луксузно тернско возило високе проходности изабран је комбинација ABS – а на свим точковима, са независним и директним регулисањем сваког точка посебно (слика 8.18).



Слика 8.18. Шема ABS – а на свим точковима, са независним и директним регулисањем сваког точка посебно: 1. давач угаоне брзине, 2. регулациони вентил, 3. управљачка јединица, 4. главни кочиони цилиндар, 5. точак возила [4]

Поред ABS – а система возило треба да поседује и:

ESP – уређај који врши контролу стабилности возила. За услове вожње где може доћи и до губљења стабилности возила (подуправљивост, недуправљивост). Овај уређај детектује распоред момената и сила на точковима и усмерава сигнал за кочење ка одговарајућем точку, како би се возило вратило у стабилну управљивост.

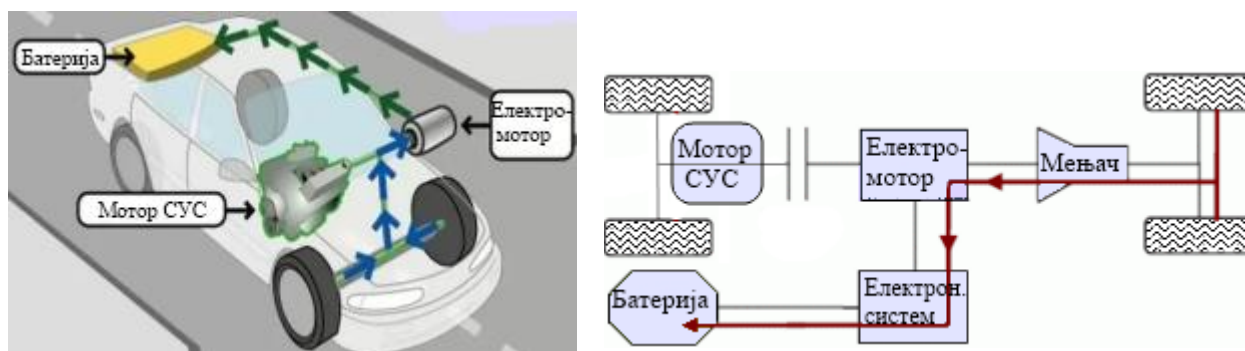
EDS – електронска блокада диференцијала. Служи као помоћ при покретању возила. Делује када је један од погонских точкова проклизава током убрзања. Точак се кочи, а диференцијал момент преноси на точак који га може примити.

ASR – делује на систем за управљање мотором и системом кочења (ABS), са циљем избегавања проклизавања при убрзању. Обезбеђује смањење погонског момента на погонским точковима, како би се избегло проклизавање.

HSA – систем који потпомаже покретању на узбрдици.

HDC – систем помоћи при вожњи низбрдо. Преко кочионог система спречава убрзање возила на низбрдици, за брзине мање од 20 km/h и падове пута веће од 20%.

Процесом кочења ослобађа се велика енергија у облику топлоте, која се код конвенционалних губи. Док код возила опремљеним системима регенеративног кочења на точковима се налазе посебни ротори који су електроинсталацијама спојени на акумулаторе енергије попут електромотора/генератора или батерија. У првом случају електромотор током кочења ради као генератор те пуни батерије (слика 8.19). Директно пуњење батерија кочењем је резервисано за чисто електрична возила који су опремљени свом пратећом инсталацијом.



Слика 8.19. Шематски приказ регенеративног кочења код паралелног хибридног погона [8] [12]

Енергија добијена регенеративним кочењем може се формулисати следећим изразом [46]:

$$E_{reg} = - \sum M_{em} \cdot n_s \cdot t_k \quad (8.7)$$

где су:

M_{em} – обртни момент електромотора, n_s – број обртаја уланог вратила спонице, t_k – време кочења.

8.8. Усвајање точкова

Пред пнеуматик се поставља задатак да обезбеди одговарајућу удобност и конфор. Данас искључиво користе радијални пнеуматици. За хибридна возила пнеуматици су квалитетније израде и мањег отпора котрљања него код конвенционалних возила, такви пнеуматици су још увек у фази развоја. Због утицаја на конструкцију и понашање управљачког система није дозвољена замена пнеуматика друге врсте од оних које је прописао произвођач возила. За пројектовано теренско возило изабрани су наплатци 8.5Jx20 ET35, радијалним пнеуматици 255/45 R20 105 V на свим точковима, избор је извршен према аналогји са сличним моделима возила. За набавку пнеуматика изабран је произвођач „Michelin“. На слици 8.20, приказан изабран пнеуматик произвођача „Michelin“ 255/45 R20 105 V, док су у табели 8.6 дато објашњење ознака за изабран пнеуматик.



Слика 8.20. Пнеуматика „Michelin“ 255/45 R20“ [43]

Табела 8.6. Објашњење основних ознака изабраних пнеуматика

Ознака	Значење
245	Ширина пнеуматика (газеће површине – протектора) у mm.
45	Профил пнеуматика – однос између висине бочног зида и ширине газеће површине изражен у процентима. Висина изабраног пнеуматика је 45% ширине пнеуматика.
R	Радијална конструкција пнеуматика.
20	Пречник наплата у in
105	Индекс носивости, који дефинише максимално оптерећење, које се може прочитати из табела носивости. У овом случају број 105 значи да ова гума може издржати максималних 925 kg оптерећења.
V	Индекс брзине, словна ознака која означава максималну брзину коју пнеуматик може издржати, при дозвољеном оптерећењу, у овом случају 240 km/h.

8.9. Усвајање ентеријера и додатне опреме

Како се ради о луксузном возилу високе класе, неопходно је задовољити потребе потенцијалних купца возила, тако да треба усвојити опрему, која ће уједно бити и стандардна опрема возила. Ентеријер возила биће опремљена најмодернијим уређајима, а унутрашњост возила биће изрђена од најквалитетнијих полимерних материјала, коже и других материјала. Жељени ентеријер на основу ког ће бити опремљено возило приказан је на сликама 8.21 и 8.22, док је слици 8.23 приказан навигациони систем за пројектовано возило.



Слика 8.21. Жељени ентеријер за пројектовано возило M1G/AF [20]



Слика 8.22. Жељени ентеријер за пројектовано возило M1G/AF [20]



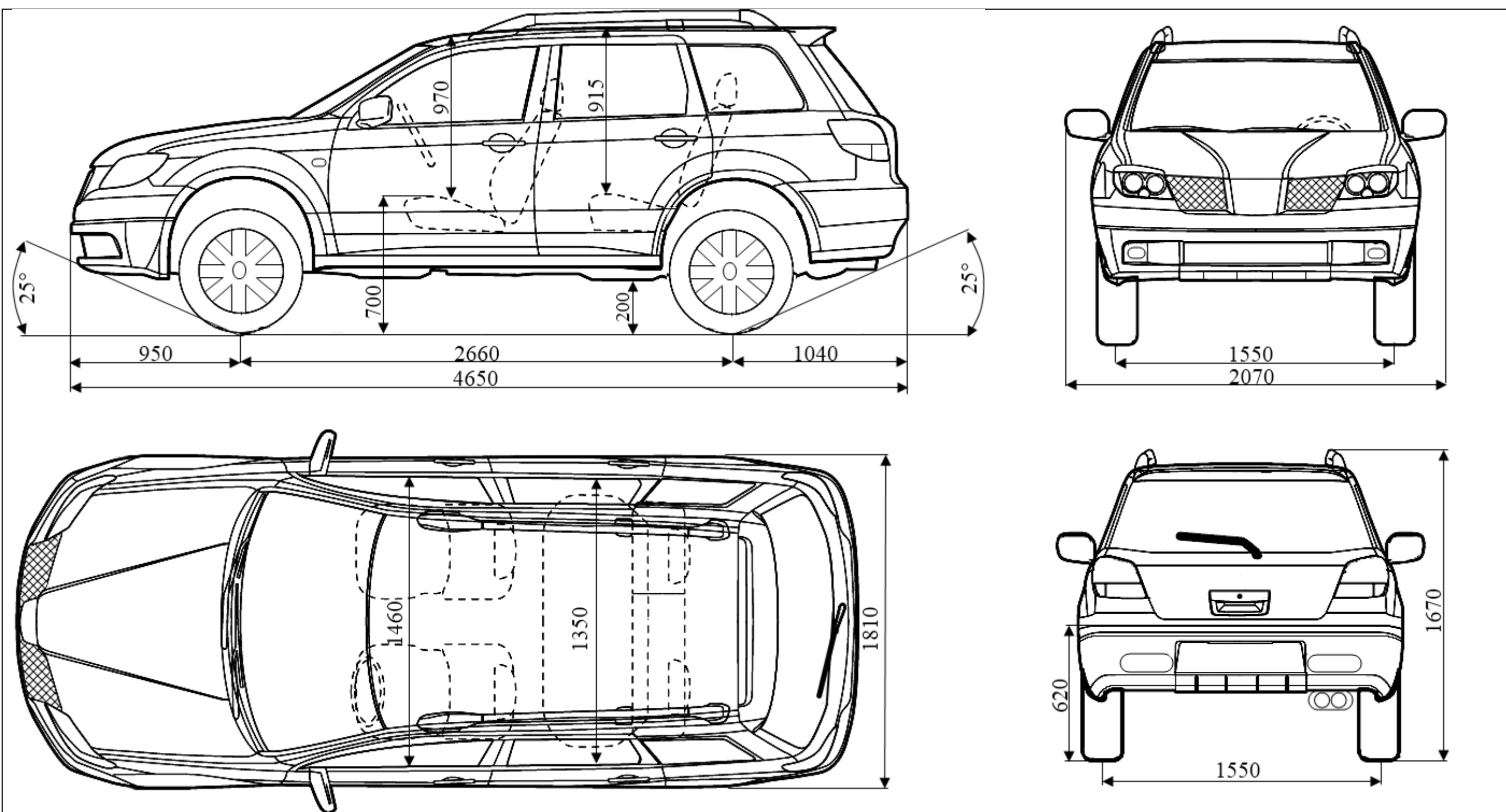
Слика 8.23. Навигациони систем за пројектовано возило M1G/AF [20]

9. Димензије пројектног моторног возила M1G/AF

Табела 9.1. Усвојене димензије за пројектовано возило M1G/AF

Дужина	4650 mm
Ширина	2070 mm
Ширина без ретровизора	1810 mm
Висина	1670 mm
Међуосовинско растојање	2660 mm
Предњи препуст	950 mm
Задњи препуст	1040 mm
Клиренс	200 mm
Траг предњих точкова	1550 mm
Траг задњих точкова	1550 mm
Ширина унутрашњег простора – напред	1460 mm
Ширина унутрашњег простора – позади	1350 mm
Прилазни/излазни угао	25°/25°

На слици 9.1, приказан је технички цртеж идејног пројекта возила M1G/AF са означеним основним димензијама, урађен на основу сличних модела овог типа возила.



Слика 9.1. Технички цртеж идејног пројекта возила MIG/AF са хибридном погоном

10. Рачунска провера перформанси и стабилности возила

Рачунска провера перформанси и стабилности возила ради се на основу изабраних компоненти (погонски агрегати и мењачки преносник) и димензија са техничког цртежа возила. За прорачун ће бити рађен на основу карактеристика погонских агрегата и мењачког преносника.

Табела 10.1. Подаци за прорачун вучно – брзинских карактеристика

Карактеристике возила	Подаци
Геометријске мере	$l = 2.66 \text{ m}$ $2s = 1.55 \text{ m}$ Чеона површина возила за путничка возила са моторима преко 1000 cm^3 $A = (2,0-2,8) \rightarrow A = 2,7 [5]$
Маса празног и оптерећеног возила	$m_v = 2000 \text{ kg}; m_{opt} = 2550 \text{ kg}$
Карактеристике мотора: - максимална снага, - максимални обртни момент Електромотор: - максимална снага, - максимални обртни момент	$P_{e \max} = 147 \text{ kW} (n_p = 6000 \text{ min}^{-1})$ $M_{e \max} = 280 \text{ Nm} (n_m = 1700-5000 \text{ o/min})$ $P_{e \max} = 55 \text{ kW} (n_p = 7000 \text{ min}^{-1})$ $M_{e \max} = 165 \text{ Nm}$
Положај мотора и погон	мотор напред попречно – 4x4
Преносни односи	аутоматски 8 – степени: $i_I = 4,714, i_{II} = 3,143, i_{III} = 2,106, I_{IV} = 1,667, I_V = 1,285, I_{VI} = 1,00, I_{VII} = 0,839, I_{VIII} = 0,667, I_{HN} = -3,317, i_0 = 4,885$
Пнеуматици	255/45 R 20
Коефицијент отпора ваздуха	За путничка возила $c_x = (0,25-0,4) \rightarrow c_x = 0,3 [5]$

Пошто возило за погон користи два погонска агрегата неопходно је израчунати полазне податке на основу изабраног мотора СУС и електромотора како би се испитале вучно-брзинске карактеристике пројектованог возила.

За паралелни систем погона уа снагу важе следеће релације [2]:

$$P = P_e + P_{em} \rightarrow P_{\max} = P_{e\max} + P_{em\max} [\text{kW}] \quad (10.1)$$

где су:

$P_{\max}$ – максимална снага погонских агрегата, односно P – потребна снага погонских агрегата за савладавање отпора пута.

P_e – снага мотора СУС, односно $P_{e\max}$ – максимална снага мотора СУС,

P_{em} – снага електромотора, односно $P_{em\max}$ – максимална снага електромотора.

$$P_{\max} = P_{e\max} + P_{em\max} = 147 + 55 = 202 \text{ kW}$$

За број обртаја мотора важи следећа релација [2]:

$$i_m \cdot i_o \cdot \omega_t = \omega_{em} = \omega_e \text{ [o/min]} \quad (10.2)$$

где су:

i_m – преносни однос у мењачу у зависности о степена преноса,

i_o – преносни однос главног преносника,

ω_t – угаона брзина на точку,

ω_{em} – угаона брзина електромотора,

ω_e – угаона брзина мотора СУС.

Угаона брзина погонских точкова може се изразити на следећи начин:

$$\omega_t = \frac{P}{M_t} \text{ [rad/s]} \quad (10.3)$$

где су:

M_t – обртни момент на точку.

$$M_t = i_m \cdot i_o \cdot \eta_T \cdot (M_e + M_{em}) \text{ [Nm]} \quad (10.4)$$

где су:

M_e – обртни момент мотора СУС,

M_{em} – обртни момент електромотора.

Вучна сила за истовремено коришћење мотора СУС и електромотора (обртни момент зависи од режима рада и броја обртаја мотора):

$$F_T = \frac{i_m \cdot i_o \cdot \eta_T \cdot (M_e + M_{em})}{r_d} \text{ [N]} \quad (10.5)$$

За паралелна хибрида возила са мењачким преносником са дуплом спојницом у зависности од режима рада важе следеће релације [2]:

Режим рада са електромотором:

$$\omega_t = \frac{\omega_{em}}{\omega_m \cdot \omega_o}; M_t = i_m \cdot i_o \cdot M_{em} \text{ [o/min]} \quad (10.6)$$

Комбиновани режим рада:

$$\omega_t = \frac{\omega_{em}}{i_m \cdot i_o} = \frac{\omega_e}{i_m \cdot i_o}; M_t = i_m \cdot i_o \cdot (M_e + M_{em}) \text{ [o/min]} \quad (10.7)$$

Режим рада са мотором СУС [2]:

$$\omega_t = \frac{\omega_e}{i_m \cdot i_o}; M_t = i_m \cdot i_o \cdot M_e \text{ [o/min]} \quad (10.9)$$

Регенеративни режим рада [2]:

$$\omega_{ul} = \frac{\omega_{em}}{i_m \cdot i_o}; M_t = -i_m \cdot i_o \cdot M_{em} \text{ [o/min]} \quad (10.10)$$

ω_{ul} – угаона брзина улазног вратила електромотора

Режим рада пуњења батерије (возило у покрету) [2]:

$$\omega_t = \frac{\omega_{em}}{i_m \cdot i_o} = \frac{\omega_e}{i_m \cdot i_o}; M_t = i_m \cdot i_o \cdot M_e - M_{em} \quad (10.11)$$

Режим рада пуњења батерије (возило у покрету) [2]:

$$\omega_t = 0; M_e = M_{em}; \omega_e = \omega_{em} \text{ [o/min]} \quad (10.12)$$

Дат је избор основних величина, одакле следи одређивање коефицијената отпора котрљању, коефицијента пријањања, механичког степена корисности трансмисије, расподеле тежине, координата тежишта возила и избор пнеуматика.

Коефицијент отпора котрљања:

У табели 10.2 су приказане вредности коефицијента отпора при котрљању који има различите вредности за различите брзине изражене у km/h.

Табела 10.2. Вредности коефицијента отпора котрљања [10]

Назив величине	Прорачун основних параметара возила	Напомена:
Коефицијент отпора при котрљању	$f = f_0(1 + a \cdot v^2)$ $f = f(v)$	При овом прорачуну, коефицијент отпора при котрљању одређује се применом емпиријске формуле.

Коефицијент отпора при котрљању f_0 се усваја:

Овај фактор узима се за асфалт у одличном стању, а износи:

$$f_0 = 0,01 \text{ [-]}$$

Брзина кретања возила v :

За брзину кретања возила узимају се вредности интервала $v = (20 \div 240) \text{ [km/h]}$

Константа a' :

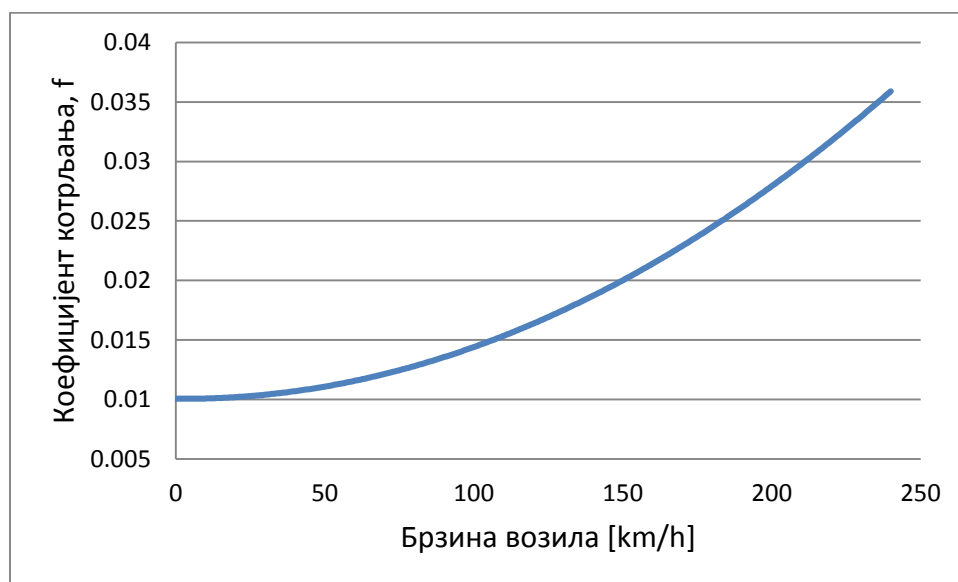
Из интервала $a' = (4 \div 5) \cdot 10^{-5}$, се усваја ова константа, а узета је следећа вредност:

$$a' = 4,5 \cdot 10^{-5} [-]$$

У табели 10.3 је дата зависност коефицијента отпора котрљању од брзине, према горњем изразу, а на слици 10.1 дата је дијаграм зависност коефицијента отпора котрљању од брзине, према вредностима у поменутој табели.

Табела 10.3. Приказ зависности коефицијента отпора котрљању од брзине возила

v , km/h	20	40	60	80	100	120
f , [-]	0,01018	0,01072	0,01162	0,01288	0,0145	0,01648
v , km/h	140	155	180	200	220	240
f , [-]	0,01882	0,02081	0,02458	0,028	0,03178	0,03592



Слика 10.1. Дијаграм зависност коефицијента отпора котрљања од брзине возила

Коефицијент пријањања:

Коефицијент пријањања се бира у зависности од стања површине пута, тако да се за сув асфалт узима вредност из следећег интервала $\varphi = 0,7 \div 0,8$, а усвојена је следећа вредност:

$$\varphi = 0,75 [-]$$

Механички степен корисности трансмисије:

Механички степен корисности трансмисије зависи од механичких степени корисности мењача, карданског преносника и главног преносника (табела 10.4).

Механички степен корисности мењача $\eta_m(0,96 - 0,98)$:

Усвојена смо вредност: $\eta_m = 0,97$

Механички степен корисности карданског преносника $\eta_k(0,98 - 0,99)$:

Усвојено: $\eta_k = 0,98$

Механички степен корисности главног преносника $\eta_{gp}(0,92 - 0,95)$:

Усвојили смо вредност: $\eta_{gp} = 0,93$

Механички степен корисности главног разделника снаге $\eta_r(0,97 - 0,98)$:

Усвојили смо вредност: $\eta_r = 0,97$

Табела 10.4. Механички степен корисности трансмисије [10]

Механички степен корисности трансмисије	$\eta_T = \eta_m \cdot \eta_{gp} \cdot \eta_k \cdot \eta_r$ $\eta_T = 0,97 \cdot 0,93 \cdot 0,98 \cdot 0,97$	$\eta_T = 0.8575 [-]$ $\eta_T = 85,75 [\%]$
---	--	---

Фактор отпора ваздуха:

Коефицијент отпора ваздуха дат је у спецификацији возила, а вредност фактора отпора ваздуха израчуната је следећим прорачуном и дата у табели 10.5.

Табела 10.5. Фактор отпора ваздуха [10]

Фактор отпора ваздуха	$K = c_x \cdot \frac{\rho}{2}$	$K = 0,1875 \left[\frac{Ns^2}{m^4} \right]$
-----------------------	--------------------------------	--

Густина ваздуха ρ за нормалне атмосферске услове ваздух има следећу густину:

$$\rho \approx 1,25 \left[\frac{kg}{m^3} \right]$$

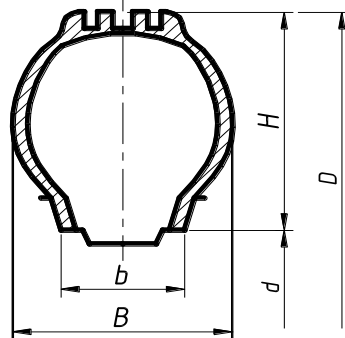
Табела 10.6. Расподела тежишта, координате тежишта [9]

Висина тежишта за оптерећено возило	$h_T = (0,45 - 0,65)$	$h_T = 0.6 [m]$
Растојања центара тачкова од тежишта	$\frac{a}{l} = 0.501 \rightarrow a = 0.501 \cdot l; b = l - a$	$l = 2,66 [m]$ $a = 1,33266 [m]$ $b = 1,32734 [m]$
Укупна тежина оптерећеног возила	$G = m_{op} \cdot g$	$G = 25015,5 [N]$
Оптерећење предње и задње осовине	$G_1 = b/l \cdot G$ $G_2 = a/l \cdot G$	$G_1 = 12482,74 [N]$ $G_2 = 12532,76 [N]$
Оптерећење предњих и задњих тачкова	$G_1' = G_1/2$ $G_2' = G_2/2$	$G_1' = 6241,37 [N]$ $G_2' = 6266,38 [N]$

Избор пнеуматика:

Приликом израде прорачуна усвојен је радијални пнеуматик типа 255/45 R 20. Његове основне геометријске мере и односи, као и динамички полупречник (табела 10.7).

Табела 10.7. Геометријске мере пнеуматика [10]

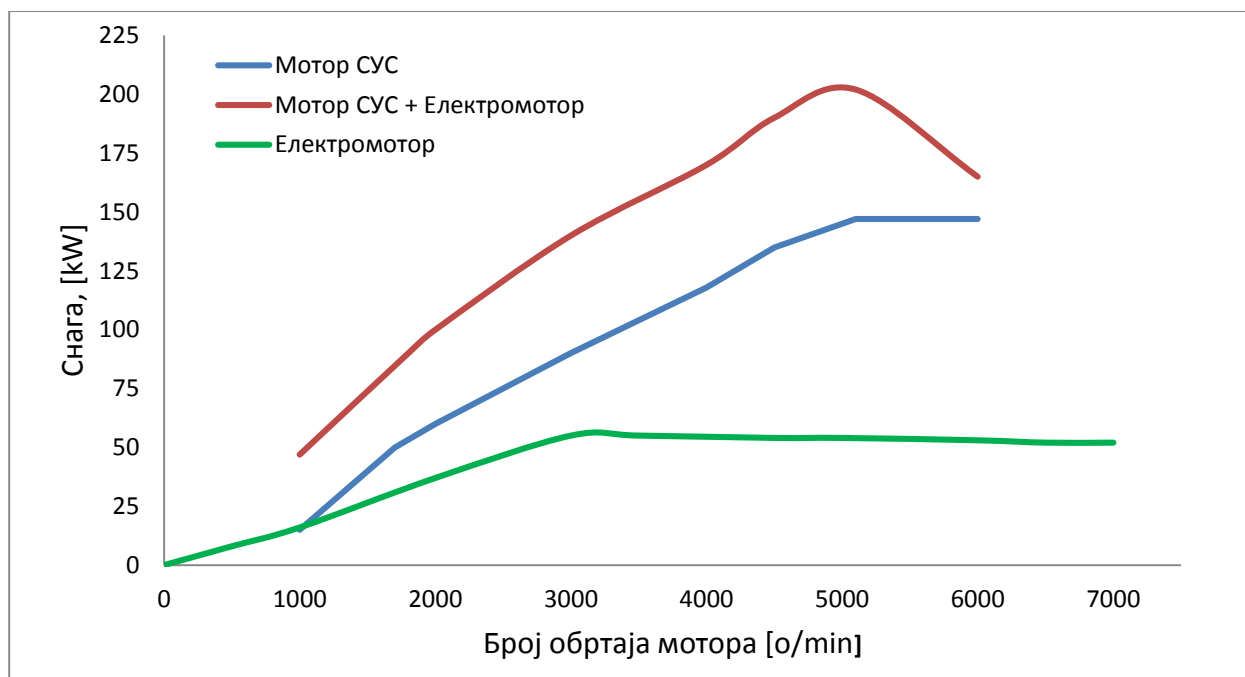
Основна ширина пнеуматика	$B = 255 \text{ mm}$	
Називни однос H/B	$H = 0.45 \cdot 255 = 114,75 \text{ mm}$	
Називни пречник наплатка	$d = 20 \cdot 25.4 \text{ mm (1" = 25.4)}$	$d = 508 \text{ [mm]}$
Спољашњи пречник пнеуматика	$D = d + 2H$	$D = 737,5 \text{ [mm]}$ $D = 0.7375 \text{ [m]}$
Динамички полупречник пнеуматика	$r_d = (0.93 - 0.97) \cdot D/2$ $r_d = 0,95 D/2$	$r_d = 350.3 \text{ [mm]}$ $r_d = 0.350 \text{ [m]}$

Спољашња брзинска карактеристика мотора:

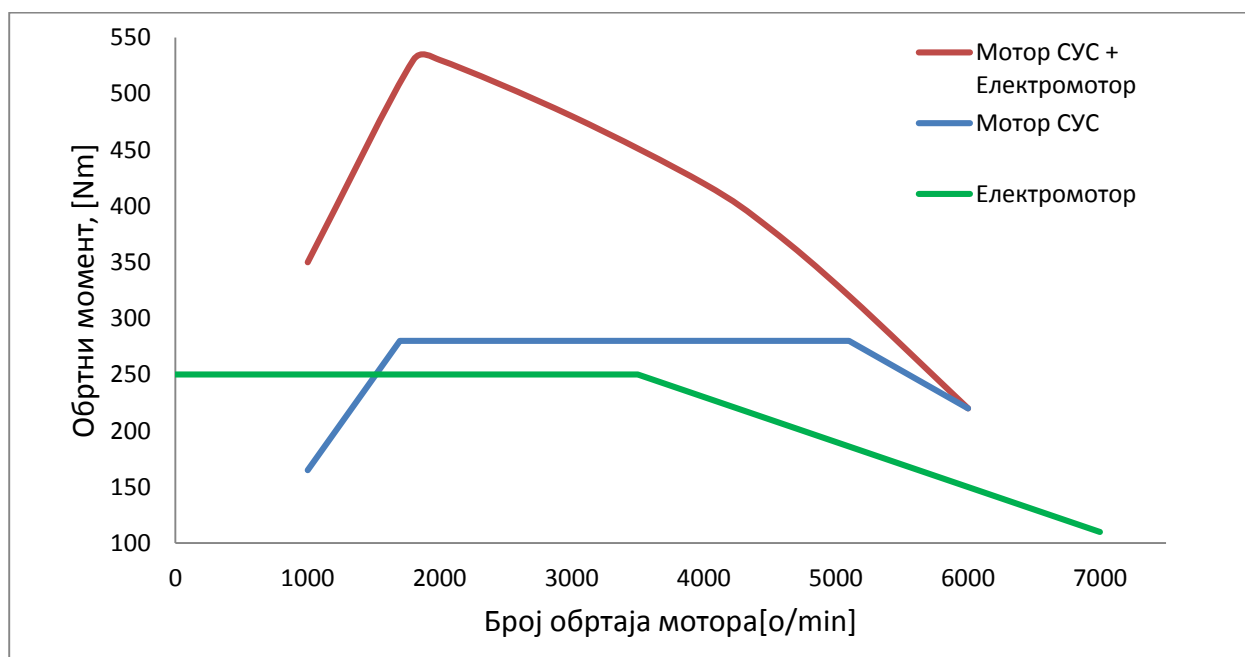
За апроксимацију стварне карактеристике мотора (стварне зависности снаге и момента мотора од броја обртаја) биће коришћени подаци произвођача погонских агрегата (мотор СУС + електромотор) (табела 10.8).

Табела 10.8.. Табеларни приказ снага и момената мотора у функцији од бројева обртаја

Мотор СУС								
$n_e, ^\circ/\text{min}$	1000	1700	2000	3000	4000	4500	5100	6000
P_e, kW	15	50	60	90	118	135	147	147
M_e, Nm	165	280	280	280	280	280	280	225
Електромотор								
$n_e, ^\circ/\text{min}$	1000	2000	3000	3500	4500	5000	6000	7000
P_e, kW	16	37	55	55	54	54	53	52
M_e, Nm	250	250	250	250	175	160	130	110
Мотор СУС + Електромотор								
$n, ^\circ/\text{min}$	1000	1800	2000	3000	4000	4500	5100	6000
P, kW	47	80	105	140	170	180	202	165
M, Nm	350	530	520	480	420	380	320	220



Слика 10.2. Дијаграм зависности снаге мотора од броја обртаја мотора



Слика 10.3. Дијаграм зависности обртног момента мотора од броја обртаја мотора

Одређивање максималне брзине возила:

Одређивање максималне брзине возила и степена преноса у коме се она постиже, врши се на основу биланса снаге:

$$P_o = \sum P = P_f + P_\alpha + P_j + P_v$$

За различите степене преноса при максималном броју мотора биће израчуната брзина возила и вучна сила возила. За паралелни хибридни погон возила важи $p_{em} = p_e$ за комбиновани режим рада.

$$v = \frac{0,377 \cdot r_d \cdot n}{i_m \cdot i_o}, [\text{km/h}] \quad (10.13)$$

$$\begin{aligned} v_I &= \frac{0,377 \cdot r_d \cdot n}{i_m \cdot i_o} = \frac{0,377 \cdot 0,35 \cdot 6000}{4,714 \cdot 4,885} = 34,38 [\text{km/h}] \\ v_{II} &= \frac{0,377 \cdot r_d \cdot n}{i_m \cdot i_o} = \frac{0,377 \cdot 0,35 \cdot 6000}{3,143 \cdot 4,885} = 51,56 [\text{km/h}] \\ v_{III} &= \frac{0,377 \cdot r_d \cdot n}{i_m \cdot i_o} = \frac{0,377 \cdot 0,35 \cdot 6000}{2,106 \cdot 4,885} = 76,95 [\text{km/h}] \\ v_{IV} &= \frac{0,377 \cdot r_d \cdot n}{i_m \cdot i_o} = \frac{0,377 \cdot 0,35 \cdot 6000}{1,667 \cdot 4,885} = 97,22 [\text{km/h}] \\ v_V &= \frac{0,377 \cdot r_d \cdot n}{i_m \cdot i_o} = \frac{0,377 \cdot 0,35 \cdot 6000}{1,285 \cdot 4,885} = 126,12 [\text{km/h}] \\ v_{VI} &= \frac{0,377 \cdot r_d \cdot n}{i_m \cdot i_o} = \frac{0,377 \cdot 0,35 \cdot 6000}{1 \cdot 4,885} = 162,067 [\text{km/h}] \\ v_{VII} &= \frac{0,377 \cdot r_d \cdot n}{i_m \cdot i_o} = \frac{0,377 \cdot 0,35 \cdot 6000}{0,839 \cdot 4,885} = 187,36 [\text{km/h}] \\ v_{VIII} &= \frac{0,377 \cdot r_d \cdot n}{i_m \cdot i_o} = \frac{0,377 \cdot 0,35 \cdot 6000}{0,677 \cdot 4,885} = 242,98 [\text{km/h}] \end{aligned}$$

$$F_T = \frac{i_m \cdot i_o \cdot \eta_T \cdot (M_e + M_{em})}{r_d}, [\text{N}] \quad (10.14)$$

$$\begin{aligned} F_{TI} &= \frac{i_m \cdot i_o \cdot \eta_T \cdot (M_e + M_{em})}{r_d} = \frac{4,714 \cdot 4,885 \cdot 0,8575 \cdot (280 + 250)}{0,35} = 29901,71 [\text{N}] \\ F_{TII} &= \frac{i_m \cdot i_o \cdot \eta_T \cdot (M_e + M_{em})}{r_d} = \frac{3,143 \cdot 4,885 \cdot 0,8575 \cdot (280 + 250)}{0,35} = 19936,59 [\text{N}] \\ F_{TIII} &= \frac{i_m \cdot i_o \cdot \eta_T \cdot (M_e + M_{em})}{r_d} = \frac{2,106 \cdot 4,885 \cdot 0,8575 \cdot (280 + 250)}{0,35} = 13358,72 [\text{N}] \\ F_{TIV} &= \frac{i_m \cdot i_o \cdot \eta_T \cdot (M_e + M_{em})}{r_d} = \frac{1,667 \cdot 4,885 \cdot 0,8575 \cdot (280 + 250)}{0,35} = 10574,06 \text{ N} \\ F_{TV} &= \frac{i_m \cdot i_o \cdot \eta_T \cdot (M_e + M_{em})}{r_d} = \frac{1,285 \cdot 4,885 \cdot 0,8575 \cdot (280 + 250)}{0,35} = 8150,98 [\text{N}] \\ F_{TVI} &= \frac{i_m \cdot i_o \cdot \eta_T \cdot (M_e + M_{em})}{r_d} = \frac{1 \cdot 4,885 \cdot 0,8575 \cdot (280 + 250)}{0,35} = 6343,17 [\text{N}] \\ F_{TVII} &= \frac{i_m \cdot i_o \cdot \eta_T \cdot (M_e + M_{em})}{r_d} = \frac{2,106 \cdot 4,885 \cdot 0,8575 \cdot (280 + 250)}{0,35} = 5321,92 [\text{N}] \\ F_{TVIII} &= \frac{i_m \cdot i_o \cdot \eta_T \cdot (M_e + M_{em})}{r_d} = \frac{2,106 \cdot 4,885 \cdot 0,8575 \cdot (280 + 250)}{0,35} = 4230,90 [\text{N}] \end{aligned}$$

Број обртаја при максималној брзини:

У табели 10.9 дат број је обртаја при максималној брзини.

Табела 10.9. Број обртаја при максималној брзини [10]

Број обртаја при максималној брзини	$n_v = \frac{i_o \cdot i_m \cdot v_{\max}}{2 \cdot \pi \cdot r_d}$	$n_v = 99,996 \text{ [o/s]}$ $n_w = 5999,85 \approx 6000 \text{ [o/min]}$
-------------------------------------	--	--

Одређивање вучних сила, динамичког фактора и убрзања возила у функцији брзине кретања возила у I степену преноса мењача:

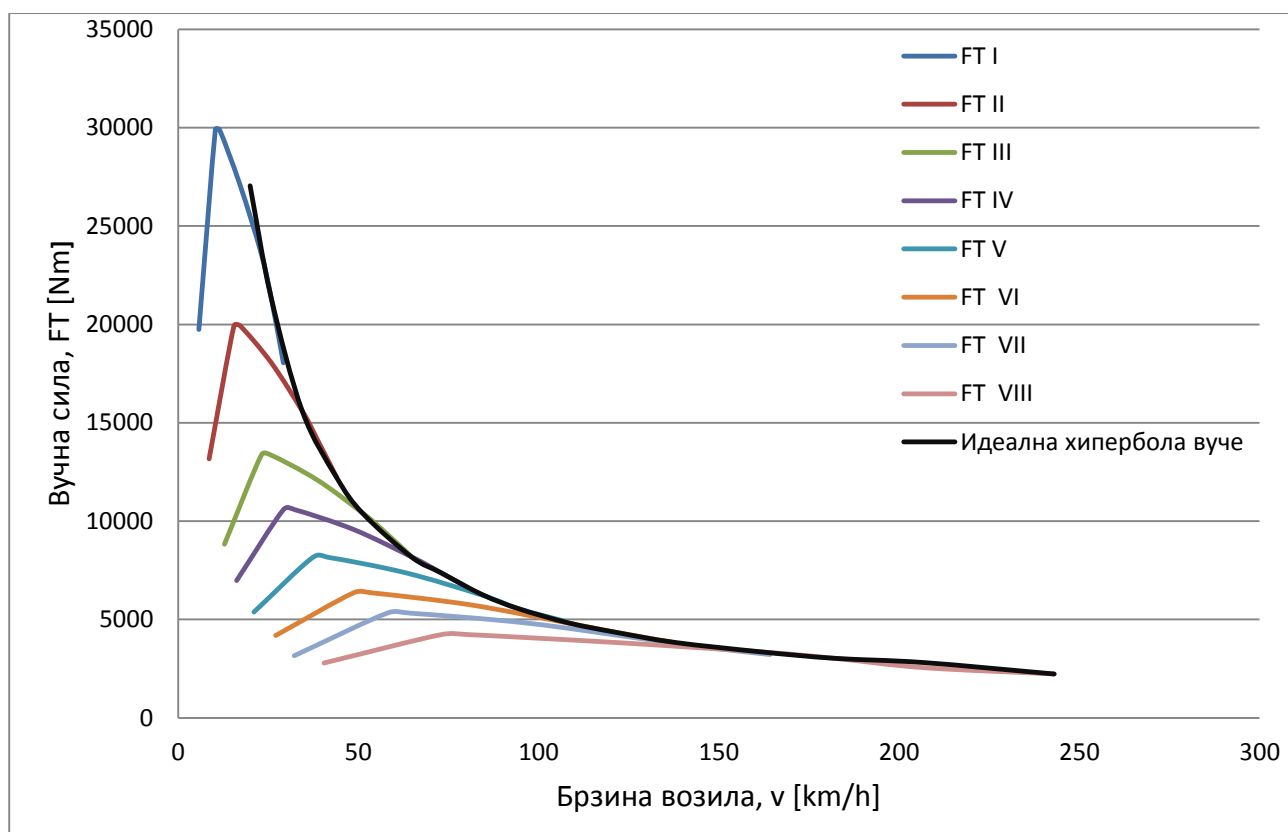
Табела 10.10. Зависност вучних сила и брзине од бројева обртаја мотора [10]

Назив величине	Прорачун величина у V степену преноса	Резултати прорачуна
Брзина возила	$v = \frac{0,377 \cdot r_d \cdot n}{i_o \cdot i_m}$	$v \text{ [km/h]}$
Вучна сила	$F_T = \frac{M \cdot i_m \cdot i_o \cdot \eta_T}{r_d}$	$F_T \text{ [N]}$
Отпор ваздуха	$R_v = K \cdot A \cdot v^2$	$R_v \text{ [N]}$
Динамички фактор	$D = \frac{F_o - R_v}{G}$	$D [-]$
Коефицијент пријањања	$f = f_o(1 + a'v^2)$	$f [-]$
Убрзање возила	$j = \frac{g}{\delta} \cdot (D - f)$	$j \left[\frac{m}{s^2} \right]$
Коефицијент учешћа обртних маса	$\delta = 1,03 + 0,05 \cdot i_m^2$ $\delta_I = 1,03 + 0,05 \cdot 4,714$	$\delta_I = 1,2657 [-]$

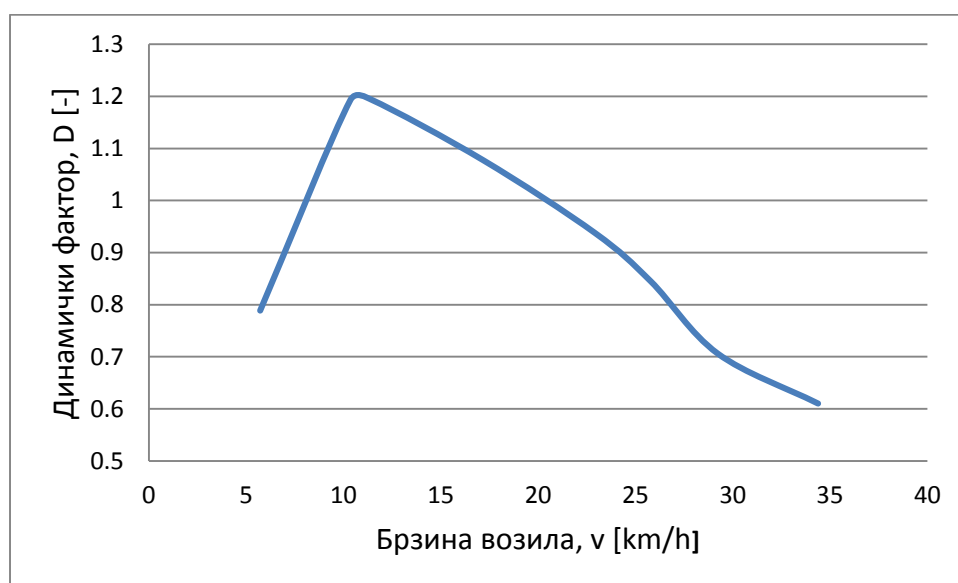
Приликом овог прорачуна, наведене величине се односе на I степен преноса мењача, где су вредности вучне силе (слика 10.4), динамичког фактора (слика 10.5) и убрзања возила (слика 10.6) највеће. Њихове вредности су дате у табели 10.11.

Табела 10.11. Табеларни приказ потребних зависности од бројева обртаја мотора у I степену преноса мењача при нормалном тежинском оптерећењу у комбинованом режиму рада (мотор СУС + електромотор)

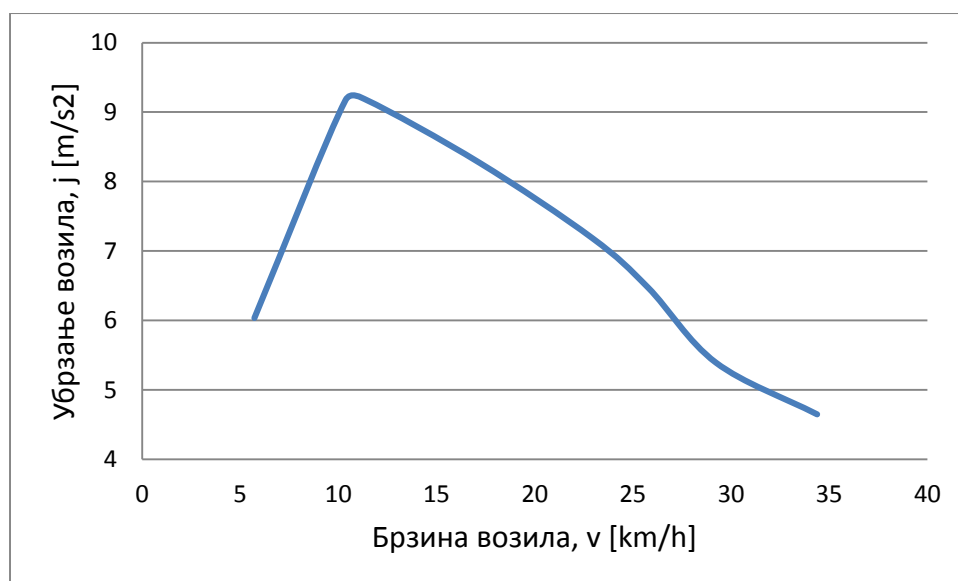
$n, ^\circ/\text{min}$	1000	1800	2000	3000	4000	4500	5100	6000
$v, m/s$	1,59	2,86	3,18	4,77	6,36	7,16	8,11	9,55
$v, km/h$	5,72	10,36	11,45	17,19	22,92	25,78	29,22	34,38
F_T, N	19746,41	29901,71	29337,53	27080,8	23695,7	21438,96	18053,86	15797,13
R_v, N	14,72	48,29	58,99	132,97	236,39	299,07	384,21	531,89
D	0,7887	1,1934	1,1704	1,0772	0,9377	0,8451	0,7063	0,6102
f	0,01001	0,01004	0,01005	0,01013	0,01023	0,01029	0,01038	0,01053
$j, m/s^2$	6,035	9,172	8,993	8,270	7,188	6,470	5,394	4,648



Слика 10.4. Дијаграм вучне силе за степене преноса мењача при комбинованом режиму рада



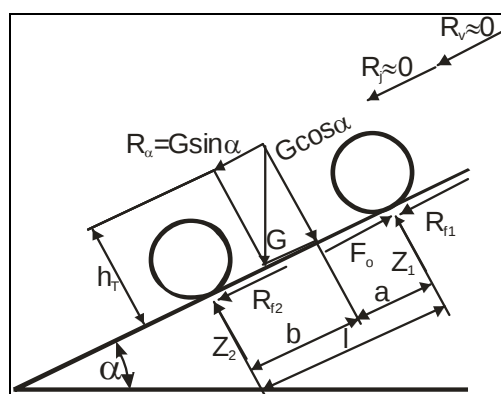
Слика 10.5. Динамички фактор за I степен преноса мењача у комбинованом режиму рада



Слика 10.6. Убрзања за I степен преноса мењача у комбинованом режиму рада

Максимални успон који возило може да савлада:

На слици 10.7. је дат шематски приказ кретања возила на успону, док је у табели 10.12 дат максимални угао нагиба пута и динамички фактор.



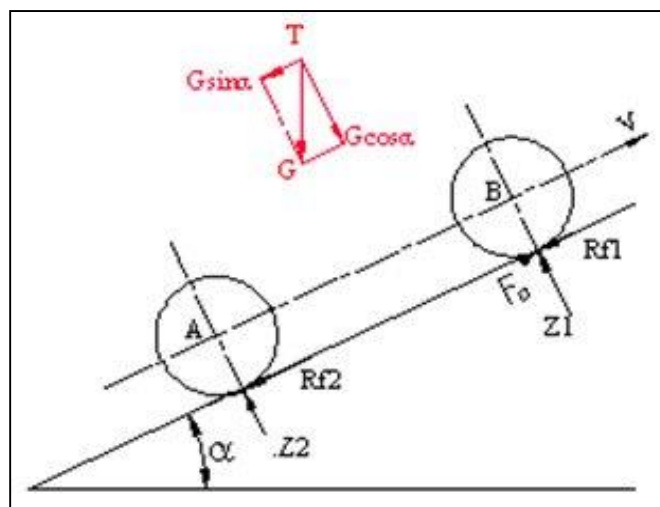
Слика 10.7. Шематски приказ кретања возила на успону [10]

Табела 10.12. Максимални спон који возило савлада са малом и константном брзином [10]

Назив величине	Прорачун максималног успона који возило може да савлада при кретању малом константном брзином	Резултати прорачуна
Погон на свим точковима	$\operatorname{tg} \alpha = \varphi - f_0$ $\operatorname{tg} \alpha = 0,75 - 0,01$ [9]	Вучна сила уравнотежава се отпорима при кретању
Нагиб пута	$\rho_{\max} [\%] = 100(0,75 - 0,01)$ $\rho_{\max} = 74 \%$	$\rho_{\max} = 74 \%$ $\rho_{\max} = 36,50^\circ$
Динамички фактор	$D_M = \frac{F_{oM} - R_V}{G}$	$D_M = 1,1934$ [-]
Максимални отпор нагиба пута	$R_{\alpha_{\max}} = G \cdot \sin \alpha_{\max}$	$R_{\alpha_{\max}} = 15666,45$ [N]

Гранични успон и пад за случај подужног клизања и превртања возила:

На слици 10.8. је дат шематски приказ кретања возила на успону, а у табели 10.13 услови клизања.



Слика 10.8. Шематски приказ кретања возила на успону [10]

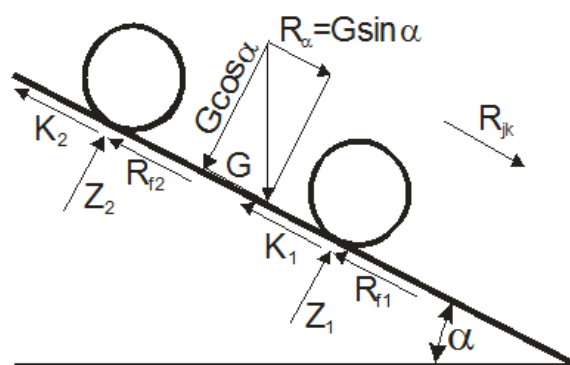
Гранични успон савлађује се малом константном брзином ($v = 0$, $j = 0$)

Табела 10.13. Услови клизања [10]

Назив величине	Прорачун клизања возила за гранични успон	Резултати прорачуна
Услов клизања за погон на свим точковима	$F_{o1} + F_{o2} = \varphi \cdot G \sin \alpha \leq R_f + R_a$ $\operatorname{tg} \alpha_k \geq \varphi - f_0$	$\operatorname{tg} \alpha_k \geq 0,73$ $\alpha_k = 36,13^\circ$
Услов превртања око задње осовине	$Z_1 = \frac{G \cdot b \cdot \cos(\alpha) - G \cdot h_T \cdot \sin(\alpha)}{l} \leq 0$ $\tan(\alpha_p) \geq \frac{b}{h_t}$	$\operatorname{tg} \alpha_p \geq 2,212$ $\alpha_p = 65,66^\circ$

Гранични пад:

На слици 10.9. шематски је приказан гранични пад, а у табели 10.14 прорачун граничног пада на низбрдици.



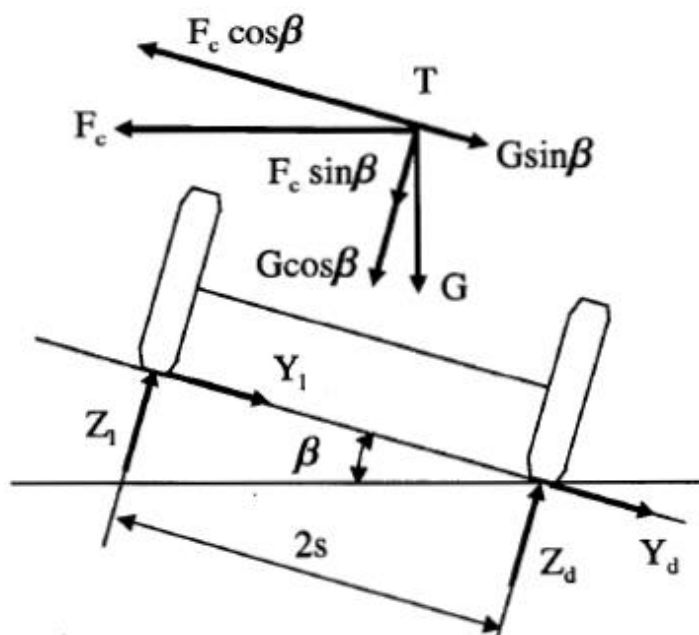
Слика 10.10. Шематски приказ кретања возила на низбрдици [10]

Табела 10.14. Одређивање граничног пада при кочењу свим точковима на низбрдици [10]

Назив величине	Прорачун клизања возила за гранични пад	Резултати прорачуна
Услов клизања	$K = K_1 + K_2 \geq \varphi(Z_1 + Z_2)$ $K = \varphi \cdot G \cos \alpha$ $\cos \alpha_k \leq K / (\varphi \cdot G)$	$\cos \alpha_k \leq 0,99$ $\alpha_k = 44,71^\circ$
Услов превртања око предње осовине	$Z_1 = \frac{G \cdot b \cdot \cos(\alpha) - G \cdot h_t \cdot \sin(\alpha)}{l} \leq 0$ $\tan(\alpha_p) \geq \frac{b}{h_t}$ $Z_2 \leq 0$ $Z_2 + R_a h_T + R_{jk} h_T - G \cos \alpha \cdot a \Rightarrow$ $Z_2 = (-G \sin \alpha \cdot h_T - R_{jk} h_T + G \cos \alpha \cdot a) / l$ $G \cos \alpha \cdot a - G \sin \alpha \cdot h_T - R_{jk} h_T \leq 0$ $G \cos \alpha \cdot a \leq h_T (G \sin \alpha + R_{jk})$ $\cos \alpha_p \leq (h_T / G \cdot a) \cdot K$	$\cos \alpha_p \leq 0,338$ $\alpha_p = 18,659^\circ$
Прво настаје клизање ако је испуњен услов	$\alpha_k \leq \alpha_p$ $\cos \alpha_k > \cos \alpha_p$ $K / (\varphi \cdot G) > (h_T / G \cdot a) \cdot K$ $\varphi < a / h_T$ $\varphi < 2.22$	Напомена: Код уобичајених конструкција возила, однос a / h_T је већи од 1, па је горњи услов увек задовољен, што значи да неће доћи до превртања возила.

Бочна стабилност возила:

Испитивање попречне стабилности се врши за возило које се креће у кривини константног полупречника $R = 50 \text{ m}$, на попречно нагнутом путу контранагиба $\beta = 10^\circ$. Према критеријуму попречне стабилности врши се рачунање критичне брзине кретања возила. На слици 10.11. је приказана бочна стабилност путничког возила, а у табели 10.15 преглед прорачуна клизања возила за гранични пад.



Слика 10.11. Бочна стабилност возила [1]

Табела 10.15. Прорачун клизања за гранични пад [1]

Назив величине	Прорачун клизања возила за гранични пад	Резултати прорачуна
Превртање око десних точкова	$v_{kr} = \sqrt{\frac{s \cdot \cos\beta - h_t \cdot \sin\beta}{h_t \cdot \cos\beta + s \cdot \sin\beta}} g \cdot R$ $v_{kr,p} = \sqrt{\frac{s - h_t \cdot \operatorname{tg}\beta}{h_t + s \cdot \operatorname{tg}\beta}} g \cdot R$	$v_{kr,p} = 21,11 \text{ [m/s]}$ $v_{kr,p} = 76,00 \text{ [km/h]}$
Бочно клизање	$v_{kr,k} = \sqrt{\frac{\varphi - \operatorname{tg}\beta}{1 + \varphi \cdot \operatorname{tg}\beta}} g \cdot R$	$v_{kr,k} = 15,76 \text{ [m/s]}$ $v_{kr,k} = 56,75 \text{ [km/h]}$

На основу свега овога примећује се $v_{kr,k} < v_{kr,p} \rightarrow$ да ће пре доћи до клизања возила него до превртања.

11. Ергономски захтеви при пројектовању радног места возача

При пројектовању самог возила битно је извршити анализу возила у окружењу у ком ће се користити и узети све факторе који утичу на удобност возила. Такође, при пројектовању треба водити рачуна да се положај свих команди налази на дохват руке корисника.

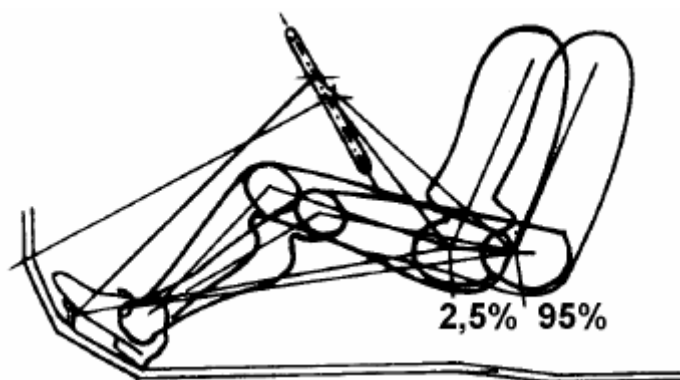
Како би возачу и путницима било удобно приликом вожње, морају се узети у обзир карактеристике седишта и услови у којима се користе. Приликом седења, када возило стоји, морају се посматрати следећи услови [11]:

- ослањање тела како би се одржао оптималан положај у вожњи;
- опажања контактна крутост на различитим контактним површинама;
- бочно ослањање тела у седишту;
- могућност регулисања и ефикасност деловања на команде;
- тактилни квалитет површина и
- стил решења.

Док при кретању се анализирају следећи услови [11]:

- могућност пригушења вибрација пренетих на човека;
- слобода кретања;
- способност одржавања правилног положаја кичме и спречавање прекомерног стреса у дужем периоду вожње и
- расподела контактеног притиска.

Ради илустрације на слици 11.1 приказан је шаблон, који ће бити коришћен за дефинисање положаја ножних команди у односу на точак управљача (слика 11.1).



Слика 11.1. Дефинисање положаја команди у односу на точак управљача [1]

При пројектовању возила са аспекта ергономије неопходно је имати увиди и [11]:

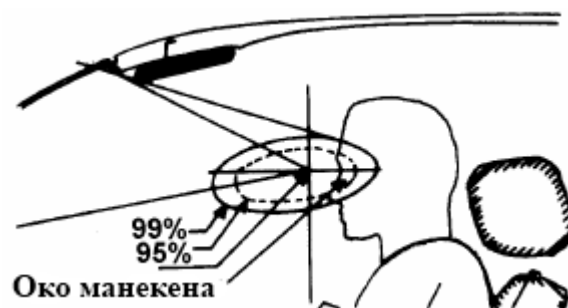
- грејање/хлађење;
- спречавање појаве прекомерне брзине струјања ваздуха;

- спречавање замагљивања и залеђивање стакла;
- климатизовање седишта и
- додатно кондиционирање ваздуха (спречавање ширења мириса, филтрирање ваздуха, регулисање влажности,...).

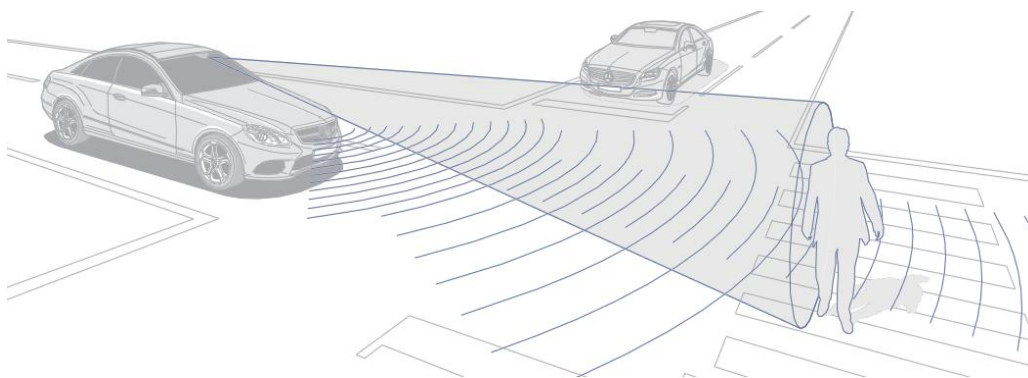
Бука која се јавља из окружења може утицати неповољно на човека као и на његово здравље, радну способност и удобност. Унутрашњост возила је у ствари радно место возача, као и окружење осталих корисника возила. Возило је извор буке која утиче на возача и путнике. Бука може лоше утицати на радну способност возача. Такође, има лош утицај на акустичну удобност како на возача, тако и на путнике. Најбоље начин спречавања буке, је у ствари спречавање њене појаве или смањење генерисање буке на самом извору. Изолација буке може се остварити на пасиван и активан начин. Пасивна изолација буке је у ствари изолација извора буке и пригушивање буке. Што се тиче активне контроле буке на возилу је примена суперозиције два звучна таласа истог интензитета, али супротних фаза, при чему се звучни таласи поништавају [11].

Осцилаторна удобност моторних возила представља сложен проблем при пројектовању возила, на коју утичу брзина кретања возила, карактеристике пута, механичке карактеристике возила. При томе треба се водити рачуна и одабрати систем еластичног ослањања са што бољим пригушним карактеристикама [11].

Оптичка удобност (слика 11.2) је јако битна из безбедносних разлога како по возача, тако и по остале учеснике у саобраћају. При пројектовању возила, јако је битно пројектовање самих стубова возила, како приликом вожње не би ометале возача. Овај проблем још увек није превазиђен и постоје мртве зоне на возилу, па се из тих разлога користе се разни паметни системи [11]. Један од њих је „Bus Plus“ који ради тако што приликом уочавања возила са стране или пешака, те помаже возачу да брже заустави возило, слика 11.3.



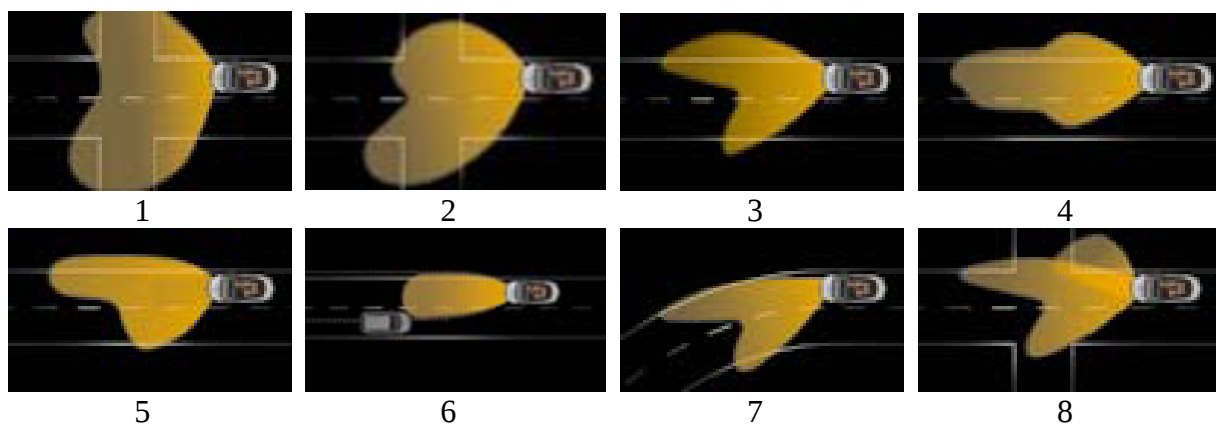
Слика 11.2. Слепе тачке на возилу [1]



Слика 11.3. Систем за уочавање возила и пешака на путу „Bus Plus“ [44]

Такође при даљем олакшању управљања возилом користе се прилагодива светла, односно фарови приказани су сликом 11.4, где на слици са бројном ознаком представљено је [45]:

1. светло за пешачку зону
2. светло за вожњу по граду – проширује и спушта светлосни сноп, а активира се на основу брзине возила у комбинацији са уличним осветљењем.
3. светло за отворени пут, шире и светлије од нормалног, за 70-метарски сноп без заслепљивања.
4. светло за аутопут – подиже, појачава осветљај и продужава сноп до 140 метара – без заслепљивања других возача.
5. светло за тешке временске услове – подешавање, које се активира помоћу брисача или сензора кише, побољшава прегледност при влажном времену.
6. дуга светла уз систем за помоћ (НВА) –аутоматски затамњује предња светла кад детектује друга возила испред и враћа се назад на дуга светла кад пут буде чист, повећава домет предњих светала до 15% кад нису оборена.
7. динамичко светло у кривини – предња светла се закрећу ка кривини до 15°, активира се углом закретања управљача и брзином.
8. статично светло за раскрснице – баца светло 90° улево и удесно тако да се боље види шта се налази иза угла.



Слика 11.4. Прилагодива светла [45]

12. Пројектовање радног места возача у програмском пакету CATIA V5

У програмском пакету CATIA пројектовано је радно место како би се испитали ергономски услови за затати тип возила (категорија M1) модел возила. На основу антропометријских углова постављен RAMSIS модел возача у одговарајућем положају, а затим је из различитих углова приказана ергосвера, односно окружење возача. На сликама 12.1, 12.2, 12.3, и 12.4 приказан је ергономски модел радног места возача.



Слика 12.1. Модел возача у програмском пакету CATIA – поглед са стране



Слика 12.2. Модел возача у програмском пакету CATIA – поглед из десног угла



Слика 12.3. Модел возача у програмском пакету CATIA – поглед са стране (рука на ручици мењача)



Слика 12.4. Модел возача у програмском пакету CATIA – поглед из десног угла (рука на ручици мењача)

13. Закључак

Возило M1G категорије представља теренско возило, приликом пројектовања било ког возила па и овог, анализирани су модели потенцијалне конкуренције, и да се на основу сличних модела приступа се пројектовању сопственог возила. Неопходно је поштовање законске регулативе, као и налаза тржишта за које је возило намењен. Након тога може се започети пројектовање новог модела возила, избором конкретних агрегата и система, могућношћу њихове израде и набавке, као и иситивање ергономских услова за дати тип возила. Испитивање ергономије (ергосфвер) се може реализовати на освоју постојећих модела возила и познатих антропометријских величина човековог тела, као и применом програмских пакета за моделирање и испитивање ергономских услова.

Када је реч о хибридним возилима, односно путничким хибридним возилима, може се да се све више налазе у употреби у свакодневном саобраћају, а њихова производња расте, иако је доста висока цена овог типа возила, она је у тенденцији опадања, а постоје повластице при њиховој куповини. Но, и поред тога што се све више развијају сматрају се само прелазним решењем до до стварања услова за примену возила које за погон користе неки од обновљивих извора енергије. Ако се упореде возила која за погон користе мотор СУС и возила са хибридним погоном, хибридни погон би имао предност по питању економичности и емисије издувних гасова, али је њихова технологија израде сложенија.

Хибридна возила ће се и даље развијати, очекивања су да ће до 2050. године углавном бити заступљена возила са електромотором и хибридна возила. Ако посматрамо заступљеност возила са мотором СУС, питање је да ли су та предвиђања остварива. Свакако треба очекивати развој нових модела овог типа возила, по различитим категоријама, чија ће се цена изједначити са ценом возила са „класичним“ погоном.

Што се тиче возила категорије M1G, поред стандардних модела и погона, сваки произвођач у понуди има и хибридну верзију. Ипак, може се рећи да су њихове перформансе нешто повољније за вожњу на асфалтним путевима и градској средини, где до изражаја долази њихова економичност. Али, када је у питању примарна намена овог типа возила, а то је вожња по „макадаму“ и у ван путним условима њихове вучне карактеристике су лошије. Из тог разлога овај тип возила још увек користи моторе СУС велике снаге, док су електромотори углавном ту ради повећања укупне снаге. У сваком случају не може се оспорити ефикасност хибридног погона код овог типа возила.

Циљ примене хибридног погона јесте, пре свега, економичност, смањење емисије штетних гасова и економска исплативост њихове примене. Те, се може очекивати да ће ова врста погона ући у ширу примену, како код путничких тако и код теретних возила.

14. Литература

- [1] Демић М.: Пројектовање путничких аутомобила, Машински факултет у Крагујевцу, 2004.
- [2] Fuhs A.: Hybrid vehicles and future of personal transportation, CRC Press, 2009.
- [3] Stan C.: Alternative Antriebe für Automobile, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2012.
- [4] Филиповић И., Цестовна возила – приручник за водитеље станица техничког прегледа возила, Сарајево, 2012.
- [5] Стефановић А., Друмска возила – основи конструкције, Центар за моторе и моторна возила машинског факултета у Нишу и Центар за безбедност саобраћаја у Крагујевцу, 2010.
- [6] Пешић Р., Петковић С. и Веиновић С.: Моторна возила и мотори – Опрема, Машински факултет у Крагујевцу и Бања Луци, 2008.;
- [7] Пешић Р.; Погонски и мобилни системи (предавање 7.2 – www.moodle.mfkg.rs), Факултет инжењерских наука Крагујевац, школска 2014/2015;
- [8] Глишовић Ј.; Предавања и вежбе из предмета: Конструкција и прорачун моторних возила (предавања и вежбе 4 – www.moodle.mfkg.rs), школска 2014/2015.
- [9] Симић Д.: Моторна возила, Научна књига, Београд, 1988.,
- [10] Глишовић Ј.; Упутство за израду прорачуна перформанси и стабилности возила из предмета Пројектовање моторних возила, школска 2014/2015;
- [11] Лукић, Ј.: Комплексна удобност возила, Машински факултет у Крагујевцу, Крагујевац, 2011
- [12] Шкрлец Д., Електроенергетска инфраструктура за прихват хибридних и електричних возила, Факултет електронике и рачунарства, Научни рад, Загреб, 2012.
- [13] Правилник о подели моторних и прикључних возила и техничким условима за возила у саобраћају на путевима, СГ РС бр. 40/2012 од 26.4.2012.
- [14] ИСС информације, Службено гласило Института за стандардизацију Србије Београд, новембар 2013.
- [15] Информативн преглед ЕСЕ правилника донетик на основу међународног споразума о хомологацији, који се примењује у Републици Србији за врсту М1 и/или М1Г:

Интернет странице, презентације и документа:

- [16] Mercedes-Benz C-Class (W205):
<http://www.germancarforum.com/threads/2015-mercedes-benz-c-class-w205.50002/page-47>,
приступљено 5.10.2015.
- [17] CVTs challenge mainstream automotive transmissions:
http://www.ipmd.net/articles/001702.html?accept_cookies=1, приступљено 5.10.2015.
- [18] 2015 New York Auto Show Part 3 – Lexus, Lincoln, McLaren and Mitsubishi:
<https://www.carnichiwa.com/car-shows/2015-new-york-auto-show-part-3-lexus-lincoln-mclaren-and-mitsubishi/>, приступљено 6.10.2015.
- [19] Audi A3 e-tron hybrid first drive:
<http://www.autocar.co.uk/car-review/audi/a3/first-drives/audi-a3-e-tron-first-drive-review>,
приступљено 10.10.2015.
- [20] Audi Q5 | Q5 hybrid - Audi USA:
<http://www.audiusa.com/content/dam/audiusa/Documents/2015-Audi-Q5-brochure.pdf>,
приступљено 11.10.2015.
- [21] Audi Q5:
<http://www.netauto.rs/srpski/news/article/svestran-i-dinamican-karakter>, приступљено 11.10.2015.
- [22] 2011-2012 Audi Q5 hybrid forum FAQ, buying guide, and more info:
<http://www.evwaudi.com/q5/2011-2012-audi-q5-hybrid-faq.htm>, приступљено 11.10.2015.
- [23] NIPEX Ovasteni Volkswagen prodajno servisni centar:
<http://www.nipex.ba/nipex/index.php?id=454>, приступљено 12.10.2015.

- [24] Volkswagen Touareg:
<http://cocheselectricos365.com/volkswagen-touareg-hibrido-12208.html>, приступљено 12.10.2015.
- [25] Volkswagen:
http://www.vw.com/content/dam/vwcom/brochures/2015models/VWA10185739_MY15_Touareg_Digital_2.pdf, приступљено 12.10.2015.
- [26] Mercedes-Benz forced to cancel launch of ML450 Hybrid:
<http://www.benzinsider.com/2008/08/mercedes-benz-forced-to-cancel-launch-of-ml450-hybrid/>, приступљено 13.10.2015.
- [27] Mercedes-Benz:
http://www.mbusa.com/vcm/MB/DigitalAssets/pdfmb/ownersmanual/2010_ml450_hybrid.pdf, приступљено 13.10.2015.
- [28] BMW X5 40e Plug-in Hybrid Revealed:
http://www.cars.co.za/motoring_news/bmw-x5-40e-plug-in-hybrid-revealed/32440/, приступљено 13.10.2015.
- [29] THE NEW BMW X5:
<http://cdn.dealereprocess.com/cdn/brochures/bmw/2015-x5.pdf>, приступљено 13.10.2015.
- [30] BMW X5 Plug-in Hybrid Confirmed:
<http://www.autovolt-magazine.com/bmw-x5-plug-in-hybrid-confirmed/>, приступљено 14.10.2015.
- [31] BMW X5 eDrive plug-in hybrid:
<http://www.electric-vehiclenews.com/2014/02/first-look-bmw-x5-edrive-plug-in-hybrid.html>, приступљено 14.10.2015.
- [32] 4MATIC :
<http://mercedesgla.blogspot.nl/2012/12/4matic-for-compact-model-range-from.html>, приступљено 20.10.2015.
- [33] The 2.0L 4V TFSI Engine with AVS:
http://vwts.ru/engine/caeb/pps_922903_2l_tfsi_caeb_engine_w_acs_eng.pdf, приступљено 22.10.2015.
- [34] The 3.0L V6 TDI Engine:
<http://www.natef.org/NATEF/media/NATEFMedia/VW%20Files/3-0L-V6-TDI-Engine.pdf>, приступљено 22.10.2015.
- [35] ACTIVE LAUNCH SYSTEMS:
http://www.zf.com/global/media/product_media/cars_5/cars_powertrain_modules/pdf_10/pkw_a_aktiveanfahrsysteme_2015.pdf, приступљено 23.10.2015.
- [36] Into the Future – With e-Mobility:
http://www.zf.com/global/media/product_media/cars_5/cars_powertrain_modules_dynastart/pdf_12/e-mobility_2015_en.pdf, приступљено 23.10.2015.
- [37] 8P70H:
http://www.zf.com/global/media/product_media/cars_5/cars_driveline_8_speed_automatic_transmission/pdf_3/8P70H_DataSheet.pdf, приступљено 25.10.2015.
- [38] Mercedes Benz Installs New Nine Speed 9G Tronic Transmission as Standard on the E50:
<http://www.wewebcars.com/news/mercedes-benz-installs-new-nine-speed-9g-tronic-transmission-as-standard-on-the-e50-410.html>, приступљено 25.10.2015.
- [39] Automatic Transmission 9G-TRONIC 725.0:
http://documents.epfl.ch/users/f/fr/froulet/www/Mechanics/2013_09_002_002_en.pdf, приступљено 25.10.2015.
- [40] ELECTRICALLY POWERED STEERING
http://www.trw.com/steering_systems/steering/electrically_powered_steering, приступљено 27.10.2015.
- [41] Multi-link rear suspension:
http://www.bmw.com/com/en/insights/technology/technology_guide/articles/multilink_rear_suspension.html?source=index&article=multilink_rear_suspension, приступљено 27.10.2015.
- [42] Self-levelling rear suspension on the BMW 5 Series Touring:
<http://www.bmw.com/com/en/newvehicles/5series/touring/2007/allfacts/engine/airsuspension.html>, приступљено 27.10.2015.
- [43] Michelin automobilski pneumatici:

<http://www.michelin.rs/automobilski-pneumatici/michelin-latitude-alpin-la2?> , приступљено 27.10.2015.

[44] Mercedes-Benz; Интернет адреса: http://www.mercedes-benz.gr/content/media_library/greece/mpc_greece/PDF_Files/brochures_pdfs/E_Class_Coupe_Cabrio_brochure.object-Single-MEDIA.tmp/E-Class_CoupCabrio.pdf, приступљено 5.11.2015.

[45] Opel; Интернет адреса: <http://www.opel.com/company/history.html>, приступљено 5.11.2015.

[46] Optimal Control and desing of hybrid-electric vehicles:
<http://e-collection.library.ethz.ch/eserv/eth:272/eth-272-02.pdf>, приступљено 26.11.2015.