

Возила и животна средина

Иван Благојевић

Алтернативна горива



Садржај

Фосилна алтернативна горива – ТНГ, КПГ

Обновљива алтернативна горива - биогорива

Водоник као алтернативно гориво

Фосилна алтернативна горива - ТНГ

Течни нафтни гас (ТНГ) - *LPG (Liquefied Petroleum Gas)*

- смеша пропана C_3H_8 и бутана C_4H_{10} , на повишеном притиску у течном стању (отуда и назив пропан-бутан), а у малим количинама чији је садржај регулисан пропилен C_3H_6 , бутилен C_4H_8 и др.;
- због својих повољних карактеристика, ТНГ (гас, плин) има врло широку примену као гориво које се користи у домаћинству, индустрији, пољопривреди и као гориво за моторе са унутрашњим сагоревањем;
- добија се:
 - ❑ поступком фракционисања сировог природног гаса, током којег се издвајају етан, пропан, бутан и остали гасови (овај поступак се спроводи у специјалним постројењима, у близини налазишта природног гаса);
 - ❑ поступком током примарне и секундарне прераде нафте.

Фосилна алтернативна горива - ТНГ

ОСОБИНЕ

- ТНГ је гас тежи од ваздуха, тако да се при потенцијалном цурењу из резервоара таложи по тлу, а може се ширити и нагомилавати много даље од места цурења где може доћи до упаљења; у течном стању је знатно лакши и од воде;
- ТНГ је и у гасовитом и у течном стању безбојан и без мириса, тако да му се из безбедносних разлога додаје ароматична супстанца (етил-меркаптан или диметил-сулфид) која својим оштрим и непријатним мирисом упозорава на цурење гаса из резервоара;
- ТНГ није токсичан, али у већим концентрацијама у ваздуху делује као анестетик и чак може да проузрокује гушење услед недостатка кисеоника;
- ТНГ је лако запаљив, али је за његово паљење потребно да постоји одговарајућа смеша гаса и ваздуха (запреминске границе запаљивости износе од 1:50 до 1:10, а температура паљења износи 500 °C) због чега у близини инсталације не сме бити отвореног пламена.

Фосилна алтернативна горива - ТНГ

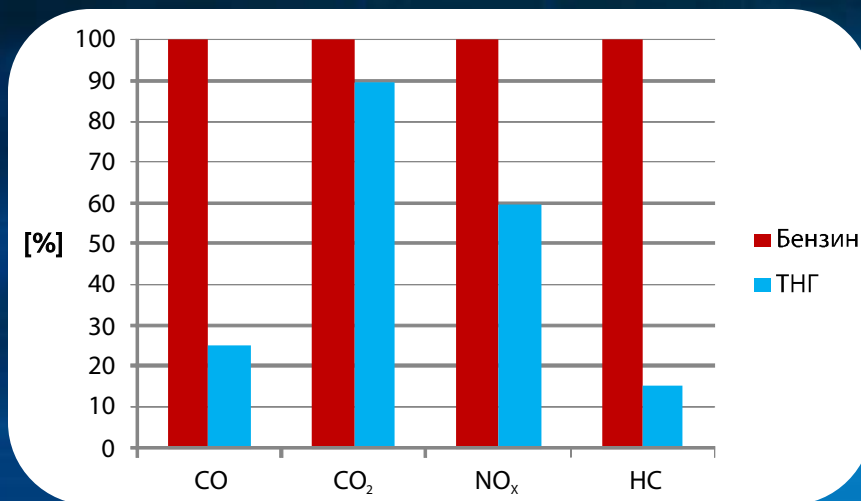
ОСОБИНЕ

- цурење ТНГ-а може се лако запазити и по кондензацији водене паре на делу инсталације где гас цури, а услед наглог испаравања течног гаса, (при чему се од околине одузима топлота, па се околни ваздух хлади, што доводи до кондензације водене паре); због тога, у додиру са кожом може проузроковати промрзLINE;
- ТНГ је хемијски врло агресиван, тако да изазива деградацију гуме и пластике због чега се мора водити рачуна о избору материјала инсталације за ТНГ;
- доња топлотна моћ ТНГ-а износи око 25 kJ/dm^3 , што је за 20% ниже од одговарајуће доње топлотне моћи бензина, али пошто ТНГ потпуније сагорева, повећање потрошње ТНГ-а у односу на бензин износи од 0 до 15% у зависности од начина формирања смеше;
- ТНГ карактерише висок октански број због чега је погодан за примену у бензинским моторима.

Фосилна алтернативна горива - ТНГ

ЕКОЛОГИЈА

- ❖ лако образује смешу са ваздухом и скоро потпуно сагорева - продуката непотпуног сагоревања има знатно мање;
- ❖ удео водоника у молекулима једињења која чине ТНГ је врло висок, па у продуктима сагоревања доминира водена пара, а не угљен-диоксид;
- ❖ због нижих максималних температура процеса сагоревања, мања је емисија азотних оксида, док у саставу издувних гасова нема оловних и сумпорних једињења.



Фосилна алтернативна горива - ТНГ

ОПРЕМА И УРЕЂАЈИ

❖ резервоар (цилиндричног или торусног облика) – испитни притисак 30 bar (3-3,6 mm) и причвршћен је на одговарајући начин у пртљажном простору;



❖ арматура резервоара – мултивентилска група смештена у посебном кућишту са одговарајућим одводима за вентилацију у случају испуштања вишка гаса;

❖ вод високог притиска – бакарне цеви које приликом деформације не пуцају и отпорне су на високе притиске (причвршћене за спољашњу страну пода каросерије возила), а улога је да ТНГ спроведе од резервоара до испаривача / редуктора у моторском простору;

Фосилна алтернативна горива - ТНГ

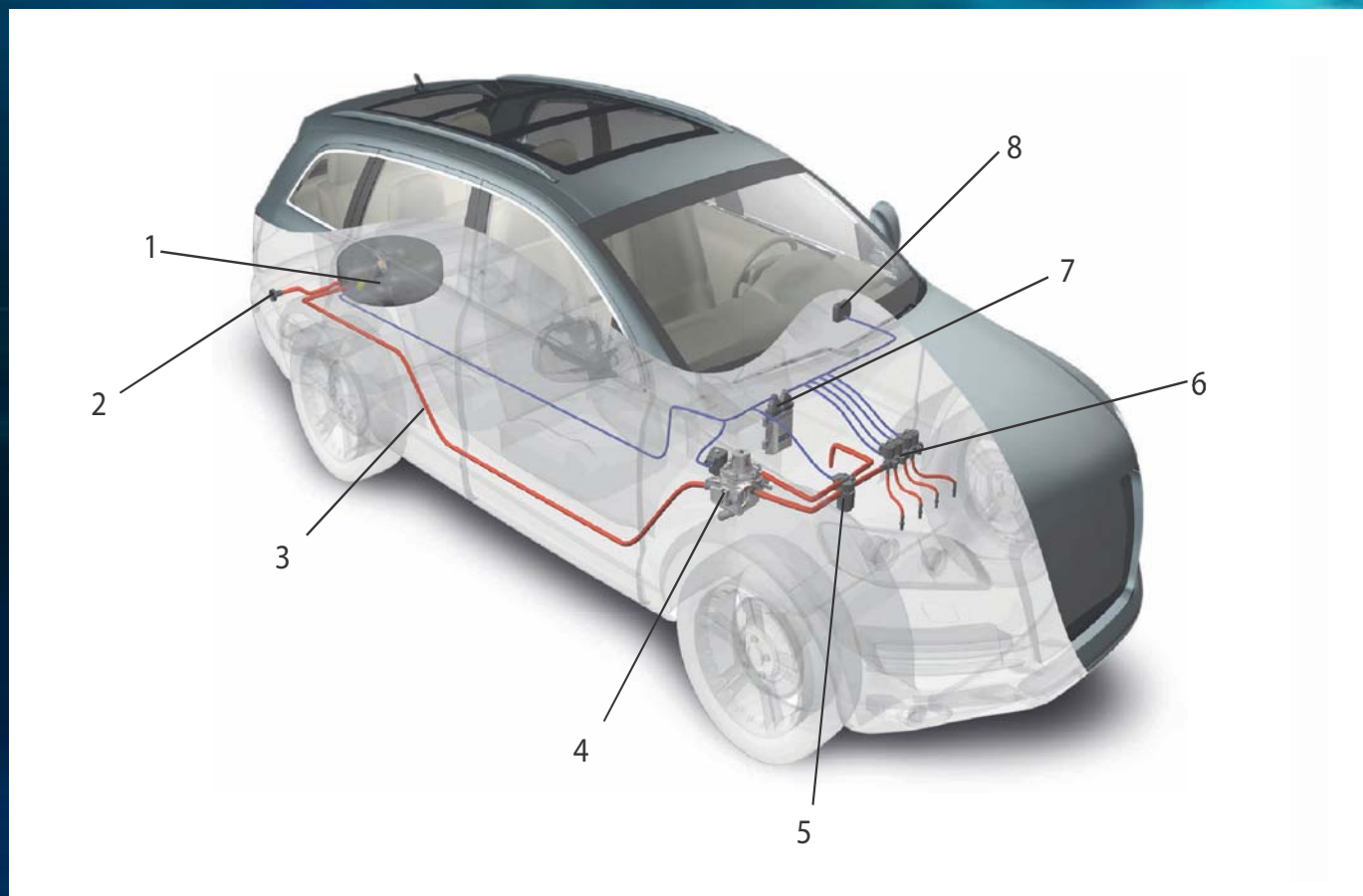
ОПРЕМА И УРЕЂАЈИ

- ❖ електромагнетни вентил за гас, који зауставља или пропушта гас;
- ❖ електромагнетни вентил за бензин, који зауставља или пропушта бензин;
- ❖ испаривач или редуктор – има улогу да смањи притисак ТНГ-а и тиме га преведе у гасовито стање погодно за формирање смеше са ваздухом код карб. система, односно припреми за убризгавање у течном стању на мањем притиску код система са брызгаљкама;
- ❖ вод ниског притиска;
- ❖ уређај за формирање смеше – мешач (код карбуратора) или систем брызгаљки којима управља рачунар дозирајући неопходну количину гаса за усисну грану сваког цилиндра понаособ.



Фосилна алтернативна горива - ТНГ

ОПРЕМА И УРЕЂАЈИ



1. Резервоар са мултивентилом
2. Прикључак за пуњење
3. Вод високог притиска
4. Испаривач

5. Пречистач
6. Бризгаљке
7. Електронска управљачка јединица
8. Прекидач за избор погонског горива

Фосилна алтернативна горива - ТНГ

ПРЕДНОСТИ И НЕДОСТАЦИ

- + издувна емисија;
- + цена;
- + повластице и подстицаји (ЕУ).
- додатна опрема и уређаји (цена, простор);
- мрежа пунилишта.

Возила и животна средина

Фосилна алтернативна горива - КПГ

Компримован природни гас (КПГ) - CNG (Compressed Natural Gas)

- ❑ Природни или земни гас је органског порекла и присутан је најчешће у налазиштима нафте, као издвојен или као растворен у њој, али се може налазити и самостално.
- ❑ Главни састојак је метан CH_4 , тако да се користи и тај назив, а поред њега у мањим количинама се налазе угљен-диоксид, азот и кисеоник.
- ❑ У природном гасу који се добија са нафтних поља налазе се и етан C_2H_6 , пропан C_3H_8 и бутан C_4H_{10} , а у мањој мери и остали угљоводоници.
- ❑ Природни гасови који садрже већу количину пропана и бутана називају се „влажни“ или „богати“, док се они који не садрже ова једињења називају „суви“ или „сиромашни“. Из природног гаса добијају се тзв. прерађена гасовита горива.
- ❑ Природни гас има широку примену као енергент, али и као сировина у индустрији. У новије време, све већу комерцијалну примену налази као погонско гориво моторних возила.

Возила и животна средина

Фосилна алтернативна горива - КПГ

Компримован природни гас (КПГ) - CNG (Compressed Natural Gas)

- ❑ Природни или земни гас је органског порекла и присутан је најчешће у налазиштима нафте, као издвојен или као растворен у њој, али се може налазити и самостално.
- ❑ Главни састојак је метан CH_4 , тако да се користи и тај назив, а поред њега у мањим количинама се налазе угљен-диоксид, азот и кисеоник.
- ❑ У природном гасу који се добија са нафтних поља налазе се и етан C_2H_6 , пропан C_3H_8 и бутан C_4H_{10} , а у мањој мери и остали угљоводоници.
- ❑ Природни гасови који садрже већу количину пропана и бутана називају се „влажни“ или „богати“, док се они који не садрже ова једињења називају „суви“ или „сиромашни“. Из природног гаса добијају се тзв. прерађена гасовита горива.
- ❑ Природни гас има широку примену као енергент, али и као сировина у индустрији. У новије време, све већу комерцијалну примену налази као погонско гориво моторних возила.

Возила и животна средина

Фосилна алтернативна горива - КПГ

- ❑ Природни гас је увек у гасовитом стању, тако да се при складиштењу мора сабијати под врло високим притиском (око 200 bar) при чему се добија компримовани природни гас (КПГ);
- ❑ Лакши је од ваздуха, тако да се за разлику од ТНГ-а приликом цурења не задржава при тлу;
- ❑ Инсталација на возилу које за погон користи КПГ је слична оној за ТНГ, при чему је пројектована и испитана за знатно веће радне притиске (не могу бити исте као за ТНГ): 1. резервоар (испитни притисак 300 bar, рок употребе макс. 20 година), 2. сигурносни вентил на резервоару, 3. водови високог притиска, 4. вентил за гас и бензин, 5. редуктор, 6. водови ниског притиска и брызгаљке и посебно 7. регулатор гаса који се налази на воду ниског притиска између редуктора и мешача.
- ❑ Функционисање инсталације за КПГ је принципски веома слично начину рада инсталације за ТНГ.

Возила и животна средина

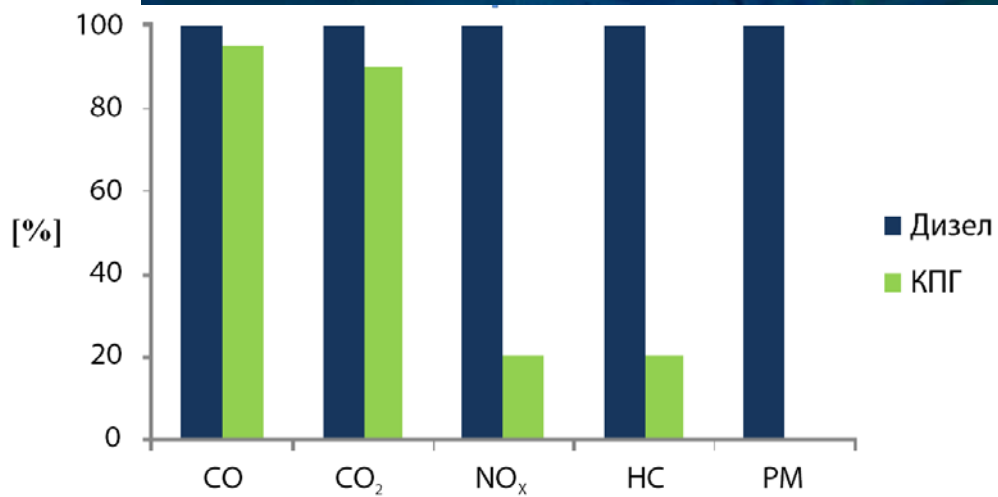
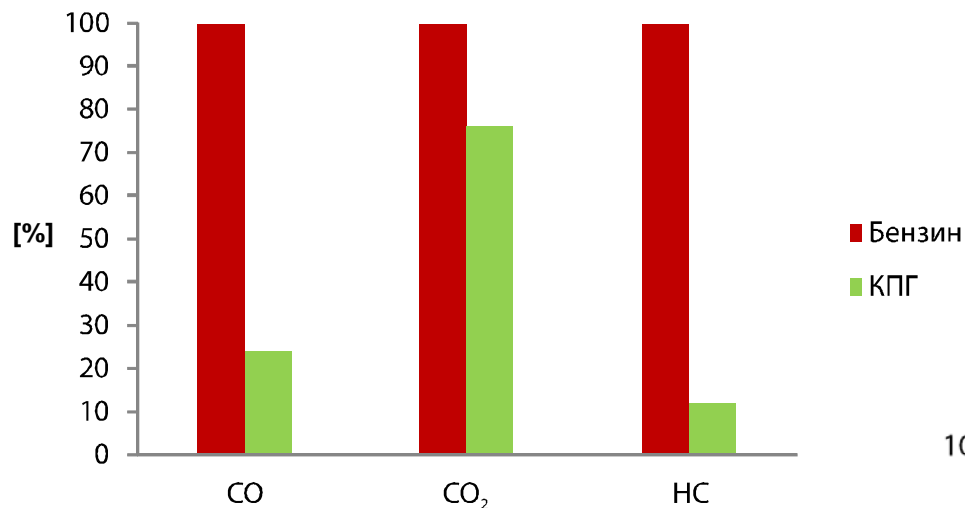
Фосилна алтернативна горива - КПГ



Фосилна алтернативна горива - КПГ

ЕКОЛОГИЈА

Због хемијског састава КПГ-а смеша је хомогенија, а сагоревање потпуније што се повољно одражава на издувну емисију.



Фосилна алтернативна горива - КПГ

ПРЕДНОСТИ И НЕДОСТАЦИ

- + издувна емисија;
- + цена метана;
- + век трајања мотора и уља (због бољег сагоревања) већи и до 50 %;
- + мирнији рад мотора и мања бука;
- + стартовање при ниским температурама;
- + повластице и подстицаји (ЕУ).
- додатна опрема и уређаји (цена, простор, неповољније него код ТНГ-а);
- транспорт и мрежа пунилишта.

Возила и животна средина

Фосилна алтернативна горива - поређење

Анализа трошкова за 100 km пређеног пута градске вожње са истим типом возила (FIAT 500L), али са различитим варијантама погонског горива:

5 kg компримованог природног гаса (КПГ);

10,5 литара течног нафтног гаса (ТНГ);

7 литара дизел горива;

9 литара моторног бензина.

цене јединичне количине горива које су важиле у Србији у јуну 2017. године

Врста погонског горива	Јединична цена	Потрошња на 100 km градске вожње	Трошкови на 100 km градске вожње
КПГ	85 RSD/kg	5 kg	425 RSD
ТНГ	73 RSD /l	10,5 l	767 RSD
Дизел	147 RSD /l	7 l	1029 RSD
Бензин	142 RSD /l	9 l	1278 RSD

Обновљива алтернативна горива – уводна разматрања

Захтеви које мора да испуни алтернативно гориво да би могло да буде прихваћено као комерцијално гориво за погон мотора СУС, а то су:

- ✓ Да гориво потиче из обновљивог извора, односно сировине;
- ✓ Да је извор горива, односно сировина релативно лако доступна за експлоатацију;
- ✓ Да карактеристике горива одговарају захтеваним карактеристикама горива намењеним за погон мотора са унутрашњим сагоревањем;
- ✓ Да је поступак прераде сировине, односно добијања горива релативно једноставан и финансијски прихватљив;
- ✓ Да је манипулација горивом, као и његово складиштење, једноставно, безбедно и финансијски прихватљиво;

Обновљива алтернативна горива – уводна разматрања

- ✓ Да је гориво постојано при складиштењу;
- ✓ Да еколошке карактеристике мотора са погоном на алтернативно гориво задовољавају законске захтеве;
- ✓ Да је модификација мотора за прелазак на рад са алтернативним горивом једноставна и није скупа;
- ✓ Да је алтернативно гориво компатибилно са моторним уљем и осталим мазивима која се користе на возилу. При томе, алтернативно гориво не би смело значајније да смањује период замене моторног уља;
- ✓ Да примена алтернативног горива не скраћује век трајања мотора, нити смањује поузданост појединих моторских компоненти и мотора као целине;
- ✓ Да је цена алтернативног горива мања или иста као цена конвенционалног горива.

Обновљива алтернативна горива – биогорива

Биогорива као горива добијена из биомасе су најраспрострањенија обновљива алтернативна горива која у великој мери испуњавају наведене захтеве;

- данас се масовно користе алкохол (биоетанол) и биодизел (оба се могу користити као додатак фосилним течним горивима и самостално);
- прва примена почетком 20. века - Рудолф Дизел демонстрирао рад мотора са унутрашњим сагоревањем кога је покретало уље кикирикија;
- проблеми који су спречавали већу употребу биљних уља (као најсличнијих дизел гориву) у прошлости: висок вискозитет, мала испарљивост, згушњавање услед полимеризације на ваздуху, појава наслага угљеника на брызгаљкама мотора, ниска цена деривата нафте;
- изузетно важан услов за развијање одређеног биогорива јесте географска локације државе и сировине којима она располаже; у производњи етанола и биодизела предњаче неке од најразвијенијих земаља – САД (кукуруз-биоетанол), државе западне Европе (уљана репица - биодизел), али и Бразил (шећерна трска - биоетанол).

Возила и животна средина

Обновљива алтернативна горива – биогорива

Предности биогорива у односу на употребу фосилних горива, и то:

- ✓ мања емисија угљен-диоксида, који је узрочник ефекта стаклене баште;
- ✓ мања емисија штетних и токсичних једињења;
- ✓ примена је сагласна са Кјото протоколом;
- ✓ биогорива се разграђују;
- ✓ смањена зависност од фосилних горива;
- ✓ допринос развоју руралних средина.

Недостаци употребе су:

- мања енергетска вредност у односу на фосилна горива подразумева сразмерно већу потрошњу;
- смањење аутономије са једним пуњењем резервоара у односу на класична горива;
- већа набавна цена возила услед додатних елемената;
- повећан број сервисних интервала услед скраћења века моторног уља;
- додатни трошкови одржавања мотора и његовог система убризгавања дизел горива услед дужег стајања возила у возним парковима (ватрогасне службе и сл).

Алкохолна горива – биоетанол

Етанол или етил-алкохол ($\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-OH}$)

- ❖ молекул етанола садржи 34,7% кисеоника и потпуно је растворљив у води; у чистом облику је запаљива, безбојна течност са слаткастим мирисом;
- ❖ етанол је врло испарљив, те ће на собној температури испарити пет пута брже него бензин;
- ❖ иако је чист етанол отрован, мање је токсичан од већине компоненти бензина.
- ❖ етанол је лакши од воде али тежи од бензина (и њихових смеша).
- ❖ може се добити процесом ферментације шећера, а може се произвести и у хемијском процесу реакције етилена са паром.
- ❖ основни извори шећера потребног за производњу етанола су кукуруз, пшеница, шећерна репа, шећерна трска, кора врбе и струготина дрвета (пиљевина), па се често говори о биоетанолу.

Алкохолна горива – биоетанол

- ❖ етанол је основна замена за бензин као високооктанско погонско гориво мотора СУС, а продукти сагоревања су угљен-диоксид и вода; мешањем етанола са бензином повећавамо садржај кисеоника у гориву чиме се интензивира процес сагоревања смеше и редукује токсична емисија (мање несагорелих угљоводоника и угљен-моноксида);
- ❖ при сагоревању етанол ослобађа мање топлоте него бензин (1,5 литара етанола има приближно исту енергију сагоревања као 1 литар бензина); има вишу температуру паљења него бензин (4500 °C према 2500 °C), октански број му је 110, те додавањем у бензин, повећава његов октански број;
- ❖ етанол и његове смеше са бензином проводе електрицитет (насупротив томе, бензин је електрични изолатор), због чега је етанол корозивнији него бензин;
- ❖ Мешањем етанола са бензином добијају се специјална горива са ознаком Е. Нпр., смеша са 85% етанола и 15% бензина означава се Е85. Тако постоје горива Е10, Е15, Е25, па и са већим процентом етанола Е85, или Е100 као ознака коју носи гориво са стопроцентним етанолом у Бразилу.

Возила и животна средина

Алкохолна горива – биоетанол

- *flex-fuel* возила (*flexible-fuel vehicle, FFV*) погоне се бензином помешаним са етанолом (или метанолом) у одређеној размери и имају један резервоар у коме су смештени и бензин и етанол (метанол), односно њихова мешавина
- то нису *bi-fuel* возила, односно возила која се погоне различитим горивима, али која потичу из два одвојена резервоара (бензин и ТНГ или КПГ).



- главну улогу игра цена која је нижа у корист етанола (и до 30%), али која зависи од успешности сезоне шећерне трске (у Бразилу) или кукуруза (у САД), што утиче и на остале потрошаче у свету
- модификације мотора за сагоревање етанола су минималне у односу на конвенционални бензински мотор

Биодизел

Биодизел представља смешу метил естара масних киселина и добија се трансестерификацијом триглицерида из биљног уља или животињске масти, односно хемијском реакцијом виших незасићених масних киселина и алкохола у присуству катализатора.

- неотрован је и биоразградив па је погодан за замену фосилног дизела у моторима пољопривредних машина, камиона, аутобуса и аутомобила без икакве (или минималне) преправке мотора и опреме мотора; на тржишту течних горива се може срести у чистом облику (B100) или помешан са конвенционалним дизел горивом у било ком односу;

- највише заступљене биљке које се користе као сировине за израду биодизела су уљана репица, сојино уље, сунцокрет и палмино уље;

- основни проблем представљају сировине, односно свеprisутан проблем исхране човечанства и сточног фонда, зато се користе отпаци из пољопривреде или шумарства, као и: алге, ланено и маслиново уље, халофити (биљке које расту у водама високог салинитета), јатрофа, слачица, јојоба, кокос, кикирики, кинеско масно дрво, подланак, па чак и канабис.

Биодизел

Биодизел реагује у контакту са материјалима црева, заптивки и резервоара и може довести до стварања прслина и порозности, нарочито ако је дуго изложен њима и ако је у питању биодизел врсте B100.

Важно је да биодизел не буде изложен кисеонику, јер ће деградирати и самим тим неће бити за употребу. Влажност у ваздуху или заостала вода у резервоару могу такође контаминирати биодизел.

Биодизел је биоразградив. Студије су показале да се 98% биодизела разгради за 21 дан, док ће се у истом периоду разградити само 50% фосилног дизела. Тиме се смањује опасност од загађивања земљишта, као и површинских и подземних вода.

У поређењу са конвенционалним дизелом, биодизел карактерише већи садржај кисеоника (11%) и мања количина угљеника (77%), док је удео водоника приближно исти. Због повећаног садржаја кисеоника топлотна моћ биодизела у односу на дизел фосилног порекла је нижа (37 MJ/kg у односу на 43 MJ/kg), а сагоревање горива је побољшано. Вискозност биодизел горива је већа него дизел горива

Возила и животна средина

Биодизел

	Дизел	Биодизел
Хемијска структура	C ₈ до C ₂₅	метил естри C ₁₂ до C ₂₂ масних киселина
Сировина	сирова нафта	масти и уља из биљака, отпадна уља, животињске масноће, репице
Еквивалент галону бензина	дизела има 113% енергије бензина	B100 има 103% енергије бензина, B20 има 109% енергије бензина
Топлотна моћ	30-32 MJ/m ³	4,6-30 MJ/m ³ за B100
Агрегатно стање	течно	течно
Цетански број	40-55	48-65



Тип емисије	B100	B20
Регулисана		
Укупно несагорелих угљоводоника	-67%	-20%
Угљен-моноксид	-48%	-12%
Честице	-47%	-12%
NO _x	+10%	-2% до +2%
Нерегулисана		
Сулфати	-100%	-20%
Полициклични ароматични угљоводоници	-80%	-13%
Нитрирани полициклични ароматични угљоводоници	-90%	-50%

Биогас

Обновљиви природни гас (*Renewable Natural Gas – RNG*)

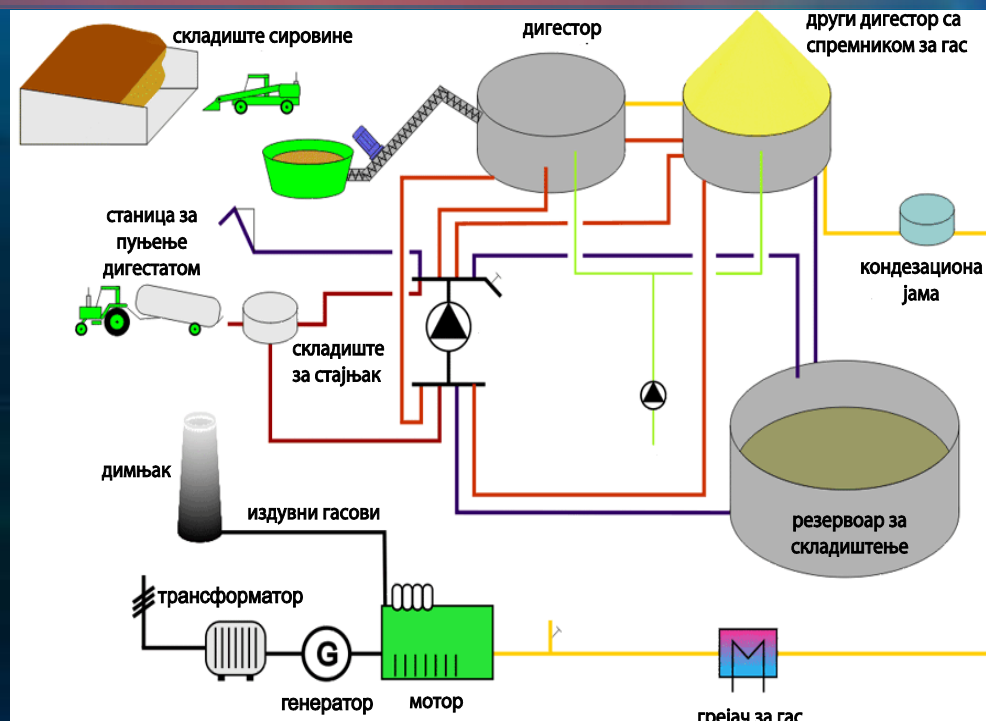
Обично се састоји из 50-70% метана и 25-40% угљен-диоксида са малим примесам водоника, угљен-монооксида и азота, наспрам природног гаса који се углавном састоји из најмање 87% метана и остатка који сачињавају остали угљоводоници, као што су пропан и бутан.

С обзиром да садржи метан, ово гориво се често назива и биометан (углавном за удео метана већи од 95%) који се добија накнадним третманом биогаза.

Постоји више процеса добијања биогаза, али са становишта погонског горива, најважније је добијање биогаза из анаеробног дигестора из три главне фазе: припрема биолошке сировине, анаеробна дигестија и третман дигестата, при чему је основни услов константна температура и pH вредност између 6,5 и 7,5.

сировина које се могу користити: животињски течни и чврсти стајњак, пољопривредни остаци и споредни производи, разградиви органски отпад из прехранбене и агроиндустрије (биљног и животињског порекла), органска фракција градског отпада (биљног и животињског порекла), отпадни муљ, енергетски усеви (кукуруз, сирак и детелина) и сл.

Биогас



Предности: екологија

Недостаци: почетна инвестиција - цена постројења (дигестори, инсталација – мора бити непропусно), неравномерна доступност сировина (временске непогоде, суша, пожари и сл.), безбедност по људске животе и здравље уколико дође до цурења.

Водоник

Реч водоник настала је од латинског *hydrogenium*, што значи стваралац воде.

Водоник је гас без боје и мириса и први је елемент периодног система елемената, са атомским бројем 1. Најлакши је од свих познатих елемената. Иако га веома мало има у слободном стању на Земљи гради веома велики број једињења, водоник је најзаступљенији елемент у васиони. Он чини 75% масе и 90% броја атома у васиони, а његов главни извор на Земљи је вода из које се може добити процесом електролизе.

Водоник није отрован, али је јако запаљив и минимална енергија иницијације паљења износи 0,02 MJ. У контакту са ваздухом може доћи до потенцијалне детонације и запаљења. Водоник је реактиван елемент и врло добро редуционо средство.

Чак 95% водоника производи се из природног гаса, а 85% произведеног водоника се користи да се уклони сумпор из бензина. Водоник се такође може еколошки произвести из воде (у процесу електролизе) и из биомасе (њеном гасификацијом).

Водоник

Складиштење водоника представља можда и кључни проблем недовољне примене овог елемента као горива.

Водоник има добру масену густину енергије, али веома лошу запреминску, нарочито у односу на угљоводонике, те је стога потребан и већи резервоар за складиштење (велики резервоар водоника биће тежи од малог резервоара неког угљоводоника за исту количину енергије).

Повећањем притиска побољшаће се густина енергије по запремини водоника. За потребе транспорта, водоник се компримује на притиске веће од 300 bar.

Водоник као погонско гориво

+

- Распрострањеност, али у хемијским једињењима;
- Нема загађења издувном емисијом (угљеникових или азотових једињења)

-

- Трошкови производње водоника (5 пута већи од производње бензина)
- Производња процесом електролизе зависи од извора електричне енергије
- Инфраструктура пунилишта и транспорт водоника
- Цена технологија

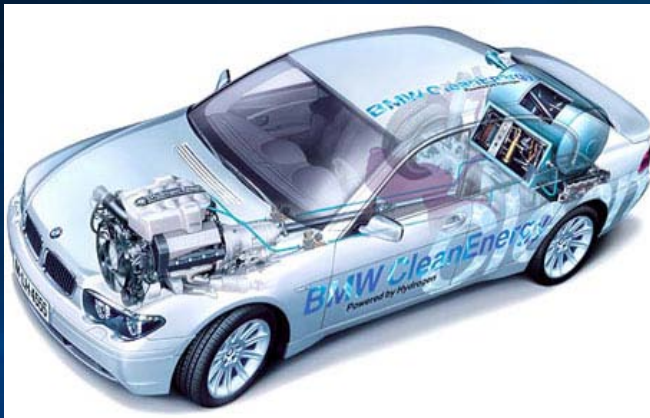
Употреба у возилима као погонско гориво:

- Сагоревањем у моторима СУС
- Добијање електричне енергије путем горивних ћелија процесом супротним од електролизе

Возила и животна средина

Водоник и сагоревање у моторима СУС

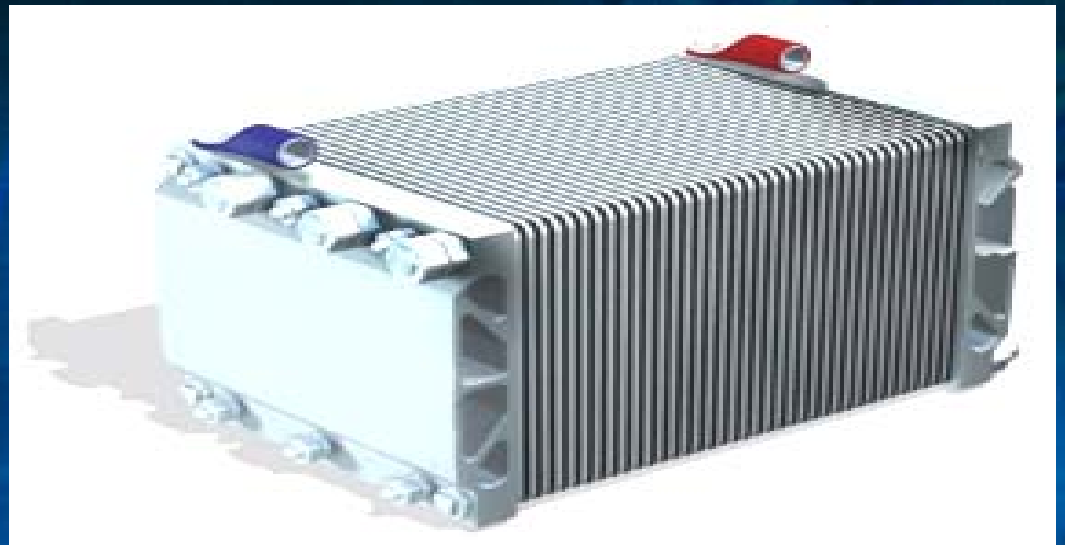
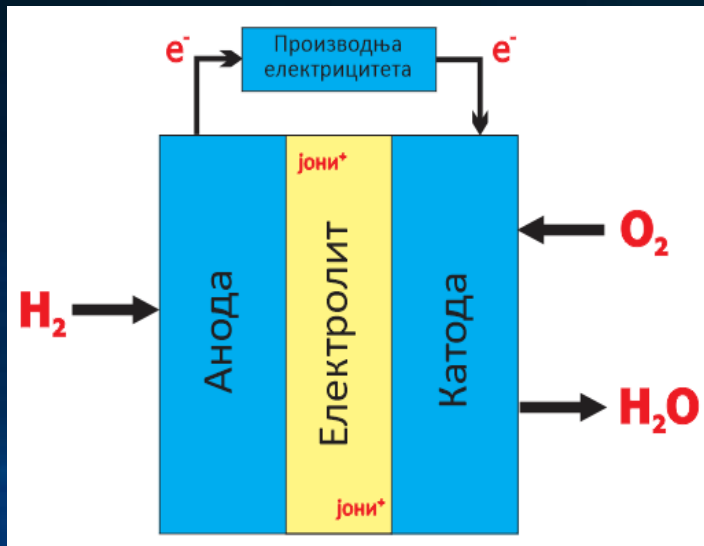
- Због мање густине енергије коју водоник има на притисцима у цилиндрима, запремина мотора мора бити два до три пута већа него код бензинских мотора (за прихватљиве перформансе око 4 l, а сам погонски агрегат би имао 8-12 цилиндара)
- Користи се течни водоник расхлађен на температуру од 20 K, због знатно веће густине и потребне су специјалне пунионице и резервоари
- Неке од модификација мотора СУС подразумевају термичко ојачавање вентила, коришћење свећица са врхом који није од платине, већи напон калема, брызгалке које морају бити конструисане за гас (а не течност), издржљивији материјал заптивки, већу температуру моторног уља и сл.



Возила и животна средина

Водоник и горивне ћелије

- Горивна ћелија претвара хемијску енергију у електричну уз помоћ хемијске реакције позитивно наелектрисаних јона водоника са кисеоником или другим оксидационим агенсом
- Неопходан је проток горива и кисеоника (ваздуха) како би се одржала хемијска реакција за производњу електрицитета
- Енергетска ефикасност горивних ћелија износи од 40 до 60%, а може се повећати и до 80% уколико се употреби ослобођена топлота



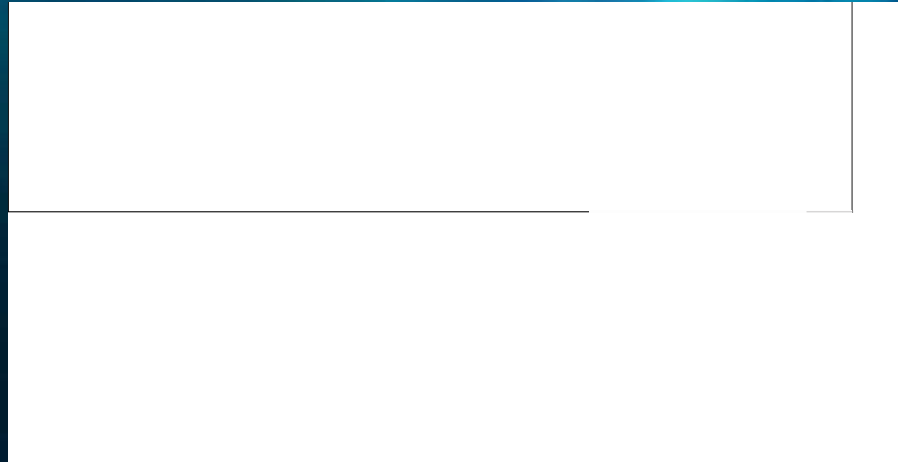
Возила и животна средина

Водоник и горивне ћелије

Toyota Mirai

(јап. будућност)

- 370 редно везаних горивних ћелија са полимерном мембраном (*PEM*: $d = 1,34 \text{ mm}$; $m = 102 \text{ g}$)
- Пуњење 3-5 min
- Аутономија 500 km
- $P_{\text{max}} = 114 \text{ kW}$
- Два резервоара ($m = 88 \text{ kg}$)
- Маса празног возила 1850 kg



Возило и животна средина

Хвала на пажњи

