

Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу



Назив студијског програма: Машинско инжењерство

Ниво студија: Основне академске студије

Модул: Моторна возила и мотори

Предмет: Мотори СУС 2

Број индекса: 59/2009

Ивана Т. Танасковић
Методе мерења и контроле емисије
токсичних материја путничких возила у
условима градског саобраћаја
завршни рад

Комисија за преглед и одбрану:

1. Др Драгољуб Радоњић - ментор

2. _____

3. _____

Датум
одбране: _____

Оцена: _____

У оквиру овог завршног рада кандидат треба да

1. Анализа проблема загађења животне средине издувним гасовима мотора СУС
2. Механизми настанка токсичних материја и утицајни фактори на њихов садржај у издувним гасовима мотора СУС
3. Преглед постојећих законских прописа о емисији токсичних материја путничких моторних возила
4. Методе одређивања садржаја токсичних материја у издувним гасовима мотора СУС: симулационе и експерименталне методе.
5. Контрола емисије путничких возила у лабораторији: возни тестови
6. Контрола токсичности издувних гасова мотора путничких возила у реалним режимима кретања
7. Закључци

Препоручена литература:

- [1] Д. Радоњић: Предавања из Мотора СУС 2, Зимски семестар школске 2011/2012. године
- [2] Д. Радоњић: Безбедност саобраћаја у светлу загађења ваздуха возилима, Научно-истраживачки пројекат, Крагујевац 1984.
- [3] Р. Пешић, С. Петковић, С. Веиновић: Моторна возила и мотори - опрема, Бања Лука - Крагујевац, 2008.
- [4] Веб сајтови из области емисије токсичних материја мотора СУС . Неке кључне речи: „IC engines emission“, „IC engines emission control“, “IC engines emission simulating models”, “driving cycles”. Препоручљиво је да се уз кључну реч дода и „pdf“

Крагујевац, 2012

ментор:
Др Драгољуб Радоњић, ред. проф.

Резиме

Основни проблем који је требало решити био је дефинисање методологије за мерење количине и састава издувних гасова које емитују моторна возила у стварним условима експлоатације.

Постојећи мерни уређаји (анализатори) су углавном лабораторијског типа и нису погодни за овакав вид мерења. Отуда је од неколико, данас коришћених метода, изабран метод симулације стварних режима кретања возила у лабораторији.

Коришћењем овог метода могуће је снимати а затим у лабораторији репродуковати било који стварни режим кретања возила уз повољност коришћења лабораторијских уређаја за анализу издувних гасова.

Кључне речи: метод мерења, токсичност издувних гасова, градски саобраћај

Summary

The main problem that we solved was to define a methodology for measuring the amount and composition of the exhaust gases emitted by motor vehicles under real conditions.

Existing measuring instruments (analyzers) are mostly laboratory type and are not suitable for this type of measurement. Hence from a few of the methods used today, the actual method selected simulation mode of the vehicle in the laboratory.

Using this method it is possible to record and reproduce in the laboratory any actual mode of the vehicle together with a use of laboratory equipment for analysis of exhaust gases.

Key words: method of measuring the toxicity of exhaust emissions, urban traffic

САДРЖАЈ

Увод.....	4
1. Возила и атмосфера.....	5
1.1. Емисија са издувним гасовима.....	5
1.2. Удео емисије возила у укупном загађењу.....	7
2. Анализа фактора који утичу на загађење ваздуха издувним гасовима мотора.....	9
2.1. Мотор.....	9
2.2. Горива.....	15
2.3. Возило.....	16
2.4. Возач.....	20
2.5. Пут – режим кретања возила.....	21
3. Возни тест.....	26
4. Технолошка решења за задовољење законских прописа.....	32
4.1. Технолошка решења код ото мотора.....	32
4.2. Технолошка решења код дизел мотора.....	33
5. Методологија мерења састава издувних гасова мотора уграђеног у возило у градским условима вожње.....	35
5.1. Методологија одређивања загађења ваздуха од стране путничких возила на ужем подручју града Крагујевца.....	38
5.2. Снимање карактеристика подлоге.....	38
5.3. Снимање брзине кретања возила.....	39
5.4 Репродуковање стварних режима кретања возила у лабораторији.....	41
5.5. Уређаји и методе за мерење састава издувних гасова и потрошње горива.....	42
5.6. Приказ и анализа резултата мерења.....	43
6. Предлог мера за смањење токсичности издувних гасова које емитују моторна возила у условима градске вожње.....	52
Закључак.....	54
Литература.....	55

Увод

Загађења ваздуха, воде и земљишта су нежељене промене физичких, хемијских и биолошких својстава животне средине, које могу неповољно деловати на жива бића или нарушити њихове екосистеме. Загађујуће материје или загађујуће супстанце су остаци онога што производимо, користимо и одбацујемо. Другим речима, материја и/или енергија постају загађујуће када се појаве на непожељном месту, у непожељном облику, у непожељно време и у непожељним количинама.

Према природи загађивања може се направити подела и на следећа три облика:

1. загађивање материјама,
2. загађивање енергијом (отпадна топлота, бука,...) и
3. загађивање пољима сила (нпр. електромагнетским).

Укупна количина отровних материја која се налази у атмосфери створена је или активностима саме природе или активностима човека. Ако се посматра Земља у целини, онда је количина отровних материја из природних извора много већа од оне која се ствара активностима човека. Међутим, за уже подручје односи се мањају па ће у близини индустријских предузећа највеће загађивање ваздуха потицати од индустријских процеса а у близини прометне раскрснице од издувних гасова које избацују моторна возила.

Са свеопштим техничким напретком и развојем нових технологија, активности човека постају све доминантнији извор загађивања животне средине, посебно на подручјима великих индустријских градова где су те активности нарочито интензивне.

1.Возила и атмосфера

Земљина атмосфера је састављена од 21% кисеоника, 78% азота и такође од водене паре и осталих гасова у траговима. Кроз милионе година, садржај атмосфере се мање или више мењао. То се углавном односи на гасове који се у њој налазе у траговима, као што су: угљен-диоксид, водена пара, озон, оксиди азота, метан и низ других. Садашњи садржај атмосфере је резултат међудејстава (настајања и нестајања појединих супстанци) који остварују одговарајућу равнотежу. Огромна количина атмосфере и одговарајући процеси у њој омогућује да се природне катастрофе, као што су ерупције вулкана, могу компензовати без изазивања колапса у екосистему. Мада је у току последњих 100 година примећено повећање интензитета промена концентрације појединих гасова, који се у атмосфери налазе у траговима и који су до сада праћени. Те промене се, углавном, приписују људским активностима. Феномен се углавном може објаснити наглим повећањем светске популације људи и повећаним ангажовањем енергије, а такође порастом индустријализације и пољопривреде. Компоненте које доводе до промене природног садржаја атмосфере су садржане у штетним - загађујућим материјама.

Те штетне материје може створити сама природа - природни извори или оне настају услед антропогенних активности. Природни извори тих супстанци су флора и фауна, вулкани, површине океана и разна дешавања у атмосфери. У антропогене изворе спадају све активности људи као што су: стварање електричне струје, индустрија, саобраћај, грејање станова, спаљивање отпада, пољопривредне активности, и на крају (строго говорећи) умирање људи, животиња и биљака.

Употребом транспортних средстава човек годишње троши више од једне милијарде тона нафте. Како за сагоревање 1 kg горива, нафтног порекла, треба око 15 kg ваздуха или 3.5 kg кисеоника сам процес сагоревања горива нарушава еколошки биланс у атмосфери. Значи годишње само мотори сус троше скоро 4 милијарде тона кисеоника из атмосфере. Када се овоме додају и други потрошачи атмосферског кисеоника долазимо до сазнања да већ данас природне фабрике кисеоника - зелене површине планете - нису у стању да надокнаде утрошени кисеоник, тим пре што је неконтролисана сеча шума одавно присутна.

Поред отровних компонената у продуктима сагоревања се налазе и велике количине загушљивих гасова (H_2O и CO_2 -око 4.5 kg/kg горива) које доводе до промене климатских услова на планети и до повећања глобалног загревања). Сем штетних материја које из возила излазе са продукатима сагоревања (емисија са издувним гасовима) имамо и испарења горива из возила а такође и испарења при пуњењу резервоара горивом.

1.1.Емисија са издувним гасовима

Несагорели угљоводоници (НС). Емисија несагорелих угљоводоника је последица непотпуног сагоревања молекула горива. Основни узрок је локални недостатак кисеоника и ниске температуре у зонама уз зидове коморе. Угљоводоници реагују у присуству оксида азота и сунчевог светла и доприносе формирању приземног озона, главне компоненте фотохемијског смога. Већина угљоводоника у издувним гасовима су такође и токсични, са могућим канцерогеним дејствима.

Оксиди азота (NO_x). Главни извори азота у ваздуху су природни извори, пре свега активности неких бактерија. Оксиди азота из природних извора равномерно су распоређени у атмосфери, док се њихова концентрација у урбаним и индустријским зонама и поред већих саобраћајница повећава као последица разних активности људи. У условима високих температура и притисака у мотору, атоми азота и кисеоника из ваздуха реагују стварајући низ азотових оксида, које све заједно обележавамо са NO_x . Утврђено је токсично деловање азот-моноксида на човека и животиње. Азот-диоксид изазива едем плуца са смртоносним последицама. Оксиди азота као и угљоводоници су гласници формирања озона. Они такође доприносе формирању киселих киша.

Угљен-моноксид (CO). Он је отрован гас без боје и мириса. Угљенмоноксид (CO) је продукт непотпуног сагоревања и ствара се у случају рада мотора са богатом смешом. Тада угљеник из горива само делимично оксидише. Он смањује проток кисеоника кроз крвоток и ризичан је за људе са болесним срцем. Више од 90% угљен-моноксида у урбаним срединама потиче из издувних гасова возила и ложишта.

Честице. У издувним гасовима возила честице најчешће потичу од несагорелог угљеника из горива. Такве честице би биле само механички загађивачи. Међутим у комори мотора те честице упију разна једињења из горива и мазива, међу којима су и полициклични угљоводоници. Они су оптужени за изазивање рака плућа па је тиме и емисија честица потенцијално канцерогена.

Угљен-диоксид (CO_2). Од скоро, ЕРА је поцела да прати емисију CO_2 . Он не утиче директно на здравље људи, али је један од загушљивих гасова који доприносе повећању глобалног загревања наше Планете. Тако је угљен-диоксид, као производ потпуног сагоревања, добио третман загађивача.

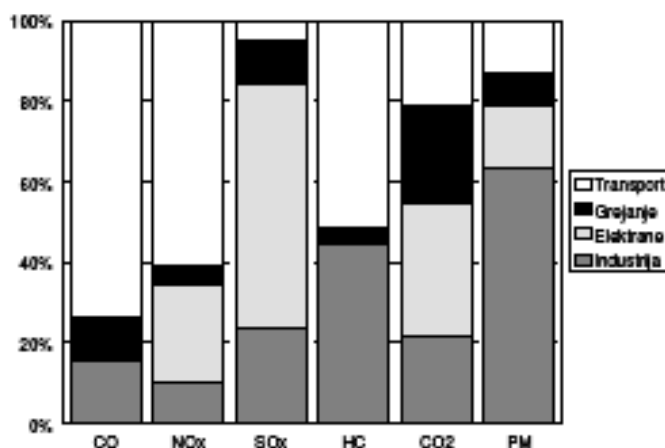
Водена пара (H_2O). По Међународној Унији за Чисту и Примењену хемију једињење од два атома водоника и једног кисеоника (*водоник оксид или дихидрооксид*) је "лака вода" или једноставно вода. Најважнија особина "обичне воде" је да је лед лакши од течности па зато штити живи свет на земљи. Зими се леде само површински слојеви водене масе. Даље, водене капљице имају висок површински напон који задржава воду у биљкама и олакшава транспорт воде од корена до листова. Питка и здрава вода је присутна у свим живим организмима. **Једино не знамо како настаје!** Атмосферска вода прекрива 71% глобуса; са 80% је присутна у људском организму; у атмосфери даје 0.3% по маси, од тога је 80% у гасовитој фази, а са 90% учествује у тзв. "greenhouse" (*загушљивим*) гасовима. По теорији су топлоте испаравања и кондензовања једнаке. Али само по *димминг*) који потамни небески свод. Једном дигнути облаци се и даље греју, а онда хемијски процеси потпомогнути прашином, честицама и сулфатима доводе до разлагања свих испарења. Велике масе облака се прегревају и нагомилавају. Једном дигнута маса је физички и хемијски толико измењена да мења климу на земљи.

Оксиди сумпора. Процесом биолошке разградње у океанима и на копну настаје сумпор-водоник (H_2S), који се оксидише до сумпор-диоксида. Концентрације SO_2 у атмосфери се разликују у различитим подручјима. У урбаним и индустријским подручјима концентрација ове загађујуће материје је, по правилу, већа. Ту свој допринос, поред сагоревања угља који има и више од 1% сумпора, даје и емисија издувних гасова из возила када се користи гориво у коме има сумпора. Сумпор-диоксид и његови секундарни производи (сумпораста, сумпорна киселина и сулфиди), могу изазвати озбиљне здравствене проблеме код људи (коњуктивитис, ефекти на респираторном систему) као и код биљака (појава киселих киша и сушења шума) а запажени су штетни ефекти на метале, кожу, папир и текстил.

Озон. Представља алотропску модификацију кисеоника. Молекули озона се састоје од три атома кисеоника. Лако се распада и представља снажно оксидационо средство. У природи настаје приликом електричних пражњења и под дејством ултраљубичастих зрака. Озон иритира очи, оштећује плуца, и доводи до проблема са дисањем. Озон који се ствара у приземним слојевима је посебан проблем загађења у урбаним зонама. На интензитет стварања озона утиче присутна концентрација угљоводоника и азотних оксида. Такође је интензитет стварања пропорционалан температури и зрачењу сунца. Тако да су дуги и топло летњи дани, пре свега поподне, најпогоднији за стварање озона. Озон који се ствара у горњим слојевима атмосфере има позитивну заштитну улогу у филтрирању ултра-виолетног зрачења сунца.

1.2. Удео емисије возила у укупном загађењу

Емисија из возила је генерално мала, слика 1 у односу на емисију створену антропогеним активностима. Уколико анализирамо удео у односу на укупну емисију (природни + антропогени извори) удео је још мањи. Рецимо у укупној емисији CO_2 природа учествује са 95% а антропогене активности са само 5%. За емисију метана тај однос је 37 према 63%. Док код азот-субоксида тај однос је 69% према 31%. Како број возила на путевима непрекидно расте у многим градовима аутомобил је један од највећих узрока загађења. Тако је на укупно загађење ваздуха у насељеним местима утицај возила знатан и изазван њиховом великом концентрацијом.



Слика 1. Удео емисије из појединих извора у антропогеним изворима [3]

Гасови који стварају ефекат стаклене баште су:

- водена пара H_2O (учествује са 90%),
- угљен диоксид CO_2 ,
- азот субоксид (N_2O),
- метан (CH_4),
- хидрофлуороугљеник (HFC) итд.

Ове супстанце имају, дуг период распада у атмосфери, и зато имају глобални ефекат на загађење околине. За разлику од њих, азотови оксиди, несагорели угљоводоници, сумпорни оксиди, угљен моноксид, честице итд. имају регионални или локални ефекат на загађење околине.

Инжењери у свом животном опредељењу ни једним својим производом не смеју угрожавати ни генетске ни биолошке основе здравог живота. Стратешка обавеза С+3Е (Сировине+Енергија+Екологија+Економија) је дефинисана ограниченим капацитетима планете Земље. Глобално размишљање али локално деловање је правило еколошког понашања за све. Када мало боље размотримо листе потрошних добара онда испада да људи и возила егзистирају на истим природним ресурсима: троше кисеоник, а издишу CO_2 ; троше угљоводонике и нафту као храну или гориво, а емитују загушљиве и отровне гасове; троше сировине и метале претварајући их у отпатке. Код возила се годинама појављује као крајњи циљ возило нулте емисије иако се зна да не постоји ниједан људски производ који не утиче на своју околину. Тек недавно је уведена нова циљна емисија за возила: *NZEV-Near ZEV* тј. близу минимума и *EZEV*- еквивалентно минималној емисији!

Смањење негативног утицаја возила на околину остварује се бројним конструктивним и технолошким новинама, које су повезане са повећањем цене возила. Управо зато одлуку о примени тих решења не смеју доносити сами произвођачи. О томе морају бринути и одговарајуће државне институције и организације, које сваким даном доносе све већи број законских регулатива. Те регулативе дефинишу штетне материје које се контролишу, одговарајуће методе за њихово мерење, постављају одређене граничне вредности и уводе обавезе примене нових технологија и система, као на пример системи дијагностике на возилима (*OBD*).

2.Анализа фактора који утичу на загађење ваздуха издувним гасовима мотора

Фактори који утичу на загађење су:

мотор као погонски агрегат,гориво,возило,возач,пут и режим кретања возила.

2.1. Мотор

При свим дискусијама о загађењу човекове околине издувним гасовима,мотору сус се мора дати централно место јер управо у цилиндру мотора,у процесу сагоревања и настају отровне материје. Код ото мотора процес сагоревања представља практично процес сједињавања горива (бензина) са кисеоником из ваздуха при чему се у продуктима сагоревања јављају материје које нису отровне CO_2 , H_2O , N_2 и O_2 и отровне материје C , CH и NO_x . Приближно се може узети да је у издувним гасовима мотора има 98% нешкодљивих и око 2% штетних материја. Сигурно је да уколико се одређеним мерама и захтевима на самом мотору смањи количина отровних материја које возила са таквим моторима емитују у атмосферу. У овој чињеници се и огледа значај разматрања могућности смањења емисије штетних материја код самог мотора као погонског агрегата.

Мере које се предузимају на ото моторима у циљу смањења садржаја токсичних компоненти у издувним гасовима могу се груписати у две групе:

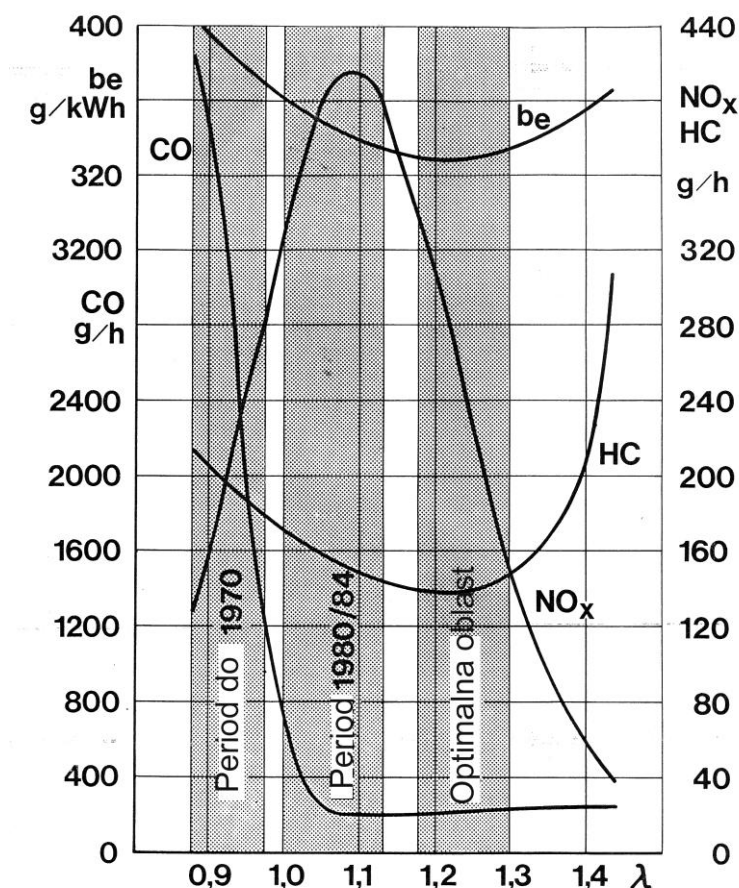
- Унутрашње
- Спољашње

Унутрашње мере делују на сам извор настанка токсичних материја,дакле на процес сагоревања, док се спољашње мере састоје у накнадној обради већ насталих токсичних материја. Која ће од наведених мера у конкретном случају бити примењена зависи од тога да ли се ради о конструкцији новог мотора (или реконструкцији постојећег)-унутрашње мере,или о превођењу постојећег мотора на ниску токсичност-спољашње мере.

Унутрашње мере обухватају углавном конструктивне измене на мотору и његовим помоћним уређајима,као и оптимални извор главних регулационих параметара (састав смеше λ и угла предпаљења α_{pp}).

Конструктивна побољшања на самом мотору могу се извести на усисним и издувним водовима (остваривање равномерне расподеле смеше по цилиндру у погледу састава и количине, побољшање чишћења цилиндра од заосталих продуката сагоревања), комори за сагоревање (облик који обезбеђује најповољнију струјну слику) и величини компресионог простора (избор степена компресије).

Од помоћних уређаја,одређена побољшања се могу остварити на систему за образовање смеше (карбуратору или систему за убризгавање бензина) и то у погледу састава и расподеле смеше по појединим цилиндрима,посебно у функцији режима рада мотора,затим систему за паљење (закон промене угла предпаљења,енергија и дужина трајања варнице,зazor електрода свећице итд) и на разводном механизму (закон отварања и шема развода).



Слика 2. Утицај коефицијента количине ваздуха λ на састав издувних гасова и потрошње горива ото мотора [1]

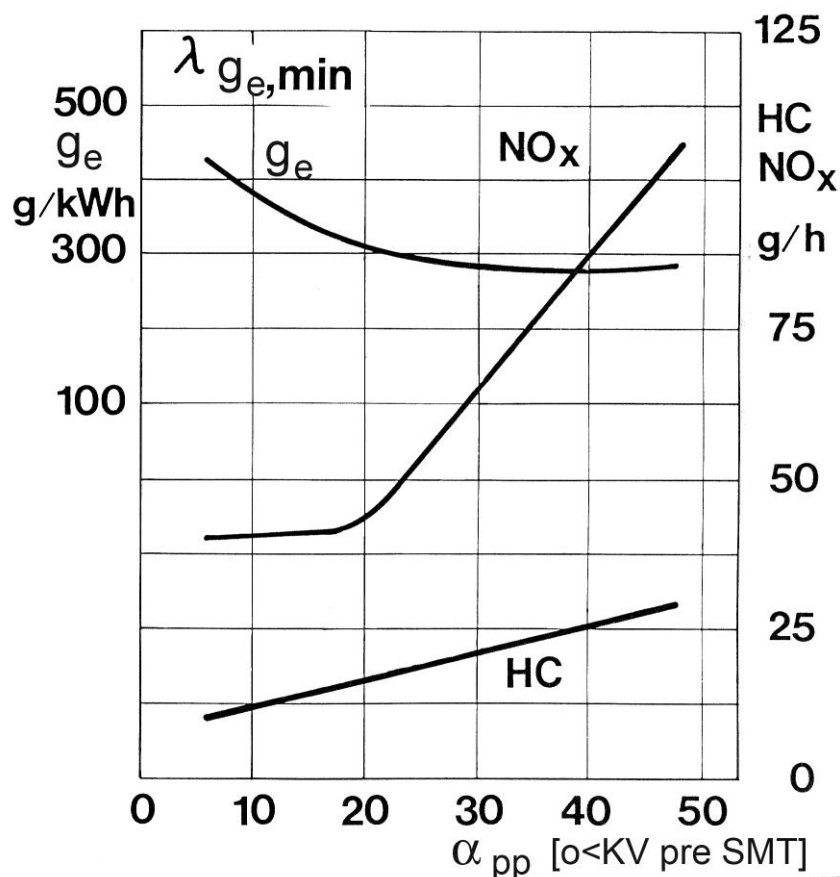
На дијаграму су означене три карактеристичне области и то:

Област са саставом смеше $\lambda \sim 0.9$ у којој су радили мотори пре 1970.год, област са вредношћу $\lambda = 1.0 + 1.1$ којој припада генерација мотора 1980/84 год. и оптимална област са коефицијентом $\lambda = 1.2 + 1.3$ којој теже данашње конструкције мотора.

Прва област је карактеристична за моторе који су радили са богатом смешом и који су према томе имали високе садржаје токсичних материја у издувним гасовима (посебно CO и CH), као и високу потрошњу горива али су при овом саставу смеше имали висок средњи ефективни притисак. Увођењем законских ограничења на садржај отровних материја у издувним гасовима и то најпре на CO и CH, захтевало је рад мотора са саставом смеше $\lambda = 1.0 + 1.1$ при коме су нижи садржаји CO и CH али доста високе концентрације NOx и релативно велика потрошња горива. Када су законским прописима уведена ограничења и на садржај NOx онда се код постојећих мотора користила накнадна обрада издувних гасова у циљу смањења садржаја ове компоненте. Право решење овог проблема лежи у конструкцији мотора нове генерације који би требало да раде са саставом смеше $\lambda = 1.2 + 1.3$, коме одговарају ниски садржаји све три компоненте и што је такође значајно, минимум потрошње горива.

Примена електронике на систем за образовање смеше (електронски регулисани карбуратори и системи за убризгавање бензина), омогућила је оптимирање промене састава смеше у радном пољу мотора по унапред утврђеном критеријуму.

Утицај другог регулационог параметра-угла предпаљења на састав издувних гасова и потрошње горива приказан је дијаграмски на слици 3 при саставу смеше који одговара минималној потрошњи.



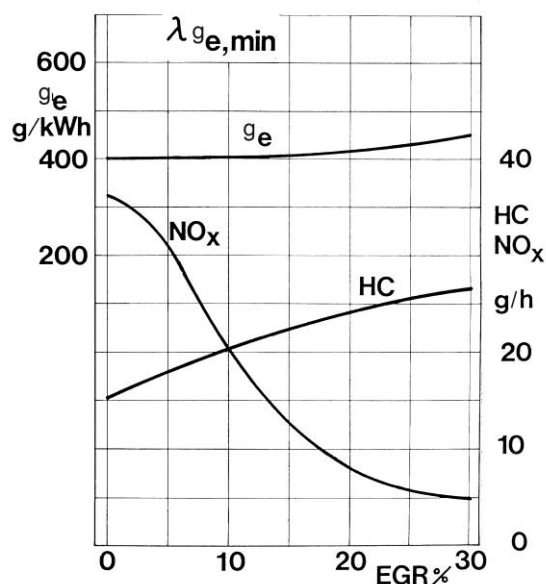
Слика 3-Утицај угла предпаљења на токсичност издувних гасова ото мотора [1]

Повећењем угла предпаљења неповољно утиче на садржај компонената СН и NO_x, док у погледу потрошње горива постоји оптимална вредност овог параметра при којој се постиже максимална економичност.

Савремени системи паљења код ото мотора поседују могућност економске промене угла предпаљења у функцији већег броја моторских параметара (електронски, компјутерски системи паљења).

У унутрашње мере смањења садржаја отровних компонената у издувним гасовима спада и рецикулација дела издувних гасова из издувног у уисни вод. На овај начин се знатно обара садржај NO_x због снижавања максималних температура циклуса, али се истовремено повећава концентрација несагорелих угљоводоника СН јер су услед веће количине заосталих продуката сагоревања у радном простору, знатно отежани услови сагоревања.

Дијаграм на слици 4 приказује утицај количине рецикулисаних гасова изражене у процентима на садржај основних компонената у издувним гасовима потрошњу горива при саставу смеше који одговара минималној потрошњи горива. Ток кривих на овом дијаграму потврђује напред изнете поставке о утицају рецикулације издувних гасова на садржај токсичних компонената СН и NO_x.



Слика 4-Утицај рециркулације издувних гасова(EGR) на токсичност издувних гасова ото мотора [1]

Много већи значај за превођење постојећих конструкција мотора сус на рад са ниским садржајем токсичних материја у издувним гасовима имају спољашње мере које се састоје у накнадној редукцији и конверзији већ створених отровних материја. Ове мере се могу поделити према томе да ли су осетљиве на садржај олова у бензину или не. У захтеве који се могу предузети на моторима који ређе са оловним бензином спадају следећи:

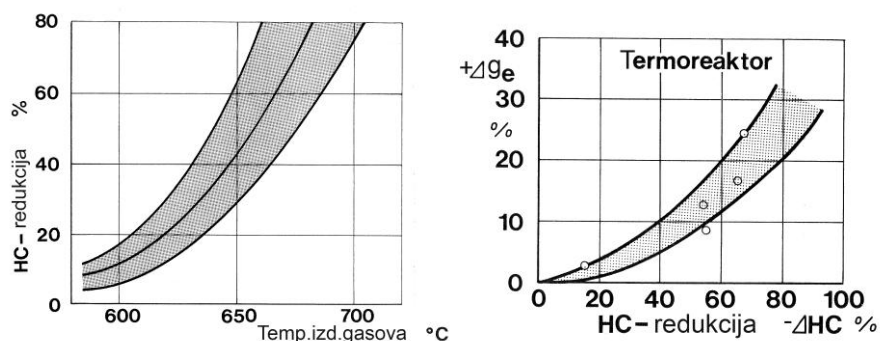
- увођење секундарног ваздуха
- термичка изолација издувног система
- термички реактор.

Мере за чију је примену неопходо коришћење безоловног бензина су следеће:

- оксидациони катализатор
- редукциони катализатор
- трокомпонентни катализатор
- λ -сонда.

Коришћење термичког реактора у издувном систему се своди на накнадно догоревање продуката непотпуног сагоревања горива, у првом реду несагорелих угљоводоника СН и угљенмоноксида СО.

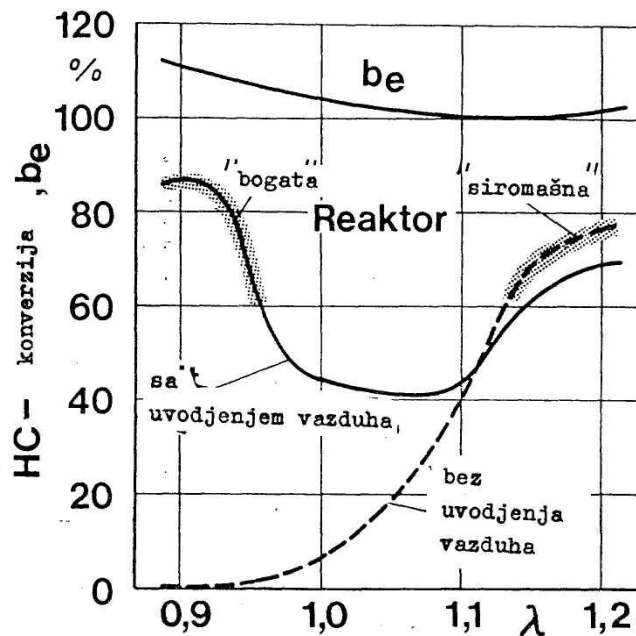
Ефикасност оваквог начина обраде издувних гасова утолико је већа уколико је виша температура издувних гасова, што се види и на слици 5.



Слика 5- Утицај температуре издувних гасова на смањење токсичности и повећање потрошње горива [1]

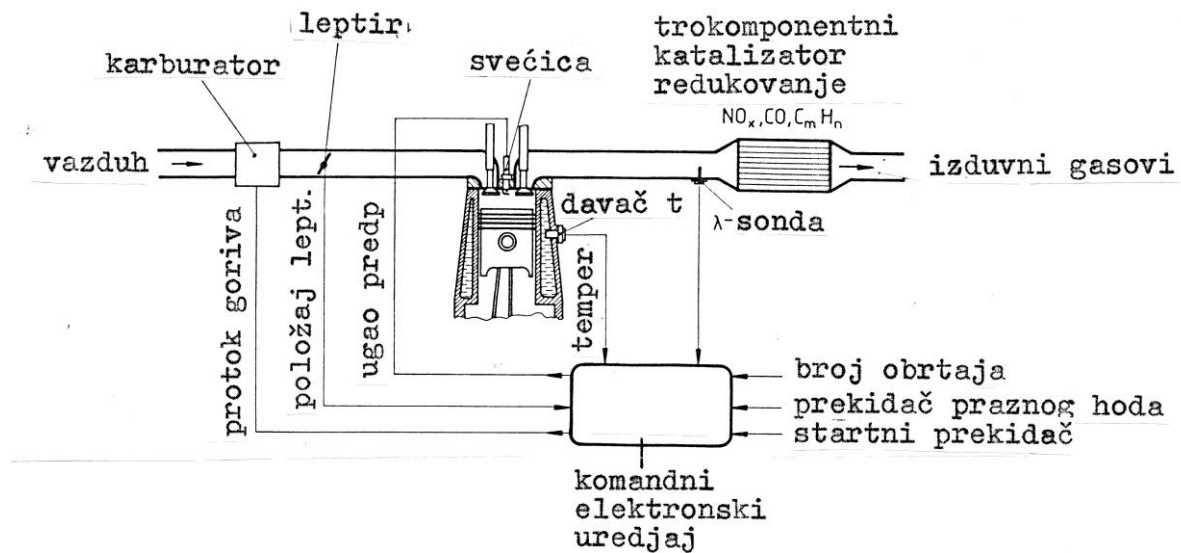
У том циљу се и врши термичка изолација издувне гране овом процесу, међутим, долази до повећања концентрације азотних оксида па се са термичким реактором скоро увек користи и рецикулација издувних гасова (EGR) за обарање садржаја NO_x .

Начин коришћења термичког реактора битно зависи од састава смеше са којом мотор ради. У области богате смеше, због недостатака кисеоника, неопходно је увођење секундарног ваздуха у издувни систем (иза издувног вентила) слика 6.



Слика 6- Састав смеше [1]

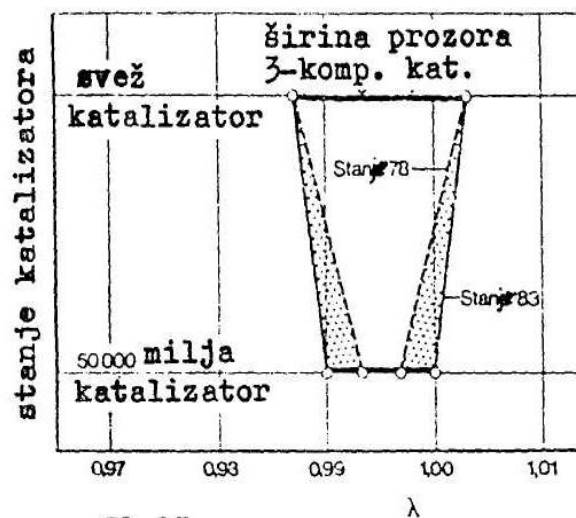
Овај ваздух се уводи принудно, помоћу пумпе за ваздух. У области сиромашне смеше ($\lambda > 1.1$) увођење датог ваздуха више није неопходно. Треба међутим, напоменути да обе мере (примене термореактора и рецикулација издувних гасова) повлаче за собом нешто већу потрошњу горива што треба изменити у виду пре одлучивања за њихову примену. Све мере из ове групе се могу применити на моторима који раде са оловним бензинима што је посебно значајно за наш возни парк чији су погонски агрегати подешени за такав рад. Принцип дејства мера из друге групе базира се на чињеници да се многе хемијске реакције, а међу њима и оксидација, убрзавају у присуству неких хемијских елемената (катализатора). Наведене врсте катализатора делују на следеће компоненете у издувним гасовима: оксидациони- CH/CO ; редукциони- NO_x и трокомпонентни $\text{CH}/\text{CO}/\text{NO}_x$. Собзиром на ову чињеницу најпогодније је користити трокомпонентни катализатор који редукује све три компоненте. Ефекат редукције отровних материја помоћу катализатора је највећи при стехиометријском саставу смеше ($\lambda = 1.0$), па се у циљу одржавања таквог састава користи λ -сонда (региструје да ли је смеша стехиометријска или не) и електронски регулисани систем за образовање смеше (карбуратори или системи за убризгавање бензина).



Слика 7-Шема размештаја основних елемената код мотора опремљеног системом за обраду издувних гасова са трокомпонентним катализатором [1]

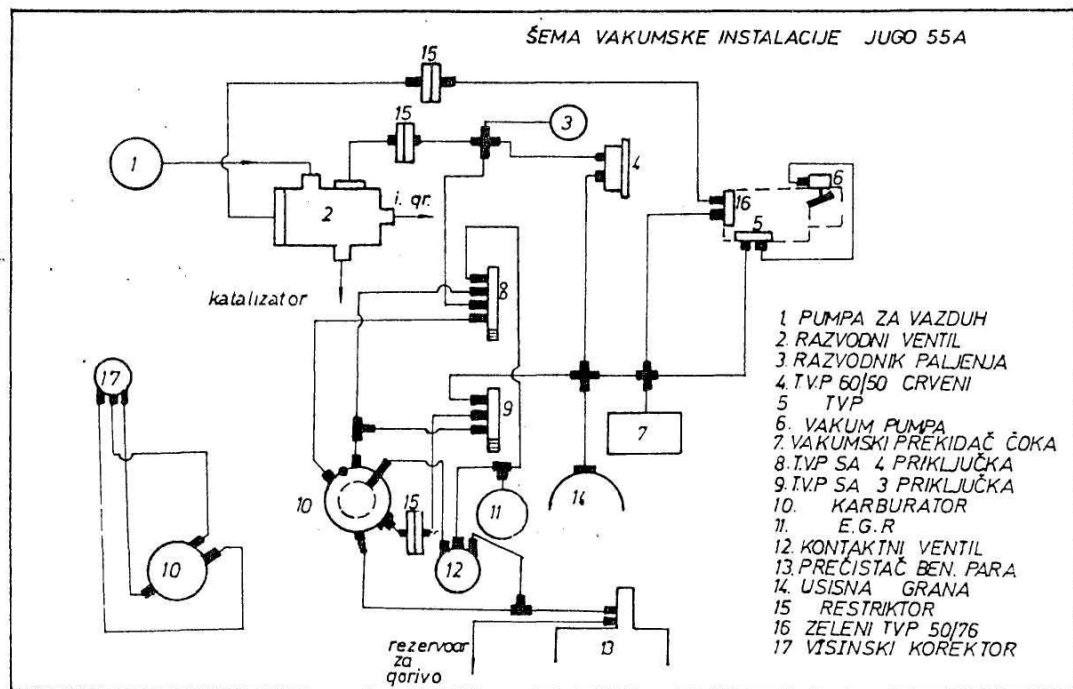
Овде треба напоменути да приказани систем може имати у неким случајевима и оксидациони катализатор, који се поставља иза трокомпонентног, са пумпом за убацивање додатног ваздуха и рецикулацијом издувних гасова.

Активне материје у катализатору су обично племенити метали (Pt, Rh, итд) које су осетљиве на примесе у бензину, посебно на оловне додатке. Отуда се систем за обраду издувних гасова са катализатором може користити само са безоловним бензином. Из тог разлога је најефикаснији нов (свеж) катализатор док се са пређеним километрима услед таложења примеса у катализатору повишава његова температура реаговања и смањује степен конверзије отровних материја.



Слика 8- Стање катализатора [1]

Стање катализатора такође утиче и на ширину области реаговања λ -сонде, што је дијаграмски приказано на слици 8 произведене 1978. и 1983.год. Као илустрација могућности примене система за накнадну обраду издувних гасова на моторима који су уграђени у наш возни парк може да послужи систем примењен на мотору 128.A.064 који се уграђује у возило JUGO 55 A слика 9 и који је омогућио да ово возило задовољи врло оштре америчке прописе по саставу издувних гасова. Наравно, многи од елемената овог система се не производе код нас (пумпа за ваздух, катализатор, разводни вентили, итд) па се морају увозити што повећава цену мотора односно, возила.

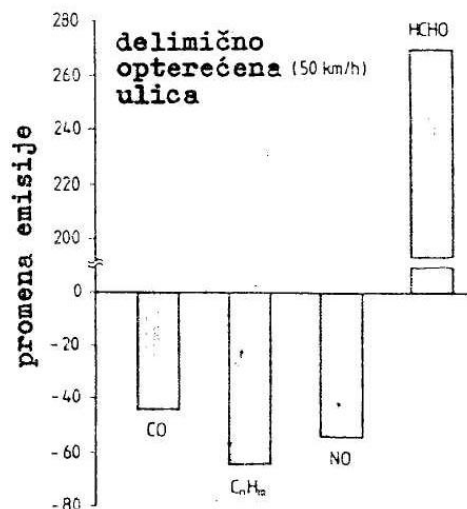


Слика 9-Шема вакумске инсталације JUGO 55A [2]

У циљу квалитетне оцене приказаних мера за смањење токсичности издувних гасова мотора као погонског агрегата, неопходно је на крају дати преглед могућег учинка сваке од њих са посебним освртом на развојни тренд у будућности.

2.2. Горива

Као што је раније речено, токсичне материје код мотора сус настају у процесу сагоревања у коме учествују гориво са једне стране, и кисеоник из ваздуха са друге. Пошто је састав ваздуха скоро непроменљив ($0.21\% \text{O}_2, 0.79\% \text{N}_2$), то ће врста и састав горива пресудно утицати на врсту токсичних материја које се могу појавити у издувним гасовима. Најчешће коришћено гориво за ове моторе је бензин чијим сагоревањем, под одређеним условима, у издувним гасовима се појављују токсичне компоненте CO , CH и NO_x о којим је било доста речи. Као алтернативна горива за погон овог мотора најчешће се користе: алкохоли (метанол 1) и то чист (M100) или у мешавини са бензином (15%-M15; 20%-M20), течни гас и мешавина бензина и водоника. Концентрација отровних материја у издувним гасовима мотора при његовом погону на чист метанол (M100), у градским условима вожње (делимично оптерећене улице, $V=50 \text{ km/h}$) приказане су на слици 10.



Слика 10- Концентрација отровних материја у издувним гасовима мотора у градским условима возње [2]

При томе су садржаји токсичних материја дати процентуално у односу на одговарајуће вредности при погону на бензин. Смањење садржаја три основне компоненте износи редом: 40% CO, 60% CH, 50% NO_x, док се знатно повећао садржај алдехида, за 270%.

2.3 Возило

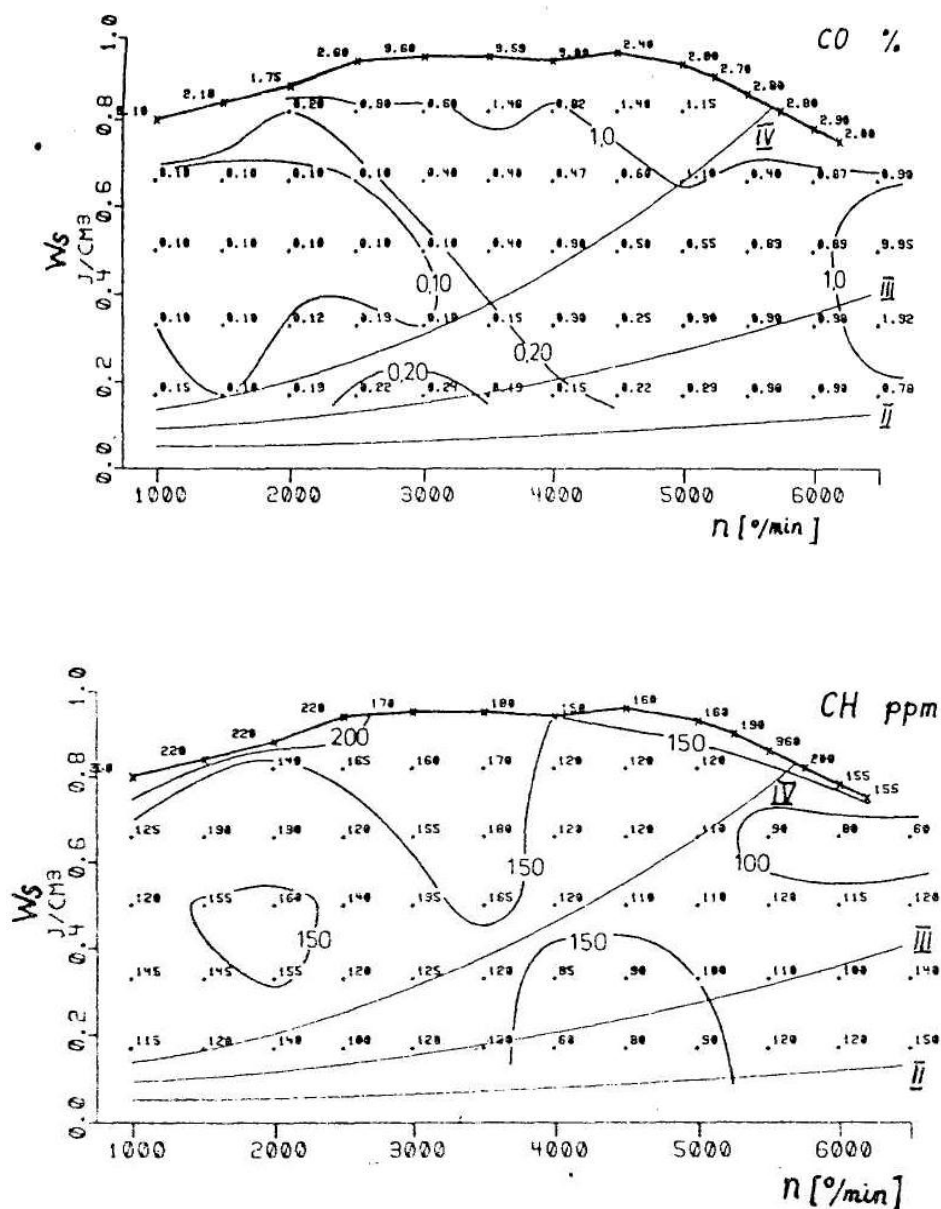
У низу утицајних фактора на токсичност издувних гасова видно место свакако припада возилу. Конструкција возила и његових елемената у првом реду усаглашеност возила и мотора, у знатној мери одређују ниво емисије возног парка у експлоатацији. Као илустрација карактеристика заједничког рада мотора и возила по критеријуму токсичности могу да послуже универзални дијаграми садржаја појединих компонената у издувним гасовима.

Дијаграми на слици 11 управо приказују садржаје CO и CH у пољу радних режима мотора и возила при чему су карактеристике мотора представљене зависношћу $W_s(P_e) = f(n)$, а возила кривим отпора у II, III и IV степену преноса.

Уочава се да данашње конструкције моторних возила својим карактеристикама покривају само део радне области мотора као погонског агрегата. Често се дешава да остају непокривени управо они режими рада мотора који су оптимални по неком од погоских или употребних параметара.

Такав случај је са потрошњом горива чији се минимум (по 1) налази ван радног подручја возила па је у циљу њиховог приближавања неопходно мењати мотор или возило. Обично је целисходније предузимати конструктивне измене на самом возилу, које се углавном састоје у изменама облика (аеродинамике), избору пнеуматика (отпор котрљања) и прилагођавању трансмисије (увођењу V степена преноса чија је крива отпора у приказаним дијаграмима изнад криве отпора IV-степенa). На тај начин се проширује област могућих радних режима система мотор-возило.

Пошто се према дијаграму 3 минимум потрошње горива у оптималној области углавном поклапа са минималним концентрацијама све три компоненте (CO, CH, NO_x) то наведене мере имају пуни значај и при анализи токсичности издувних гасова.



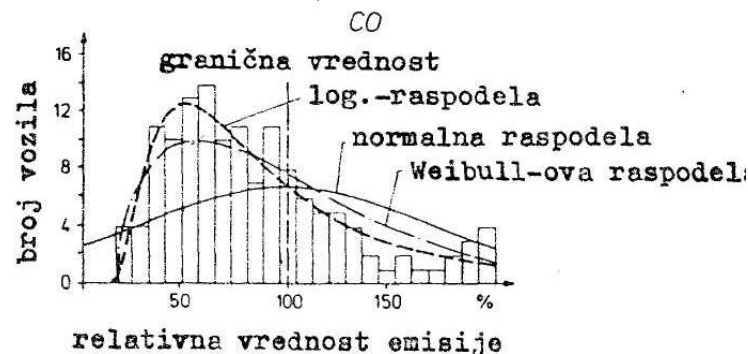
Дијаграми на слици 11 и 12 приказују садржаје CO и CH у пољу радних режима мотора и возила [2]

Утицај возила на садржај токсичних компонената у издувним гасовима може се посматрати и са једног другог аспекта. Наиме, при серијској производњи мотора и возила одступања у емисији штетних материја код нових возила истог типа могу да буду знатна.

Отуда се мерења морају спровести на већем броју возила а потом статистичком обрадом добијених вредности доћи до репрезентног возила целе серије са којима се сада могу вршити различита истраживања као параметар статистичке оцене обично се користи релативно стандардно одступање (коэффициент варијације).

Дијаграм на слици 13 приказује хистограм и неколико могућих функција расподеле за садржај угљенмоноксида измерен на 100 нових возила истог типа, на крају монтаже пре испоруке тржишту. На апсциси је нанета релативна вредност емисије сведена на граничну вредност (проценат) а на ординату број возила.

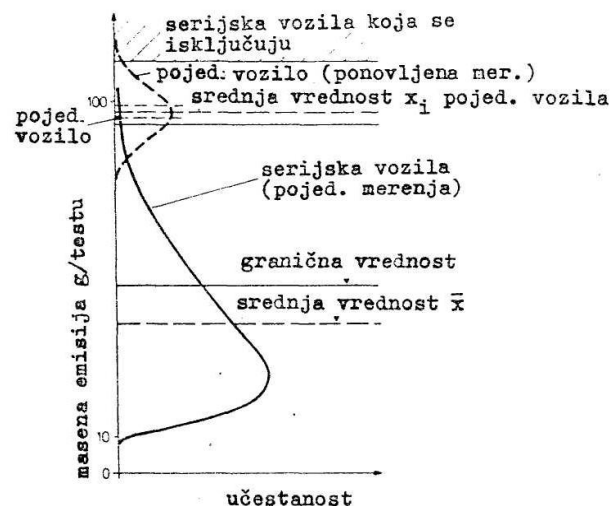
Добијени хистограм се може најбоље апроксимирати логаритамском функцијом расподеле. Поновљена мерења садржаја појединих компонената на истом возилу такође дају одступања која се приближно померавају нормалном закону расподеле.



Слика 13-Функција расподеле за садржај угљенмоноксида измерен на 100 нових возила истог типа [2]

Овако велика одступања између возила у серији,односно,између поновљених мерења на истом возилу не утичу битно на загађење околине јер се укупна емисија смањује не смањењем одступања већ средње вредности. Утицај емисије издувних гасова на квалитет ваздуха,односно,на средњу вредност емисије ,при дефинисаној саобраћајној ситуацији и климатским условима,зависи само од средње вредности емисије.

Посебан проблем представља праћење емисије појединачног возила у серији. Илустрација овог проблема дата је на слици 14.



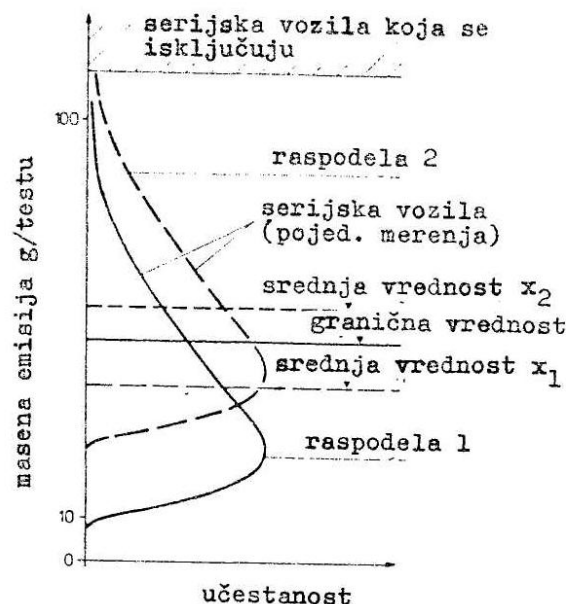
Слика 14- Праћење емисије појединачног возила у серији [2]

На хоризонталној оси дата је фреквенца а на вертикалној емисија у g/testu. Као што је раније речено, емисија возила из серије се приближно померава логаритамском закону расподеле(пуна линија на дијаграму),са средњом вредношћу $\bar{X}$ која је очигледно мања од граничне вредности за ту компоненту. И уопште ,највећи број возила из серије има емисију која је испод граничне вредности. Међутим, поставља се питања шта је са возилима која имају емисију изнад граничне вредности? Уочимо емисију једног возила које је знатно изнад граничне вредности али и даље лежи на кривој функције расподеле за целу серију(тачка на дијаграму).

Ако се на овом возилу изврши више узастопних мерења састава издувних гасова, добијене вредности ће се према раније реченом покоравати нормалном закону расподеле (испрекидана линија на дијаграму) са средњом вредношћу X_1 . У пракси је обично случај да се на возилу изврши једно или два мерења при чему се могу добити знатне разлике у вредностима па се у обзир мора узети статистичка непоузданост поновљених мерења. Међутим поставља се питање где повући ту границу? Једна од препорука је да се сва возила са средњом вредношћу емисије искључе као превелики загађивачи. На дијаграму је ова област шрафирана. При томе је са X_{gr} означена гранична вредност емисије, а са s -стандардно одступање возила из серије.

Сасвим други случај наступа ако се на основу појединачних мерења на возилима из серије добија средња вредност (X_2) која је већа од граничне вредности (испрекидана крива на слици 15) овакав случај може да наступи ако се мерења врше на статистички одбаченом броју возила посматраног модела.

Све до сада речено односи се на нова возила из серије која се лансирају на тржиште. Ситуација код возила у експлоатацији која припадају возном парку ужег подручја (на пр. града) је сасвим другачија.

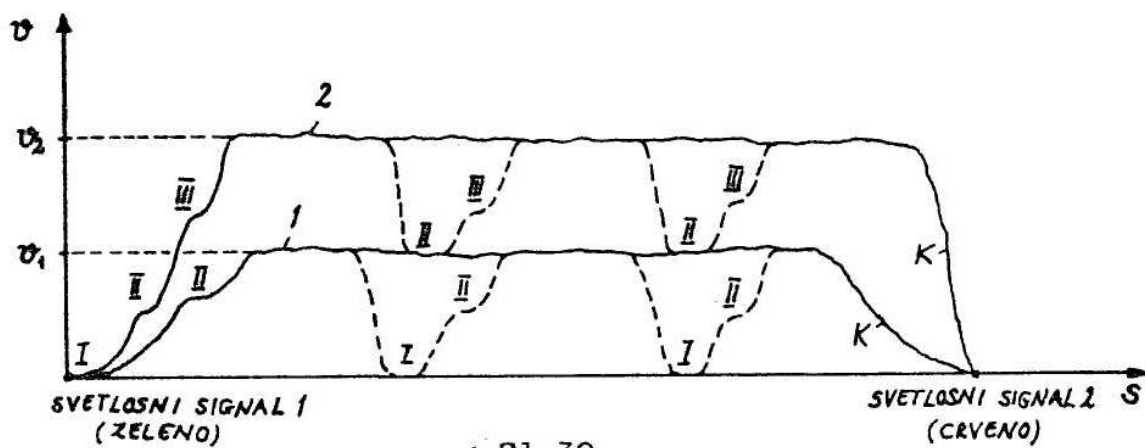


Слика 15- Праћење емисије појединачног возила у серији и израчунавање средње вредности [2]

Ту је пре свега, заступљена велика разноликост у погледу типова и старости возила. С друге стране, и код возила истог типа и старости (године производње) постоје битне разлике с обзиром на начин одржавања, експлоатације, број пређених километара итд. Да би се сви ови утицаји узели у обзир при истраживању загађења околине од стране возила, неопходно је извршити статистичку обраду резултата мерења емисије на возилима одређеног возног парка и на основу такве обраде изабрати репрезенто возило (по типу старости и броју пређених километара), па са таквим возилом вршити снимање у реалним режимима кретања (градска возња). У колико се снимање врши новим возилом онда се добијене вредности емисије морају кориговати с обзиром на напред наведене утицаје.

2.4. Возач

Набројаних фактора и карактеристике возача утичу на ниво емисије штетних материја из моторних возила. У условима градске вожње функције возача су многоструке и веома сложене. Пред њега се поставља низ комплексних захтева и ограничења: ограничење максималне брзине кретања, кретање у условима прекинутог и ометаног саобраћаја (семафори, друга возила, пешаци), праћење саобраћаоних знакова светлосних сигнала итд. Без обзира што су ови захтеви исти за све учеснике у саобраћају, конкретне ситуације сваки возач решава на себи својствен начин у чему се и огледа његов стил вожње. Као илустрација напред реченог може да послужи пример могућих понашања возача при вожњи у условима прекинутог саобраћаја између два светлосна сигнала. Дијаграм на слици 16. управо приказује промену брзине возила у функцији пређеног пута за неколико могућих начина кретања између два светлосна сигнала (семафора).

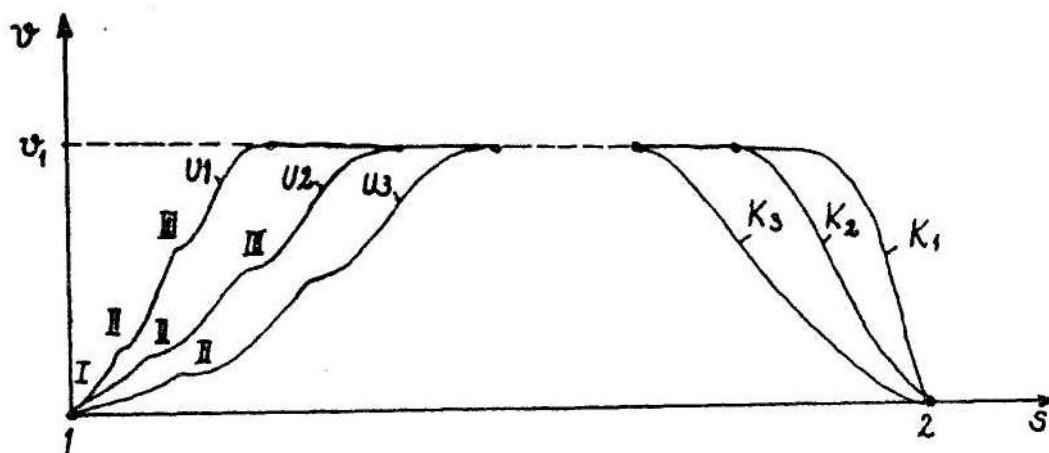


Слика 16- Промена брзине возила у функцији пређеног пута за неколико могућих начина кретања између два светлосна сигнала [2]

Крива 1 на дијаграму (пуна линија) приказује кретање возила у колони константном брзином V_1 . Пошто се ради о ометаном току саобраћаја то се возило креће у II степену преноса релативно малом брзином. У случају изненадних и наглих кочења возила у колони, брзина посматраног возила се мења по испрекиданој линији, понекад и до заустављања ($V=0$).

Крива 2 (пуна линија) одговара промени брзине возила које претиче колону и на тај начин се креће већом максималном брзином V_p у III степену преноса (неометани ток саобраћаја). У случају наилаaska возила из супротног смера возило се враћа у колону чиме му се брзина изједначава са брзином возила у колони (испрекидана линија). Оваква радња битно угрожава безбедност саобраћаја и овде се разматра само као могућа варијанта понашања возача.

Највеће индивидуалне разлике у понашању возача се управо јављају у процесу убрзавања (залета) и успоравања (кочења) возила. На слици 17 приказана су три различита случаја промене брзине у току ових процеса.



Слика 17- Три различита случаја промене брзине у току ових процеса [2]

Постизање максималне брзине у одређеном степену преноса може се осећати са већим или мањим убрзањем, односно, за краће или дуже време. На слици 17 највеће убрзање има промена U_1 а најмање U_3 . Која се од ових промена бити реализована на возилу датих карактеристика зависи искључиво од возача и његовог темперамента. Међутим, овде је суштина дати одговор на питање која је од ових промена оптимална по критеријуму токсичности издувних гасова и потрошњи горива? Познато је да велика убрзања захтевају нагло отварање лептира у карбуратору (нагло додавање гаса) што за последицу има повећање потрошње горива и токсичности издувних гасова, јер се при таквом режиму рада мотора укључује додатни уређај за обогаћење смесе (акцелераторска пумпа). С друге стране, у овом случају је потребно најкраће време да се изађе на устаљени режим кретања (са константном брзином), што значи да по критеријуму економичности и токсичности процес убрзавања возила треба извести за што краће време са умереним брзинама отварања пригушног лептира. Слична дискусија важи и за процес успоравања (кочења). На слици 17. приказана су три карактеристична случаја овог процеса. Крива K_1 одговара случају интензивног кочења до потпуног заустављања, који је истовремено и најнеповољнији јер се сва енергија у процесу кочења претвара у топлоту.

Крива K_2 представља случај умереног кочења које се може обавити кочницом или (пребацивање у нижи степен преноса и отпуштање педале гаса). Коначно, крива K_3 одговара случају тзв. слободног заустављања возила који се састоји у томе да се у одређеном тренутку ручица мењача доведе у неутрални положај, отпусти педала гаса и возило креће по инерцији до потпуног заустављања. Наравно, ово је могуће извести на равном или коловозу са успоном. Овај случај је истовремено и најповољнији јер се акумулирана енергија у потпуности претвори у енергију кретања возила.

Карактеристике возача посебно долазе до изражаја у случајевима када је потребно снимити токсичност издувних гасова возила по неком од постојећих тестова. Задатак возача се састоји у томе да са возилом које је постављено на мерне ваљке прати унапред записан ток брзине возила са што мањим одступањима.

2.5- Пут – режим кретања возила

При анализи утицајних фактора на карактеристике одвијања саобраћајног тока, у општем случају се посматрају три основна стања:

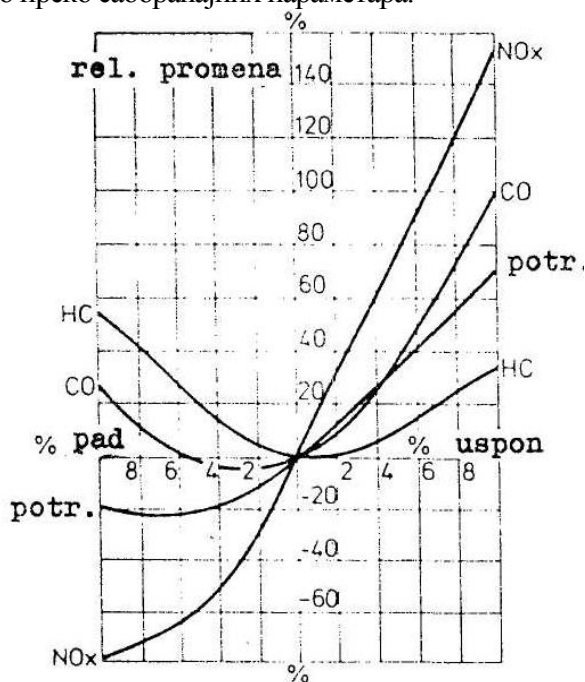
- стања неометаног тока (отворене деонице путева),
- стања прекинутог тока (сигналисане и несигналисане раскрснице),
- стања ометаног тока (уливно-изливне рампе, зоне преплитања и сл.)

За саобраћајни ток у већим градовима (какав је и Крагујевац) карактеристична је комбинација наведених стања.

Параметри који утичу на квалитет одвијања саобраћајног тока могу се поделити у две групе и то:

саобраћајни параметри (густина, проток, брзина), геометријски параметри (карактеристике саобраћајнице: ширина, конфигурација успон, пад; квалитет подлоге).

Геометријски параметри имају значаја само при пројектовању нових саобраћајница, када се и усвајају, док код постојећих њихово дејство је углавном константно. Изузетак, на неки начин, представља квалитет подлоге који се временом мења и може се обнављати. Геометријски параметри утичу директно на емисију моторним возила преко конфигурације коловоза (успон, пад) и квалитета подлоге (отпор котрљања), док ширина саобраћајнице "утиче посредно преко саобраћајних параметара.



Слика 18-Зависност емисије токсичних компонената и потрошње горива од конфигурације пута, која је добијена снимањем по VW-циклусу [2]

Много већи утицај на емисију и потрошњу горива имају саобраћајни параметри, тим пре што се на њих може утицати у циљу побољшања перформанси токсичности и економичности. При одређивању везе између режима кретања возила и емисије токсичних материја постоје различити приступи почев од чисто рачунских преко експерименталних до комбинованих. Експериментални метод има у обзир највећи број стварних услова али је недостатак што још увек не постоје мерни уређаји за анализу састава издувних гасова који би могли да се користе у возилу које се креће у реалним условима експлоатације. За превазилажење овог проблема постоје две могућности и то: коришћење возних тестова и симулирање стварних режима кретања у лабораторији.

У задње време се све чешће користе рачунски модели како за симулирање саобраћајног тока тако и за прорачун емисије и потрошње при одређеним режимима кретања возила. Данас су ти модели све чешће рачунско-експерименталног карактера. Многи аутори сматрају да коришћење оваквих модела пружа веће могућности у погледу оптимизирања саобраћајног тока по критеријуму токсичности издувних гасова и потрошње горива.

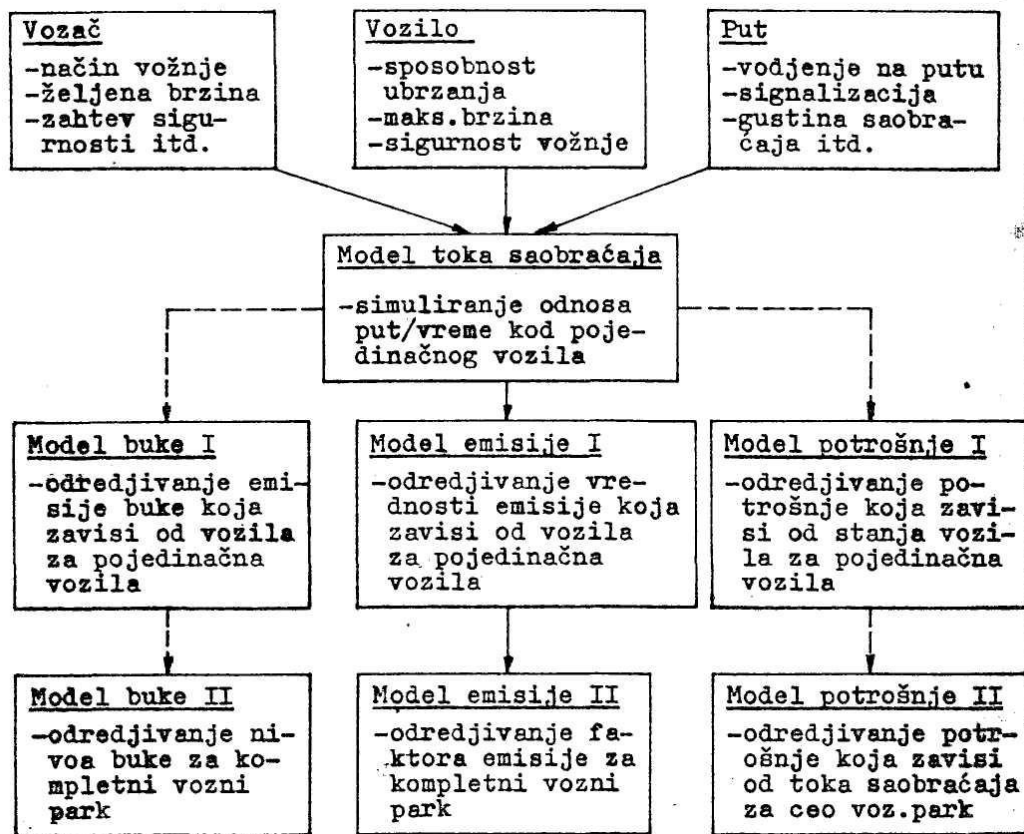
Један од таквих модела је рачунски модел DGV, који омогућава прорачун садржаја токсичних компонената (CO, CH, NO) и потрошње горива на основу записаног тока промене брзине возила у реалним режимима кретања.

Промена брзине возила се записује као аналогни сигнал (на магнетну траку) а потом се преко А/Д конвертора уводи у рачунар, у програм који срачунава састав издувних гасова и потрошњу горива. Програм омогућава да се за сваки пар вредности брзине и убрзања возила добију вредности емисије и потрошње горива.

Возач својим темпераментом битно утиче на карактер промене брзине возила у току убрзавања и успоравања и да у том погледу постоју оптимална вредност убрзања, односно, успорења.. У вези с тим, у раду су узети следећи ставови:

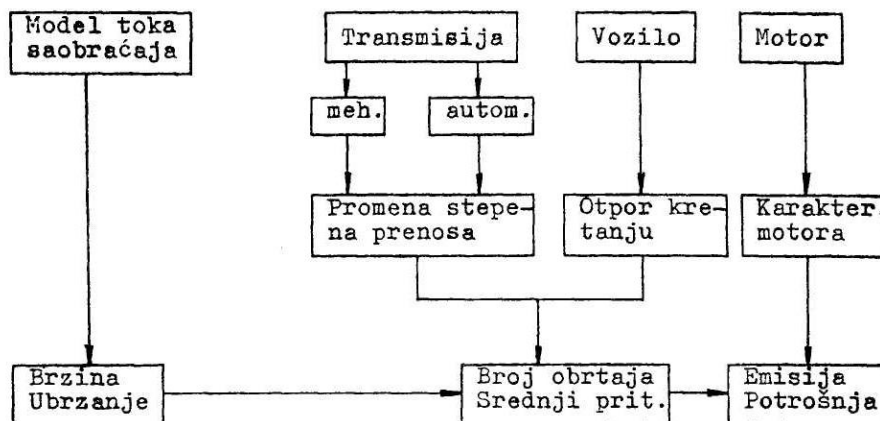
- потрошња горива за дату брзину опада ако је та "брзина постигнута са већим убрзањем,
- емисија издувних гасова расте ако расте јединично убрзање,
- коришћење само просечне брзине кретања возила на мрежи, ради утврђивања потрошње горива и емисије издувних гасова; не даје задовољавајуће резултате јер се занемарује утицај убрзања,
- утицај успорења возила на потрошњу горива није од значаја.

Данас су већ у широко у употреби радови који омогућавају не само срачунавање емисије и потрошње већ и симулирање одређеног саобраћајног тока . Предност оваквих модела се огледа пре свега у неограниченим могућностима варирања утицајних параметара на одвијање саобраћајног тока, а преко њега и на емисију токсичних материја и потрошњу горива. Блок дијаграм једног таквог модела дат је на слици 19.



Слика 19- Модел који рачуна емисије, потрошње и симулирање одређеног саобраћајног тока [2]

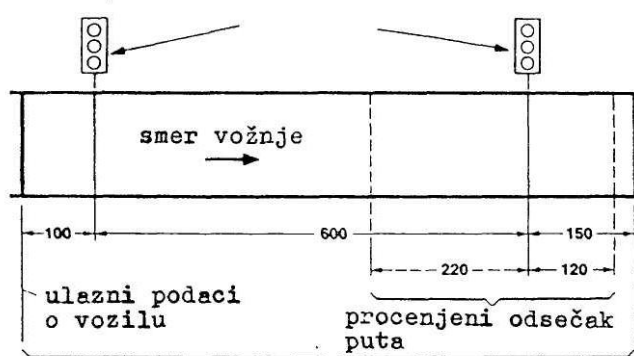
Интересантно је напоменути да се поред прорачуна потрошње и емисије све чешће одређује и ниво буке возила. При рачунском одређивању емисије и потрошње централно место треба дати мотору као погонском агрегату, јер од његове брзинске карактеристике зависи и емисија и потрошња. Блок дијаграм на слици 20 управо приказује поступак прорачуна ових величина уз узимање у обзир карактеристике саобраћајног тока, возила, трансмисије и мотора.



Слика 20- Поступак прорачуна величина уз узимање у обзир карактеристике саобраћајног тока, возила, трансмисије и мотора [2]

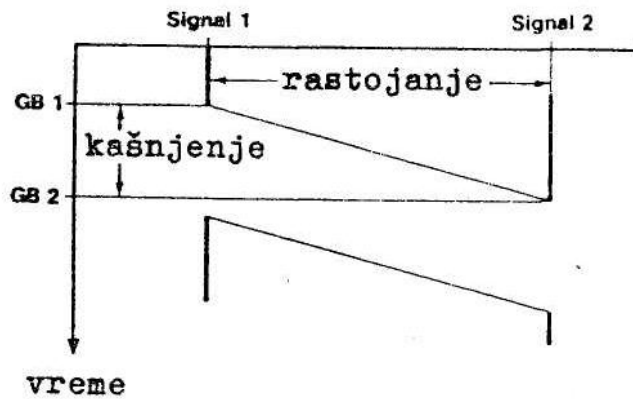
Посебну тешкоћу представља обухватање карактеристика мотора за реалне услове саобраћајног тока (променљиви режими), па се у том смислу користе стационарне карактеристике мотора добијене у лабораторији. Наиме, на пробном столу се за сваки пар вредности броја обртаја и средњег ефективног притиска (оптерећења) снимају одговарајуће вредности потрошње горива или садржаја токсичних материја (CO, CH, NOx), чиме се добија низ тачака у пољу радних режима мотора. Да би се од дискретног приказа прешло на континуални користе се различити методи апроксимације нпр. метод В-splajна. Овако добијена карактеристика мотора уноси се у програм што омогућава да се за сваки пар вредности (n, p), одреди потошња горива односно, емисија токсичних материја.

При симулирању саобраћајног тока у градским условима вожње морају се узети у обзир ограничења која се у овом случају постављају на кретање возила. Једно од најзначајнијих је свакако постојање светлосно-сигналних уређаја (семафора), чији рад у знатној мери утиче на карактеристике саобраћајног тока. У циљу оцене квалитета рада светлосних уређаја, посматрана је деоница пута, одређене дужине, са једном коловозном траком, на којој су постављена два семафора (слика 21).



Слика 21- Посматрана деоница пута, одређене дужине, са једном коловозном траком, на којој су постављена два семафора [2]

Брзина V може да послужи за оцену синхронизације рада семафора од које очигледно зависи саобраћајни ток па самим тим и величине емисије и потрошње.



GB1 паљење зеленог светла-сигнал 1

GB2 паљење зеленог светла-сигнал 2

Слика 22-Одређивање вредности растојања и време кашњења [2]

С обзиром на вредност брзине V синхронизација семафора се може оценити као "добра", "средња" и "лоша". Вредности величина времена кашњења t и брзине V за три наведена случаја синхронизације дате су у табели 1, при чему су усвојене следеће вредности: време кретања 80 s, време давања одобрења (зеленог светла) 40 s, интензитет саобраћаја 500 vozila/h.

	Синхронизација		
	добра	средња	лоша
Кашњење $t_k/s/$	50	60	70
Прогресивна брзина $V_p /km/h/$	43,2	36,0	30,9

Табела 1- Вредности величина времена кашњења t и брзине V за три наведена случаја синхронизације [2]

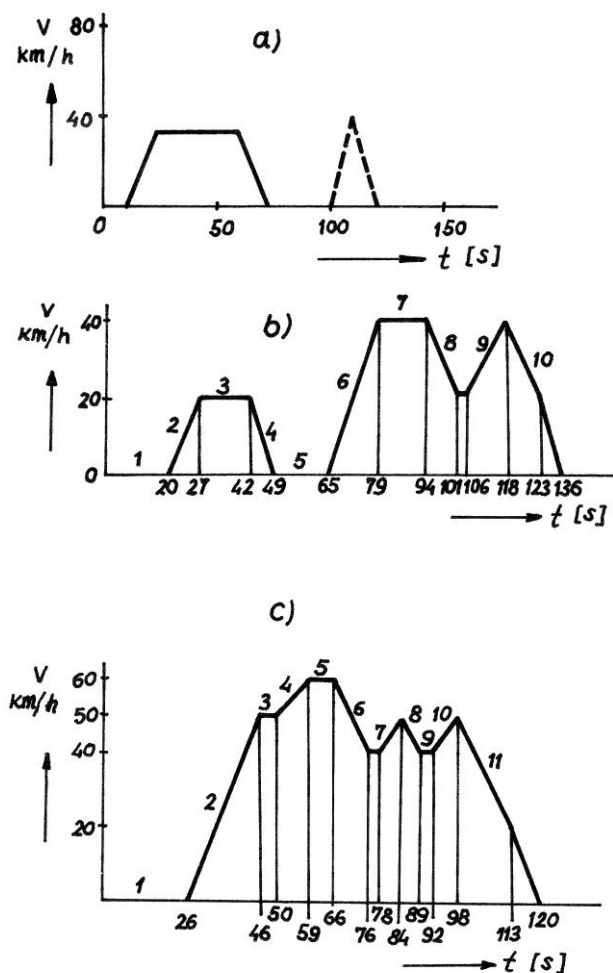
Очигледно да се најбољи резултати у погледу проточности саобраћаја добијају у случају да се прво возило у колони креће брзином V .

3. Возни тест

Представља стандардизовани (прописани) режим кретања возила у току којег се мери садржај токсичних материја у издувним гасовима мотора. Он се задаје графички у дијаграму брзина кретања возила-време.

Први возни тест и одговарајући прописи појавили су се у Калифорнији (САД) 1961. године да би ступили на снагу 1966. Од 1972. године уведени су федерални прописи и одговарајући возни тест CVS који од 1973. године важе на читавој територији САД.

У Јапану се 1968. године уводи возни тест "7 mode" а потом "10 mode" и "11 mode". Данас је у Јапану на снази возни тест "15 mode". На слици 23 дати су графички прикази ових тестова.



Слика 23- Возни тестови: а)калифорнијски, б)јапански "7 mode" в) "10 mode", г) "11 mode" [1]

Прве прописе из ове области у Европи донела је Економска комисија УН за Европу (ЕСЕ) 20.03.1958. године. У оквиру ових прописа донет је правилник R.15 који се односи на токсичност издувних гасова мотора, а ступио је на снагу 1970. године. Током времена, правилник ЕСЕ R.15 је мењан у циљу пооштравања прописа и промене неких елемената поступка контроле токсичности у лабораторијским условима, што је било обухваћено амандманима: 01, 02, 03, 04 и 05.

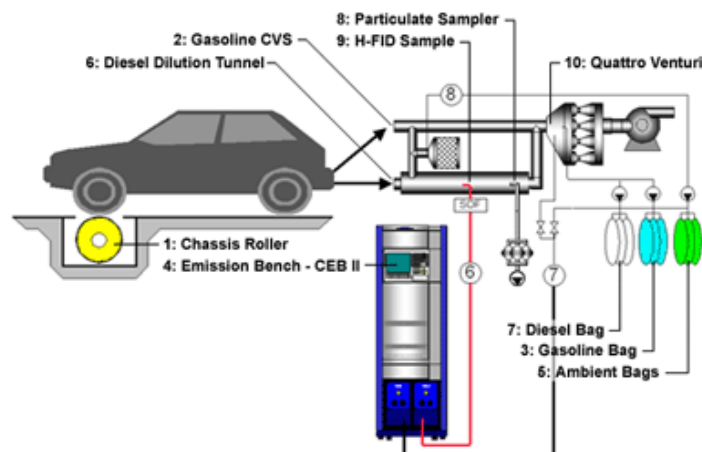
Закључно са амандманом 03, узорковање издувних гасова у току спровођења возног теста је вршено у велике кесе, а правилник се односио само на возила са ото мотором. Амандман 04 уводи CVS систем за узорковање издувних гасова и процедуру која се односи и на возила са дизел мотором. Амандман 05, уводи категоризацију возила према радној запремини мотора, док је пре тога у ту сврху коришћена **референтна маса возила** (маса возила спремног за вожњу + 100 kg).

Правилник ЕСЕ Р15 је дефинисао контролу токсичности издувних гасова кроз спровођење три врсте проба:

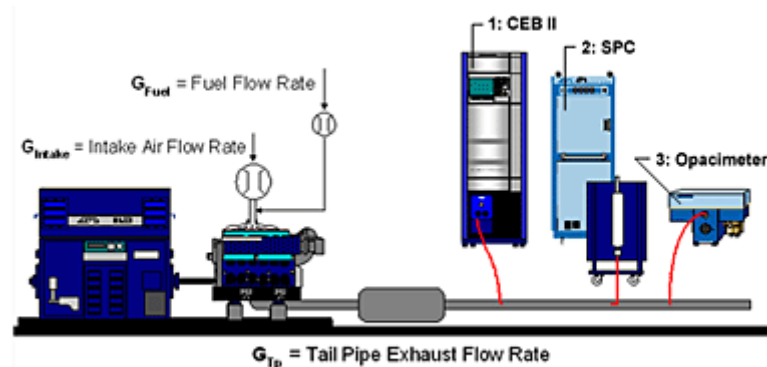
- проба типа I : контрола токсичности издувних гасова мотора по европском тесту градске вожње,
- проба типа II: контрола садржаја CO при раду мотора на празном ходу,
- проба типа III: контрола испарења из картера мотора.

На слици 24 је приказана возна крива европског теста. По правилнику ЕСЕ R.15, мотор се стартује на хладно и возна крива понавља 4 пута, тако да је укупно трајање теста: $4 \times 195 \text{ s} = 780 \text{ s}$, при чему се гасови воде у велике кесе (до амандмана 04), односно, у СУ систем.

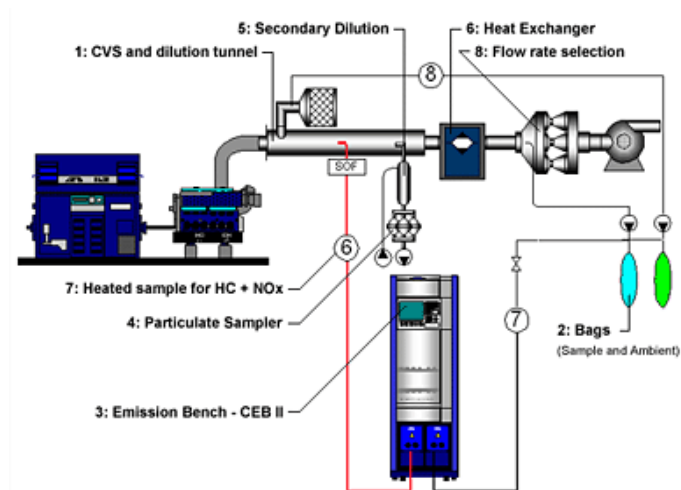
На сликама 24, 25, 26, 27- приказане су инсталације за узорковање издувних гасова (CVS), за путничка и теретна возила и мотоцикле



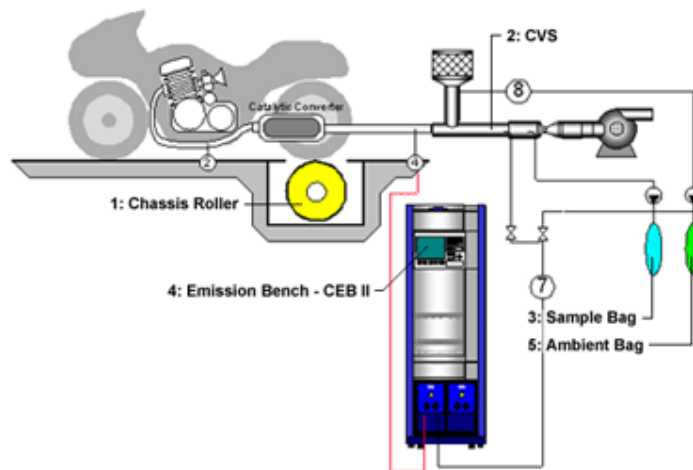
Слика 24-Мерна опрема за извођење возних тестова у лабораторији за путничка возила [1]



Слика 25-Мерна опрема за извођење стационарног возног теста за теретна возила са дизел мотором [1]



Слика 26- Мерна опрема за извођење нестационарног возног теста за теретна возила са дизел мотором [1]



Слика 27-Мерна опрема за извођење возног теста за мотоцикле [1]

Возило се поставља погонским точковима на динамометарске ваљке и "вози" задати возни тест при чему се издувни гасови скупљају у резервоаре константне запремине. При томе се, у циљу спречавања накнадних хемијских реакција између продуката сагоревања, издувни гасови у одређеном односу разблажују свежим ваздухом и одржава им се задата вредност температуре. Из резервоара издувни гасови се воде у систем за анализу у оквиру кога се налазе анализатори за поједине компоненте. Зависно од компоненте, користе се следећи типови анализатора:

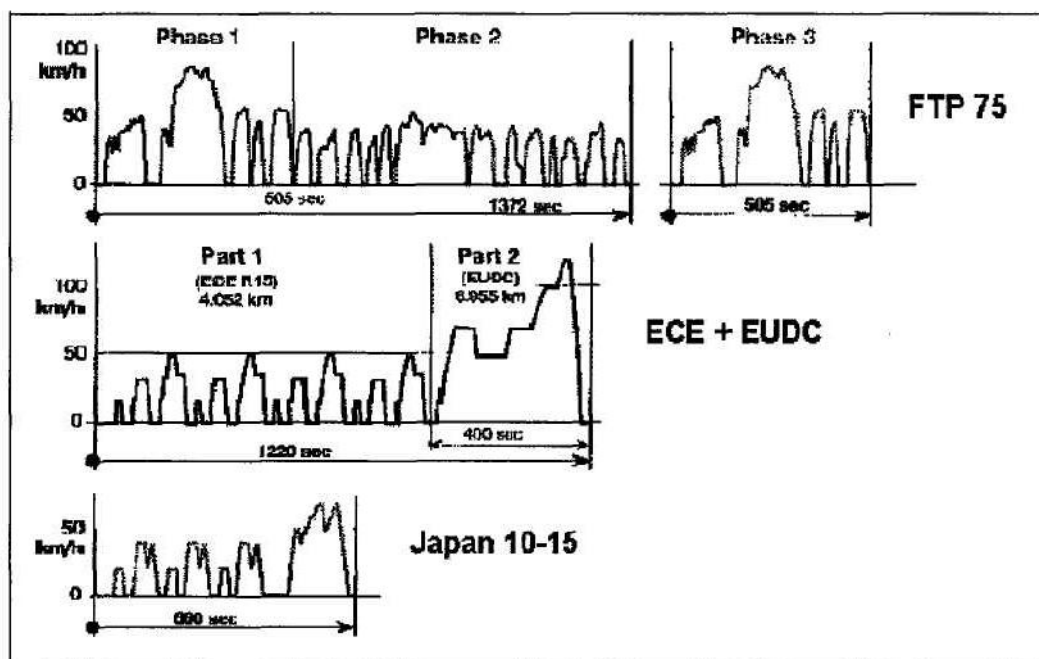
- NDIR -недисперзни инфрацрвени за анализу CO и CO₂,
- CLD-хемилуминисцентни за анализу NO_x,
- FID -пламено-јонизациони за анализу C_xH_y

Нови европски прописи

Представљају прописе о емисији издувних гасова европске Уније који су дефинисани директивом 70/220/ЕЕС. У оквиру ове директиве настали су амандмани:

- EURO 1 стандард (EC93), директиве: 91/441/ЕЕС-само за путничка возила и 93/59/ЕЕС-за путничка и лака теретна возила,
- EURO 2 стандард (EC96), директиве: 94/12/ЕС и 96/69/ЕС,
- EURO 3/4 стандарди (2000/2005): директива 98/69/ЕС, амандман 2002/80/ЕС,
- EURO 5/6 стандарди (2009/2014): директива 715/2007

Као возни тест се користи комбиновани ECE R.15 (тест градске вожње) + EUDS слика 28.



Слика 28-Амерички FTP 75, европски ECE+EUDS и јапански возни тестови [1]

Почев од стандарда EURO 3, уводи се нови возни тест NEDC или MVEG-B тест који се добија елиминисањем времена загревања мотора у трајању од 40s у тесту ECE+EUDS. Са овим стандардом се такође, уводи обавеза да возила поседују уређаје за дијагностику емисије токсичних материја (OBD).

Emission Limits for Gasoline Fueled Vehicles

	EU 2 (1996) [g/km]	EU 3 (2000) [g/km]	EU 4 (2005) [g/km]
CO	2,2	2,3	1,0
HC + NO _x	0,5	/	/
HC	/	0,2	0,1
NO _x	/	0,15	0,08

Emission Limits for Diesel Vehicles

CO	1,0	0,64	0,5
HC + NO _x	0,7 / 0,9	0,56	0,3
NO _x	/	0,50	0,25
PM	0,08 / 0,10	0,05	0,025

Слика 29-Граничне вредности токсичних материја за возила са ото и дизел мотором [1]

Осим гасова који имају директних последица на здравље људи возила емитују и друге гасове који нису отровни али утичу на промену околине, пре свега угљен-диоксид. Према мерењима Савезног хидрометеоролошког завода у задњих сто година просечна температура у Београду се повећала за 2 °С. Угљен-диоксид је један од гасова који су узрочници повећаног глобалног загревања наше планете. Због тога је неопходно смањити количине емитованог CO₂ из возила, мада је учинак возила у глобалном загревању веома различит у појединим земљама: у САД свега 1.7% емисије CO₂ узрокује транспорт, док у Јапану тај удео износи 19%. Смањење CO₂ је могуће применом горива са смањеним садржајем угљеника и, пре свега, смањењем потрошње горива.

Емисија CO₂ је, код фосилних горива, директно пропорционална потрошњи горива.

За ото моторе са бензином као горивом важи ова релација:

$$\text{CO}_2 = 23.55 \times V \text{ g/km},$$

За дизел моторе са дизел горивом:

$$\text{CO}_2 = 26.6 \times V \text{ g/km}$$

V је потрошња нафтних горива у L/(100 km).

Такође, прве прописе о економичности су донеле САД 1973. године када је, код путничких возила, потрошња ограничена на 13 mpg. 1978. године граница се помера на 18 mpg а 1985 на 27.5 mpg, 1995.-те године граница је 35 mpg уз навођење границе за CO₂=242 g/m. Произвођачи моторних возила су ипак успели да границу стандарда за економичност задрже на 27.5 mpg до данас и у плану до 2010. године.

На иницијативу председника Клинтона 1993. године основано је удружење за пројектовање возила нове генерације. То удружење чине три највећа произвођача возила у САД, влада и самостални институти. Један од основних задатака удружења је да се економичност по америчком стандарду повећа три пута у односу на 1993. годину, односно сведе на 80 миља по галону (2.94 L/(100 km) или 106 g/m CO₂, уз непромењену цену, комфор и безбедност.

У мају месецу 2007. године амерички председник Буш је изложио план своје администрације за смањење емисије „гасова стаклене баште“. Програм је назван „twenty in ten“ и подразумева смањење потрошње горива пореклом из нафте за 20% у наредних 10 година. То ће бити реализовано: већим коришћењем алтернативних горива (ненафтног порекла) и новим технолошким решењима која повећавају ефикасност самих моторних возила.

Јапан је следећа држава која је 1979. године увела законске прописе о највећој дозвољеној потрошњи горива.

У Европи за сада нема законског ограничења потрошње горива, до сада је постојала обавеза произвођача да само наведе вредности потрошње горива у декларационом листу возила (регулатива европске комисије УН). Европски Парламент је априла 1997. године усвојио препоруке за вредности средње потрошње горива 2005.-те године од 5 литара на 100 km за возила са бензинским моторима и 4.5 L/(100 km) са дизел моторима и 3 L/(100 km) за сва возила 2010.-те године. Европа је пројекат 3 L/(100 km) планирала кроз три фазе: оптимирање постојећих конструкција, радикалне реконструкције и нове конструкције високо економичних еколошких возила. Директор развоја VW проф. *Ulrh Zajfert* је на конференцији 10. новембра 1994. године у Бону дао изјаву о реалности пројекта "auto 3 L/(100 km)".

Удружење европских конструктора аутомобила ACEA је предложило је да се просечна емисија CO₂ ограничи на 140 g/km до 2008. године. Међутим, просечна емисија CO₂ из возила која се налазе на ЕУ тржишту у 2008. прелази вредност од 150 g/km. Што значи да је предлог АЦЕА без законских обавеза доживео неуспех, те да обавезујућу регулативу треба да доноси ЕУ. Европски парламент је наручио израду одговарајуће студије о емисији CO₂ из возила и прихватио је извештај у коме се тврди да око 19% CO₂ емисије у ЕУ потиче од путничких и доставних возила. На бази извештаја Европски парламент усвојио је предлог да се средња емисија CO₂ из свих нових возила ограничи на највише 125 g/km до 2015. године. Та граница треба да се оствари само преко примене нових технологија код мотора и возила без узимања у обзир доприноса других мера, као што је примена биогорива, специјалних гума или побољшања у системима за климатизацију возила. У поређењу са ранијом границом за CO₂ коју је прописала Европска Комисија, циљна година је померена са 2012. на 2015., али је граница строжа (Комисија је раније прописала границу од 130 g/km).

На бази поменутог извештаја разматра се могућност усвајања предлога да се средња емисија CO₂ ограничи на највише 95 g/km до 2020. године. Граница треба да буде утврђена најкасније до 2016. године уз најаву да се смањење до 70 g/km или још мање уведе као обавеза од 2025. године.

Предлаже се доношење одговарајућих мера и регулатива како би се обезбедило допунско смањење емисије CO₂ од најмање 10 g/km на рачун других мера на пример применом био-горива. Међутим постоји ризик да повећана примена био-горива доведе до пораста цене хране, што је забрињавајуће за грађане са нижим примањима, и/или до убрзаног упропашћивања плодног земљишта у ЕУ. Поменути извештај предлаже Комисији да пропише стриктна правила за увоз биогорива, како би се избегли могући негативни еколошки и социјални проблеми.

4. Технолошка решења за задовољење законских прописа

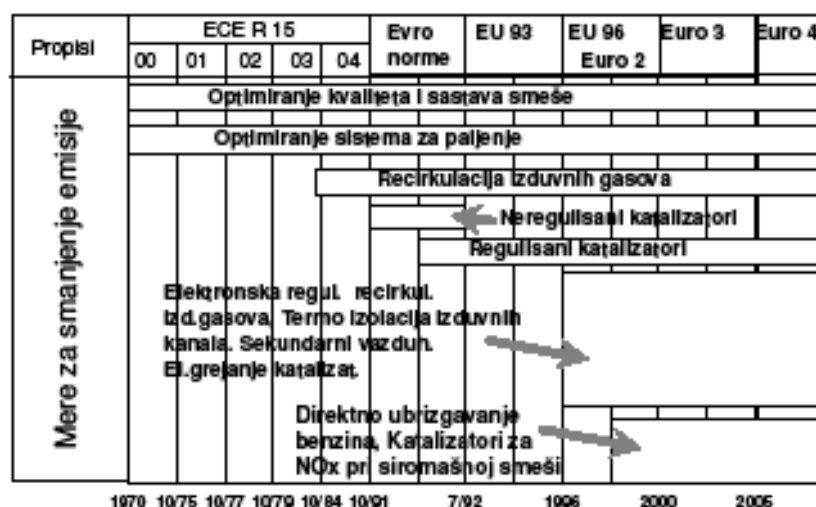
4.1 Технолошка решења код ото мотора

Све строжији законски прописи могу су се задовољити само:

1. конструкционим мерама,
2. новим каталитичким технологијама и
3. реформулацијом горива и мазива.

Ове мере захтевају нова конструкциона и технолошка решења, чија је динамика увођења приказана на слици 30. Конструктори мотора су прве интервенције урадили на систему за припрему смеше и на систему паљења са циљем да се на самом извору смањи настајање отровних продуката. Како је квалитет смеше (удео парних фаза горива у смеси горива и ваздуха) од битног значаја за потпуност сагоревања горива у цилиндру и самим тим за стварање отровних продуката сагоревања, том систему се и данас посвећује посебна пажња. У систему за напајање горивом ото мотора данас су возила са карбуратором права реткост, практично је појединачно убризгавање у усисни вод постало стандардна варијанта за савремене моторе а онда је уведено директно убризгавање бензина (ДУБ) у цилиндар, слика 30.

Убризгавање бензина директно у цилиндар први пут је примењено 1938. године у Шпанском грађанском рату на моторима авиона Messerschmit 109. Тај систем за убризгавање бензина развио је Bosch и носио је ознаку Me 109. Данашњи системи Bosch-а имају ознаку Motronic MED7.



Слика 30-Развој опреме ото мотора[3]

Шездесет година касније директно убризгавање бензина-ДУБ је поново актуелно јер је постало технолошки доступно, а његова примена омогућава смањење потрошње, сагласно емисије CO₂ и токсичне емисије. Наиме мотор са ДУБ емитује исту количину CO₂ као и данас усавршени дизел мотор са ДУ. Европски и Јапански произвођачи се утркују да конструишу нове моторе са директним убризгавањем бензина. Предности директног убризгавања бензина су евидентни само ако мотор ради са сиромашном смешом. Тада стандардни “трокомпонентни” катализатор не може ефикасно да редукује емисију NO_x. Због тога се данас интензивно ради и на развоју катализатора за NO_x при раду са сиромашним смешама.

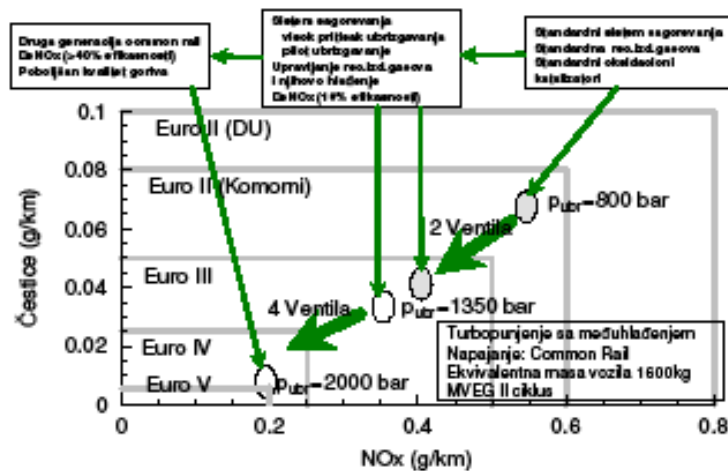
Паралелно са интервенцијама на систему за припрему смеше вршено је усавршавање и оптимирање система за паљење у смислу појачања енергије варнице због сигурног упаљења и сиромашне смеше, јер неколико изостајања упаљења смеше у цилиндру може уништити катализатор, као и оптималне промене угла претпаљења у читавом опсегу рада мотора.

4.2 Технолошка решења код дизел мотора

Дизел мотори су знатно економичнији од ото мотора, због тога су они незаменљиви погонски агрегати на: бродовима, индустријским и радним машинама, тракторима, тешким камионима, аутобусима итд. Пошто је за задовољење прописа о емисији дизел мотора, пре свега честица и NOx, у опреми дизел мотора потребно применити нове технологије које су још неразвијене и знатно скупље него технологије код ото мотора, на путничким возилима доминирају ото мотори. Међутим за реализацију прописа о дозвољеној потрошњи горива и емисији CO₂ неопходно је радити и на возилским варијантама дизел мотора. Боља економичност дизел мотора са директним убризгавањем условљена бољим сагоревањем, мањим губицима топлоте, и мањим губицима на преструјавање пуњења у комори је потпуно истиснула коморне дизел моторе.

Да би дизел мотори за возила задовољили садашње Euro IV и будуће Euro V и VI стандарде, у развоју њихове опреме морају се применити следеће технологије:

- електронски контролисано убризгавање горива (могуће пилот убризгавање мање количине горива пре и после основне, остварује мирнији рад, мању емисију и буку сагоревања - слика 32), електронска контрола рецикулације издувних гасова и примена оксидациони катализатор данас су текуће технологије;
- високи притисак убризгавања коришћењем: система “Common rail” и пумпе бризгаче;
- више (тј. више од два по цилиндру) вентила, са централно постављаним бризгачем и бољом контролом процеса сагоревања;
- варијабилну геометрију турбо група, која коригује недостатке перформанси дизел мотора па их приближава бензинским моторима;
- активни DeNOx катализатор, безусловно је неопходан развој одговарајућих технологија за задовољење предложене границе Euro V;
- управљање оптерећењем (обртним моментом) мотора – адекватним смањењем омогућује се смањење емисије NOx (која је сразмерна оптерећењу) у случају квара на DeNOx катализаторима, филтер за честице са адекватним трајањем пуњења (чија ефикасност мора бити око 85%).

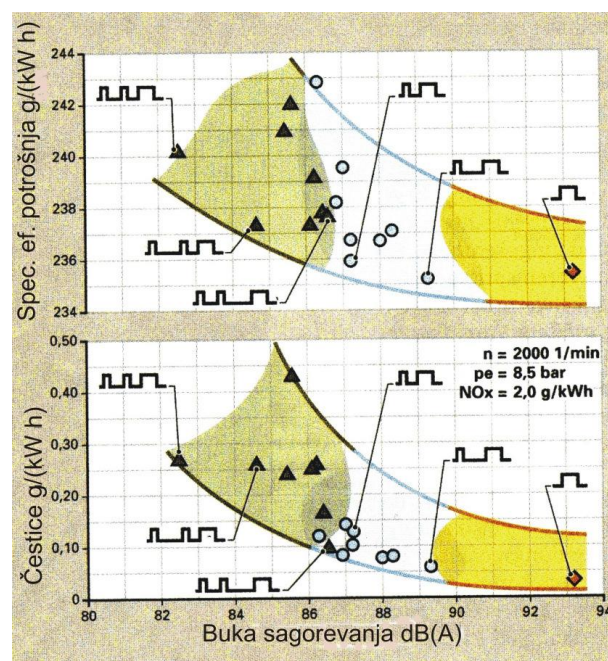


Слика 31-Развој опреме дизел мотора за путничка возила [3]

На слици 31 је приказан развој нових технологија са циљем задовољења законских прописа код III генерације дизел мотора са ДУ. Према истраживањима Ricardo института могуће је реализовати мало возило са дизел мотором које ће емитовати мање од 90 g/km CO₂ што одговара потрошњи од 3 L/(100km).

На слици 32 имамо приказан утицај броја и положаја пилот убризгавања, у односу на основно убризгавање, на буку сагоревања, емисију честица и специфичну потрошњу горива. Очигледно је да најнижу буку остварује варијанта са два пилот убризгавања пре основног. Док мању емисију честица и потрошњу горива постиже само једно или ниједно предубризгавање.

У развоју дизел мотора запажа се безуслован захтев за високим притиском убризгавања, који је неопходан за квалитетно распршивање убризганог горива. Тада се у гориву налази више енергије, па нови мотори имају блаже захтеве за стварање вртлога у току усисавања у циљу боље припреме смеше за сагоревање.



Слика 32-Утицај броја и положаја пилот убризгавања на буку сагоревања, емисију честица и специфичну потрошњу [3]

5.Методологија мерења састава издувних гасова мотора уграђеног у возило у градским условима вожње

Основни проблем при анализи састава издувних гасова које емитује мотор у градској вожњи јавља се у немогућности континуалног праћења концентрација појединих компонената. Постојећи мерни уређаји за анализу састава издувних гасова карактеришу се релативно великим индукционим периодом и великим улазним запреминама узорак због чега је време њиховог реаговања спорије. Данас, међутим, постоје уређаји за континуалну анализу састава издувних гасова (мерни уређаји конструисани на Техничком Универзитету у Бечу) али су они лабораторијског типа и неприменљиви су за мерења у току вожње. Отуда за анализу састава издувних гасова које мотор.1 емитује у току вожње остаје да се искористи једна од могућности:

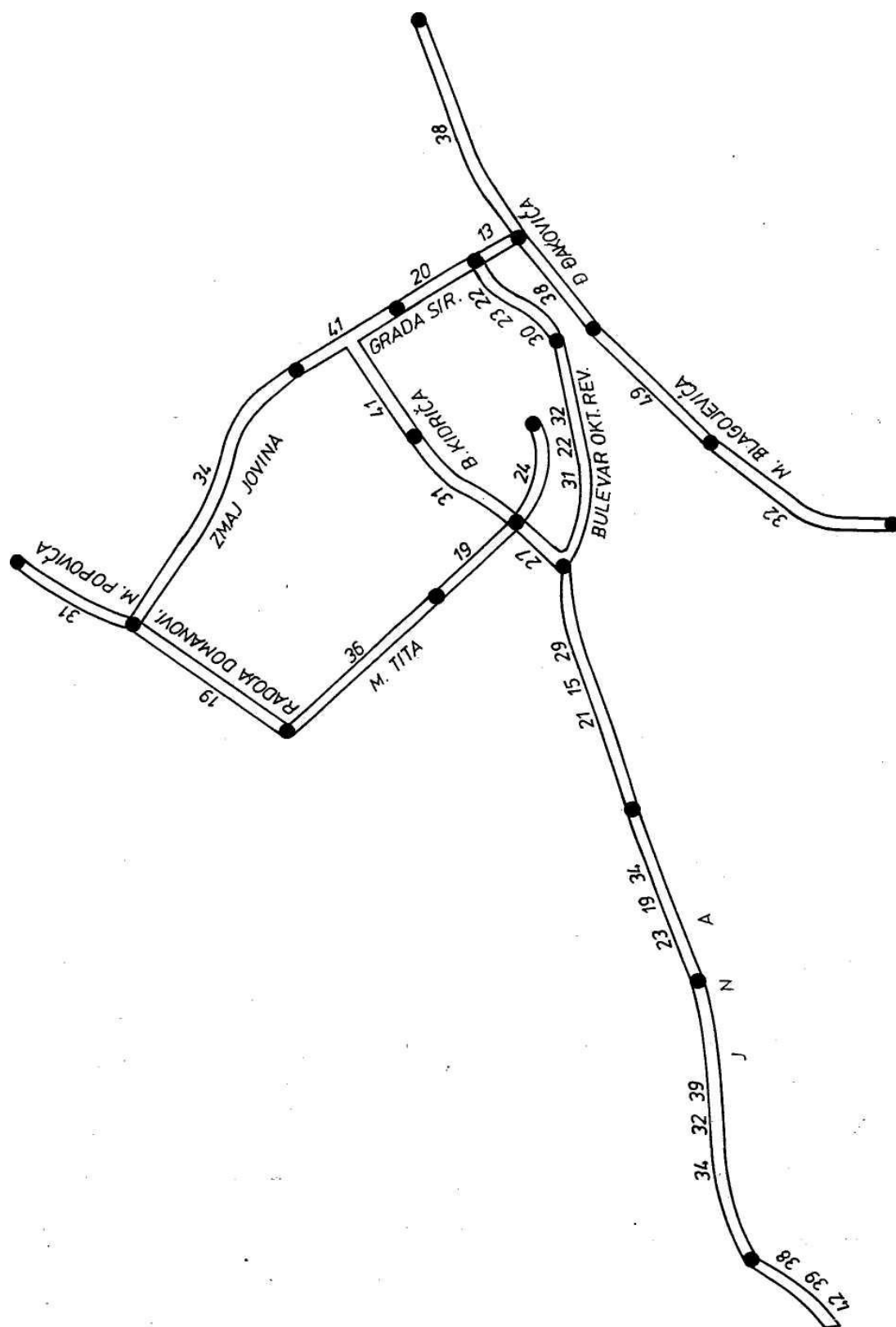
- сакупљање издувних гасова у кесу за време вожње на изабраној деоници а потом анализа састава тих гасова у лабораторији и
- симулирање стварних режима кретања возила у лабораторији и директна анализа састава издувних гасова помоћу лабораторијских уређаја.

Прва од ових могућности захтева доста сложену опрему за узимање узорака коју, често, због својих габарита не можемо поставити на опитно возило већ на посебно возило што у градским условима вожње ствара знатне тешкоће.

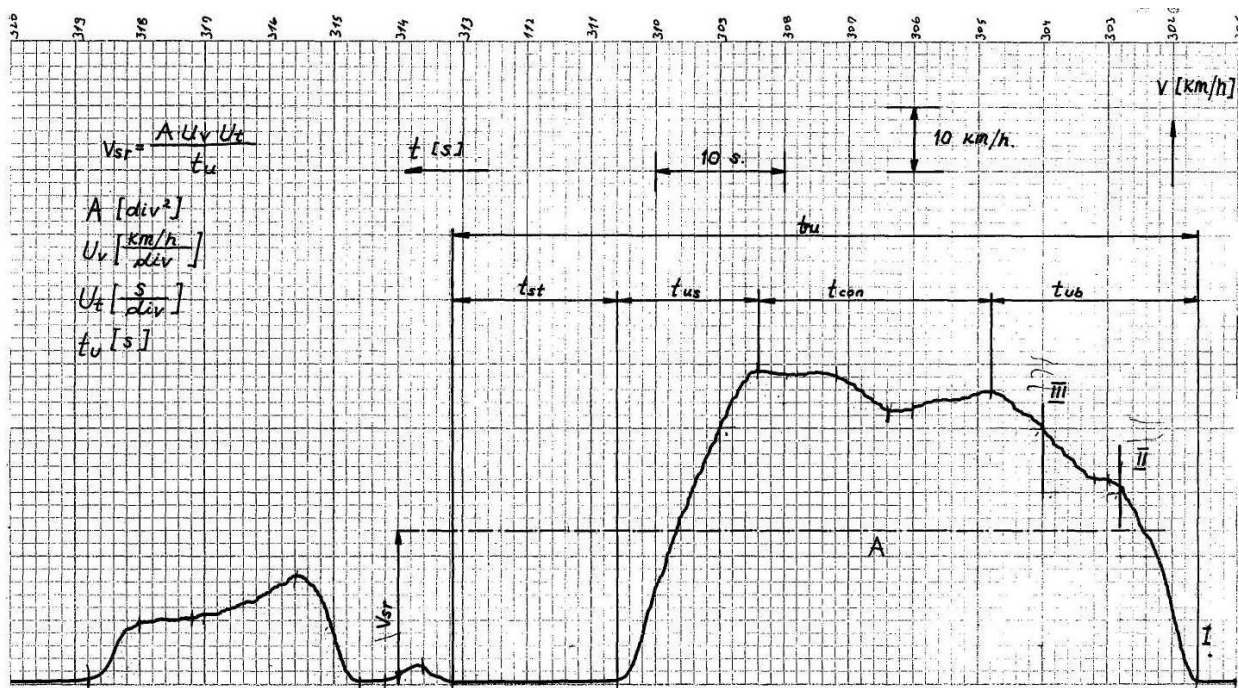
Друга могућност захтева посебне мерне уређаје за бележење: Ова испитивања су спроведена у "Заводима Црвена Застава -ООУР Застава развој" уз коришћење мерних. ваљака ("Schenck") и система за анализу издувних гасова ("Bekman")•

У циљу снимања режима кретања возила у карактеристичним временским интервалима у току дана и на карактеристичним деоницама, вршена су испитивања са опитним возилом опремљеним уређајем за континуални запис брзине кретања

Изабране деонице на којима су вршена снимања дате су на слици 33.



Слика 33-Изабрана деоница пута [2]



Слика 34-запис брзине кретања возила[2]

На основу добијених записа брзине кретања возила по појединим деоницама може се доћи до низа значајних величина као што су: време убрзавања, време успоравања, време устаљене вожње, време стајања, број промена појединили степена преноса, средње брзине кретања итд. Вредности ових величина за изабране деонице дате су у табелама у прилогу.

Величине дате на слици имају следећа значења:

$t_{st/s/-}$ - време стајања (празан ход),

tub/s/ -време убрзавања,

 $t_{con/s/}$ - време вожење константном брзином,

t_{us} /s/ - време успоравања,

$$t_u = (t_{st} + t_{ub} + t_{con} + t_{us}) / s - \text{укупно време возње}$$
$$i_{sp}\text{-број промена појединих степена преноса}$$

i_u -укупан број промена свих степена преноса

$$t_{st} \% = t_{st} / t_u \cdot 100 - \text{проценат времена стајања}$$
$$t_{ub} \% = t_{ub} / t_u \cdot 100 - \text{проценат времена убрзавања}$$
$$t_{con} \% = t_{con} / t_u \cdot 100$$
 - проценат времена константне вожње
$$t_{us} \% = t_{us} / t_u \cdot 100 - \text{процент времена успоравања}$$
$$i_i \% = i_{spI}/i_u \cdot 100 - \text{процент укључивања I-степенa преносa}$$
$$i_{II} \% = i_{spII} / i_u \cdot 100 - \text{проценат укључивања II-степена преноса}$$
$$i_{III} \% = i_{spIII} \cdot 100 - \text{проценат укључивања III-степенa преносa}$$

Истовремено резултати ових истраживања указују на потребу да се у току снимања састава и количине издувних гасова које моторна возила избацују у околину узме у обзир структура возног парка подручја на коме се врши снимање. Једна од могућности је да се познавањем учешћа возила различитих годишта у укупном броју уведу поправни коефицијенти који ће кориговати добијене количине издувних гасова које емитује опитно возило.

5.1.Методологија одређивања загађења ваздуха од стране путничких возила на ужем подручју града Крагујевца

При одређивању садржаја штетних материја које се са издувним гасовима мотора избацују у атмосферу коришћен је метод репродуковања снимљених режима кретања возила у лабораторији. У ту сврху претходно су снимљени: брзина возила, одговарајући степен преноса у коме се возило креће и карактеристике подлоге које су одређене преко вредности подпритиска у усисном воду мотора. Снимања режима кретања возила у градским условима вршена су у карактеристичним временским периодима и на претходно изабраним деоницама.

Избор временског периода вршен је тако да одговара добу дана са највећом густином саобраћаја (шпицеви).

Снимања су обављана у следећим временским интервалима:

5:30-6:30-одлазак на посао(ОР)

13:45-14:45-повратак с посла (РР)

17:00-18:00 - одлазак у град ради куповине и сл. (ОГ) и повратак из града (РГ)

Изабране деонице су приказане на слици 33. на крају Извештаја при чему су карактеристична места означена бројевима.

5.2. Снимање карактеристика подлоге.

За снимање карактеристика подлоге коришћено је опитно возило Z - 101 опремљено вакуметром за мерење подпритиска у усисном воду ("BOSCH")

При томе је брзина одржавана константном $V=40 \text{ km/h}$ у другом степену преноса. добијене вредности депресије у усисном воду на појединим деоницама карактеришу укупне отпоре пута на тим деоницама, Тако на пример, равном путу при овом режиму кретања одговара подпритисак од 370 mmHg, што значи да вредности веће од 370 mmHg одговарају путу са падом (низбрдицом) док вредности мање од 370 mmHg одговарају путу са успоном (узбрдицом). Наравно, ово важи за исто возило, исти квалитет подлоге (исти коефицијент котрљања) и време без ветра.

Средње вредности депресија за поједине деонице добијене на овај начин дате су у табели 8. с тим што су деонице груписане према истој депресији.

Табела 2- Средње вредности депресија за поједине деонице [2]

А р mmHg	Д Е О Н И Ц Е
240	29-42-31
250	3-13-12
260	35-10
270	7-8; 30-34-5
280	1-37; 4-14
300	15-46-11-45
320	7-38
330	21-19-20-36-8; 17-25-9; 33-26-4-7-44-10-32
340	35-9-8
350	10-11-12; 6-31
360	25-4-1-26-15; 4-5-32-2; 31-4-3; 22-27-16-33-15-14-13
370	12-11-10; 38-39; 21-22-24-28-30; 19-18-17-16; 30-16
380	17-27-28-29; 29-28; 2-32-45; 15-26-41-25; 16-17-18-19; 21-23-27-23-18; 8-9-35
390	30-28-24-22-21; 18-23-27
400	37-7; 12-13-3; 10-35; 8-7; 39-1; 31-6; 13-14-15-33-16-27-22
410	8-36-20-19-21; 9-25-17
420	5-34-30; 14-4
430	45-11-46-15; 32-10-44-47
440	31-29; 13-3
460	43-30

5.3. Снимање брзине кретања возила.

Брзина возила мерена помоћу тахогенератора који је повезан са вратилом брзиномера. Електрични сигнал са тахогенератора је пропорционалан брзини возила и записује се континуално на писачу постављеном у возилу. Истовремено се на кривој брзине означавају места где се врши промена степена преноса и уписује степен преноса у коме се возило креће. Пример једног записа брзине у условима кретања возила у градској вожњи дат је на слици 34. На запису су дате размере за брзину и време и означене карактеристичне величине које служе за оцену режима кретања возила. Да би се поредиле вредности за емисију и потрошњу које су добијене у реалним условима кретања возила са вредностима које би се добиле при кретању возила са константном брзином, као повољнијим случајем, неопходно је снимити константне режиме вожње. Међутим, снимање оваквих режима у реалним условима градског саобраћаја је доста отежано због немогућности одржавања константне брзине (семафори, други учесници у саобраћају итд.) Отуда су одређене дужине појединих деоница и за жељену, константну брзину вожње срачуната су времена потребна да се пређе та деоница задатом брзином. У табели 4 су дате дужине деоница у m и времена у s за које се пређу те деонице брзином $V=60 \text{ km/h} = \text{const.}$

Маршута	Растојање /m/	Време /s/
23-27	230	13.8
27-30	590	35.4
30-5	1100	66.0
2-45	700	42.0
45-15	1020	61.2
15-14	520	31.2
14-4	450	27.6
14-16	1280	76.8
16-17	190	11.4
17-9	900	54.0
9-8	560	33.6
8-7	500	30.0
7-38	720	43.2
38-1	1000	60.0
3-13	400	24.0
13-15	1410	84.6
30-16	560	33.6
1-37	800	48.0
37-7	520	31.2
17-23	640	38.4
16-18	380	22.8
18-23	260	15.6
6-31	1140	68.4
31-29	465	27.9
29-21	970	58.2
21-19	165	9.9
19-18	340	20.4
45-11	315	18.9
11-12	1010	60.6
12-3	540	32.4
23-19	600	36.0
19-8	1075	64.5
23-29	575	34.5
14-27	1920	115.2
27-28	110	6.6
28-30	460	27.6
13-27	2830	169.8
27-29	345	20.7

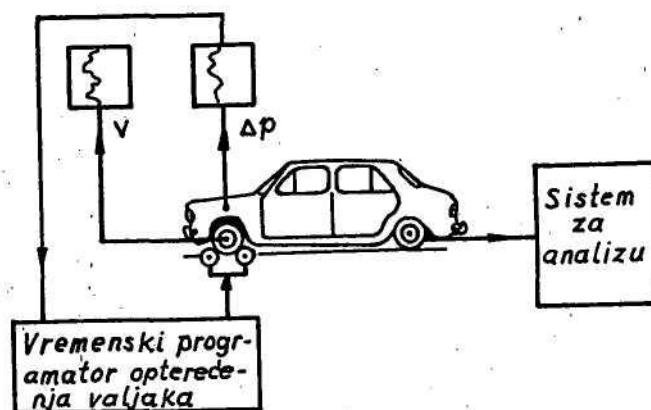
Табела 3-укупне дужине изабраних маршрута у km [2]

Маршрута	Укупна дужина /m/
PG 25-1	3,895
OP 2-5	2,565
OP 2-4	2,700
OG 6-25	3,340
PG 25-5	1,920
PP 5-2	3,530
OG 1-25	3,920
PG 25-6	2,180
PP 4-5	4,050
PP 5-6	5,180
PP 4-1	5,610
OP 5-4	5,400

Табела 4- Дужине деоница у т и времена у s
за које се предју те деонице брзином $V=60 \text{ km/h}$ [2]

5.4 Репродуковање стварних режима кретања возила у лабораторији

Снимљени режими кретања возила могу се репродуковати у лабораторији уз коришћење динамометарских ваљака. Исто возило са којим је сниман режим кретања возила, опремљено са уређајима за мерење брзине кретања и подпритиска у уисном воду, поставља се на динамометарске ваљке слика 35.



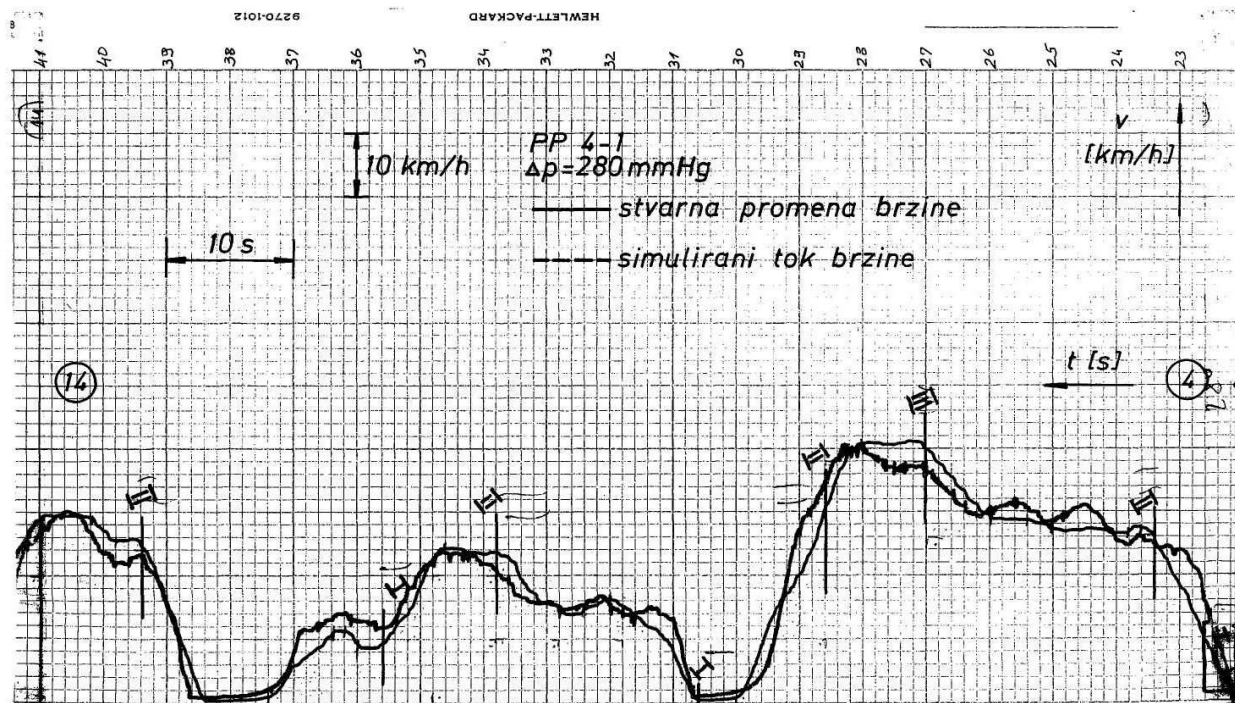
Слика 35- Мерни ланац за симулирање стварног режима кретања возила у лабораторијским условима [2]

Помоћу динамометарских ваљака могуће је симулирати све компоненте отпора кретања возила и на тај начин остварити услове блиске стварним.

Поступак репродуковања реалних режима кретања је следећи: потенциометрима за положај пригушног лептира у карбуратори (команда гаса) и оптерећења ваљака (компонента отпора успона), подеси се брзина кретања возила и подпритисак у уисном воду мотора да одговарају вредностима које су се добиле при снимању подлоге. У конкретном случају брзина је $V=40 \text{ km/h}$ у II степену преноса и депресија која одговара посматраној деоници. При томе се вредност брзине прати на показном инструменту баждареном у km/h који се налази на пулту динамометарских ваљака а депресија на вакууметру.

Са овако подешеним ваљцима могу се "извозити" све деонице којима одговара вредност постављене депресије.

Поступак "вожње" је следећи: возач "вози" тако да што потпуније прати снимљени ток брзине на траци писача који је постављен на сталак поред возила слика 36.



Слика 36- Возач "вози" тако да што потпуније прати снимљени ток брзине на траци писача [2]

На слици 36 дат је пример два записа из којих се види да обучен возач може доста верно да прати задати ток брзине. Када се извозе све деонице са задатом депресијом врши се поново подешавање ваљака за нову вредност депресије на горе описани начин.

5.5. Уређаји и методе за мерење састава издувних гасова и потрошње горива.

У току симулирања вожње на појединим деоницама врши се истовремено мерење потрошње горива и састава издувних гасова.. На тај начин се добијају подаци о потрошњи и емисији за сваку деоницу.

Мере потрошње горива се врши тежинском методом помоћу ваге са кружном скалом.

При стварним (променљивим) режимима кретања мери се колико мотор потроши горива по једној деоници (g/деоници) а затим се познавајући дужине појединих деоница срачунава потрошња $V/100 \text{ km/}$.

При константним режимима (у конкретном случају константни режим је дефинисан са $V=60 \text{ km/h}$ у III степену преноса) мерење потрошње је вршено за унапред изабрани, произвољни временски интервал (на пример 3 min.) и то за сваку подлогу посебно а затим је коришћењем времена која су потребна да се поједине деонице пређу константном брзином ($V=60 \text{ km/h}$; табела 4.) извршено прерачунавање потрошње у g/деоници односно у $1/100 \text{ km}$. Исти принцип је коришћен и при анализи издувних гасова. Анализа састава издувних гасова је вршена у анализатору.

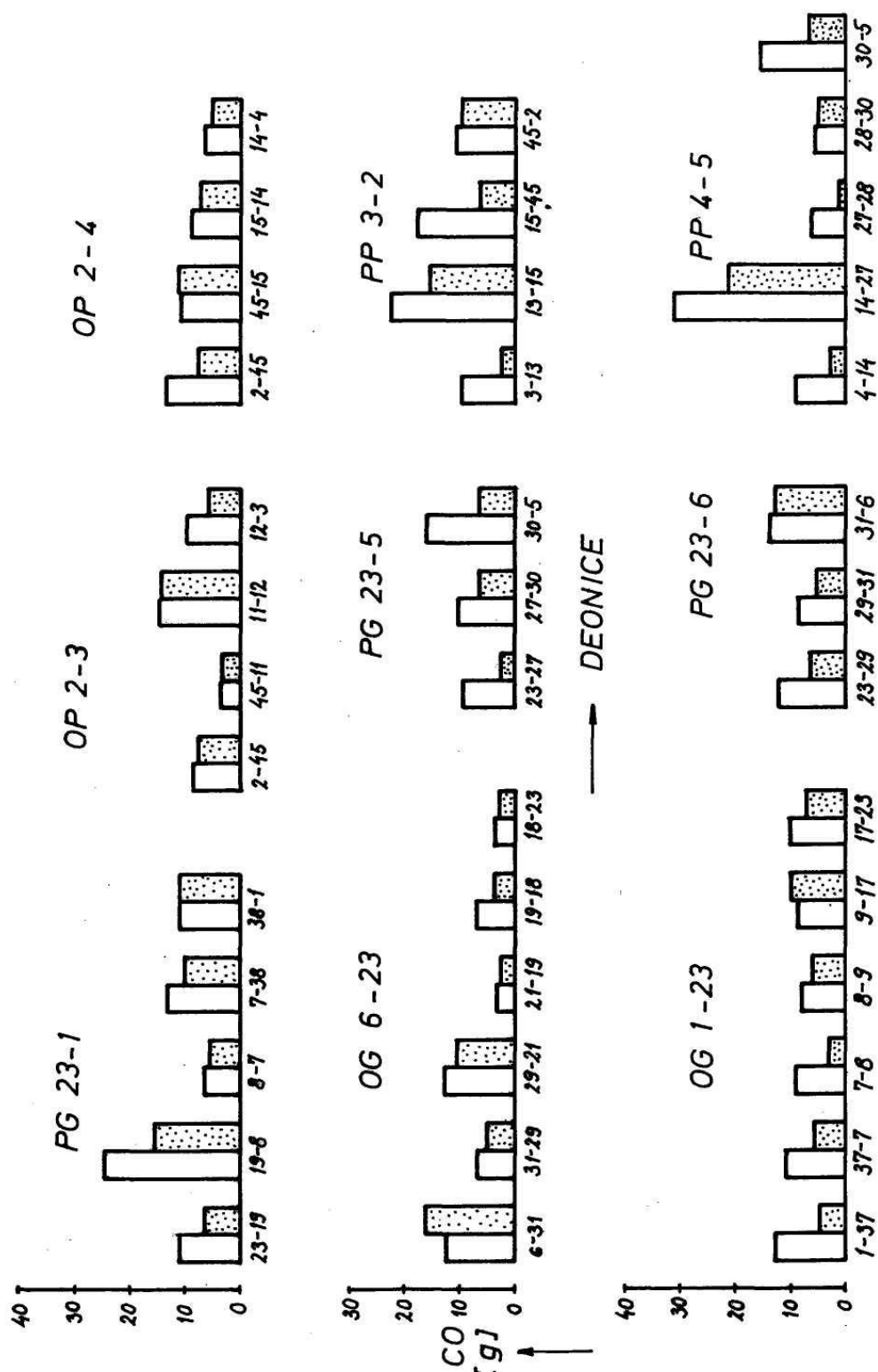
5.6. Приказ и анализа резултата мерења

Резултати мерења потрошње горива и састава издувних гасова у градским условима вожње приказани су табеларно и дијаграмски. При томе су упоредно дате вредности добигене при стварним и константним режимима кретанга возила.

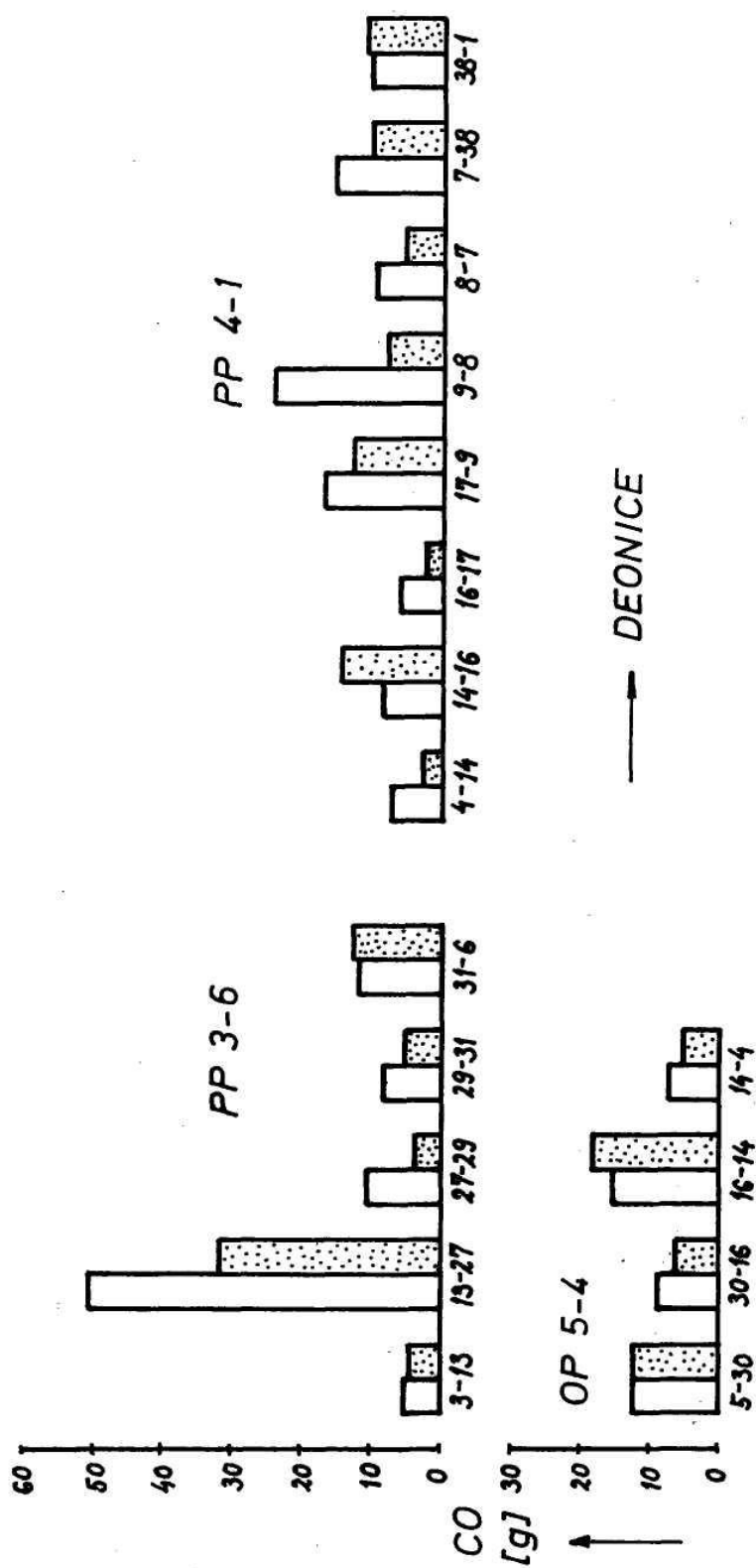
У табелама су дате вредности садржаја појединих компоненти у издувним гасовима изражене у % односно, ppm и g/деоници и потрошње горива изражене у 1/100 km за сваку деоницу посебно. Изражавање садржаја издувних гасова или потрошње горива у g/деоници није објективан параметар за поређење јер се деонице разликују по својој дужини. Отуда се овако добијени резултати најчешће свде на 1 km дужине деонице па се састав издувних гасова изражава у g/km а потрошња горива у km/g, односно, у 1/100 km.

На основу табеларно сређених вредности нацртани су дијаграми приказани на сликама од 37. до 44.

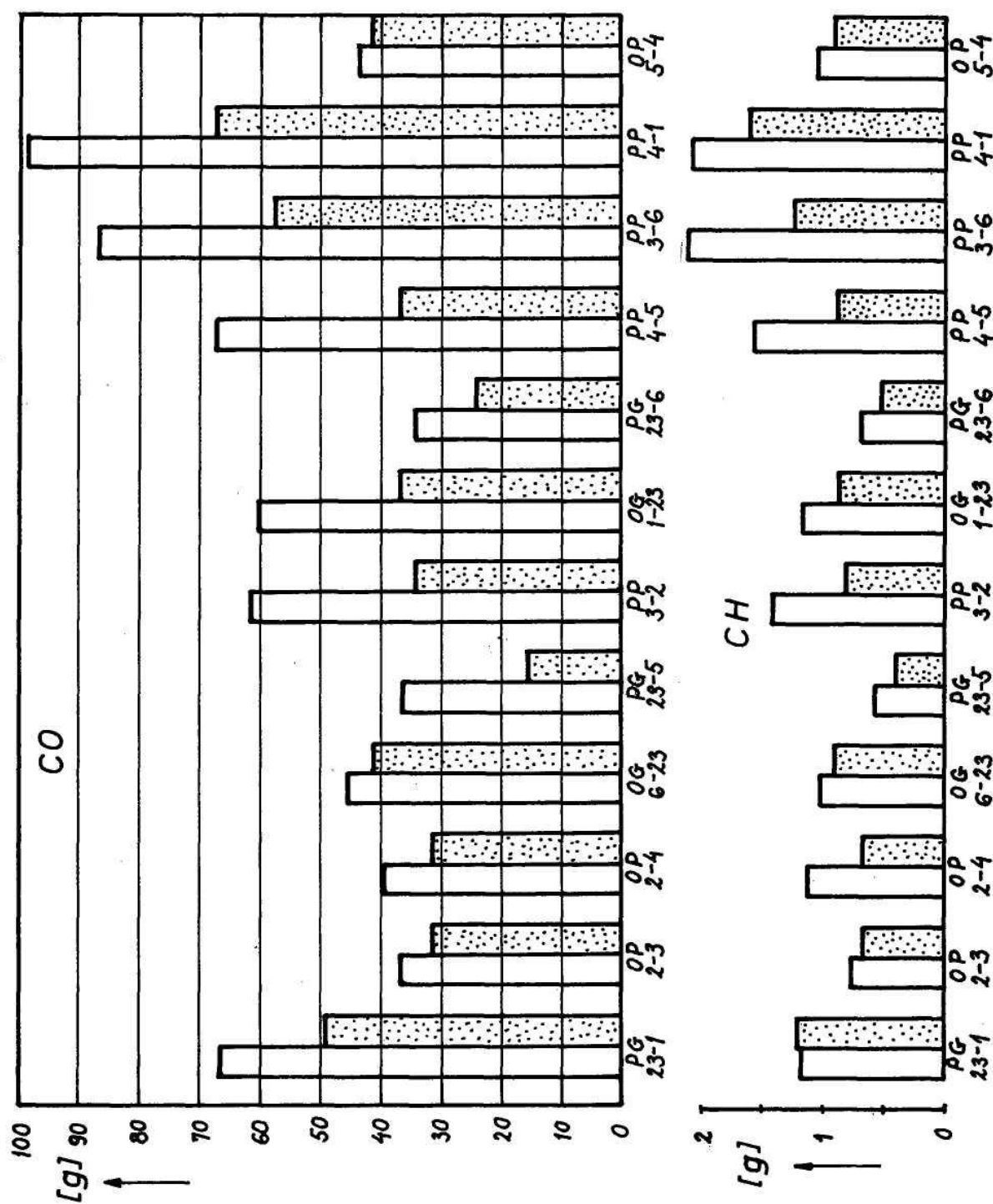
Дијаграми на сл.37. и 38. приказују емисију угљенмоноксида у g/деоници за све маршруте и деонице посебно. Празним пољима је означена емисија у стварним режираима вожње а тачкастим у константним ($V = 60 \text{ km/h}$ у III степену преноса). На сликама 39 и 40. дати су садржаји компонената CO, CH и NOx по маршрутама изражени у g/деоници. Са дијаграма се може видети да су садржаји CO и CH мањи при константним режимима док је садржај NOx знатно већи. Међутим, реална оцена величине садржаја појединих компоненти може се дати ако се садржаји изразе у g/km што је приказано на слици 41. (CO) и слици 42. (CH и NOx). Критичне маршруте у погледу садржаја CO су: PG 23-1, OG 6-23, PG 23-5, PG 23-6, PP 4-5 и PP 3-6, док се највећи садржај CH јавља на маршрутама PG 23-5, PG 23-6, PP 4-5, PP 3-6 и OP 5-4. Садржај NOx је знатно већи при константним режимима а критичне вредности се јављају на маршрутама PG 23-1, PG 23-5, PP 3-2 итд.



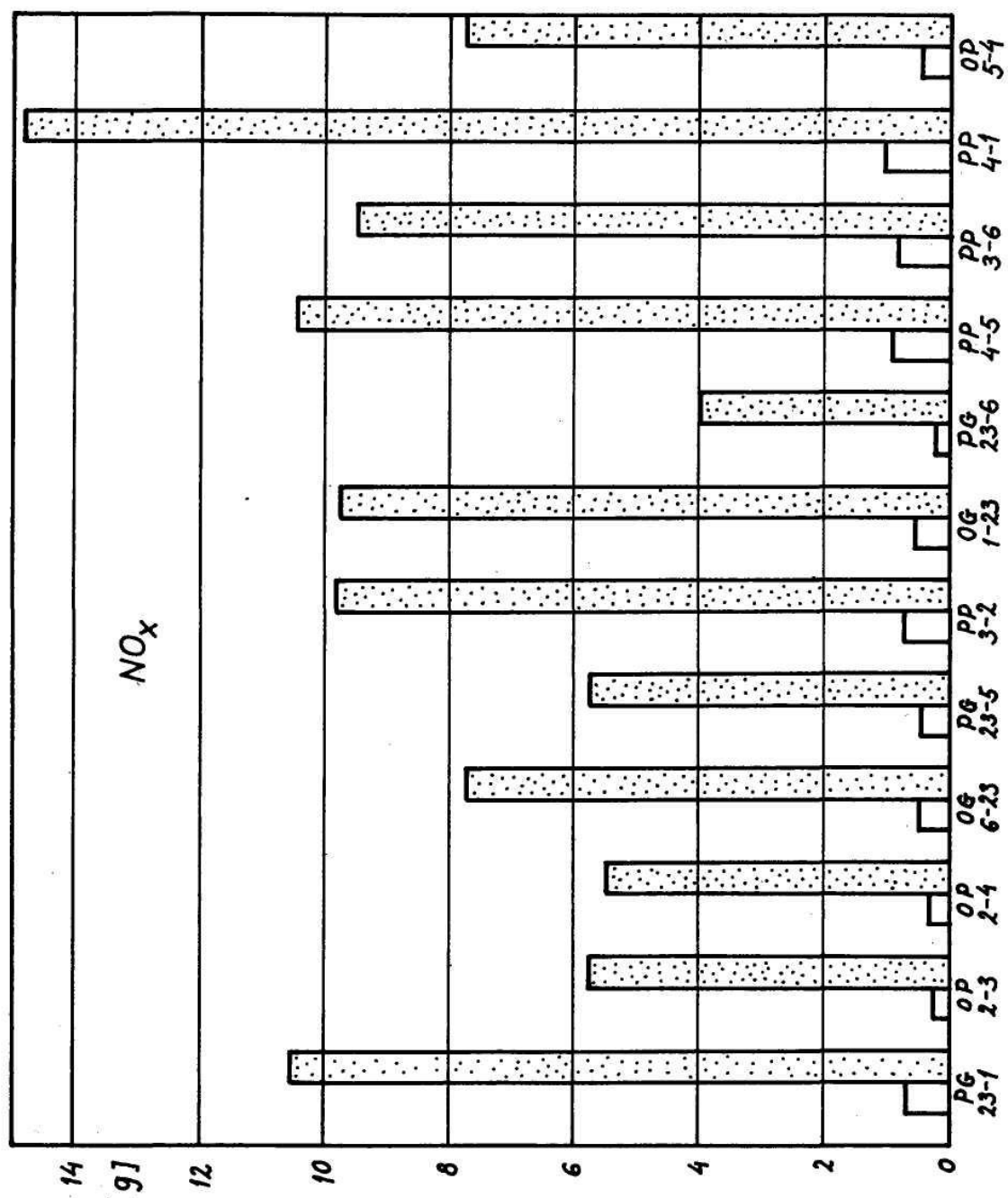
Слика 37- Емисију угљенмоноксида у д/деонице за све марируте и деонице посебно [2]



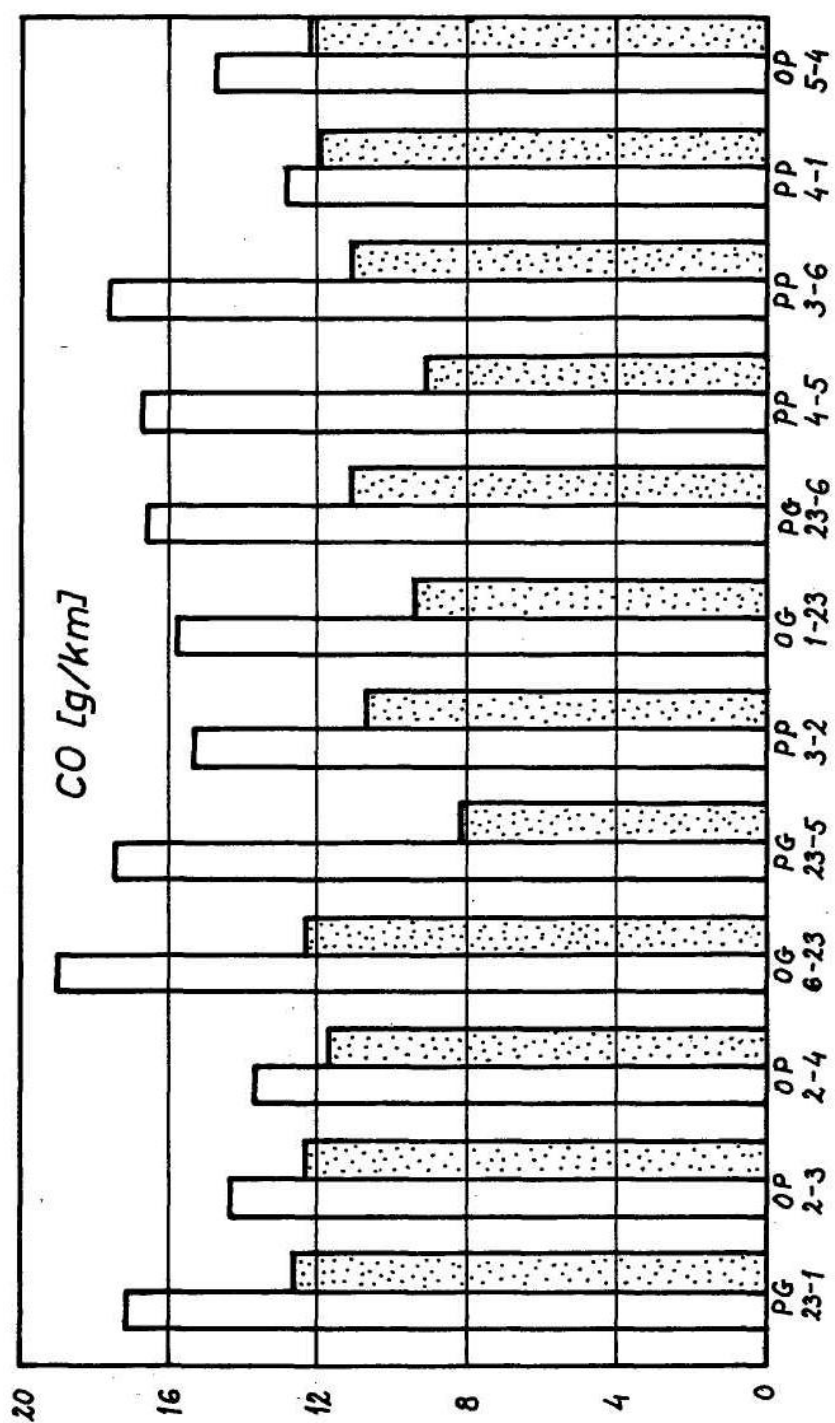
Слика 38- емисију угљенмооксида у д/деоници [2]



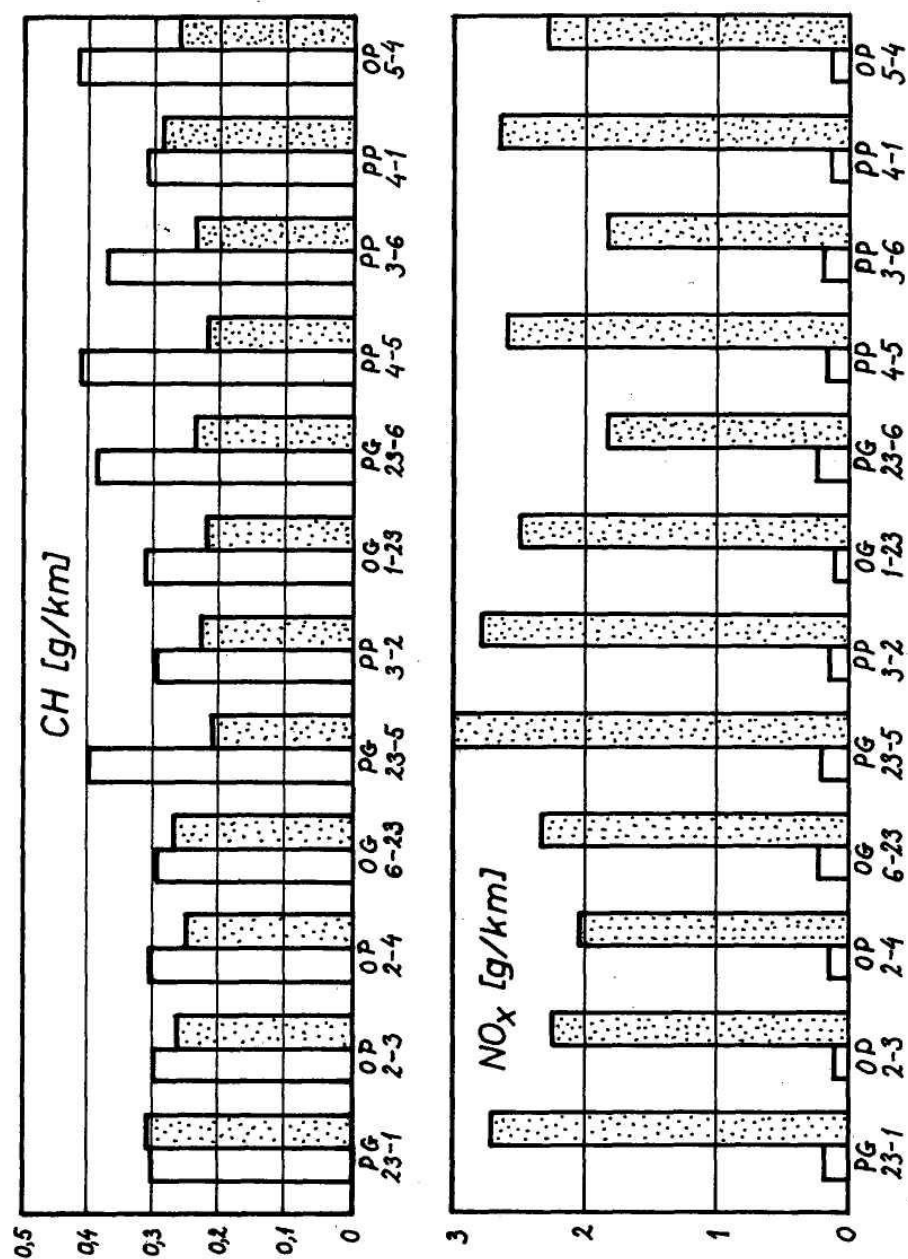
Слика 39- Садржаји компонента CO и CH по марирутама изражени у г/деоници [2]



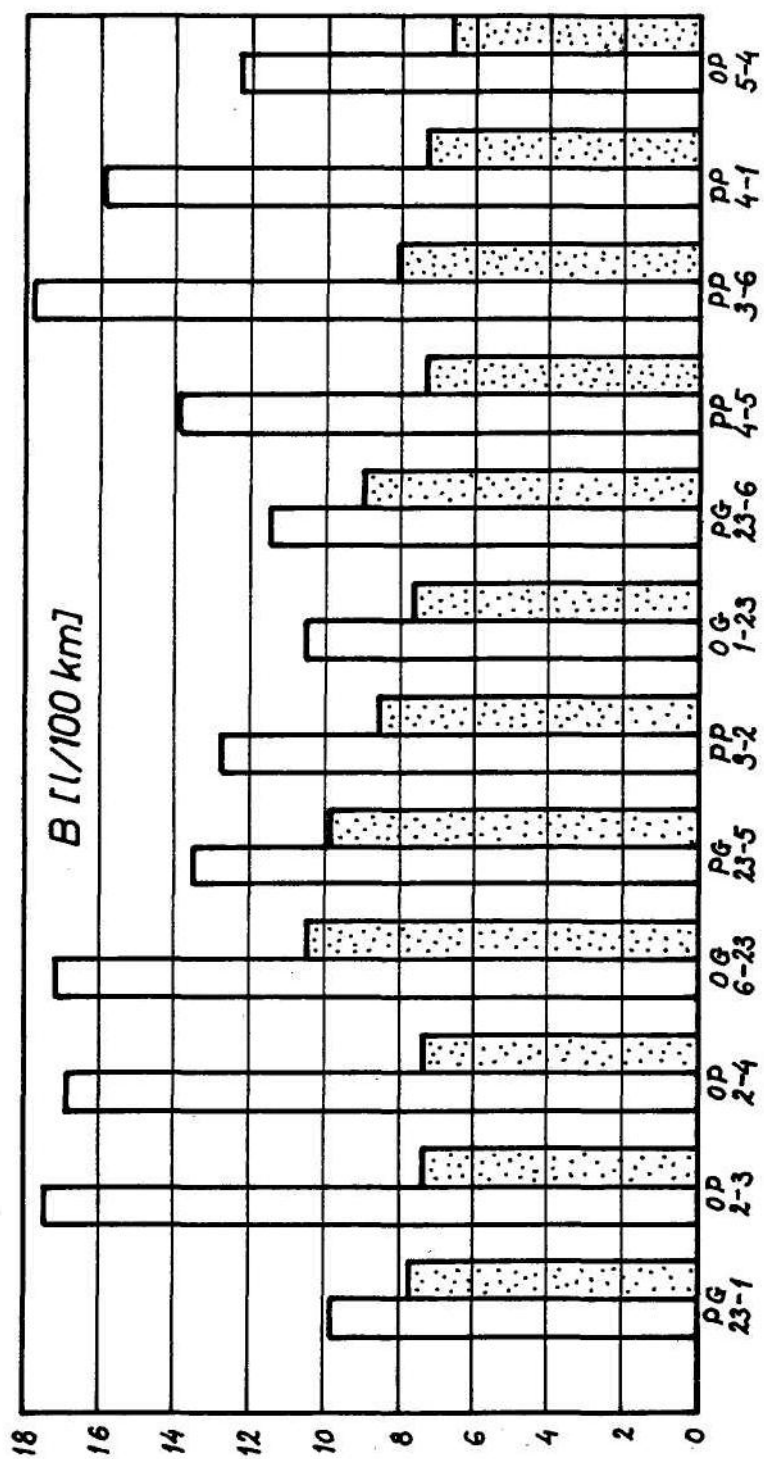
Слика 40- Садржај компоненте NOx по марирути изражена у д/деоници [2]



Слика 41- Садржај компоненте CO у g/km [2]

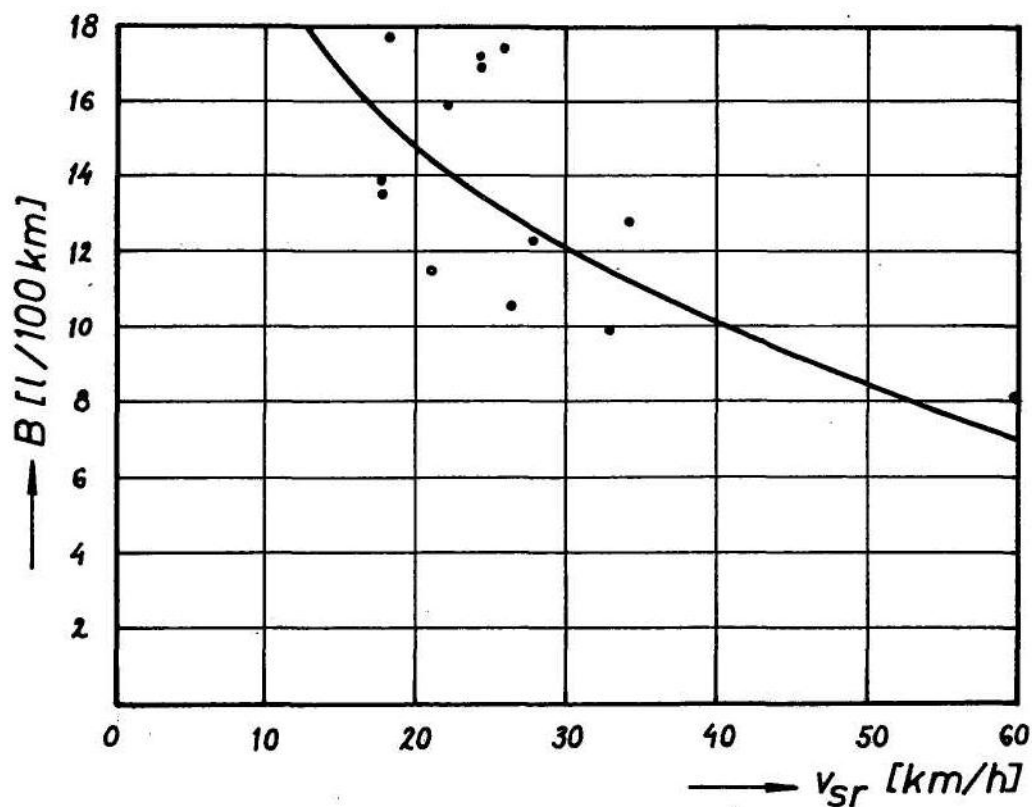


Слика 42-Садржај компоненти CH, Nox у g/km [2]



Слика 43-Потрошња грива у l/100km [2]

Потрошња горива (слика 43.) има највеће вредности на маршрутама ОР 2-3, ОР 2-4, ОГ 6-23, РР 3-6 и РР 4-1. Вредности су знатно мање при константним режимима (и до 50 %). Режим кретања возила свакако највише утиче на величину потрошње горива. Ако се потрошња горива прикаже у функцији средње брзине кретања на појединим маршрутама добија се дијаграмска зависност на слика 44.



Слика 44- Потрошња горива прикаже у функцији средње брзине кретања на појединим маршрутама [2]

6. Предлог мера за смањење токсичности издувних гасова које емитују моторна возила у условима градске вожње

У претходним поглављима су детаљно размотрени битни фактори који утичу на интензитет загађивања околине од стране моторних возила. На овом месту је неопходно дати преглед могућих мера и сагледати оправданост њихове примене на поменутих факторима.

а) Мотор. Претежан део возног парка града Крагујевца чине путнички аутомобили који се погоне четворотактним ото мотором. Ако се разврставање изврши по типовима погонских агрегата онда се може рећи да су најбројнији мотори 128.A.064 који погоне возило Z-101 и Југо 55 и 100.D.000 који погоне возило Z-750, са израшеном тенденцијом повећања броја погонских агрегата возила Југо 45. Отуда се при анализи мера које се могу предузети на моторима у циљу смањења токсичности издувних гасова морају првенствено имати у виду ови типови. Сагласно раније реченом, смањење концентрације отровних материја у издувним гасовима мотора може се остварити деловањем на процес сагоревања изменом констаниције мотора и његових помоћних уређаја.

Очигледно да је први начин природнији али истовремено и скупљи за своју реализацију захтева организован научно-истраживачки рад и врхунску технологију. На поменутих погонским агрегатима (128.A.064 и 100.D.000) вршена су одређена истраживања у циљу смањења потрошње и емисије отровних материја а нека од њих су и данас у току. На Машинском факултету у Крагујевцу испитиван је мотор 128.A. 064 са коморама који је са изменама на систему за образовање смеше (карбуратору) и систему за паљење (електронска регулација угла предпаљења) дао добре резултате емисије и потрошње. У фабрици мотора "21 мај" развијен је такође мотор 100.D.000 са вртложном комором и високим степеном компресије (који је на пробном столу већ дао охрабрујуће резултате. Овом напору побољшања карактеристика токсичности погонских агрегата придружују се и произвођачи опреме: IPM са побољшаним верзијама карбуратора, "Rudi Cajavec" са бесконтактним електронским системима паљења.

Међутим, посматрано у укупном збиру, све је то још недовољно за држање корака са савременим кретањима у овој области.

Друга група мера (спољашње мере) постала је за нас актуелна од тренутка пласмана возила Југо 55 на америчко тржиште. Наиме, мотор овог возила је опремљен додатним уређајима за накнадну обраду издувних гасова у циљу задовољења оштрих америчких прописа о саставу издувних гасова. Принцип рада оваквих уређаја детаљно је објашњен у претходним одељцима а овде наводимо да је мотор за возило Југо 55-А опремљен трокомпонентним катализатором, пумпон за довођење додатног ваздуха и рецикулацијом издувних гасова. Као што се види систем није потпун (недостаје λ -сонида, електронски регулисан уређај за образовање смеше и електронски командни блок који управља читавим системом), па је тешко остварити захтевани ниво регулације. Даља мана овог система, као што је раније истакнуто, је цена појединих компонената које се за сада увозе и захтев за безоловним бензином.

Изнете чињенице недвосмислено указују на закључак да се при свим анализама загађења ваздуха од стране моторних возила мора рачунати са постојећим погонским агрегатом без илузија да се његове карактеристике у погледу токсичности издувних гасова могу преко ноћи променити.

б) Гориво.Суочени са енергетском кризом и високом ценом увозне нафте, код нас су чињени одређени напори у циљу коришћења алтернативних горива за погон ото мотора. Као изгледно решење нудио се алкохол добијен из биомасе, па су током 70-тих година вршена многа истраживања у циљу сагледавања могућности рада мотора са овим горивом (Машински факултет Крагујевац, Застава развој, Машински факултет Београд итд.) иако су карактеристике алкохола код моторног горива већ увелико познате, до његове шире примене није дошло јер су већ развијени капацитети прераде нафте сваку нову инвестицију у производњу алкохола чинили нецелисходном.

Због својих познатих предности у овим анализама није могао бити заобиђен ни водоник као алтернативно гориво. У том правцу постоје одређена истраживања и пионирски подухвати (Застава развој) који су далеко од практичне примене али свакако заслужују одређену пажњу. Велики број возила са крагујевачког регистрационог подручја има моторе који су преграђени на погон гасом (пропан, бутан). С обзиром на угљоводонични састав, ови гасови примењени као гориво, не дају битне предности у погледу састава издувних гасова. Коначно, код мотора који су снабдевени катализаторима за накнадну обраду издувних гасова, неопходно је користити безоловни бензин који се већ производи у неким наших рафинеријама (рафинерија у Ријечи), наравно по вишим ценама од бензина са додацима олова.

Имајући у виду све напред речено, може се констатовати да бар за догледно време морамо рачунати са оловним бензином као основна погонским средством ото мотора и са свим негативним последицама његове примене.

в) Возило. Утицај огледа пре свага кроз конструкцију возила, начин одржавања, експлоатације и стања (старост) возила.

Конструктивна побољшања су евидентна углавном код нових модела. (побољшање аеродинамичности, измена трансмисије итд), док код постојећег возног парка одређена побољшања се могу остварити правилним одржавањем и експлоатациоом.

У погледу старости возила (године производње) стање је доста неповољно јер према новијим подацима просечна старост возила на подручју уже Србије износи 6,5 година. Пораст цена возила и пад животног стандарда може само да погорша овакву ситуацију.

г) Возач. Карактеристика возача се изражава пре свега преко његовог стила вожње који подразумева одређено понашање у процесу убрзавања возила, промена степена преноса, претицања других возила, вожње константном брзином и заустављања возила (кочења). То би било активно дејство возача које је очигледно и најзначајније, али не треба занемарити ни његово пасивно дејство које се огледа у његовом односу према стању возила (правилно одржавање и подешавање возила).

Оснорна знања и принципи из ове области стичу се углавном кроз курсове обуке за возача али не треба занемарити ни могућности перманентног образовања возача преко средстава јавног информисања (штампе, радија и телевизије), популарних предавања и издавања тематских брошура из ове области. Овим се може остварити не само високоекономична и нискотоксична већ и безбедна вожња

д) Пут - режим кретања возила. У овим факторима лежи очигледно највећи простор за увођење и различитих мера и побољшања.

Карактеристике пута се изражавају пре свега кроз његове геометријске параметре: ширину, нагиб, квалитет подлоге. Утицају ових параметара на емисију и потрошњу било је доста речи у претходним поглављима, а овде истичемо Још једанпут да равни широки путеви са квалитетним асфалтно-бетонском подлогом представљају најбољи амбијент за кретање возила у градским условима вожње.

Закључак

Сprovedена истраживања на овом пројекту дала су одговор на нека од постављених питања и помогла да се разреши дилеме које су постојале у приступу овој проблематици.

Основни проблем се јављао при мерењу емисије из возила која се крећу у реалним (променљивим) режимима кретања, због немогућности постојећих уређаја (анализатора) да прате количину појединих компонената у брзопроменљивим режимима рада. У овом случају се уместо тренутних, прибегава мерењу средњих концентрација токсичних материја за одређену деоницу пута. И код овог начина постоје два приступа у решавању изнетог проблема и то: сакупљање издувних гасова из возила које се креће у реалним условима у кесу коју вуче друго возило, а потом анализа садржаја кесе у лабораторији и симулирање стварних режима кретања возила у лабораторији на основу претходно записаног тока брзине возила и оптерећења мотора, у току кретања на посматраној деоници. У овом пројекту је коришћен други метод из простог разлога што се сматрало да у првом случају возило које вуче кесу утиче на режим кретања опитног возила.

Записани ток брзине возила и оптерећења мотора се репродукују у лабораторији на мерним ваљцима и при томе се мери састав издувних гасова који се сакупљају у кесу.

Применом усвојене методе на саобраћајну ситуацију на подручју града Крагујевца (мерења су вршена у шпиевима који одговарају одласку на посао, повратку са посла и одласку у град ради куповина), дошло се до одређених закључака који говоре о квалитету саобраћајног тока, па самим тим и карактеристикама емисије и потрошње. Међутим, неможе се превише инсистирати на општости ових закључака јер је број мерења (због ограничених материјалних средстава) релативно мали, али је развијена методологија мерења општег карактера и може се применити без изузетка на сваки појединачни случај.

Литература

- [1] Д. Радоњић: Предавања из Мотора СУС 2, Зимски семестар школске 2011/2012. године
- [2] Д. Радоњић: Безбедност саобраћаја у светлу загађења ваздуха возилима, Научно-истраживачки пројекат, Крагујевац 1984.
- [3] Р. Пешић, С. Петковић, С. Веиновић: Моторна возила и мотори - опрема, Бања Лука - Крагујевац, 2008.