

Факултет инжењерских наука
Универзитета у Крагујевцу



Назив студијског програма: Машинско инжењерство
Ниво студија: Основне академске студије
Модул: Енергетика и процесна техника
Предмет: Пренос снаге флуидом
Број индекса: 724/2010

Ђорђе М. Станојевић
Мониторинг квалитета и заштита ваздуха
Завршни рад

Комисија за преглед и одбрану:

1. др Вања Шуштершич - ментор
2. _____
3. _____

Датум
одбране: _____

Оцена: _____

У оквиру овог завршног рада кандидат треба да:

Проучи литературу и презентира мониторинг квалитета и заштиту ваздуха. Целине које треба да садржи су: индикатори квалитета ваздуха, загађење ваздуха, методе пречишћавања ваздуха, закључак.

Препоручена литература:

- [1] Мрежа центара за контролу квалитета ваздуха, Републички хидрометеоролошки завод Србије
- [2] Извештај о стању животне средине у 2007. У Републици Србији, Министарство ЖС и просторног планирања
- [3] Gydelines for air qyality, World Health Organization Geneva, 2000.

Крагујевац, 1.10.2012.

ментор:

др Вања Шуштершич

Изјављујем да сам овај завршни рад урадио самостално, служећи се стеченим знањем и искуством као и наведеном литературом.

Број индекса	Име и презиме
724/2010	Ђорђе Станојевић

Садржај:

Abstract

1. Увод	
1.1 Индикатори квалитета ваздуха	7
1.2 Праћење индикатора	8
2. Анализа постојећег стања загађења у ваздуху у Крагујевцу и околини	9
2.1 Стационарни извори загађења	9
2.2 Мобилни извори загађења	16
3. Нормативни и законски прописи о квалитету ваздуха	17
3.3 Архуска конвенција о доступности информација	24
4. Ефекат стаклене баште	29
5. Киселе кише	35
6. Будући утицај климатских промена	36
7. Загађење ваздуха	38
8. Мониторинг и квалитет ваздуха	40
9. Физичко-хемијске методе пречишћавања загађених димних гасова	46
10. Механичко чишћење гасова	51
11. Закључак	66
12. Литература	67

Резиме

У овом раду ће бити разматрани неки од основних аспеката мониторинга квалитета и заштите ваздуха. Заштита ваздуха је веома одговоран задатак и једно од најбитнијих животних ствари. Потребно је константно радити на мониторингу квалитета и заштити ваздуха пре свега јел је развој индустрије све већи а самим тим и штетних и опасних материја који уништавају ваздух и земљин омотач.

Кључне речи: Ваздух, Мониторинг, Пречишћавање

Abstract

This paper will focus on some of the fundamental aspects of monitoring air quality and protection. Air protection is a difficult task and one of the most important things of life. It takes constant work to protect and monitoring of quality air right above all the development of the industry growing and there fore harmful and dangerous substances that destroy the earth and the air layer.

Keywords: Air, Monitoring, Tracking

1. Увод

Ваздух је прозачна смеша природних гасова и ситних честица које имају стаалан састав и које се налазе у стабилној равнотежи. Али, данас је ваздух изнад многих градова мрачан и суморан, а хоризонт нестаје у измаглици. Смог је последица загађивања. Гасови и микроскопске честице чађи и праашине ослобађају се у Земљину атмосферу, што изазива промену природног односа и концентрације основних компонената ваздуха. Понекад ове честице долазе у атмосферу природним путем, на пример, ослобађањем услед вулканских ерупција и природних пожара. Али, много чешће оне долазе у атмосферу као последица човекових активности. Људи загађују ваздух на много начина: паљењем шума ради ослобађања пољопривредног земљишта, вожњом аутомобила и авиона, радом у фабрикама и термоелектранама, сагоревањем огрева у домаћинствима. У основи готово свих облика аерозагађивања је потреба човека за енергијом која се добија на рачун сагоревања дрвета, угља, нафте или природног гаса.

Загађени ваздух утиче на различите начине на здравље људи и читав екосистем. Атмосфера служи и као средство транспорта загађујућих материја до удаљених локација и као средство загађења копна и воде. Загађење ваздуха зависи првенствено од типа загађивача. Главни извори загађења ваздуха потичу од дима и других састојака који настају сагоревањем горива за загревање станова, при индустријским активностима и услед саобраћаја.



Слика 1: Изглед рафинерија као основног загађивача ваздуха

Пораст становништва, веће коришћење енергије и индустријски развој последњих деценија, допринели су емисији гасова и честица које умногоме утичу на људско здравље. Све лошији квалитет ваздуха узрокује и погоршава астму, болести срца, рак плућа и многе друге болести. Последице загађења ваздуха су два до три пута веће на здравље људи него што се раније сматрало. За свако повећање од 10 микрограма ситних честица у ваздуху, ризик од преране смрти расте са 11% на 17%. Светска здравствена организација (WHO) је проценила да сваке године 2 милиона људи умре од последица загађења ваздуха. Поред тога, загађење ваздуха утиче и на глобалну економију, доступност хране и воде и одрживи развој, тиме што оштећује биљке, усеве и екосистеме.

Пет је главних извора аерозагађења индустријских и урбаних средина:

- сагоревање чврстих, течних и гасовитих горива у енергетским постројењима (укључујући топлификацију градских насеља),
- сагоревање чврстих, течних и гасовитих горива у моторним возилима,
- индустријски процеси,
- одлагалишта чврстог отпада,
- испаравање различитих органских растварача

Тешко је рећи који од ових извора има већи утицај на укупну аерозагађеност с обзиром да то зависи од подручја, односно од тога да ли су у њему смештени индустријска или енергетска постројења, средине, од емисије полутаната, емитера, дистрибуцији полутаната у атмосферу, њиховим реакцијама и климатским условима. На основу свега овога неопходно је разрадити и одговарајућу стратегију заштите. Истраживање и праћење квалитета ваздуха у урбаним и индустријским подручјима је један од првих корака ка решењу присутног проблема аерозагађења.

Проучавање и праћење квалитета ваздуха има за циљ контролу и смањење садржаја штетних супстанци у њему. То смањење треба да буде до нивоа који се сматрају сигурним у односу на непожељне утицаје који изазива загађени ваздух.

Праћење квалитета ваздуха се врши на локалном нивоу, на националном, и на глобалном нивоу.

Како градови расту и шире се, урбано загађење утиче на све више људи у целом свету. Око половине светске популације живи у великим градовима, а многи од њих немају никакав облик мониторинга квалитета ваздуха, нарочито у земљама у развоју.

Праћење квалитета ваздуха на националном нивоу спроводе одређене земље док праћење на глобалном нивоу врше међународне организације.

Мобилисање ресурса и развој одговарајућих политика за мониторинг и борбу са загађењем ваздуха је зато додатни и растући изазов.

1.1 Индикатори квалитета ваздуха

Квалитет ваздуха је врло важан параметар како за човека тако и за читав живи свет на земљи.

Индикатори квалитета ваздуха су следећи:

- температура ваздуха,
- смер и јачина ваздушних струја,
- основни ниво озона,
- ниво азот диоксида,
- ниво, структура и величина финих честица,
- ниво бензена,
- ниво осталих хемијских материја,
- умањење озона,
- промене стратосферског озона,
- повећање ултравиолетног зрачења.

Ефекат стаклене баште се односи на повећање CO_2 и метана у атмосфери, а највећи загађивачи по секторима су:

- енергетика,
- пољопривреда,
- транспорт,
- индустрија (индустријски процеси),
- отпад,
- промена употребе земљишта и шума (сеча шума).

Спречавање загађења представља санирање већ загађеног ваздуха, а тиме и враћање природне околине у њено изворно природно стање што захтева низ активности. Информације о гасовима са ефектом стаклене баште, аеросолима и озону, као и класична метеролошка и хидролошка осматрања се редовно прикупљају захваљујући глобалној мрежи приземних станица, балонима са сондама, радарима, сателитима и авионима. Све је то допринело разумевању променљивог хемијског састава атмосфере, односно присуства загађујућих материја у ваздуху као што су озон у приземном слоју, смог, честице, сумпор диоксид и угљен моноксид, од којих је већина директан резултат сагоревања фосилних горива у индустрији, градовима и возилима.

1.2 Праћење индикатора

Иако се развој регионалних прогноза квалитета ваздуха значајно побољшао у току протеклих 30 година, њихово правовремено достављање локалним заједницама је често изазов. Ипак, прогнозе о квалитету ваздуха издаје све већи број хидрометеоролошких служби, са одговарајућим, лаким за коришћење, индексима квалитета ваздуха.

Праћење квалитета ваздуха се спроводи из више разлога, и то пре свега:

- активирања заштитних мера у критичним ситуацијама,
- процењивања опасности по здравље људи,
- процене опасности за остале елементе животне средине,
- прибављања основних података за просторно планирање,
- испитивања посебних жалби грађана.

Приликом планирања одређених активности и мера, које се морају предузети у циљу заштите ваздуха, потребно је узети у обзир актуелну политичку и економску ситуацију, садашњу, стварну ситуацију у области заштите животне средине у Србији, као и искуства земаља чланица ЕУ. При томе се мора применити одређени општи концепт да би се обезбедила ефикасност мера, тј.:

- активности и мере морају бити оптимизоване у временском смислу минимизирања трошкова,
- морају се применити различити приступи за поједине типове постројења, тј. мора постојати привремени национални третман за постојећа постројења, а “ЕУ приступ” за новоизграђена и будућа постројења,
- неопходно је формирање листе приоритета тј. листе најважнијих проблема које би требало приоритетно решавати,
- коришћење “природних” друштвених сила.

ГВИ	ОЦЕНА	ОДЛИЧАН	ДОБАР	ПРИХВАТЉИВ	ЗАГАЂЕН	ЈАКО ЗАГАЂЕН
µg/m ³	AQI_S_07	0-25	26-50	51-75	76-100	>100
150	SO ₂	0-35	36-75	76-150	151-250	> 250
85	NO ₂	0-20	21-43	44-85	86-150	> 150
50	ЧАЂ	0-12	13-25	26-50	51-100	> 100

Табела 1. Дефиниција привременог индекса квалитета ваздуха



График 1: Оцена квалитета ваздуха у 2007. год. у Србији

Да би се подигла свест становништва и запослених о значају квалитета ваздуха и перформанси ваздушног омотача по здравље људи и опстанак живог света неопходно је спроводити обуку путем:

- семинара/воркшопова,
- програма подршке индустрији,
- кампања за специфично образовање.
- публикација.

2. Анализа постојећег стања загађења ваздуха у Крагујевцу и околини

2.1 Стационарни извори загађења

Стационарне изворе загађења ваздуха у граду Крагујевцу, како је то већ речено, представљају индустријске енергане, топлане и индивидуална ложишта. У индивидуалним котларницама и пећима у Крагујевцу и околини, сагоревају се пре свега дрво (приградска насеља) и природни гас (поједине градске зоне) у већој мери и угаљ и лако уље (у мањој мери).

Како дрво представља гориво са минималним садржајем пепела (око 1 од 1,5%) и одсуством сумпора, а природни гас практично најчистије фосилно гориво (одсуство прашкастих материја и сумпора), може се рећи да ови извори не представљају велике аерозагађиваче у Крагујевцу. Евентуално код стартних режима ложишта на дрво долази до значајније емисије СО али контрола ових ложишта малих капацитета још дуго неће бити могућа, нити ће то бити приоритет у циљу смањења емисије димних гасова (продуката сагоревања).

На примеру највеће индустријске енергане на Балкану и далеко највећег аерозагађивача у Крагујевцу, Застава Енергетике, у овом одељку ће се дати реално стање емисије димних гасова у протеклих десетак година.

Карактеристике котлова Застава Енергетике са аспекта емисије димних гасова Застава Енергетика, као индустријска енергана и систем задужен за централно грејање града Крагујевца, одскора предузеће под контролом Скупштине, има низ специфичности у односу на сличне системе у другим већим градовима Србије. У овом граду се седамдесетих година прошлог века, једна индустријска енергана, Застава Енергетика (ЗЕ), намењена за потребе великог комплекса аутомобилске и пратећих индустрија, укључила у функционисање грејања града. Спојене су производне могућности ЗЕ са постојећом инфраструктуром градске топлане. То је био рационалан потез, за разлику од већине градова где се за то имало услова али то до данас није реализовано (Смедерево - Сартид, Београд – Термоелектрана Никола Тесла, Приштина – Термоелектрана Обилић,...).

Ради се о највећој индустријској енергани на Балкану, која што се тиче котловских постројење располаже са приближно 350 MW топлотне снаге. Најважнија котловска постројења су распоређена на три локације: матичној, КБЦ и Ердоглија. На матичној локацији у кругу комплекса Застава фабрика, налази се пет котловских постројења (шесто је у изградњи, дуже времена обустављеној), чије су основне карактеристике дате у табели 2.

Tabela 1: Osnovne karakteristike kotlova smeštenih na matičnoj lokacije ZE

Oznaka i vrsta kotla	Nominalna snaga kotla (MW)	Gorivo	Gorivo za startovanje kotla	Starost kotla (god.)
K1 – parni	31,65	Gas		35
K2 – parni	31,65	Gas		35
K3 – parni	63,3	Ugalj	mazut	28
K4 – parni	61,5	Ugalj	mazut	23
K5 – parni	115,18	Ugalj	mazut	18

Свих пет постројења представљају парне котлове, који производе прегрејану водену пара притиска 35-38 бар и температуре 450°C. Дакле ради се о флуиду чији високи енергетски параметри говоре да су ови котлови намењени за рад у спреси са парном (кондензационом) турбином и генератором електричне струје што овде и јесте случај. Застава Енергетика поседује две парне турбине номиналних снага 10 и 20 MW чији улазни радни параметри одговарају излазним параметрима котлова. Како практично инсталиране турбине никада нису ни радиле у процесу производње топлоте (неповољна цена електричне струје), остали су огромни губици јер се водена пара овако високих параметара пригушује према потреби, а што се тиче система централног грејања (СЦГ у даљем тексту) и кондензује до стања вреле воде.

Котлови K1 и K2 су до реконструкције били котлови на угаљ са застарелим решеткастим ложиштем и крупном гранулацијом угља који је сагоревао. Сада су то иако најстарији, најпоузданији котлови на матичној локацији ЗЕ-е, јер као гориво користе природни гас. Њихов рад је стабилан, међутим могућност регулације режима рада је готово никаква, пошто се радом вентилатора свежег ваздуха и димних гасова не може управљати. Ови вентилатори тренутно раде у фиксном режиму.

Котлови K3 и K4 су идентичне конструкције и због карактеристике да могу, као гориво да троше угаљ и веома ниског квалитета, последњих година су били највише коришћени у циљу функционисање СЦГ у Крагујевцу.

То су висећи котлови са сагоревањем угљеног праха у лету (течни режим отпепељавања), са чеоним горионицима (В пламен), намењени за сагоревање угљева средњег квалитета.

Котао К5 је највећи котао ЗЕ (Застава Енергетике). Ради се о котлу са вертикалним циклонским (мембранским) ложиштем, који је на матичној локацији ЗЕ, најновија конструкција.

Због недостатка квалитетних угљева на нашем тржишту, последњих година, без којих овај котао не може да ради, он је био ретко у погону.

Котлови 3 и 4 на матичној локацији ЗЕ, су тренутно највећи загађивачи Крагујевца, што се тиче постројења ЗЕ. Због коришћења угља као горива, емисија CO_2 је максимална, потенцијална емисија CO висока, емисија CO_2 такође, веома висока, а што зависи од састава коришћених угљева. Емисија азотних оксида, није проблематична јер се ради о котловима са нижим специфичним оптерећењем ложишта, као и саме зоне горионика, што је последица саме ложишне конструкције. Посебан проблем представља емисија пепела. Котлови са сагоревањем у лету највећи проценат формираног пепела емитују у димни тракт (и преко 80% укупног пепела), што их чини потпуно неподесним за урбане целине, попут Крагујевца.

На друге две поменуте локације (котларнице КБЦ и Ердоглија), налази се још 7 котловских постројења (вреловодни котлови), укупне топлотне снаге 45 MW, који за гориво користе природни гас или мазут (као алтернативу).

Важеће законске норме и расположиви мерни подаци о емисији димних гасова из котлова Застава Енергетике

Што се тиче законских норми у области емисије димних гасова котловских постројења, тренутно је на снази Правилник, објављен у Службеном гласнику Републике Србије број 30/97. Ограничења из овог правилника, везана за котловска постројења дата су у табели 2. Овај правилник је веома сличан немачком правилнику из 1995. из кога је вероватно и проистекао. За сагоревање угљене прашине у лету и сувим одвођењем пепела (котлови 3,4 и 5 на матичној локацији ЗЕ) садржај кисеоника у продуктима сагоревања треба да буде $\text{OR}=6\%$. За котлове на течном и гасовитом гориву садржај кисеоника у продуктима сагоревања треба да буде $\text{OR}=3\%$.

У случају да је измерени садржај кисеоника различит од наведених вредности, измерене емисије димних гасова се прво прерачунавају према једначини (2.1), а затим пореде са вредностима датим у табели:

$$\text{ER} = \text{EM}(21 - \text{OR}) / (21 - \text{OM}).$$

Овде су ER , EM (mg/m^3) референтна и измерена емисија посматраног продукта сагоревања, респективно, OR , OM (%) референтни и измерени запремински удео кисеоника у продуктима сагоревања, респективно. Како често измерен садржај кисеоника у продуктима сагоревања није референтан, наведено прерачунавање је обавезно.

Треба напоменути да је ово прерачунавање дато у Немачким правилницима, док се у нашим налазе вредности за референтни садржај кисеоника у димним гасовима али не и процедура прерачунавања када то није случај, што знатно отежава тумачење правилника.

R.br		UGALJ			TEČNA GORIVA			GASOVITA GORIVA		
		TOPLOTNA SNAGA LOŽIŠTA MW			TOPLOTNA SNAGA LOŽIŠTA MW			TOPLOTNA SNAGA LOŽIŠTA, MW		
		1-50	50-300 (mg/m ³)	>300	1-50	50-300 (mg/m ³)	>300	1-50	50-300 (mg/m ³)	>300
1	Ugljen monoksid CO	250	250	250	250	175	175	100	100	100
2	Azotni oksidi NO _x	1,000	800	450	450	450	350	350	350	350
3	Sumptordioksid SO ₂	2,000	1,450	650	3,200	3,200	400	1,700	1,700	100
4	Praškaste materi	150	100	50	100	100	80	5	5	5

Табела 3: Граничне вредности емисије димних гасова према Службеном гласнику Републике

Протеклих година у Крагујевцу је периодична мерења на котловима Застава Енергетике обављала овлашћена институција Завод за заштиту здравља Крагујевац. Сва мерења емисије димних гасова до 2002. године обављана су застарелим методама (Орсат апарати), и у овој студији се не узимају као меродавна јер су често нелогична или чак немогућа са аспекта теорије сагоревања. Са друге стране нигде се није наводило оптерећење котла и измерени садржај кисеоника (O₂) у продуктима сагоревања, а што је неопходно ради прерачунавања и поређења података у односу на оне дате у табели 2, који су дати за референтне садржаје O₂ у продуктима сагоревања. Другим речима, прекомерни вишкови ваздуха потребног за сагоревања привидно умањују измерену емисију димних гасова, па је потребно прерачунавање по формули (3.1).

У току протекле (2002/2003) и текуће (2003/2004) грејне сезоне, од стране Машинског факултета у Крагујевцу, Лабораторије за Термодинамику, коришћењем савременог, дигитализованог анализатора продуката сагоревања IMR 2800P, снимљени су устаљени радни режими котлова ЗЕ. Мерењима је обухваћено свих 12 котлова ЗЕ, великих капацитета. У табелама 3, 4 и 5, презентовани су измерени и прорачунати подаци за ове котлове, а у пратећем тексту дати су потребни коментари. У разматрањима се даје оптерећење котла (%), у односу на називну топлотну снагу котла (Тпс, излазна температура продуката сагоревања, гпс, губици на енергији димних гасова, λ, коефицијент вишка ваздуха, O₂, SO₂, CO, CO₂, NO_x, емисија димних гасова у назначеним јединицама).

Мерна места са којих су узимани подаци о режимима рада котлова сложених конструкција, на матичној локацији ЗЕ, су се налазила непосредно иза LUVО пакета (или иза економајзера ако котао нема загрејач ваздуха). Како иза загрејача ваздуха (LUVО) не постоји даље искоришћавање енергије димних гасова, одабрана места су дала реалне податке о губицима испитиваних котлова.

Ради боље прегледности, у приказаним табелама су подаци из претходне грејне сезоне дати осенчено у односу на најновије податке из месеца новембра 2003.

У наведеним табелама нису дати подаци за емисију прашкастих материја. Ова врста емисије је на котловима ЗЕ обављана само по посебном захтеву, а најновији подаци су мерења Института за квалитет радне и животне средине ПРВИ МАЈ Ниш из 1997. године. Ова мерења су обављена на захтев ЗЕ, а са задатком утврђивања ефикасности електрофилтера, котлова К3 и К4 на матичној локацији ЗЕ (најчешће коришћени котлови).

Мерења емисије пепела (обављена гарнитуром ШТЕРЛАИН), при максималном и 75% оптерећењу котлова 3 и 4 (коришћено гориво лингит Пљевља, $H_D=11456 \text{ kJ/kg}$), су показала да је емисија пепела на котлу број 3 била 22 пута већа од законом дозвољене (2200 mg/m^3), а на котлу број 4 (при 75% оптерећења) 46,5 пута већа од дозвољене. Измерени степени издвајања пепела електрофилтара на котловима К3 и К4 су били 97,5% и 94,9%, респективно. Поражавајући податак је био тај да при коришћењу овог горива (лингит Пљевља) и претпостављене ефикасности електрофилтера од 99% емисија пепела би износила 900 mg/m^3 , што представља девет пута већи износ од законом дозвољене емисије. Да ли је потребно напоменути да је лингит Пљевља представља један од квалитетнијих угљева коришћених у котловима ЗЕ у протеклих дванаест година. При сагоревању оваквих врста горива, практично је немогуће обезбедити поштовање законских норми, што се тиче емисије пепела. Другим речима котловима на угаљ (посебно неквалитетан угаљ, лингита) великих капацитета ни под којим условима заштите животне средине, није место у урбаним срединама каква је град Крагујевац.

Табела 4: Радни режими котлова на матичној локацији Застава-Енергетике

Oznaka kotla i gorivo	Toplotna snaga (MW)	Opterećenje (%)	$T_{ps}(^{\circ}\text{C})$	$\text{O}_2(\%)$	$\text{CO}_2(\%)$	$\text{CO}(\text{mg/m}^3)$	$\text{SO}_2(\text{mg/m}^3)$	$\text{NO}_x(\text{mg/m}^3)$	$\lambda(-)$	$g_{ps}(\%)$
K1 (gas)	31,65	50	89	17,9	1,7	0	0	40(232)	6,77	15,8
		70	109	15,3	3,2	0	0	77(243)	3,68	11,8
		100	96	16,1	2,7	0	0	65 (234)	4,31	12,5
K2 (gas)	31,65	50	100	17,9	1,7	0	0	37(215)	6,84	18,2
		70								
		100	104	15,0	3,3	0	0	77 (231)	3,52	11,2
K3 (ugalj)	63,3	60								
		80	159	16,5	3,96	17,5 (58)	563,4 (1878)	127 (423)	4,69	22,7
		100	168	14,9	4,38	3514 (8641)	666 (1638)	160 (393)	3,47	21,0
K4 (ugalj)	61,5	60								
		80	202	12,3	7,65	26 (45)	924 (1593)	283 (488)	2,43	18,4
		100	166	14,5	4,65	176 (406)	603 (1392)	201 (464)	3,27	19,5
K5 (ugalj)	115,18	50	123	15,7	4,12	0	1533 (4339)	138 (391)	3,98	15,4
		60	115	11,5	7,42	0	2786 (4399)	273 (431)	2,21	8,9
		100								

Меродавне вредности емисије, сведене на прописани садржај кисеоника у димним гасовима, а према једначини (2.1), дате су у заградама. Према приказаним подацима котлови К1 и К2 су котлови на гас нису оптерећени емисијом CO и SO_2 , а емисија NO_x је у границама дозвољене. Међутим, због не оптималног режима сагоревања, при високим вредностима коефицијента вишка ваздуха λ , који су вишеструко већи од оптималних, долази до увећаних губитака на енергији димних гасова, за 5-7%. За исти овај проценат увећана је и емисија CO_2 и NO_x у mg/s . Уопштено, повећање ефикасности котлова, пропорционално смањује емисију свих штетних продуката сагоревања (у mg/s), изузев у одређеној мери емисију CO .

Котлови К3, К4 и К5 на матичној локацији ЗЕ, су котлови на угаљ са сагоревањем у лету и оптерећени су емисијом практично свих наведених штетних продуката сагоревања, а посебно емисијом прашкастих материја и SO_2 .

Како по правилу са порастом квалитета угља пада садржај пепела, а расте сумпора у гориву, сагоревањем квалитетнијих угљева, које за свој рад захтева котао К5, добијају се високе, концентрације SO_2 у димним гасовима, скоро три пута веће од законом дозвољених.

Генерално се за котлове на гас у котларници КБЦ може рећи да раде у режимима блиским оптималним али да им губитке увећавају старе конструкције или не одговарајућа оптерећења. Због недостатка мерне опреме у стално присутних, обучених људи за рад са горионцима, често се дешавају инцидентне ситуације, каква је забележена у котлу К3 (грејна сезона 2002/2003), када је он радио са количином ваздуха мањом од стехиометријске, што је узроковало енормну емисију CO . Како је овај котао користио и мазут као гориво, вероватно сагоревањем заосталог мазута у димним цевима у овом случају регистрована је и емисија SO_2 , која није уобичајена за котлове на гас, мада не и немогућа.

Табела 5: Радни режими котлова у котларници КБЦ

Oznaka kotla i gorivo	Toplotna snaga (MW)	Opterećenje (%)	T_{ps} ($^{\circ}\text{C}$)	O_2 (%)	CO_2 (%)	CO (mg/m^3)	SO_2 (mg/m^3)	NO_x (mg/m^3)	λ (-)	g_{ps} (%)
K1 (gas)	6,6	60	200	4,1	9,4	0	0	160 (170)	1,24	9,1
		60	169	7,4	7,6	0	0	146 (193)	1,54	8,6
		100	212	2,4	10,4	0	0	208 (201)	1,13	8,8
K2 (gas)	6,6	60	140	5,1	8,9	0	0	155 (175)	1,33	6,6
		80	144	2,1	10,6	2 (2)	0	237 (226)	1,11	5,5
		100	174	2,7	10,2	0	0	205 (202)	1,15	7,3
K3 (gas)	7,3	60	189	0,0	11,7	5000max	1127	240	<1	-
		40	137	1,8	10,8	1 (1)	0	207 (194)	1,09	5,0
		100	192	0,0	11,7	5000max	1336	245	<1	-
K4 (gas)	2,6	60	221	8,9	6,8	0	0	115 (171)	1,74	13,2
		80	196	0,8	11,3	1244 (1108)	0	240 (214)	1,04	7,4
		100	254	2,4	10,4	0	0	213 (206)	1,13	10,7
K5 (mazut)	7,0	50	246	2,2	14,2	6	3564 (3412)	470 (450)	1,12	10,5
		80								
		100								

Меродавне вредности емисије, сведене на прописани садржај кисеоника у димним гасовима, а према једначини, дате су у заградама.

Табела 6: Радни режими котлова у котларници Ердоглија

Oznaka kotla i gorivo	Toplotna snaga (MW)	Opterećenje (%)	T_{ps} ($^{\circ}\text{C}$)	O_2 (%)	CO_2 (%)	CO (mg/m^3)	SO_2 (mg/m^3)	NO_x (mg/m^3)	λ (-)	g_{ps} (%)
K1 (gas i mazut)	7	40	138	4,1	9,5	0	0	204 (217)	1,24	5,3
		60	191	6,6	10,9	0	2637 (3296)	411 (514)	1,46	9,2
		80	200	5,9	11,4	0	2791 (3327)	433 (516)	1,39	9,3
		80	156	3,4	9,8	412 (422)	0	233 (238)	1,2	5,9
		100	207	6,9	10,6	0	2614 (3337)	422 (539)	1,50	10,4
K2 (gas i mazut)	8	60	256	4,7	12,3	9 (10)	3152 (3481)	493 (544)	1,29	11,5
		80								
		100	250	3,5	13,3	851 (875)	3538 (3639)	538 (553)	1,20	10,6

Меродавне вредности емисије, сведене на прописани садржај кисеоника у димним гасовима, а према једначини (2.1), дате су у заградама.

Котао на мазут К5 у котларници КБЦ, показује високе губитке на енергији димних гасова и прекомерну емисију SO_2 , која је директно последица коришћеног горива. Редовно се у мазуту из донација налази прекомерни садржај сумпора, који такво гориво аутоматски искључује из употребе, законом дозвољене, рецимо у Немачкој. На котловима у котларници Ердоглија, између прошле и текуће грејне сезоне извршена је реконструкција котловских горионика, тако да могу да користе гас.

Разлика у резултатима емисије (котао К1) је евидентна. Нема емисије SO_2 , ефикасност је повећана, једини је проблем не одговарајућег рада горионика за мале вредности коефицијента вишка ваздуха (оптималне), јер због некавалитетне припреме смеше долази до емисије CO , значајно веће од законом дозвољене (режим 80%).

Кључни проблем, што се аерозагађења из стационарних извора у Крагујевцу, представља рад котлова на угаљ и велика емисија CO_2 , као и «инцидентна» емисија пепела, која значајно варира у зависности од коришћеног горива и стања електрофилтара али је увек вишеструко виша од законом дозвољене. Недостатак континуираног мерења емисије пепела такође представља проблем.

У табели 6 дате су процењене годишње емисије димних гасова из котлова 3Е, а према мереним резултатима емисије, коефицијента вишка ваздуха и просечној потрошњи угља, мазута и гаса у 3Е.

Табела 7: Просечна процењена емисија димних гасова у тонама из постројења 3Е

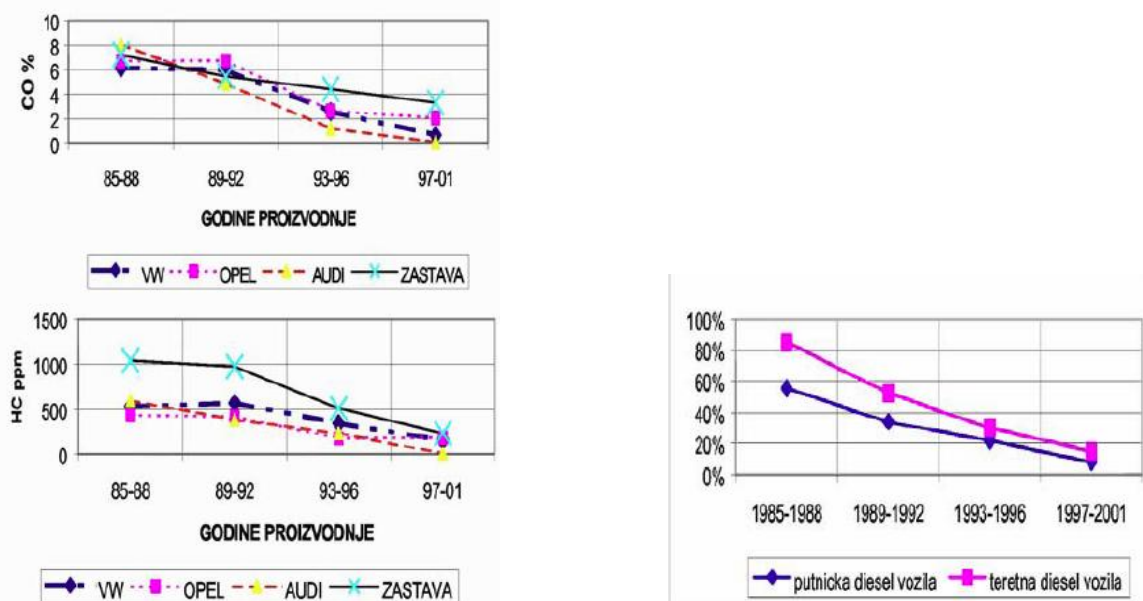
Загађивач	Угаљ	Мазут	Природни гас
CO_2	156000	8500	60000
CO	100	3	1
SO_2	1700	165	0
NO_x	450	23	95
Репео	1200	-	-

Због хронично већег коефицијента вишка ваздуха у котловима 3Е, емисија CO је значајно смањена, изузев инцидентних ситуација. Међутим, то увећава губитке и само променом режима рада котлова све наведене емисије се на годишњем нивоу могу смањити за 5-10%. Кључни проблем су емисија SO_2 и нарочито прашкастих материја. Утицај присутних прашкастих материја у атмосфери Крагујевца на појаву астме у популацији би свакако требало истражити. Најугроженија подручја града су уз реку Лепеницу, низводно од матичне локације 3Е.

2.2 Мобилни извори загађења

Социјално и економско стање грађана општине Крагујевац је такво да је удео савремених возила са катализаторима и ниском емисијом штетних материја у веома мали у укупном броју транспортних средства. Транспортна средства која се крећу по нашим улицама су у просеку стара око 10 година. Она су у релативно лошем техничком стању и емитују вишеструко већу емисију загађујућих материја у ваздух од савремених возила, која се експлоатишу у модерним градовима.

На дан 30.09.2003. године у Крагујевцу и околини је било регистровано 48,820 возила од тога 44,521 путничких моторних возила. Од укупног возног парка 35% возила је старије од 15 година, 90% је старије од 10 година а мање од 1% су нова возила. Таква старосна структура говори о неповољној енергетској ефикасности у транспорту која је условљена технолошким и конструктивним решењима старим неколико деценија.



Резултати мерења емисије бензинских путничких возила различите старости и различитих произвођача (график лево), резултати димности возила са дизел моторима различите старости

На приказани су резултати мерења емисије бензинских путничких возила различите старости и различитих произвођача. Велика процентуална заступљеност ЗАСТАВИНИХ возила велике старости у Крагујевцу говори о алармантном стању емисије моторних возила у нашем гарду. На слици су приказани резултати мерења димности возила са дизел мотором различите старости.

Евидентна старост наших теретних возила, као и све већи број старих половних аутомобила са дизел моторима (нарочито Тахи возила) сведоче о великој емисији дима таквих возила. Емисија дим односно честица са издувним гасовима дизел мотора је оптужена за изазивање рака плућа па је тиме та емисија честица потенцијално канцерогена.

Горива која сагоревају у моторним возилима су испод европских стандарда. У бензинима још увек има великих количина олова око 0.4 грама по литру тетраетил олова (зато се емисији олова у ваздуху мора посветити посебна пажња). Такође, у дизел гориву има много сумпора.

И у бензину и у дизел гориву има више полицикличних аромата, него у развијеним земљама. Очигледно је да ће и технички исправна возила са таквим горивима емитовати знатно већу количину опасних материја у ваздух.

Оловни оксиди су нервни отрови. Чак и мале количине могу бити штетне, нарочито за децу. Утицај олова је повезан са оштећењима нервних система код деце, смањења визуелних и моторних функција, као и смањења пажње и моћи запажања.

3. Нормативни и законски прописи о квалитету ваздуха

Законске основе за успостављање Програма контроле квалитета ваздуха садржане су у Закону о заштити животне средине „Службени гласник Републике Србије”, бр. 66/91, 83/92, 53/93, 67/93, 48/94 и 53/95, у члану 20. ставови 1,2 и 3. и Закона о заштити животне средине „Службени гласник Републике Србије”, бр. 135/04.

Остала важећа домаћа и Европска регулатива из ове области је:

- Закон о заштити ваздуха „Службени гласник Републике Србије“, бр 36/09,
- Правилник о граничним вредностима, методама мерења имисије, критеријумима за успостављање мерних места и евиденцији података, „Службени гласник Републике Србије“, бр. 54/92, 30/99, 19/2006. Овим правилником се прописују граничне вредности имисије, имисије упозорења, епизодно загађење ваздуха, методе систематског мерења имисије, критеријуми за успостављање мерених места и начин евиденције података.
- Правилник о граничним вредностима емисије, начину и роковима мерења и евидентирања података, "Службени гласник Републике Србије ", бр. 30/97, 35/97 Овим правилником се одређују граничне вредности емисије штетних и опасних материја у ваздух на месту извора загађивања, начин и рокови мерења и евидентирања података о извршеним мерењима емисије
- Директива Савета 1999/30/ЕС о граничним вредностима сумпор диоксида, азот диоксида и оксида азота, суспендованих честица и олова у амбијенталном ваздуху од 22. априла 1999. године
- Директива Европског парламента и Савета 2000/69/ЕС о граничним вредностима бензена и угљен монооксида у амбијенталном ваздуху од 16. новембра 2000. године,
- Директива Европског парламента и Савета 2001/80/ЕС о ограничењу емисија одређених загађујућих материја у ваздух из великих ложишта од 23. октобра 2001. године и др.

3.1 Закон о заштити ваздуха

Закон о заштити ваздуха („Службени гласник РС“ бр. 36/09) усвојен је 12. маја 2009. године као један од закона у тзв. „пакету еколошких закона“. Припремљен је у поступку усклађивања домаће легислативе са прописима ЕУ. Уређује управљање квалитетом ваздуха и одређује мере, начин организовања и контролу спровођења

заштите и побољшања квалитета ваздуха као природне вредности од општег интереса која ужива посебну заштиту.

Закон предвиђа успостављање јединственог система праћења и контроле нивоа загађења ваздуха и одржавање базе података о квалитету ваздуха. Састоји се од 13 глава.

Глава 1. – Основне одредбе

- У 4 члана дефинисани су предмет уређивања, циљеви, значење израза и овлашћења и дужности у заштити и побољшању квалитета ваздуха.
- Према Члану 4., заштиту и побољшање квалитета ваздуха обезбеђују, у оквиру својих овлашћења, Република Србија (РС), Аутономна покрајина (АП), јединица локалне самоуправе, привредна друштва, предузетници, као и друга правна и физичка лица.

Глава 2. – Контрола квалитета ваздуха

- У 13 чланова (5.-17.) дефинисани су зоне и агломерације, њихово одређивање и оцењивање квалитета ваздуха у њима, загађујуће материје, услови и систем мониторинга квалитета ваздуха, државна мрежа (успостављање и надлежност над њом), локална мрежа, мониторинг прекограничног загађења и мерења посебне намене.
- Према Члану 9., РС, АП и јединица локалне самоуправе, у оквиру својих надлежности утврђених законом, обезбеђују мониторинг квалитета ваздуха. Условe за мониторинг квалитета ваздуха прописује Влада, на предлог Министарства.
- Државна мрежа саставни је део система праћења квалитета животне средине и финансира се из буџета РС (Члан 11.).
- Праћење квалитета ваздуха у државној мрежи, у оквиру својих надлежности, врше Агенција за заштиту животне средине, републичка организација надлежна за хидролошке и метеоролошке послове и овлашћена правна лица (Члан 13.).
- Локална мрежа мерних станица успоставља се за праћење квалитета ваздуха на нивоу АП и јединице локалне самоуправе. Средства за реализацију програма контроле квалитета ваздуха у локалној мрежи обезбеђују се из буџета АП и буџета јединице локалне самоуправе (Члан 15.).
- Према Члану 17., надлежни органи на свим нивоима дужни су да све добијене податке и резултате мерења достављају Агенцији.

Глава 3. – Захтеви квалитета ваздуха

- У 8 чланова (18.-25.) дефинишу се између осталог и захтеви квалитета ваздуха, забрана прекорачења граничних и/или циљних вредности, категорије квалитета ваздуха, као и посебне врсте загађења.
- Захтеве квалитета ваздуха прописује Влада, на предлог Министарства (према Члану 18.).
- Према нивоу загађености, полазећи од прописаних граничних и толерантних вредности, а на основу резултата мерења, утврђене су три категорије квалитета ваздуха. Категорије квалитета ваздуха утврђују се једном годишње за протеклу календарску годину, а листу категорија по зонама и агломерација усваја Влада и

објављује их у СГ РС, медијима и веб страницама Владе и Министарства (према Члану 21.).

Глава 4. – Стратегија, планови и програми

- У 14 чланова (26.-39.) дефинисани су инструменти националне политике и планирања, њихови циљеви, садржај и поступци доношења.
- Стратегија заштите ваздуха је основни документ на основу кога се доносе планови квалитета ваздуха, краткорочни акциони планови и програми за смањење емисија загађујућих материја у ваздух и који морају бити у сагласности са њом. Министарство припрема предлог Стратегије који доноси Влада за период од шест година (Члан 27.).
- У зонама и агломерацијама у којима је ваздух треће категорије, надлежни орган АП и јединица локалне самоуправе дужан је да донесе План квалитета ваздуха са циљем да се постигну одговарајуће граничне вредности или циљне вредности утврђене актом из члана 18. став 1. Закона. Министарство даје сагласност на Планове квалитета ваздуха (Члан 31.).
- Надлежни орган АП, односно јединице локалне самоуправе, је дужан да донесе краткорочне акционе планове у зони или агломерацији која се налази на њиховој територији у случају да постоји опасност да нивои загађујућих материја у ваздуху прекораче једну или више концентрација опасних по здравље људи. Министарство даје сагласност на краткорочне акционе планове (Члан 33.).
- Национални програм за постепено смањивање годишњих максималних националних емисија загађујућих материја доноси Влада за период од четири године (Члан 37.).
- На подручју у ком је утврђена трећа категорија квалитета ваздуха орган надлежан за послове заштите животне средине. Налаже оператеру да изради план за смањење емисија из стационарних извора загађења ваздуха и одређује рок за израду тог плана (Члан 39.).

Глава 5. – Мере за побољшање квалитета ваздуха

- У 19 чланова (40.-58.) бави се мерама за спречавање и смањење загађења ваздуха посебно третирајући:
 - стационарне изворе загађивања,
 - покретне изворе загађивања,
 - максималне националне емисије,
 - дозвољене количине загађујућих материја у одређеним производима,
 - емисије гасова са ефектом стаклене баште,
 - употребу супстанци које оштећују озонски омотач,
 - остале мере за спречавање и смањивање загађења ваздуха.
- Новоизграђени или реконструисани стационарни извор загађивања за који није прописана обавеза издавања интегрисане дозволе, односно израде студије о процени утицаја на животну средину, може да почне са радом пошто прибави дозволу за рад. Дозволу издаје орган надлежан за послове заштите животне средине у форми решења (Члан 56.).

Глава 6. – Послови мерења емисије и нивоа загађујућих материја у ваздуху

- У 6 чланова (59.-64.) дефинише овлашћена правна лица за послове мерења, добијање дозволе за њихов рад и сагласности за оператере, потребну стручну и техничку опремљеност, одузимање и ревизију дозволе и сагласности.
- Овлашћена правна лица могу да врше мерење по добијању дозволе Министарства уколико испуњавају услове у погледу кадрова, опреме и простора, као и ако су технички оспособљена према захтевима стандарда СРПС ИСО 17025 (Члан 60.).

Глава 7. – Информисање и извештавање

- У 3 члана (65.- 67.) бави се процесом информисања, садржајем информација о квалитету ваздуха и роковима за информисање.

Глава 8. – Информациони систем

- У 3 члана (68.- 70.) дефинише садржину информационог система квалитета ваздуха, размену информација и података, и посредовање у размени података.

Глава 9. – Финансирање заштите и побољшања квалитета ваздуха

- У 2 члана (71. и 72.) дефинише изворе финансирања и коришћење средстава за заштиту и унапређење квалитета ваздуха.
- Средства за финансирање заштите и унапређења квалитета ваздуха обезбеђују се у буџету РС и из прихода Фонда за заштиту животне средине у складу са законом којим се уређује заштита животне средине, из обавезе оператора у складу са законом и из других извора у складу са одредбама овог закона (Члан 71.).

Глава 10. – Надзор

- У 5 чланова (73. - 77.) дефинише надзор, инспекцијски надзор, права, дужности и овлашћења инспектора,...
- Министарство врши надзор над радом Агенције, надлежног органа АП, надлежног органа јединице локалне самоуправе, као и овлашћених правних лица у вршењу поверених послова (Члан 73.).
- Инспекцијски надзор над применом одредаба овог закона и прописа донетих за његово извршавање врши Министарство, ако овим законом није друкчије прописано (Члан 74.).

Глава 11. – Надлежност за решавање о жалби

Глава 12. – Казнене одредбе

- У 5 чланова (79. и 83.) наводи привредне преступе и прекршаје као и износе новчаних казни.

Глава 13. – Прелазне и завршне одредбе

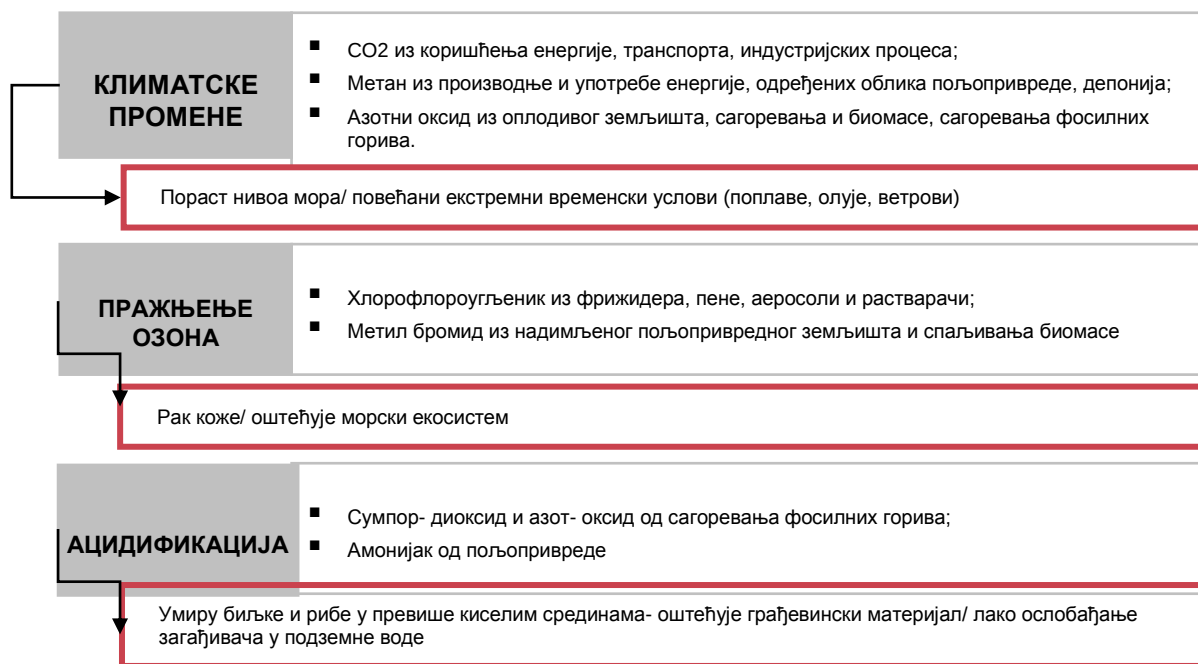
3.2 Директива о квалитету ваздуха 2008/50/ЕС- квалитет амбијенталног ваздуха и чистији ваздух за Европу

Према новој Директиви о квалитету ваздуха коју су усвојили министри за заштиту животне средине на састанку у Луксембургу, 14. априла 2008. године, земље чланице ЕУ би требало да одреде границу од 25 микрограма по кубном метру, на просечну концентрацију честица прашине.

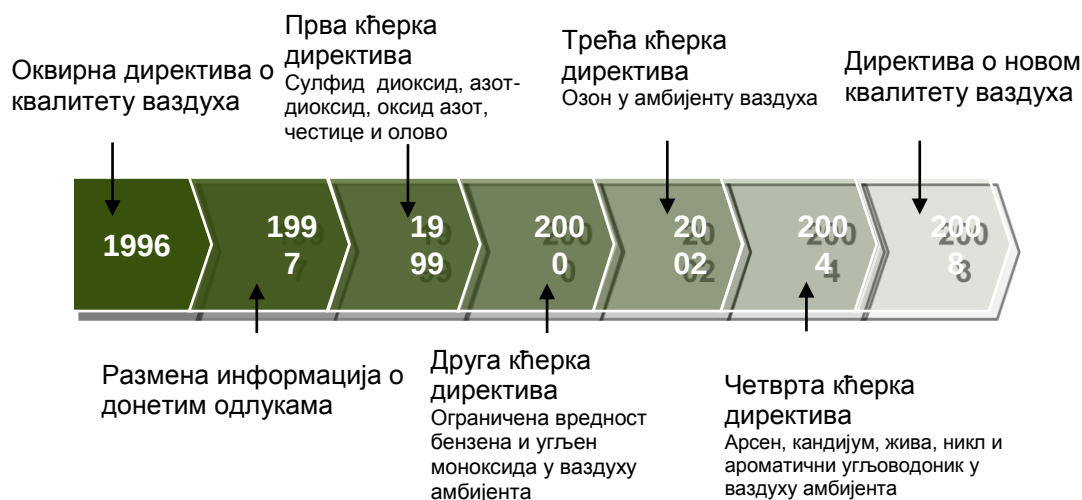
Према подацима Европске комисије, у најзагађенијим регионима у Европској унији, очекивани животни век је просечно скраћен за 36 месеци због ситних честица у ваздуху. Нова директива поједно-стављује садашње законодавство о квалитету ваздуха обједињавањем пет постојећих законских текстова.

Директива је објављена током маја 2008. године у службеном гласилу ЕУ, након чега су земље чланице имале обавезу да донесу одговарајуће законе како би се испунили циљеви зацртани у директиви. Ставрос Димас, повереник Европске комисије за животну средину у том тренутку, рекао је да је Европска унија учинила одлучујући корак у вези са главним узрочником еколошких и здравствених проблема.

Разлози због којих је донета Директива о квалитету ваздуха су:



Развој законске регулативе у Европској унији у области квалитета ваздуха



У оквиру ове директиве су садржани:

1. Циљеви за квалитет амбијенталног ваздуха,
2. Заједнички критеријуми и методе за процену,
3. Добијање информација о квалитету амбијенталног ваздуха,
4. Неопходно је обезбедити да подаци о квалитету амбијенталног ваздуха буду доступни јавности,
5. Одржавање и унапређење квалитета,
6. Промовисање повећане сарадње између држава чланица у смањењу загађења ваздуха.

При процени квалитета амбијенталог ваздуха посматра се концентарција сулфит-диоксида, азот диоксида и оксид азота, честице олова, бензена и угљен-монооксида (Члан 5,6,7 и 8). При томе се врши:

- Класификација зона и англомерација у односу на горњи и доњи праг процене наведен у Анексу II,
- Класификације се прегледају најмање сваких 5 година,
- Садржи критеријуме процене,
- Узорци: критеријуми за њихово лоцирање, минимални број узорака за зоне и англомерације,
- Комисија надгледа у државама чланицама примену критеријума за избор места узорака,
- Референтна метода мерења.

Захтеви за управљањем обухватају:

- Одржавање нивоа загађености који су испод граничне вредности за ове вредности;
- Осигурати да ниво загађености не пређе циљ/граничну вредност;
- Обезбедити усклађеност са критичним нивоом;
- Смањити изложеност одређених загађивача;
- Информисање јавности.

Планови за квалитет ваздуха се праве када ниво загађења у датој зони или англомерацији прелази било какве ограничене вредности или циљне вредности, плус све релевантне маргине толеранције у сваком случају.

Циљ планова је да се достигну сродне граничне вредности или циљане вредности одређене у Анексу XI и XIV. План садржи:

- Где је измерено загађење;
- Врсте зона, процена загађеног подручја и становништва изложеног загађењу, корисни климатски подаци, релеванти подаци о топографији;
- Назив органа надлежних за спровођење планова побољшања;
- Природа, процена и порекло загађења;
- Мере и пројекти усвојени како би се смањило загађење

Планови морају да буду поднети Комисији “без одлагања” и не дуже од 2 године после краја године када је примећено прво прекорачење.

Краткорочни акциони план се доноси када се догоди да ризик да ниво загађења у датој зони или англомерацији пређе:

- Дозвољени праг за сумпор-диоксид и азот оксид=> обавезе
- Дозвољени праг за озон => само ако постоји значајан потенцијал за смањење ризика, трајања или вредност прекорачења,
- Граничне вредности или циљне вредности за друге загађиваче=> дискреција земаља чланица
- Циљ: смањење ризика или трајања прекорачења

Краткорочни акциони план садржи:

- Краткорочне мере;
- Ефективне мере за контролу и суспендију активности које доприносе ризику;
- Специјалне акције заштите за осетљиве популационе групе,
- Краткорочни акциони план је доступан јавности и одговарајућим организацијама.

Информисање јавности би требало да обухвати:

- Актуелне информације о концентрацији загађујућих материја у амбијенту обухваћене Директивом,
- Информације о актуелним или предвидивим прелазима прагова упозорења,
- Информације о превентивним мерама за смањење загађења и/или излагања њему,
- Одлагање рокова у складу са граничним вредностима,
- Ослобађање од обавеза да се примењују граничне вредности за ПМ10,
- Планове у вези квалитета ваздуха,
- Годишње извештаје за све загађиваче обухваћене Директивом,
- Информације о надлежности органа и тела одговорних за:
 - Процену квалитета ваздуха амбијента;
 - Усвајање система мерења;

Државе чланице морају одредити ефикасне, пропорционалне и одвраћајуће казне, као и примену истих, за прекршаје националних одредби које су донете у складу са Директивом.

3.3. Архуска конвенција о доступности информација

Један од докумената врло значајних у области заштите животне средине је и Архуска конвенција. То је међународно-правни инструмент за заштиту животне средине која садржи 3 групе правила која се односе на:

- права грађана на доступност информацијама,
- права грађана да учествују у доношењу одлука о животној средини,
- приступ правосуђу у случају да су претходна два права нарушена (правна заштита).

Архуска конвенција је усвојена 25. јуна 1998. године на четвртој Конференцији „Животна средина за Европу“ у граду Архусу (Данска). Циљ усвајања Архуске конвенције је заштита права сваког појединца, садашњих и будућих генерација на живот у животној средини адекватној његовом здрављу и благостању.

3.3.1 Архуска конвенција у Србији

Народна скупштина Републике Србије је усвојила Закон о потврђивању Конвенције о доступности информација, учешћу јавности у доношењу одлука и праву на правну заштиту у питањима животне средине (ратификовала Архуску конвенцију) 12. маја 2009. године („Сл. гласник РС - Међународни уговори“, бр. 38/09). Одредбама члана 74. Устава Републике Србије (Сл. гласник РС”, бр. 98/06), дефинисано је да свако има право на здраву животну средину и на благовремено и потпуно обавештавање о њеном стању, да је свако, а посебно Република Србија и аутономна покрајина, одговоран за заштиту животне средине, као и то да је свако дужан да чува и побољшава животну средину.

3.3.2. Архуска конвенција у Крагујевцу

Крагујевац је први град у Србији, а 29. у региону југоисточне Европе у коме је уз подршку ОЕБС- а и Министарства заштите животне средине и просторног планирања Републике Србије основан Архус центар. Циљ центра је да омогући грађанима приступ информацијама и учешће у доношењу одлука у области заштите животне средине. Овај центар ће имати статус регионалног и у њему ће бити ангажовано око 180 стручњака, од којих су 40 волонтери који су завршили студије на Природно-математичком факултету на смеровима биологија, екологија, хемија и физика. Грађани у центру имају право на бесплатне услуге као и увид у правне прописе и правне савете у области заштите животне средине, коришћење интернета и могућност ширења информација преко веб сајта. Грађани се о активностима Архус центра могу информисати и путем сајта www.aarhuskg.rs.

Међу планираним активности Архус центра у Крагујевцу су организација јавних расправа и округлих столова и трибина о темама из области заштите животне средине на којима би учествовали представници институција загађивача и заинтересовани грађани, али и израда месечног билтена о стању животне средине у Крагујевцу.

3.4 Кјото протокол

Протокол из Кјота уз Оквирну конвенцију Уједињених народа о промени климе додатак је међународном споразуму о климатским променама, потписан с циљем смањивања емисије угљен диоксида и других гасова стаклене баште. До сад га је потписало 170 држава и владиних организација (стање: децембар 2006.). Протокол је ступио на снагу 16. фебруара 2005., када га је верификовала Русија. Државе које су га верификовале чине 61% загађивача.

Протокол је отворен за потписивање у јапанском граду Кјоту у организацији Конвенције Уједињених народа за климатске промене (UNFCCC), 11. децембра 1997.

За његово ступање на снагу било је потребно да га верифкује најмање 55 држава и да државе које су верификовале протокол чине најмање 55% загађивача. То се догодило 16. фебруара 2005., када је Протокол ратификовала Русија.

Протоколом се смањује испуштање шест гасова стаклене баште. У последњих неколико десетина година, концентрације гасова стаклене баште у атмосфери повећале су се због сагоревања фосилних горива у индустрији, што је допринело глобалном отопљавању и климатским променама.

Сједињене Америчке Државе и неке мање државе одбиле су ратификовати протокол из Кјота.

Под Кјото протоколом је постигнут договор о укупном смањењу емисија GHG (Greenhouse gas) у периоду од 2008 до 2012. за 5,2% у односу на референтну 1990. годину. За потребе остваривања овог циља, државе које су ратификовале Кјото протокол су подељене у две главне групе:

1) индустријски развијене земље (тзв. Анекс I земље), које имају обавезу смањења емисија GHG до 2012. године, уз обавезу вођења и достављања емисије тих гасова сваке године (EU преузела обавезу према Кјото протоколу да смањи емисију CO₂ за 8% у односу на 1990. годину у периоду 2008-2012. година),

2) земље у развоју (тзв. не-Анекс I земље), које немају обавезе у погледу смањења емисија, али могу да допринесу смањеној емисији GHG, путем реализације пројеката кроз Механизам чистог развоја (Clean Development Mechanism, CDM) Кјото протокола.

Србија је ратификовала Кјото протокол 24. септембра 2007. године као не-Анекс I земља.



Слика 2: Државе које су ратификовале Кјото протокол (зелена боја), оне које га планирају ратификовати (сива боја) и оне које су то одбиле (црвена боја)

Под Кјото Протоколом, створена су три флексибилна механизма да би се охрабрили нови пројекте који стварају капацитете за смањење емисије угљен-диоксида. Та три механизма су:

- Међународна трговина емисијама (International Emission Trading – IET) омогућава државама из Анекса I да међусобно преносе њима “додељене емисије” (Assigned Amount Units – AAU),

- Заједничка имплементација (Joint Implementation – ЈИ) дозвољава државама употребу “карбон кредита” за остварење своје обавезе према Протоколу, а који настају кроз смањење емисије приликом инвестирања у другој индустријализованој држави и резултира преносом одговарајућег износа “јединица смањења емисије” (Emission Reduction Units – EPU) између држава,

- Механизам чистог развоја (Clean Development Mechanism – CDM) дозвољава пројекте смањења емисије, подржавајући одрживи развој земље у развоју, којима се генерише “сертификовано смањење емисије” (Certified Emission Reductions – CER) и које може користити инвеститор за потребе испуњења обавеза матичне земље.

Прва два флексибилна механизма Кјото протокола се тичу само земаља Анекса I, а пошто је Србија потписала споразум као не-Анекс I земља, у наставку текста је описан CDM флексибилни механизам.

3.4.1 Механизам чистог развоја Кјото протокола

Механизам чистог развоја Кјото протокола (CDM) је механизам у оквиру Кјото протокола, који омогућава правним лицима из индустријски развијених земаља (Анекс I земље) да инвестирају у пројекте који смањују емисије GHG, а реализују се на територијама земаља у развоју (не-Анекс I земље). Ово је једини механизам који омогућава учешће не-Анекс I земаља у пројектима смањења емисија GHG.

Сврха CDM-а је заправо помоћ земљама домаћинима (не-Анекс I земље) да, на финансијски повољнији начин, постигну одрживи развој доприносећи смањењу емисија GHG и да при томе помогну Анекс I земљама у испуњавању својих обавеза према Кјото протоколу. Постигнути резултати смањења емисија се обрачунавају као *верификована смањења емисија* (Certified Emission Reductions, CER), која имају своју вредност на тржишту.

CDM механизам је обухваћен чланом 12 Кјото Протокола. Сертификовано Смањење Емисије (CER) остварено током периода од 01.01.2000. до краја 2012. може се користити за помоћ у остваривању обавезе у првом периоду обавезе. За овај механизам је надлежан извршни одбор (Executive Board – EB). Од Конференције Чланица одржаној у Маракешу (COP-7), Извршни одбор је радио на томе да омогући почетак примене CDM-а. Успостављене су процедуре за акредитацију Оперативних Ентитета (Operational Entities – OE). Узорак Плана CDM пројекта (Project Design Document – PDD), који учесници на пројекту (инвеститор из развијене земље и земља домаћин) морају користити да би добили одобрење за CDM пројекат, је доступан на Интернету, као и поједностављени модалитети и процедуре за мале CDM пројекте. Први CDM пројекат је регистрован 2002. године.

По извођењу пројекта, спроводи се мониторинг и архивирају се сви релевантни подаци од стране учесника на пројекту током периода издавања кредита. Коначно, други Оперативни Ентитет врши верификацију смањења емисије. Тај OE потом шаље извештај о сертификацији смањења емисије Извршном одбору. Извршни одбор (EB) мора издати CER учесницима на пројекту у року од 15 дана од пријема сертификационог извештаја.

Да би земља у развоју могла да буде земља домаћин CDM пројекта, она мора ратификовати Кјото Протокол и успоставити Национално тело (Designated National Authority – DNA) које ће одлучивати да ли активности на CDM пројекту помажу у остварењу одрживог развоја и да ли држава пристаје да партиципира у пројекту. За промоцију малих пројеката сет поједностављених модалитета и правила је одобрен на COP-8, одржаној у Њу Делхију 2002. године. Они подразумевају поједностављења приликом израде Базног сценарија и мониторинга и примењују се на следеће категорије пројеката:

- 1) пројекти везани за обновљиве изворе са максималним излазним капацитетом до 15 MW;
- 2) пројекти побољшања енергетске ефикасности који смањују потрошњу енергије, на страни снабдевања и/или потрошње, до 15 GWh/год;
- 3) други пројекти који смањују антропогену емисију извора и директно емисију мање од 15.000 т еквивалентног CO₂ годишње.

Заједничка одредба за ЈИ и CDM је да се споразум о подели EPU односно CER мора постићи са земљом домаћином. Тај споразум је ексклузивно право учесника на пројекту.

Важно је напоменути да не-Анекс 1 земље, на чијим се територијама реализују CDM пројекти, такође имају користи, јер на тај начин привлаче значајне инвестиције, повећавају трансфер новца и омогућавају увођење модерних ("зелених") технологија, које су еколошки прихватљивије, технолошки напредније и енергетски ефикасније. Продајом CER-ова, који настају као резултат реализације CDM пројеката, могуће је чак и финансијски неатрактивне, а еколошки прихватљиве пројекте учинити исплативим и привлачним за инвеститоре.

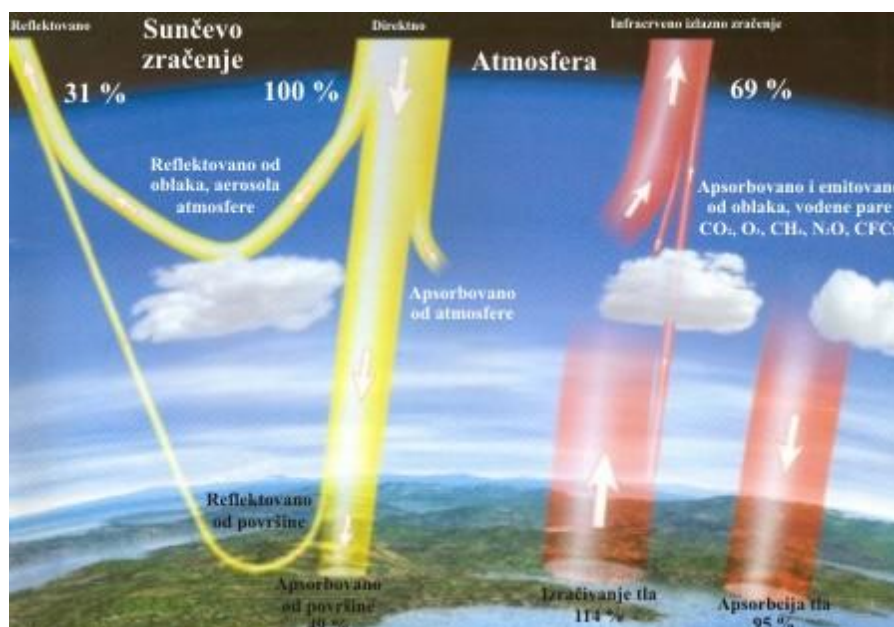
Различити пројекти могу остварити карбон кредите (CER-ове), нпр:

- снабдевање енергијом – обновљиви извори енергије,
- биомаса (за добијање струје и/или топлоте),
- когенерација ,
- повећање енергетске ефикасности, заменом старих и неефикасних технологија модерним технологијама,
- смањење транспортних и дистрибутивних трошкова,
- промена горива (нпр. прелазак са угља или мазута на биогас) ,
- потрошња финалне енергије – замена постојеће "кућне опреме" (нпр. коришћење енергетски ефикасних сијалица) ,
- побољшање енергетске ефикасности постојеће опреме ,
- транспорт – ефикаснији мотори за транспорт (нпр. замена старих локомотива),
- промена начина транспорта (нпр. воз уместо авиона),
- промена горива (нпр. аутобуси јавног градског превоза на гас),
- управљање отпадом – "хватање" и коришћење емисије метана са депонија ,
- коришћење отпада и отпадних вода (нпр. од производње кафе),
- пошумљавање.

Кјото протокол је додатно разрађен на Конференцији о клими у Бону 2001. Од 3. до 15. децембра 2007. године на острву Бали у Индонезији је одржана конференција Уједињених нација о климатским променама на којој је расправљано о будућности Кјото протокола.

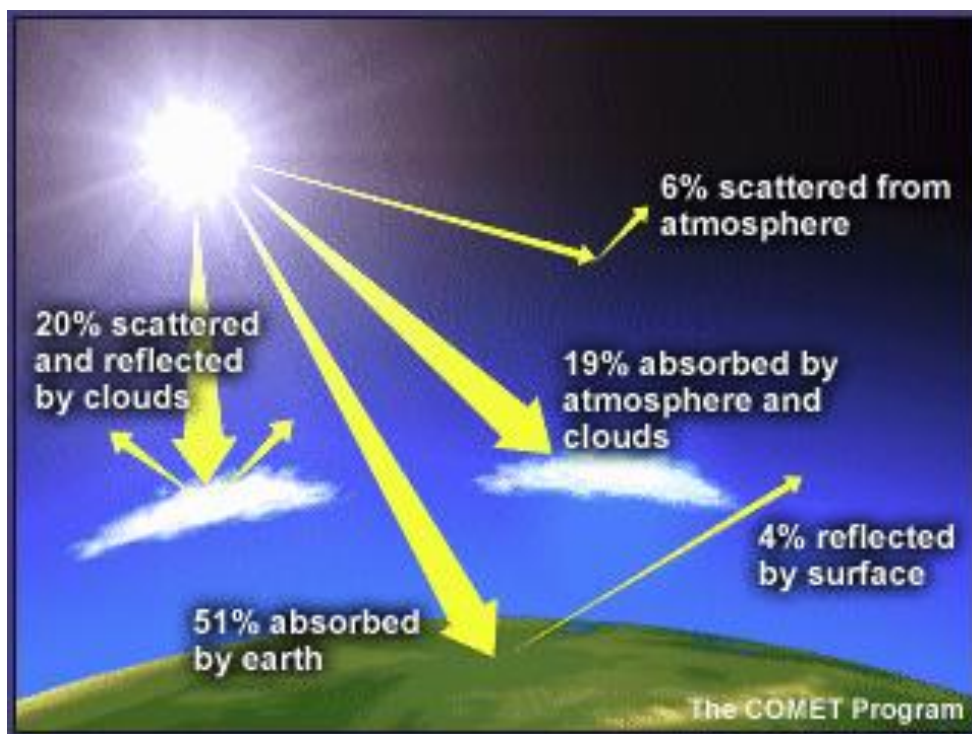
4. Ефекат стаклене баште

Ефекат стаклене баште је израз за загревање планете Земље настало поремећајем енергетске равнотеже између количине зрачења, које од Сунца прима и у свемир зрачи, Земљина површина. Овај ефекат представља резултат повећања количине зрачења које не може од површине Земље да буде емитовано у свемир, већ га атмосфера упије и постаје топлија. Атмосфера Земље упија део (око 30%) енергије коју Сунце директно емитује, док остатак (зрачење мањих таласних дужина) пада на тло и загрева га, а тло потом емитује инфрацрвене зраке (мањих таласних дужина) који, у нормалним околностима, углавном одлазе у свемир. Међутим уколико у атмосфери постоје гасови који упијају овакво зрачење, доћи ће до повећања температуре атмосфере. То се догодило са атмосфером Земље у последњем веку.



Слика 3: Загревање планете Земље услед ефекта стаклене баште

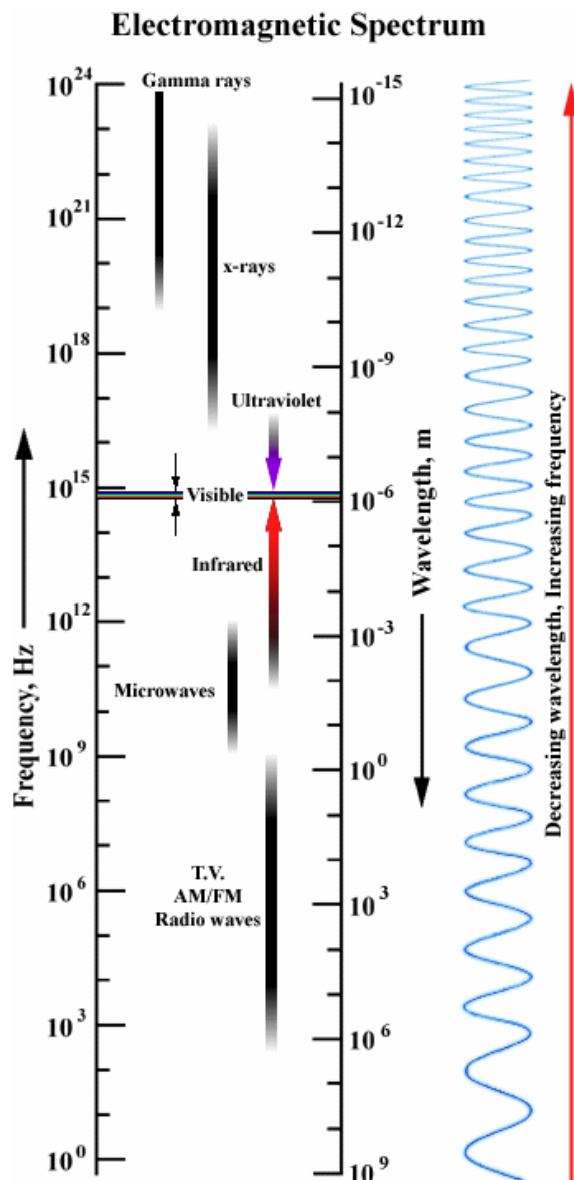
Укратко, Сунце емитује енергију разних таласних дужина, добар део тога стигне до Земљине површине, доприноси стварању и одржавању свог живота на Земљи, а део тог зрачења потом бива емитован у свемир и природа је у равнотежи. Ако нешто задржи део тог зрачења, равнотежа се квари и настају проблеми. Оно што задржи зрачење је познато под називом гасови стаклене баште, а проблеми који настају су познати под називом глобално загревање.



Слика 4. Различити начини одбијања видљиве светлости

Основни гасови са ефектом стаклене баште у земљиној атмосфери су: угљен-диоксид (CO_2), водена пара (H_2O), азот-диоксид (N_2O), метан (CH_4) и озон (O_3). Поред ових, постоје и гасови који су доспели у атмосферу захваљујући људским активностима, као што су нека једињења хлора и брома.

Ефекат настаје на сличан начин као у стакленику, где Сунчеви зраци видљивог и ултраљубичастог дела спектра продиру кроз стакло и греју тло испод стакла. Тло потом емитује инфрацрвено зрачење које не може проћи кроз стакло, задржава се унутра и тло остаје загрејано.



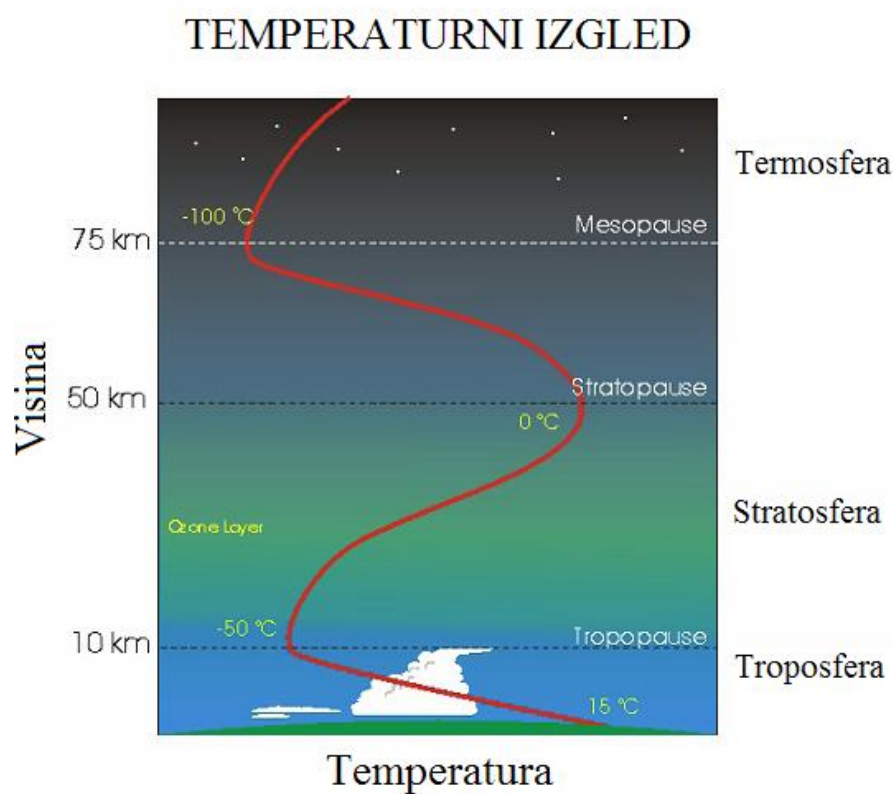
Слика 5: Електро магнетни спектар

Електромагнетни таласи се састоји из ;

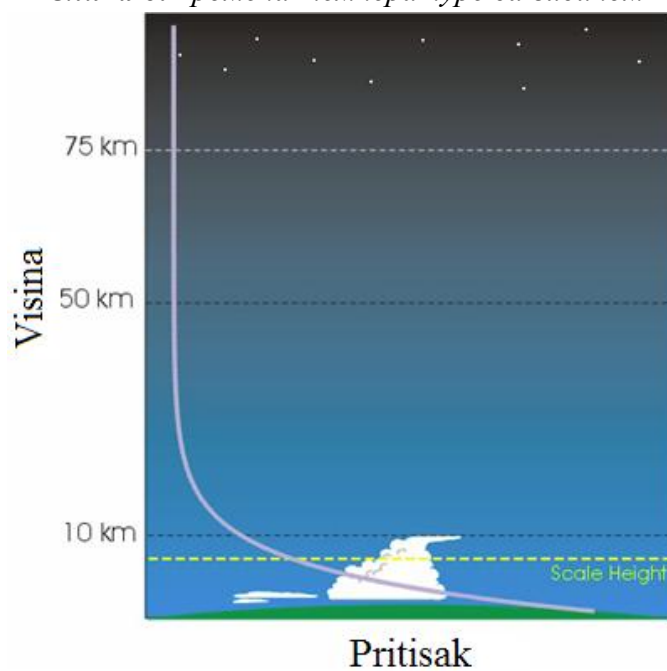
- радио таласа,
- микроталаса,
- инфрацрвеног зрачења,
- видљиве светлости,
- ултраљубичастог зрачења,
- рендгенског зрачења и
- гама зрачења.

Услед тога у стакленицима је много топлије него изван њих. На исти начин се понаша и планета Земља уколико постоји нека материја која ће се понашати као стаклени кров. Приликом избацивања из фабричких димњака и ауспуха аутомобила угљеник(IV)-оксид (познатији као угљен-диоксид) и остали штетни гасови формирају

омотач око Земље, који пропушта топлоту да температуре су продре до површине, али не и да се врати у васиону. На овај начин површина Земље постаје све топлија и из године у годину све више.

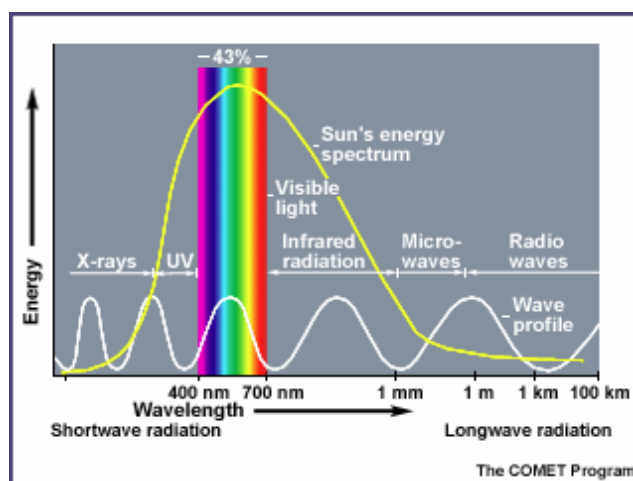


Слика 6:Промена температуре са висином



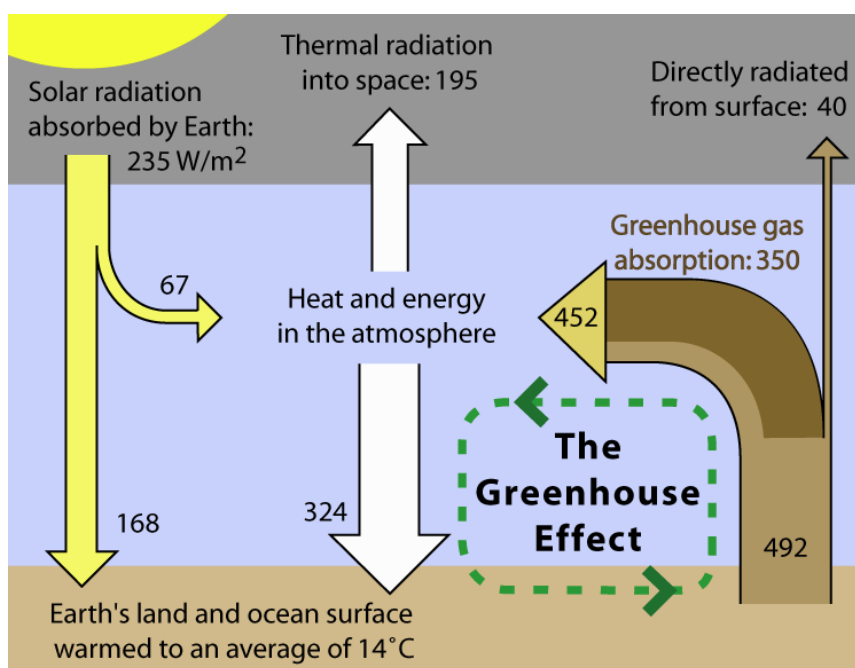
Слика 7:Промена притиска са висином

Густина ваздуха на 0 м надморске висине износи 1.2 кг/м^3 , док је на 5000м надморске висине његова густина свега 0.7 кг/м^3



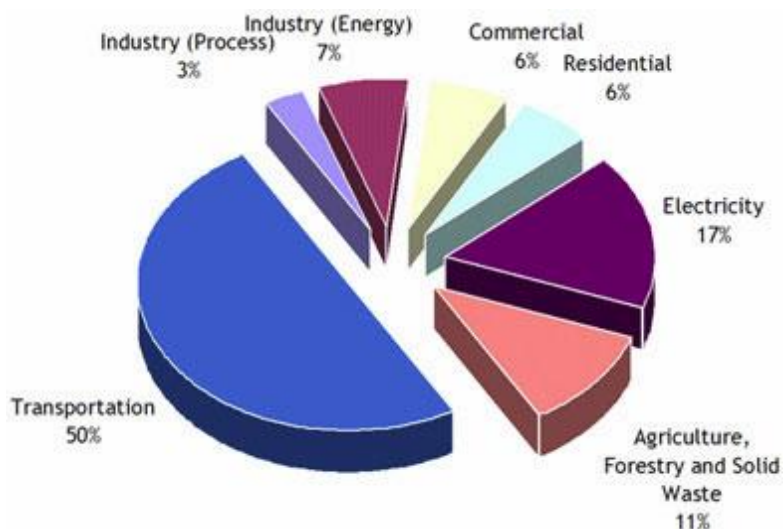
Слика 8: Спектар зрачења са Сунца

Највећи део радијације са Сунца концентрисан је на видљиви део спектра. Уска енергетска трака од 400 до 700 nm представља 43% од укупне радијације која стиже са Сунца на Земљу. Таласна дужина креће од видљивог спектра ($<400 \text{ nm}$) где се обухватају неких 7 до 8 % од укупног зрачења, али су ове таласне дужине врло значајне јер је њихова енергија веома велика. У ову област спада ултравиолетно зрачење (UV).

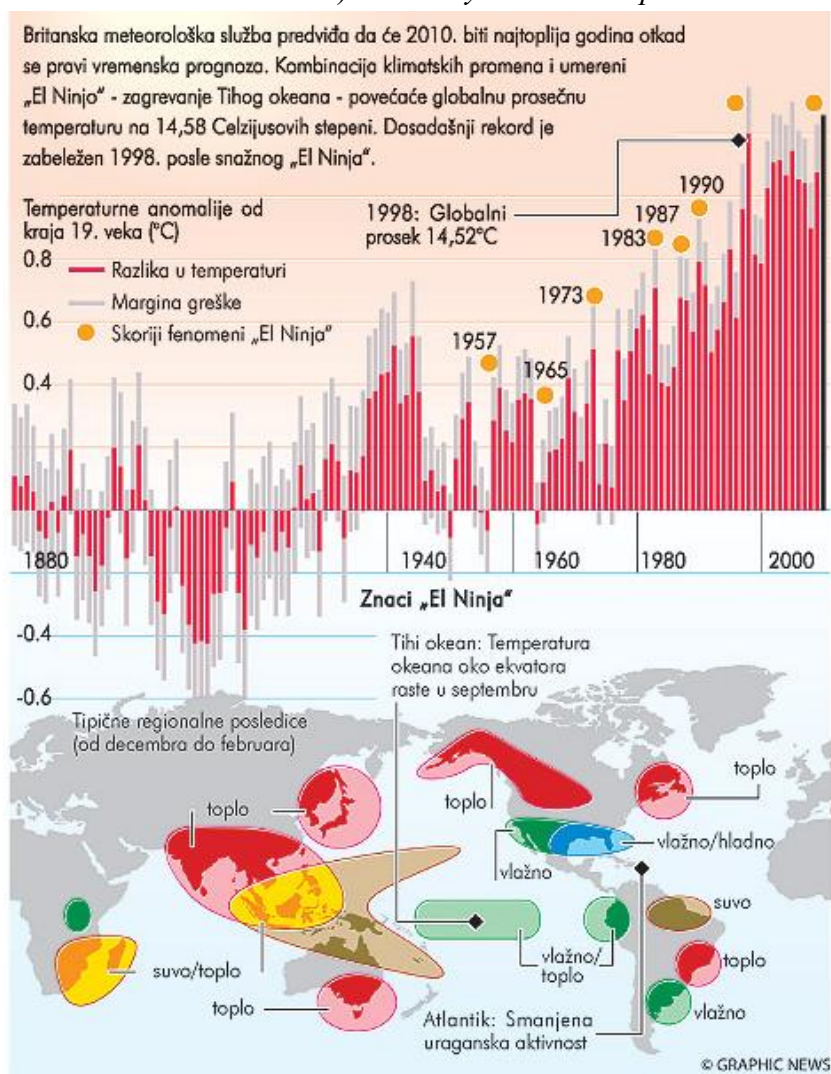


Слика 9: Трендови промене концентрације гасова стаклене баите у последњих неколико година

Слика 10: Задржавање инфра-црвеног зрачења на земљи



Слика 11. Загађење ваздуха по секторима



Слика 12. Приказ раста температуре услед ефекта стаклене бас

5. Киселе кише

По дефиницији киселе кише су атмосферски кисели талог у форми кише. Још прецизнија дефиниција је да су киселе кише падавине који имају већу киселост (мање рН) од уобичајених киша које падају у незагађеним регионима Земље. Падавине одстрањују из атмосфере гасове, аеросоле (течности) и честице на два начина:

1. Стварањем капљица водене паре у облацима које сакупљају загађиваче из атмосфере и када се стекну потребни услови капљице из облака се укрупњавају и падају у облику кише,

2. Испирањем атмосфере када киша (снег) атмосферу испод облака испира и пречишћава.

Ова два начина обухватају такозвану влажну преципитацију.

Атмосфера се може пречишћавати од полутаната и без кише и то:

1. Апсорпцијом гасова на разне површине у природи као што су вегетација, земљиште или водене површине, као и на грађевине које је сачинио човек.

2. Гравитационим таложењем већих честица.

3. У директном контакту финих честица са вегетацијом и другим површинама.

Термин кисели талог обухвата целокупну киселу преципитацију која захвата гасове, честице као и течну фазу тако да се у киселом талогу налазе све киселе супстанце из атмосфере. Зато се тривијални назив „киселе кише“ све више замењује много правилнијим „атмосферски талог“ који обухвата све киселе супстанце као и све друге загађиваче који се налазе у атмосфери. Атмосферски талог подразумева загађење ваздуха које укључује и све комплексне реакције различитих супстанци у ваздуху које дају као производ кисела једињења у атмосфери. Незагађена киша је по природи кисела јер атмосфера садржи у себи кисели оксид угљен-диоксид (CO_2) који се раствара у води (капима кише) и даје као производ угљену киселину што има за последицу да је киселост (рН) кишнице око 5,6. Ова вредност је гранична вредност, све што је киселије од ове вредности ($\text{pH} > 5,6$) сматра се киселом кишом. Када се загађење комбинује са чистом кишницом рН кише се понекад драстично мења.

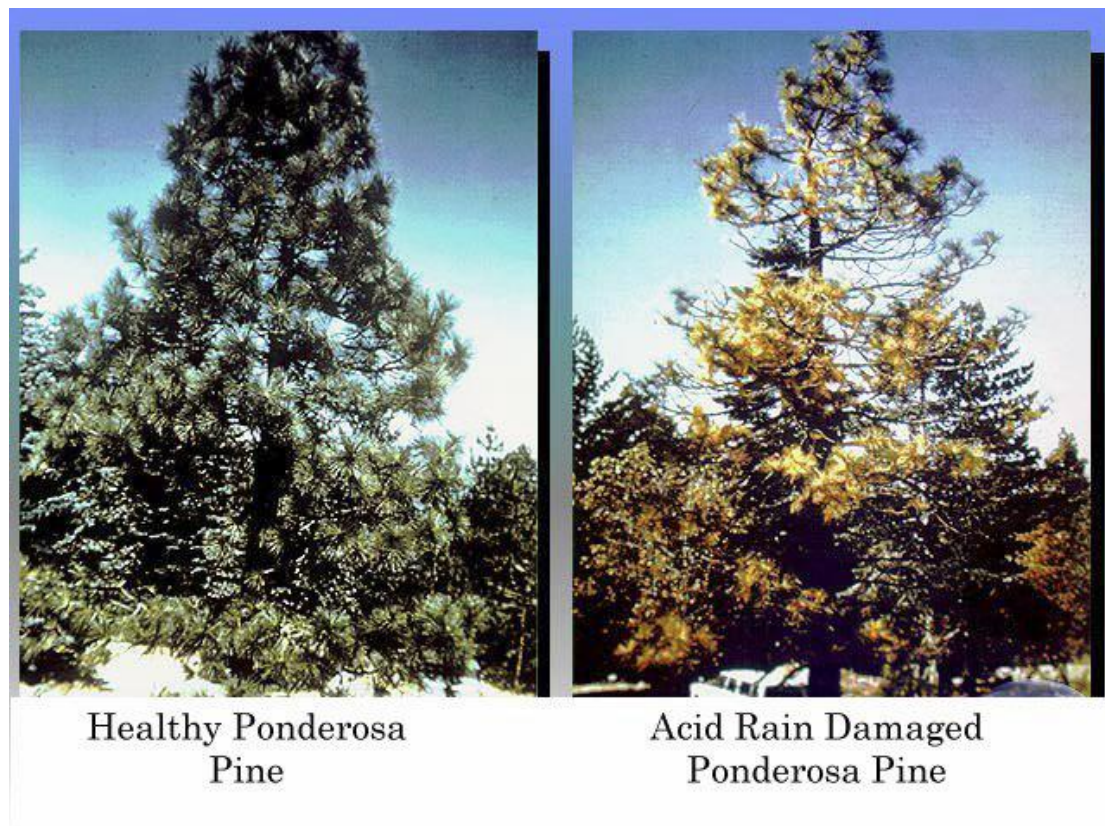
Тако, на пример, мерења киселости кишнице у Северној Америци достигала су вредности од $\text{pH}=3$, а најнижа вредност за рН кишнице у САД икада измерена је била 2,1 и то северним деловима САД 1964. године.

- У Европи најнижа вредност икада измерена била $\text{pH}=2,4$ у Шкотској 1974. године.

- У Србији у Бору киселост кише такође достиже веома мале рН вредности између 2 и 3.

Све форме преципитације (талога) као киша, снег, роса, измаглица или магла киселије су по природи јер у себи растварају угљен-диоксид (CO_2), с тим што људске активности само придодају киселости ових талога. Како је већ речено незагађена кишница има $\text{pH}=5,6$ што се може упоредити са лабораторијском дестилованом водом

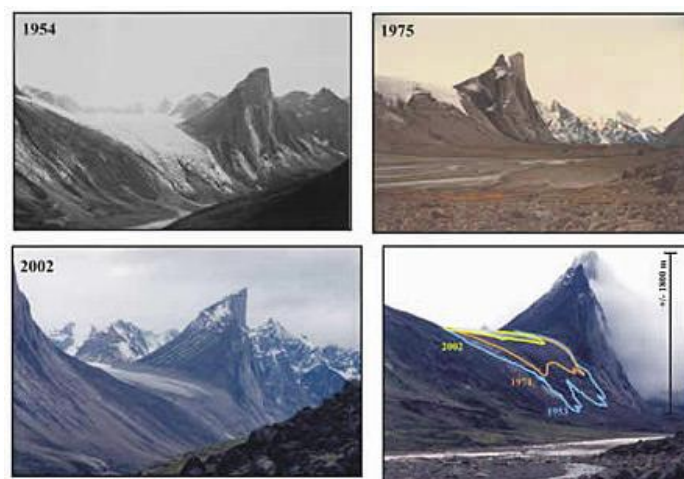
у равнотежи са CO_2 из ваздуха. Из тих разлога се и каже да је кисела киша сваки онај талог који је киселијод 5,6.



Слика 13. Утицај киселих киша на биљни свет, здрав бор (слика лево) и оштећен бор услед киселих киша (слика десно)

6. Будући утицаји климатских промена

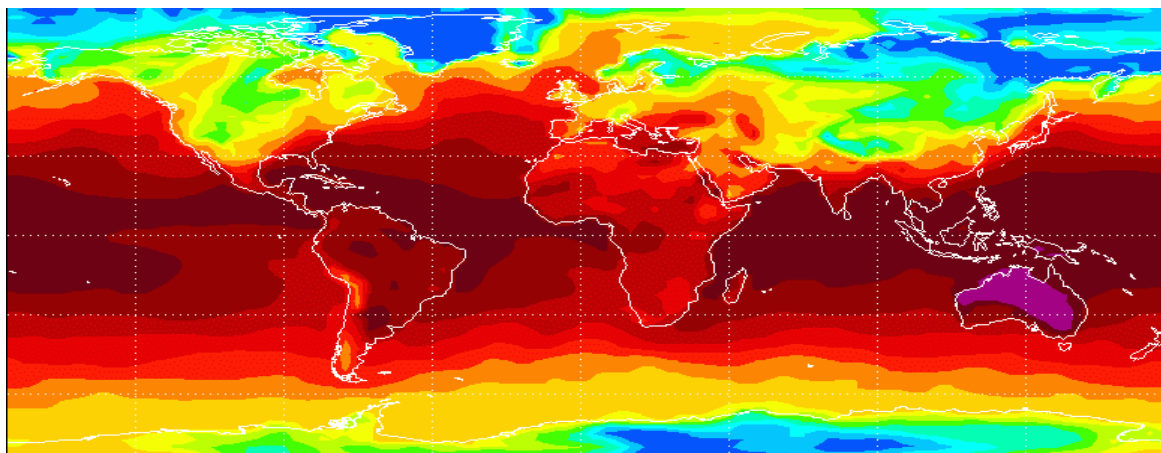
Услед климатских промена, пројектовано је да ће се смањивати запремина воде акумулирана у глечерима и снежном покривачу, условљавајући редукацију расположивости воде у регионима чије се воде обнављају топљењем снега у планинским регијама, а у којима данас живи више од једне шестине светског становништва. Такође предвиђа се да:



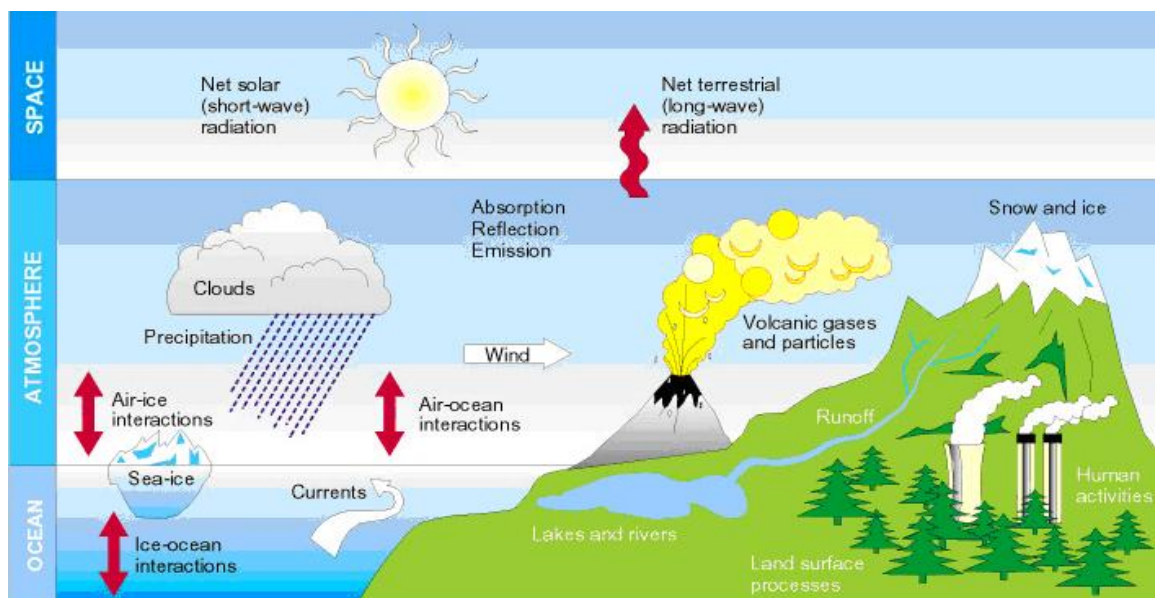
Слика 14. Утицај климатских промена у будућности

- Капацитет многих екосистема да се природно адаптирају на климатске промене биће у току овог столећа превазиђен небележеном комбинацијом климатских промена праћеним поремећајима (као што су на пример поплаве, суше, пожари, инсекти, ацидификација океана), и осталих фактора глобалних промена (као што су на пример промене у коришћењу земљишта, загађеност).
- У просеку 20-30% биљних и животињских врста ће нестати уколико пораст температуре превазиђе 1,5-2,5°C.
- За пораст температуре већи од опсега 1,5-2,5°C, и уз кореспондирајући пораст CO₂ концентрација, пројектоване су велике промене у структури и функцијама екосистема, еколошким интеракцијама врста и географској распрострањености врста, са преовлађујућим негативним утицајима на биодиверзитет, односно на водоснабдевање и обезбеђење хране.
- Очекује се да ће растућа ацидификација океана услед пораста атмосферског CO₂ имати негативне последице на морске организме (тј. корале) и врсте зависне од њих.
- Пројектовано је повећање приноса усева у средњим и високим географским ширинама при локалном просечном порасту температуре у опсегу од 1-3°C, у зависности од врсте усева, а затим смањење изван тог опсега раста температуре у појединим регионима.

- У нижим ширинама, нарочито у сезонски сувим и тропским регијама, пројектовано је смањење приноса усева чак и за мањи пораст температуре ($1-2^{\circ}\text{C}$) што може повећати ризик од глади.
- На глобалном нивоу, пројектован је пораст потенцијала за производњу хране са порастом средње локалне температуре у опсегу од $1-30^{\circ}\text{C}$, али за пораст температуре изнад овог опсега, пројектовано је смањење потенцијала за производњу хране.



Слика 15. Температурна карта



Слика 16. Функција климатског система

7. Загађење ваздуха

Загађеност ваздуха се посматра са три аспекта: заштите здравља људи, заштите еко система и заштите материјалних добара. Ови аспект служе и за постављање норматива који показују колико и које су штетне материје дозвољене у ваздуху.

Загађивачи	Извор	Ефекат
Угљен моноксид 	☐ Аутомобили на гас, ☐ Индустрија која користи гас или уља, ☐ Загревање зграда уљима и гасом.	☐ Улази у крвни систем, изазива дисфункцију нервног система, висока концентрација - смрт
Оксиди сумпора (сумпор диоксид и триоксид) 	☐ Индустрија која користи угаљ и нафту, ☐ Загревање угљем и нафтом, ☐ Електране које користе угаљ, нафту и гас.	☐ Иритира респираторни тракт и изазива компликације кардиоваскуларних болести. ☐ Оштећује биљке (посебно) усеве.
Оксиди азота (азотов оксид и азот диоксид) 	☐ Аутомобили на гас, ☐ Загревање зграда лож уљем и гасом, ☐ Индустрија и електране	☐ Иритира очи, нос и респираторни тракт, ☐ Штети биљкама, ☐ Изазива фотохемијски смог.
Угљоводоници 	☐ Аутомобили на нафту, ☐ Рафинерије петролеума, нафте. ☐ Генерално сагоревање	☐ Токсични за људе у високим концентрацијама ☐ Изазива фотохемијски смог.

Табела 8. Главни загађивачи ваздуха и њихови извори

Загађивачу $\mu/\text{м}^3$	Унутрашњи град	Субурбани предео	Рурални предео
Суспендоване честице	102	40	21
Сумпор диоксид	65-80	60	40
Оксидација	125	На	На
Олово	0.21	0.09	0.02
Јон Нитрата	1.4	0.8	0.002
Јон Сулфата		5.3	2.5

Табела 9. Квалитет ваздуха и локација у урбаном региону

Интегрални катастар загађивача (ИКЗ) је регистар информација и података о загађивачима животне средине и представља полазну основу за идентификацију и мониторинг извора загађивања животне средине. ИКЗ је установљен да би задовољио растуће потребе државних органа, али и шире заједнице за информацијама о изворима и количинама загађујућих материја које се емитују у животну средину. Базиран је на принципима *ПРТР* протокола Архуске конвенције и хармонизован са одговарајућом законском регулативом Европске уније (*Regulation (EC) No 166/2006*). Катастар представља производ партнерског односа привредних субјеката и Агенције као државног органа овлашћеног за обављање ових послова. Према утврђеној методологији *UN ECE* предузећа сама достављају потребне податке. ИКЗ није једнократан посао, већ представља процес који се обнавља сваке године.



Слика 17: Црне тачке загађења у Србији

8. Мониторинг квалитета ваздуха

Агенција за заштиту животне средине је поред већ инсталираних 4 аутоматских станица за квалитет ваздуха (Бор 1 и Смедерево 3) у 2008. инсталирала још 2. (Сремска Митровица и Београд) а у току 2008 инсталирано је још 24 стационарне аутоматске мерне станице помоћу којих се може у сваком тренутку познати врста загађујуће материје и ниво загађења ваздуха на већем делу територије Србије. Овај систем за контролу и праћење аерозагађења омогућиће анализу стања квалитета ваздуха у реалном времену на територији Републике, као и прецизно одређивање локација са којих загађења долазе.

Укупна годишња штета која настаје услед загађења ваздуха и ефекта стаклене баште у Србији процењује се између 447,2 милиона и 1,4 милијарде евра, што представља између 1,8 до 5,5 одсто бруто друштвеног производа. Главни извори загађења ваздуха су термоелектране, топлане, котларнице, ложишта, рафинерије нафте, индустрија, посебно хемијска, саобраћај, неодговарајуће складиштење сировина, депоније отпада.

Праћење квалитета ваздуха код нас до сада је било базирано на мануелним методама - дневном узорковању, лабораторијском испитивању, а добијени резултати нису омогућавали добијање праве слике, односно нису давали могућност за правовремену интервенцију у постројењима оператера за смањење емисија које узрокују прекорачења ГВИ (Гранична вредност емисије).

Нов, модеран аутоматски систем са 30 аутоматских стационарних станица, једном мобилном и једном калибрационом лабораторијом чини пројектовану мрежу станица које ће поседовати сетове мерача за детектовање хемијски активних и пасивних параметара специфичних у одређеној регији или окружењу. Измерени подаци се аутоматски шаљу у централну базу података која се налази у Агенцији за заштиту животне средине Србије и тако се прате концентрације дефинисаних штетних материја у ваздуху у реалном времену. Овако добијени подаци нису само у интересу Србије, већ ће се размењивати у региону са одговарајућим институцијама и са националним Центрима, као и са Европском агенцијом за животну средину.

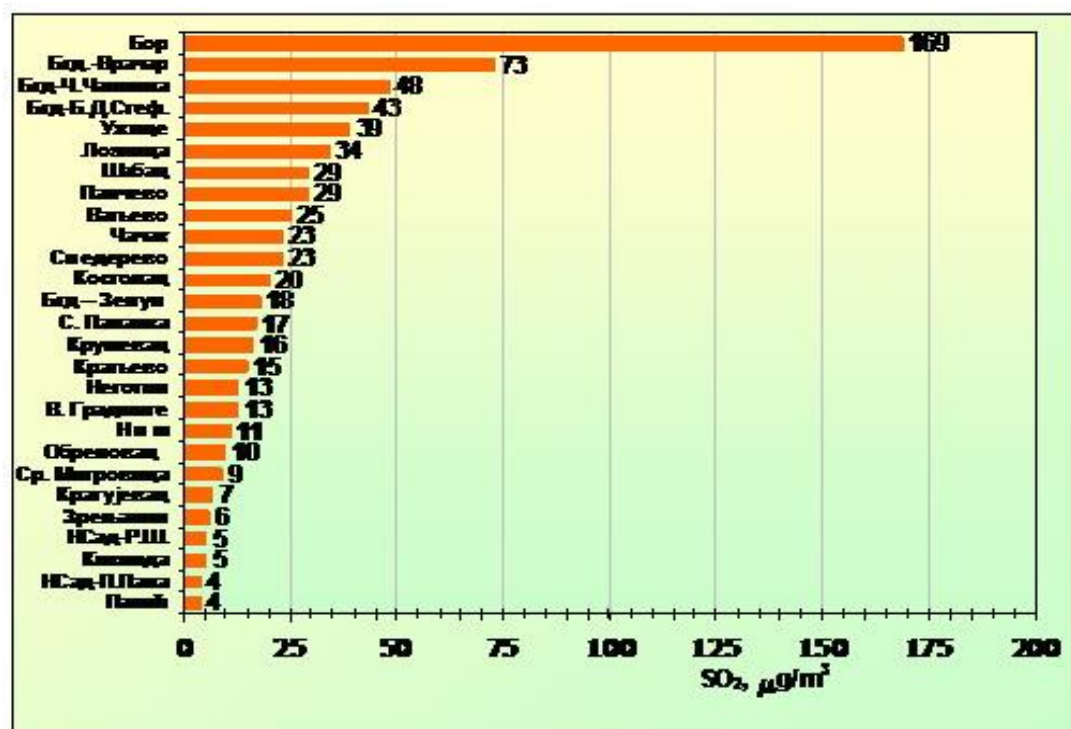


Слика 18: Аутоматска станица за мониторинг квалитета ваздуха

На станици се мере следећи параметри квалитета ваздуха: сумпор диоксид (CO_2), укупни азотни оксиди (NO_x), азот моноксид (NO), азот диоксид (NO_2), угљен моноксид (CO), озон (O_3), бензен-толуен-ксилен (BTX), суспендоване честице (PM_{10} , $PM_{2.5}$, PM_1) као и метеоролошки параметри: брзина ветра, правац ветра, температура, релативна влажност и притисак.

Црне тачке загађења ваздуха у Србији:

- Панчево: Азотара, Петрохемија, рафинерија нафте
- Смедерево: Железара “Ју Ес стил”
- Шабац: Хемијска индустрија
- Зајечар: Топионица олова



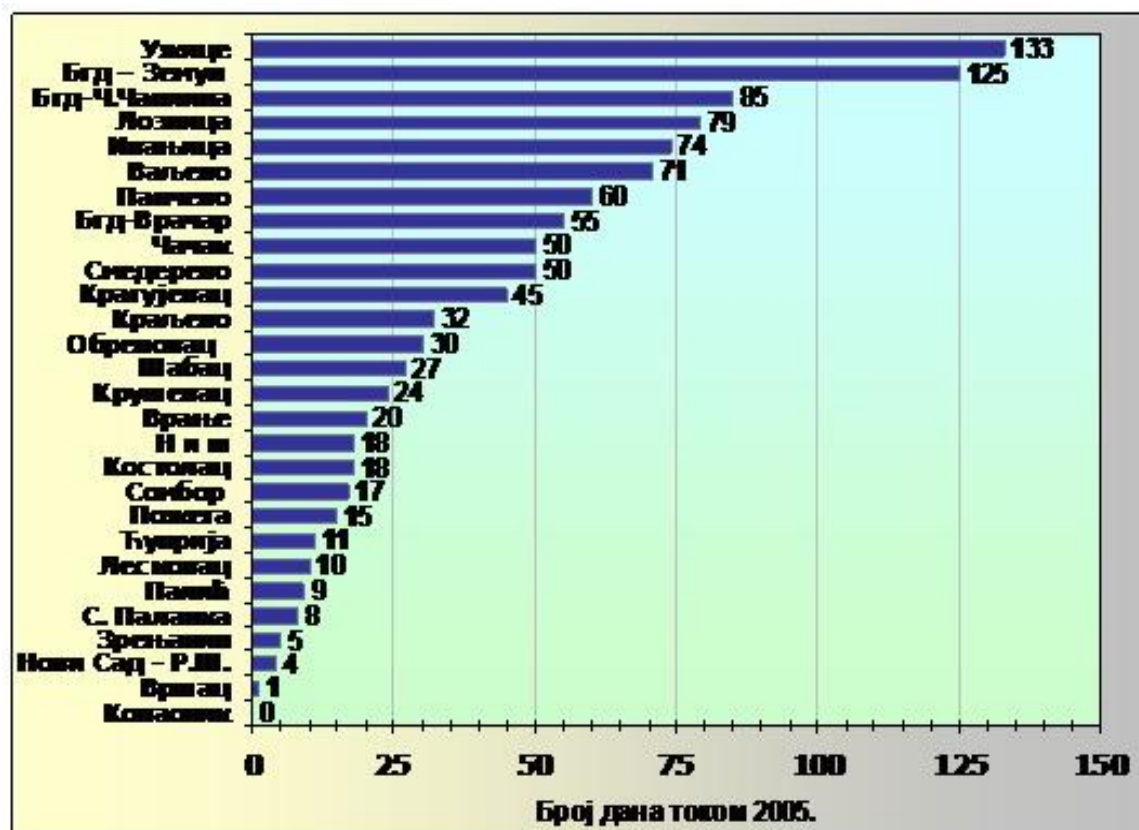
Слика 19: Средње годишње имисионе концентрације SO₂, µg/m³, 2005.

Опрема и методе мерења: Аутоматски мониторинг параметара квалитета ваздуха још није дефинисан домаћом регулативом. Методе мерења, примењене у функционисању коришћене опреме, су идентичне ЕУ регулативи и пракси аутоматског мониторинга параметара квалитета ваздуха.

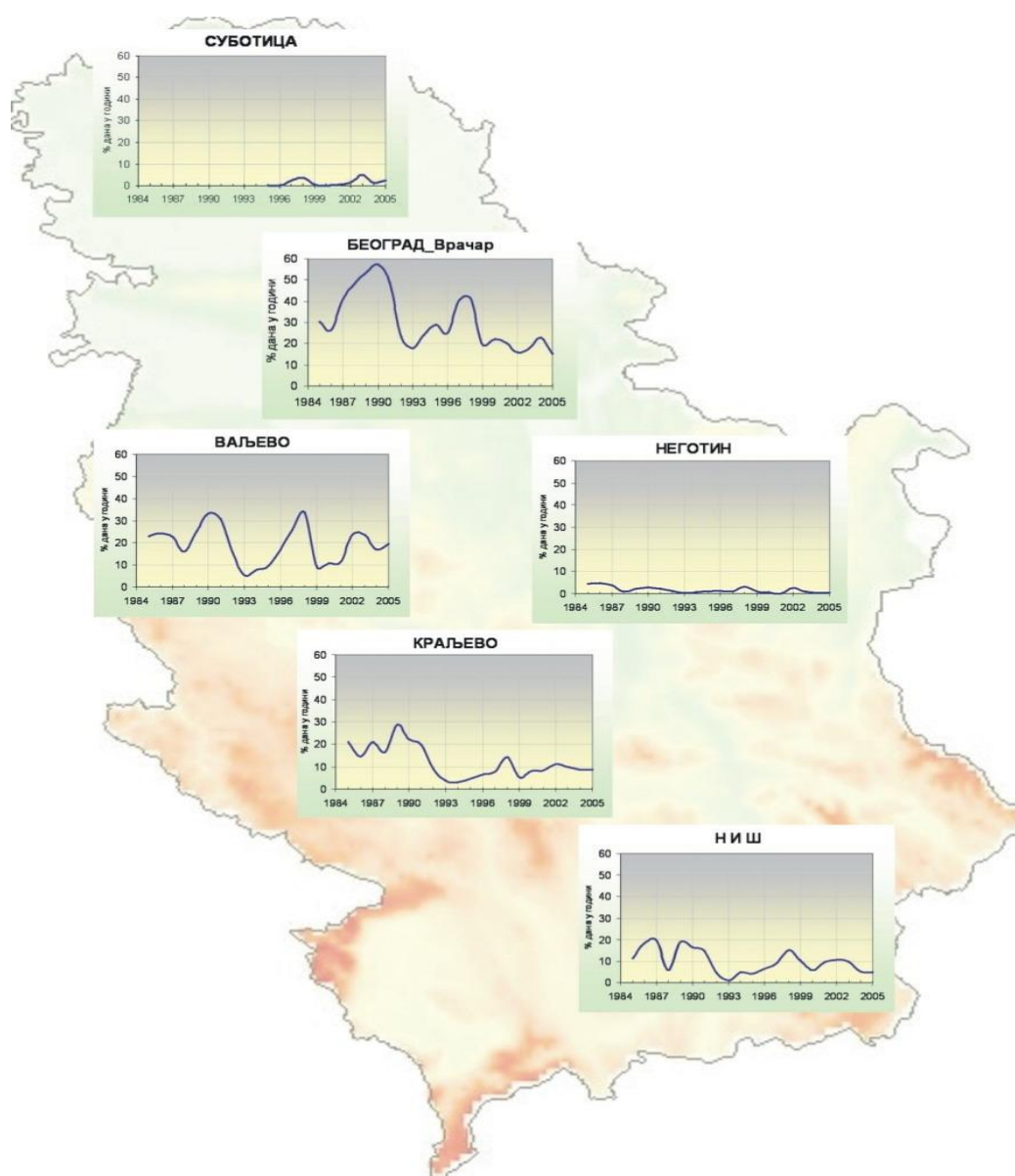
Сумпордиоксид - За континуирано одређивање концентрације сумпордиоксида коришћен је *Sulihyr Dioxide Analyset*, произвођача TOA-DKK (Јапан), *Модел GFS312E*.

Азотни оксиди - За континуирано одређивање концентрације азотних оксида, NO, NO₂, NO_x, коришћен је *Nitrogen Oxides Analyser*, произвођача TOA-DKK (Јапан), *Модел GLN 314E*.

BTX – бензен, толуен, пара и мета ксилене За континуирано одређивање концентрације бензена, толуена, пара и мета ксилена коришћен је *Syntexh Spectras GC955 series 600 BTX analuser SINGLE*.



Слика 20: Број дана током 2005 са дневним имисионим концентрацијама чађи >GBI



Слика 21: Број дана, у %, са дневним имисионим концентрацијама чађи $>GVI$, 1985–2005.

9. Физичко – хемијске методе пречишћавања загађених димних гасова

Димни гасови настају као последица рада индустријских постројења, саобраћаја, термоелектрана, железара, коксара, цементара, челичана, ливница и других постројења. Ови отпадни гасови који се техничким процесима испуштају у атмосферу често имају употребну вредност и могу се поново искористити као секундарна сировина. Међутим они у себи садрже и штетне састојке који су загађивачи атмосфере. То су најчешће: сумпордиоксид (SO_2), угљенмоноксид (CO), хлор (Cl_2), флуороводоник (HF), штетне прашине, чађ, магле, отровне органске паре, сулфиди, амиди, разна једињења непријатних мириса итд. Ако отпадни гасови садрже и загађиваче онда спадају у категорију загађених отпадних гасова који се не смеју испуштати непосредно у животну средину.

Најчешће се користе два начина у борби против загађења животне средине отпадним гасовима:

1. испуштањем загађених гасова у више слојеве атмосфере помоћу димњака,
2. пречишћавањем отпадних загађених гасова.

У првом начину се загађивачи непромењени испуштају у атмосферу са отпадним гасовима. Ово решење се заснива на принципу разблаживања загађеног гаса чистим атмосферским ваздухом, тако да он знатно разблажен на великим удаљеностима од димњака доспева до приземних слојева и не може да проузрокује штету коју би проузроковао у првобитној концентрацији. Међутим иако је знатно разблажен свакако има велики утицај на загађење атмосфере у кумулативном дејству. Ово решење је једноставније, јефтиније али дугорочно неповољније.

Други начин се заснива на томе да се погодним поступком загађивачи издвајају из отпадног гаса. При томе загађивач који се издваја може се и променити у толикој мери да престаје бити штетан и може се испуштати у животну средину. На пример цијановодонична киселина у одређеним условима може потпуно сагорети у угљендиоксид, азот и воду, дакле у потпуно нешкодљива једињења. Овај начин је сложенији и скупљи али даје већи ефекат у очувању животне средине.

Загађивачи се јављају у неколико видова: прашина (чврсте честице), капљице (течности), пара (молекули) и гасови (молекули). Силе које делују на честице могу се поделити на :

1. Физичке: Земљина тежа, инерционе, центрифугалне, електростатичке и сила притиска,
2. Физичко - хемијске: површинске, међумолекулске, термодинамичке,
3. Хемијске: међумолекулске, међуатомске, кохезионе, термодинамичке.

Према групама сила које делују на честице могу се поделити методе пречишћавања:

1. Физичке методе – примењују се на грубе и ситне честице,
2. Физичко-хемијске методе – примењују се на врло ситне честице и молекуле,
3. Хемијске методе – примењују се на молекуле,

Примена физичких метода даје као резултат издвојене честице у непромењеном облику у виду нагомилане преашине, течности или муља.

Физичко-хемијске методе дају такође непромењене честице загађивача али су оне у концентрисаном и чистијем облику тако да се тако концентрисани загађивачи могу употребити као сировина па се као такви могу вратити у производњу. На пример сумпор-диоксид се може концентрисати од 2% на преко 90%.

Хемијским методама се добијају нови молекули који се или употребљавају као нова сировина или ако су безвредни буду барем безопасне супстанце које неће загадити животну средину.

Према методама и силама које се користе при пречишћавању подела пречистача би могла да буде:

- Физичке методе:
 1. Механички издвајачи (отпрашивачи и откапљивачи)
 - 1.1. Гравитациони таложници
 - 1.1.1. таложни канали
 - 1.1.2. таложне коморе
 2. Центрифугални таложници
 - 2.1. циклони
 - 2.2. мултициклони
 - 2.3. механички ротациони
 3. Инерциони издвајачи
 - 3.1. ударни
 - 3.2. обилазни (жалузински)
 - 3.3. вентури (капљичасти) испирачи
 - самораспрсни
 - орошивачи
 - 3.4. пенасти
 4. Филтри
 - 4.1. непосредно цедило
 - врећасто
 - равно
 - с пуњењем
 - 4.2. покретно цедило
 - намотајно
 - с бескрајном траком
- Физичко-хемијске методе:
 1. Топлотни издвајачи
 - 1.1. Кондензатори
 2. Апсорпциони издвајачи
 - 2.1. Капљичасти апсорбери
 - 2.2. Апсорбери с пуњењем
 - 2.3. Апсорбери с подовима
 3. Адсорпциони издвајачи
 - 3.1. Адсорбери с непокретним адсорбенсом
 - 3.2. Адсорбери с покретним адсорбенсом

- Хемијске методе:
 1. Просте хемијске реакције
 - 1.1. Реактори за просте брзе реакције (неутрализација, редукција, оксидација)
 2. Каталитичке реакције
 - 2.1. Реактори за хомогену катализу
 - 2.2. Реактори за хетерогену катализу
 3. Пиролиза
 - 3.1. Шаржне пећи
 - 3.2. Проточне пећи
 4. Сагоревање
 - 4.1. Пећи за просто сагоревање
 - 4.2. Пећи за каталитичко сагоревање

Физичко-хемијски поступци користе силе које делују између самих молекула односно колоидних честица. Иако су у неким случајевима ове силе блиске хемијским силама оне ипак не утичу на стварање постојаних хемијских једињења тако да од молекула загађивача не постају нови молекули.

Под појмом физичко-хемијске силе подразумева се већи број сила, а све су везане за међусобно привлачење или одбијање сила. Такође је значајна и температура од које зависи и брзина кретања молекула као и јачина осциловања у самом молекулу.

9.1 Кондензација – издвајање хлађењем

Кондензација је један од физичко-хемијских поступака. Паре се хладе да би привлачне силе постале веће од одбојних па молекули прелазе у течно стање или се загревају када је потребно да се течност доведе до гасовитог стања.

Отпадни гасови хемијске индустрије садрже знатне количине пара различитих течности. Те паре се хлађењем могу превести у течно стање и тако издвојити из гаса. Један део течности се издваја у виду капи и оне се физичким поступцима могу издвојити из оваквих гасова.

Ако су молекули пара истовремено и молекули загађивача онда се на овај начин гас успешно пречишћава. Овај поступак се користи када се за хлађење може користити атмосферски ваздух, или ређе вода, док је хлађење на ниским температурама прилично скуп.

Из процеса у којима се прерађује угаљ излазе гасови високе температуре. Ови гасови садрже паре органских једињења које називамо катранима. Ове паре се лако кондензују атмосферским ваздухом и преводе у течно стање. Тако се добија двострука корист, добија се катран као скуповена хемијска сировина, а паре не одлазе у атмосферу и не загађују је.

Уређаји који раде по принципу ових метода називају се кондензатори. Састоје се од широких цеви које су постављене у цик-цак линије, око којих споља струји ваздух. Загађени ваздух пролази кроз цеви, паре се кондензују и сливају ка доњим деловима цеви, одакле се као течност отачу. Ако струјање ваздуха око цеви није довољно хлађење се појачава применом вентилатора.

9.2 Апсорпција

При растварању гасова у течностима долази до међусобног привлачења молекула који се растварају и молекула течности у којој се растварају. Растворљивост гасова се повећава хлађењем, а смањује загревањем. На овим особинама почива значајна физичко-хемијска метода апсорпција.

У течности може да се раствори више гасова, а како се неки гасови растварају боље од других могуће је раздвајати молекуле гасова једне од других. При апсорпцији се јављају и слабе хемијске реакције. У зависности од тога колико су те силе јаке растворени молекули су више везани за течност. Ако су хемијске силе врло јаке доћи ће до настанка новог једињења.

Може се закључити да уколико су молекули јаче везани за растваривач (течност) уколико их она више веже. Због тога се кисели раствори (сумпордиоксид, сумпорводоник, и сл.) растварају у слабо алкалним течностима и обрнуто, базични гасови (амонијак, амиди, амини) растварају се у слабо киселим течностима.

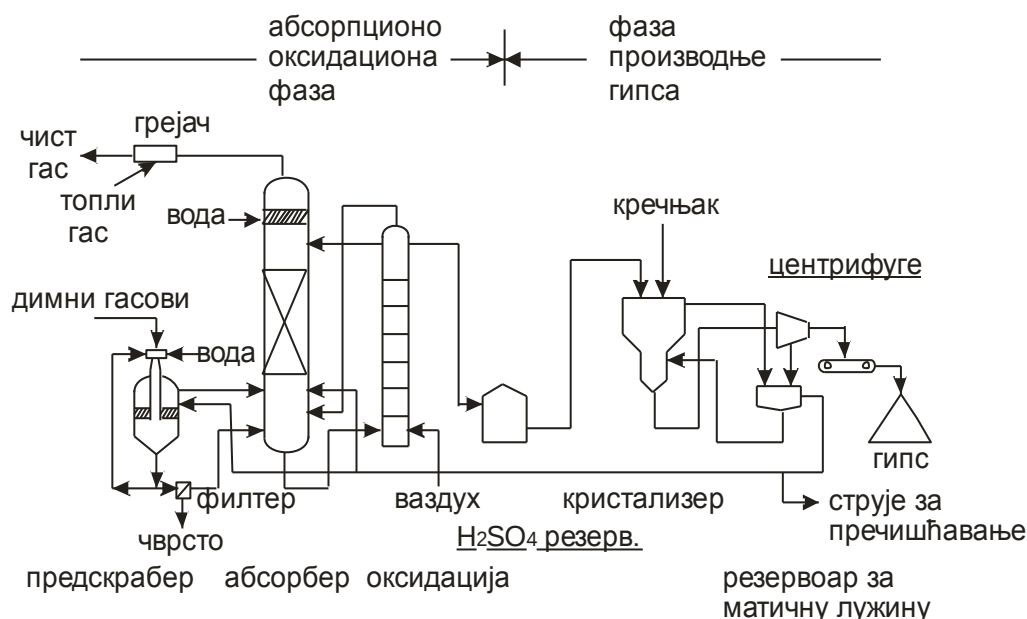
Због економске исплативости, већина растварача се регенерише. Најчешће се загрева настали раствор, при чему се ослобађа гас, често веома чист, а загрејана течност ослобођена гасова остаје такође чиста. Тако очишћена хлади се и поново враћа у процес, тако да у техници у раду са апсорбером постоје 2 фазе:

1. апсорпција, растварање гасова (на хладно)
2. десорпција, истискивање гаса (уз грајање)

Апсорбери се састоје од колоне (10-ак метара високе цилиндричне цеви). У њу се одоздо уводи загађени гас, а одозго, преко тушева, апсорпциона течност. Да би дошло до бољег додира гаса и течности, течност се у самој колони прелива преко специјално подешених елемената. Апсорпциона течност која излази из колоне се загрева при чему се ослобађа гас и после хлађења се враћа на врх колоне ради поновне апсорпције.

На слици је представљен пример апсорпционог уређаја.

Слика 22. Chiyoda – јапански поступак за издвајање сумпор—диоксида из димних гасова



На слици 22 приказан је поступак за пречишћавање димних гасова, у првом реду, за укљањање сумпордиоксида. Пречишћени и охлађени димни гасови се уводе у апсорбер у који се одозго уводи веома разблажена сумпорна киселина. Она раствара сумпордиоксид, уводи га у оксидациону колону ради оксидације сумпордиоксида ваздухом, који се удубава са доње стране. Настала сумпорна киселина доводи се највећим делом у реактор, где се маша са кречњаком градећи гипс. После цеђења и прања настали гипс се може користити у грађевинарству. Тако се штетни сумпордиоксид претвара у безопасни и чак корисни гипс.

Ово је само један пример апсорпционог поступка за пречишћавање отпадних и штетних гасова. У већини случајева добија се концентрован загађивач који се поново користи у индустрији.

9.3 Адсорпција

У зависности од природе молекула гасова и пара, могу се физичко-хемијским силама молекули везати за чврсте површине. На нижим температурама ове силе су веће па се више молекула везује, а ако се температура повећа смањује се количина овако везаних молекула. На овим особинама почива трећи физичко-хемијски поступак адсорпција.

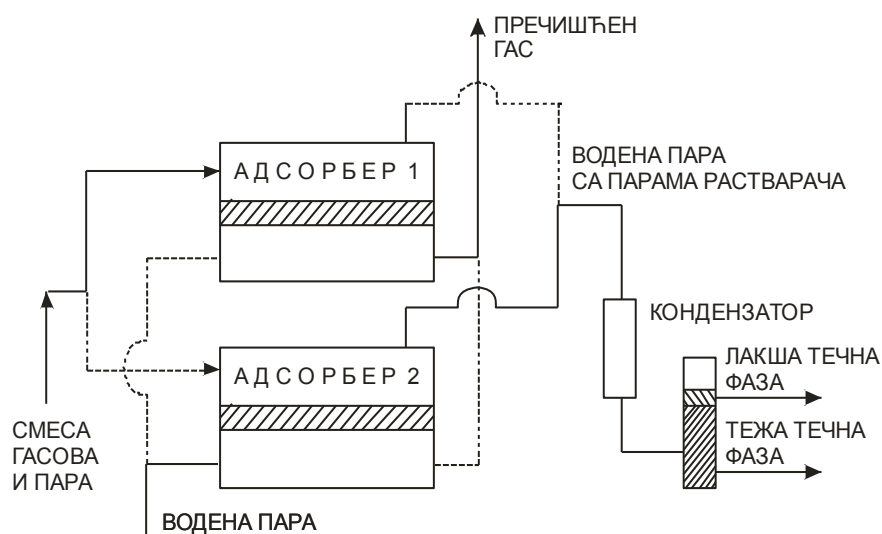
Чврста материја која има велику спољашњу и унутрашњу површину, а да се по тој површини лако везују молекули гасова и пара, назива се адсорбенс. Један од најбољих адсорбенса је активни угаљ чији један грам има укупну унутрашњу и спољашњу површину од преко 1.000 m². Најчешће коришћени адсорбери су силикагел, инфузоријске земље и активна глина.

Молекули гасова се везују за површину адсорбенса физичко-хемијским силама, али могу да се јаве и слабије или јаче хемијске силе.

Ако су хемијске силе довољно јаке може се десити да да при адсорпцији настану нова једињења. Понекад везивање велике количине молекула за адсорбенс није добро јер је тада тешко регенерисати адсорбенс за поновну употребу. Адсорпција, као и апсорпција, захтева што ниже температуре, а десорпција што више. Тако се одвија технолошки циклус апаратуре у којој се одвија адсорпција тзв. адсорбера.

Адсорбери су најчешће цилиндри који су преграђени ситасти дном. Адсорбенс, у облику крупнијих зрнаца (3-5 mm), се насипе на те преграде у висини од око пола метра. Гас који треба да се пречисти се доводи у простор изнад адсорбенса. Пролазећи кроз слој адсорбенса наниже, гас ослобађа молекуле које слој адсорбује, па из доњег дела система излази пречишћен, као што се види на слици 23.

Слика 23: Шема адсорпционе батерије



Адсорбенс који је неко време био у употреби се засити и онда га треба ослободити молекула које је везао за себе поступком десорпцијом. Тај ефекат се постиже удувавањем водене паре у адсорбенс. Услед загревања адсорбовани молекули се издвајају и воденом паром се односе до кондензатора. У њему се све паре кондензују и хладе па као смеша течности одлазе у посуде у којима ће се обавити процес раздвајања. Лакша течност испливава на површину, а тежа, вода, на дно. Отакањем ових течности добија се са једне стране десорбована течност, а са друге стране вода.

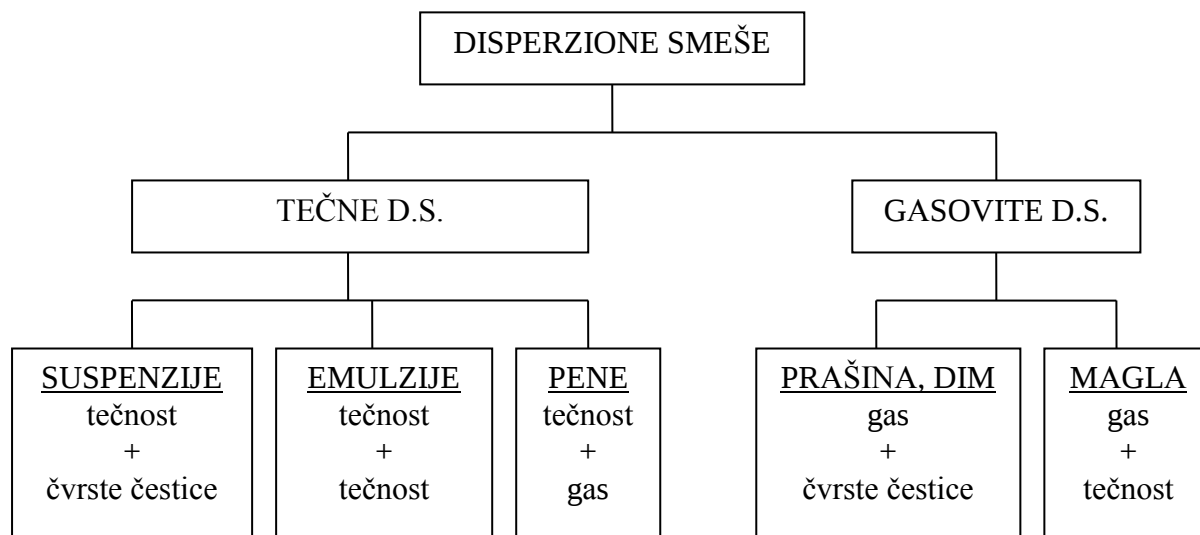
Тежи се да се адсорпција одвија непрекидно, па се зато спрежу два адсорвера у једну целину. У једном адсорберу одвија се адсорпција, док се у други адсорбер десорбује воденом паром, затим суши топлим ваздухом и хлади. Тако припремљен почиње процес адсорпције док се први излаже десорпцији.

Постоје и адсорбери у којима адсорбенс циркулише, па тако непрекидно пролази кроз фазе адсорпције, десорпције, сушења и хлађења. Овакви системи су погодни кад је потребно пречистити велику количину гасова.

Адсорпција као поступак је изузетно ефикасна за пречишћавање гасова, међутим гледано са економског становништа адсорбенси су скупа апаратура а уз то захтевају и пуно енергије

10. Механичко чишћење гасова

Процесна техника се у склопу своје механичке области између осталог бави посматрањем и третирањем дисперзионих смеша. Дисперзионе смесе су мешавине двеју или више различитих материја. Носива фаза у систему је дисперзиона материја, то је или течност или гас, а ношена фаза у систему је диспергована материја и могу бити чврсте честице, делићи течности или гас.



Слика 24: Дисперзионе смеше - подела

Техника отпрашивања обухвата све техничке поступке, без обзира да ли се ради о корисним прашинама (цемент, какао, брашно итд.) или о штетним прашинама (летећи пепео, чађ итд.). Ево и неколико разлога за отпрашивање:

- Одвајање и одвод штетних материја (заштита човека и околине),
- Одстрањивање штетних материја које делују на век трајања неких апарата или уређаја,
- Обезбеђивање бољих (здравијих) услова рада,
- Побољшање квалитета производа и сл.

Уређаји којима се врши отпрашивање зову се одвајачи праха или отпрашивачи. Одвајање течних честица из гаса принципијелно се не разликује од одвајања чврстих честица, тако да отпрашивање покрива и ову област. Под утицајем неких сила, као што су хидродинамичке, диспергована материја (реда величине од 10^{-3} μm до реда величине мм) лебди у гасовитим смешама. Отпрашивање треба да обезбеди довод тих честица у простор где те силе не делују. Може се рећи да процес отпрашивања има две фазе и то фаза померања честица и фаза одстрањивања честица. Отпрашивање се може извести на неколико начина и то:

1. Отпрашивање деловањем силе теже,
2. Отпрашивање деловањем центрифугалних сила,
3. Мокро отпрашивање,
4. Филтрација,
5. Отпрашивање деловањем електростатичких сила.

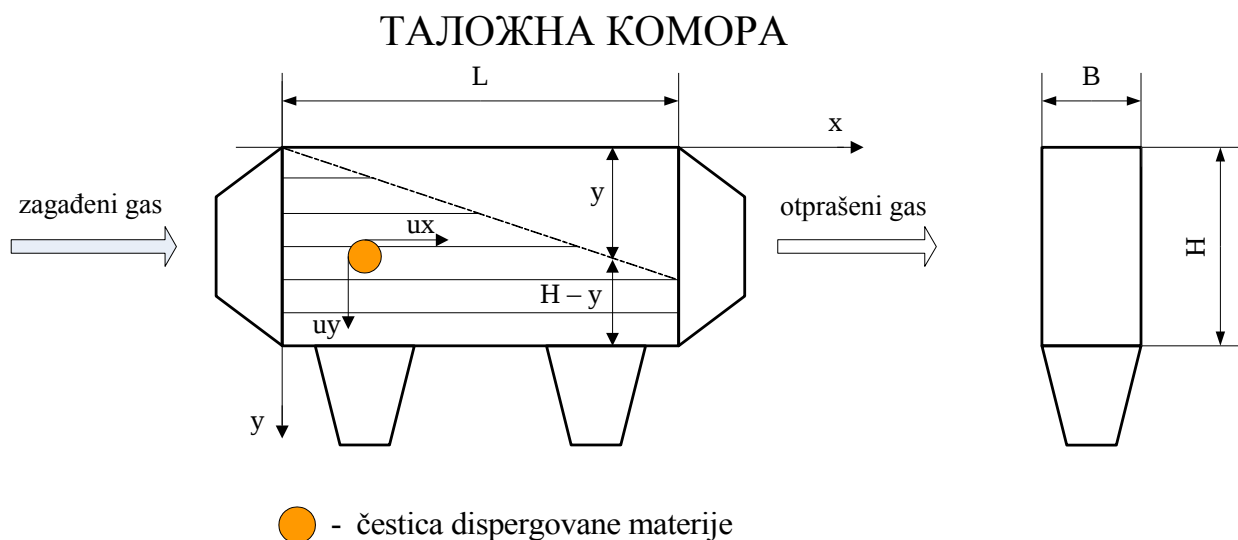
Квалитет отпрашивача зависи од померања честица, али и од одстрањивања и чишћења. Битни елементи квалитете отпрашивача су:

- његов капацитет,
- фракциони и укупни степен раздвајања и
- губитак притиска који он проузрокује.

10.1. Отпрашивање деловањем силе теже

• ГРАВИТАЦИОНИ ОТПРАШИВАЧИ

Најједноставније речено таложње се одвија тако што дисперзиону смесу доводимо у таложну комору, где се услед деловања гравитације одваја диспергована материја.



Слика 25: Таложна комора

Ово је пример једне таложне коморе. Ако се диспергована материја посматра као монодисперзни прах и да је брзина гаса (V_x) по пресеку константна, затим да нема промене концентрације на улазу, онда можемо рећи да је на улазу ($x = 0$) $y_x = B_x$ и $y_y = 0$. На некој удаљености x важи релација

$$y = \frac{u_y}{u_x} x \quad \text{као и} \quad y_y = y_p; \quad y_x = B_x \quad y = \frac{u_p}{V_x} x \quad \Rightarrow$$

Ако је масени проток гаса на улазу $\dot{m}_{ul}$ на некој удаљеност x биће

$$\dot{m}_x = \dot{m}_{ul} \frac{H - y}{H} = \dot{m}_{ul} \left(1 - \frac{y}{H}\right) = \dot{m}_{ul} \left(1 - \frac{u_p}{V_x} \frac{x}{H}\right)$$

Степен одвајања би био:

$$\eta_o = \frac{\dot{m}_{ul} - \dot{m}_{iz}}{\dot{m}_{ul}} = 1 - \frac{\dot{m}_{iz}}{\dot{m}_{ul}} = 1 - \frac{\dot{m}_{x=L}}{\dot{m}_{ul}} = 1 - \left(1 - \frac{u_p}{V_x} \frac{L}{H}\right)$$

$$\eta_o = \frac{u_p}{V_x} \frac{L}{H}$$

Укупни степен одвајања полидисперзног праха, под претпоставком да честице не ометају једна другу приликом таложења и ако комору замислимо уздужно раздељену на низ уских комора за одвајање појединих честица, добије се на следећи начин:

Ако је расподела честица задана функцијом $D(d)$, онда је удео честица, величине d , у укупној маси $\delta D(d)$ (δ – диференцијални оператор):

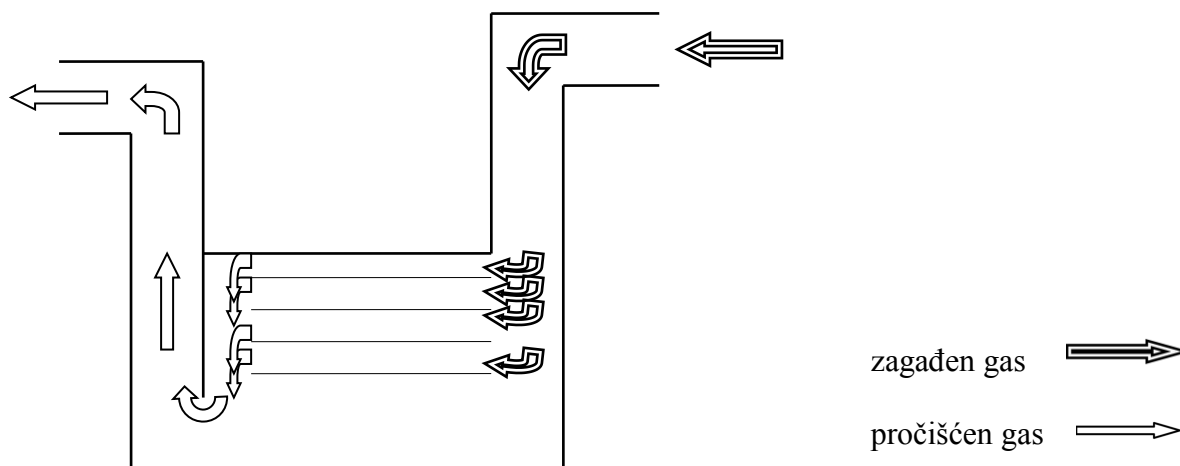
$$\eta_o = \int_{D=0}^{D=1} \frac{u_p(d) L}{V_x H} \delta D(d)$$

Фракциони степен одвајања добије се из претходне разраде за монодисперзни прах, тако да је:

$$\eta_o(d) = \frac{u_p(d) L}{V_x H}$$

Одавде је видљиво да је отпрашивање боље за мање H и мање V_h , а за веће L . Да би се искористио утицај H , у коморе се уграђују преграде ради побољшања η_o .

ТАЛОЖНА КОМОРА СА ПРЕГРАДАМА



Слика 26: Таложна комора са преградама

Честице се таложе на уздужним површинама, а отпрашен гас наставља даље ка излазу. Мана ових отпрашивача је отежано чишћење површина и опасност да честице буду поново понесене.

Сила отпора код таложења је:

$$P = \xi F \rho_g \frac{B_{\text{тал}}^2}{2}$$

ξ - коефицијент отпора

ρ_g [kg/m³] – густина гаса

F [m²] - површина пројекције честице

g [m/sec²] - убрзање земљине теже

Брзина таложења је:

$$V_{\text{тал}} = \sqrt{\frac{4}{3} \frac{(\rho_c - \rho_g) g d}{\xi F \rho_g}}$$

ρ_c [kg/m³] - густина честице

Пошто ξ зависи од Re (Рејнолдс-ов број) имамо следеће вредности коефицијента отпора:

1. $\xi = 24/Re$ – за ламинарни режим ($Re < 1$)
2. $\xi = 18,5/Re^{0,6}$ - за прелазни режим ($1 < Re < 500$)
3. $\xi = 0,45$ за турбулентни режим ($Re > 500$)

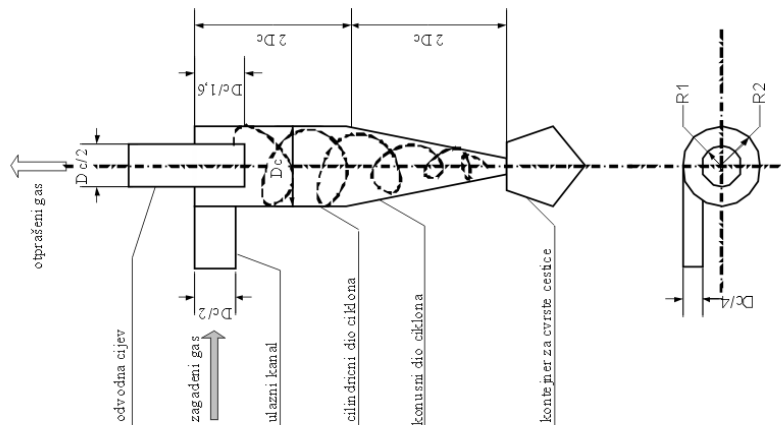
Брзина струјања гаса мора бити мања од брзине таложења, јер у супротном не би дошло до таложења. Брзина струјања гаса је мах. 3 m/s.

Ови отпрашивачи углавном служе за претотпрашивање грубих честица, јер се у њима одстрањују честице величине преко 100 μm . Предности су им што су јефтини, једноставне конструкције, мали пад притиска, нема температурног ограничења и нема проблема са хабањем. Мане су им што заузимају велики простор и одстрањују само грубе честице.

Због релативно слабог померања честица услед гравитације у таложницима се побољшање покретљивости постиже интензивирањем центрифугалног поља. То су гравитационо - центрифугални отпрашивачи.

10.2 Отпрашивање деловањем центрифугалних сила

ГРАВИТАЦИОНО – ЦЕНТРИФУГАЛНИ ОТПРАШИВАЧИ (ЦИКЛОНИ)



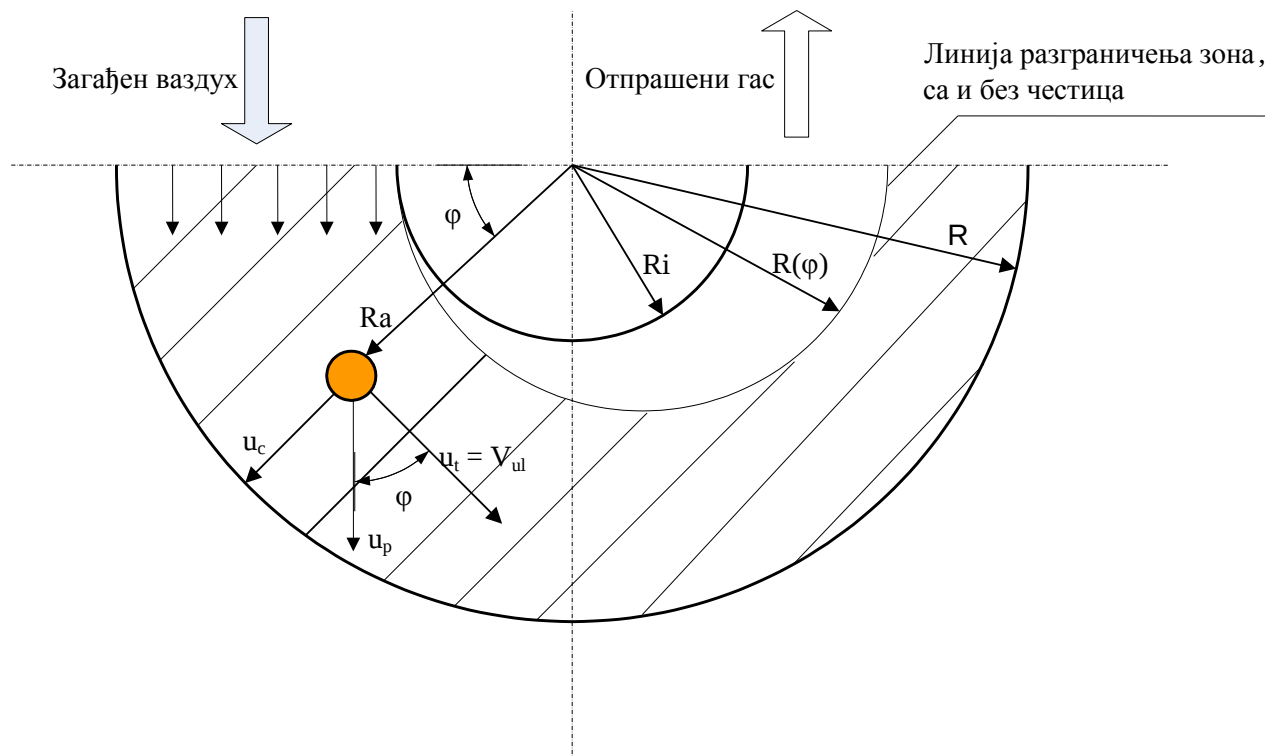
Слика 27: Гравитационо – центрифугални отпрашивачи (Циклони)

Загађени гас се у циклону доводи тангенцијално, брзином од 18 до 20 m/s, а затим због облика циклона прелази у ротационо кретање, при чему се стварају центрифугалне силе. Због центрифугалне силе чврсте честице се крећу спољашњом страном струје гаса и према доњем делу циклона, где се одвајају у контејнер. У средишњем делу циклона остаје чист ваздух, који се вртложно креће у супротном смеру и на крају излази кроз одводну цев. Један од битних параметара за ефикасност и степен одвајања, у циклонима, је њихова геометрија.

На слици 27 је приказан један пример димензионих односа, али могући су и други димензионих односи, у зависности од процеса у којем се користи циклон, односно која врста честица треба да се одвоји од гаса.

Прорачун циклона би био веома компликован, зато што је ту укључена сила отпора, центрифугална сила и сила гравитације. Међутим ако се уведу неке претпоставке и нека упроштења могу се добити приближно тачни параметри.

У овим отпашивачима центрифугална сила $F_c = \frac{m V^2}{r}$ вишеструко превазилази гравитациону силу тежине. На улазу је распоред концентрације равномјеран. Без деловања центрифугалне силе честице би се на једном те истом пречнику кретале брзином v_{ul} и $\varphi \in [0, \pi]$, међутим услед центрифугалне силе постоји компонента брзине u_c , а услед гравитационе силе компонента брзине u_p .



Слика 28: Принцип рада циклона

$$v_{ul} = \text{const.}; \quad u_t = v_{ul}$$

$$\begin{aligned} dR &= [u_c(P) + u_p \sin \varphi] dt & \rightarrow & \text{у радијалном правцу} \\ Rd\varphi &= [u_t + u_p \cos \varphi] dt & \rightarrow & \text{у тангенцијалном правцу} \end{aligned}$$

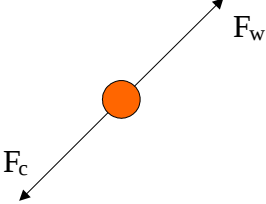
Дељењем ових израза добије се:

$$\frac{dR}{d\varphi} = R \frac{u_c(R) + u_p \sin \varphi}{u_t + u_p \cos \varphi}$$

Ова диференцијална једначина може се решити само нумеричком методом.

$$\frac{dR}{d\varphi} = R \frac{u_c(R) + u \sin\varphi}{V_{ul} + u_p \cos\varphi}$$

Може се претпоставити да је гравитациона компонента занемарива, јер је $u_t \ll u_c$.



$$u_c = \frac{\rho_c - \rho_g}{18\mu} \frac{d^2 u_t^2}{R}$$

$$F_w = 3\pi\mu d u_c \quad \text{сила отпора}$$

$$F_c = \frac{d^3\pi}{6} (\rho_c - \rho_g) \frac{u_t^2}{R} \quad \text{центрифугална сила}$$

$$F_{pc} = m_g \frac{u_t^2}{R} \quad \text{сила потиска}$$

Ако доведемо силе у равнотежу

$$F_w = F_c - F_{pc} \Rightarrow u_c = \frac{\rho_c - \rho_g}{18\mu} \frac{d^2 u_t^2}{R} \Rightarrow u_c = \frac{\rho_c - \rho_g}{18\mu} \frac{d^2 V_{ul}^2}{R}$$

$$\frac{dR}{d\varphi} = R \frac{u_c(R)}{V} = \frac{R}{V_{ul}} \frac{\rho_c - \rho_g}{18\mu} d^2 \frac{V_{ul}^2}{R}$$

$$R = R_i \quad \text{за} \quad \varphi = 0 \quad R = R_i + \frac{\rho_c - \rho_g}{18\mu} d^2 V_{ul} \varphi$$

Из односа: $R(\pi) = R_i + \frac{\rho_c - \rho_g}{18\mu} d^2 V_{ul} \pi$; и за: $m_{ul} = \kappa(R_a - R_i)$ и $m_{odv} = \kappa(R - R_i)$

Добије се степен одвајања циклona:

$$\eta_c = \frac{m_{odv}}{m_{ul}} = \frac{R - R_i}{R_a - R_i} = \frac{1}{R_a - R_i} \frac{\rho_c - \rho_g}{18\mu} d^2 V_{ul} \pi$$

Фракциони степен одвајања циклona:

$$\eta_{cf} = \left(\frac{d}{d_{min}}\right)^2$$

d – пречник чврсте честице

d_{min} – минимални пречник чврсте честице

На основу израза за u_c који је раније изведен и пошто вриједи $u_c = dR/d\tau$ може се доћи до израза за време (τ) које је потребно да чврста честица пречника (d) пређе пут између R_i и R .

$$d\tau = \frac{18\mu R dR}{d^2(\rho_c - \rho_g) V_{ul}^2} \Rightarrow \tau = \frac{18\mu}{d^2(\rho_c - \rho_g)} \int_{R_i}^R \frac{R dR}{V_{ul}^2}$$

Ако се искористи претпоставка да је $v_{ul} = \text{const.}$ следи да је

$$\tau = \frac{18\mu}{d^2(\rho_c - \rho_g)} \frac{R^2 - R_i^2}{2B_{ul}^2}$$

Чврста честица у циклону, до изласка из циклona, на свом путу направи n -ти број завоја. Тај број завоја се одређује приближно, у зависности од димензионих односа циклona, може се сматрати да је једнак односу висине цилиндричног дела циклona и висине улазног канала. С обзиром на ове претпоставке може се рећи да честица пређе неки пут (L_c)

$$L_c = 2\pi \frac{R + R_i}{2} n$$

за неко време:

$$\tau = 2\pi n \frac{R + R_i}{2 v_{ul}}$$

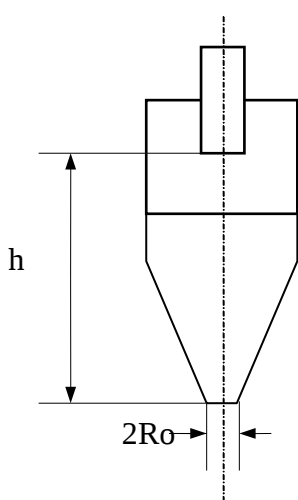
Изједначавањем ових времена може се одредити најмањи пречник честице.

$$\frac{18\mu}{d^2(\rho_c - \rho_g)} \frac{R^2 - R_i^2}{2B_{ul}^2} = 2\pi n \frac{R + R_i}{2 v_{ul}}$$

$$d_{\min} = 3 \sqrt{\frac{(R - R_i)m}{(\rho_c - \rho_g)\pi n v_{ul}}}$$

$$d_{\min} = 5 \div 10 \mu\text{m}$$

Према Бартх-у је $R_o \approx R_i$ (R_o – полупречник отвора за одвод чврстих честица), као и брзина вртложног струјања у средишту циклona



$$V_r = \frac{\dot{V}}{2\pi R_i h}$$

$\dot{V}$ – запремински проток гаса

брзина таложења је: $u_r = \frac{\rho_c - \rho_g}{18\mu} \frac{d^2 u_t^2}{R}$

Честица је у стању мировања ако је $u_r = v_r$,

$$\frac{\dot{V}}{2\pi R_i h} = \frac{\rho_c - \rho_g}{18\mu} \frac{d^2 u_t^2}{R}$$

Завојно кретање у циклону може се представити једначином:

$$V_t = \frac{\text{const.}}{R}$$

$$R^m \quad m \in (-1, 1); \quad v_t = f(R);$$

-1 за ротационо кретање

1 за вртложно кретање

Предпоставља се и да је $u_T = V_T$, одавде се може добити израз за пречник честице:

$$d = \frac{R_i^m}{\text{const.}} \sqrt{\frac{18 \mu \dot{V}}{2 \pi h (\rho_c - \rho_g)}}$$

Мора бити задовољен услов да је $D > D_{\text{мин}}$, да би се остварило одвајање честица из гаса.

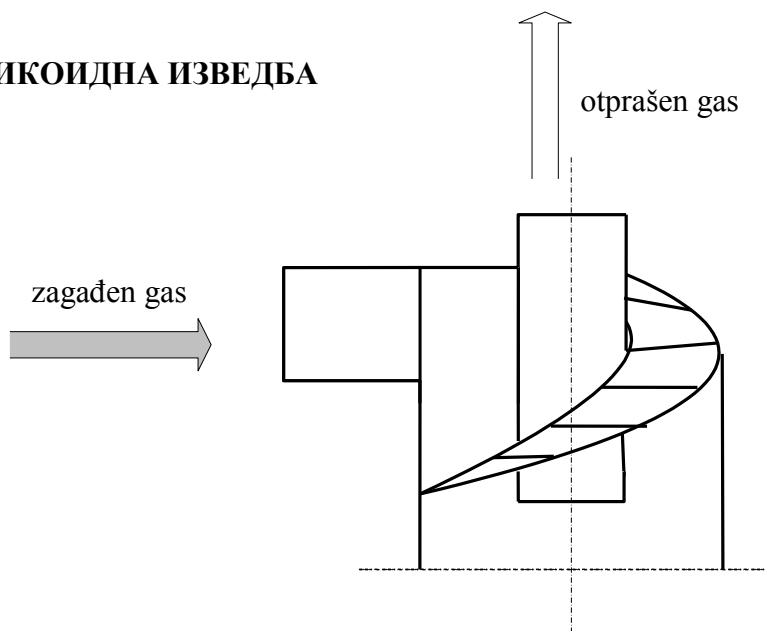
Пад притиска у циклну је још један параметар битан за избор циклона.

$$\Delta p = \xi_c \rho \frac{V_{\text{ул}}^2}{2}$$

ξ_c – коефицијент отпора.

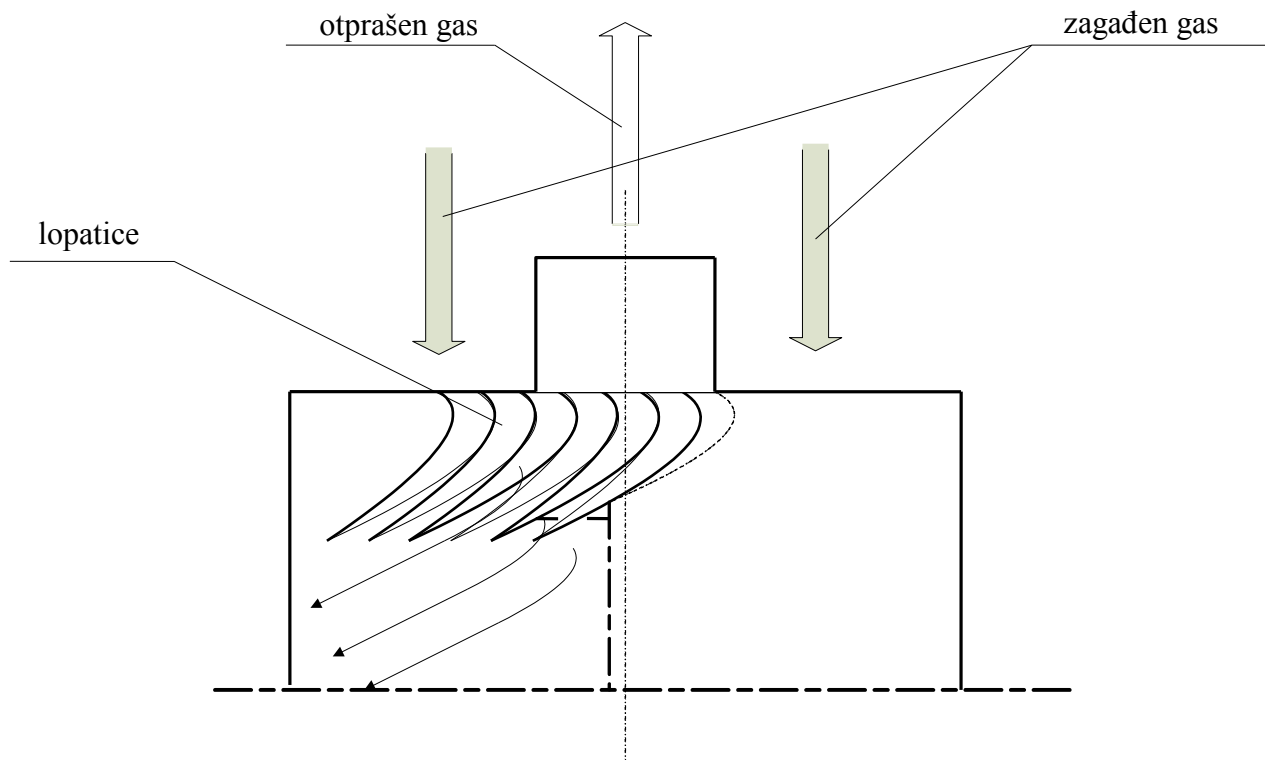
Осим већ приказаног, тангенцијално - равног довода гаса, боља је изведба са тангентијално – хеликоидним доводом гаса. То решење је нешто компликованија и скупља.

ХЕЛИКОИДНА ИЗВЕДБА



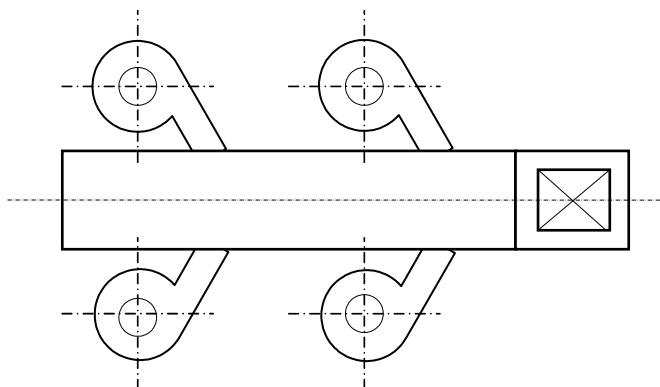
Слика 29: Шематски приказ хеликоидног циклона

Довод гаса у циклон може се извести и аксијално.



Слика 30: Шематски приказ аксијалног циклона

На основу прорачуна циклона може се закључити да на ефикасност циклонског отпрашивања утиче улазна брзина V_{UL} , као и пречник циклона $2R$. Бољу ефикасност би постигли са повећањем V_{UL} или са смањењем пречника, али би тиме довели и до већег пада притиска. Да се то избјегне поставља се више циклона повезаних у тзв. циклонску батерију. Циклони се у батерију вежу паралелно, јер се тиме, при истом протоку гаса, побољшава ефикасност одвајања без битне промјене пада притиска.



Слика 31: Циклонска батерија

Недостак циклонског отпрашивања су релативно низак степен отпрашивања, јер чак и један дио честица које се одвоје из струје гаса услед локалних вртлога се враћају у прочишћену струју и заједно с њом напуштају циклон.

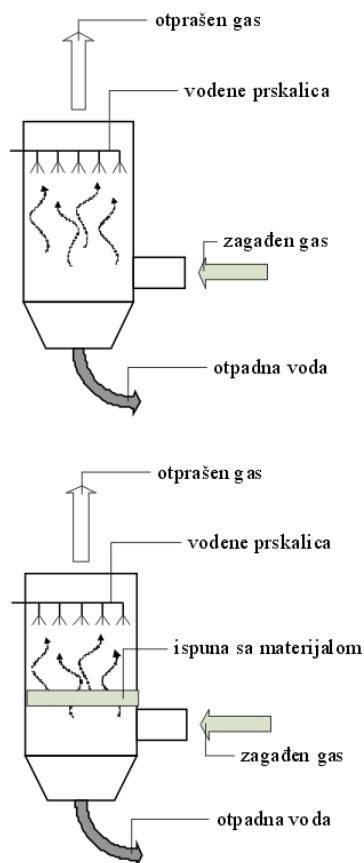
Физичко оштећење зидова циклона је такође недостатак овог отпашивања. Та оштећења се јављају услед физичког деловања честица на зидове циклона.

Добре особине циклона су ниски трошкови одржавања, мала потрошња електричне енергије и отпорност на високе температуре. У задње време, појединачни циклони, се најчешће користе као предотпашивачи.

10.3. Мокро отпашивање

Мокро отпашивање је технолошка операција заснована на стварању водене завесе кроз коју пролази загађени гас или стварање танког слоја течности преко које струји загађени гас. И у једном у другом случају чврсте честице се вежу ("лепе") за течност, а гас пролази наставља према одводном излазу. Отпашивачи са воденом завјесом су скрубери.

СКРУБЕРИ.



Слика 32: Принцип рада скрубера

У скрубери се доводи загађени гас, који дтрјуи према горе. Вода која прска из прскалица, у виду киша, ствара водену завесу са капљицама, на које се лепе чврсте честице и заједно падају у таложну комору. Из таложне коморе се одводи отпадна вода (муљ). Гас пролази кроз водену завесу и на врху скрубера излази пречишћен.

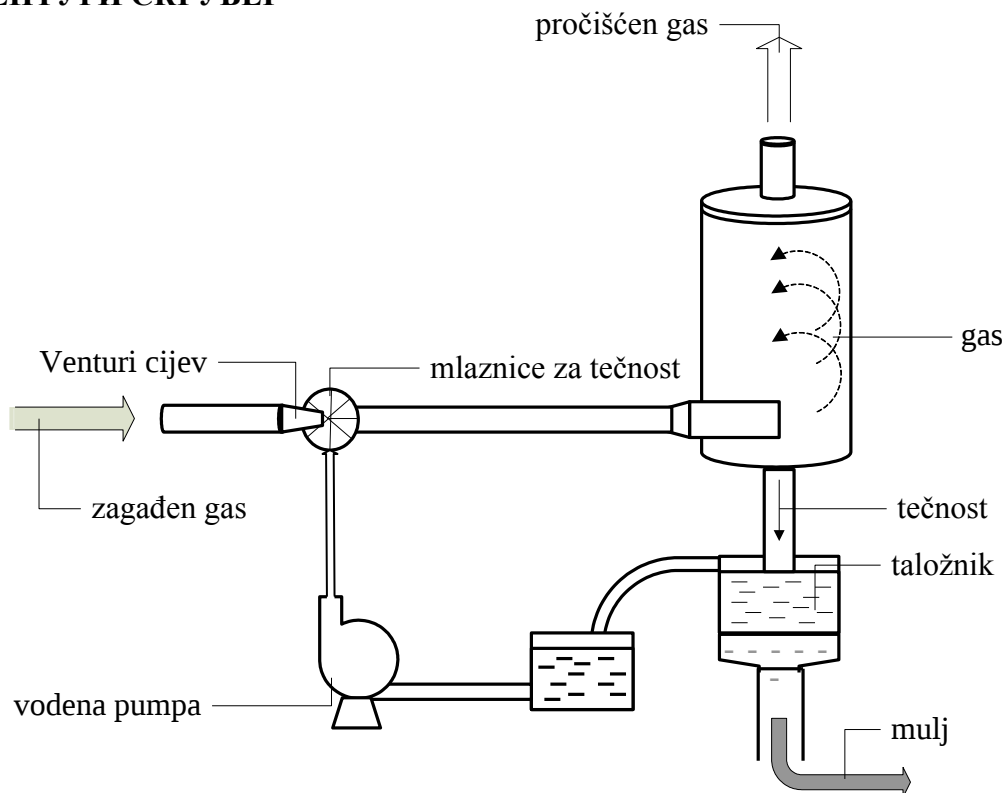
Још бољи резултат се постиже, ако се скрубери у доњем делу испуни (коксом или Рашиговим прстенима). У том случају, један део честица се веже за материјал испуне, а остале честице у гасу се издвајају као и у неиспуњеном скрубери.

Скрубери без испуне имају степен одвајања од 60% ÷ 75%, а скрубери са испунама имају степен одвајања од 75% ÷ 85%.

Брзина гаса не смеје бити велика ($1 \div 1,5 \text{ m/s}$), јер би у супротном гас понео са собом капљице течности и морали би се поставити одвајачи капљица.

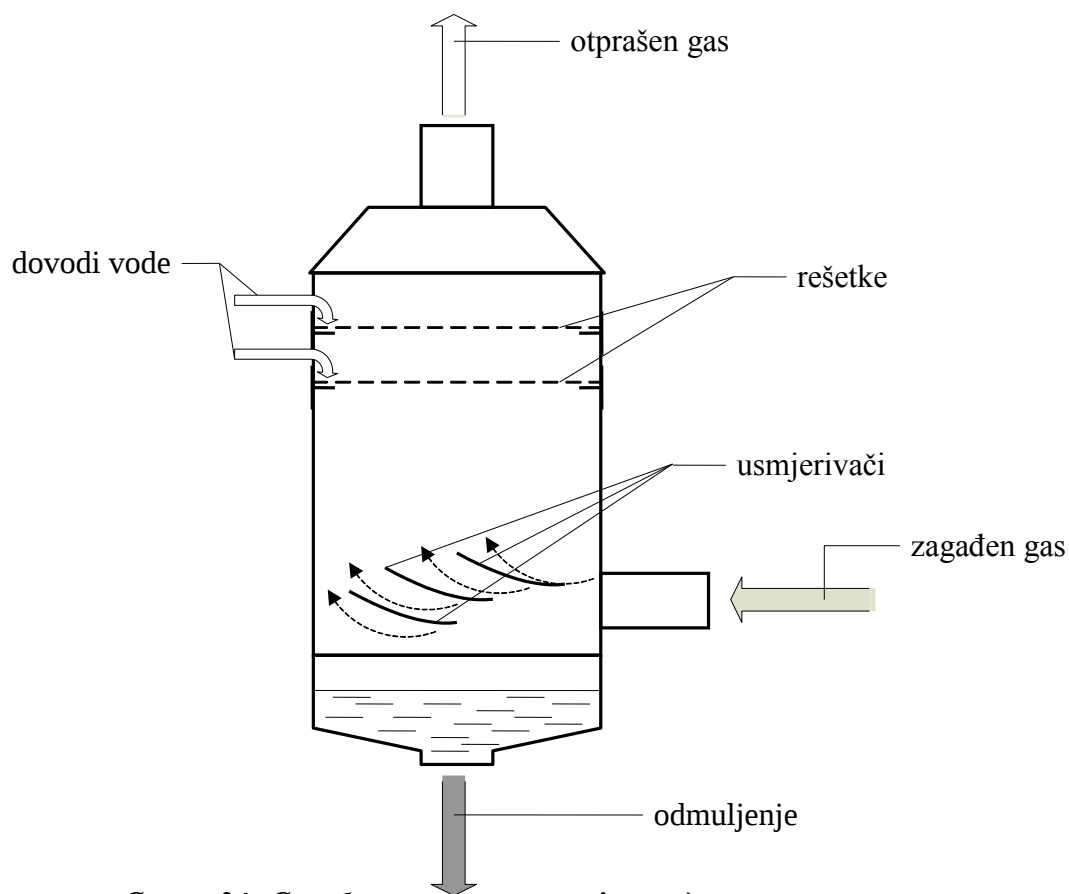
Најбољи резултати се постижу у Вентури скруберима. За честице од $0,5 \mu\text{m}$ постиже се степен ефикасности и до 99%. У овим скруберима загађени гас се доводи кроз цев, где се због сужавања цеви на крају нагло повећава брзина гаса. Истовремено водена пумпа убризгава воду, коју гас распршује и заједно тангенцијално улазе у циклон. Због велике брзине и деловања центрифугалних сила течност са честицама удара у зидове циклона, а затим слијевајући се одлива у таложник. Вентури скрубери, осим отпрашивања, служе и за хлађење гасова.

ВЕНТУРИ СКРУБЕР



Слика 33: Изглед и принцип рада Вентури скрубера

Стварање танког слоја воде изводи се тако што се у отпрашиваче постављају хоризонталне преграде, преко којих струји вода доведена у отпрашивач. Преграде имају велики број рупица, да би гас долазећи одоздо могао да прође према излазу. Пролазећи кроз танки слој воде гас се "пере" (вода задржава чврсте честице) и прочишћен струји даље ка одводном отвору.



Слика 34: Скрубер са танким слојем воде

10.4. Филтерско отпашивање

Филтерско отпашивање се врши тако што се у отпашивач доводи загађени гас, који затим наструјава на филтерски материјал. Филтерски материјал је порозан и гас наставља струјање, а честице се задржавају на материјалу. Филтерски материјали могу бити: тканина (од природних или од вјештачких материјала) у облику врећа, набијени чврсти материјали (пјесак или сл.) и порозни керамички материјали. Избор филтерског материјала овиси од услова рада филтера као што су температура, влажност, притисак, врста честица које се одвајају.

10.4.1 ВРЕЋАСТИ ФИЛТЕРИ

У телу филтера су смештене врећасте порозне цеви, пречника до 200 mm и висине 1 ÷ 5 m. Гас струји кроз платнене цеви, платно задржава чврсте честице величине 0,1 ÷ 0,01 μm , а пречишћен гас струји даље према излазној цеви. Капацитет филтера се изражава као запремински проток гаса по јединици површине и времена [$\text{m}^3/(\text{m}^2\text{h})$]. Брзина филтрирања зависи од хидрауличног отпора филтера ($\Delta\Pi$).

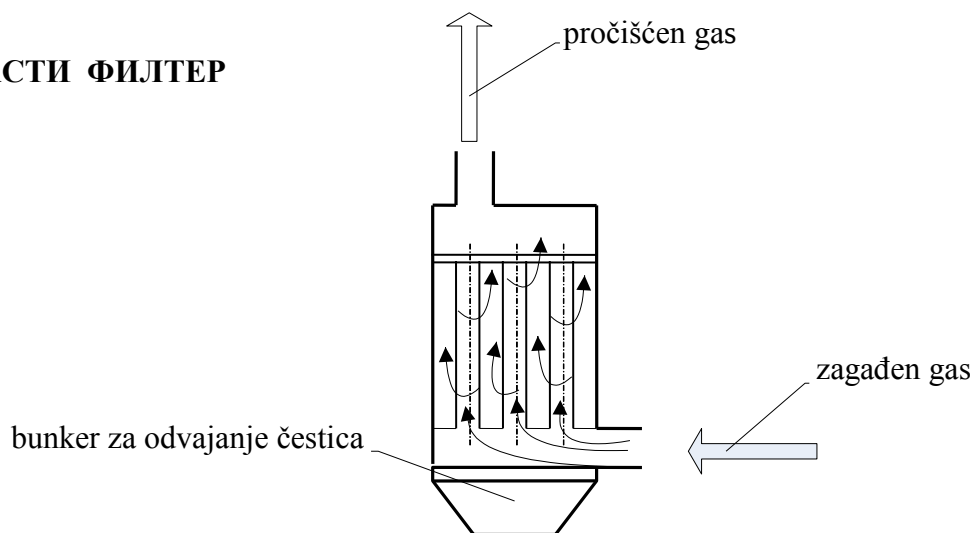
$$\Delta\Pi = A B_{\text{ф}}^{\text{н}}$$

ΔP – хидраулички отпор

V_f – брзина филтрирања

A ; n – константе филтерског материјала

ВРЕЊАСТИ ФИЛТЕР



Слика 35: Врењаста филтер

На слици је приказан упрошћен изглед врењастог филтера. Изнад филтера се уграђују системи за чишћење врећа и додају се системи за одвођење скупљене прашине. Као што је већ речено платно задржава честице и због њиховог накопљања смањује се пречник струјања гаса што повећава пад притиска. Зато се периодично (сваких 5 ÷ 30 мин) зауставља доток загађеног гаса, да би се вреће очистиле.

Чишћење се врши отресањем или продувавањем врећа у супротном смеру од струјања гаса и траје око ½ мин. Врењаста филтери имају добар степен искориштења, чак до 99%. Зависно од материјала филтера лимитирана је и температура гасова, нпр. памук (60÷85 °C), вуна (80÷110°C), неки вештачки материјали до 150°C, а стаклена влакна до 350°C.

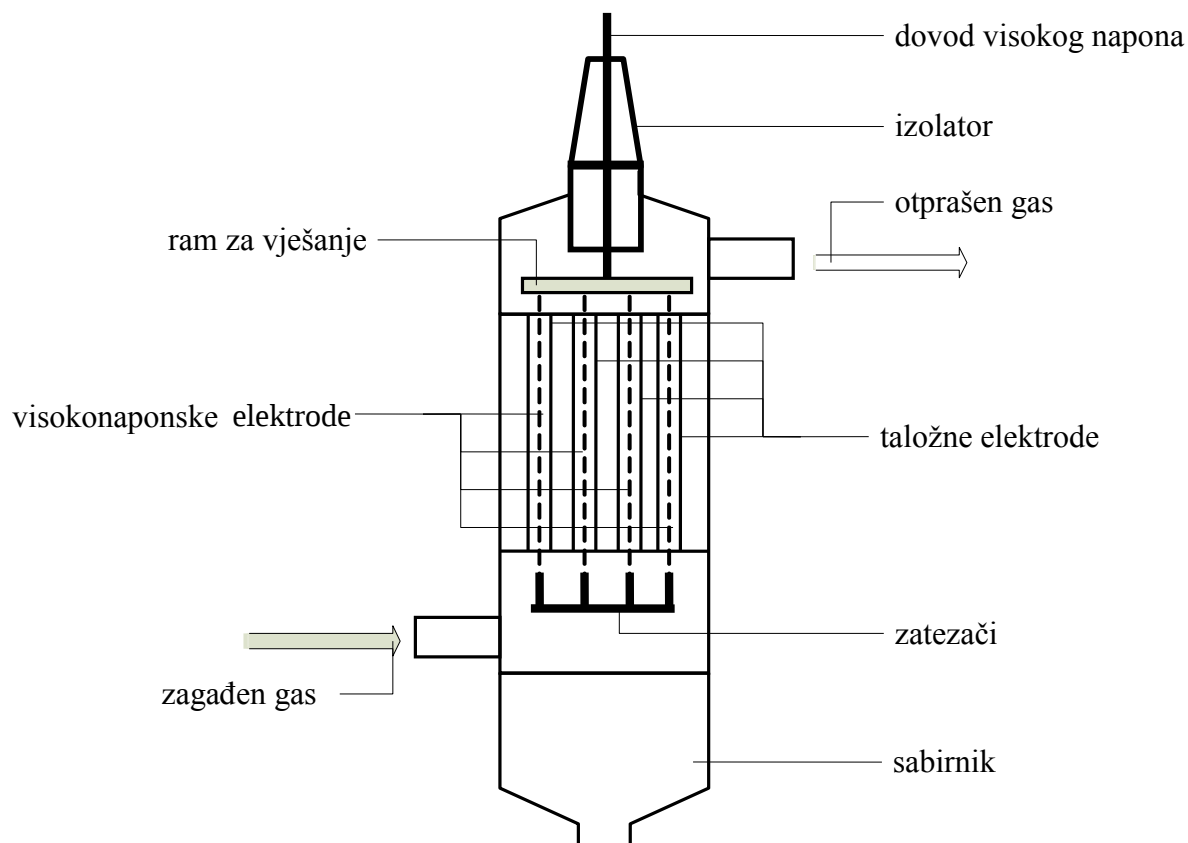
10.4.2 КЕРАМИЧКИ ФИЛТЕРИ

Користе се за фино филтрирање гасова, најчешће већ пречишћених. Температура гаса може бити до 700°C. Отежано се чисте, због адсорбивних особина керамике.

10.5 Отпрашивање деловањем електростатичких сила

10.5.1 ЕЛЕКТРООТПРАШИВАЧИ

Загађени гас се доводи у електроотпрашивач и усмерава се кроз електрично поље, где се јонизује. Јони гаса затим наелектришу чврсте честице, које се налази у гасу, наелектрисане честице се крећу ка супротно наелектрисаним таложним електродима, долази до разелектрисања и на крају одвајања честица од електрода.



Слика 36:Цевни електроотпрашивач

У електроотпрашивачу су позитивно наелектрисане цеви (могу бити и плоче), кроз средиште цеви су провучене танке жице. Тим жицама се доводи негативни високи напон, тако да оне постају негативно наелектрисане. У свакој атмосфери постоје слободни електрони, па тако и у цевима. Електрони у близини електрода добијају велико убрзање. Кад дођу у контакт са атомом или молекулом загађеног гаса, који струји кроз цеви, отцепљују се нови електрони и добиће се позитивни јони или ће се електрони апсорбовати и добиће се негативни гасни иони. Ово електрично пражњење назива се корона. Позитивни јони враћају се на электроду и ту се разелектришу. Негативни иони, услед дејства поља, напуштају активну зону око негативне електроде и иду према таложној електроди.

Да би се честице издвојиле из гаса морају имати електрични напон. Тај напон добивају од негативних иона и заједно са њима иду према таложној електроди. Честице се таложе на таложну электроду и стварају слој талога, који се мора одстранити са таложне електроде. Одстрањивање се може извести отресањем или стварањем танког филма воде који спира талог са таложне електроде.

Електроотпрашивачима се избегавају недостаци који се јављају код других отпрашивача, мада су инвестиције веће. Степен ефикасности је од 97% до 99%, мада је могуће постићи и више од 99%. У њима се такође постиже мали пад притиска и могућ је рад са гасовима високе температуре.

11. ЗАКЉУЧАК

Јасно је да би развој сектора индустрије и енергетике требало усмеравати у правцу заштите ваздуха и смањења емисија загађујућих материја путем:

- иновација и примене чистих технологија,
- реконструкције постојећих постројења која емитују загађујуће материје,
- већег коришћења гасовитог горива и смањење потрошње угља и мазута,
- подстицања развоја мреже и програма за мониторинг и процену ефеката загађивања ваздуха,
- укључења у међународне програме,
- искоришћења пепела из термоелектрана и топлана.

Република Србија треба да унапреди свој приступ и активности у домену емисија у ваздух да би се стање у овој области хармонизовало са праксом ЕУ.

Постоји висок степен слагања и много доказа да ће се због садашњих неадекватних политика ублажавања промене климе и одговарајуће праксе одрживог развоја глобалне емисије гасова стаклене баште (GHG) и даље повећавати неколико наредних деценија.

Досадашњи одговор "мајке природе" је био релативно благ. Одбрамбени капацитети планете су очигледно на измаку и можемо само да претпоставимо даљи развој догађаја. У највећем броју сценарија емисије GHG-а предвиђа се загревање од 0.2°C по деценији у следећих 20 година. После тог периода температурне пројекције све више зависе од специфичности одређених сценарија. На основу посебног извештаја IRCCCa (IRCCC Special Report on Emission Scenarios - SRES) може се закључити да ће очекивани пораст просечне температуре на планети до краја овог века износити 2.5 до 3 °C (распон процена иде од 1.1 до 6.4 °C). Истовремено се предвиђа пораст нивоа мора и океана за 40-ак cm (опсег процена иде од 0.18 до 0.59 m).

Због ограничених могућности компјутерских симулација будућих климатских промена морамо са великом резервом узети у обзир ове упозоравајуће податке. Велики број карика у том ланцу глобалног климатског система може пући истовремено и узроковати непредвидиве последице по целу планету и читав живи свет на њој. Склоност људске цивилизације ка самоуништењу нагло може добити на значају у битно промењеним природним условима.

Велике сеобе услед могућих плављења копнених површина и великих градова, катастрофалне економске последице и борба за основне природне ресурсе могу бити покретачи великих ратова и огромних страдања са несагледивим последицама. Велике природне катастрофе (попут урагана "Катрина", циклона "Наргис" или разорних цунамија са већ подигнутим нивоом мора и океана) могу бити неупоредиво погубније од свих до сада познатих.

Можда је већ касно или можда "никад није касно" уколико проблем глобалног загревања и свеопштег уништавања сопствене планете моментално издигнемо на највиши могући ниво.

12. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Извештај о стању животне средине у 2007. У Републици Србији, Министарство ЖС и просторног планирања
- [2] Мрежа центара за контролу квалитета ваздуха, Републички хидрометеоролошки завод Србије
- [3] The air quality strategy for England, Scotland, Wales and Northern Ireland, Department for Environment, Food and Rural Affairs in partnership with the Scottish Executive, Welsh Assembly Government and Department of the Environment Northern Ireland 2007.
- [4] Life satisfaction and quality in London, G.MacKerron, S. Mourato, Center for Environment Policy, Imperial college London, 2008.
- [5] Guidelines for air quality, World Health Organization Geneva, 2000.
- [6] Миленко Крстић; Механичке операције и уређаји процесних постројења; Универзитет у Сарајеву; Сарајево 1970.
- [7] Димитрије Вороњец; Технолошке операције; Универзитет у Београду; Београд 1985.
- [8] Владо Кохарић; Увод у механичке операције; Свеучилиште у Загребу; Загреб 1981.
- [9] Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), Summary for Policymakers, 2007.
- [10] <http://www.icdc.noaa.gov/oa/climate/ewsarch/2008/ann/global.html>
- [11] Smith, T.M., and P.W. Reunorde (2005), A global merged land air and sea surface temperature reconstruction based on historical observations (1880-1997), J. Clim., 18, 2021-2036.
- [12] Third Assessment Report (TAR) of the IPCC, 2001.
- [13] Peterson, T.C. and P.C. Vose, 1997: An Overview of the Global Historical Climatology Network Database. Bull. Amer. Meteorol. Soc., 78, 2837-2849.