

**JAVNO PREDUZEĆE  
"ELEKTROPRIVREDA SRBIJE" BEOGRAD**

**TE KOSTOLAC B**

**AŽURIRANA STUDIJA O PROCENI UTICAJA PROJEKTA  
IZGRADNJE POSTROJENJA ZA ODSUMPORAVANJE  
DIMNIH GASOVA TEKO B NA ŽIVOTNU SREDINU**

Saglasan Nosilac projekta  
Javno preduzeće  
"Elektroprivreda Srbije" Beograd

Obradivač Studije  
Energoprojekt Entel a.d. Beograd



**PRIMERAK:**

**S19019**

**Jun 2020.**

# Опис технолошког процеса одсумпоравања димних гасова

## 1.1. Основе технолошког процеса

Технологија одсумпоравања димних гасова влажним поступком, уз коришћење кречњака као реагенса и тзв. Влажно третирање димног гаса, представља најчешће примењивану технологију смањења садржаја сумпор-диоксида ( $\text{SO}_2$ ) у димним гасовима емитованим из постројења са котловима на угаљ снага већих од 300 MW. Имајући у виду дуги низ година примене уз континуално побољшање перформанси постројења, поступак влажног одсумпоравања димних гасова сматра се комерцијално зрелом технологијом, за коју се данас може наћи велики број испоручилаца.

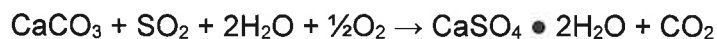
Посматрано са аспекта технолошког процеса, одсумпоравање димних гасова се врши после пречишћавања у електрофилтерском постројењу. Отпашени димни гас усмерава се ка вентилаторима димног гаса и бустер вентилаторима, а потом у апсорбере где се одвија његово пречишћавање. Пречишћен димни гас се затим испушта у атмосферу кроз одговарајући димњак.

Пречишћавање димног гаса врши се у контакту димног гаса са суспензијом кречњака, који се одвија у апсорберу система за одсумпоравање. Струјање димног гаса и суспензије у апсорберу је супротносмерно: гас се уводи у апсорбер у доњем делу и струји нагоре, долазећи у контакт са распршеном суспензијом кречњака, која пада наниже са неколико нивоа за распршивање. Број нивоа распршивања зависи од захтеване ефикасности одсумпоравања, као и задатог опсега улазних концентрација сумпор-диоксида.

Суспензија која циркулише у апсорберу се рецикулационим пумпама усмерава у млазнице за распршивање суспензије распоређене на конзолним носачима у апсорберу, где се распршује до финих капљица и доводи у равномеран контакт са струјом димног гаса. Капљице суспензије апсорбују  $\text{SO}_2$  из димног гаса путем реакције која се одвија између  $\text{SO}_2$  и реагенса тј. сорбента из суспензије. Хлороводоник ( $\text{HCl}$ ), који се налази у димном гасу се такође апсорбује и неутрализује рагујући са кречњаком, формирајући растворљиве соли, што доводи до акумулације јона хлорида у процесној суспензији.

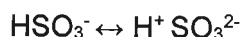
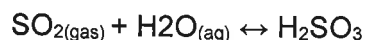
## 1.2. Процесне реакције

У влажном кречњак/гипс поступку одсумпоравања димних гасова одвија се серија сложених контролисаних реакција које се одвијају у гасној, течной и чврстој фази у неколико корака: апсорпција, неутрализација, оксидација и таложење. Сумарна једначина која приказује процес у целини даје приказ основних материја које учествују у поступку и из њега резултују, гласи:



Први корак у поступку одстрањивања сумпор-диоксида из димног гаса је његова апсорпција од стране апсорпционе суспензије. Када једном доспе у суспензију, сумпор-диоксид производи сулфитне и бисулфитне јоне. Природни резултат процеса апсорпције сумпор-диоксида је повећање

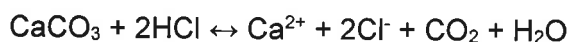
концентрације јона водоника ( $H^+$ ) или смањење рН вредности суспензије, у складу са следећим хемијским реакцијама:



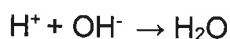
Претходно наведене једначине равнотежног стања јасно показују да ниска рН вредност (висока концентрација водоничних јона) утиче на смањење апсорпције  $SO_2$ . Из тог разлога неутрализација, која ће у наставку бити детаљније објашњена, представља кључни део влажног поступка одсумпорања димних гасова.

Процес апсорпције  $SO_2$  који се одвија у апсорберу је процес преноса гасовитог  $SO_2$  у течну фазу. Истовремено са одвијањем апсорпције  $SO_2$  долази и до апсорпције халогенида, у првом реду хлороводоника. Садржај хлороводоника у димном гасу зависи од садржаја хлора у гориву.

Главна реакција може се приказати на следећи начин:

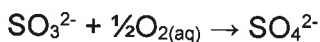
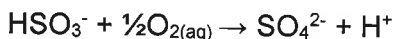


Реакција неутрализације у влажном поступку одсумпоравања димних гасова може поједностављено бити приказана следећом једначином:



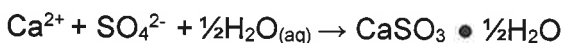
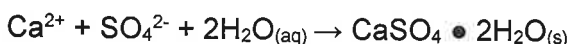
Где је  $H^+$  продукт апсорпције киселог гаса, а  $OH^-$  продукт реакције растварања кречњака.

Секундарном реакцијом апсорпције у реакционом базену апсорбера од сулфита и бисулфита добијају се сулфати:



До приказане реакције оксидације може доћи природним путем, услед присуства кисеоника у димном гасу, или се може поспешити или индуковати контактом са компримованим ваздухом у суспензији реакционог базена апсорбера.

Сулфатни јони у суспензији сједињаваће се са јонима калцијума и таложити у виду формираног гипса (калцијум сулфат дихидрат). На сличан начин, сулфитни јони ће се сједињавати са јонима калцијума и таложити као калцијум сулфит хемихидрат. Молски удео калцијум сулфат дихидрата у укупној количини калцијум сулфата дихидрата и калцијум сулфит хемихидрата дефинисан је као степен оксидације у систему одсумпоравања димних гасова.



Реакције приказане у сваком горе наведеном кораку процеса могу бити груписане у три опште категорије: као реакције гас-течно, течност-течно и течност-чврсто. Степен одстрањивања сумпор-диоксида у процесу одсумпоравања може се контролисати или бити ограничен степеном одвијања било које од претходно приказаних реакција.

### 1.3. Пројектни параметри постројења за ОДГ за блокове Б1 и Б2

Основни параметри за пројектовање постројења за ОДГ су карактеристике димног гаса на улазу и излазу из постројења, као и квалитет нус-производа.

У табелама 1.1. и 1.2. дати су пројектни параметри улазног и излазног димног гаса, респективно.

Табела 1.1. Пројектни параметри улазног димног гаса (по блоку)

| Параметар                                                         | Јединица           | Блок Б1/Б2 |
|-------------------------------------------------------------------|--------------------|------------|
| Температура димног гаса                                           | °C                 | 175        |
| Проток димног гаса (СТП, суви гас)                                | m <sup>3</sup> /h  | 1.469.000  |
| Проток димног гаса (СТП, влажни гас)                              | m <sup>3</sup> /h  | 1.830.530  |
| Проток димног гаса (реални 170°C)                                 | m <sup>3</sup> /h  | 2.970.000  |
| H <sub>2</sub> O (СТП, влажна база, кисеоник)                     | Запремински%       | 19.75      |
| O <sub>2</sub> (СТП, суви гас)                                    | Запремински%       | 8.0        |
| CO <sub>2</sub> (СТП, суви гас)                                   | Запремински%       | 11.46      |
| Концентрација SO <sub>2</sub> (СТП, суви гас, 6% O <sub>2</sub> ) | mg/Nm <sup>3</sup> | 7.661      |
| Концентрација пепела (СТП, суви гас, 6% O <sub>2</sub> )          | mg/Nm <sup>3</sup> | 50         |
| Концентрација SO <sub>3</sub> (СТП, суви гас, 6% O <sub>2</sub> ) | mg/Nm <sup>3</sup> | 50         |
| Концентрација HCl (СТП, суви гас, 6% O <sub>2</sub> )             | mg/Nm <sup>3</sup> | 50         |
| Концентрација HF (СТП, суви гас, 6% O <sub>2</sub> )              | mg/Nm <sup>3</sup> | 30         |

Табела 1.2. Пројектни параметри излазног димног гаса

| Параметар                                                            | Јединица           | Блок Б1/Б2 |
|----------------------------------------------------------------------|--------------------|------------|
| Концентрација SO <sub>2</sub> (СТП, суви гас, 6% O <sub>2</sub> )    | mg/Nm <sup>3</sup> | <200       |
| Концентрација пепела (СТП, суви гас, 6% O <sub>2</sub> )             | mg/Nm <sup>3</sup> | <30        |
| Концентрација капљица у димном гасу на излазу из елиминатора капљица | mg/Nm <sup>3</sup> | <75        |
| Температура димног гаса на улазу у димњак                            | °C                 | ~66        |

Као резултат реакције димног гаса и суспензије кречњака формира се калцијум сулфит који као тежи пада на дно реакционог базена, који је смештен у доњем делу апсорбера. Део суспензије одстрањује се из процеса у циљу уклањања нагомиланог гипса који се одводи на процес примарног угушћења и затим на систем вакуум филтара, ради добијања сувог гипса, који се испоручује на тржиште или се отпрема на депонију гипса. Основни пројектни билансни параметри процеса ОДГ приказани су у табели 1.3.

Табела 1.3. Пројектни параметри процеса ОДГ (по блоку)

| Процесни параметри                                                                 | Јединица          | Величина   |
|------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|------------|
| Уклоњени сумпор-диоксид                                                            | t/h               | 10.960     |
| Потрошња процесне воде                                                             | m <sup>3</sup> /h | max. 144.4 |
| Потрошња кречњака                                                                  | t/dan             | max. 432   |
| Суспензија гипса на излазу из апсорбера (~20% концентрација чврсте материје)       | m <sup>3</sup> /h | 135.0      |
| Повратна вода из хидроциклона суспензије гипса (~4% концентрације чврсте материје) | m <sup>3</sup> /h | 95.0       |
| Количина суспензије гипса (~50% концентрације чврсте материје)                     | m <sup>3</sup> /h | ~47.8      |
| Количина гипса (влаге до 10%)                                                      | t/h               | ~29.3      |
| Количина отпадних вода                                                             | m <sup>3</sup> /h | ~7         |
| Концентрација хлорида у сувом гипсу                                                | ppm               | 335        |
| Концентрација хлорида у отпадној води                                              | ppm               | 8.000      |

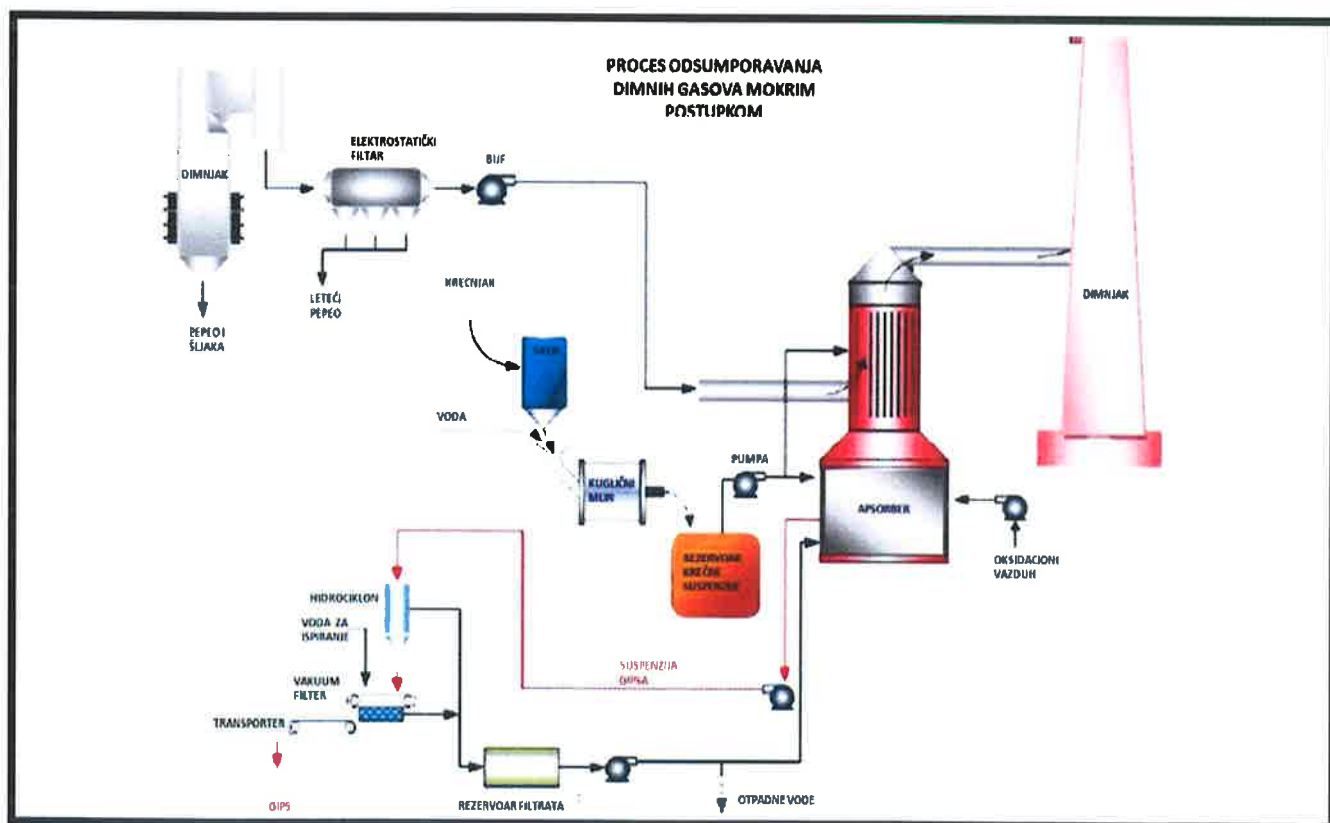
## 1.4. Технички опис постројења за ОДГ

Постројење за одсумпоровање димних гасова чине следећи системи:

- Систем апсорбера
- Систем димног гаса
- Систем за пријем и складиштење кречњака
- Систем за припрему кречњачке суспензије, укључујући:
  - Систем за припрему кречњачке суспензије и
  - Систем за складиштење и допрему кречњачке суспензије у апсорбер
- Систем за одводњавање суспензије гипса
- Систем дренаже
- Помоћни систем (систем технолошке воде, систем за напајање електричном енергијом, систем управљања, систем компримованог ваздуха, термотехничке и хидротехничке инсталације)
- Систем за транспорт и одлагање гипса

На слици 1. дат је илустровани приказ технологије одсумпоровања димних гасова влажним поступком.

Слика 1. Процес одсумпоровања димних гасова мокрым поступком



Пројектом је предвиђено да се у току процеса одсумпоравања емисија  $\text{SO}_2$  смањи за 97,5%, постижући на тај начин излазне концентрације  $\text{SO}_2$  од  $200 \text{ mg/Nm}^3$  (6%  $\text{O}_2$ , сув гас) и то при пројектним карактеристикама димног гаса, датим у табели 1.1. Пројектована расположивост постројења за ОДГ система не може бити мања од 98,4%, а његов радни век је мин. 15. година.

