



عنوان:

فلرها و آلودگی هوای ناشی از آنها در صنعت نفت و گاز

ارائه دهنده: خسرو اشرفی
(استاد دانشکده محیط زیست، دانشگاه تهران)

۱۶ بهمن ماه ۱۴۰۳



فهرست مطالب

- مقدمه
- دیدگاه جهانی در خصوص فلرینگ
- چرا مسئله فلرینگ باید کنترل شود؟
- انتشار گازهای گلخانه‌ای از فلرها
- تاثیرات فلرها بر کیفیت هوا
- ضرایب انتشار (گازهای گلخانه‌ای و آلاینده‌های هوا از فلرها)



مقدمه-اصل پنجاهم قانون اساسی

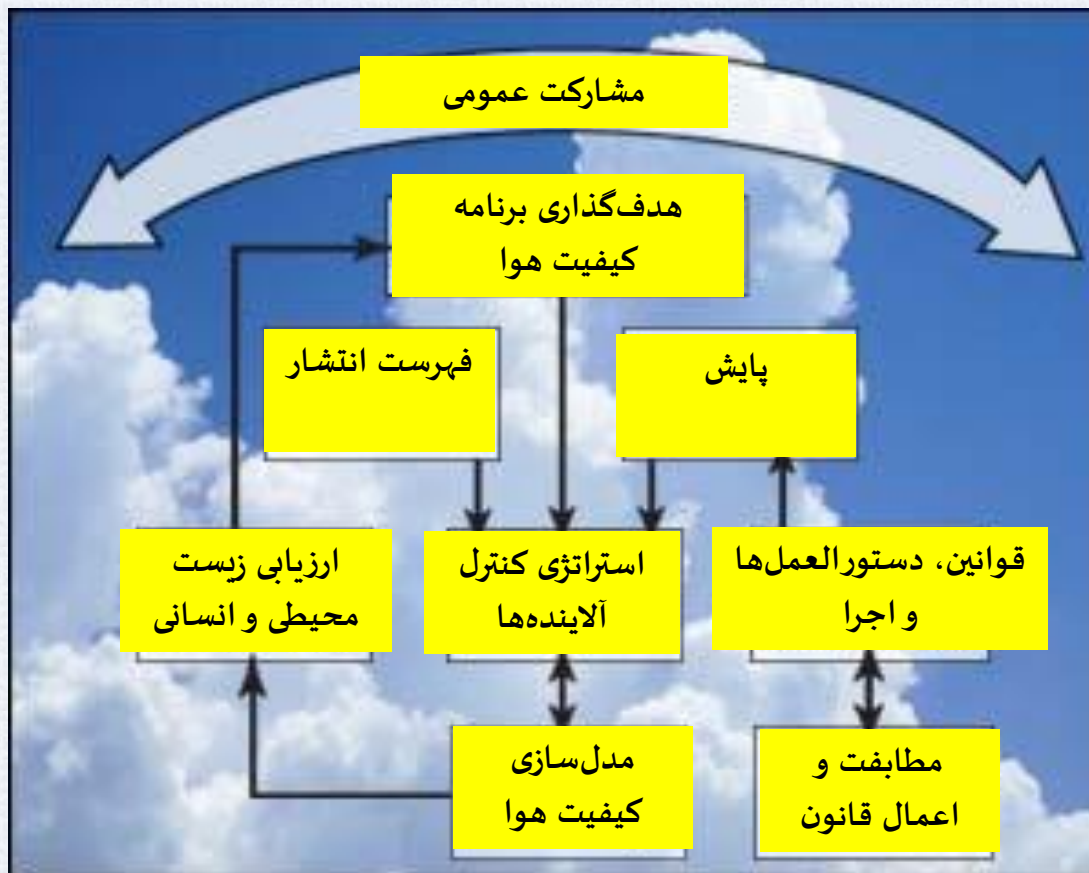
- در جمهوری اسلامی، حفاظت محیط زیست که نسل امروز و نسل‌های بعد باید در آن حیات اجتماعی رو به رشدی داشته باشند، **وظیفه عمومی** تلقی می‌گردد. از این رو **فعالیت‌های اقتصادی** و غیر آن که با آلودگی محیط زیست یا **تخریب غیرقابل جبران** آن ملازمه پیدا کند **ممنوع است**.



مقدمه - قانون هوای پاک

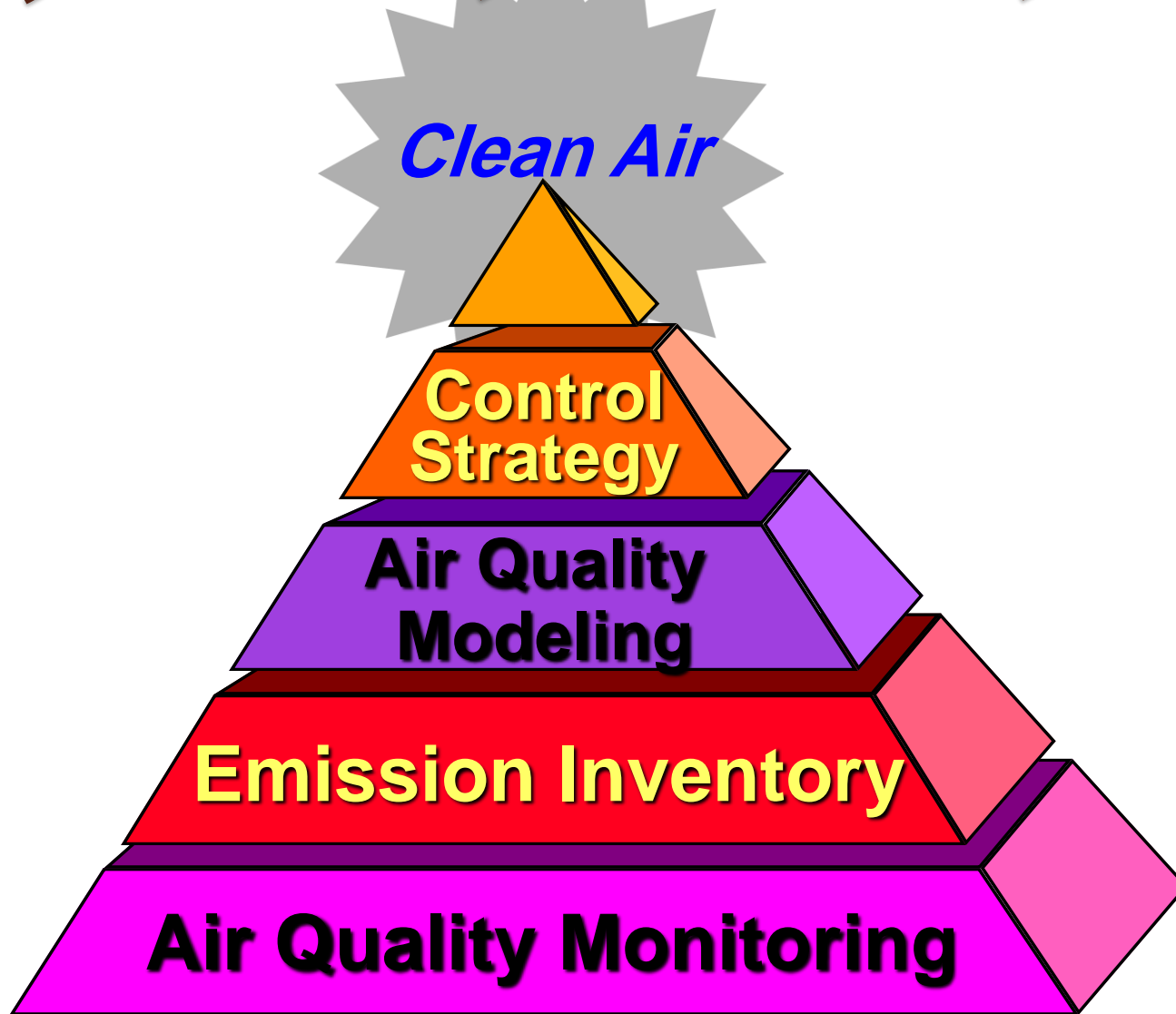
- لینک قانون هوای پاک
- تاریخ تصویب: ۱۳۹۶/۰۴/۲۵
- آلودگی هوا: عبارت است از انتشار یک یا چند آلاینده اعم از آلاینده‌های جامد، مایع، گاز، پرتوهای یون‌ساز و غیر یون‌ساز، بو و صدا در هوای آزاد، به صورت طبیعی یا **انسان‌ساخت**، **به مقدار و مدتی** که کیفیت هوا را به گونه‌ای تغییر دهد که برای **سلامت انسان و موجودات زنده**، **فرآیندهای بوم‌شناختی (اکولوژیکی)** یا آثار و **اثرات زیان‌آور** بوده و یا سبب از بین رفتن یا کاهش سطح رفاه عمومی گردد.

مقدمه - سیستم مدیریت کیفیت هوا





مقدمه - زیرساخت‌های مدیریت کیفیت هوا





مقدمه - نوع آلاینده‌ها

- آلاینده‌های اصلی (معیار) هوا
- آلاینده‌های خطرناک هوا

مقدمه - آلاینده‌های اصلی (معیار) هوا

- مونواکسید کربن

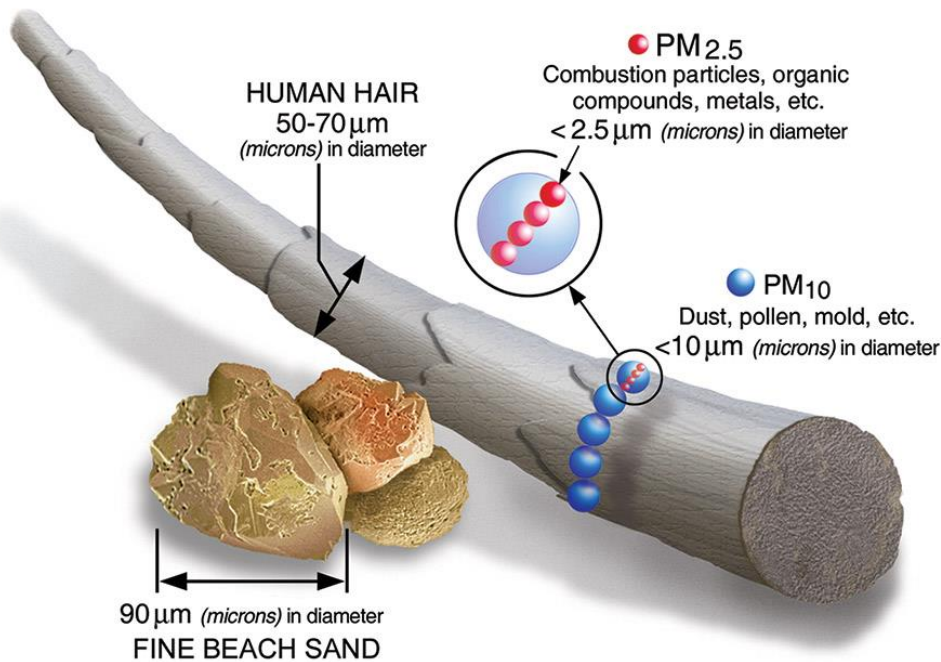
- دی‌اکسید نیتروژن

- دی‌اکسید گوگرد

- ذرات معلق (PM_{10} و $PM_{2.5}$)

- ازن

- سرب





مقدمه - آلاینده‌های خطرناک هوا

• <http://www3.epa.gov/airtoxics/l188polls.html>

• ۱۸۸ آلاینده در این فهرست قرار دارند (بسیاری از VOCs و

ترکیبات فلزات سنگین)

◦ بنزن، تولوئن، اتیل بنزن، زایلنها

◦ اسید کلریدریک، سولفید هیدروژن، اسید فلوئوریک

◦ متانول، متیل کلراید، متیل برماید، فنل، فسژن، اکسید پروپیلن، سایرین،

اکسید سایرین، وینل کلراید، کلراین، اتیلن دی کلراید

◦ کادمیوم، وانادیم، جیوه

◦ و بقیه فهرست

مقدمه-فلرها

- تعریف: کنترل گازهای اضافی (پسماند) با

استفاده از احتراق در صنایع نفت و گاز

- هدف:

- ایمنی

- تخلیه فشار

- تبدیل هیدروکربن‌ها و آلاینده‌های خطرناک به

دی‌اکسید کربن و آلاینده‌های معیار

- ملاحظات:

- محیط زیست، سلامتی و اقتصاد





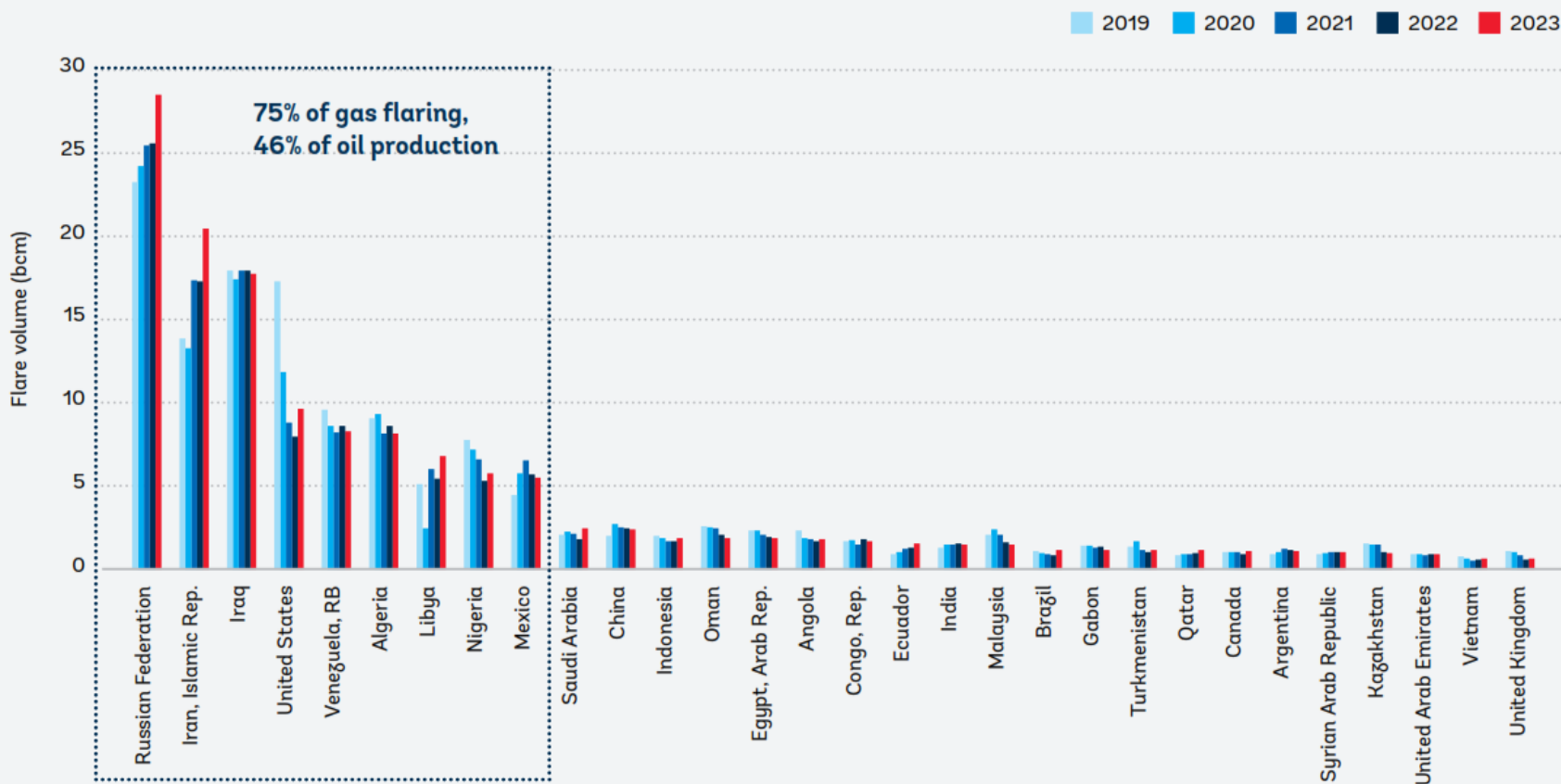
فلر-تاریخچه

- از اوایل سده ۱۹۰۰ استفاده از فلرها شروع شده است.
- اهداف اولیه: برای حفظ ایمنی در هنگام اکتشاف و تولید
- چالش‌های اخیر (مدرن):
 - مدیریت انتشار آلاینده‌ها و گازهای گلخانه‌ای
 - تطابق با قوانین و استانداردهای محیط زیستی
 - هدر رفت سوخت‌های با ارزش و انرژی (اقتصاد)



دیدگاه جهانی در خصوص فلرینگ

- میزان مشعل‌سوزی در جهان: ۱۴۸ میلیارد مترمکعب در سال ۲۰۲۳



75% of gas flaring,
46% of oil production



روند فلرینگ در ایران

- روند حجم و شدت فلرینگ

در ایران

- در سال ۲۰۲۳ مقدار ۳/۲ میلیارد

مترمکعب افزایش (۱۹ درصد)

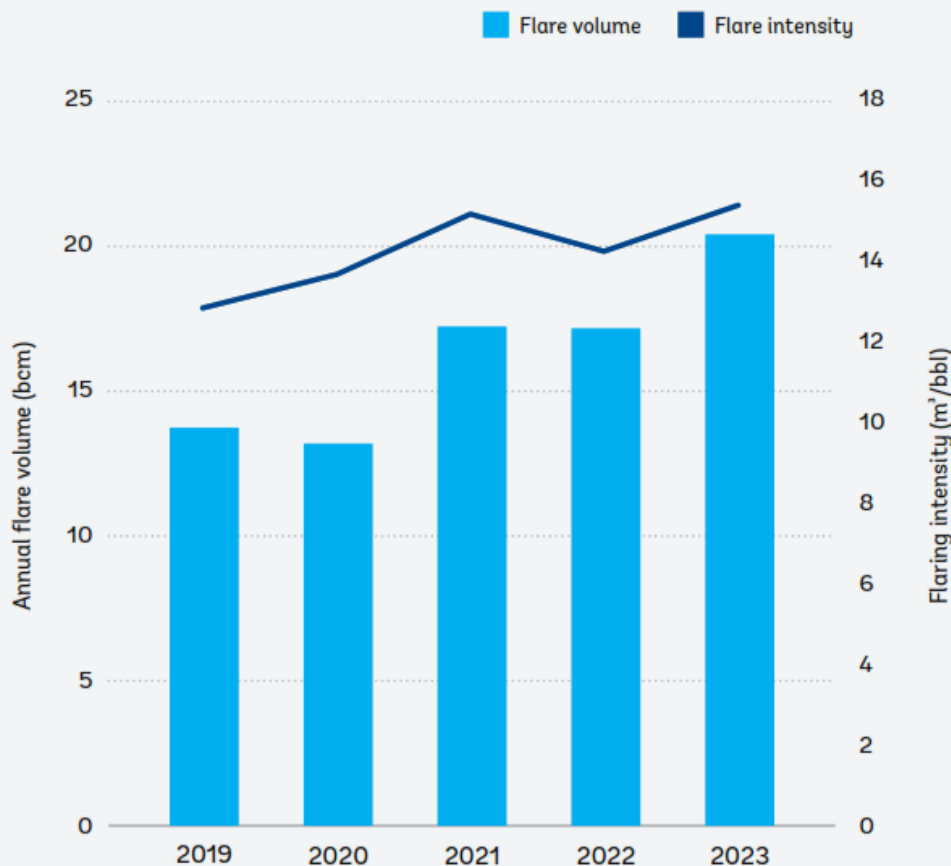
- تعریف شدت فلرینگ:

- مترمکعب گاز فلر شده بر بشکه

نفت تولید شده

- ۸ درصد افزایش ۲۰۲۳ نسبت به

۲۰۲۲



چرا مسئله فلرینگ باید کنترل شود؟



- مسائل محیط زیستی:

- کاهش گازهای گلخانه‌ای و

- آلاینده‌های هوا

- مسائل اقتصادی:

- حفاظت از منابع ارزشمند

- اجتماعی:

- بهبود سلامت عمومی در مناطق مجاور با فلرینگ



انتشار گازهای گلخانه‌ای

- دی‌اکسید کربن (CO_2): جزء اصلی انتشار یافته از احتراق در فلرها
- متان (CH_4): انتشار به‌علت احتراق ناقص در فلرها با پتانسیل گرمایش جهانی ۲۵ برابر CO_2
- کربن سیاه (Black Carbon): آلاینده اقلیمی با عمر کوتاه موثر در گرمایش قطب شمال



تأثیرات فلرها بر کیفیت هوا

• آلاینده‌ها

- ذرات معلق (شامل کربن سیاه، هیدروکربن‌های نستوخته، فلزات سنگین و PAHs)
- اکسیدهای نیتروژن (NO_x)
- ترکیبات آلی فرار (VOCs)
- اکسیدهای گوگرد (SO_x): در فلرهایی که گاز ترش، فلرهای اسیدی و گازهای آغشته به گوگرد و ترکیبات گوگردی

تأثیرات بر کیفیت هوا (ادامه)

- اثرات آلاینده‌های ناشی از فلر بر سلامتی:



- آسم

- بیماری‌های ریوی

- مشکلات قلبی و عروقی

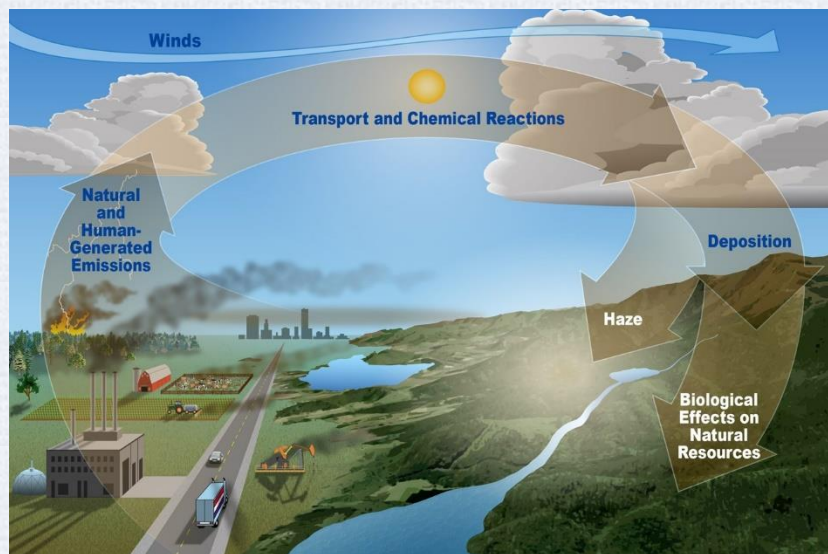
- اثرات منطقه‌ای:

- کاهش کیفیت هوا در نواحی با فلر

- باران‌ها و نشست‌های اسیدی

- مشارکت در واکنش‌های فتوشیمی

- تشکیل مه‌دود فتوشیمیایی (O_3 سد)



ضرایب انتشار برای فلرها

- تعریف: میزان انتشار متوسط به ازای واحدی از گاز که فلر می‌شود.
- هدف: کمی‌سازی و مقایسه میزان انتشارها
- کاربرد: برای تطابق با قوانین و ارائه طرح‌های کاهش





عوامل موثر بر میزان انتشار از فلرها

$$\eta = \frac{\text{Mass of Carbon Converted to CO}_2}{\text{Mass of Carbon Originally as Fuel}}$$

- کار آیی احتراق:

◦ کاهش CH_4 ، VOCs و ذرات معلق (PM) و افزایش مقدار

جزئی CO_2

- کارایی احتراق وابسته به ترکیب

◦ هیدروکربن‌های سنگین به مراتب

می‌شود.

- کار آیی احتراق وابسته به شرایط

◦ شرایط نگهداری ضعیف منجر

◦ فلرهای نسل جدید در کاهش آلودگی موثر





ضرایب انتشار گاز گلخانه‌ای برای CO₂

- منبع: احتراق کامل هیدروکربنها
 - محدوده معمول انتشار برای فلرها به‌ازای مترمکعب گاز فلر شده:
2.65 kg / m³
- میزان انتشار از کل فلرینگ در دنیا:
 - 379 میلیون تن در سال 2023
 - سهم در کل انتشار CO₂: یک درصد از کل انتشار جهانی
- سهم انتشار فلرینگ ایران 54 میلیون تن
 - 6.6 درصد از انتشار کل ایران (ناشی از سوخت‌های فسیلی و صنعت، تغییر کاربری زمین لحاظ نشده)



ضریب انتشار گاز گلخانه‌ای متان (CH_4)

- منبع: احتراق ناقص در فلرها
- محدوده معمول برای انتشار از فلرها به‌ازای هر مترمکعب گاز فلر شده:
 - 0.8 تا 1.2 درصد حجمی
- میزان انتشار متان از فلرینگ دنیا در سال ۲۰۲۳:
 - تقریباً یک میلیون تن در سال
- میزان انتشار متان از فلرینگ ایران در سال ۲۰۲۳:
 - ۱۴۶۲۶۸ تن متان در سال



ضریب انتشار آلاینده ذرات معلق و کربن سیاه

- منبع: دود، دوده و هیدروکربن‌های نسوخته از احتراق ناقص
- ضریب انتشار در محدوده معمول برای ذرات معلق ($PM_{2.5}$):
 - $0.5-2.5 \text{ g/m}^3$
 - میزان انتشار متوسط ذرات معلق از فلرینگ جهانی 222000 تن در سال
 - میزان انتشار متوسط ذرات معلق از فلرینگ ایران 30600 تن در سال
- ضریب انتشار در محدوده معمول برای کربن سیاه:
 - $0.1-0.5 \text{ g/m}^3$
 - میزان انتشار متوسط از فلرینگ در ایران 6120 تن در سال



ضریب انتشار آلاینده NOx

- منبع: دمای بالای احتراق
- ضریب انتشار در محدوده معمول برای NOx:

◦ $3-10 \text{ g/m}^3$

- میزان انتشار متوسط NOx در سال

◦ انتشار جهانی: ۹۶۲۰۰۰ تن در سال

◦ انتشار ایران: ۱۳۲۶۰۰ تن در سال



ضریب انتشار آلاینده SOx

- منبع: وجود ترکیببات گوگردی در گاز فلر شده
 - در هنگام احتراق گوگرد موجود در سوخت با اکسیژن واکنش می‌دهد.
- ضریب انتشار و میزان انتشار
 - از بالانس جرم گوگرد در سوخت و محصولات احتراق محاسبه می‌شود.
 - برای مثال:
 - $H_2S + 1.5 O_2 \rightarrow SO_2 + H_2O$



ضریب انتشار آلاینده ترکیبات آلی فرار VOCs

- منبع در فلرها:

- احتراق ناقص که برخی هیدروکربن‌ها به صورت نسوخته به شکل گاز باقی می‌مانند یا تشکیل می‌شوند (مانند بنزن)
- تخلیه سرد

- ضریب انتشار فلرها:

- $0.3-1.0 \text{ g/m}^3$

- میزان انتشار:

- جهانی: ۹۶۲۰۰ تن در سال
- ایران: ۱۳۲۶۰ تن در سال



روش‌های کنترل و کاهش آلاینده‌های ناشی از فلرینگ

- حذف یا کاهش گازهای فلر

- تزریق گاز به چاه‌ها

- پالایش گاز برای تزریق به خطوط لوله یا استفاده در محل

- تولید برق در محل برای استفاده فرآیندها و یا اتصال به شبکه

- تولید LNG

- افزایش کارآیی احتراق

- طراحی فلر با کارآیی بالا (تزریق هوا یا بخار و طراحی اختلاط مناسب)

- فلرهای زمینی در محفظه احتراق

- بهینه‌سازی طراحی نوک فلر



روش‌های کنترل و کاهش آلاینده‌های ناشی از فلرینگ (ادامه)

• توصیه EPA برای مدیریت آلاینده‌های خطرناک هوا در

صنایع فرایندی مانند پتروشیمی:

◦ اولویت اول: برگردان گازهای فلر به خط خوراک یا محصولات
میانی

◦ ارسال به بویلر یا هیتر برای استفاده از انرژی گازهای فلر
به صورت حرارت یا تولید برق

◦ ارسال به فلر با کارآیی بالا و تخلیه ایمن به جو



بایسپاس از توجه شما