

جلسه ۳:

سوخت های فسیلی (۲)

درس: انرژی و توسعه پایدار

دکتر علی رضا بازارگان

info@environ.ir

Dr. Alireza Bazargan info@environ.ir

1

گاز طبیعی

Compound	Molar fraction
<i>Hydrocarbons</i>	
Methane	0.75 - 0.99
Ethane	0.01 - 0.15
Propane	0.01 - 0.10
<i>n</i> -Butane	0.00 - 0.02
Isobutane	0.00 - 0.01
<i>n</i> -Pentane	0.00 - 0.01
Isopentane	0.00 - 0.01
Hexane	0.00 - 0.01
Heptane plus higher hydrocarbons	0.00 - 0.001
<i>Nonhydrocarbons</i>	
Nitrogen	0.00 - 0.15
Carbon dioxide	0.00 - 0.30
Hydrogen sulfide	0.00 - 0.30
Helium	0.00 - 0.05

• گاز طبیعی مخلوطی از متان و هیدروکربن های مختلف است به همراه مقداری ناخالصی (مواد غیر هیدروکربنی). مهم ترین ناخالصی سولفید هیدروژن است که سمی و خورنده است و وقتی سوزانده شود دی اکسید سولفور که آن نیز سمی و خورنده است تولید می کند

Dr. Alireza Bazargan info@environ.ir

2

ارزش حرارتی

- برای اندازه گیری: گاز در فشار 101.325 و با دمای اولیه 298K سوزانده می شود و محصولات احتراق دوباره به 298K برگردانده می شوند = حرارت حاصله ارزش حرارتی است
- مانند سوخت های جامد و مایع، GCV و NCV دارد
- اگر درصد مولی اجزاء تشکیل دهنده را بدانیم، قابل محاسبه است:

$$H = \sum y_i H_i$$

where y_i is the molar fraction of component i H_i is the gross or net calorific value of component i

3

ارزش حرارتی

Compound	Gross calorific value, MJ/m ³	Net calorific value, MJ/m ³
Methane	39.819	35.883
Ethane	70.293	64.345
Propane	101.242	93.215
<i>n</i> -Butane	134.061	123.810
Isobutane	133.119	122.910
<i>n</i> -Pentane	169.19*	156.56*
Isopentane	167.53*	154.99*
<i>n</i> -Hexane	208.70*	193.38*
<i>n</i> -Heptane	265.22*	245.99*
Hydrogen sulfide	25.336	23.353

*Compound is in liquid state at STP.

Dr. Alireza Bazargan info@environ.ir

4

LNG, CNG, LPG

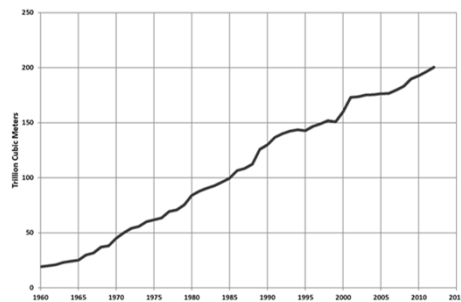
- LNG = Liquefied Natural Gas
 - ۱/۶۰۰ حجم اولیه، افزایش چشمگیر ظرفیت حمل و نقل، نیاز به تاسیسات خاص و بسیار گران
- CNG = Compressed Natural Gas
 - گاز تحت فشار، ۱٪ حجم اولیه، به مراتب ارزان تر از مایع سازی، محصولات احتراق تمیزتر از بنزین، مناسب برای ماشین و اتوبوس
- LPG = Liquefied Petroleum Gas
 - اکثرا پروپان و بوتان، فشار کمتر ارزش حرارتی بیشتر، برای پخت و پز



آمار منابع گاز طبیعی

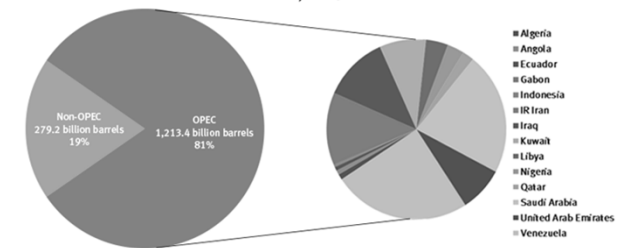
PROVEN NATURAL GAS RESERVES	
TOP TEN COUNTRIES	
RUSSIA	49,541.0
IRAN, I.R.	33,500.0
QATAR	24,299.1
UNITED STATES	11,011.0
TURKMENISTAN	9,904.2
SAUDI ARABIA	8,588.2
U.A.E.	6,091.0
VENEZUELA	5,701.5
ALGERIA	5,404.0
NIGERIA	5,284.3
OTHERS	42,642.2

Source: 2016 OPEC Annual Statistical Bulletin



آمار منابع نفت خام

OPEC share of world crude oil reserves, 2015

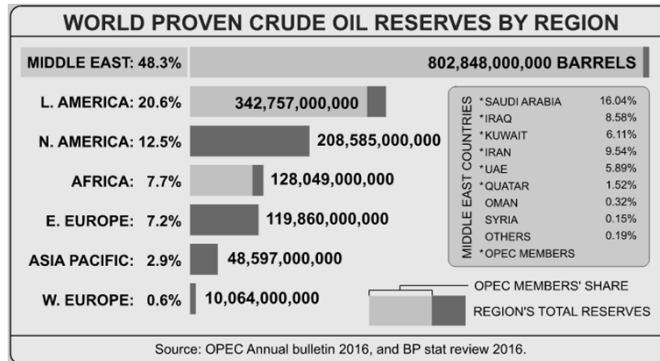


OPEC proven crude oil reserves, at end 2015 (billion barrels, OPEC share)

Venezuela	300.88	24.8%	Kuwait	101.50	8.4%	Qatar	25.24	2.1%	Indonesia	3.23	0.3%
Saudi Arabia	266.46	22.0%	United Arab Emirates	97.80	8.1%	Algeria	12.20	1.0%	Gabon	2.00	0.2%
Iran	158.40	13.1%	Libya	48.36	4.0%	Angola	9.52	0.8%			
Iraq	142.50	11.7%	Nigeria	37.06	3.1%	Ecuador	8.27	0.7%			

Source: OPEC Annual Statistical Bulletin 2016.

آمار منابع نفت خام



Dr. Alireza Bazargan info@environ.ir

9

آمار مصرف نفت

Rank	Country	Production	Consumption	Delta
1	US	12.7	19.4	-6.7
2	Saudi Arabia	12.0	3.9	8.1
3	Russian Federation	11.0	3.1	7.9
4	Canada	4.4	2.3	2.1
5	China	4.3	12.0	-7.7
6	Iraq	4.0	0.8	3.2
7	Iran	3.9	1.9	2.0
8	United Arab Emirates	3.9	0.9	3.0
9	Kuwait	3.1	0.5	2.6
10	Venezuela	2.6	0.7	1.9

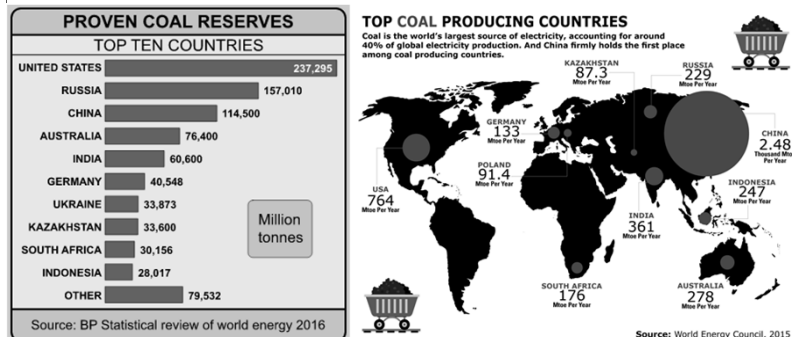
Data from 2016 BP Statistical Review

© Robert Rapier

Dr. Alireza Bazargan info@environ.ir

10

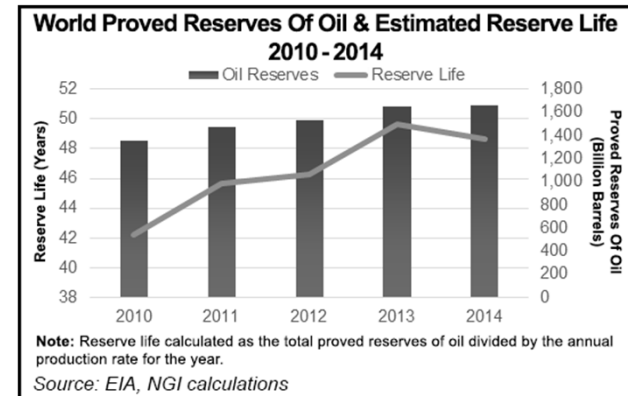
آمار منابع ذغال سنگ



Dr. Alireza Bazargan info@environ.ir

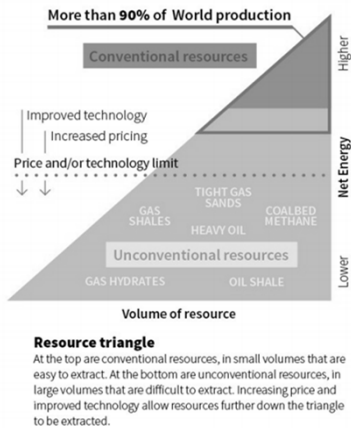
11

چقدر نفت وجود دارد؟



12

فسیلی غیرمتعارف



- با گذر زمان و افزایش نیاز بشر، منابع سوخت های فسیلی که در گذشته استخراج آن ها غیر اقتصادی و نامعقول بود، مورد توجه قرار می گیرند
- هنوز طبقه بندی قطعی برای سوخت های فسیلی غیر متعارف وجود ندارد

Tight Gas and Shale Gas

- گاز طبیعی است که برخلاف منابع متعارف، در بستری از سنگ قرار گرفته است که تراوایی (permeability) بسیار پایین دارد و با چاه عادی استخراج نمی شود
- برای استخراج آن نیاز است که مایعات (آب به همراه شن) با فشار بالا به درون زمین فرستاده شود تا سنگ را بشکافد و گاز را آزاد کند = شکست هیدرولیکی
- در سال ۲۰۰۰ فقط ۱٪ از گاز آمریکا از این روش تولید می شد ولی اکنون بیش از ۲۵٪ و در ۲۰ سال آینده حدود ۵۰٪ خواهد بود

Tight Oil - LTO

- به این نفت Shale Oil نیز گفته می شود که نباید با Oil Shale اشتباه شود
- مشابه با Tight Gas به نفتی گفته می شود که درون بستری از سنگ قرار گرفته است که تراوایی بسیار پایین دارد و با چاه عادی استخراج نمی شود و باید شکست هیدرولیکی انجام شود
- سرعت رشد این تکنولوژی بسیار سریع است. به عنوان مثال تعداد حفر این گونه چاه ها در آمریکا در سالهای اخیر برابر با حفر تمام چاه های جدید نفت متعارف در بقیه دنیا بوده است

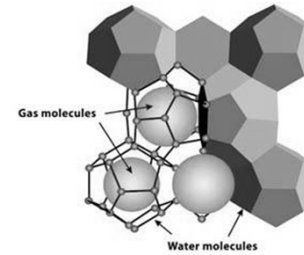
Coal-Bed Methane

- گاز طبیعی است که از معادن ذغال سنگ استخراج می شود
- این گاز بر روی ساختار ذغال سنگ جذب شده است (adsorption) و شیرین است و برخلاف گاز طبیعی متعارف تقریباً عاری از پروپان و اجزاء سنگین تر است
- همان گازی است که در معادن ذغال سنگ در گذشته مشکل ایمنی ایجاد می کرد
- در حالت عادی با آب آلوده بالا می آید ولی برای استخراج آن ممکن است نیاز به شکست هیدرولیکی (fracking) نیز بشود

Tar Sands

- مجموعه ای از شن (بیش از ۸۰٪) به همراه نفت سنگین (حدود ۱۰٪) و آب و خاک رس که جامدی مانند قیر ایجاد می کند
- در گذشته استخراج این نوع نفت منطقی نبود ولی با کاهش منابع متعارف مورد توجه قرار گرفته است
- آمار مربوط به نفت در جهان را به صورت جدی تکان می دهد. به عنوان مثال، اگر نفت-شنی را در محاسبات وارد کنیم، استان آلبرتا کانادا بیش از کل ایران نفت دارد

Gas Hydrates



- گاهی مولکول های گاز مابین مایع (آب) یخ زده محصور می شوند
- معمولا این اتفاق برای متان در عمق بیش از ۵۰۰ متری دریا رخ می دهد
- تحقیقاتی پیرامون احتمال استخراج متان از این ترکیبات در حال انجام است ولی هنوز در حد آزمایشگاهی است

Oil Shale

- سنگ دارای ترکیبات آلی کروژن است. در واقع این سنگ ها قبل از این که زمان و دما و فشار کافی آن ها را به نفت تبدیل کند استخراج می شوند
- با حرارت دادن این سنگ ها در عدم اکسیژن، مواد فرار از آن جدا می شود که با میعان، نفت غیر متعارف به دست می آید که نیاز به فراوری بیشتر دارد
- استخراج نفت از این ترکیبات گران تر از نفت متعارف است و تاثیرات سوء بیشتری بر محیط زیست دارد

