

### Korszerű Energiatermelés 4. TÜZELÉSTECHNIKAI ALAPISMERETEK

Dr. Pátzay György 1

### Tüzelőanyagok

Dr. Pátzay György 2

Az energiatermelés során leggyakrabban **tüzelőanyag**ként kőszén (feketeszenet), barnaszén, kőolajszármazékokat, gázokat, tőzeget és biomasszát alkalmaznak a hőfejlesztéshez. Ezen tüzelőanyagok mellett éghető ipari hulladékok és háztartási szemét is szóba jöhetnek. A legfontosabb égetési reakciók minden ilyen tüzelőanyag esetén a következő exoterm reakciók:

$$C + O_2 \rightarrow CO_2 \quad \Delta H = -393,5 \text{ kJ/mol}$$

$$H_2 + \frac{1}{2} O_2 \rightarrow H_2O \quad \Delta H = -285,9 \text{ kJ/mol}$$

$$S + O_2 \rightarrow SO_2 \quad \Delta H = -70,00 \text{ kJ/mol}$$

Dr. Pátzay György 3

### Szilárd, cseppfolyós (tömeg%) és gáz (tf%) halmazállapotú tüzelőanyagok összetétele

	Hamu	Víz	C	H	S	O	N	Égéshő (kJ/kg)
Kőszén (antracit)	4	1	85,4	3,8	1,2	2,3	2,3	33390
Kőszén (gázkőszén)	3,7	3,5	77,3	5	1	8,5	1	30000
Koksiz	9	1,8	84	0,8	1	1,7	1,7	29310
Barnaszén (nyers)	2,7	59,3	23	1,9	1,6	6	6,1	8000
Benzin	-	-	85,6	14,35	0,05	-	-	43 500
Tüzelőolaj (könnyű)	-	0,1	85,5	13,5	0,9	-	-	42600
Tüzelőolaj (nehéz)	1	0,5	84	11,7	2,8	-	-	40 500

Földgáz	CH <sub>4</sub>	H <sub>2</sub>	CO	CO <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> (stb.)	Égéshő (kJ/kg)
Hidrogén		100					142 500
Szénmonoxid			100				12640
Metán	100						35 795
Földgáz (holland, orosz)	80,9	-	-	0,8	14,4	3,9	32 000
Kokszoló gáz	25	55	6	2	10	2	17375
Kohó (torok) gáz	0,3	2	30	8	59,7	-	3975

Dr. Pátzay György 4

Természetesen ezek az értékek erősen változnak a származási hely függvényében. Tájékoztatóul a fa mint tüzelőanyag 10-30 m% nedvességet, 0,5 m% hamut és 62-75 m% illékony komponenset tartalmaz, fűtőértéke 10.500-16800 kJ/kg. A személtalajú tüzelőanyagok jelentősége nő a tüzeléstechnikában, összetétel szempontjából igen heterogének, hamutartalmuk 22-60 m%, víztartalmuk 10-50 m%, fűtőértékük pedig 3350-11700 kJ/kg.

Az **égéshő** és **fűtőérték** közti összefüggés szilárd és folyékony tüzelőanyagok esetén:

$$F = E - r \cdot X_{H_2O}$$

ahol  
 $r$  - 2443 kJ/kg a víz párolgási (kondenzációs) hője 25 °C -on  
 $X_{H_2O}$  - a víztartalom tömeghányada a tüzelőanyagra vonatkoztatva (eredeti tartalom + keletkezett víz)

Gázhalmazállapotú tüzelőanyagok esetén a normáltérfogatra vonatkoztatott fűtőértéket alkalmazzák:

$$F_N = E_N - r_N \cdot X_{H_2O}$$

ahol  
 $r_N$  - 1990 kJ/Nm<sup>3</sup> a víz normáltérfogatra vonatkoztatott párolgási (kondenzációs) hője 25 °C -on.

Dr. Pátzay György

5

Szilárd és cseppfolyós tüzelőanyagok fűtőértéke az elemi összetétel függvényében számítható az alábbi összefüggéssel:

$$F = 34,8 X_C + 93,9 X_H + 10,5 X_S + 6,3 X_N - 10,8 X_O - 2,5 X_{H_2O} \quad [\text{MJ/kg}]$$

Gázhalmazállapotú tüzelőanyagok fűtőértéke a térfogatszázalékos összetétel ismeretében számítható:

$$F = (10,8 H_2 \text{ tf}\% + 12,6 CO \text{ tf}\% + 35,8 CH_4 \text{ tf}\% + 60 C_2H_4 \text{ tf}\% + 71,2 C_nH_m \text{ tf}\%) / 100 \quad [\text{MJ/Nm}^3]$$

#### Tüzeléstechnikai számítások

Az égési folyamatok mennyiségi leírása a technikai tüzelőrendszerekben az egyensúlyi, áramlási, és reakciókinetikai paraméterek és a számos technikai környezeti feltétel bonyolultsága miatt rendkívül nehéz. Így a legtöbb esetben csak rendkívül leegyszerűsített folyamatokat vesznek figyelembe. Ezen egyszerűsített modell sémája látható a következő ábrán.



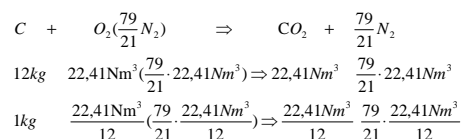
Dr. Pátzay György

6

Ennek alapján az egyes komponensek égési reakcióinak sztöchiometriája segítségével kiszámíthatók a szükséges levegőmennyiségek, a keletkezett füstgázmennyiségek és összetételek. A három legfontosabb elemi komponens (C, H, S) égési reakciói elméleti, sztöchiometrikus esetben:

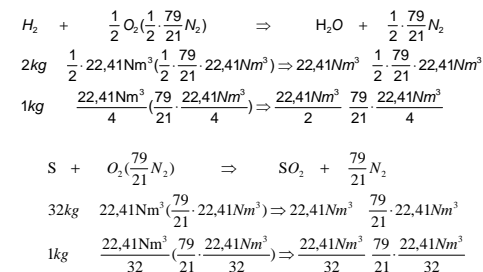
#### Elméleti levegőszükséglet ( $L_0$ , Nm<sup>3</sup> levegő/kg tüzelőanyag)

A tüzelőanyag elemi összetételének (szén-, hidrogén- és általában kéntartalmának) ismeretében, az égési reakciók alapján kiszámítható 1kg tömegű tüzelőanyag tökéletes elégetéséhez szükséges oxigén, ill. ezen keresztül a szükséges levegő mennyisége.



Dr. Pátzay György

7



A normál köbméter (Nm<sup>3</sup>) a 0°C-os (273,15K) és 1,013bar (101,32kPa) nyomású gáz térfogategysége. A levegő átlagosan 21 tf% oxigént tartalmaz. A levegő térfogatát megkapjuk, ha a benne levő oxigén térfogatát 100/21 = 4,76-tal megszorozzuk. Ezért az egyes elemi alkotók oxigénszükségletét 4,76-tal szorozva és a tüzelőanyag elemi összetételével súlyozva a tüzelőanyag tökéletes égéséhez szükséges elméleti levegőmennyiséget kapjuk:

Dr. Pátzay György

8

Összegezve az égési egyenletek baloldalán kijelölt műveleteket:

$$L_0 = \frac{100}{21} \frac{22,41}{\text{kg szén}} \text{Nm}^3 \text{levegő} \cdot C \frac{\text{kg szén}}{\text{kg tüzelőanyag}} + \frac{100}{21} \frac{22,41}{\text{kg szén}} \text{Nm}^3 \text{levegő} \cdot H \frac{\text{kg hidrogén}}{\text{kg tüzelőanyag}} + \frac{100}{21} \frac{22,41 \text{Nm}^3 \text{levegő}}{32} \cdot S \frac{\text{kg kén}}{\text{kg tüzelőanyag}}$$

Elvégezve a számításokat:

$$L_0 = 8,876 \cdot X_C + 26,678 \cdot X_H + 3,32 \cdot X_S \quad (\text{Nm}^3 \text{ kg levegő/kg tüzelőanyag})$$

**Elméleti (száraz és nedves) füstgáz-mennyiség**  
( $V_0^{sz}$ ,  $V_0^n$ ,  $\text{Nm}^3$  füstgáz/kg tüzelőanyag)

Az elméleti száraz füstgáz  $\text{CO}_2$ -t,  $\text{SO}_2$ -t és  $\text{N}_2$ -t tartalmaz, míg a nedves füstgázban a vízgőz is benne van. Az elméleti levegőmennyiség számításánál használt gondolatmenetet követve az égési egyenletek jobb oldalán lévő összefüggések alapján az alábbi számítási formulákhoz jutunk:

$$V_0^{sz} = \frac{100}{21} \frac{22,41}{\text{kg szén}} \text{Nm}^3 \text{ füstgáz} \cdot C \frac{\text{kg szén}}{\text{kg tüzelőanyag}} + \frac{79}{21} \frac{22,41}{\text{kg hidrogén}} \text{Nm}^3 \text{ füstgáz} \cdot H \frac{\text{kg hidrogén}}{\text{kg tüzelőanyag}} + \frac{100}{21} \frac{22,41 \text{Nm}^3}{\text{kg kén}} \text{Nm}^3 \text{ füstgáz} \cdot S \frac{\text{kg kén}}{\text{kg tüzelőanyag}}$$

Dr. Pátzay György

9

$$V_0^n = \frac{100}{21} \frac{22,41}{\text{kg szén}} \text{Nm}^3 \text{ füstgáz} \cdot C \frac{\text{kg szén}}{\text{kg tüzelőanyag}} + \frac{121}{21} \frac{22,41}{\text{kg hidrogén}} \text{Nm}^3 \text{ füstgáz} \cdot H \frac{\text{kg hidrogén}}{\text{kg tüzelőanyag}} + \frac{100}{21} \frac{22,41}{\text{kg kén}} \text{Nm}^3 \text{ füstgáz} \cdot S \frac{\text{kg kén}}{\text{kg tüzelőanyag}} + \frac{22,41}{18} \text{Nm}^3 \text{ füstgáz} \cdot H \frac{\text{kg hidrogén}}{\text{kg tüzelőanyag}}$$

(1kg vízből 1,23  $\text{Nm}^3$  vízgőz lesz, ahol  $\text{H}_2\text{O}$  a tüzelőanyag eredeti nedvességtartalma.)  
Elvégezve a kijelölt számításokat:

$$V_0^{sz} = 8,876 \cdot X_C + 21,07 \cdot X_H + 3,32 \cdot X_S$$

$$V_0^n = 8,876 \cdot X_C + 32,0 \cdot X_H + 3,32 \cdot X_S$$

**Légviszony (Légfeleslegtényező) (n) (λ)**

A tüzelőanyag tökéletes elégetéséhez az elméletinél nagyobb mennyiségű levegőt kell felhasználni. A többletlevégőt légfeleslegtényezővel (n) fejezzük ki, amely megadja, hogy a ténylegesen felhasznált levegő (L) hányszorosa az elméleti levegőszükségletnek ( $L_0$ ).

$$n = \frac{L}{L_0}$$

A felesleges levegő változás nélkül halad át a tüzelőszerkezeten, a tüztér hőmérséklete nem túl magas. (Ellenkező esetben a levegő nitrogénje részben nitrogén-oxidokká alakul!)

Dr. Pátzay György

10

A **légfelesleg tényező**t gyakorlatilag a füstgáz elemzési adataiból ( $\text{O}_2$  és  $\text{CO}_2$  tartalmából) tudjuk kiszámítani.

A száraz füstgázok  $\text{O}_2$ -tartalmából/levegyszerűbben:

$$n = \frac{21}{21 - \text{O}_{2\text{mér}}} \quad \text{képlettel, pontosabban pedig} \quad n = 1 + \left[ \frac{V_0^{sz}}{L_0} \cdot \frac{\text{O}_{2\text{mér}}}{21 - \text{O}_{2\text{mér}}} \right] \text{ számíthatjuk.}$$

A száraz füstgázok  $\text{CO}_2$ -tartalmából pedig:  $n = 1 + \left[ \frac{V_0^{sz}}{L_0} \cdot \frac{\text{CO}_{2\text{max}} - \text{CO}_{2\text{mér}}}{\text{CO}_{2\text{mér}}} \right]$

Ez utóbbi képletek használatához az elméleti levegőszükséglet ( $L_0$ ) és az elméletileg keletkező száraz füstgáz térfogat ( $V_0^{sz}$ ) értékén kívül ismerni kell a füstgázok maximális  $\text{CO}_2$  tartalmát is. A  $\text{CO}_{2\text{max}}$ , a füstgáz széndioxid tartalma abban az elméleti esetben, ha  $L_0$  elméleti levegőszükséglet mellett az összes szén  $\text{CO}_2$ -dá ég el. A füstgázban keletkező maximális  $\text{CO}_2$  tartalom értékét a tüzelőanyag karbon-tartalmából és az elméleti száraz füstgázból ( $V_0^{sz}$ ) számíthatjuk:

$$\text{CO}_{2\text{max}} = \frac{22,41}{12} \frac{\text{Nm}^3 \text{CO}_2}{\text{kg szén}} \cdot C \frac{\text{kg szén}}{\text{kg tüzelőanyag}} \cdot \frac{V_0^{sz}}{\text{Nm}^3 \text{ füstgáz}} \cdot S \frac{\text{kg kén}}{\text{kg tüzelőanyag}}$$

Dr. Pátzay György

11

**A ténylegesen képződött füstgázmennyiség**

A tüzelés során képződött valódi füstgáz mennyiségek a légfeleslegtényező és az elméleti levegő- és füstgázmennyiségek ismeretében kiszámíthatók:

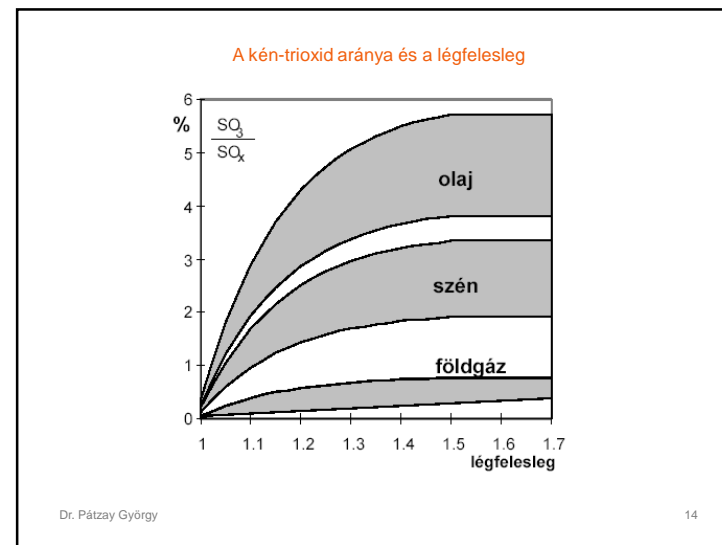
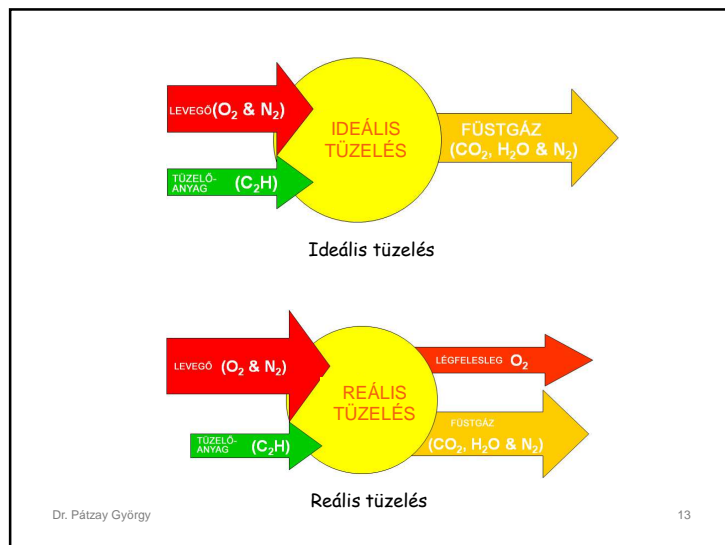
$$V^{sz} = V_0^{sz} + (n - 1) \cdot L_0$$

$$V^n = V_0^n + (n - 1) \cdot L_0$$

Sokszor az ismertett formulák segítségével a levegőszükséglet és füstgázmennyiség meghatározása időigényes, ezért empirikus összefüggéseket is alkalmaznak, melyekben a fűtőérték alapján a tüzelőanyagösszetételre következtethetünk néhány százalékos hibával. A levegőszükséglet és füstgázmennyiség előre elkészített univerzális diagramok segítségével határozható meg a fűtőérték, n,  $V_{elm}$ ,  $L_{elm}$  ismeretében.

Dr. Pátzay György

12



**Égési folyamatokat befolyásoló paraméterek**

Az alkalmazott tüzelőanyag lehetőség szerint tökéletes elégetéséhez néhány feltételt biztosítani kell:

- elegendően nagy levegőmennyiség
- elegendően magas oxigéntartalmú levegő
- megfelelően kialakított tüztér
- füstgázok elvezetése
- gyulladási hőmérséklet az égés beindításához
- elegendően nagy égési reakciósebességek

Tüzelés során háromféle lehetséges üzemmód fordul elő. A léghiányos tüzelés, melyet célszerű elkerülni mert a szénmonoxid képződés környezeti problémát okoz és rossz a tüzelés határfoka. Elméleti értékek mellett végzett tüzelés gyakorlatilag nem kivitelezhető, de minden esetben törekedni kell a kis légfelesleg mellett végzett tüzelésre.

Fontos tüzeléstechnikai jellemző az égési hőmérséklet. A következő táblázatban feltüntetjük a fontosabb tüzelőanyagok elméleti tüztéri hőmérsékleteit és a gyakorlatilag elérhető tüztéri hőmérsékleteket is, melyek az előbbieknél jelentősen alacsonyabb értékek, mivel  $n > 1$  esetén a légfelesleg, a hűtadási és veszteségi folyamatok hőt vonnak el a tüztérből.

Dr. Pátzay György 15

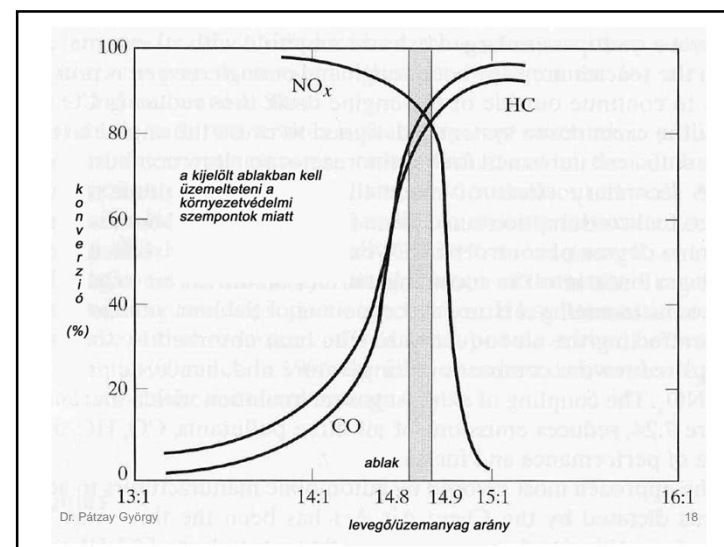
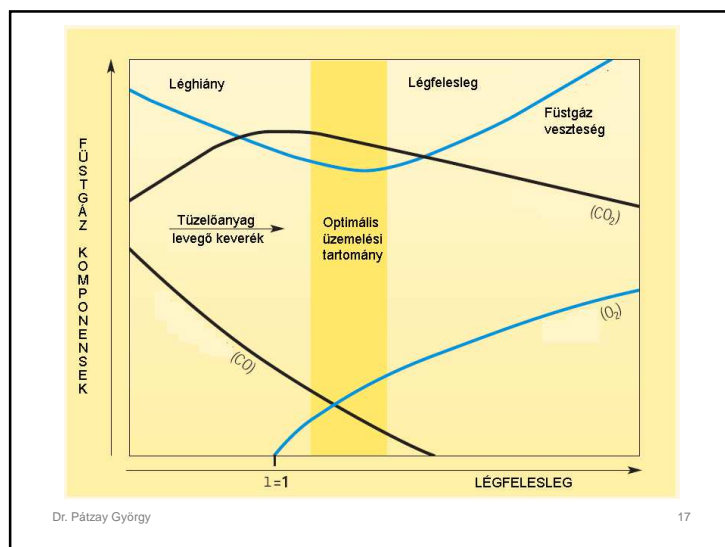
**Tüzelőanyagok égéshő és fűtőértékei**

	Égéshő	Fűtőérték
Feketeszén	32 ... 35 MJ/kg	29 ... 32 MJ/kg
Barnaszén	27,6 ... 29,3 MJ/kg	19,6 ... 23,2 MJ/kg
Lignit	27,6 MJ/kg	14,5 ... 19,7 MJ/kg
Tőzeg	22,6 MJ/kg	14,5 MJ/kg
Tűzifa	18,8 MJ/kg	12 ... 14,3 MJ/kg
Háztartási kocsz	33,5 MJ/kg	29,5 ... 30 MJ/kg
Tüzelő- és fűtőolaj	43 ... 44 MJ/kg	40 ... 41 MJ/kg
Földgáz	36 ... 39 MJ/Nm <sup>3</sup>	31 ... 34 MJ/Nm <sup>3</sup>
Propán-bután (PB)	102 ... 134 MJ/Nm <sup>3</sup>	94 ... 123 MJ/Nm <sup>3</sup>
Biogáz	26 ... 28 MJ/Nm <sup>3</sup>	24,5 ... 26 MJ/Nm <sup>3</sup>

**Légfelesleg értékek különböző tüzeléseknél**

	Légfelesleg-tényező értéke	Füstgáz O <sub>2</sub> -tartalma, tP%
Gáztüzelés	1,05 ... 1,2	1 ... 3,5
Olajtüzelés	1,15 ... 1,4	2,7 ... 6
Széntüzelés	1,4 ... 2,0	6 ... 10,5
Hulladéküzelés	1,6 ... 2,3	7,9 ... 11,7

Dr. Pátzay György 16



**Autókatalizátor az emisszió csökkentésére**

Fémek: Pt, Pd és Rh

**Bruttó reakció:**  
 $2\text{NO} + 2\text{CO} \rightarrow \text{N}_2 + 2\text{CO}_2$

**Oxidációs és redukciós reakciók az autókatalizátoron**

**Redukció Pt/Rh katalizátoron:**  
 $2\text{NO} \rightarrow \text{N}_2 + \text{O}_2$  vagy  $2\text{NO}_2 \rightarrow \text{N}_2 + 2\text{O}_2$

**Oxidáció Pt/Pd katalizátoron:**  
 $2\text{CO} + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{CO}_2$

**Autókatalizátor**

- redukció katalizátor
- oxidáció katalizátor
- méhséjt típusú hordozó
- kerámia méhséjt típusú katalizátor

Dr. Páztay György 19

**Autómotor emisszió**

JELENLEGI ÉS JÖVŐBENI AUTÓMOTOR EMISSZIÓS HATÁROK			
szabályozás	HC	CO	NO <sub>x</sub>
ULEV* (g/mile)	0.04	1.7	0.2
SULEV* (2003) (g/mile)	0.01	1.0	0.02
EU III** (2000) (g/km)	0.2	2.3	0.15
EU IV** (2005) (g/km)	0.1	1.0	0.08

\* FTP-test.  
\*\* EU III testcycle.

**Motor emisszió**

HC ~ 1.5-2.0 g/mile  
 CO ~ 9-10 g/mile  
 NOx ~ 2.0 g/mile  
 SOx  
 [O<sub>2</sub>] = 1%  
 N<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O

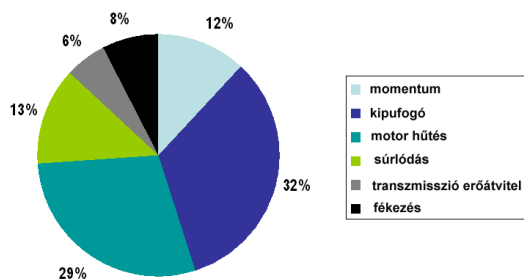
**Katalizátor emisszió**

Catalytic Converter  
 Sensor

**ULEV Standards**  
 HC = 0.04 g/mile  
 CO = 1.7 g/mile  
 NOx = 0.2 g/mile

Dr. Páztay György 20

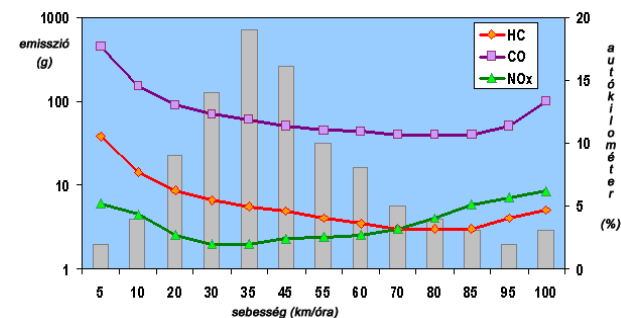
### Egy autó tipikus energia hasznosítása



Dr. Pátzay György

21

### Egy autó emissziója a sebesség függvényében



Dr. Pátzay György

22

### Tüzeléstechnikai hatásfok (h)

(qA - füstgáz veszteség %)  $h = 100\% - qA$

A füstgáz veszteség tüzelőanyagtól függően két különböző formulával számítható. A számítások alapja a füstgázhőmérséklet ( $t_{fg}$ ) és a tüzeléshez felhasznált levegő hőmérséklete ( $t_{lev}$ ) közötti különbség.

$$qA = f \cdot \frac{t_{fg} - t_{lev}}{CO_2} \quad qA = (t_{fg} - t_{lev}) \cdot \left[ \frac{A2}{21 - O_2} \right] + B$$

szilárd tüzelőanyagnál folyékony és gáznemű tüzelőanyagnál

$$CO_2 = CO_{2max} \cdot \frac{21 - O_2}{21}$$

Tüzelőanyag	A2	B	F	CO <sub>max</sub>
Tüzelőolaj	0,68	0,007	-	15,5
Földgáz	0,65	0,009	-	11,9
Foly. Gáz	0,63	0,008	-	13,9
Kösz, fa	0	0	0,74	20,0
Brikett	0	0	0,75	19,9
Barnaszén	0	0	0,90	19,2
Köszén	0	0	0,60	18,5
Köszgáz	0,6	0,011	-	-
Városi gáz	0,63	0,011	-	11,6

Dr. Pátzay György

23

### Tüzelőanyagok elméleti és gyakorlati tüztéri hőmérsékletei

Tüzelőanyag	Fűtőérték (kJ/kg)	Elméleti tüztéri hőm. (°C)	Gyakorlati tüztéri hőm. (°C)
Köszén	30000	2300	1200...1500
Barnaszén(száraz)	20000	1500	1000...1200
Tüzelőolaj	40000	2000	1200...1500
Földgáz	36000	2000	1200...1600

Tüzeléstechnikai rendszerekben 2000°C fölötti hőmérsékletek esetén disszociáció léphet föl (CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O). Ezek a reakciók endoterm, hőelvonó reakciók, ezért ekkor csökken az égési hőmérséklet.

Végül néhány szóban szólni kell az égési sebességekről. Szén levegőben történő elégetése esetén az égés minősége erősen függ a hőmérséklettől és 900°C fölött a levegő áramlási sebességétől is.

Dr. Pátzay György

24

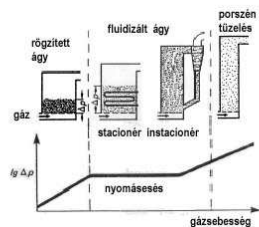
Jelenlegi ismeretek szerint a szén égése úgy történik, hogy először az éghető gázok és kokszt keletkezik, majd a kokszt széndioxiddá alakul hidrogén keletkezése mellett és az éghető gázok égésével fejeződik be.

### I. Széntüzelés

Szén tüzelése jelenleg háromféleképpen történhet:

- rögzített ágyas berendezésben,
- fluidizációs berendezésben,
- portüzelő berendezésben.

A jobb oldali ábrán a fenti tüzelési módok alapkonceptióját és a nyomásesések alakulását a gázsebesség függvényében mutatjuk be.

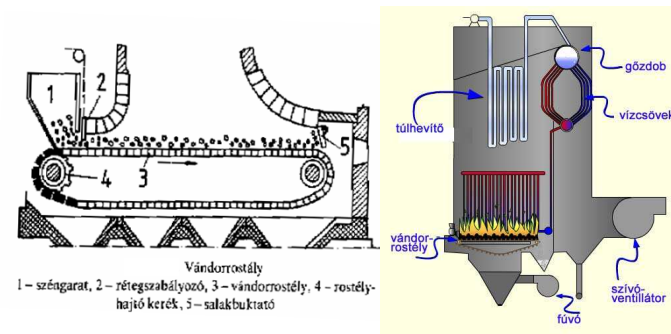


Dr. Pátzay György

25

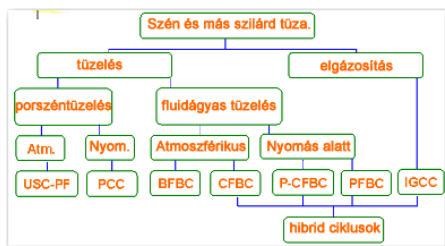
### Széntüzelés - Tüzelőberendezések

Vándorrostélyú tüzelőszerkezetben a rostély végtelen láncot képez, melyet két lánckerék mozgat. A lánc végéről a salak folyamatosan távolítható el. A tüztérbe kerülő szén fokozatosan felmelegszik, kokszolódik és végül elég.



Dr. Pátzay György

26



USC-PF-ultraszuperkritikus porszéntüzelés  
BFBC-buborékos fluidágyas széntüzelés  
P-CFBC-nyomás alatti cirkulációs fluidágyas széntüzelés  
IGCC-integrált elgázosító széntüzelés

PCC-porszéntüzelés  
CFBC-cirkulációs fluidágyas széntüzelés  
PFBC-nyomás alatti fluidágyas széntüzelés

Dr. Pátzay György

27

Az elmondottak alapján a legfontosabb széntüzelő berendezések az alábbiak:

#### I.1. Vándorrostélyos széntüzelés

A berendezés elvét a következő ábra (a) pontjában mutatjuk be. A berendezésben egy végtelenített rostély mozog folyamatosan 1-2 mm/sec sebességgel. A darabos szén folyamatosan mozog a rostéllyal és száradási, előmelegítési és lepárlási szakaszokon halad át. A szilárd kokszzemcsék ezután elégnék és a hamut egy lengőtörlasztó tereli a hamugyűjtő tölcserébe. Az alkalmazott rostélyhossz átl. 4m, az égési folyamat 1mm/sec rostélysebesség mellett kb. 1 óra alatt megy végbe. A vándorrostélyos tüzelés néhány centiméteres széndarabok tökéletes elégését biztosítja. Ezzel a tüzelőszerkezettel ballasztban gazdag tüzelőanyagok is (pl szemét) elégethetők. Az égéshez szükséges levegőt alul juttatják a rendszerhez, esetleg a levegő egy részét szekunder levegőként a rostélyokon keresztül fuvatják be. Technikailag 1-2 MW/m<sup>2</sup> rostélfelület termikus energia nyerhető, így a rostélyos tüzelés napjainkban maximum 100 MW termikus teljesítményű kazánokhoz alkalmazható.

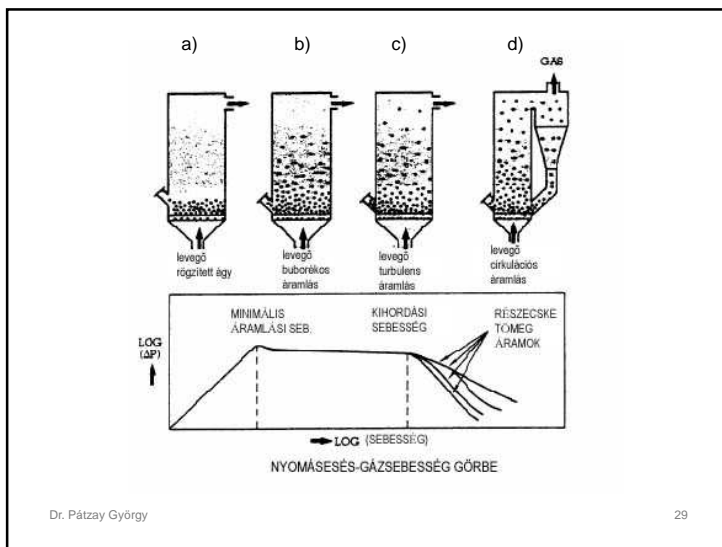
#### I.2. Fluidizációs tüzelés

A stacioner fluidizációs tüzelőberendezés elvét a következő ábra (b) pontjában, az instacioner (cirkulációs) berendezését pedig a (c,d) pontjában mutatjuk be.

Dr. Pátzay György

28





Stationer fluidizációs tüzelés

Füstgáz (<200 oC)  
ciklon  
mészkö szén  
túlhevítő  
elpárolgató  
hamu elvétel  
fluidizációs levegő

A **stationer üzemű (fluidizációs) széntüzelő berendezésben** finomszemcsés szilárd anyagot (szén és hamu max. 1 cm átmérőjű szemcséinek keverékét) levegővel alul egy fúvókán vezetnek be a tüztérbe. Elegendően nagy áramlási sebességek esetén a szilárd szemcsék un. fluidizált, lebegő állapotba kerülnek. Ez a fluidizált állapot növekvő sebességek mellett is fennmarad, majd egy u. határ, vagy kihordási sebességnél a részecskék eltávoznak a tüztérből. A töltetanyag főleg hamuból és mészkből áll, a szén aránya kevés, néhány %.

A mészövet a tüzelőanyag kéntartalmának in situ eltávolítására alkalmazzák. A szilárd részecskék gyors tércseréje lehetővé teszi a szilárd szemcsék és a füstgázok intenzív érintkezését. A kéndioxid és a mészko nagy reakcióképessége biztosítja a hatásos kéntelenítést, miközben a mészkből gipsz lesz. A fluid-ágyban jó hatásfokú hőcsere megy végbe. Az égési hőmérséklet 800-900°C így az NO<sub>x</sub> gázok képződése erősen korlátozott.

Mivel a szén aránya a tüztérben kicsi, ezért nagy ballasztanyag tartalmú, kis fűtőértékű szene is jól elégethetők. Szeméttégetésre is alkalmas. A keletkezett hőmennyiséget részben a tüztérbe benyúló, részben a füstgázcsatornában elhelyezett hőátadó felületek segítségével vonják el. A fluidágy után egy ciklont kapcsolnak a kihordott szemcsék füstgázból történő leválasztására és szükségese ezenkívül hatásos porleválasztó üzemeltetése. A mészövet és szenet adagoló rendszer juttatja folyamatosan a tüztérbe. Gyakran nyomás alatt végzik a tüzelést, ekkor jelentősen csökkenthetők a tüztér méretei.

Dr. Pátzay György 30

Az **instacioner (fluidizációs) széntüzelésnél** a gáz-szilárd elegyet kivezetik a tüztérből és utánkapcsolt hőhasznosító berendezésen vezetik át. A fluidizációs tüzelőberendezések maximum 200 MW termikus teljesítményértéktől alkalmazhatók, a kéndioxid és nitrogénoxid kibocsátása megfelelő üzem esetén kicsi.

elgőzöltető  
szén siló mészko siló  
fluidizációs levegő  
túlhevítő  
ekonomizer  
hamu  
hűtő  
elektro-filter  
levegő füstgáz

Instacioner keringési fluidizációs tüzelőberendezés

Dr. Pátzay György 31

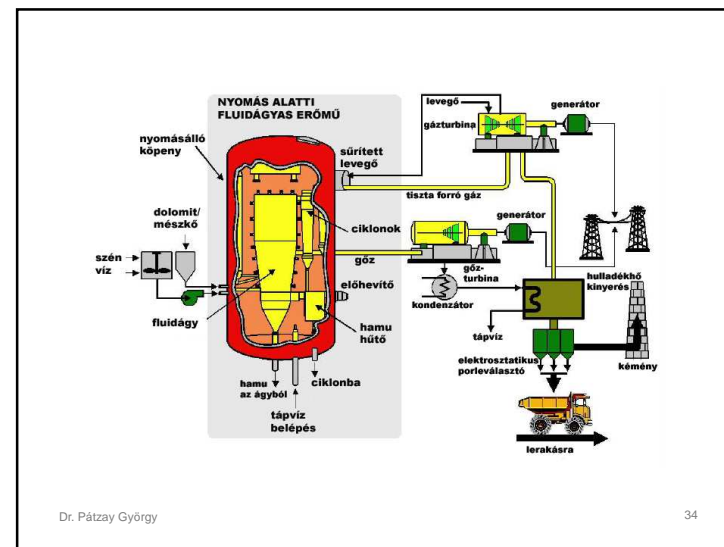
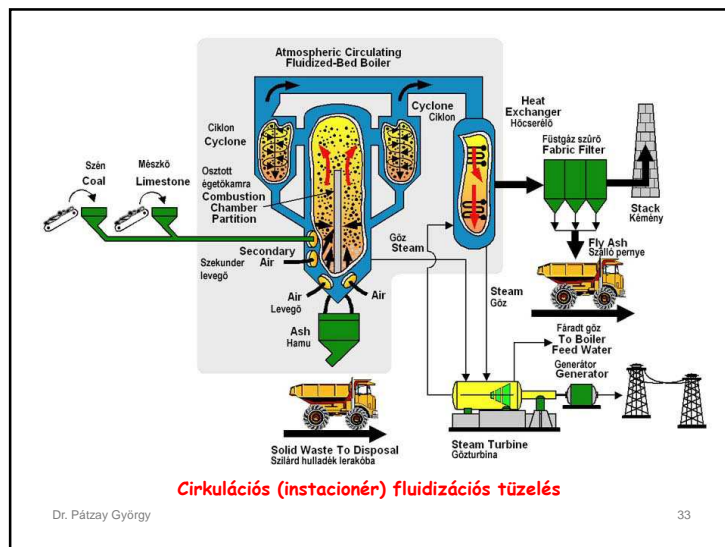
fluidizációs kazán  
pernye ülepítő  
NOx mentesítő  
kéménybe  
hamu kezelés  
utóégető  
elosztó lemez  
szén+mészko  
levegő

gőz víz  
gőz víz

Stationer fluidizációs kazán

Dr. Pátzay György 32





### I.3. Porszentüzelés

A mai modern nagyteljesítményű széntüzelésű tüzelőszerkezetek kizárólagosan porszentüzélést alkalmaznak. A szenet malomban 50 µm szemcseméret alá aprítják, majd maximum 400°C -ig előmelegített levegővel speciális égőben elégetik. A szemcsék lebegő állapotban égnek el. A tüzelőanyag lehet szénpor, tüzelőolaj, földgáz, vagy ezek kombinációja. Gyakorlatilag az összes széntípus elégethető így, csak az égési idő különbözik (50 µm szemcseméretnél ez kb. 1s). Jelenleg az ún. száraztüzelés elterjedt, ahol a tüzelési hőmérsékletet úgy választják meg, hogy a keletkező hamu még nem olvad meg, de növekszik a nagyobb hőmérsékletű tüzelés súlya is, ahol végbemegy a hamu olvadása. A porszentüzelés biztosítja a legjobb hőtáradást, mert itt a legnagyobb a szén fajlagos felülete. Az elérhető termikus teljesítmény 2000 MW.

**Porszentüzelésű erőmű**

Dr. Pátzay György 35

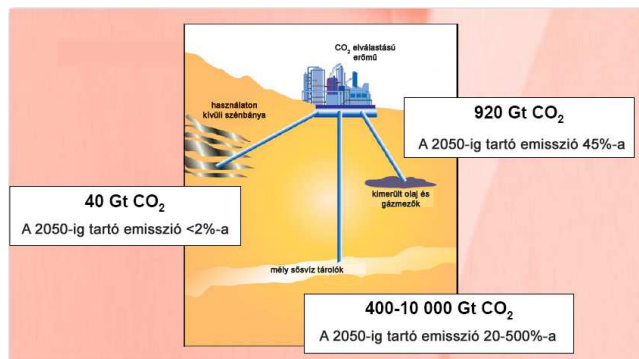
### A CO<sub>2</sub> leválasztás lehetséges útjai

**Lehetséges elválasztási eljárások:**

- Abszorpció
- Adszorpció
- Membrántechnika
- Kriogén eljárás

Dr. Pátzay György 36

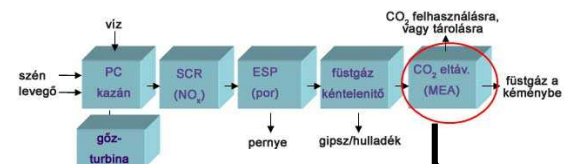
### A leválasztott CO<sub>2</sub> lehetséges tárolása, elhelyezése



Dr. Páztay György

37

### Szénportüzelés CO<sub>2</sub> lekötéssel (jelenkor)



Amin (MEA) kereskedelmihez hozzáférhető

USA-ban 3 erőmű üzemel:

MEA, <15 MWe, >90% ΔCO<sub>2</sub>

alapkövetelmények:

~20000-25000 m<sup>2</sup> szükséges egy 600 MW erőműhöz

SO<sub>2</sub> és NO<sub>2</sub>-0

Nagy rebojler gőzsükséglet (MEA>KS-1>Ammonia)

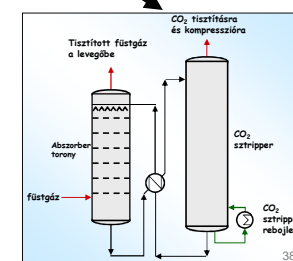
Sok új feltétel vált ismertté!

MEA-monoetanol amin

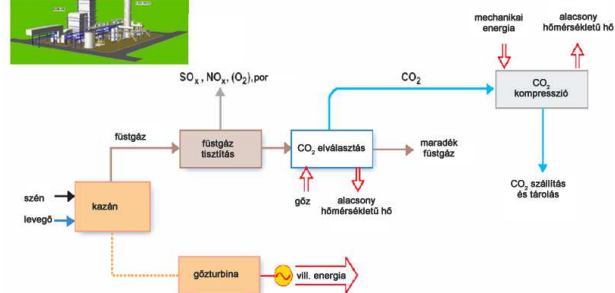
SCR-szelektív katalitikus redukció

ESP-elektrosztatikus por- és pernyeleválasztó

Dr. Páztay György



38



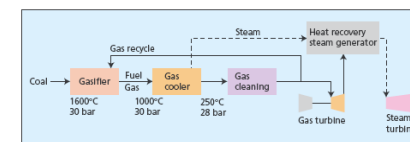
Dr. Páztay György

39

### TISZTA SZÉNALAPÚ ENERGIA TERMELŐ TECHNOLÓGIÁK (CCT)

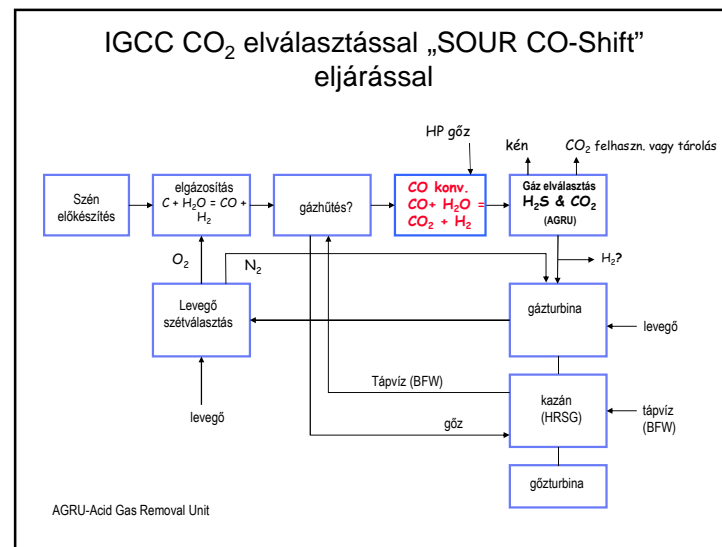
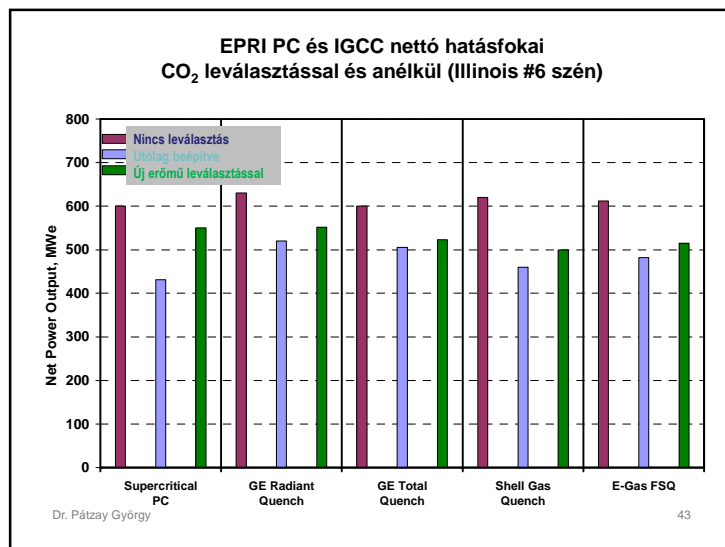
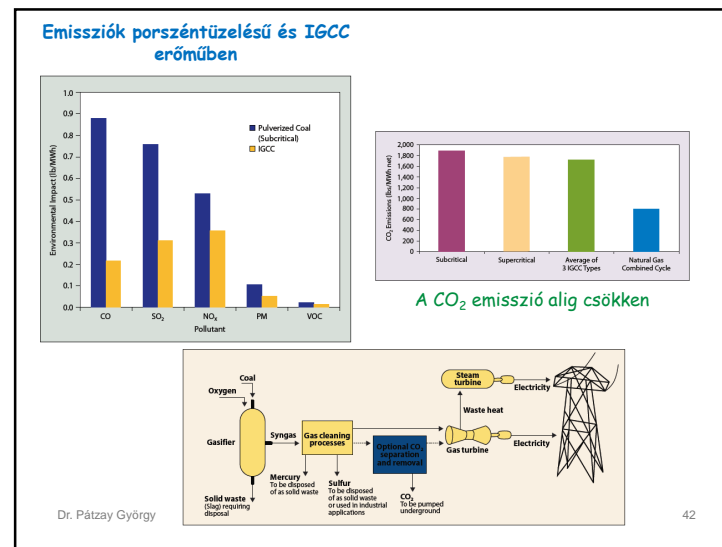
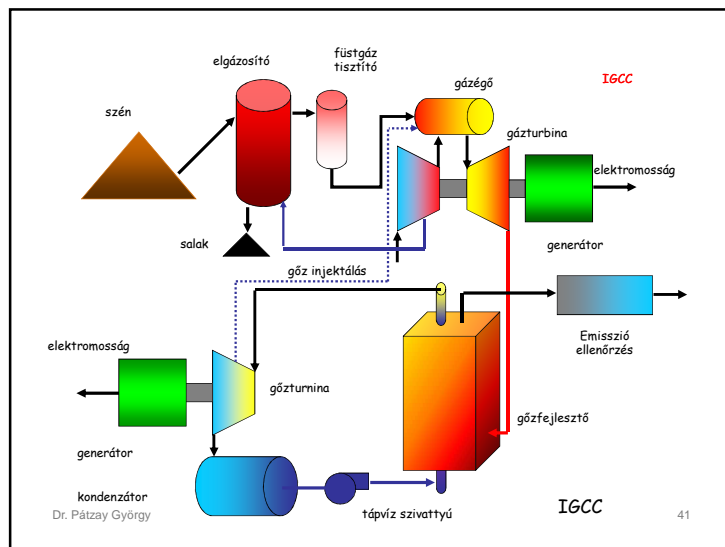
Az **integrált elgázosító kombinált ciklusú széntüzelés (IGCC)** új típusú széntüzelésnél a szén oxigénnel és vízgőzzel reagáltatják és döntően szén-monoxidból és hidrogénből álló fűtőgáz keletkezik. Ezt a gázt megfelelő tisztítás után gázturbinában elégetik. A fejlődött hő jelentős részét gőzfejlesztésre használják, mely további elektromos energiát fejleszt. Az IGCC erőművek magas határfokkal rendelkeznek még rosszabb minőségű szénnek esetén is. Jelenleg néhány kísérleti erőmű üzemel az EU országokban, az USA-ban és Japánban.

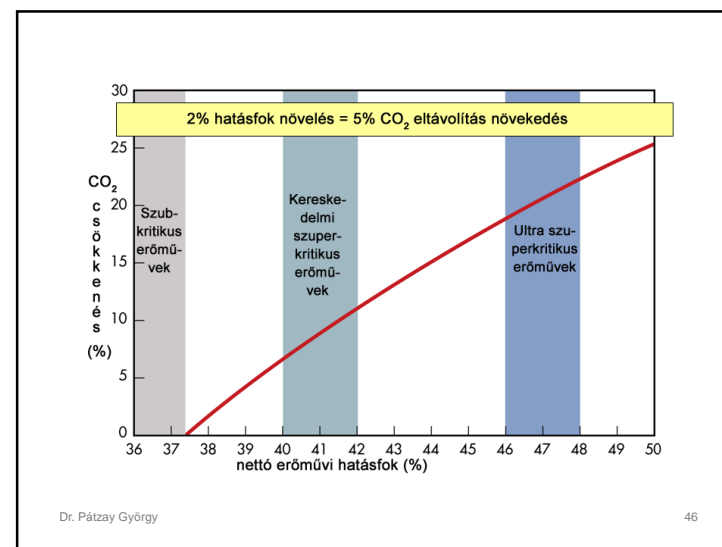
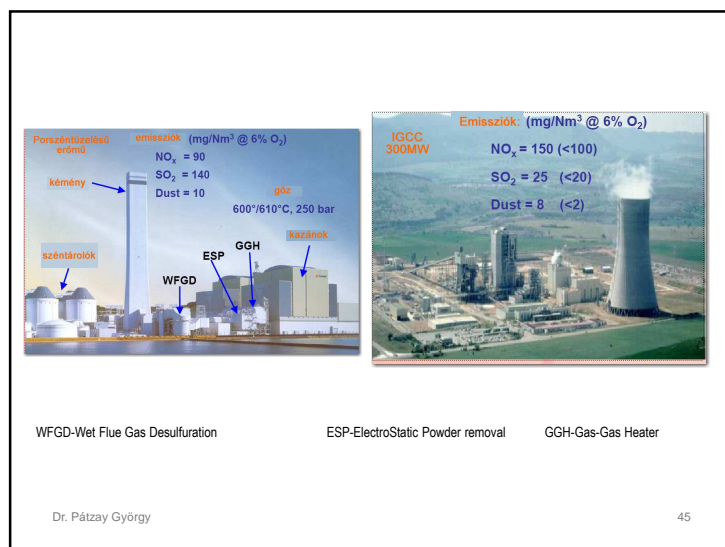
Karbonát ciklus a CO<sub>2</sub> megkötésére:



Dr. Páztay György

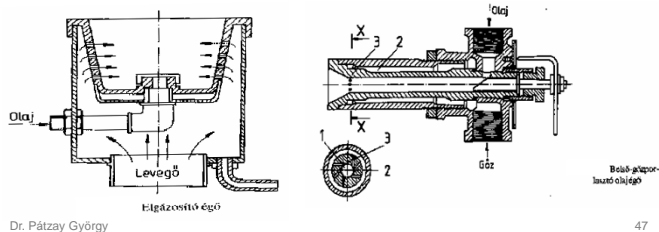
40





## II. Olajtüzelés

Cseppfolyós tüzelőanyagokként főleg kőolajtermékeket (esetleg szénlepárlási termékeket) használnak. Ezek közül legjelentősebb a tüzelőolaj, amely kőolajpárlat és a fűtőolaj, amely kőolajlepárlási maradék. A cseppfolyós tüzelőanyagok előnye a szilárd tüzelőanyagokkal szemben minimális hamutartalmuk, így a tüzelés során gyakorlatilag csak gázhalmozállapotú termékek keletkeznek. Ezenkívül nagyobb a fűtőértékük, így nagy tüztérhőmérséklet mellett kisebb légfeszültség mellett égethetők el. A folyékony tüzelőanyagok égése könnyen szabályozható, minősége egyenletesebb, tárolása, szállítása egyszerűbb, a tüzelőberendezés könnyen automatizálható. A cseppfolyós tüzelőanyagokat elgázosítással, illetve porlasztással működő tüzelőberendezésekben égetik el.



### II.1. Elgázosító égők

A tüzelőolaj egy forró felülettel érintkezve elpárolog, majd a képződött gázok az égéshez szükséges levegővel elegyednek és elégnék. Csak kis kokszosodási hajlamú olajok égethetők el így.

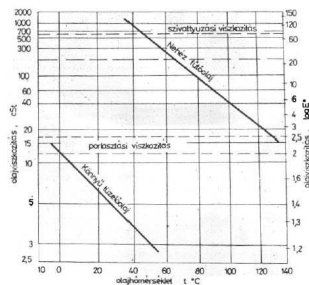
### II.2. Porlasztós égők

A tüzelőolajat porlasztással finom eloszlású köddé alakítják, majd a ködöt levegővel összekeverve elégetik. A nagy viszkozitású fűtőolajokat csak előmelegítés után lehet elporlasztani. A porlasztók működés szerint feloszthatók nyomásporlasztásos, segédközegezes porlasztásos és mechanikus porlasztásos berendezésekre. A segédközegezes porlasztók vízgőz, vagy levegő segédközeget alkalmaznak.

Az olaj égési folyamatát befolyásoló legfontosabb tényezők az alábbiak:

- a tüzelőanyag kémiai és fizikai jellemzői (elemi és vegyi összetétel, viszkozitás, felületi feszültség)
- a tüzelőanyag áramlási jellemzői
- a befűvott levegő jellemzői (irány, sebesség, hőmérséklet stb)
- egyéb tényezők (tüztér geometria, tüztér hőmérsékleti, áramlási stb viszonyai)

A tüzelőolajokat betűk és számok kombinációjával nevezik el. Így pl. a TH 5/20 háztartási tüzelőolajat jelöl, mely 5°C -on még szivattyúzható és 20°C -on még porlasztható. A következő ábrán tüzelőolaj és fűtőolaj szivattyúzási és porlasztási viselkedése látható.



Az olaj szivattyúzásához és porlasztásához szükséges hőmérséklet-viszkozitás értékek

A széntüzeléssel ellentétben az olajtüzelés minőségét a füstgázok koromtartalmának ellenőrzésével is ellenőrizni kell. Az olajtüzelés kis levegőfelesleggel és korommentesen gazdaságos és tiszta, de nagyon gazdaságtalan és környezet-szennyező, ha nem megfelelően végzik. A tüzelés minőségét a füstgáz rendszeres elemzésével határozzák meg. Megfelelő a tüzelés minősége, ha a füstgázban kis oxigénfelesleg, a maximális széndioxid-koncentrációhoz közelső széndioxid mennyiség, minimális korommennyiség van és nincs szénmonoxid.

Dr. Pátzay György

49

### III. Gáztüzelés

A különféle halmazállapotú tüzelőanyagok közül legelőnyösebbek a gázok tüzelhetők el. Ezek a földgáz, generátorgáz, vízgáz, szénlepárlási gázok, valamint a földgáz és benzinbontók gázait, illetve ezek elegyei. A tüzelőolajnál is kedvezőbbek a füstgázok jellemzői, az automatizálhatóság, a légfelesleg értékei. Kedvezően nagy a fűtőértéke, a levegővel tetszőleges arányban keverhető. A gázok elégetéséhez a primer levegőt előzetesen keverik hozzá, míg a tökéletes égéshez szükséges levegőmennyiséget a szekunder levegőt a láng környezetében levő levegő szolgáltatja. Ha a primer levegő mennyiségét növelik, adott határ fölött a láng az égőről leszakad vagy visszaég. Ha csökkentik adott határ alatt a láng színessé válik, világítóbb, kormozóbb lesz. Gyakran alkalmazzák a gáztüzelést más tüzelőanyagokkal (porszén, olaj) kombinálva.

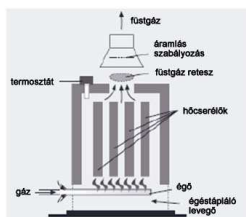
### HŐMÉRLEG

A tüzelőberendezésben a tüzelőanyagban kémiai kötött energiát fizikai energiává, hőenergiává alakítjuk, melyet rendszerint hőcserélőben valamilyen célra hasznosítunk. A cél lehet folyadék (víz), vagy levegő felmelegítése, különböző nyomású és hőmérsékletű gőz előállítása a cél. Leggyakrabban a felszabadított hőenergiát vízgőz előállítására gőzkazánban hasznosítjuk. A tüzelőberendezés indításától számítva csak hosszabb idő eltelte után jelentkeznek a kívánt nyomású és hőmérsékletű gőz, mert a felszabadított hőenergia tekintélyes hányada kezdetben a gőzkazán szerkezeti elemeinek felmelegítésére és nem gőztermelésre fordítódik.

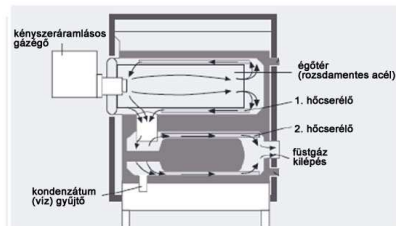
Dr. Pátzay György

50

### Atmoszférikus gőzkazán



### Kondenzációs gőzkazán



Dr. Pátzay György

51

Az állandósult állapot elérése után a felszabadított hőenergia azonos a gőztermelésre fordított és az állandósult állapotban fellépő veszteség hőenergiák összegével és ezek időben külön-külön állandók. Így a gőzfejlesztő hőmérlege:

$$Q_B + Q_L \equiv Q_{\text{haszn}} + Q_{\text{vesz}}$$

$$Q_B \equiv Q_{\text{haszn}} + Q_{\text{vesz}}$$

$$1 - \frac{Q_{\text{vesz}}}{Q_B} \equiv \frac{Q_{\text{haszn}}}{Q_B} \equiv \eta_{\text{haszn}}$$

$$\eta_{\text{haszn}} \equiv \eta_{\text{haszn}}$$

$$Q_B + Q_L \equiv Q_{\text{haszn}} + Q_{\text{vesz}}$$

ahol:  $Q_B$  a tüzelőanyaggal bevitt, kémiai kötött hő (kW)  
 $Q_L$  a környezeti hőmérsékletű levegővel bevitt hő (kW)  
 $Q_{\text{haszn}}$  a kívánt paraméterű gőz előállításához szükséges hő (kW)  
 $Q_{\text{vesz}}$  a gőztermelés során keletkezett összes veszteség (kW)

Ha az égéshez szükséges levegővel bevitt hőmennyiséget elhanyagoljuk a fenti egyenlet, illetve annak átrendezése után:

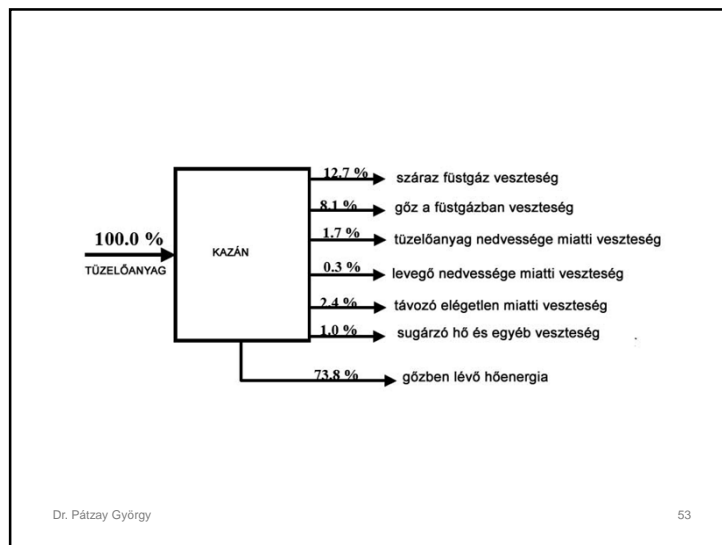
$$Q_B \equiv Q_{\text{haszn}} + Q_{\text{vesz}}$$

$$1 - \frac{Q_{\text{vesz}}}{Q_B} \equiv \frac{Q_{\text{haszn}}}{Q_B} \equiv \eta_{\text{haszn}}$$

$$\eta_{\text{haszn}} \equiv \eta_{\text{haszn}}$$

Dr. Pátzay György

52



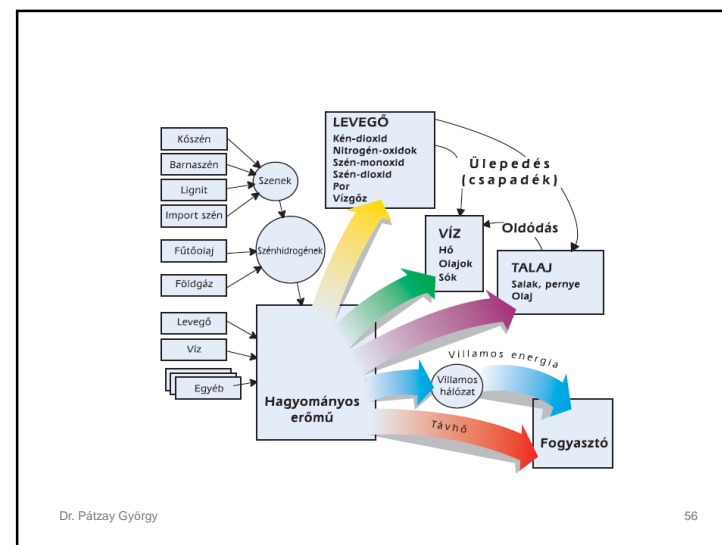
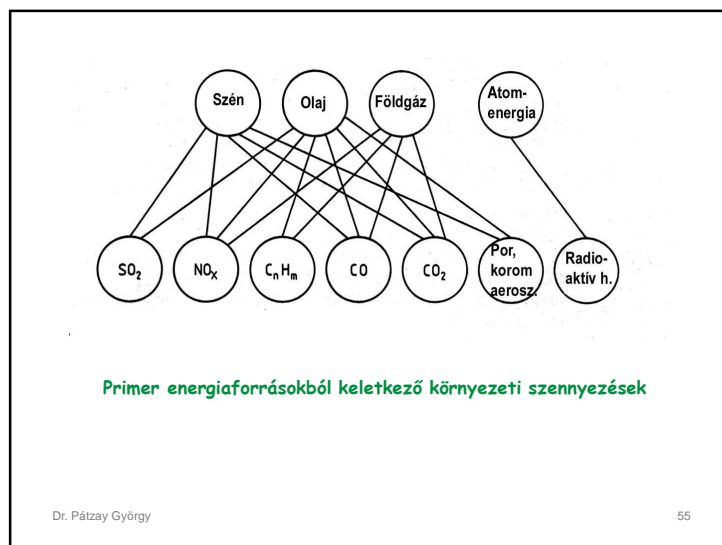
$Q_{veszt}$ , a gőztermelés során a kazánból veszteségek formájában távozó hőáramok összegét jelenti, mely két részre bontható a tüzelés és a fűtőfelületek veszteségeire. Itt csak az első csoporttal foglalkozunk. A legfontosabb tüzelési veszteségek az alábbiak:

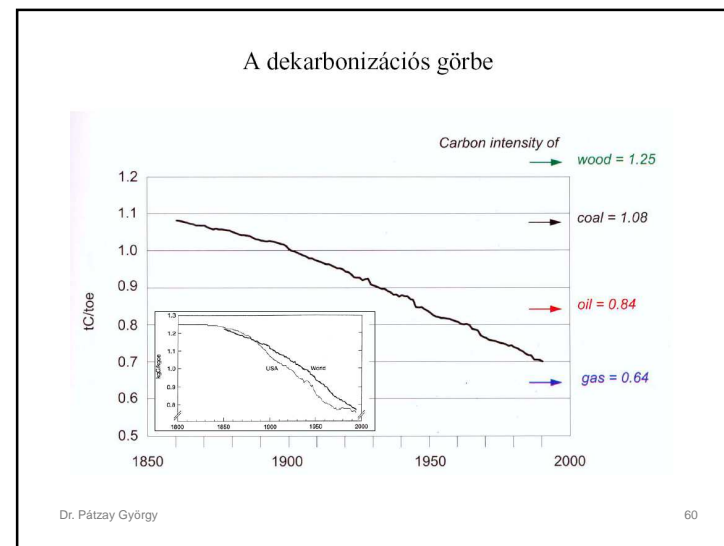
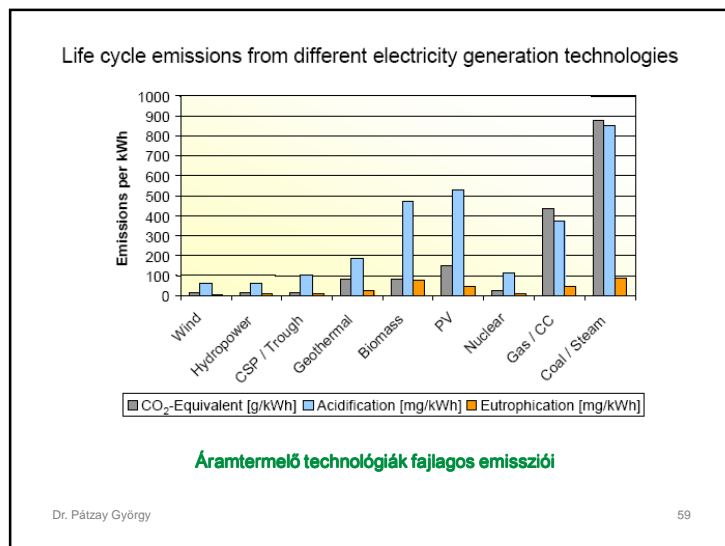
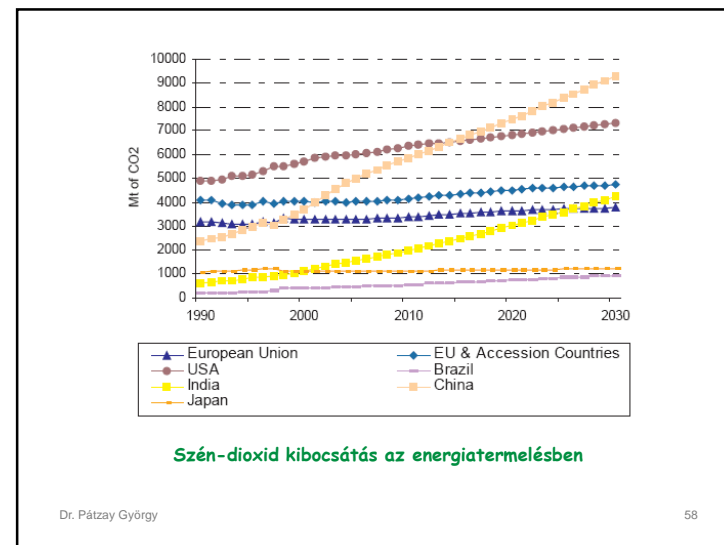
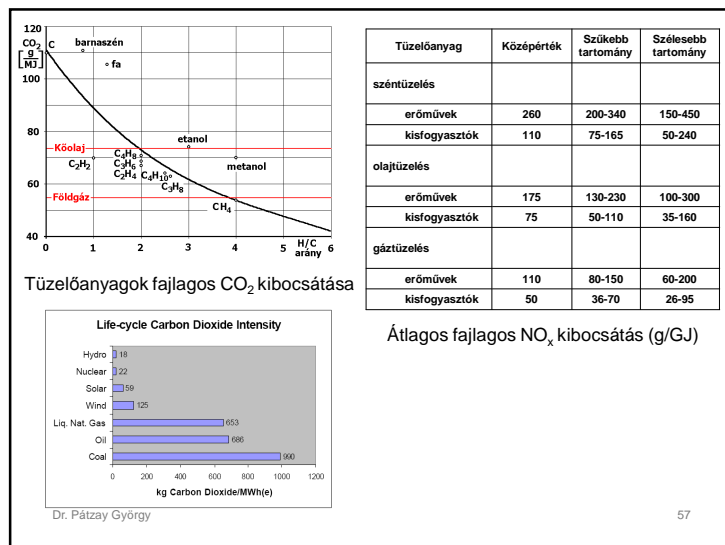
- salakéghető
- pernyéghető
- szállókocsz
- korom
- elégetlen gázok
- elégetlen tüzelőanyag gőzök

**FOSSZILIS TÜZELÉSŰ ERŐMŰVEK FÜSTGÁZEMISSZIÓI**

Az energiaátalakítás minden esetben szennyezőanyagok kibocsátásával jár. Ezek az anyagok terhelik a környezetet, a levegőt, vizet, talajt. Ezeknél az erőműveknél a legjelentősebb terhelés a légtérbe kerül. Nyilvánvalóan jól látható a füstgáztisztítás fontossága, szerepe a környezet védelmében.

Dr. Pátzay György 54







### Zsákos porszűrők

Leválasztott por

gáz áramlási iránya: bentről - ki

### Mészköves nedves füstgáz kéntelenítő

Leválasztott por

gáz áramlási iránya: kívülről - be

$SO_2 + H_2O \rightarrow H_2SO_3$     abszorpció  
 $CaCO_3 + H_2SO_3 \rightarrow CaSO_3 + CO_2 + H_2O$     semlegesítés  
 $CaSO_3 + \frac{1}{2} O_2 \rightarrow CaSO_4$     oxidáció  
 $CaSO_4 + 2H_2O \rightarrow CaSO_4 \cdot 2H_2O$     kristályosodás

Dr. Pátzay György 61

tisztított füstgáz    elnyelőtő    folyamatvíz  
 kódleválasztó    szennyvíz leválasztó hidrociklon    szennyvíz  
 gipsz leválasztó hidrociklon  
 nyers füstgáz    <10% alatti víztartalmú gipsz  $CaSO_4 \cdot 2H_2O$   
 víz-eltávolítás    szűrt víz  
 levegő    mészkő

Dr. Pátzay György 62

### Nedves füstgáz kéntelenítés

KÉMÉNY    SPRAY ABSZORBER TORONY    VÍZ    VÍZ-TARTÁLY  
 FÜSTGÁZ    FÜVŐ    GÖLYŐS-MALOMBA    KÉNTÉLENÍTŐ OBLÍTÉS  
 MÉSZKŐ    HIDROCIKLON    LEVEGŐ    SZALAGOS SZŰRŐ    GIPSZ  
 VÍZ-TARTÁLYBÓL    GÖLYŐSMALOM    SZŐRLET TARTÁLY

Dr. Pátzay György 63

A  $NO_x$  képződés csökkentésére számos megoldást alkalmaznak. Ezek közül az elterjedtebbek a többfokozatú tüzelés, a füstgáz recirkuláció, az elnyújtott tüzelés,  $NO_x$  szegény égők és redukáló gázégő alkalmazása. Ezek közül több együtt is használható.

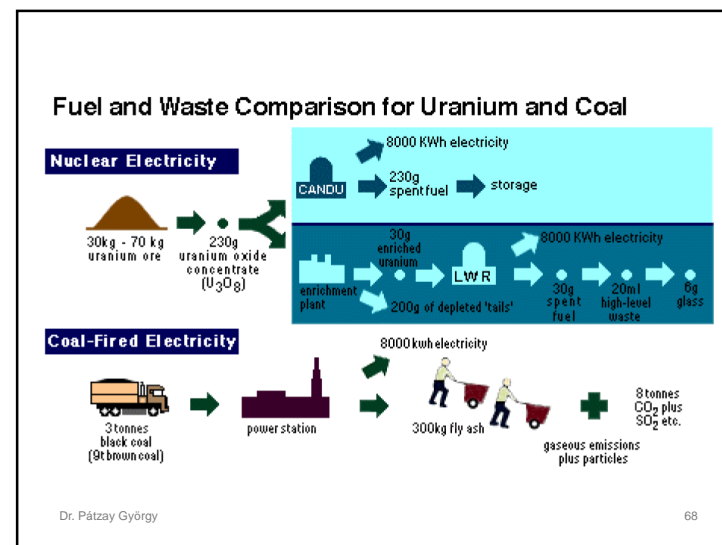
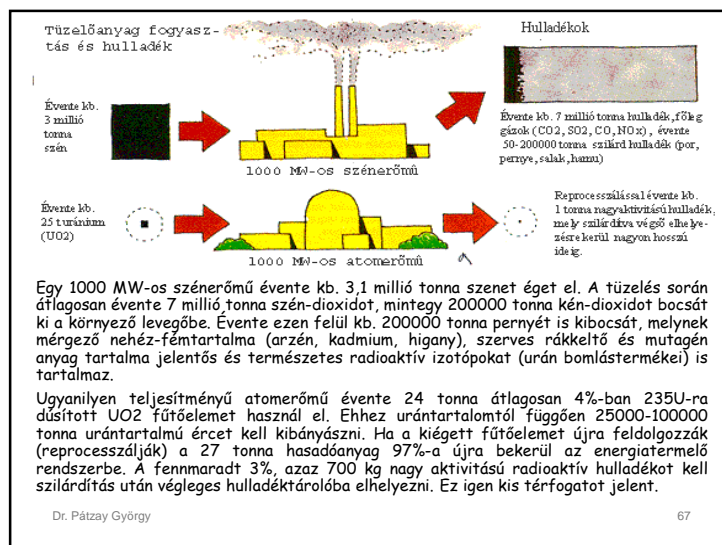
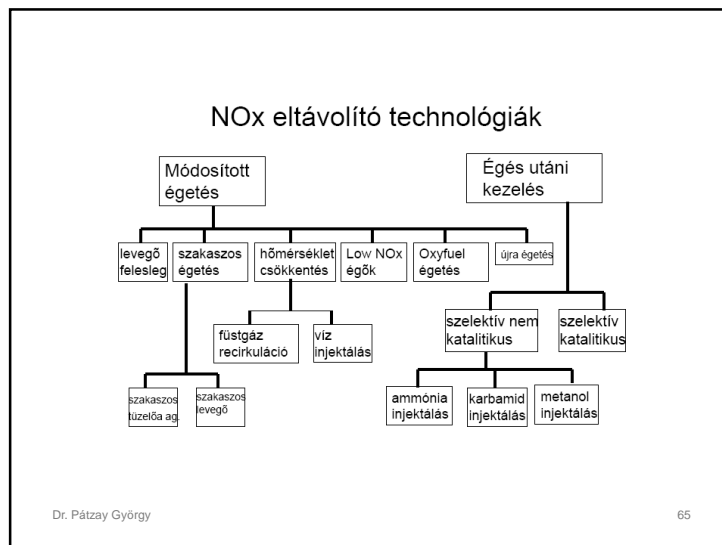
A szekunder (leválasztási) eljárások közül a szelektív katalitikus redukció (SCR) vált be legjobban. Ennek során a leggyakoribb megoldásnál titán-dioxidra felvitt vanádium-pentoxid katalizátoron a nitrogén-oxidokat ammóniával reagáltatják. Ennek során nitrogén molekulák és vízgőz keletkezik. A legfontosabb kémiai reakciók:

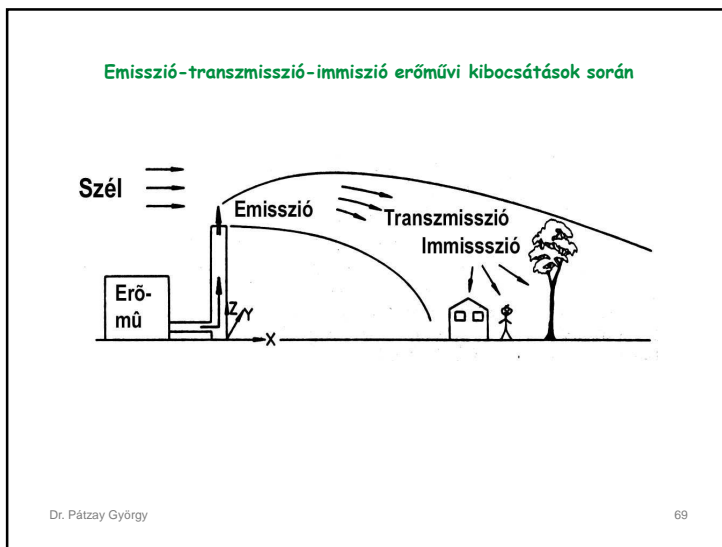
$$6NO_2 + 8NH_3 \rightarrow 7N_2 + 12H_2O$$

$$4NO + 4NH_3 + O_2 \rightarrow 4N_2 + 6H_2O$$

$4 NO + 4 NH_3 + O_2 \rightarrow 4 N_2 + 6 H_2O$   
 $2 NO_2 + 4 NH_3 + O_2 \rightarrow 3 N_2 + 6 H_2O$

Dr. Pátzay György 64



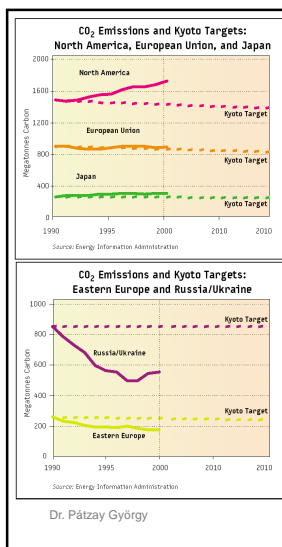


### 2000 MW<sub>e</sub> teljesítményű angol erőművek éves emissziói (t/év)

	Konvencionális szén-erőmű (nincs füstgáz tisztító, FGD)	Konvencionális olajtüzelésű erőmű	Gáztüzelésű <sup>2</sup> kombinált ciklusú gázturbina <sup>3</sup>
Por	7,000	3,000	elhanyagolható
Kéndioxid	150,000 <sup>4</sup>	170,000	elhanyagolható
Nitrogén-oxid <sup>5</sup>	45,000 <sup>6</sup>	32,000	10,000
Szénmonoxid	2,500	3,600	270
Szénhidrogének	750	260	180
Széndioxid	11,000,000	9,000,000	6,000,000
Sósav	5,000-20,000	elhanyagolható	elhanyagolható
Szilárd hulladékok, salak, pernye	840,000	elhanyagolható	elhanyagolható
Radioaktív emisszió <sup>7</sup> (Bq)	10 <sup>11</sup>	10 <sup>9</sup>	10 <sup>12</sup>
Nyomelemek	Tüzelőanyagforrástól függ: arzén, króm, réz, vanádium, nikkel, ólom, cink, szelén, kadmium, antimon		

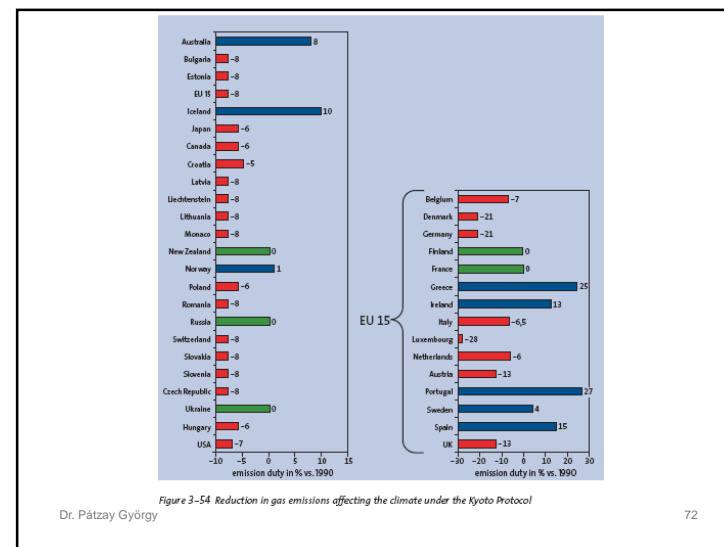
(1) Each power station of this size typically produces 12 TWh or 12x10<sup>9</sup> kWh of electricity annually. (2) Assumes domestic quality natural gas. (3) Rather than give figures for conventional gas-fired power stations, of which there are very few in the UK, it is more realistic to quote figures for a Combined Gas Cycle Turbine power station. By 1998, there were a significant number of these stations operating providing 28% of electricity supplied to the UK. (4) 15,000 tonnes on plant with Flue Gas Desulfurisation equipment fitted. 75,000 tonnes with low sulphur coal. (5) Includes both Nitrogen Oxides (NOx) and Nitrogen Oxide (NO). Separate figures are not yet available in the UK because NO makes up only a small proportion of the nitrogen oxides from coal fired stations. (6) 30,000 tonnes on plant with low NOx burners fitted. (7) Figures given are approximate: accurate figures depend on source of fuel. (8) The figure for coal is largely radon and that for gas all radon. Radon figures are not available for oil burning which means that the oil figure may be significantly underestimated.

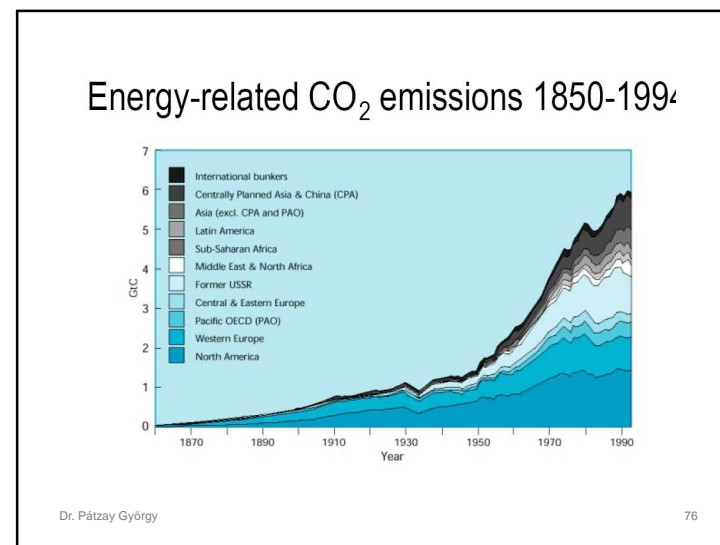
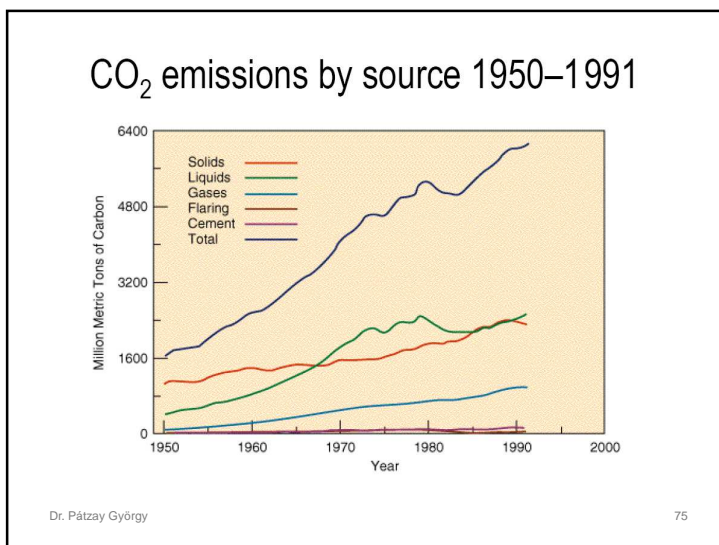
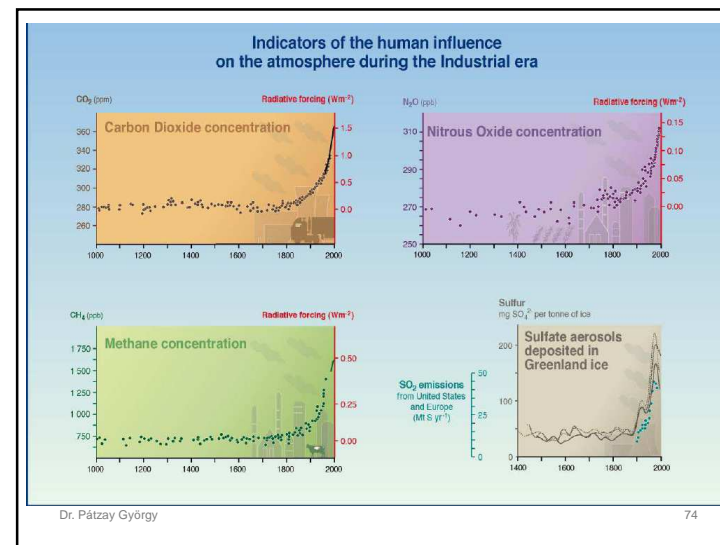
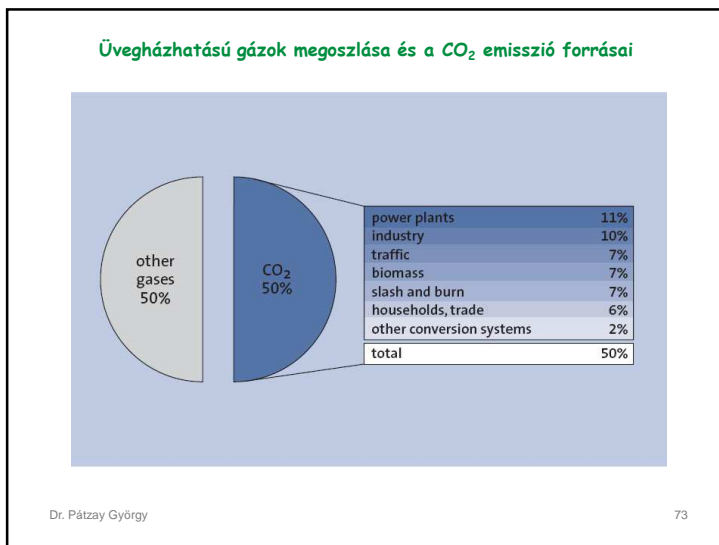
Dr. Pátzay György 70

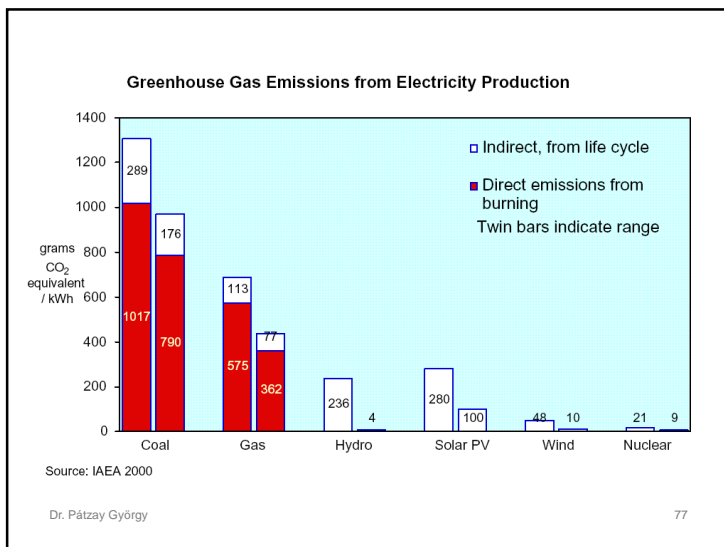


### Kyoto Reduction Targets

EU Countries			CEE Countries		
Austria	-13	Italy	-6.5	Bulgaria	-8
Belgium	-17.5	Luxemburg	-28	Czech R.	-8
Denmark	-21	Netherlands	-6	Estonia	-8
Finland	0	Portugal	4	Hungary	-6
France	0	Spain	15	Latvia	0
Germany	-21	Sweden	4	Slovakia	-8
Greece	25	UK	-12.5	<b>Other Countries</b>	
Ireland	13	EU-Total	-8	Australia	8
				Russia	0
				Canada	-6
				Ukraine	0
				USA	-7
				Japan	-6







### Comparison of accident statistics in primary energy production.

(Electricity generation accounts for about 40% of total primary energy).

#### Fuel Immediate fatalities Who? Normalised to deaths

Fuel	1970-92	workers	per TWy* electricity
Coal	6400	workers	342
Natural gas	1200	workers & public	85
Hydro	4000	public	883
Nuclear	31	workers	8

\* Basis: per million MWe operating for one year (ie about 3 times world nuclear power capacity), not including plant construction, based on historic data - which is unlikely to represent current safety levels in any of the industries concerned. The data in this column was published in 2001 but is consistent with that from 1996-7, where it is pointed out that the coal total would be about ten times greater if accidents with less than 5 fatalities were included.

Dr. Pátzay György 78

### The Hazards of Using Energy: Some energy-related accidents since 1977

Place	year	number killed	comments
Manchu II, India	1979	2500	hydro-electric dam failure
Manick, India	1980	1500	hydro-electric dam failure
Ortuela, Spain	1980	70	gas explosion
Dnubas, Ukraine	1980	68	coal mine methane explosion
Ireland	1982	89	gas explosion
Quarai, Colombia	1983	100	hydro-electric dam failure
Nile II, Egypt	1983	317	LPG explosion
Cubato, Brazil	1984	508	oil fire
Mexico City	1984	498	gas explosion
Yoshiwaka, Japan	1984	100	3 food mine accidents
Chemnitz, Ukraine	1988	31+	nuclear reactor accident
Piper Alpha, North Sea	1988	167	explosion of offshore oil platform
Ashka-FA, Siberia	1989	400	LPG pipeline leak and fire
Dvinsk, Yugoslavia	1990	178	coal mine
Hongqin, Shanxi, China	1991	147	coal mine
Baki, Romania	1991	116	hydro-electric dam failure
Kozlu, Turkey	1992	272	coal mine methane explosion
Cuernavaca, Mexico	1992	200	coal mine
Durrat, Egypt	1994	580	fuel depot hit by lightning
Seoul, S. Korea	1994	500	oil fire
Misamis, Philippines	1994	90	coal mine
Cherubai, India	1995	70	coal mine
Tanay, S. Korea	1995	100	oil & gas explosion
Sphäringen, Russia	1995	141	coal mine
Huanan, China	1995	84	coal mine methane explosion
Dalong, China	1996	114	coal mine methane explosion
Huanan, China	1997	89	coal mine methane explosion
Fushan, China	1997	88	coal mine methane explosion
Kuzbass, Siberia	1997	67	coal mine methane explosion
Huakuan, China	1997	89	coal mine methane explosion
Huakuan, China	1997	45	coal mine methane explosion
Guohou, China	1997	43	coal mine methane explosion
Dunhuo, Ukraine	1998	63	coal mine methane explosion
Liandong, China	1998	71	coal mine methane explosion
Wari, Nigeria	1998	500+	oil pipeline leak and fire
Dnubas, Ukraine	1999	50+	oil pipeline leak and fire
Dnubas, Ukraine	2000	30	coal mine methane explosion
Shenai, China	2000	40	coal mine methane explosion
Guohou, China	2000	150	coal mine methane explosion
Shenai, China	2001	38	coal mine methane explosion
Shouan, China	2002	23	coal mine methane explosion
Jiu, China	2002	115	coal mine methane explosion
In Australia:			
Agnes, NSW	1979	14	coal mine methane explosion
Maria, QLD	1988	12	coal mine methane explosion
Moura, QLD	1994	11	coal mine methane explosion

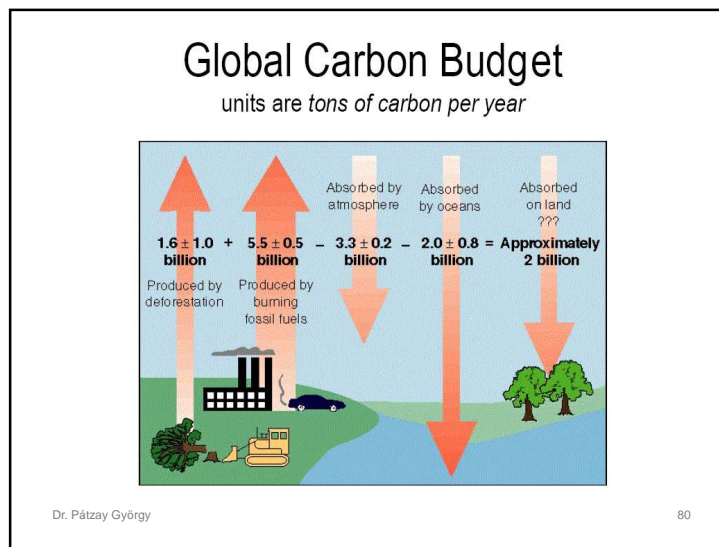
LPG total of accidents with less than 300 fatalities, and coal mine accidents with less than 100 fatalities are generally not shown unless recent.

Deaths per million tonnes of coal mined range from 0.1 per year in Australia and USA to 1.0 in Turkey. China's total death toll from coal mining averages well over 1000 per year (official figures are 1300 in 2000 and 8000 in 2010). Unofficially it is over 200 per year.

In Australia 281 coal mines have been listed in 18 major disasters since 1902, and there have been 112 deaths in NSW mines since 1975, though the Australian coal mining industry is considered the safest in the world.

Sources: contemporary media reports, Peter Scherer, *Ind. 1998* report.

Dr. Pátzay György 79





**GHG emissziós értékek (termelés, szállítás, felhasználás)**

Tüzelőanyag	CO <sub>2</sub> [gC/MJ] (relativ)	CH <sub>4</sub> [gCH <sub>4</sub> /GJ]	N <sub>2</sub> O [gN <sub>2</sub> O/GJ]
Szén	25.1 <b>1.00</b>	5.5	2
Olaj	20.8 <b>0.83</b>	8	2
Földgáz	14.3 <b>0.57</b>	3	1
Tőzeg	29.7 <b>1.18</b>	4.5	2
Tüzifa	31.1 <b>1.24</b>	40	2

Source:

Dr. Páztay György 81

**Természetes és antropogén emissziók**

	természetes (Mio t/év)	antropogén (Mio t/év)
Szén-dioxid (CO <sub>2</sub> )	600000	22000 <b>(3,6%)</b>
Szén-monoxid (CO)	3800	550 <b>(14,5%)</b>
Szénhidrogének	2600	90 <b>(3,46%)</b>
Metán (CH <sub>4</sub> )	1600	110 <b>(6,87%)</b>
Ammónia (NH <sub>3</sub> )	1200	7 <b>(0,58%)</b>
Nitrogén-dioxid (NO <sub>2</sub> )	770	53 <b>(6,88%)</b>
Kén-dioxid (SO <sub>2</sub> )	20	150 <b>(750%)</b>
Dinitrogén-oxid (N <sub>2</sub> O)	145	4 <b>(2,76%)</b>

Dr. Páztay György 82

