

A tiszta széntechnológiák jövője

Mottó: „A szén nem lehet betiltani” (idézet Oláh Györgytől)

dr. Kalmár István

ügyvezető igazgató
Calamites Kft.

Energiapolitika 2000 Társulat
2017. szeptember 11.

Miért foglalkozunk a szénnel ?

FŐ ENERGIA NYERSANYAGOK TERMELÉSE A VILÁGBAN

KŐOLAJ TERMELÉS NAPI 94 MIÓ HORDÓ ÉVI 204 MRD GJ (8,33 USD/GJ)

**FÖLDGÁZ TERMELÉS 3500 MRD M³ 184 MRD GJ
(3 USD/GJ(USA),5,3 USD GJ EU,9,52 USD/GJ KÍNA)**

**SZÉNTERMELÉS 8 MRD TONNA KB. 119 MRD GJ
(1,5 €/GJ NÉMET KÜLFEJTÉS,2,5 €/GJ LENGYEL MÉLYBÁNYA
2,4 €/GJ ARA, 2,84 €/GJ KÍNA)**






MEGÚJULÓ FORRÁSOK KB. 15%

SZÉNHIDROGÉNEK ESETÉBEN 80-90%-OS MONOPOLIZÁLTSÁG KERESKEDELMI FORGALOM ÉS KERESKEDELMI ÁRAK

**SZÉN ESETÉBEN 40% ALATTI MONOPOLIZÁLTSÁG KERESKEDELMI FORGALOM ALACSONY ÉS TERMELŐI ÁRAK
MEGÚJULÓK BERENDEZÉSGYÁRTÓI KONCENTRÁCIÓ**



Tartalomjegyzék

-  **Hagyományos erőműi alkalmazások és hatásfokaik**
-  **CO₂ leválasztás módszerei és a fejlődés útjai**
-  **CO₂ betárolás és hasznosítás lehetőségei**
-  **A szén anyagában való átalakításainak lehetőségei**
-  **A szén magyarországi hasznosításának lehetőségei**



Tiszta széntekológia fogalma és technológiája 1

erőműi hatások

- olyan megoldások összessége amelyek növelik az alkalmazás hatásfokát és leválasztják a keletkező környezetre káros anyagokat (SO₂, koromrészecskék, nehézfémek stb. már jelenleg gyakorlat, CO₂ technológiailag lehetséges de gazdaságossága kérdéses) illetve a szén anyagában hasznosítják
- Hatások növelése elektromos energia előállítás/ erőművek esetében (a magasabb hatásfok kevesebb CO₂ kibocsátással jár minden megtermelt MWh-ra)

Technológiai lehetőségek és gazdaságosság: porszéntüzelés (akár 1000 MW vagy feletti blokk nagyság) 38% hatásfok érhető el kb. 250 at és 550 °C gőzparaméterű kazánokban szénacél szerkezetekkel

1000 MW blokk nagyság kb. 1200 €/kW, 750 MW blokk nagyság kb. 1500 €/kW, 300 MW kb. 700 €/kW

44% hatásfok érhető el kb. 250-300 at és 650 °C kazánokban krómötvetekkel szuperkritikus kb. 30-40%

felárral az első berendezések már üzemelnek a gyerekbetegségeket küzdik le kb. 2000 €/kW 48% hatásfok 330 at és 720 °C kazánokban ultra szuperkritikus kb.+ 100 % felárral kutatás alatt

2020 után építhető, de gazdaságosság nem látható *becsült ár kb 3000 €/kW*

fluidágy (oxyfuel) (lebegőágy oxigén befúvással) 44-48% hatásfok 200 MW de max 460 MW blokk méret kb + 40 %

kb. 1800-2300 €/kW

ICGGT (szénből szintézisgáz majd ennek égetése gázturbinában) Gázturbina méret kb. 300 MW 55-60% de kb. 100% felárral

kb. 3000 €/kW

- Lángégés helyett katalitikus oxidáció elméletben akár 70-80 % hatásfok (kutatása szükséges)
- Megtérülés villamos energia előállítás folyamatos legalább 7000 órás teljes kapacitás átvétel esetében nagyobb blokk méretnél 70-80 €/MWh (Törökország), Németországban nagyméretű lignittüzelésű blokkok folyamatos kihasználása esetében 50 €/MWh felett



Tiszta széntekológia fogalma és technológiája 2 erőmű és más CO₂ leválasztás és tárolás vagy átalakítás

- **A füstgázokból több különböző leválasztási technológia létezik(CC, Carbon Capture) de mindegyik számára előnyös kiindulás a nagyobb CO₂ sűrűség a füstgázokban ezért a tiszta oxigénben való égetés alkalmazása javasolt a levegővel szemben**

Mosás aminokkal jelenleg a legelterjedtebben alkalmazott módszer ma már 2,5- 3 GJ/t CO₂ alatt van a fajlagos érték, de ez kb. 10% feletti hatásfokromlást eredményez a villamos energia előállításakor.

A membrános leválasztás lehetőségét is kutatják (Jülich) ennek kereskedelmi alkalmazása kb. 10 évre tehető.

A vizes mosás majd a szódavíz alkohollá alakítás magyar elképzelés szintén kísérleti stádiumban van (Raisz Iván)

Vannak más alternatívák pl. algák, üvegházak, Ca kőzetben való lekötés ezek már átvezetnek a tárolás és átalakítás fogalomkörébe, ilyen lehet az EOR a szénhidrogén kutakba való lesajtolás teljesítményfokozásra.

- **A jelenleg széles körben propagált megoldás a CO₂ eltárolása (Sequestration CCS) Ennek során a leválasztott CO₂ a leválasztás helyéről csővezetékekkel vagy tehergépkocsival elszállításra kerül és általában valamilyen geológiai formációba betárolják (kimerült szénhidrogén mező, mélyebb sós vizek, régi sóbánya stb.) Vita van ennek a törvényi hététeréről, hogy lakott területen is megengedhető –e ,vagy csak pl. az Északi tengeren (ld. Kivu tó CO₂ kitörés)**



Tiszta széntekológia fogalma és technológiája 2 erőmű és más CO₂ leválasztás és tárolás vagy átalakítás

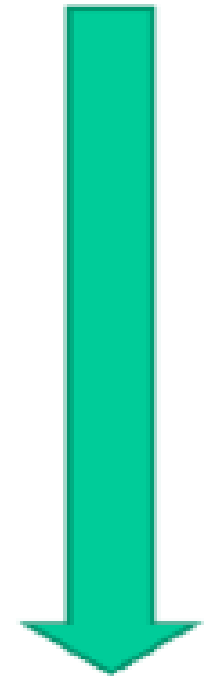
- Már sok helyen működik a CO₂ vegyipari nyersanyagként való hasznosítása , azaz haszonanyaggá alakítása (CCR/CCU). Kiemelendő Oláh György magyar származású Nobel díjas kémikus a CO₂ metanollá való alakítása területén kifejtett tevékenysége és konkrét létesítményei (pl. Izland). Sok üzem épült Kínában, de a BASF is gyárt kísérletileg műszálat. Több elképzelés ismert a CO₂ újrahasznosítására pl. napenergia segítségével CH₄ gyé alakítására, de a mesterséges fotoszintézis kísérletek is ezt eredményezhetik. (Hollandiában üvegházakban nagy növekedést mutattak a növények az emelt CO₂ koncentrációban, az algás megkötésre már utaltam)
- A CCS technológia költségeit jelenleg 80-100 USD/t Co₂ köré teszik ami enyhén csökken
- CCR technológiáról ismert adat , hogy 10-12 GJ energia ráfordításával lehet 4,6 GJ energiatartalmú metanolt előállítani ami nagy energiatemető, ha egyébként másképpen nem hasznosítható energiaforrás nem áll rendelkezésre (éjszakai áram atom erőmű, szélenergia völgyidő, geotermikus energia, hulladék hő hasznosítások. A katalizátorteknológia fejlődésével növekszik a hatásfok. Az eljárás egyúttal atmoszférikus nyomás és hőmérsékleti viszonyok közötti energiatárolást is jelent meglévő infrastruktúrában(pl. hidrogén esetében nagy ráfordítással újat kell létesíteni).



CO₂ Kutatási program a következő 10 évre

- Átfogó kérdések
 - CO₂ tisztaság
 - Értékes termékek
- Közvetlen hasznosítás
 - E O R
 - Mineralizáció
- Vegyi átalakítás
 - Biogáz a CO₂ és a CH₄ száraz reformációjá
- Biológiai utak
 - Ciánbaktériumok és mikroalgák
- Fotó és elektrokémia
 - H₂ előállítás víz fotóelektrolízissel
- Együttes CO₂ és H₂O Fotóredukció

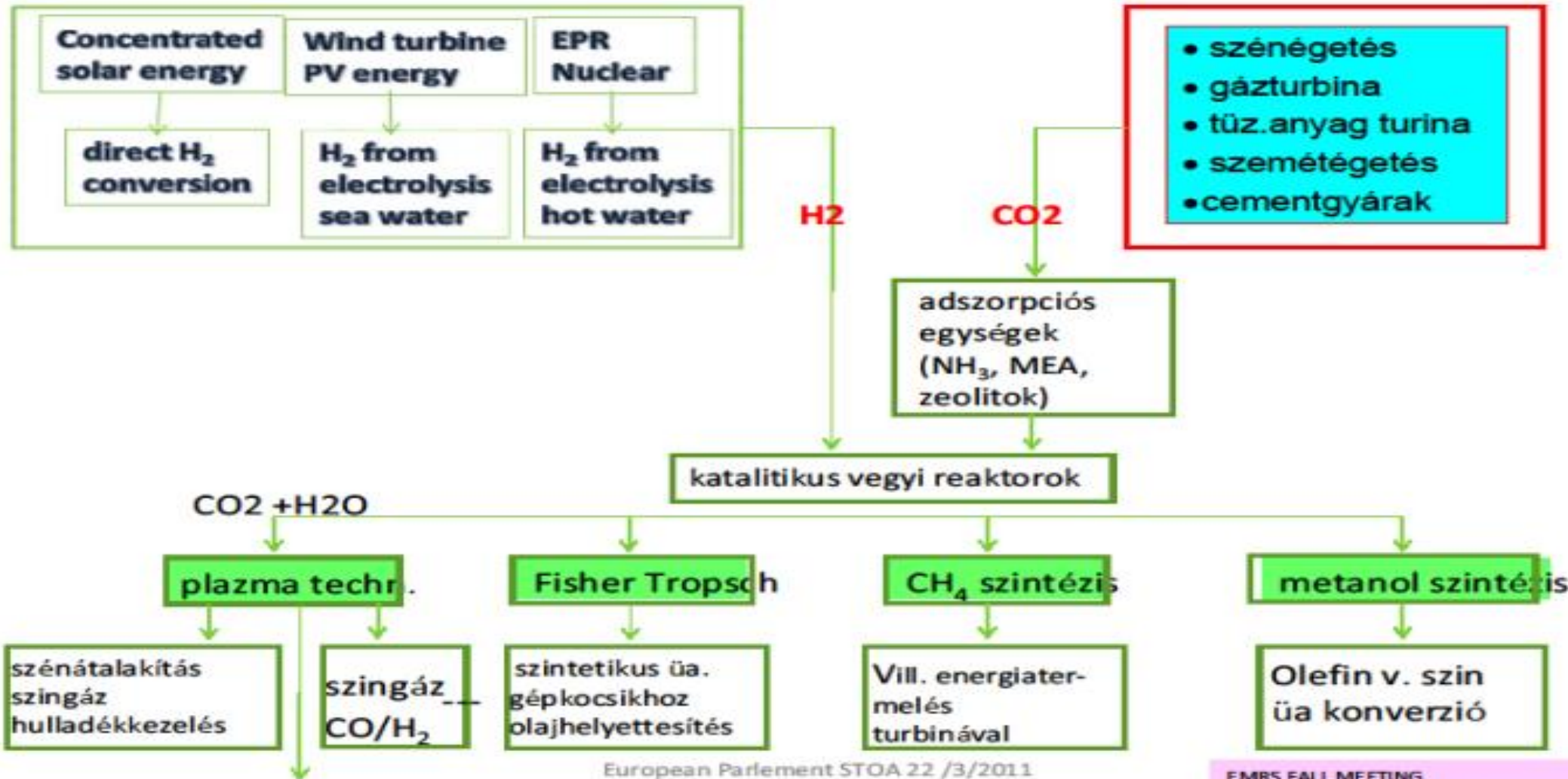
Működő



Jövőbeni



Az energiátárolás lehetséges stratégiája



- szénégetés
- gázturbina
- tűz.anyag turina
- szemétegetés
- cementgyárak

European Parliament STOA 22 /3/2011
EMRS/UPMC

EMRS FALL MEETING
Warsaw 13-15 sept 2010
Summorum 8

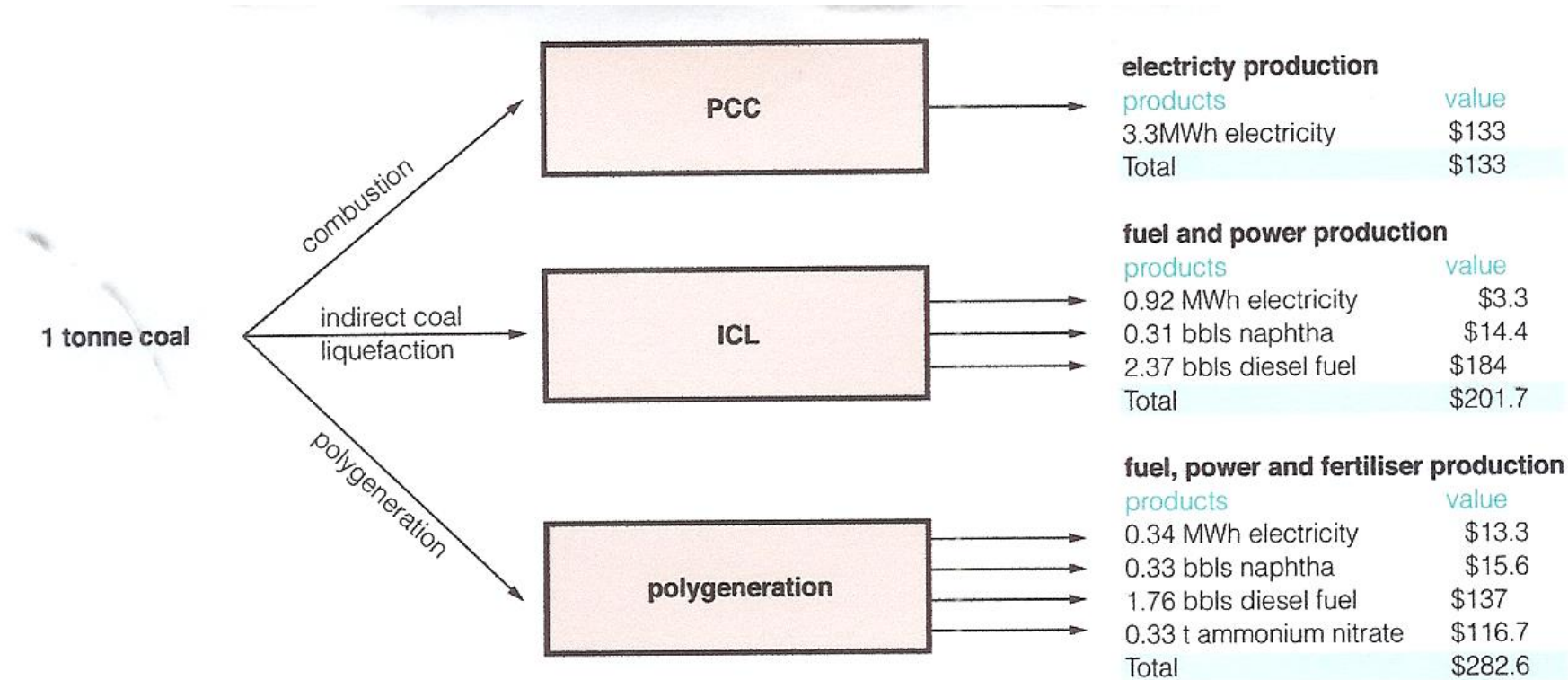


A tiszta szénteknológia fogalma és technológiája 3 anyagában való hasznosítás/vegyipari alkalmazás

- Szénből minden előállítható, ami a szénhidrogénekből, de mivel a beruházási költség kb. kétszerese a földgáz alapú beruházásoknak és fűtőérték re vetítve 20% -kal magasabb az alapanyag igény ezért a **szén ára a földgáz árának 40%-a lehet**
Az alapternológia a szén elgázosítása , a szintézisgáz gyártása a forró szén és a bevitt vízgőz reakciójaként magas H₂ és CO tartalmú gáz keletkezik, ami tisztítás után további feldolgozásra kerül.
A technológia is nagy fejlődésen ment keresztül, így az átalakítási hatásfok a korábbi egylépcsős rendszerekkel szemben töbllépcsős, tipikusan 3 hőmérsékleti lépcsős megoldással 40%-ról 60% körüli értékre nőtt.
- Igen sok technológiai megoldás és gyártó van a piacon különböző állagú hamutartalmú és fűtőértékű szenekre
- Kína, USA, Dél-Korea, Japán a kutatás és beruházások Németország a kutatás és technológia területén jár az élen
- A szintézisgáz feldolgozásával, átalakításával pedig a világ vezető vegyipar cégei foglalkoznak
- A szintézis gázgyártás meghatározó elem, de a teljes vegyipari beruházás 10%-a alatt van az értéke
- A vegyipari feldolgozás sokcélú lehet, metanol, etanol, műtrágya stb.
A szintézisgáz ugyan villamos energiatermelésre is használható, de a szén vegyipari alkalmazásának igazi gazdasági célja a **poligeneráció**, a szén értéke a poligenerációs alkalmazásban az erőműi égetéshez képest legalább háromszoros.
A poligeneráció során töblb vegyipari termék mellett villamos és hőenergia is keletkezik (ilyen termékösszetétel lehet pl: ammónia, urea, benzin, dízel, metanol)
- A végtermék hidrogéntartalmának forrása az adott környezettől függ, és lehet földgáz pl. USA, villamos energia völgyáramból biomassza és hulladék, a hidrogénforrás és a CO₂ kibocsátás egymásra kölcsönhatásban van.



A poligenerációs értéklánc összehasonlítása és világ szintézisgáz termelésének alakulása

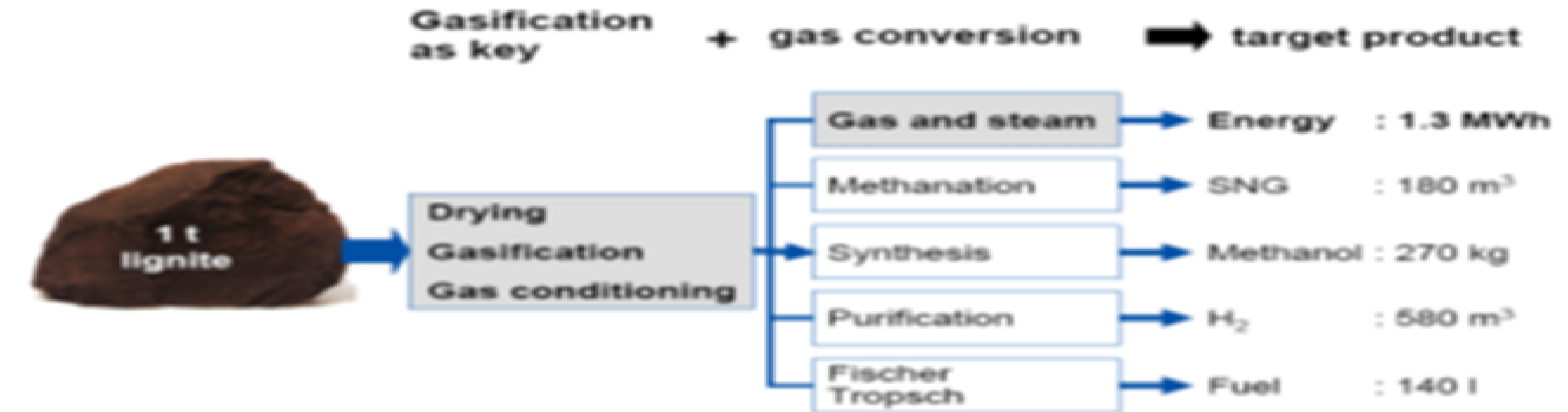


Maximising the value of coal (Tam and others, 2007)
 IEA Clean Coal Centre Report 132 /2008



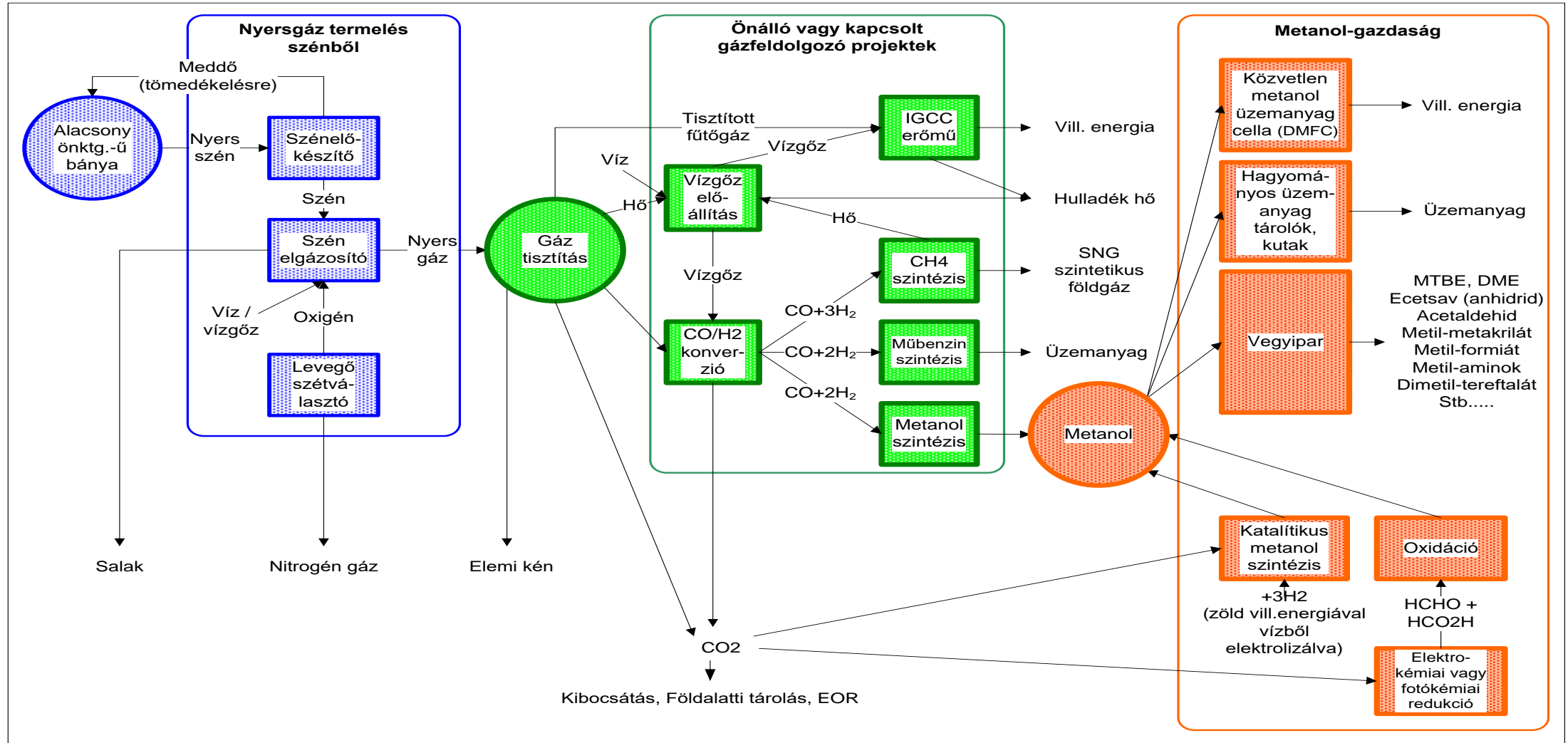
POLIGENERÁCIÓ, MELLÉKTERMÉK CO₂

FORRÁS: LINDE



Zusätzlich >2000kg CO₂ als “Nebenprodukt”
(>90 Gew% Ausbeute)

A szénfeldolgozás lehetséges irányai



A tiszta széntekológia és Magyarország lehetőségei

- Nagy szénbányászati hagyományokkal rendelkezik az ország és valamelyes szénkémiai tapasztalattal is
- (Veszprémi Egyetem szénkémiai tanszék, BME vegyipari technológiai tanszék stb.)
Péten 1929-ben már szénből benzin készült a városi gázgyártás széles körben folyt az erőműi tüzelésről nem beszélve. Nehézvegyipari gyakorlat a mai napig fennmaradt
- Erőműi alkalmazás gazdaságosan nem lehetséges, mert a magyar energetikai rendszerhez nem illeszkedik a gazdaságos blokkméret, a rendszer árait a külföldről importált környezetvédelmi előírásokkal nem terhelt valamint a hazai amortizációs/beruházási költséget nem számoló erőműi árak határozzák meg. A CO₂ árak pedig nem fedezik a környezetvédelmi elvárások technológiai költségeit. Vannak előírások, de annak piaci fedezete nincs.
- Ha nem vennénk figyelembe a CO₂ kibocsátás kérdését (EU 3000- 3100 TWh elektromos energiatermelésből kb. 1000 TWh szénalapú, Csehország 90 TWh ból 58 TWh, Németország 600 TWh-ból kb. 270 TWh, Magyarország 40 TWh ból 6,5TWh (gyakorlatilag a Mátrai erőmű és ez kb. 2500 ember munkájával évi kb. 250 mio USD /36 €/Mwó alapon/ energiaimportot vált ki) akkor sem lenne gazdaságos a szénbázisú villamos energiatermelés új beruházásban a jelen körülmények között az ismert technológiákkal. A magyar energiastratégia, ami nukleáris és megújuló energiákra valamint a szénre támaszkodik megvalósítási lehetőségei az alábbiak:

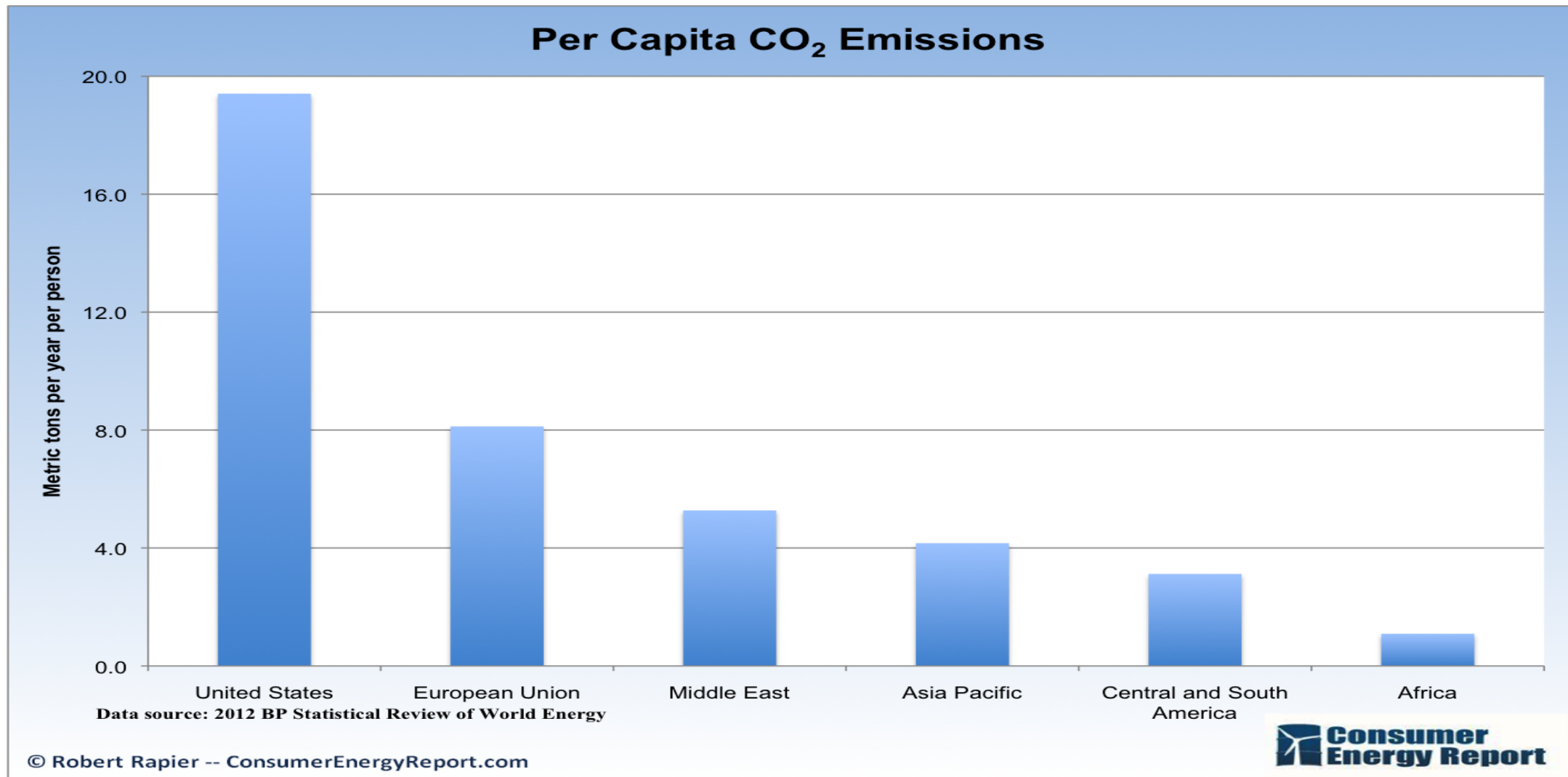


A tiszta széntekológia és Magyarország lehetőségei

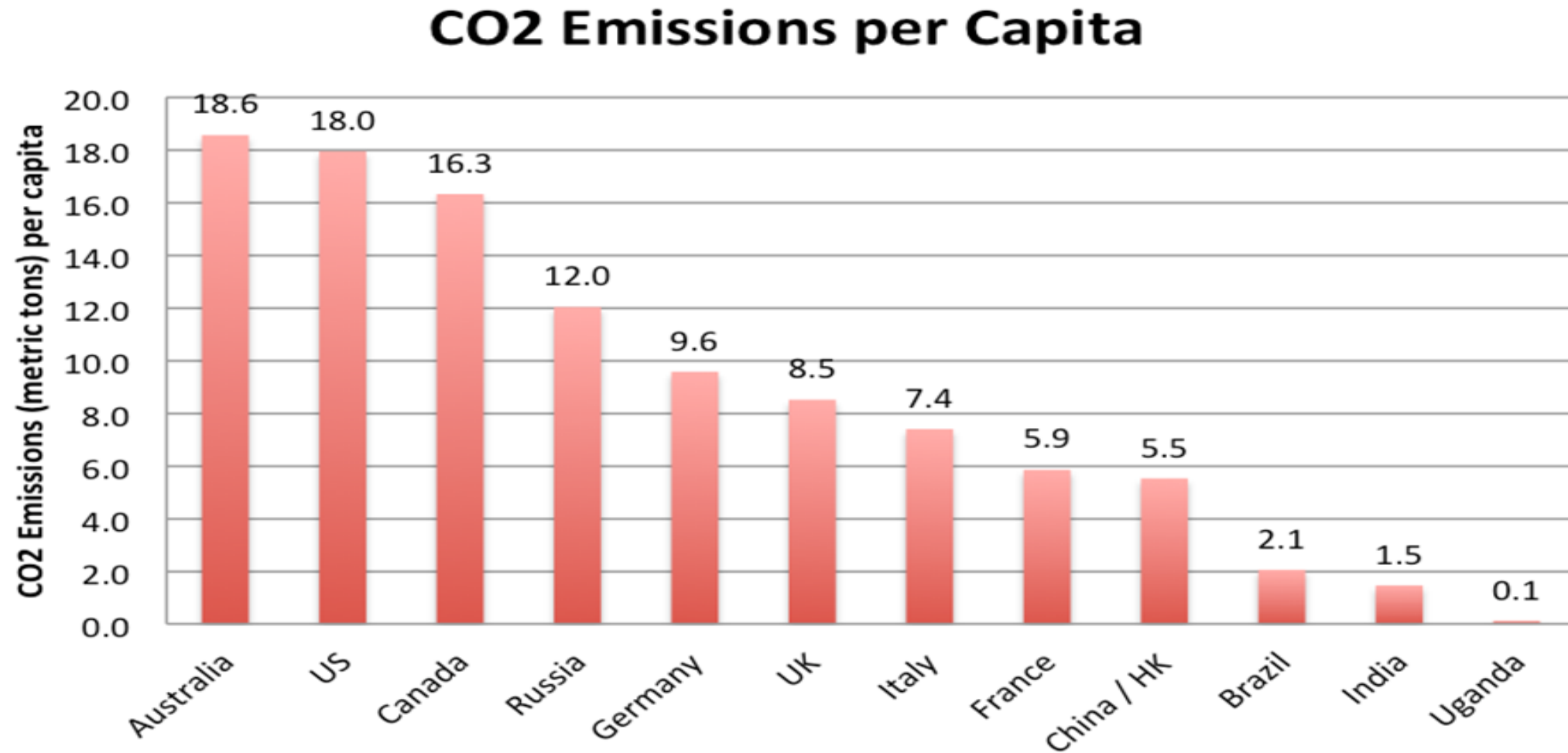
- - a jelenlegi Európai politikát a CO₂ kvótáról a magyar érdekeknek megfelelően kell értelmezni (pl. életciklus, saját magyar viszonyokra értelmezve (nem az IPCC szerinti lokális emisszió kb.100 ezer €)
 - már most is az EU átlaga alatt vagyunk jelentősen, nincs oka annak, hogy nagy pénzekért tovább menjünk az úton
 - a meglévő erőmű üzemélettartamának hosszabbítása gazdaságilag is reális alternatíva
 - új létesítményt csak alapvetően új technológiára, határfokra és emisszió kezelésre lehet alapozni
 - a CO₂ emisszió hatásának kérdéses voltán túl nyersanyagként kell rá tekinteni és nem szabad elvesztegetni
 - az energia stratégia mellett nyersanyag stratégiára lenne szükség a komplex., integrált szemlélet miatt
- A CO₂ kibocsátás kérdéséhez, azért is pragmatikusan kellene hozzáállni, mivel az IPCC előírások nem a teljes életciklus kibocsátást veszik figyelembe, hanem csak a határon belülit, így az importált energiahordozók alkalmazása nem járul hozzá az amúgy is vita alatt lévő klímahatás mérsékléséhez , mert globális mértékben nem következik be csökkenés sőt. (ld. Életciklus ábra) Németország 11 GW szenes erőművet épít ez a teljes magyar erőműi kapacitás majd duplája
- A vegyipar nagy beruházásokat igényel, de hosszú távú gazdaságossága látszik. Alapvető kritérium még, hogy a szén mint bányatermék feldolgozásra kerüljön ipari alapanyaggá és komplex módon kerüljön hasznosításra, azaz az eddig meddőnek tekintett rész is



Egy főre jutó CO₂ kibocsátás a világban



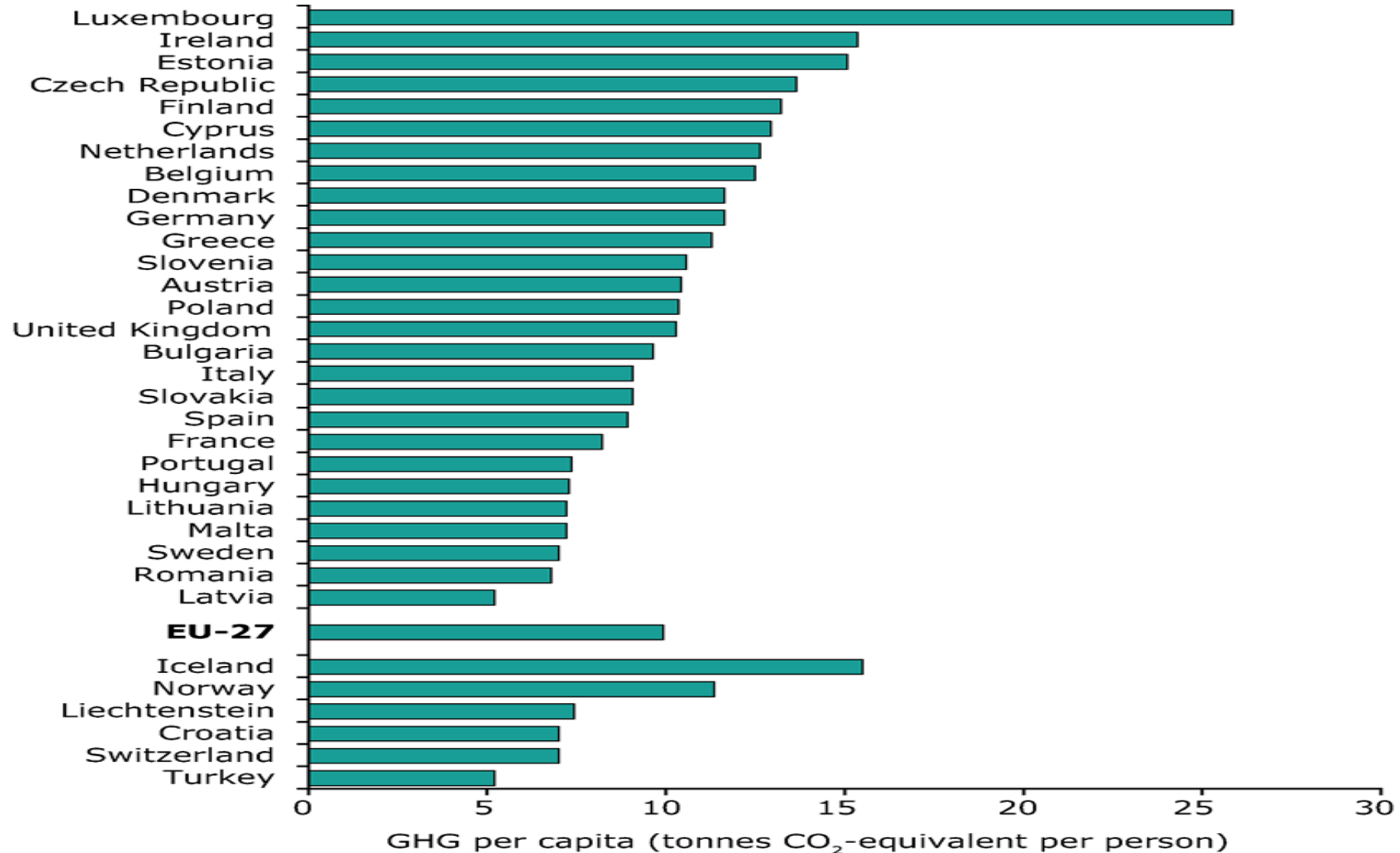
Egyes országok CO₂ emissziós értékei



www.economicshelp.org | Source: World Bank EN.ATM.CO2E.PC



Európai CO₂ kibocsátások összehasonlítása



Tervezett és építés alatt álló szenes erőművek Németországban

Németország beruház 11 133 MW szenes erőmű kapacitás ebből 1760 MW hazai barnaszén

Liste geplanter Kohlekraftwerke in Deutschland

Die folgende Liste enthält geplante und in Bau befindliche Kohlekraftwerke (Braun- und Steinkohle) in Deutschland. [1][2]

Standort	Bundesland	Energie-träger	Brutto-leistung in MW	CO ₂ -Ausstoß [Mio. t/a] (geschätzt)[1]	Antregsteller/ Betreiber	Inbetrieb-nahme (geplant)	Status
Datteln (Block 4)	NRW	Steinkohle	1110	8	E.ON	-	In Bau. Bebauungsplan nachträglich für ungültig erklärt.[4]
Duisburg-Walsum (Block 10)	NRW	Steinkohle	750	4,2	STEAG mit EVN	2015	In Bau (seit 2006)
Hamburg-Moorburg (Neubau an Stelle eines alten Gaskraftwerks)	Hamburg	Steinkohle	1640	9,2	Vattenfall	2014	In Bau (seit 2007, unter Auflagen)[5]
Hamm (Westfalen Block D+E)	NRW	Steinkohle	1600	9	RWE, DEW21 und Stadtwerke Hamm	2013 [6]	In Bau
Karlsruhe (Rheinhafen, Block B)	Baden-Württemberg	Steinkohle	912	4,6	EnBW	2015	In Bau (seit 2008)[7]
Lünen (Erweiterung/Umbau)	NRW	Steinkohle	750	4,2	Evonik	-	Planung ruht
Lünen, Stummhafen (Neubau)	NRW	Steinkohle	750	4,5	Trianel	2015	Großbauarbeiten abgeschlossen, Betriebsgenehmigung von OVG vorerst aufgehoben[8]
Mannheim (GKM, Block B)	Baden-Württemberg	Steinkohle	911	4,6	GKM	2015	In Bau (seit 2009), Inbetriebnahme voraussichtlich erst Ende 2015 (2 Jahre später als ursprünglich geplant)[9]
Profen (Neubau)	Sachsen-Anhalt	Braunkohle	660	5	MIBRAG	2020	In Planung
Stade (Neubau)	Niedersachsen	Steinkohle	900	5,6	Dow Chemical	?	In Planung
Niederaußem (Neubau)	NRW	Braunkohle	1100		RWE	-	In Planung [10]
Wilhelmshaven (Neubau)	Niedersachsen	Steinkohle	800	4,5	GDF SUEZ Energie Deutschland	2015	Großbauarbeiten abgeschlossen, Betriebsgenehmigung im Januar 2012 erteilt [11]



A közvetlen és közvetett ÜHG kibocsátás az egyes fosszilis tüzelőanyagokra

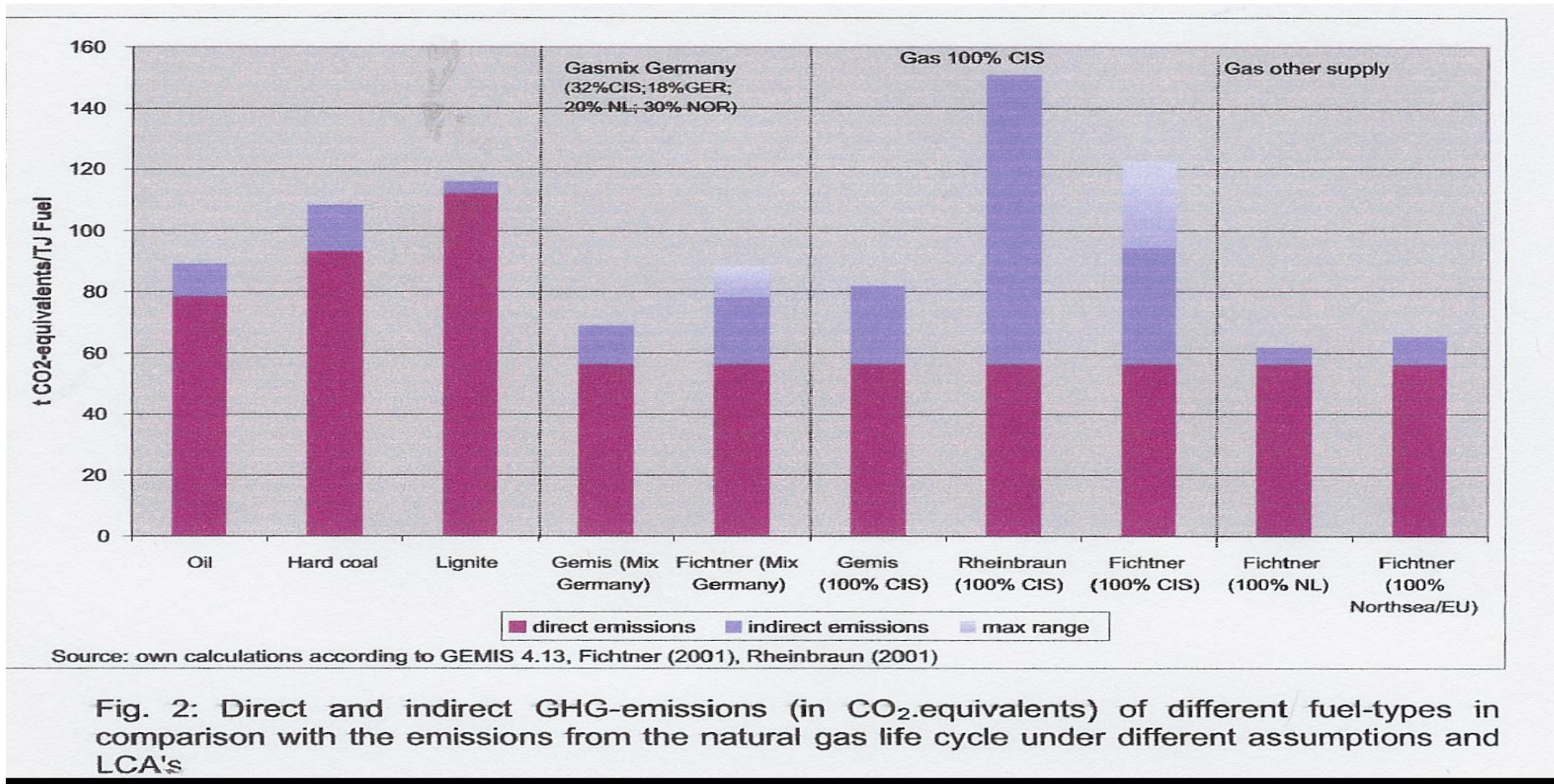


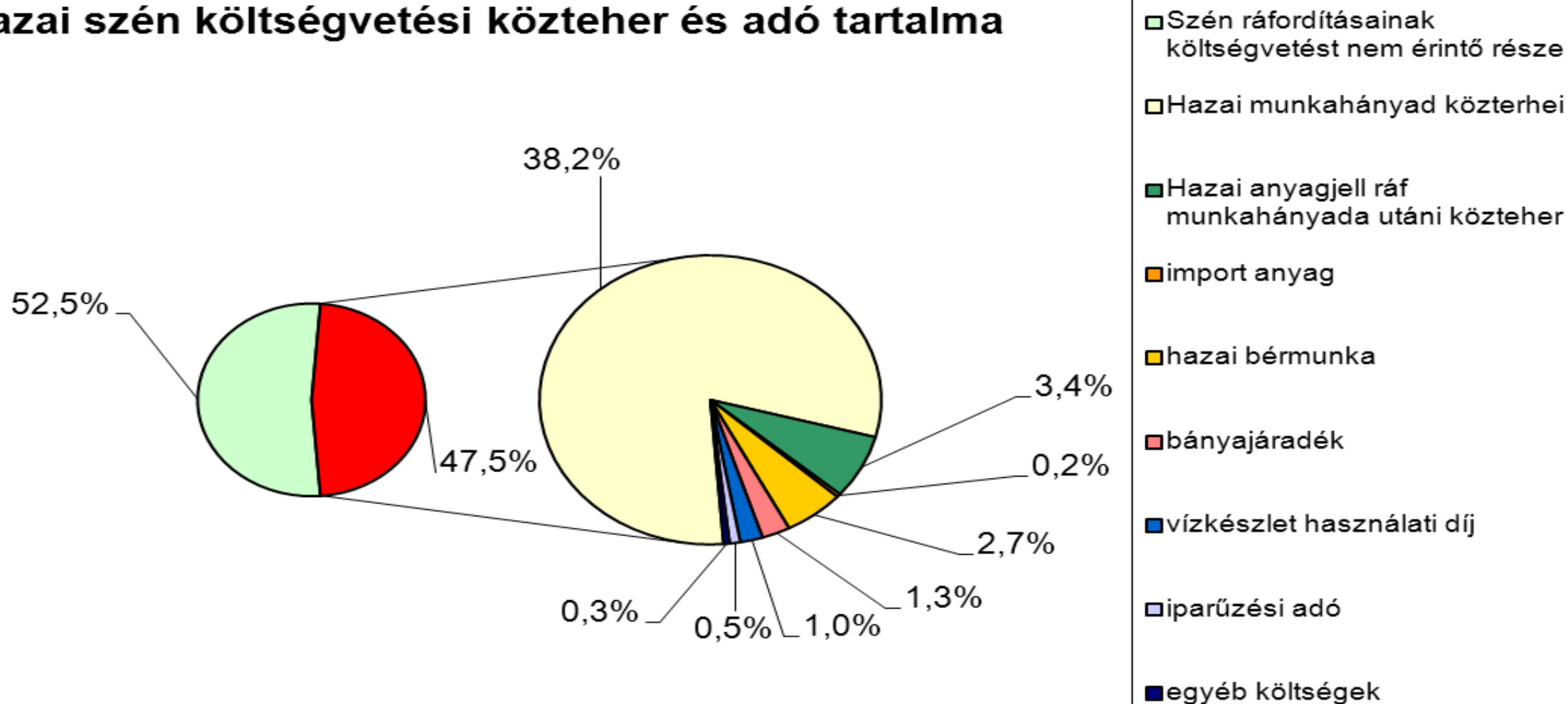
Fig. 2: Direct and indirect GHG-emissions (in CO₂.equivalents) of different fuel-types in comparison with the emissions from the natural gas life cycle under different assumptions and LCA's



A hazai mélybányászat közvetlen élőmunka igényének költségvetési kapcsolata

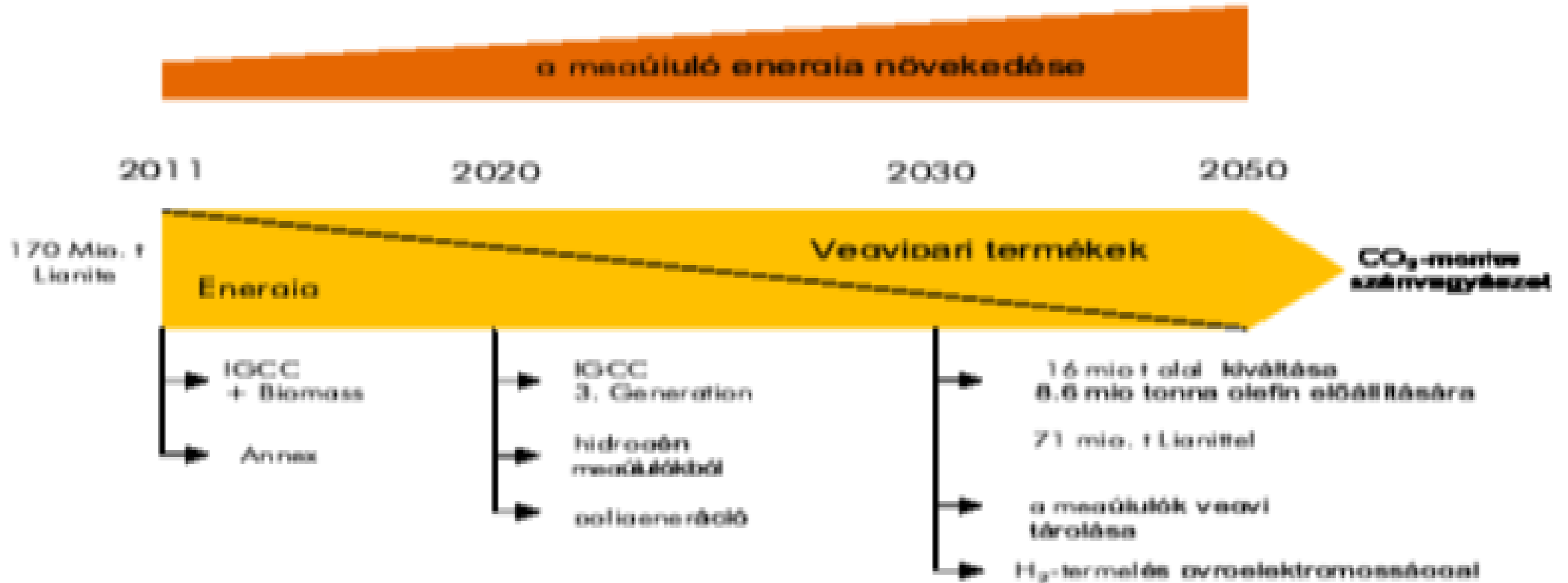
Nemzetközi tapasztalati érték, hogy minden bányász munkahely kb. 4-5 másik munkahelyet generál

Hazai szén költségvetési közteher és adó tartalma



Szén mérőkövek Forrás: Bergakademie Freiberg

Szén mérőkövek 2030



The University of Resources. Since 1745.



KÖSZÖNÖM A FIGYELMET !

E-mail: calamites@calamites.hu

CALAMITES

