

Korszerű ENERGIATERMELÉS 7. MEGÚJULÓ ENERGIAFORRÁSOK (RENEWABLE ENERGY)

Dr. Pátzay György 1

ENERGIAFORRÁSOK

Nem-megújuló

Energia

Megújuló

Kémiai

- Fosszilis tüzelőanyagok

Nukleáris

- Urán (Maghasadás)

Kémiai

- Izomerő (Oxidáció)

Nukleáris

- Geotermikus (Konverzió)
- Fúzió (Hidrogén fúzió)

Gravitáció

- Hullám, hidraulikus (kinetikus)

Közvetett napenergia

- Biomassza (fotoszintézis)

Közvetlen napenergia

- Szél (nyomáskülönbség)
- Fotoelektromos cella Konverzió)

Dr. Pátzay György 2

A környezet védelme ?

- ➔ A Föld keletkezése során (4,5 milliárd év) kialakult az atmoszféra (CO₂, N₂, H₂O, stb.).
- ➔ A napsugárzás halálos volt, erős radioaktív sugárzás és veszélyes kozmikus sugárzás volt a Föld felszínén.
- ➔ Szerencsére 3,8 milliárd évvel ezelőtt megjelentek az egysejtűek, az első „szennyezők”. Fotoszintézis révén oxigént termeltek és kialakult a napsugárzás káros komponenseit visszatartó pajzs.
 - 350 millió évvel ezelőtt az élet kijött a tengervízből
 - 63 millió évvel ezelőtt eltűntek a dinoszauruszok és sok más élőlény.
- ➔ A környezet védelme a Földet az ember számára továbbra is lakhatóvá kívánja tenni.

Dr. Pátzay György 3

Áttekintés

- A megújuló energiaforrások szemben a nem-megújuló energiaforrásokkal nem-kimerülő energiaforrások
- A szélenergia, a napenergia, a víziergia felhasználása során nem emittál szén-dioxidot (bár a kapcsolódó tevékenységek emittálnak)
- A biomassza elégetése szén-dioxid és légszennyezők kibocsátásával jár
- Az atomenergia-bár nem megújuló-de a gyors szaporító ciklusú formájában mintegy 10000 évig elegendő és nem bocsát ki széndioxidot

Dr. Pátzay György 4

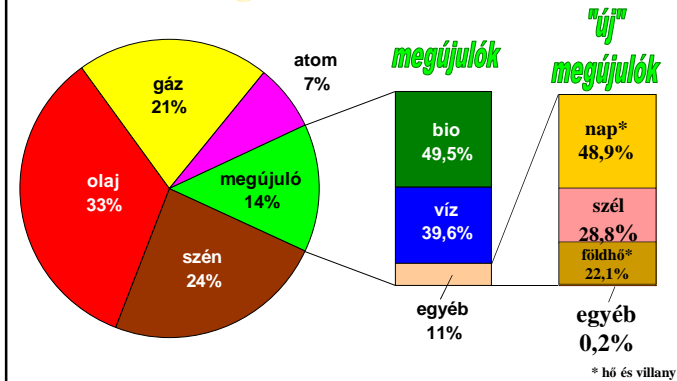
Mi a megújuló energiaforrás?

- A megújuló energiaforrásban a nap energiája és annak alternatív formáinak energiái (szél, vízáramlás) halmozódnak föl, az ilyen energiatermelés általában kevésbé terheli a környezetet.
- Ezt az energiaformát a nap „megújítja” és „fönnttartható energiaforrásnak” tekinthető.
- A biomassa nyomás alatt vízzel hevítve szintetikus tüzelőanyag-gázzá alakítható, míg a biomassa közvetlen elégetése levegő szennyezéssel és CO_2 kibocsátással jár.

Dr. Pátzay György

5

Megújulók a világ jelenlegi energiafelhasználásában



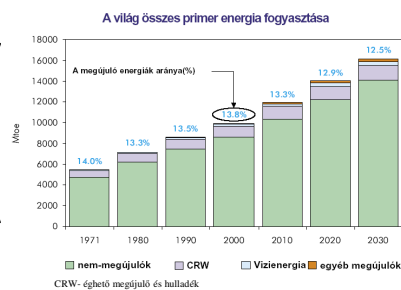
Dr. Pátzay György

Forrás: VGB PowerTech, 87. k.1/2. sz. 2007. p. 36.

6

Energia jövőkép 2050

- A fosszilis energiahordozók a közeljövőben kimerülnek, vagy alkalmazásuk kérdésessé válik.
- A világ fosszilis energia termelése a következő évtizedekben csökkenni fog.
- Megnő a megújuló energiaforrások szerepe, megváltoznak a társadalmi szokások.
- Az energiakrízis előtt szükséges az energiaforrások váltása.



Dr. Pátzay György

7

A fosszilis energiahordozók felhasználásának csökkennie kell



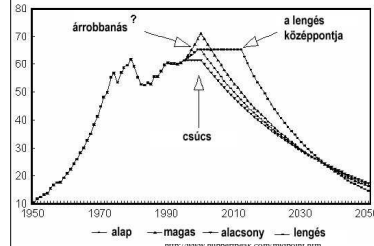
- A készletek évmilliók alatt jöttek létre, a felhasználás jelenleg gyorsan csökkenti a szén, kőolaj és földgáz készleteket
- A szénkészletek -jelenlegi felhasználási ütem mellett- ~250 évig, a kőolaj és földgázkészletek ~50 évig elégségesek, a becslések erősen ingadoznak.
- Energiatakarékossággal, energiatermelési hatások növeléssel, szállítási, felhasználási és egyéb veszteségek csökkentésével javítható az energiafelhasználás és a környezetterhelés
- Az energiatakarékosság és a hatások javítása csak elodázza a jelenlegi energiaszerkezet válságát.

Dr. Pátzay György

8

A Hubbert-görbe a fosszilis energiaforrások kimerülését becsli

- Dr. M. King Hubbert, geofizikus az USA kőolaj felhasználásának csúcsát 1970-re becsülte. Később más kutatók a világ kőolaj felhasználásának csúcsát a XXI. Század első felére jelezték.
- A termelési csúcs után a kőolajárak emelkednek, mert a termelés egyre drágább, az energiahordozó egyre kevesebb lesz.



Dr. Pátzay György

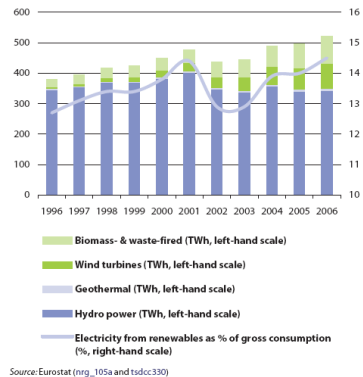
9

Megújuló energiák alkalmazása a fenntartható energiaellátásban

- megújuló legyen, rövid intervallumtól függetlenül
- hozzáférhető legyen és globálisan elosztott
- káros emisszió nélküli legyen (NO_x , SO_x , CO_x , por stb.)
- méretezhető legyen $1 \text{ MW}_{t/e}$ - - vezérelhető legyen (alap, csúcs és megosztott üzem)
- megbízható legyen (egyszerű, reális és biztonságos)
- rugalmas legyen (elektromosság, hő, kogeneráció)
- versenyképes legyen (a fosszilis energiahordozókkal, externáliákkal együtt)

Dr. Pátzay György

10

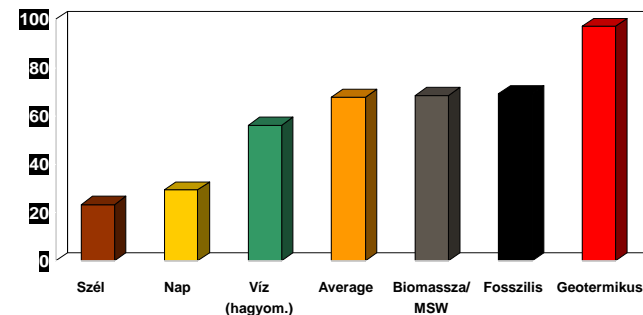


Villamosenergia termelés megújuló energiaforrásból
Electricity generated from renewable energy sources, EU-27

Dr. Pátzay György

11

Kihasznátltság-Capacity Factors (%)



Source: DOE/Energy Information Agency: data for 1996

Dr. Pátzay György

12

NAPENERGIA

- A naptól jövő sugárzási energia (1372 W/m^2) átjut az atmoszférán és a felszínt átlagosan 345 W/m^2 (Magyarországon $\sim 170 \text{ W/m}^2$).
- A levegő, a felhők, a pára csökkentik a felszínre jutó energiát.
- Az energia kinyerhető a sugárzás hőenergiájaként és a foto-elektromos cellák révén előállított elektromos energia formájában



Dr. Pátzay György

13

Mekkora a Földre jutó napenergia?

Napenergia



- A Föld a Naptól $\sim 120 \times 10^{15} \text{ W}$ energiát kap. Körülbelül 1% mechanikai energiává (szél)alakul, azaz $1,2 \times 10^{13} \text{ W}$
- A bejövő napenergiának mintegy a fele a fotoszintézisnél hasznosul.
- A fotoszintézis maximális elméleti energiátalakítási hatásfoka $\approx 5,5\%$, de ritkán lépi túl az $\approx 1-2\%$ -ot.

A Nap által naponta leadott energia $3,90 \times 10^{26} \text{ Watt}$.

A Föld sugara 3393 km , napsugárzásnak kitett keresztmetszete

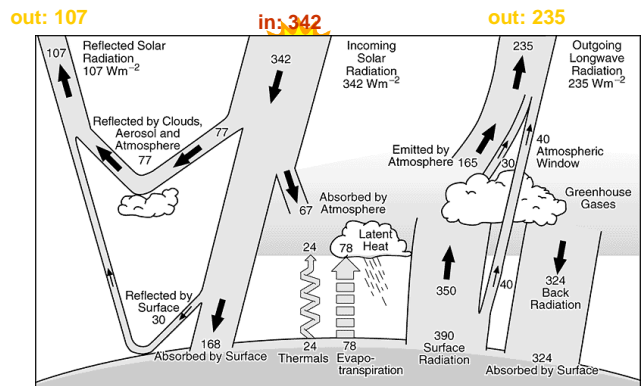
$(3,14)(3393,000)^2 = 3,62 \times 10^{13} \text{ m}^2$
a földre eső energia 1388 watt/m^2 ,

Így a Földre naponta $5,02 \times 10^{16} \text{ watt}$ energia jut.

Naponta így a közölt napenergia mennyisége $3-7 \text{ kWh/m}^2 / \text{nap}$.

Dr. Pátzay György

14

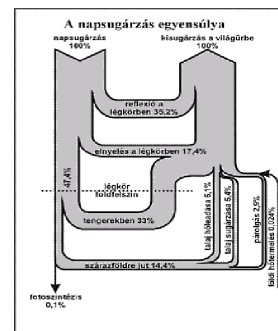


Balance:

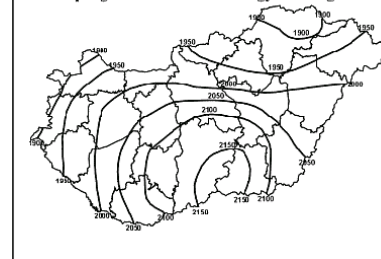
radiation coming in : solar input = 342 $[\text{W/m}^2]$
radiation going out. : 107 (reflected solar) + 235(i.r.) = 342 $[\text{W/m}^2]$

Dr. Pátzay György
IPCC2001_TAR1_Fig1.2

15



A napsugárzás időtartama Magyarországon



Dr. Pátzay György

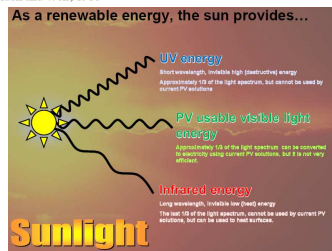
16

Napenergia



Type	Wavelength, λ <small>µm</small>	Fraction of Irradiance <small>%</small>
Ultraviolet (UV) region	< 0.4	9
Visible region	0.4-0.7	45
Infrared region	> 0.7	46

Source: Twidell and Weir, 1986



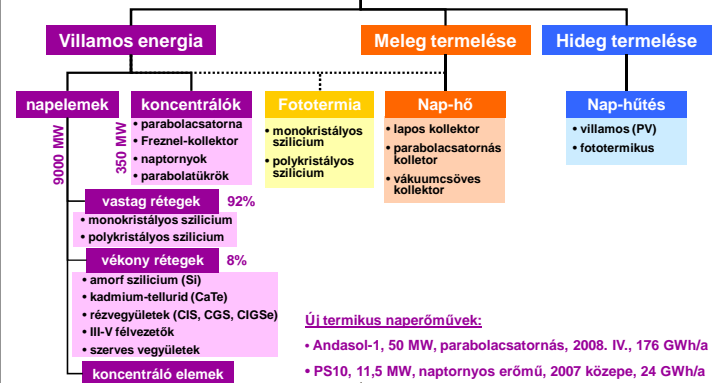
A Naptól egy óra alatt annyi energia éri el a Földet mint az emberiség egy évi energia igénye. Ez az energia kis sűrűségű – kb. 1000 Watt/m². Ezért, a napenergiát koncentrálni kell, hogy gazdaságos formában tudjuk hasznosítani. A napenergia hasznosítása hő, vagy elektromos energia termeléssel lehetséges.

Dr. Pátzay György

17

A napenergia-hasznosítás útjai

A napenergia hasznosítása



Dr. Pátzay György

Forrás: RWK - Brennstoff-Wärme-Kraft, 60. V. 10. sz. 2008. p. 54. B.

18

Napenergia



Napsugárzás energiája: 1168-1460/1150-1332 kWh/m²

- Magyarország területére 1.16*10¹⁴ kWh/év. 1250 kWh/m². Ez 2900 szorosa az éves villamosenergia fogyasztásnak.
- Egy háztartás éves villamos-energia igénye = 2 m²-re érkező napenergia.
- Magyarországon potenciálisan telepíthető napelemes berendezések éves villamos energia termelése: 486 milliárd kWh. Az éves villamos energia termelés értéke a Magyarország jelenlegi villamos energia fogyasztásának több mint 12 szerese.
- Jelenleg összesen ~70.000 m² napkollektor van hazánkban felszerelve. Lehetőség több millió m².
- Energiatermelése 35 GWh hő = 126 TJ, ez 3,5 M m² földgázzal egyenértékű
- Napelem ~270 kW, termelése 300 MWh = 1,08 TJ.
- A lakások 80,2 %-a földgázzal ellátott!
- A települések 90 %-ában a földgáz bekötésre került!

Dr. Pátzay György

19

Napenergia potenciál



- Napsugárzás energia hozama
1265kWh/ m²,év = 4914 MJ/m²,év
- Magyarország területe
9,3 millió hektár = 93 x 10⁹m²
- Magyarország területére eső napenergia
457x10³ PJ
- Magyarország energia felhasználása 1150 PJ
Napenergia/energia felhasználás 400 szoros
1 m² napkollektor ~ 500 kWh/év = 1800 MJ/év
4 PJ ~ 2,2 millió m² kollektor

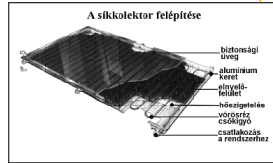
Dr. Pátzay György

20

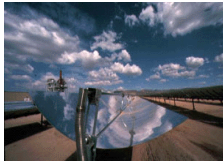
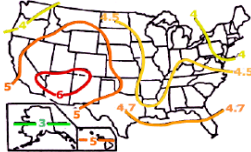
Napenergia hőhatás



- Lakás és üzleti helység fűtése: ~32-49 °C
- Ipari forróvíz: ~93-204 °C
- Nap-hőerőmű: ~538 °C
- Alacsony hőmérsékletű hő a talajból: ~21-27 °C



Average Annual Sun-hours per Day



Átlagos napsütéses órák száma az USA-ban

From <http://www.energy.ca.gov/education/story/story-images/solar.jpeg>

Dr. Páztay György

21

ENERGIATAKARÉKOSSÁG AZ ÉPÜLETEKBEN

Passzív ház

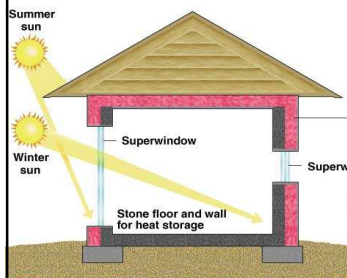
- Építési költsége 20-30 %-kal több, mint a hagyományos épületeké
- Fűtési, hűtési energiaigénye 15 kWh/m²év
- Falának hővezetési tényezője kisebb mint U=0,15 W/m²K
- Elérhető energia megtakarítás: 30-60 %
- Megújuló hasznosítási elemekkel kiegészíthető (napelem, napkollektor, hőszivattyú, stb.)
- Télen mesterséges szellőztetés szükséges

Dr. Páztay György

22

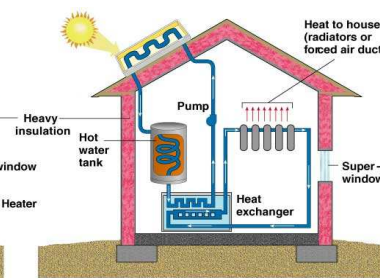
NAPENERGIA PASSZÍV & AKTÍV FŰTÉS

Passzív rendszer:
A naptól jövő hőt közvetlen módon absorbeálja és tárolja a szerkezetben.



PASSIVE Dr. Páztay György
© 2001 Brooks/Cole Publishing/TP

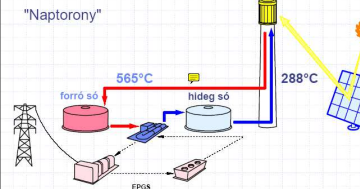
Aktív rendszer:
A kollektorok absorbeálják a napenergiát és egy szivattyú szállítja a hőt tároló folyadékot a fűtés helyére.



ACTIVE

23

"Naptorony" sóolvadékos energiatárolóval

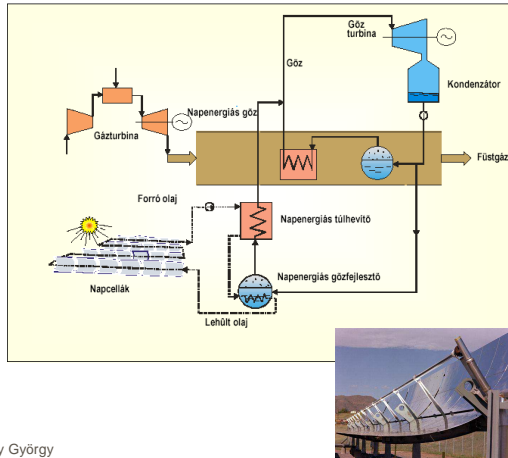


Napfelkelte után a parabolicsatornás kollektorok követik a nap állását és a kollektorokban lévő adszorpciós csövekben áramló hűtőré szintetikus olaj felmelegszik és a hőtartalmát hőcserélőben átadja egy vízkörnek és a keletkező gőz turbogenerátor segítségével villamos energiát állít elő. A nap során, mikor a napsugárzás már elég intenzív, a felesleges hőenergiát egy sóolvadékos hőtárolónak adják át egy hőcserélőn keresztül. A „hideg” sóolvadék 280°C-ról 380°C-ra hevül. Este, vagy borús időben a forró sóolvadékban tárolt hőenergiát egy hőcserélőn átadják a szintetikus olaj hőhordozónak, mely aztán a másik hőcserélőben a vízből gőzt fejleszt és villamos energiát termel. Éjszaka a villamos energia termelését teljes mértékben a sóolvadékban tárolt hőenergia biztosítja. A napenergiás és a sóolvadékos egységet úgy tervezték meg, hogy az erőmű 24 óras folytonos üzemelésre alkalmas. Tervezik a naperőmű kombinálását biomasszából nyert kiegészítő hőenergiával is.

Dr. Páztay György

24

Integrált kombinált ciklusú naperőmű vázlata

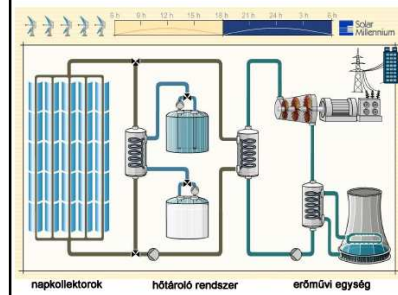


Dr. Pátzay György

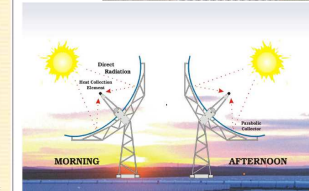
25

Andasol (Spanyolország)

Tipikus parabolacsatornás napkollektorokkal üzemel az Andasol-i (Spanyolország) naperőmű. Az erőmű részei: a napenergiát hőenergiává alakító egység, a hőenergia tároló egység és a hőenergiát villamos energiává alakító egység.



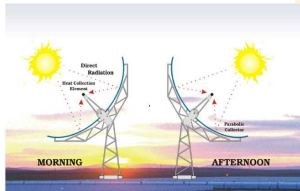
Dr. Pátzay György



26

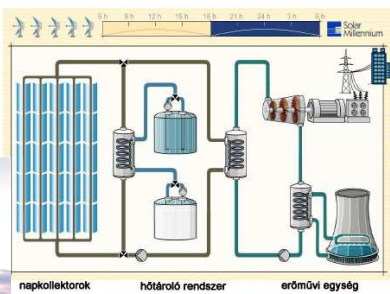
Andasol (Spanyolország)

Napfelkelte után a parabolacsatornás kollektorok követik a nap állását és a kollektorokban lévő adszorpciós csövekben áramló hőtűrő szintetikus olaj felmelegszik és a hőtartalmát hőcserélőben átadja egy vízkörnek és a keletkező gőz turbogenerátor segítségével villamos energiát állít elő.



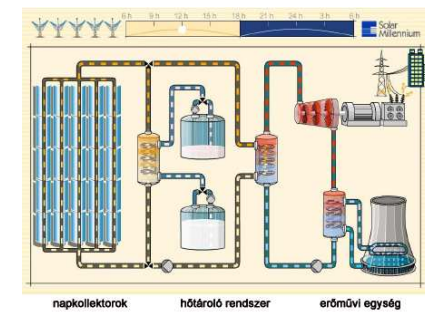
Dr. Pátzay György

27



Andasol (Spanyolország)

A nap során, mikor a napsugárzás már elég intenzív, a felesleges hőenergiát egy sóolvadékos hőtárolónak adják át egy hőcserélőn keresztül. A „hideg” sóolvadék 280°C-ról 380°C-ra hevül.

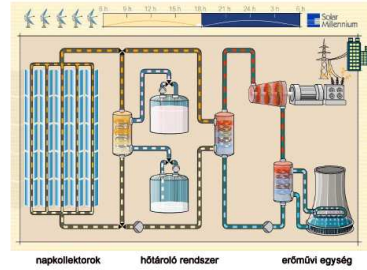


Dr. Pátzay György

28

Andasol (Spanyolország)

Este, vagy borús időben a forró sóoldékban tárolt hőenergiát egy hőcserélőn átadják a szintetikus olaj hőhordozónak, mely aztán a másik hőcserélőben a vízből gőzt fejleszt és villamos energiát termel.

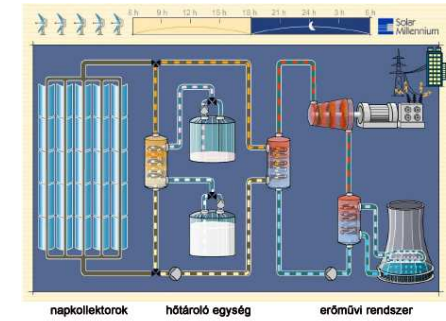


Dr. Pátzay György

29

Andasol (Spanyolország)

Éjszaka a villamos energia termelését teljes mértékben a sóoldékban tárolt hőenergia biztosítja. A napenergiás és a sóoldékos egységet úgy tervezték meg, hogy az erőmű 24 órás folyamatos üzemelésre alkalmas. Tervezik a naperőmű kombinálását biomasszából nyert kiegészítő hőenergiával is.



Dr. Pátzay György

30

Napenergia: fotoelektromos hatás

- A fényelektromos cellák a sugárzó energia ~15%-át képesek elektromos energiává alakítani (az elméleti érték ~ 21%).
- Kisfeszültségű egyenáram keletkezik, cellánként ~0,55 Volt feszültségen; a telepeket összekapcsolják ~16 V eléréséig, hogy a 12 V-os akkumulátorokat tölteni tudják.
- A cellasorokat rögzített vagy a nap mozgását követő elrendezésben alkalmazhatják.
- Az elektromos energiát tárolni kell, hacsak nem alakítják át a megfelelő feszültségű váltóárammá.



A fényelektromos cellák (PV) árai estek, de még mindig drágák az erőműipar számára.

Dr. Pátzay György

31

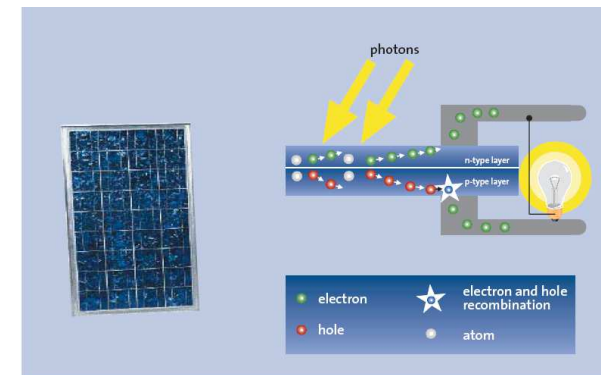
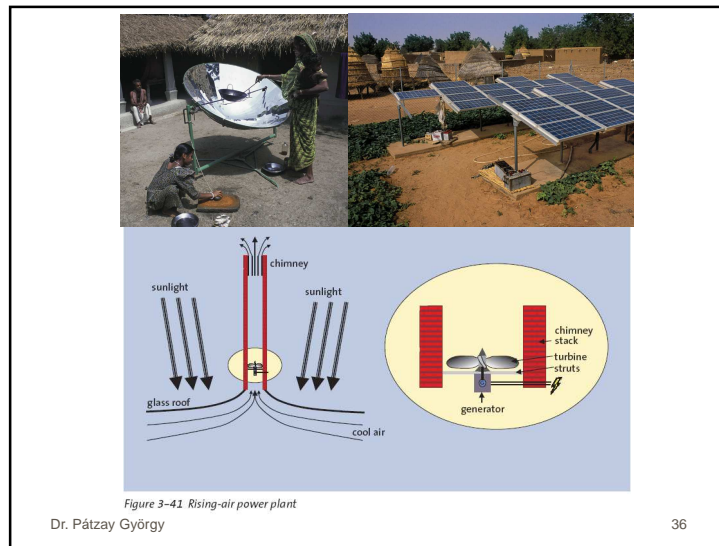
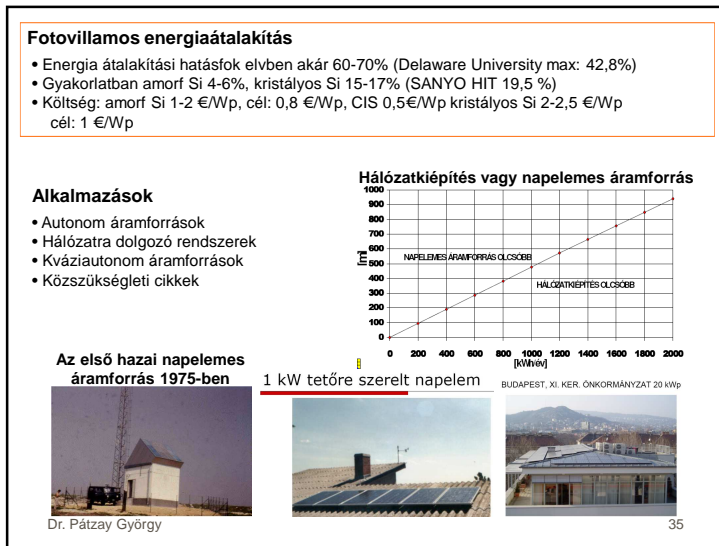
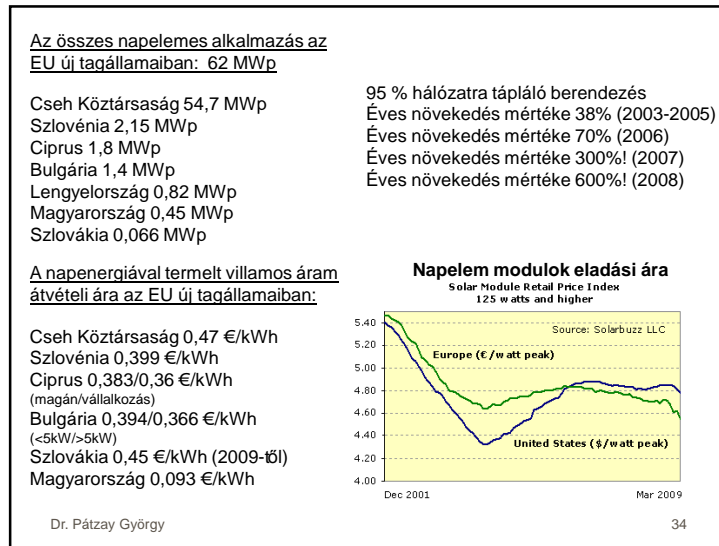
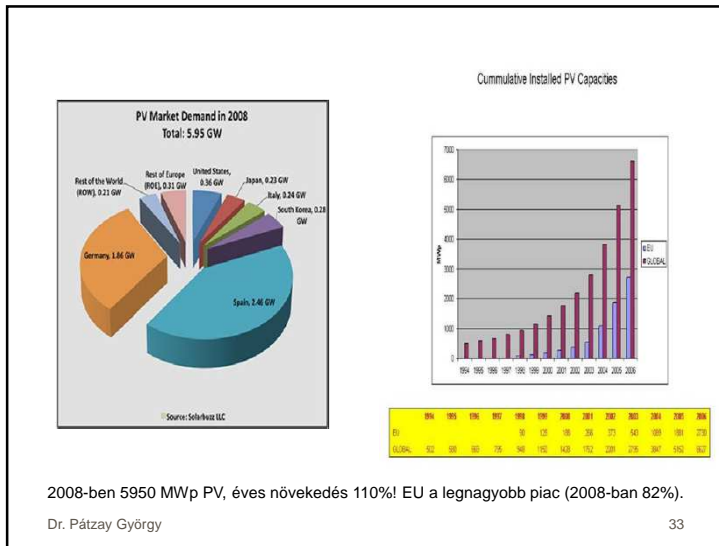


Figure 3-39 Structure of a solar cell

Dr. Pátzay György

32



Szélenergia

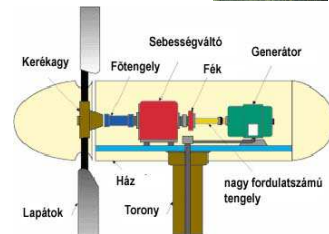
- az atmoszféra hőmérsékleti egyenlőtlenségeiből származik
- a szélenergia tartalékok világszerte ingadoznak
- a kinyerhető energia a szélsébség köbével arányos



Ref.: www.freefoto.com/pictures/general/windfarm/index.asp?i=2

Dr. Pátzay György

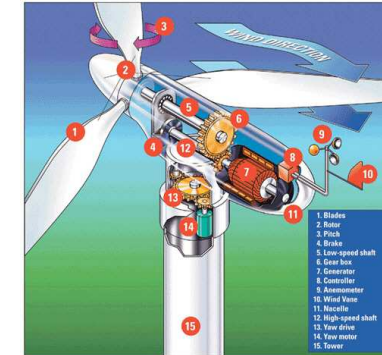
37



Szélérőmű

Teljesítmény $P = 0.47 \times \eta \times D^2 \times v^3$ Watt

1. h = hatásfok ~ 30% (59% elméleti maximum)
2. D = rotor átmérő (40 meter)
3. v = szélsébség (13 m/s)
4. $P = 500$ kW

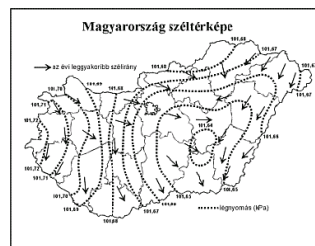


Dr. Pátzay György

38

A szélenergia a tengerpartokon, síkságokon használható fel elsősorban

- Pl. Florida partjainál 2-es szélfokozat esetén (160-240 W/m²): az energia kevés erőművi célra, de a vizsgálatokhoz megfelelő.
- A Sziklás-hegységben a nagy-közepes szélsébség (300-1000 W/m²): alkalmas erőművi célokra.
- Minden földrajzi területnek meg van a szélterképe, mely alapján eldönthető a szélenergia alkalmazhatósága.



AZ USA szél atlaszának szélenergia sűrűségi és sebességi értékei.

Wind power class	Wind power density at 50 meters W/m ²	Wind Speeds at 50 meters m/s
1	0-200	0-5.6
2	200-300	5.6-6.4
3	300-400	6.4-7.0
4	400-500	7.0-7.5
5	500-600	7.5-8.0
6	600-800	8.0-8.8
7	800-2000	8.8-11.9

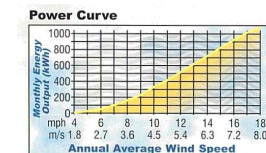
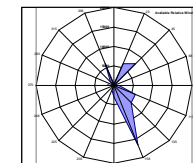


Dr. Pátzay György

39

A domináns szélenergia irány meghatározza a szélérőmű (motor) helyét

- Az energia-rózsza a szélsébség-rózsza köbéből adódik.
- A megfelelő szélsébség átlagokhoz néhány éves mérési mintasorozat szükséges.
- A turbina védelme nagyon fontos, a legtöbb szélmotor forgórészét elforgatják, ha a szélsébség >13,5 m/s.



Dr. Pátzay György

40

Szélerőművek, szélmotorok



Kicsi (≤ 10 kW)

- házi
- farmon
- kis táp(víz szivattyú)



Közepes (10-250 kW)

- kis település
- hibrid rendszerek
- hálózatra



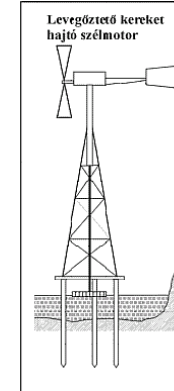
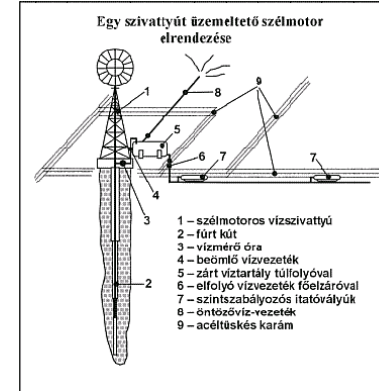
Nagy (250 kW - 2+MW)

- Központi szélerőmű
- hálózatra

Dr. Pátzay György

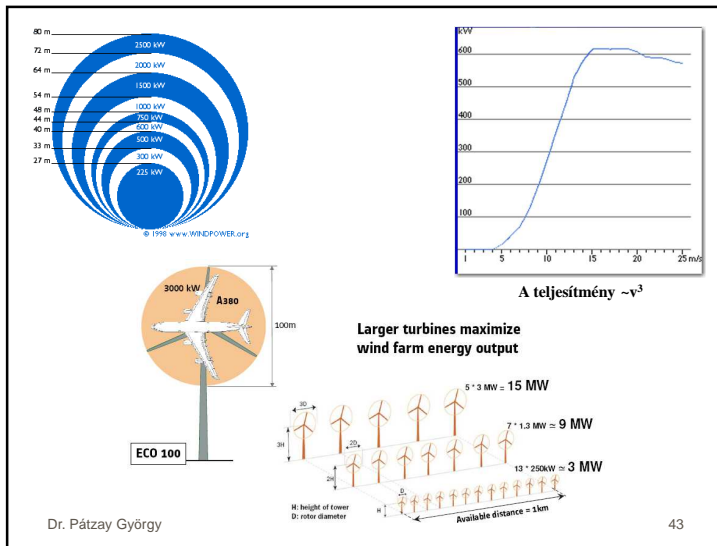
41

Szélmotorok



Dr. Pátzay György

42



Dr. Pátzay György

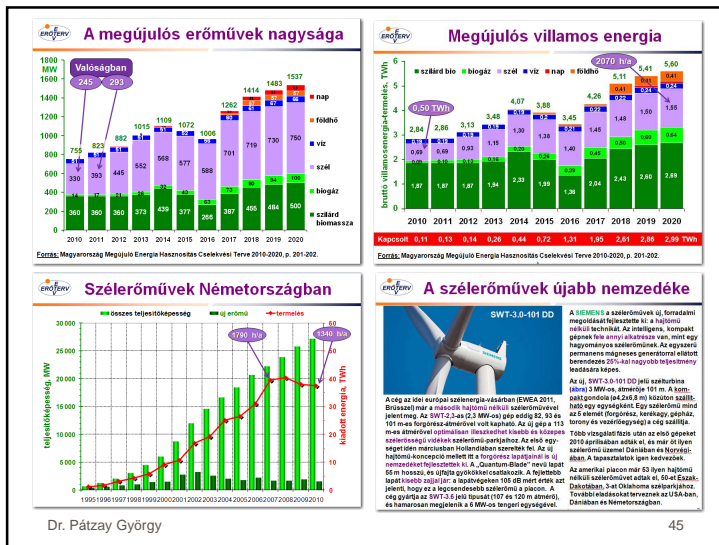
43

Hokkaido, Japán



Dr. Pátzay György

44



A kis szélenergiafejlesztés

A világon 2008-ban mintegy 19 000 db kis, 100 kW-nál kisebb szélenergiafejlesztést helyeztek üzembe összesen 38,7 MW együttes teljesítőképességgel (átlagban tehát 2,0 kW-tal), ami 53%-os növekedést jelent. Ezeknek a kis szélenergiafejlesztéseknek az egy kW-ra jutó fajlagos beruházási költsége 4-5-ször nagyobb, mint a szokásos nagy szélenergiafejlesztéseké, amelyek megfelelő helyen már 10 cent/kWh (~27 Ft/kWh) termelési költséget elérhetnek, tehát a kis szélenergiafejlesztések nem versenytársak. Ezek a kis szélenergiafejlesztések a saját villamosenergia-igényt csökkenthetik, vagy betáplálhatnak a közeli hálózatba. A kiengyelítési gondok enyhítése érdekében lehetőség adódik a szélenergiafejlesztésre hideg és szeles időben. Az „Antaris-szélenergiafejlesztés” 3,5 és 5,5 kW tartományban (maximum 6,5-11,5 kW-tal) a kiegészítő fűtésre jó. A létesítéshez engedélyt kell kérni, hiszen 10-15 m magas létesítményekről van szó a házak tetején. Figyelembe kell venni, hogy a városokban a magasság függvényében másoként változik az átlagos szélsebesség, mint a nyitott térségeken.

Dr. Pátzay György

Szélenergia potenciálok Európában

Generation potential of wind energy on land by cost classes (TWh)

	Electricity production (1)		Not competitive (2)		Most likely competitive (3)		Competitive (4)	
	2006	2020	2030	2020	2030	2020	2030	
Austria	1.72	463	199	3	211	NA	56	
Belgium	0.36	371	0	53	12	12	425	
Czech Republic	0.05	687	169	1	434	0	85	
Denmark	6.11	0	0	65	0	687	751	
Estonia	0.08	419	0	111	75	142	597	
Finland	0.16	4016	7	204	1052	198	3359	
France	2.15	3951	736	733	1409	576	3115	
Germany	30.71	3376	344	384	1206	258	2467	
Greece	1.7	261	123	54	71	251	372	
Hungary	0.04	57	343	0	213	0	1315	
Ireland	1.62	0	0	7	0	1308	1315	
Italy	2.97	983	571	57	247	112	334	
Luxembourg	0.06	30	0	0	20	0	10	
Netherlands	2.73	217	0	158	0	158	533	
Poland	0.26	3437	39	134	1035	112	2609	
Portugal	2.93	601	209	13	316	63	152	
Slovak Republic	0.006	323	184	0	128	0	11	
Slovenia	NA	106	87	0	17	0	2	
Spain	23.02	2316	1050	170	1018	263	682	
Sweden	0.99	3900	487	528	2021	620	2539	
Switzerland	0.02	42	39	0	3	0	1	
Turkey	0.13	1264	757	89	296	123	421	
United Kingdom	4.23	0	0	447	0	3981	4409	

Notes: Adapted from "Europe's onshore and offshore wind energy potential", Technical report No. 6/2009, European Environment Agency. (1) Eurostat; (2) cost classes with average production costs > 0.063€/kWh; (3) cost classes with average production costs <= 0.063€/kWh (range 0.055-0.067); and (4) cost classes with average production costs < 0.055€/kWh. NA - Data not available. Terawatt-hours.

Dr. Pátzay György

Bioenergia (Biomassza)

- A biomassza direkt tüzelése, más tüzelőanyaggal együtt tüzelése és elgázosítása a biomassza-energia-termelés alapja.
- Etanol készíthető gabonából, vagy szójából, metanol pedig cellulózból állítható elő.
- A folyékony tüzelőanyagok nagy energiasűrűségük révén a szállító járművek hajtóanyagai.
- Tudatosan erre a célra természetek (pl. nyárfák) vagy éghető hulladékot alkalmaznak
- A biomassza részben kiválthatja a fosszilis energiaforrásokat, bár nem túl hatékony energiaforrás

Dr. Pátzay György

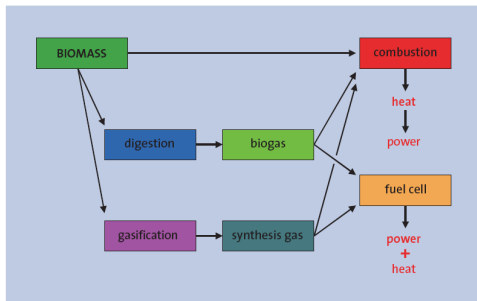


Figure 3-47 Use of renewable raw materials

Property	Fuel wood	Straw	Rapeseed waste	Cereals	Lignite
water content %	15-60	10-20	10-15	5-14	5-14 (dried)
calorific value H ₀ MJ/kg	6-18	13-15	15-20	14-16	10-20
energy density GJ/m ³	2-3	2			22

Table 3-6 Properties of renewable raw materials⁴³

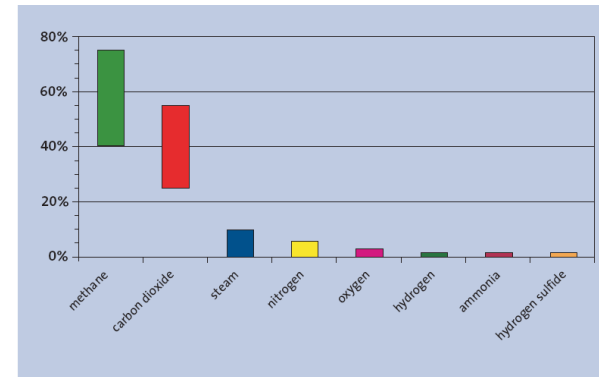


Figure 3-48 Composition of biogas⁴³

Biomassza

Növények -> bio-tüzelőanyagok, bio-szénforrások

A napenergia diffúz és szakaszos. A növények eltárolják ezen energia egy részét, miközben CO₂-ot fogyasztanak növekedésük során.

Alacsony az átalakítás hatékonysága (1% a mérsékelt, 2-3% a trópusi égőkben).

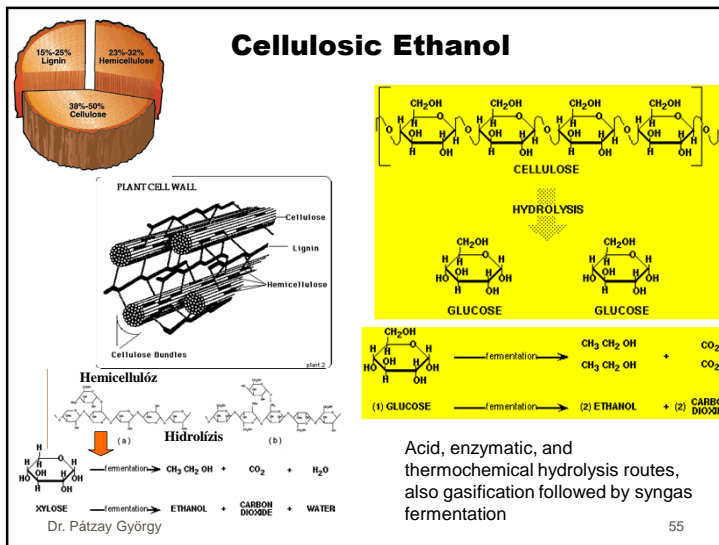
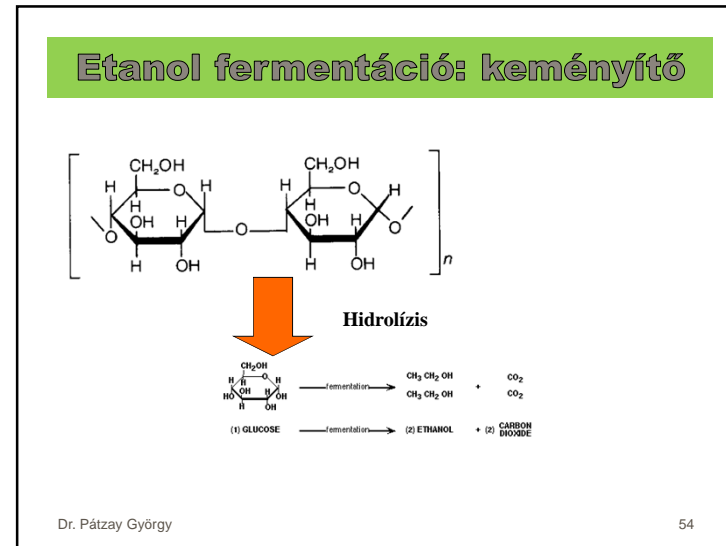
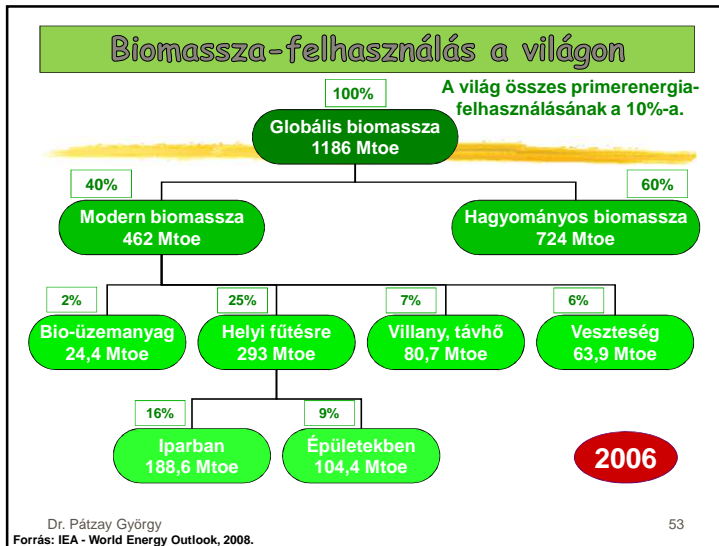
Faanyagok pirolízise
Carbonizáció

Bio-üzemanyagok (bioetanol, ETBE)
(etil-tercier-butiléter oktánszám javító)
~ 3x drágábbak a benzinnél



Biomassza

- ➔ A fa alapú energiatermelés Franciaországban:
3,6-7,2toe/ha
- ➔ 1GW energia → >2500 km² erdőterület
- ➔ Bioüzemanyagok: 3x drágábbak a fosszilis alapú üzemanyagoknál
- ➔ 1,5 liter bioetanolhoz, vagy 2 liter, biodízelhez 1 liter fosszilis tüzelőanyag kell!
- ➔ Étkezéshez, vagy jármű hajtásához alkalmazzuk?
- ➔ Célszerű a biomassza hidrogénezése (H₂)
A biomasszán alapuló energiatermelést növelni, a felhasználás módját javítani kell!

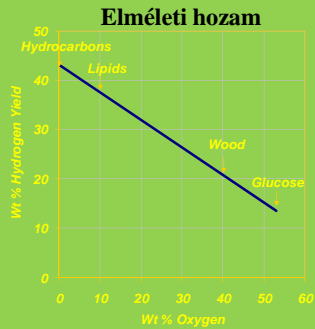


Biodiesel Yields by Crop

Crop	Biodiesel Yield (gals/acre)
Corn	14
Cotton	28
Soybean	38
Coffee	39
Safflower	66
Rice	70
Sunflower	82
Opium Poppy	99
Rapeseed	102
Olives	103
Avocado	226
Coconut	230
Oil Palm	508

Dr. Páztay György

Biomasszából hidrogén



- Direkt elgázosítás
- Napenergiás elgázosítás
- Pirolízis
- Szuperkritikus konverzió
- Biológiai konverzió
- Fotobiológiai konverzió
- Metanol/Etanol konverzió
- Metán termolízis

Dr. Pátzay György

57

Direct-Fired Combustion



- Similar to fossil-fuel fired power plants of today



Wood-fired plants in Michigan (above) and Vermont (right)

Dr. Pátzay György

58

Co-firing

- Process of replacing a portion of coal in power plant boiler with biomass
- This can be done by either mixing biomass with coal before fuel is introduced into the boiler, or by using separate fuel feeds for coal and biomass.
- Up to 15% of coal can be replaced with biomass with little or no loss in efficiency.
- Very low cost; only small adjustments need to be made to original facility
- However, still relies heavily on fossil fuels

Dr. Pátzay György

59

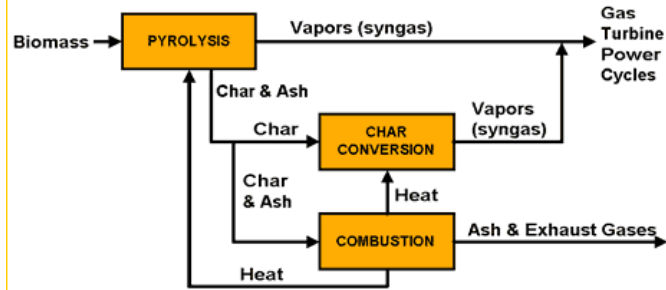
Gasification

- A thermochemical process that converts solid biomass to a clean fuel gas form.
- May be implemented to use a wide range of energy conversion devices to produce power: gas turbines, fuel cells, reciprocating engines.
- This process gives biomass tremendous flexibility in the way it can be used to produce power.

Dr. Pátzay György

60

Biomass Gasification Process Diagram



Pyrolysis: The anaerobic thermal decomposition of biomass at high temperatures (greater than 400°F). End products include a mixture of solids (char), liquids (oxygenated oils), and gases (methane, carbon monoxide, and carbon dioxide) with proportions determined by operating temperature, pressure, oxygen content, and other conditions.

Dr. Pátzay György

61

Advantages of Gasification

- Increased flexibility to fuel a wide range of power systems: gas turbines, fuel cells, and reciprocating engines.
- A wide variety of biomass materials can be gasified, many of which would be difficult or impossible to burn.
- Gasification offers one means of processing waste fuels, many of which can be problematic. Gasification and conversion to energy is an outstanding alternative to expensive and environmentally unfavorable disposal in landfills.
- It is easier to distribute and control a gaseous fuel
- Reduced air emissions per kWh of electricity produced

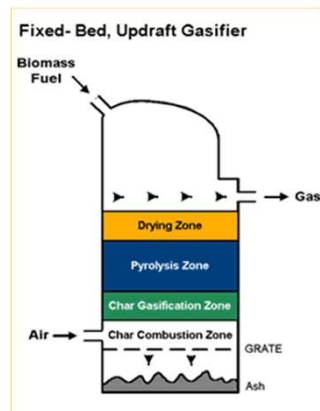
Dr. Pátzay György

62

Specific Gasification Processes

Fixed-Bed Gasifiers

- The most successful of the fixed-bed designs is the updraft gasifier, in which the biomass is fed from the top of the gasifier and passes through each stage as it settles to the bottom of the gasifier. The product gas is removed from the top of the gasifier and the ash from the bottom.
- High combustion efficiency (actual heat produced/heat potential)
- Relatively simple design and operation
- However, biomass input must be large, dense, and uniformly sized – resulting in increased fuel handling costs



Dr. Pátzay György

63

A bioenergia hasznosításának megvalósult formái Magyarországon

Az agrárgazdasági melléktermékek közvetlen és másodlagos tüzelőanyagként történő felhasználása hőtermelésre a legelterjedtebb.

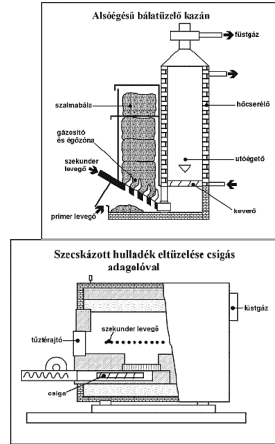
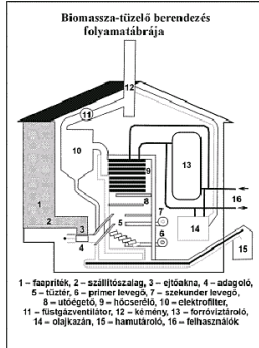
- A szalmaféleket közvetlen tüzeléssel használati vagy fűtési célú meleg víz előállítására használják. Felhasználásuk főként bálázva vagy a szalma brikettálásával, pellettálásával történik. Ehhez üzembiztos, automatikus üzemű vagy kézi adagolású tüzelőberendezéseket – 0,05-1,0 MW teljesítménytartományban – Magyarországon is gyártanak és több helyen üzemeltetnek.

A fakitermelésnél keletkező hulladékok nagy része 8-10%-os energiaráfordítással kitermelhető és hasznosítható; erre példa a Tatai Fűtőmű, ahol 2 db 3,5 MW hőteljesítményű kazánt 1998 óta erdei faaprítékkal üzemeltetnek. Az elsődleges fafeldolgozásnál keletkező fűrészpor, kéreg stb. szárítás utáni brikettálásának fajlagos energiaigénye a bio-tüzelőanyag fűtőértékének 6-8%-a. A melléktermékek brikett formában elsősorban lakossági felhasználásra kerülnek. A másodlagos fafeldolgozás hulladékaiból közvetlenül gyártott brikett jó minőségű tüzelőanyag. Ilyen a Gyöngyösi Parkettagyárban készített exportképes biobrikett. A gyümölcsfanyesedék, a szőlővenyige és az energianövények hőhasznosításának technológiai elemei nagyrészt megoldottak ugyan, de ez a terület mégis kiaknázatlan.

Dr. Pátzay György

64

A biomassa-tüzelő berendezések egy faaprítéktüzelő-berendezésen alapuló, több épület energiaellátását biztosító változatát az első ábra mutatja. További alkalmazási megoldások a következő két ábrán láthatók.



Dr. Pátzay György

65

Efficiencies and Energy Yield Ratios

Conversion Strategy	Total Energy Efficiency	Energy Yield Ratio Fuel/Fossil Input
Thermal Power Generation	0.25-0.35	4 - 16
Etanol kukoricából	0.45-0.67	1.3 - 2?
Etanol cellulóz-származékokból	0.26-0.56	4 - 5?
Biodízel	0.80	3.2
Hidrogén	0.23-0.76	

Dr. Pátzay György

66

Magyarországi biomassza-tüzelésű erőművek											2007.		
	Teljesítőképesség, MW			Villamos energia, GWh			Hő, TJ		Kiszállítás		Felhasznált energia, TJ		Hatásfok %
	bruttó	nettó	gép	termelt	kiadott	kapcsolt	kiadott	eladott	h/a	mért	mind	arány	
1 Pannongreen, Pécs	49,90	48,00	1	382,38	335,00	20,20	312	312	7663	4663	4673	99,8%	32,54
2 Bakony Bioenergia	30,00	27,00	1	217,70	194,39	0,00	0	0	7257	2854	3013	94,7%	24,52
3 Bunge-Marfű	3,60	3,50	2	8,01	0,00	8,01	768	768	2225	958	960	99,8%	83,18
4 Szentendre	1,36	1,16	1	4,03	4,03	4,03	70	70	2963	261	265	98,5%	32,38
5 Ajkai Erőmű	19,53	11,89	1	33,29	20,26	17,70	541	541	1704	1136	5903	19,2%	54,04
6 Borsodi Erőmű	69,67	57,22	5	177,58	145,85	5,59	770	770	2549	3767	7408	50,9%	34,38
7 Tiszapalkonyai Er.	3,51	3,05	2	5,68	4,93	0,29	8	8	1619	94	5370	1,8%	27,33
8 Oroszlányi Erőmű	24,27	21,16	1	149,03	129,98	25,68	36	36	6141	1796	17763	10,1%	28,06
9 Mátrai Erőmű	62,06	54,92	2	406,55	359,76	1,28	15	11	6551	4034	61228	6,6%	32,38
Összes szilárd bio	263,90	227,90	16	1384,26	1194,20	82,8	2520	2516	6245	19663	106683	18,4%	34,83

Magyarországi biogáz-tüzelésű erőművek											2007.		
	Teljesítőképesség, MW			Villamos energia, GWh			Hő, TJ		Kiszállítás		Felhasznált energia, TJ		Hatásfok %
	bruttó	nettó	gép	termelt	kiadott	kapcsolt	kiadott	eladott	h/a	számolt	mért	arány	
1 Debreceni Víz	1,16	1,05	3	3,68	3,68	3,68	13,2	0,0	3172	0,0	33,6	33,6	50,4%
2 FCSM Szennyvíz	1,33	1,30	2	10,16	0,00	10,16	50,0	0,0	7639	0,0	103,0	103,0	84,1%
3 Veszprémi Szennyvíz	0,17	0,16	1	1,31	0,00	1,31	0,9	0,9	7706	0,0	16,1	16,1	34,9%
4 Nyiregyháza Országos	0,51	0,49	1	4,03	3,89	0,00	0,0	0,0	7902	0,0	41,0	41,0	35,4%
5 BÁTORTRADE	2,60	2,50	4	13,70	12,19	12,19	31,0	10,0	5269	0,0	143,3	143,3	56,1%
6 Kecskeméti szennyvíz	0,50	0,50	1	1,71	1,69	1,69	7,4	0,0	3420	0,0	19,0	19,0	71,3%
7 Hódmezővásárhely	0,32	0,30	2	0,87	0,87	0,87			2719	0,0	9,0	9,0	34,8%
8 Csis Biogáz-Debr.	0,51	0,48	1	3,44	3,33	3,33			6745	0,0	36,0	36,0	34,4%
Biogázzal összesen	7,10	6,78	16	38,90	25,65	33,23	102,5	10,8	5479	0,0	401,0	401,0	60,5%

A 2008. március 31.-ig beérkezett HMJ-k (Havi Műszaki Jelentések) alapján

Dr. Pátzay György

67

- Az ország összterülete 9,303 millió ha (100,0%)
- Erdővel borított 2005 2,011 millió ha (21,6%)
 - Erdővel borított 1967 1,572 millió ha (16,9%)
 - Összes élőfa készlet ~340 millió m³ (100%)
 - Éves növekmény ~13 millió m³ (~4%)
 - Éves fakitermelés ~7 millió m³ (~2%)

- Fa az erőművekhez kb. 1,1 millió m³
- Fa a Pécsi Erőműhöz kb. 0,5 millió m³
 - Fa a Borsodi Erőműhöz kb. 0,3 millió m³
 - Fa az Ajkai Erőműhöz kb. 0,3 millió m³

?????!!!!!!

Dr. Pátzay György

68

A hulladékok energiája



Dr. Pátzay György

69

A hulladékok energiája



Anaerob kezelés

Biogáz (vegyes CO_2 , CH_4)

- állattartási hulladékok
- ipari hulladékok
- szennyvíziszapok
- háztartási hulladékok

Hulladékok égetése

- háztartási hulladék (1kg/nap/lakos Európában)
- ipari hulladékok
- speciális mezőgazdasági maradékok

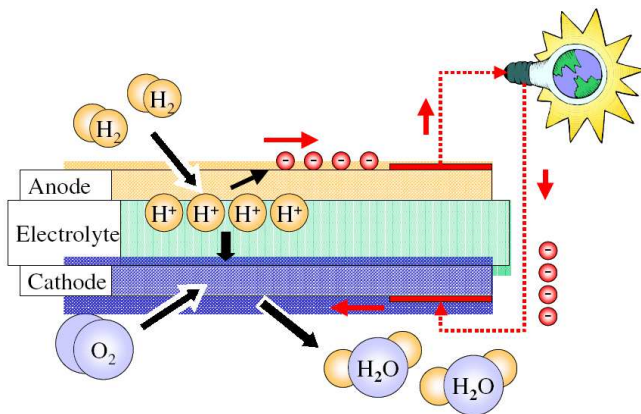


Franciaországban az összes energia fogyasztás 1%-a lenne fedezhető az összes hulladék elégetésével.

Dr. Pátzay György

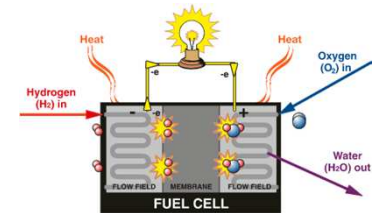
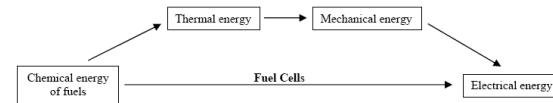
70

ÜZEMANYAGCELLÁK



Dr. Pátzay György

71



Dr. Pátzay György

72

Az üzemanyagcellák az elemekhez hasonlóan vegyi reakciókkal közvetlenül elektromosságot állítanak elő, a különbség az, hogy míg az elemeket kifogytunk után el kell dobni, az üzemanyagcella mindaddig üzemel, amíg üzemanyagot töltünk bele. A szerkezet alapegysége két elektródából áll, egy elektrolyt köré szendvicsszerűen préselve.

- Az anódon hidrogén, míg a katódon oxigén halad át.
- Katalizátor segítségével a hidrogénmolekulák protonokra és elektronokra bomlanak.
- A protonok keresztáramlanak az elektrolyton.
- Az elektronok áramlása mielőtt elérné a katódot, felhasználható elektromos fogyasztók által.
- A katódra érkező elektronok a katalizátor segítségével egyesülnek a protonokkal és az oxigénmolekulákkal, vizet hozva létre.
- A folyamat során hő is termelődik.
- Az üzemanyag-átalakítót (reformert) tartalmazó rendszerek képesek felhasználni bármely szénhidrogén tüzelőanyagot, a földgáztól kezdve a metanolon át a gázolajig.
- Inverter közbeiktatásával váltóáramot is hozhatunk létre (lásd a fenti ábrát).
- Mivel az üzemanyagcella nem égésen alapul, hanem elektrokémiai reakción, az emissziója mindig jóval kisebb lesz, mint a legtisztább égési folyamatoknak.

Dr. Pátzay György

73

48 Vdc 7.5 kW Fuel Cell

Mi az üzemanyagcella?

Dr. Pátzay György

Az üzemanyagcelláknak számos fajtája van, melyeket a bennük használt elektrolyt alapján csoportosítottunk:

Üzemanyagcella típusa	Elektrolyt	Működési hőmérséklet	Elektromos hatásfok	Üzemanyag	Felhasználási terület
AFC alkálii elektrolytos cella	30% kálium-hidroxid oldat, gél	80 °C	elméleti: 70% gyakorlati: 62%	- tiszta H ₂ - O ₂	- járműipar - hadiipar
PEMFC membránú cella	protontereszítő membrán	80 °C	elméleti: 68% gyakorlati: 50%	- tiszta H ₂ - O ₂ - levegő	- blokkfűtő erőmű - járműipar - hadiipar
DMFC direkt metanol membrán	protontereszítő membrán	80 °C-130 °C	elméleti: 30% gyakorlati: 26%	- metanol, - O ₂ - levegő	- mobiltelefon - laptop, stb. - áramforrása
PAFC foszforsavas cella	tömény foszforsav	200 °C	elméleti: 65% gyakorlati: 60%	- tiszta H ₂ - O ₂ - levegő	- blokkfűtő erőmű - áramforrás
MCFC alkálii-karbonát, kálium-karbonát cella	lítium-karbonát, kálium-karbonát	650 °C	elméleti: 65% gyakorlati: 62%	- H ₂ - földgáz - szén-gáz - biogáz - levegő - O ₂	- gőzturbinás, kétlépcsős - blokkfűtő erőmű - áramforrás
SOFC oxidkerámia cella	yttrium-cirkon oxidkerámia	800 °C- 1000 °C	elméleti: 65% gyakorlati: 62%	- H ₂ - földgáz - szén-gáz - biogáz - levegő - O ₂	- gőzturbinás, kétlépcsős - blokkfűtő erőmű - áramforrás

Dr. Pátzay György

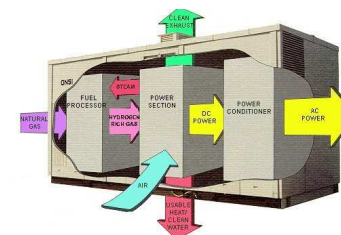
75

Fuel Cell	Anode Reaction	Cathode Reaction
Proton Exchange Membrane and Phosphoric Acid	$H_2 \rightarrow 2H^+ + 2e^-$	$\frac{1}{2} O_2 + 2H^+ + 2e^- \rightarrow H_2O$
Alkaline	$H_2 + 2(OH)^- \rightarrow 2H_2O + 2e^-$	$\frac{1}{2} O_2 + H_2O + 2e^- \rightarrow 2(OH)^-$
Molten Carbonate	$H_2 + CO_3^{2-} \rightarrow H_2O + CO_2 + 2e^-$ $CO + CO_3^{2-} \rightarrow 2CO_2 + 2e^-$	$\frac{1}{2} O_2 + CO_2 + 2e^- \rightarrow CO_3^{2-}$
Solid Oxide	$H_2 + O^{2-} \rightarrow H_2O + 2e^-$ $CO + O^{2-} \rightarrow CO_2 + 2e^-$ $CH_4 + 4O^{2-} \rightarrow 2H_2O + CO_2 + 8e^-$	$\frac{1}{2} O_2 + 2e^- \rightarrow O^{2-}$

CO - carbon monoxide
CO₂ - carbon dioxide
CO₃²⁻ - carbonate ion

e⁻ - electron
H⁺ - hydrogen ion
H₂ - hydrogen

H₂O - water
O₂ - oxygen
OH⁻ - hydroxyl ion



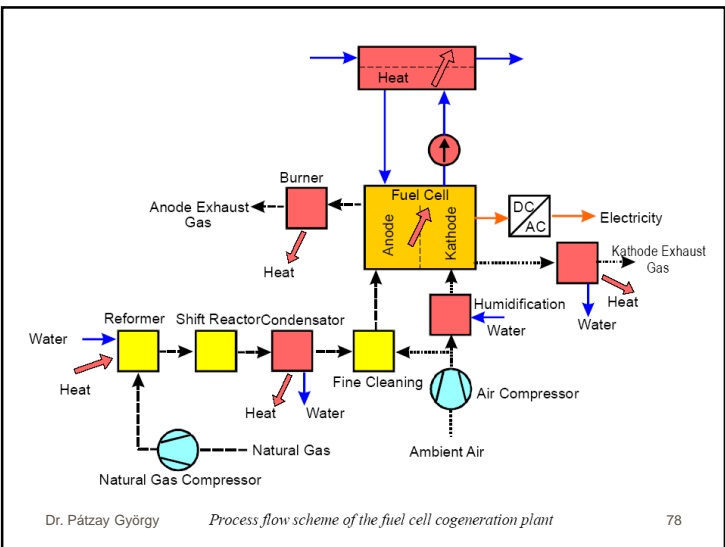
Dr. Pátzay György

76

	Anode: Fuel (Oxidation)	Elektrolyte	Cathode: Oxidant (Reduction)	Temp. in °C
Alkaline AFC	$H_2 + OH^- \rightleftharpoons 2H_2O + 2e^-$	$\leftarrow OH^-$	$O_2 + 2H_2O + 4e^- \rightleftharpoons 4OH^-$	60-120
Phosphoric PAFC	$H_2 \rightleftharpoons 2H^+ + 2e^-$	$H^+ \rightarrow$	$O_2 + 4H^+ + 4e^- \rightleftharpoons 2H_2O$	200
Polymer Membrane PEMFC	$H_2 \rightleftharpoons 2H^+ + 2e^-$	$H^+ \rightarrow$	$O_2 + 4H^+ + 4e^- \rightleftharpoons 2H_2O$	60-100
Molten Carbonate MCFC	$H_2 + CO_3^{2-} \rightleftharpoons H_2O + CO_2 + 2e^-$ $CO + CO_3^{2-} \rightleftharpoons CO_2 + 2e^-$	$\leftarrow CO_3^{2-}$	$O_2 + 2CO + 4e^- \rightleftharpoons 2CO_3^{2-}$	650
Solid Oxide SOFC	$H_2 + O^{2-} \rightleftharpoons 2H_2O + 2e^-$ $CO + O^{2-} \rightleftharpoons CO_2 + 2e^-$ $CH_4 + 4O^{2-} \rightleftharpoons 2H_2O + CO_2 + 8e^-$	$\leftarrow O^{2-}$	$O_2 + 4e^- \rightleftharpoons 2O^{2-}$	750-1000


Overview types of fuel cells

Dr. Pátzay György 77



Vízenergia

- Az óceánok és más felszíni vizek vize a nap sugárzásának hatására részben elpárolognak, majd csapadékként visszahullnak a föld felszínére és részben megnövekedett potenciális energiára tesz szert.
- A felszíni vizek ezen potenciális energiáját régóta használják munkavégzésre és elektromos energia előállítására.
- A vízierőművek jelentős része az 1930-as években épült, de azóta többet megszüntettek.
- Megépítés után alacsony költségek mellett termelik az elektromos energiát.
- A világ legnagyobb vízierőművei (Bratszk, Krasznójarszk, Quebeq) 5-6 GW nagyságrendűek.



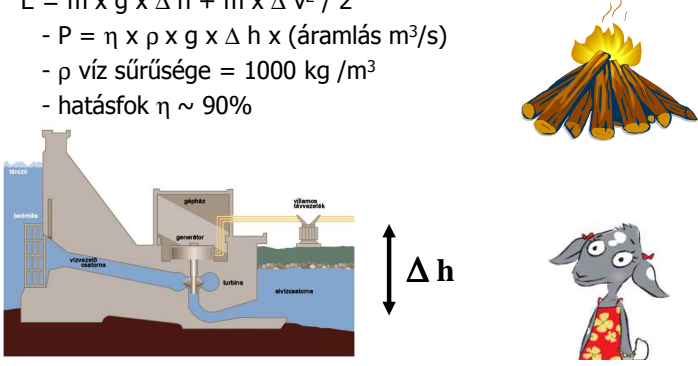
Dr. Pátzay György 79

Vízierőmű(hidro)

A gát fölött és alatt a víz gravitációs energia különbsége

$$E = m \times g \times \Delta h + m \times \Delta v^2 / 2$$

- $P = \eta \times \rho \times g \times \Delta h \times$ (áramlás m^3/s)
- ρ víz sűrűsége = $1000 \text{ kg}/m^3$
- hatásfok $\eta \sim 90\%$



Dr. Pátzay György 80

Potenciális energia = mgh

A víz 15 métert esik; 80% hatásfokú a vízerőmű.

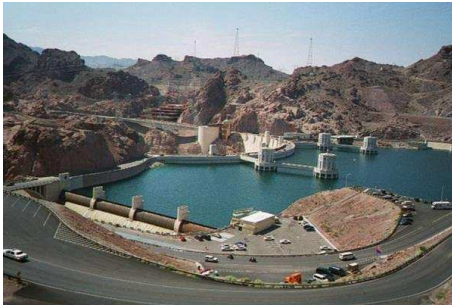
1 kg víz esetén:

P.E. = $(1 \text{ kg})(9.8 \text{ m/s}^2)(15 \text{ méter}) = 150 \text{ joule}$

1 kg/sec áramlási sebesség és 80% hatásfok esetén 120 watt teljesítményt nyertünk.

1 hónap folyamatos üzem esetén:

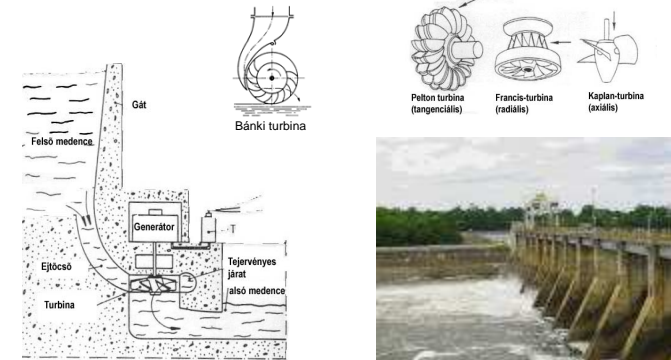
$(120 \text{ watt})(24 \text{ óra/nap})(30 \text{ nap/hónap}) = 86 \text{ kWh/hónap}$



Dr. Pátzay György

81

Vízenergia



Dr. Pátzay György

www.sfn.noaa.gov/wh/csprn/chattahoochee.html

82

A vízturbinák szerkezetének két fő része van: az álló- és a forgórész. Kialakításuk típusonként különbözik.

A vízturbinák két fő típusa az **akciós és a reakciós rendszerű gép**.

Az akciós vízturbinában az energiaátalakulás lényegében az állórészben megy végbe, az állórészből kilépő sugár nyomása a forgórészben való áthaladás közben már nem változik. Ezzel szemben a reakciós vízturbinában vízszögnek még jelentős túlnyomása van az álló lapátok és a járókerék között.

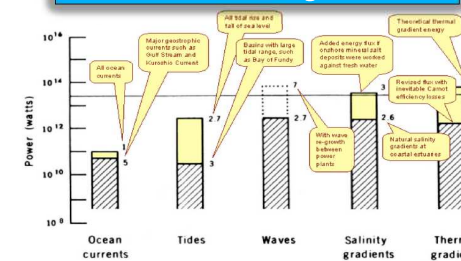
A jelenleg használatos típusú akciós turbinák: a **Pelton-** és a **Bánki-turbina**. A reakciós turbinák közül pedig a **Francis-turbina** különféle változatait és a **Kaplan-turbinát** használják.

- A **Pelton-turbina** házába a víz sugárcsőven jut be, a vízmennyiség a sugárcső átteresztőképességével szabályozható. A Pelton-turbinát nagy vízszintkülönbség esetén használják, ahol a magasan fekvő víztárolóból csővezetéken keresztül vezetik a vizet a mélyebben fekvő turbináállomásra.
- A kis vízszintkülönbségek, de nagy víztömegek energiájának hasznosításakor célszerű a **Kaplan-turbina** használata.
- A **Francis-turbinák** nagy vízszint- és vízhozam intervallumon belül használhatók, a terhelésingadozásokat a lapátok állításával lehet követni.
- A **Bánki-turbinát** feltalálójáról Bánki Donátról nevezték el. A turbina vezetőcsatornájának feladata, hogy a vízszögat hegyesszögben a járókerék lapátjaira vezesse. A kétszeres átömlés azt jelenti, hogy a vízszög először a járókerék belsejébe kerül és innen —egy második átömléssel— a szabadba.

Dr. Pátzay György

83

Óceán energia



Isaacs, J.D., and W.R. Schmitt, 1980. "Ocean Energy: Forms and Prospects." Science 207 (4428): 265-73.

Type	Usable Resource	Load Factor	Yearly Energy Production
Tidal Power/Energy	16 GW	2250 h/yr	36,000 GWh/year
Wave Power/Energy	65 GW	2190 h/yr	142,350 GWh/year
Osmotic Power/Energy	4 GW	7000 h/yr	28,000 GWh/year
Total Ocean Energy	85 GW		206,350 GWh/year

Dr. Pátzay György Ocean Energy has the potential to satisfy approximately 10% of the present European electricity demand

84

Az óceánok energiája (árapály, hullámverés)



- Az óceánok árapály energiája és termikus energia tartalma jelentős energiaforrást képvisel.
- A hullámverések energiája ezt a hasznosítható energiát tovább növeli.
- A nagyobb óceáni áramlatok (pl. a Golf-áramlás) energiája ugyancsak hasznosítható rotorok forgatása révén.

Dr. Pátzay György

85

Árapály energia

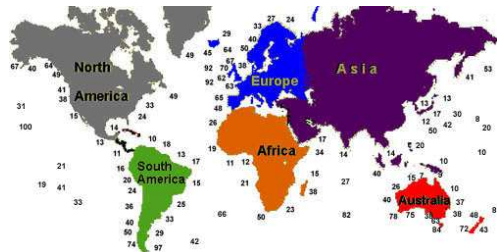
- Az árapály jelenséget a Hold és a Nap a Föld forgására gyakorolt gravitációs hatása hozza létre.
- Létező és megvalósítható erőművek:
 - Franciaország: a La Rance folyó tölcserőműjében 240 MW-os erőmű
 - Anglia: a Severn folyónál
 - Kanada: Passamaquoddy erőmű a Fundy-öbölben (1935 a kísérlet kudarcot vallott)
 - Kalifornia: az északi parton komoly potenciális kapacitás
- Környezetvédelmi, gazdasági és tájképi problémák miatt az alkalmazások késést szenvednek.

Dr. Pátzay György

86

A hullámverések energiája

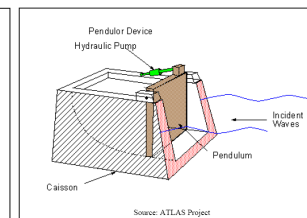
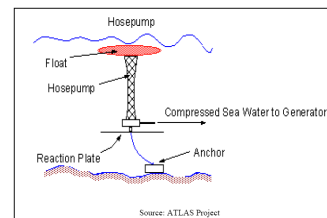
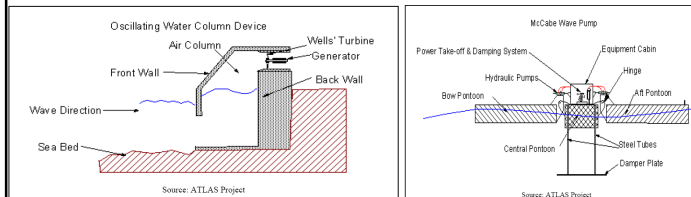
- A hullámok felemelik és leejtik a homokszemcséket, amikor a hullám átgördül rajtuk. Ez az oszcilláló mechanikai energia elektromos energiává alakítható
- Hullámenergiával meghajtott levegő kompresszorral, vagy oszcilláló vízoszloppal forgatható egy kétfűtűs turbina és elektromos energia állítható elő.



A hullámverés energia tartalma kW/m

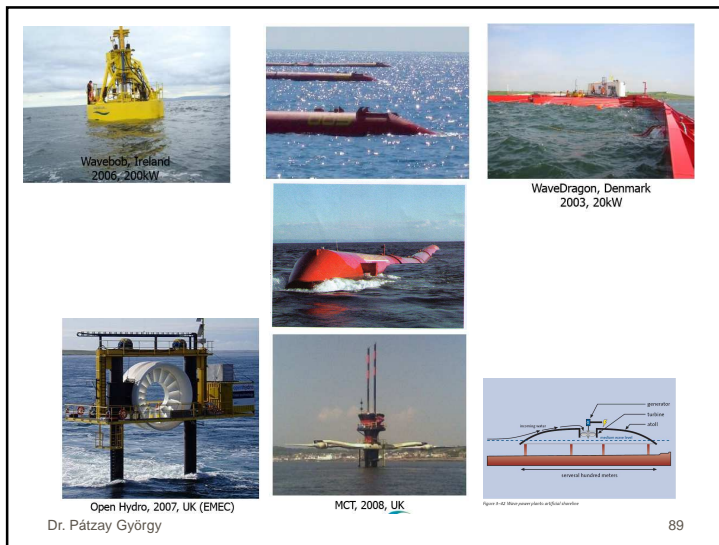
Dr. Pátzay György

87

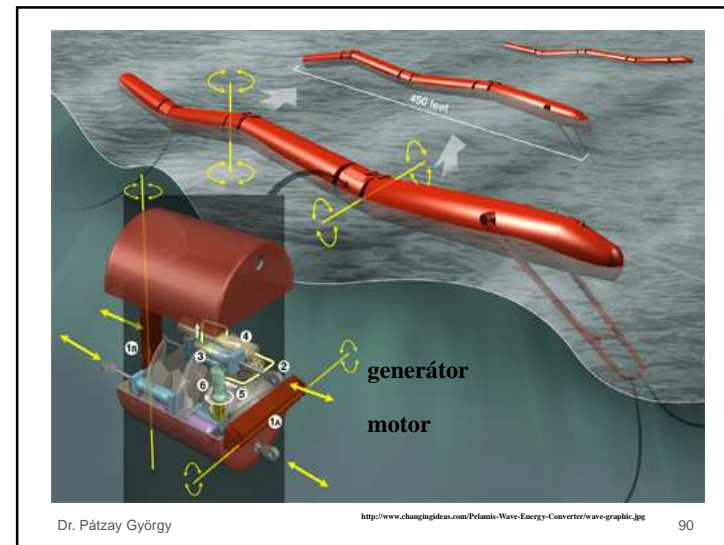


Dr. Pátzay György

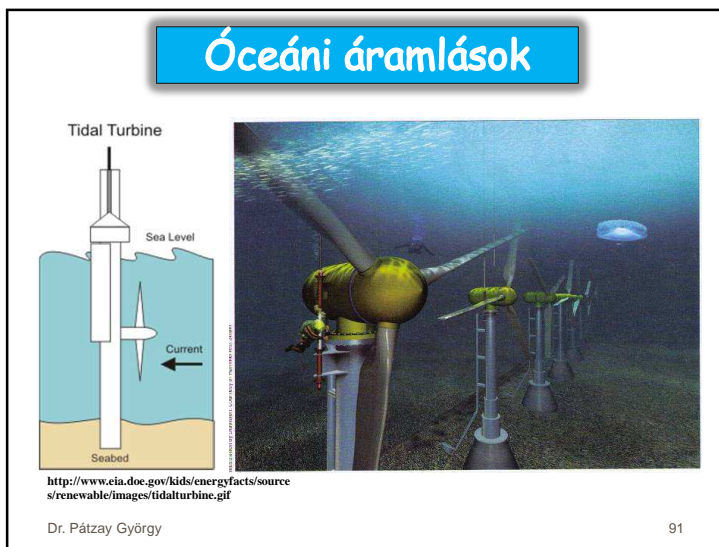
88



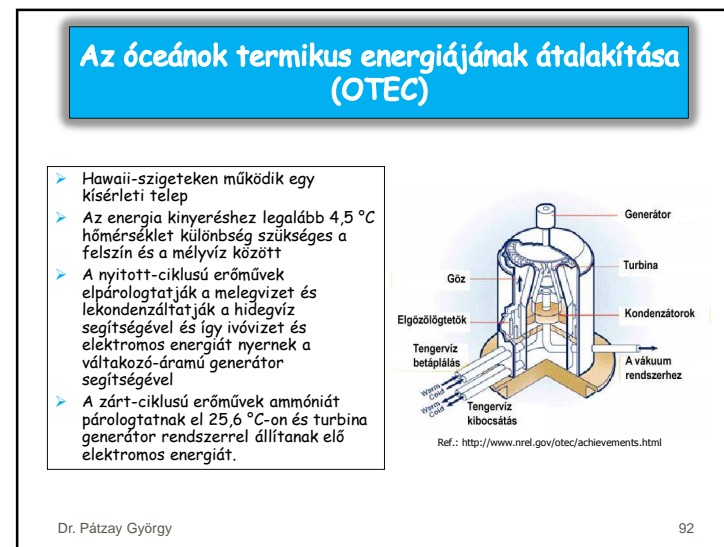
89



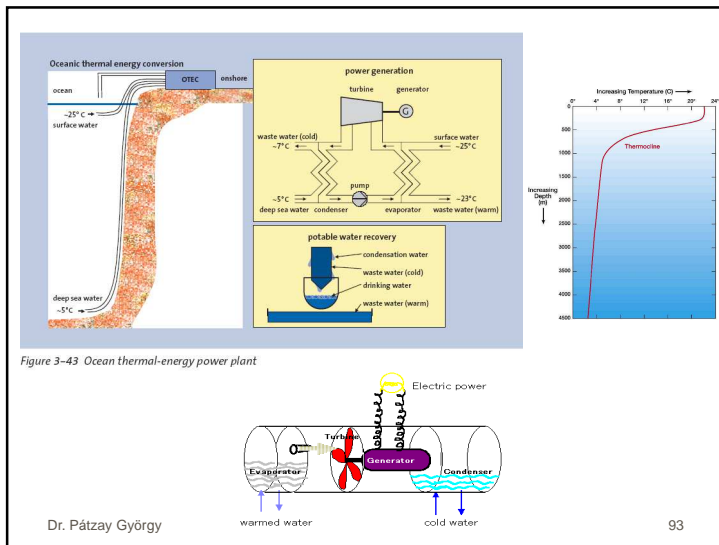
90



91

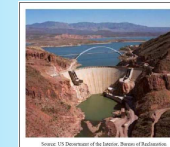


92



Vízierőművek

- **Nagy vízierőmű:** néhány MW-tól >10 GW-ig
- **Kis vízierőmű:** 10 MW alatt, ezen belül:
 - **Kis vízierőmű:** 2 MW-10 MW
 - **Mini-vízierőmű:** 0,2 MW-2 MW
 - **Mikro-vízierőmű:** <0,2 MW



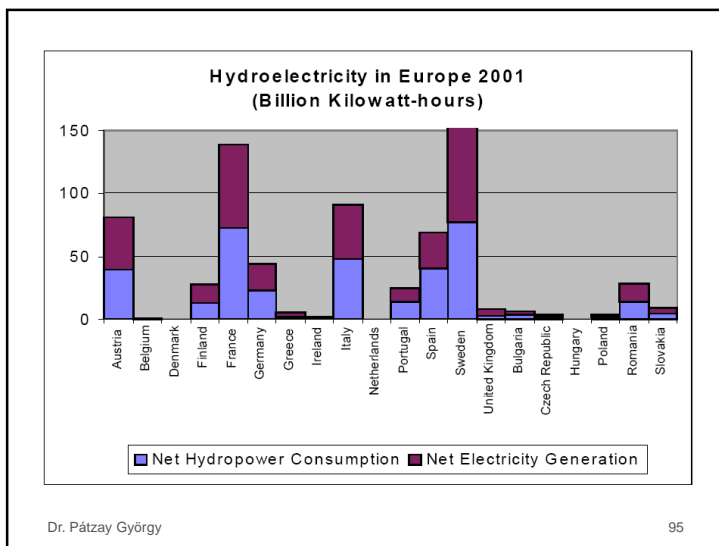
Költség: nagy vízierőmű: ~ 2c€/kWh
kis vízierőmű: ~ 4c€/kWh

- **Árapályerőmű** (la Rance, 240 MW) 5-10c€/kWh.
- **Hullámveréses erőmű** (1W/m², 50 KW/m) ~ 8c€/kWh

Az óceánok hőenergiája (nagyon költséges, de 100-szoros az energiája, mint a hullámverési energia.

Dr. Pátzay György

94



Mikro-vízierőművek az EU-ban

Ország	1999 (MW)
Olaszország	2 209
Franciaország	1 977
Spanyolország	1 543
Németország	1 502
Svédország	1 050
Ausztria	848
A többi ország	987
Összesen	10 116

Small hydro installed in the EU (MW) (EurobservER)

Dr. Pátzay György

96

Magyarország műszakilag hasznosítható vízerőpotenciálja kb. 1000 MW, amely természetesen jóval több a valóban villamosenergia-termelésre hasznosított vagy hasznosítható vízerő-potenciálnál. A százalékos megoszlás durván az alábbi:

- Duna 72%,
- Tisza 10%,
- Dráva 9%,
- Rába, Hernád 5%,
- egyéb 4%.

A teljes hasznosítás esetén kinyerhető energia 25-27 PJ, azaz 7000-7500 millió kWh évente.

Ezzel szemben a valóság az, hogy a Dunán nincs - és várhatóan a közeljövőben nem is lesz - villamosenergia termelésre szolgáló létesítmény, a Tiszán a - hazai viszonyok között nagyon számító - Tiszalöki Vízerőmű és, mint újabb létesítmény, a Kiskörei Vízerőmű található 11,5 MW és 28 MW beépített teljesítménnyel, a Dráván jelenleg nincs erőmű, a Rábán és a Hernádon, illetve mellékfolyóikon üzemel a hazai kis- és törpe vízerőművek döntő többsége, egyéb vizeinken működő energiatermelő berendezés nincs üzemben. A Duna, a Tisza és a Dráva vízerőpotenciáljának hasznosítása pillanatnyilag nem aktuális feladat.

Dr. Pátzay György

97

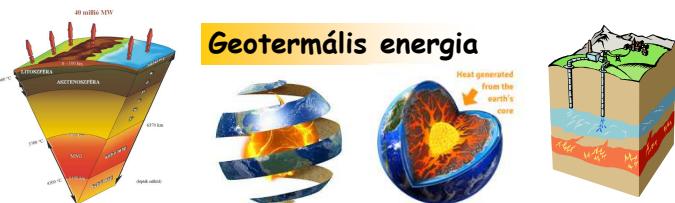
Geotermális Energia

- Az első geotermális erőmű Olaszországban épült 1903-ban
- A kaliforniai The Geysers gejzírei gőzt és melegvizet szolgáltatnak, az erőmű teljesítménye 824 MWe.
- A "Hot, dry rock" (HDR) (forró-sziklás) típusú geotermális erőművek a sziklába préselt vízből keletkezett gőzt hasznosítják.
- Kisebb hőmérsékletek esetén egy légkondicionáló hőt von ki a talajból télen és ad le a talajnak nyáron.



Dr. Pátzay György

98



Geotermális energia

Eredet: radioaktivitás

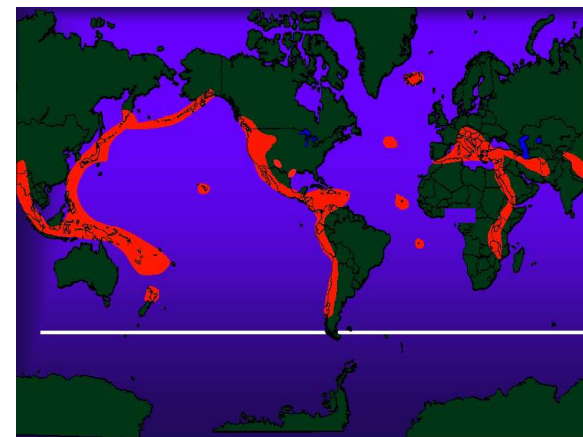
^{235}U (18 J/g/y), ^{40}K vagy Th (0,8 J/g/y), ...

- 0,06 W/m² azaz 3500-szor kisebb, mint a napsugárzás fluxusa
- Geotermális gradiens = 3,3°C/100m
- vannak kedvezőbb területek is
- Kisentalpás fluidumok (30°C-100°C) ⇒ hőhasznosítás
- Közepes- és nagyentalpás fluidumok ⇒ villamos energia termelés
- CO₂, CH₄, N₂, H₂S, vízkő(CaCO₃) korrózió

Dr. Pátzay György

99

A Föld legjelentősebb geotermális energia tartalmú területei



Dr. Pátzay György

100

A világ geotermális erőművei (2000)

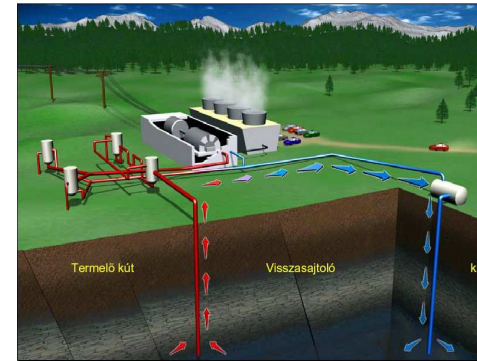


Dr. Pátzay György

101

Geotermális erőművek

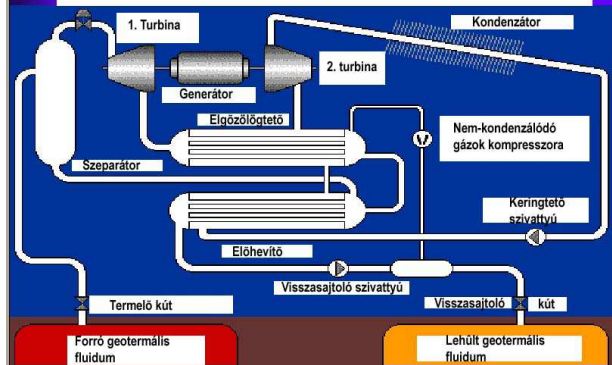
száraz gőzzel nedves gőzzel bináris ciklusú



Dr. Pátzay György

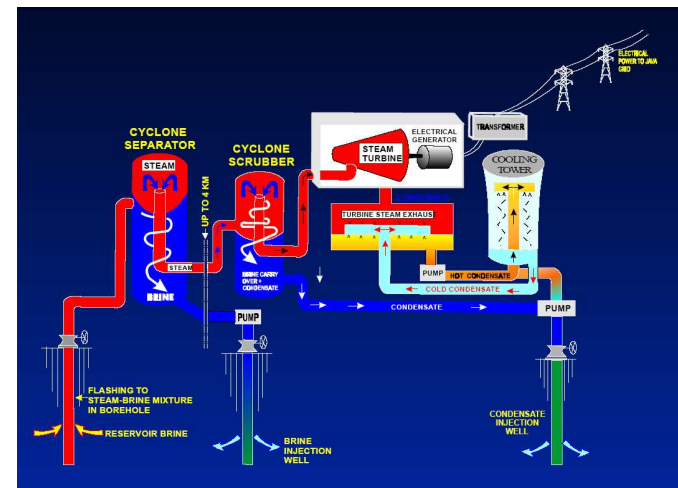
102

KOMBINÁLT CIKLUSÚ BINÁRIS GEOTERMÁLIS ERŐMŰ



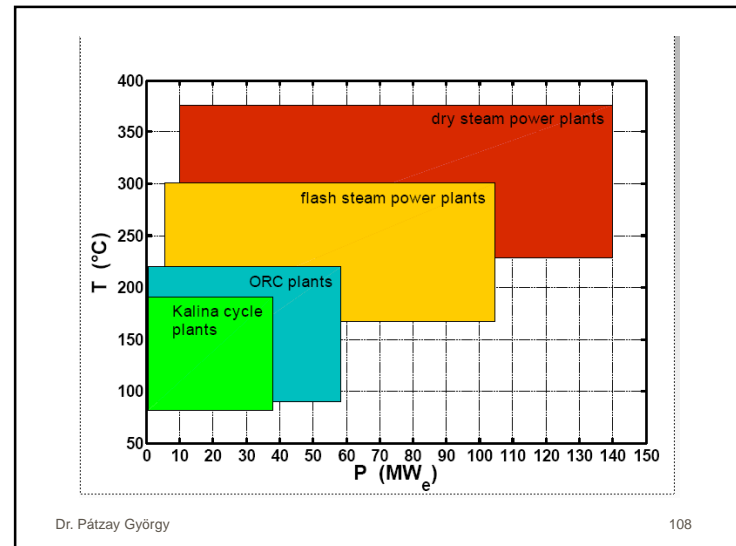
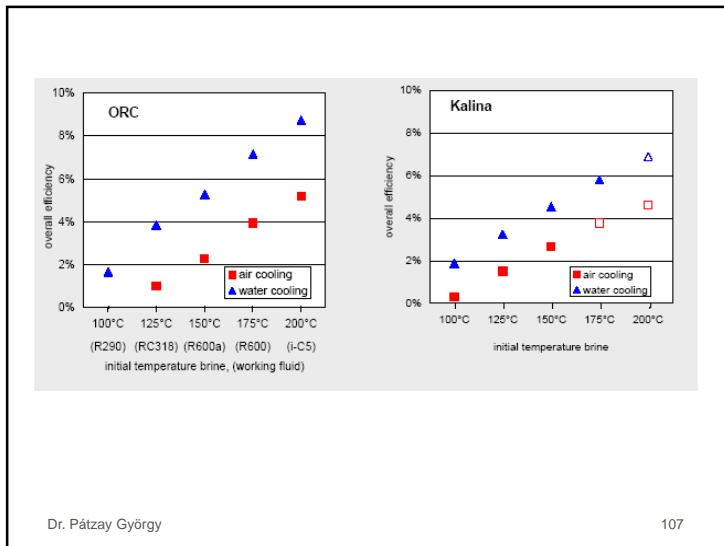
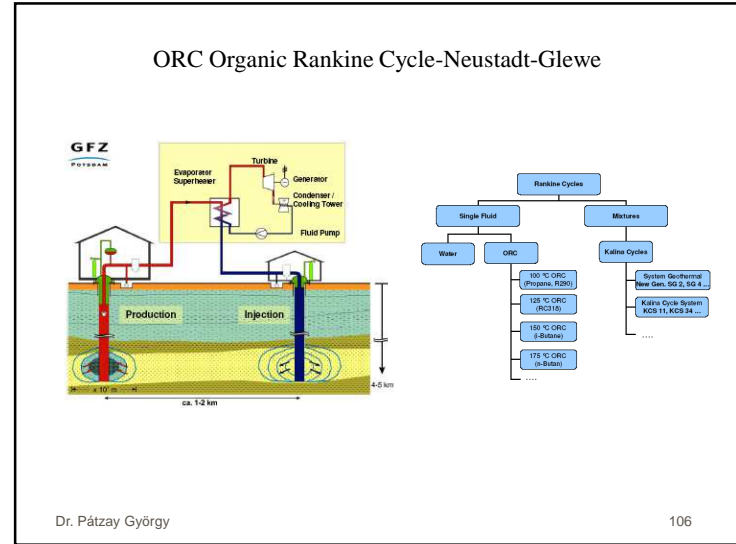
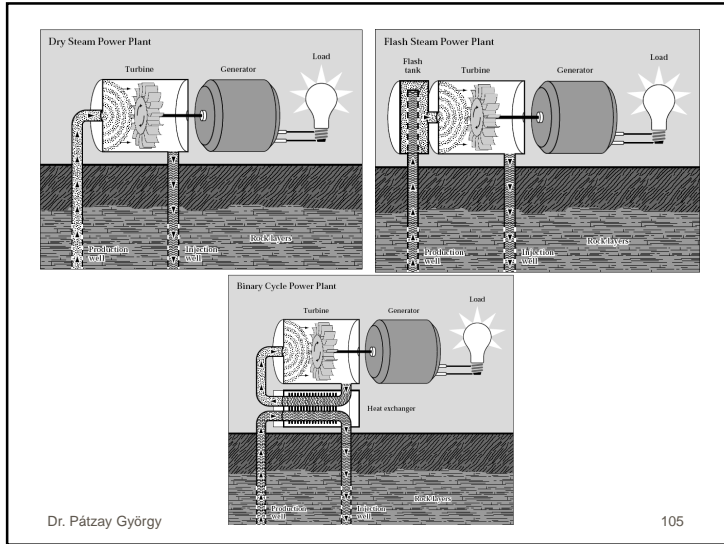
Dr. Pátzay György

103

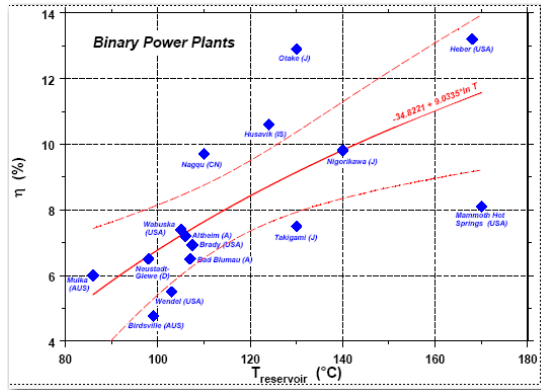


Dr. Pátzay György

104

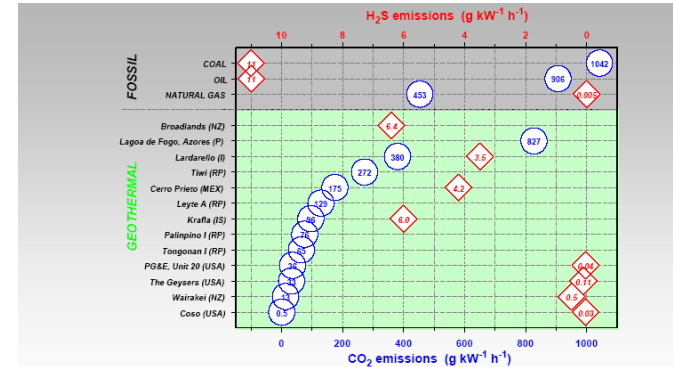


Bináris ciklusú geotermális erőművek jellemzői



Dr. Pátzay György

109



Dr. Pátzay György

110

CO₂ – Kioto-Protokoll

Emission limitations or reduction commitments under the Kyoto protocol			
Country	Percentage of emissions by the year 2012 relative to the level of 1990 (or the base period)	Country	Percentage of emissions by the year 2012 relative to the level of 1990 (or the base period)
Austria	87.0	Liechtenstein	92.0
Belgium	92.5	Lithuania	92.0
Bulgaria	92.0	Luxembourg	72.0
Canada	94.0	Netherlands	94.0
Czech Republic	92.0	New Zealand	100.0
Denmark	79.0	Norway	101.0
Estonia	92.0	Poland	94.0
Finland	100.0	Portugal	127.0
France	100.0	Romania	92.0
Germany	79.0	Russia	100.0
Greece	125.0	Slovakia	92.0
Hungary	94.0	Slovenia	92.0
Iceland	110.0	Spain	115.0
Ireland	113.0	Sweden	104.0
Italy	93.5	Switzerland	92.0
Japan	94.0	Ukraine	100.0
Latvia	92.0		

Dr. Pátzay György

111



Geothermal electricity generation in Europe



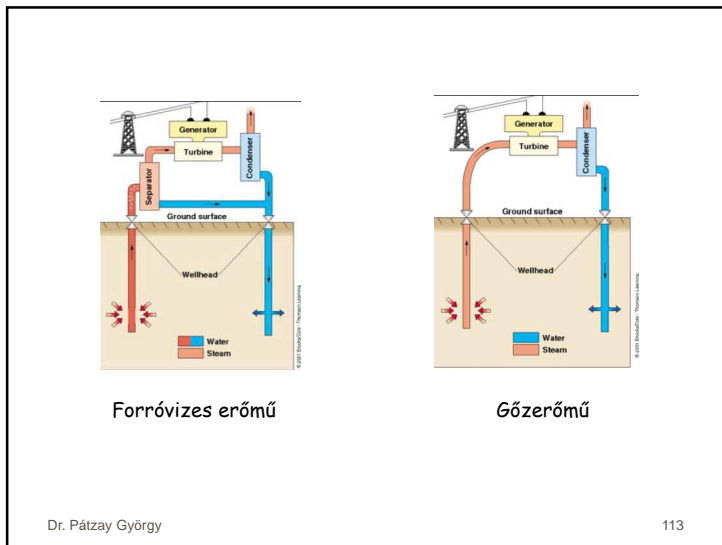
Source: Proceedings World Geothermal Congress 2005

	Dry Steam Plants in MW _{el}	Flash Plants in MW _{el}	Binary Plants in MW _{el}	Total Capacity in MW _{el}	Capacity by 2010 in MW _{el}
Austria			1.4	1.4	7.4
France		14.7 ^a		14.7	20.7
Germany			0.2	0.2	25.2
Iceland		161.7	10.4	172.1	392.1
Italy	770.5	20		790.5	890.5
Portugal		3.0	13.0 ^b	16	35
Russia		110 ^c		110	228
Switzerland					6
Turkey		20.4		20.4	
Europe	770,5	329,8	24,3	1,125,3	1,650,3

^a Guadeloupe; ^b Azores; ^c thereof 9 MW_{el} flash-binary unit

Dr. Pátzay György

112



A világon 2000-ben 21 országban 8500 MW erőművi kapacitás mellett 71 TWh villamos energiát állítottak elő geotermikus erőművekben és 60 millió ember érintett a geotermikus energiatermeléssel és közvetlen hasznosítással kapcsolatban.

• Minimális hőmérséklet, °C):

- épületek fűtése (50°)
- melegházi fűtés (35°)
- mezőgazdasági-erdészeti kezelés (100°)
- Haltenyésztés (35°)
- Gyógyfürdők és barlangfürdők (35°)
- Ásványvizek (nincs előírás)
- Ásványi és vegyi termékek kezelése (120°)

Dr. Pátzay György 114

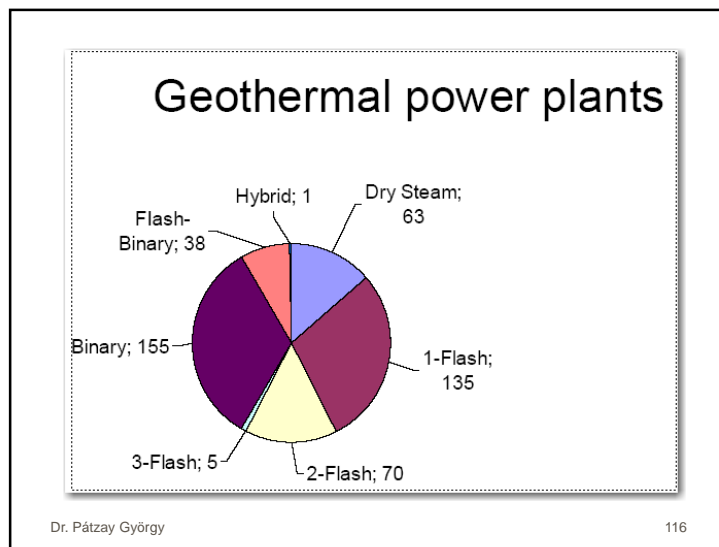
Kisentalpás geotermikus erőművek az EU-ban

Ország	Kapacitás (MWth)	Termelt energia (GWh)
Franciaország	326,0	1360,0
Olaszország	324,6	1046,2
A többi ország	200,5	554,8
Összesen	851,1	2961

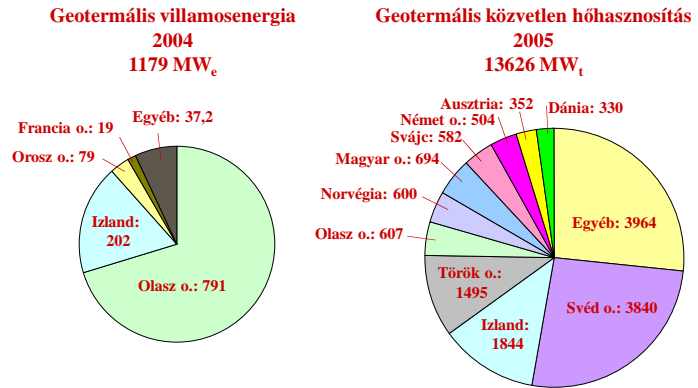
Low temperature geothermal (except geothermal heat pump) in the EU in 2000 (in m²) (EurobservER)

Hőszivattyúk : 3,1 TWh 2000-ben 1,569 TW kapacitás (2,03 TWh Portugáliában)

Dr. Pátzay György 115



Geotermális villamosenergia termelés és közvetlen hőhasznosítás Európában



Compilation, L. Rybach, GRC 2006
Dr. Pátzay György

117

Geotermális villamos erőművek megoszlása a világon (2005)

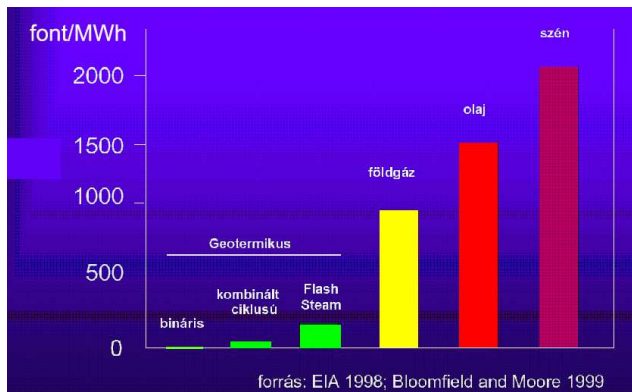
Erőmű típusa	Installált kapacitás (MWe)	százalék	Blokkok száma	százalék
Száraz gőz	2545	28%	58	12%
Egyszeri elpárolgató	3295	37%	126	26%
Dupla elpárolgató	2293	26%	67	14%
Bináris/kombinált ciklusú/hibrid	682	8%	205	42%
Ellennyomósos	119	1%	29	6%
Összesen	8933	100	485	100

Bertani (2005)

Dr. Pátzay György

118

Geotermikus erőművek CO₂ emissziója

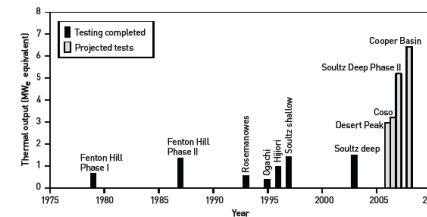


Dr. Pátzay György

119



Európai EGS erőművek



EGS erőművek becsült kapacitása (MW_e) az időben

Dr. Pátzay György

120

Geofluid temperature, °C	Energy conversion system	Typical application	Working fluid	Cooling system
100	Basic binary	O&G waters	R-134a	Water (evaporative condenser)
150	Binary w/recuperator	O&G waters	Isobutane	Air
200	Binary or Single-flash	EGS	Isobutane or Geofluid	Air or water
250	Double-flash	EGS	Geofluid	Water
400	Single or triple expansion	Supercritical EGS	Geofluid	Water

Modern geotermikus erőművek

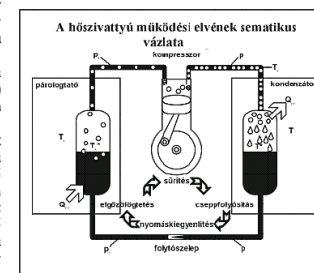
Dr. Pátzay György

121

Speciális lehetőségek (hőszivattyúk, hőcsövek)

A hőszivattyú sok szakértő szerint reneszánszát éli. Működési elve lényegében azonos a hűtőszekrényével, hasznosítási módja azonban annak éppen a fordítottja. Mivel e két berendezés felépítésében és alkatrészeiben tekintve csak méreteiben tér el egymástól, a hőszivattyút meleg nyári napokon adott esetben hűtésre is fel lehet használni. Meleg éghajlatú fejlett régiókban gyakran használják is erre a célra.

A kompressziós hőszivattyú (lásd. ábra) úgy működik, hogy egy megfelelő összetételű alacsony nyomású és alacsony hőmérsékletű hűtőközeget a párolgató egységben valamely hőforrásból származó hő (pl. a talajvíz, a talaj, a levegő, a napenergiával működő berendezések hulladék hője) közlése révén elpárologtatnak, a kondenzátorban pedig a gáz mechanikus energia közléseivel komprimálják, ezáltal nő a hűtőanyag gőzének nyomása és hőmérséklete. A magasabb nyomáson a hűtőanyag forráspontja is magasabb. Ez a hő vonható fűtésre. A második hőcserélőben, amelyben az anyag újra folyékony halmazállapotúvá válik, az alacsony hőmérsékleten felvett párolgási hő átadódik a fogyasztó körbe (fűtőkör). Az újra folyékony halmazállapotú hűtőanyag egy szabályozó szelepen áthaladva visszajut a kisnyomású párolgatóba, és ott újból elpárolog.



Dr. Pátzay György

122

Annak eldöntésére, hogy alkalmas-e fűtésre a hőszivattyú vagy nem, egy-egy esetben a munkaszám ad támpontot. A munkaszám azt jelenti, hogy a hőszivattyú által leadott energiamentesség hányszorosa a működtetéshez felhasznált elektromos energiának.

Az elérhető munkaszám elsősorban a hőforrás és az előremenő hőmérséklet különbségétől függ. A hőfokkülönbség 1 °C-os csökkentésével 2,5% elektromos energiamegtakarítás jár együtt.

A talajvíz a hőszivattyúk működtetésének ideális eleme, mivel egész évben rendelkezésre áll, hőmérséklete pedig viszonylag állandó. Olyan házakban, amelyeknek minden helyiségében padlófűtés működik, csak 35 °C-os előremenő vízhőmérsékletre van szükség. Ebben az esetben az éves munkaszám 4, szélsőséges esetben akár 6 is lehet. Még 55 °C-os előremenő hőmérséklet mellett is megvalósítható a hőszivattyú monoenergiás alkalmazása.

Levegős hőszivattyúk (lásd ábra) nagyon könnyen telepíthetők, azonban az alacsony forráshőmérséklet miatt a legnagyobb energiaigényű évszakban (télen) is nagyon alacsony a munkaszámuk. Alkalmazásuk olyan épületek esetében is megfontolandó, amelyek fűtésére elegendő a 35 °C-os előremenő vízhőmérséklet. Ha ennél magasabb hőmérsékletű fűtővíz is kell, alternatív fűtést célszerű készíteni.



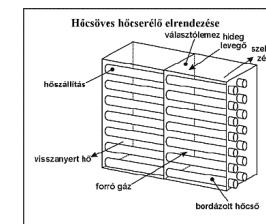
Dr. Pátzay György

123

A hőszivattyú teljesítményére ezenkívül a talaj minősége, fajtája is jelentős hatással van. A nagy talajvíztartalmú, agyagos talaj az eddigi tapasztalatok szerint például kiválóan alkalmas hőforrás, ezzel szemben a homokos talaj nem.

A hőszivattyúk telepítése drága, ugyanakkor működtetésük gazdaságos, környezetbarát.

A hőcsöves hőcserélő egy köteg, kívülről bordázott csőből áll, amelyeket egyedileg hőcsővé alakítottak. A hőcsőn végbemenő, párolgásból és kondenzálódásból álló körfolyamat biztosítja a hőszállítást a hőcsövek elpárologtatóiból a csövek kondenzáló szakaszába. Az előbbieket abba a gázcsatornába nyúlnak, amelyben a hulladékhőt hordozó közeg áramlik, az utóbbiak pedig az előmelegítendő levegőt szállító csatornában helyezkednek el. A csatornában a két közeg ellenáramban halad. Ezt szemlélteti a mellékelt ábra.



Dr. Pátzay György

124

A hőcsöves hőcserélők előnyei a hulladékhő hasznosításának szempontjából a következők:

- Nincs mozgó alkatrész és nincs szükség külső energiára, ezáltal nagy a megbízhatóságuk.
- A primer és szekunder közeg keveredése, vagyis egyiknek a másikkal való szennyeződése teljesen kizárt, mivel szilárd fal van a meleg és a hideg áram között.
- Széles méretválaszték áll rendelkezésre, az egység általában önhordó, és alkalmas bármilyen hőmérsékleten való alkalmazásra, kivéve a legmagasabb hőmérsékleteket.
- A hőcsöves hőcserélő teljesen reverzibilis, azaz bármelyik irányban működhet.
- A kondenzátum összegyűjtése is megvalósítható a távozó gázból és a megfelelő bordasűrűségű csövek használata szükség esetén lehetőséget ad a könnyű tisztításra.

Ezeknek a hőcserélőknek az alkalmazása három fő csoportba sorolható:

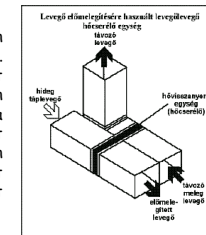
- hőhasznosító és légkondicionáló rendszerek alkalmazása általában viszonylag alacsony hőmérséklettel és egyszerű üzemviszonyokkal,
- valamely folyamat távozó gázáramából a hő hasznosítása helyiségek fűtőlevegőjének előmelegítésére,
- egy technológiai folyamat hulladékhőjének visszanyerése és újrafelhasználása pl. az égéshez szükséges levegő előmelegítésére.

Dr. Pátzay György

125

A hőcsöves hőhasznosító berendezésekben használt anyagok és folyadékok fajtája nagymértékben függ a működési hőmérséklet-tartomány, és ami a külső csőfelületet és bordákat illeti, a környezet szennyezettségétől is. A légkondicionáláshoz és más esetekben, amikor az üzemviszonyok olyanok, hogy a hőmérséklet nem haladja meg a csövekben a 40 °C-ot, freonokat és acetont használnak. Ha a hőmérséklet-tartomány feljebb van, legjobb vizet használni. Kemencék és közvetlen gázfűtésű levegőrendszerek forró füstgáza esetén magasabb hőmérsékletű szerves folyadékok használhatók.

Az első hőcsöves hőcserélő berendezést hővisszanyerésre használták (elvi vázlatát lásd az ábrán).



A hőcsöveket nemcsak a hővisszanyerés területén használják. Vizsgálják a közvetlen fűtés lehetőségét pl. gázégővel. Fűtési célokra meleg levegőt, vagy meleg vizet szolgáltató berendezést használnak. Ebben a megoldásban az elpárolgató szakasz a hőcső közepén, míg a kondenzáló szakaszok a végeken vannak. A berendezést gázégő fűti, amelyet termosztáttal oly módon szabályoznak, hogy a víz hőmérséklet 55-80 °C között legyen. A másik kondenzáló szakasz alá ventilátort helyeztek el, amely a meleg levegőt a helyiségbe fújja.

Dr. Pátzay György

126

Energia átvitel (szállítás)



- Az energiaszállítás elektromos energia vagy hidrogén formában történik, melyek nem természetes energiahordozók.
- Az elektromos távvezetékben az energiaátvitel hővesztesége (~2-5%).
- A hidrogént a víz elektrolízisével, földgáz krakkolásával, vagy bakteriális úton állítják elő.
- A hidrogén csővezetékben jelentős energiaveszteség nélkül szállítható.

Dr. Pátzay György

127

Villamos hálózatok

A hálózatok feladata a villamos energia szállítása és elosztása.

A villamos energiát továbbító vezetők elhelyezésétől függően megkülönböztetünk szabadvezeték- és kábelhálózatot.

Szabadvezeték hálózat távvezetékei oszlopokra erősített szigetelőkön elhelyezett csupasz vezetékek (sodronyok).

Kábelhálózat vezetői megfelelően szigetelt kábelek, rendszerint a föld alatt vagy zárt csatornában helyezve.

Állomás: a hálózat csomópontjában az áram útját jelöli ki, vagy a különböző feszültségű hálózatokat kapcsolják össze (kapcsolóállomások, transzformátorállomások).

A hálózatok a **feszültség szint** től függően lehetnek:

- **nagyfeszültségű** (35 kV, 750 kV)
- **középfeszültségű** (3-35 kV)
- **kisfeszültségű** (220V, 380 V) hálózatok.

A villamos energiát az erőművekből Magyarországon az **országos alaphálózat** keresztül juttatják el a különböző elosztási pontokra. A 750, 400 és 220 kV-os alaphálózat üzemeltetője a Magyar Villamosművek Részvénytársaság. Ezután a 120 és 35 kV feszültségű **főelosztóhálózat** on keresztül jut a villamos áram a 20 és 10 kV középfeszültségű elosztóhálózat szabadvezetékeibe vagy kábeljaiba. A kisfeszültségű hálózat 3x380/220 V feszültség-szintű szabadvezeték, szigetelt vezeték vagy kábel.

Dr. Pátzay György

128

Energiatárolás

- A megújuló energiák termelése (átalakítása) gyakran szakaszos és a folyamatos használathoz tárolás szükséges.
- Energia tárolható levegő komprimálása, lendkerekek forgatása, víz potenciális energiájának növelése (szivattyúzás) révén.
- Az akkumulátorokat hagyományosan kisebb energiaigények kielégítésére és elektromos járművek hajtására alkalmazzák.



Dr. Pátzay György



Az energiatárolás anyagai-rendszerei

Material (microscopic)	Specific energy kJ kg ⁻¹	System (macroscopic)	Specific energy kJ kg ⁻¹	Scale of system
Deuterium	3.5 × 10 ¹¹	Silver oxide zinc battery	437	Medium
U-235	7.0 × 10 ¹⁰	Nickel-hydrogen battery ^d	160	Medium
Pu-238 (80% Pu)	1.8 × 10 ⁶	Lead-acid battery	119	Medium
Hydrogen (LHV)	1.2 × 10 ⁵	Compressed gas	71	Large
Methane ^c	5.0 × 10 ⁴	Hydro power dam (Δz = 100 m)	9.80	Large
Gasoline ^c	4.4 × 10 ⁴	Torsion spring	0.24	Small
Oil	2.8 × 10 ⁴	Condenser	0.016	Small

Source: Culp (1991).

Dr. Pátzay György

Energiatárolás – a főbb jellemzők

	Fajlagos kapacitás kWh	Integr. energia MW	Tárolási hatékony %	Tárolási idő	Merülési sebesség kWh	Megjegyzés
Levegőtárolás	Szivattyús	1	1-1000	80%	nap-hónap	Állókapacitás, nagy kapacitású, hosszú élettartamú, azonos teljesítményű, nem em. az elektrolízis és a töltés/merülés során.
	Levegős	2	300	40-70%	nap	Elektrolízis, töltés, nem em. az elektrolízis és a töltés/merülés során.
Elektromos tárolás	Ólom akku	40	1000	85%	nap	Hővesztés, nem em. az elektrolízis és a töltés/merülés során.
	Li-ion akku	130	1000	90%	nap-hónap	Hővesztés, nem em. az elektrolízis és a töltés/merülés során.
Nehézfém akku	NaS akku	110	1000	85%	nap	Hővesztés, nem em. az elektrolízis és a töltés/merülés során.
	Redox-Flow	25	0.01-10	75%	nap-hónap	Hővesztés, nem em. az elektrolízis és a töltés/merülés során.
Hőenergia tárolás	Szenzibilis	10-50	0.001-10	50-80%	nap, év	Hővesztés, töltés/merülés során em. az elektrolízis és a töltés/merülés során.
	Látens	50-150	0.001-1	75-90%	óra, het	Órásokban, nem em. az elektrolízis és a töltés/merülés során.
Hőenergia tárolás	Termokémiai	120-250	0.01-1	100%	óra, nap	Hővesztés, nem em. az elektrolízis és a töltés/merülés során.
	Hidrogén	30 000	0.001-1	25-50%	nap, év	Legnagyobb kapacitású, hosszú élettartamú, azonos teljesítményű.

A szivattyús és a levegős tárolók

Szivattyús tárolás vízerőművek

A világban ma több mint 90 órányi teljesítményű szivattyús tárolás vízerőműje van. Európában a legtöbb Ausztriában, de néha is Németországban 30 ilyen erőmű van 7 órányi teljesítményűvel és 40 órányi teljesítményűvel (-8 óra tartalék). Ezek 2010-ben 6.5 TWh villanyt termeltek és 6.5 TWh-t szivattyúztak el (76% hatékony, 950 ha kihasználás).

A legújabb a Goodstart vízerőmű 160 MW vízturbina-telepítéssel és 840 MWh tárolókapacitással (-8 óra).

A Fekete-erdőben építik az Alsóvíz vízerőművet, amely 1400 MW-os és 13 órányi tárolással. Az 1100 m magasban lévő felső tárolóban 9 M m³ víz lesz, és ugyanennyi a 400 m magasban lévő alsó tárolóban. A beruházás 1.5 Mrd. €-t ér, az építés 2015-ben kezdődik és majd 2019-ben fejeződik be.

A németek a nagy megújuló termelési részénél miatt kibocsátják az Alsóvíz tárolót és a skandináv adósságot. Épül az 530 km-es lengyelországi szivattyús tároló - kb. 1.4 Mrd. €-beruházással - Schleswig-Holstein és Norvégia között 1400 MW kapacitással és 2017-ig üzemre.

Levegőtárolás erőművek

A világban ma két megújuló, elektromos levegőtárolás erőmű üzemel: a német Hohenort (1070) és az amerikai (E.ON) USA, Hontfortban 70 bar nyomáson sóoldattal készített kavernákban tárolják a levegőt, és 120 MW-ot tudnak 2 órára át tárolni a kavernákban.

Az elektromos megújulóknál nem kell fosszilis tüzelőanyagot, az tisztán tartós megújuló. A kompresszorral ószenyorműveket lehet tárolni, és az expansion szakaszban felhasználják. A német „Airport” 1997-2010-ben épült, 2010-ben kész lesz (200 MW, 1000 MWh, 70%).

Dr. Pátzay György

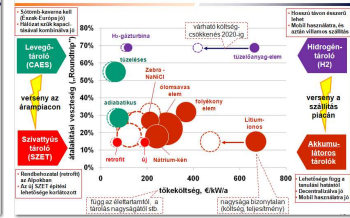
A tárolás technológiák fejlődése

2007-ben						
	Fajlagos berakkozás €/kWh	Fajlagos berakkozás €/kWh	Segéd-berakkozás €/kWh	Hatékony %	Élettartam év	Fajlagos CO ₂ -em. g/kWh
Szivattyús tárolás	1600	10	16	80	60	10
Levegőtárolás ¹⁾	600	3	30	54	30	275
NaS akkumulátor	1500	250	2	75	10	120
Vanádium Redox	1500	600	2	75	10	44

2030-ban						
	Fajlagos berakkozás €/kWh	Fajlagos berakkozás €/kWh	Segéd-berakkozás €/kWh	Hatékony %	Élettartam év	Fajlagos CO ₂ -em. g/kWh
Szivattyús tárolás	1500	10	15	84	60	10
Levegőtárolás ¹⁾	750	3	37.5	70	30	25.7
NaS akkumulátor	700	175	2	85	15	120
Vanádium Redox	1200	480	2	80	15	44

Megjegyzés: ¹⁾ diabattus (külön tüzelőanyag) ²⁾ diabattus (külön hőforrás nélkül)

Villamosenergia-tárolók

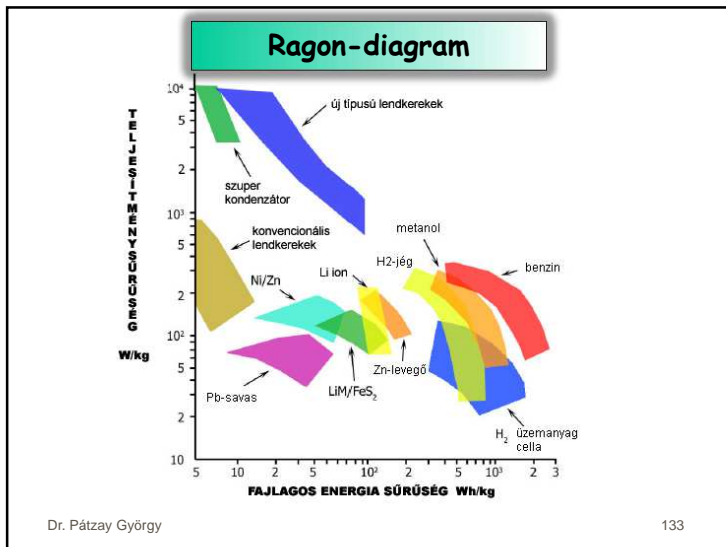


Dr. Pátzay György

Energiatárolás

- Tárolható energia watt-Mwatt tartományban (elem, szivattyús vízerőmű)
- Az energiatárolás módja
 - potenciális energia (szivattyús vízerőmű)
 - mozgási energia (lendkerék)
 - hőenergia (érzékelt és látens hő)
 - kémiai energia (reakció hő, égéshő)
 - elektromos energia (elektrokémiai, elektrosztatikus, elektromágneses)
 - Teljesítmény sűrűség, energia sűrűség
 - A fajlagos teljesítmény a fajlagos energia függvényében Ragon-diagram
 - Költségek

Dr. Pátzay György



Energiatárolás

Tárolás módja	Primer energia	Jellemző energia sűrűség, kJ/kg	Alkalmazás
Szivattyús vízerőmű	Potenciális	1 (100 m)	elektromos
Komprimált levegő	Potenciális	15000 kJ/m ³	Elektromos
Lendkerék	Mozgási	30-360	közlekedés
Fosszilis tüzelőanyag	Reakció entalpia	Olaj-42000 Szén-32000	Közlekedés, elektromos, ipari, építkezés
Biomassza	Reakció entalpia	Száraz fa-15000	Közlekedés, elektromos, ipari, építkezés
Elemek, akkumulátorok	Elektrokémiai	Savas ólom-60-180 Nikkel fémhidrid-370 Lítium ion-400-600 Lítium polimer-1400	Közlekedés, építkezés
Szupervezetők, mágneses energiatárolás	Elektromágneses	100-10000	Elektromos
Szuperkondenzátorok	Elektrosztatikus	18-36	Közlekedés

Dr. Pátzay György 134

Energiatárolás

	Szivattyús vízerőmű	Sűrített levegő	Lendkerék	Fosszilis	Elemek/akkuk	Szuper kondenzátor	Szuper vezető
Energia tartomány	1,8·10 ⁶ -3,6·10 ⁷ MJ	1,8·10 ⁶ -1,8·10 ⁷ MJ	1-1,8·10 ⁶ MJ	1-100	1,8·10 ⁴ -1,8·10 ⁶ MJ	1-10	1,8·10 ⁴ -5,5·10 ⁶ MJ
Hatásfok	64-80%	60-70%	~90%	80-90%	~75%	~90%	~95%
Feltöltés/Leadás ideje	Órák	Órák	Percek	Órák	Órák	másodpercek	Percek-órák
Ciklusok száma	~10000	~10000	~10000	>10000	~2000	>100000	~10000
Méret	Nagy	Közepes	Kicsi	Közepes	Kicsi	Kicsi	Nagy
Megvalósítás	Nehéz	Nehéz-közepes	-	Könnyű	-	-	Ismeretlen
Kiforrottság	Kiforrott	Korai szakasz	Fejlesztés alatt	Kiforrott	Ólom akku kiforrott	megvalósítható	Fejlesztés alatt

Dr. Pátzay György 135

Akkumulátorok

- Előny**
 - Hosszu élettartam
 - Alacsony előállítási költség
 - Ujrahasznosítható 90%-a
 - Biztonság
 - Nagy hatások
 - Nagy hasadatok
- Hátrány**
 - Környezeti hatások (sósav!)
 - Fenntartási költség magas

Alkalmazási példák

- 20 MW, 40 minutes, Puerto Rico
- 3,5 MW, 1 hour in Vernon CA
- 1 MW, 1.4 hour plant in Metlakatla AK : VRLA
- 40 MW, 20 minute in Fairbanks AK : VRLA and NiCd
- (17 MW, BEWAG, Berlin)

Lithium batteries

- Előny**
 - Hosszu élettartam, sok ciklus
 - Nagy energiasűrűség
 - Nagy hatások
 - Karbantartást nem igényel
- Hátrány**
 - Biztonság
 - Költség
 - Ujrahasznosíthatóság
 - Cinikus
 - Fenntartási költségek, cellakénti monitoring, villamos és termikus management

Kétretegű "super" kapacitás


- Előny**
 - Hosszu élettartam, sok ciklus
 - Nagy teljesítmény
- Hátrány**
 - Kis energiatárolási kapacitás
 - Gyors lemerülés
 - Elektronikus szabályozást igényel a változó feszültsége miatt

Nickel technologies

- Előny**
 - Hosszu élettartam
 - Nagy teljesítmény
 - Karbantartást nem igényel
- Hátrány**
 - Költség
 - Kadmium veszélyes a környezetre

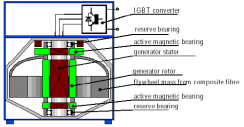
Electrolízis, hidrogén, tüzelőanyag cella (fuel cell)

- Előny**
 - Alacsony önkisülés
 - Tiszta
 - H₂ előállítás megújuló energiával
- Hátrány**
 - Kis hatások < 40%
 - Drága
 - Kis élettartam



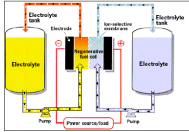
Lendkerék (Flywheels)

- Előny**
 - Hosszú élettartam
 - Nincs önkisülés
- Hátrány**
 - Drága
 - Önkisülés gyors
 - Vezérlése elektronikát igényel



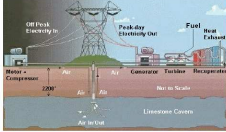
Redox-flow batteries

- Előny**
 - Sokszor újrateleltető
 - Nagy energia tárolható
 - Olcsó
- Hátrány**
 - Biztonság ? (elektrolit toxicus)
 - Vandárium nem áll korlátlanul rendelkezésre



Compressed air

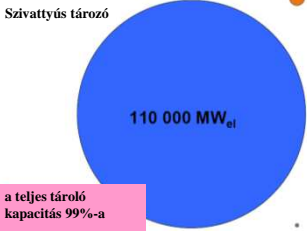
- Előny**
 - Hosszú élettartam
 - Nincs önkisülés
- Hátrány**
 - Beruházási költség



Dr. Pátzay György 137

Energiatárolás

A világon beépített villamos energia tároló kapacitások megoszlása



110 000 MW_{el}

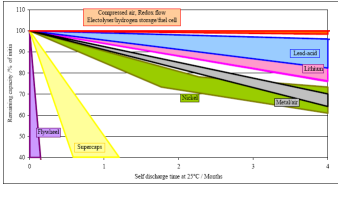
a teljes tároló kapacitás 99%-a

- Szivattyús tározó
- Nagynyomású levegőtározás
- Nátrium-Kén akkumulátor
- Savas ólomakkumulátor
- Redox folyadék akkumulátor
- Nikkel-Kadmium akkumulátor

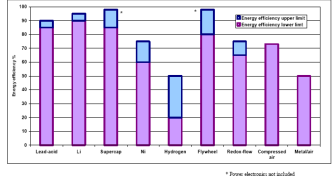
Szűrtmentes áramforrások	1 MW	10 MW	100 MW és felette
Lendkerékes akkumulátorok		Nagy teljesítményű akkum.	Szivattyús tározó
Lítium-ion akkum.		Savas-ólom akkum.	Nagynyomású levegőenergia Tározás(CAES)
Nikkel-fémhibrid akkum.		Nátrium-kén akkum.	Cink-bróm akkum.
		Vandárium redox akkum.	

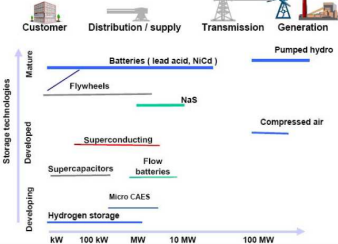
Dr. Pátzay György 138

Önkisülési idő összehasonlítása



Energia hatások





Egyes energiatároló technológiák kapacitása és rendelkezésre állása

Dr. Pátzay György 139

MEGOSZTOTT ENERGIATERMELÉS

- Megosztott energiatermelésnél az energiát helyben termelik (alakítják át) és egy része megosztásra, vagy a közeli fogyasztókhöz kerül.
- A megosztott energiatermelés kiküszöböli a nagy távolságokra történő szállításnál főllepő veszteségeket.
- Példa erre a szél- és napenergia közös hasznosítása néhány ház, vagy lakótelep között.
- A rendszer stabil, de veszélyes lehet a hálózati szerelőkre áramszünet esetén, amikor a lokális megosztott rendszer áramot táplálhat vissza a fő hálózatra.

Dr. Pátzay György 140

Energia a szállításban



- A légi és földi szállítás nagy energiasűrűségű üzemanyagokat (folyadékokat) igényel.
- A személy- és teherautóknál a szilárd földgáz szolgáltatás verseng a komprimált földgáz szolgáltatással.
- Kísérleteznek nagynyomású hidrogénnel hajtott sugárhajtóműves járművekkel is, mely kétséges vállalkozás.



Komprimált földgázzal üzemelő gépjármű

Dr. Pátzay György

141

Közlekedési energiaigények

	KJ/utas km
autó (1 fő, utas nélkül)	3600
Dieselsonat	1570
elektromos vonat	1730
Repülő	5000
Autóbusz	740
Villamos	1000
elektromos autó	216

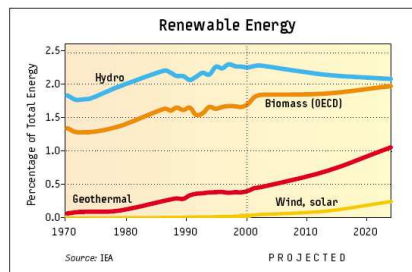
Energia kereskedelem

- Racionális döntéseket igényel
- A PV drága (\$5/watt a berendezés+ \$5/watt a szállítás és beüzemelés = \$10/watt), míg a szélenergia olcsóbb (\$1.5/watt a berendezés+ \$5/watt a beüzemelés = \$6/watt total)



Dr. Pátzay György

142



Dr. Pátzay György

143

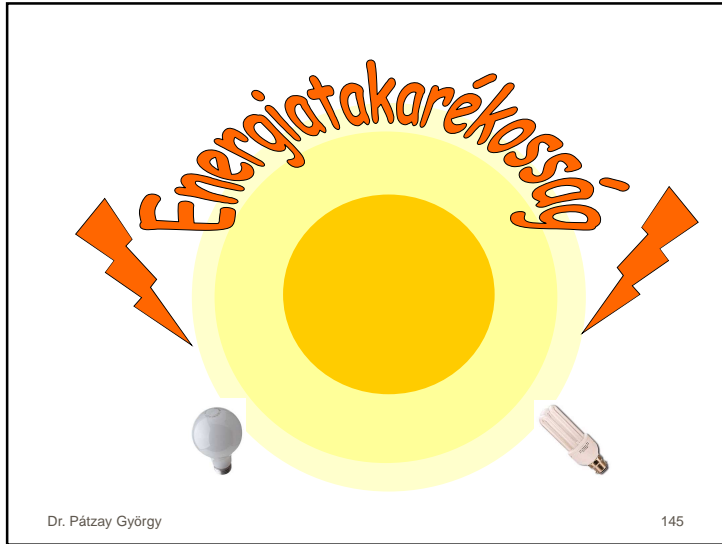
A MEGÚJULÓ ENERGIAFORRÁSOK ÁLTALÁNOS JELLEMZÉSE

Források	Nap	Szél	Geotermikus	Biomassza	Óceán	Vízierőmű (kicsi)
Nagyság	nagyon nagy	nagy	nagyon nagy	nagyon nagy	nagyon nagy	nagy
Eloszlás	világszerte	parti, hegyi, síksági	tektonikus határokon	világszerte	parti, trópusi	világszerte, hegyi
Állandóság	naponta, évszakonként, időjárás függő	erősen változó	állandó	évszakonként, időjárás függő	évszakonként, árapályban	évszakonként
Intenzitás	kicsi (1 kW/m ² max.)	kicsi-közepes (0,8 MW/km ²)	kicsi-közepes (up to 600°C)	közepes-alacsony	kicsi	közepes-alacsony

Technológia	Nap	Szél	Geotermikus	Biomassza	Óceán	Vízierőmű (kicsi)
Megoldások	alacsony-hőmérsékletű termikus rendszerek, fűtőelektromos berendezések, passzív rendszerek, biokonverzió	Vízszintes és függőleges hengelyű szél-turbinák, szélenergia szivattyúk, szél-erőművek	Gőz- és bináris termodinamikai ciklusú erőművek, teljesáramú turbinák, HDR	Tűzelés, fermentáció, kezelés, előgázosítás, hullám oscillátorok, árapály gátak	kis-hőmérsékletű termodinamikai ciklusok, mechanikai hullám oscillátorok, árapály gátak	kis és nagynyomású turbinák és gátak
Státusz	fejlesztés alatt, kevés üzemben	számos üzemben, több fejlesztés alatt	számos üzemben, több fejlesztés alatt	számos üzemben, több fejlesztés alatt	fejlesztés alatt	zömében üzemben
Kapacitási tényező	<25% w/o tárolás, köztes	változó, legtöbbször 15-30%	magas, alapterhelés	igény szerint, rövid idejű tárolás	az alapterheléssel szakaszos	az alapterheléssel szakaszos
fejlesztendő paraméter	anyagok, költségek, hatások	anyagok, kialakítás, elhelyezés	feltárás, kinyerés, HDR alkalmazás	technológia, mezőgazdasági és erdőszeti alkalmazás	technológia, anyagok és költségek	turbinák, költségek, kialakítás

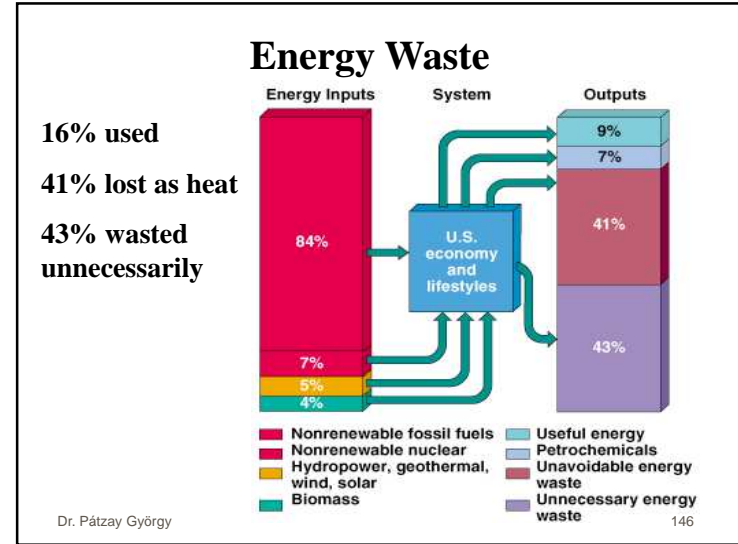
Dr. Pátzay György

144



Dr. Pátzay György

145



Dr. Pátzay György

146

KÖLTSÉGEK (2000)

Energiatermelési fajlagos költségek ECU/MWh

Geotermikus energia	5-20
Biomassza energia	48-60
Napenergia	48-360
Tüzelőolaj	14
Földgáz	9

1993 Costs of Electricity at Power Plant (cents/kWh)				
	Fuel	Operating	Maintenance	Total
Coal	1.531	0.172	0.262	1.967
Gas	2.833	0.236	0.332	3.402
Oil	2.609	0.347	0.451	3.408
Nuclear	0.602	0.962	0.587	2.152

	2000	2005	2010	2015	2020	2025	2000-2025
Coal (\$/ton)	17.18	16.56	15.14	14.77	14.57	14.59	-15.08%
Oil (\$/barrel)	28.35	28.65	32.51	32.95	33.02	33.05	16.58%
Natural Gas (\$/Mcf)	3.83	2.91	3.34	3.51	3.67	3.92	2.35%

Dr. Pátzay György

147

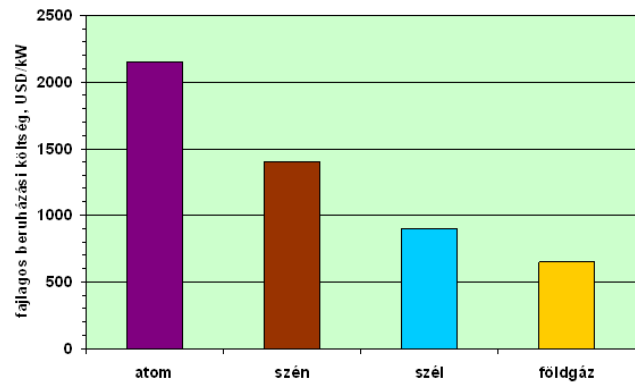
Elektromos energia termelési költségek

Technológia	beruházási költség (\$/kWe)	fajlagos beruházási költség (cent/kWh)	Nem-üze O&M költségek (cent/kWh)	kapacitási faktor (%)	összes fajlagos költség (cent/kWh)
gázturbina	329	0.4	1.1	85	6.0
kombinált ciklus	480	0.6	2.1	85	5.9
biomassza	2,630	3.3	1.1	80	8.4
geotermikus	1,765	2.7	1.1	80	3.8
Nap-termikus	3,064	9.5	1.3	42	10.8
Nap-elektromos	4,283	19.2	0.4	28	19.6
Szél	778	3.1	0.9	31	4.0

Dr. Pátzay György

148

Erőművek beruházási költségei



Dr. Páztay György
Forrás: IEA/AIE: World Energy Outlook, 2006

149

Az EU megújuló energiaforrással üzemelő erőműveinek összehasonlítása 1997

	Geotermikus erőmű	Kis vízi erőmű	Szélerőmű (part)	Városi szilárd hulladék égető	Hull. lerakó biogáz	Anaerob kezelés (mezőgazd. hulladék)	Napenergia (PV)	Árapály erőmű	Hullám erőmű (partmenti)
Tipikus kapacitás (MWe)	10-55	0,001-10	0,41	10-27	1	1	1-100 kW	240	2
rendelkezésre állás %	95	>95	86	90	90	90	70-99	90	94
teljesítmény tényező (%)	65-95	15-95	18%-35%	90	80	27	3-15	26	25
(az erőmű éves termelési ideje %-ban)			(24%)						
építési idő (év)	1-3	1-2	0,25	2-3	1	1	10-180 days	7	< 1
gazdaságos élettartam (év)	25	40	15	20	15	20	15-25	~40	30
Fajlagos beruházási költség (ECLM/kWh)	2,300-1,400	970-3,600	850-1,100	5,000-6,400	1,200	7,260-8,470	24,200-5,500	2,100-2,800	-
Fajlagos fx. üzemelési és karbantartási költség (ECLM/kWh)	49-46	18-30	24-36	379-429	67-202	600-726	jelentéktelen	109-145	-
Fajlagos termelési költség (ECLM/kWh)	55-30	22-140	36-84	24-160	42	120-160	1,250-620	120-160	110
EU beépített kapacitás (MWe)	834*	9,000	3,500	1,437	298	150	60	240	0
Világ beépített kapacitás (MWe)	7,679	27,900	4,821	3,069	1,385	5,300-6,300	376	261	0

Dr. Páztay György

150

Energiaátalakító technológiák területigénye

Technológia 1000MWe területigénye

□ Nukleáris	□ 8,8 km ²
□ Szén	□ 18,13-32,26 km ²
□ Víz	□ 72,5 km ²
□ Napelem	□ 103,6 km ²
□ Szén	□ 259 km ²
□ Biomassza	□ 2590 km ²
□ Geotermikus	□ 7,8 km ²
□ Gáz turbina/tüzelőanyag cella	□ Esettől függ

Dr. Páztay György

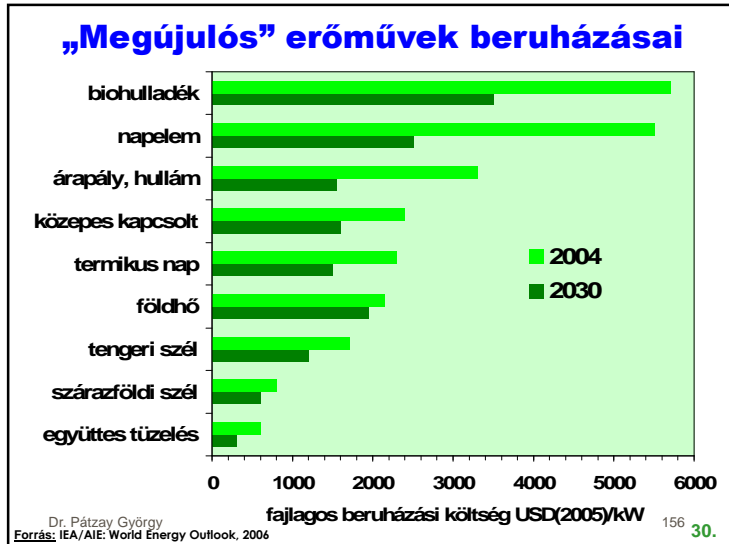
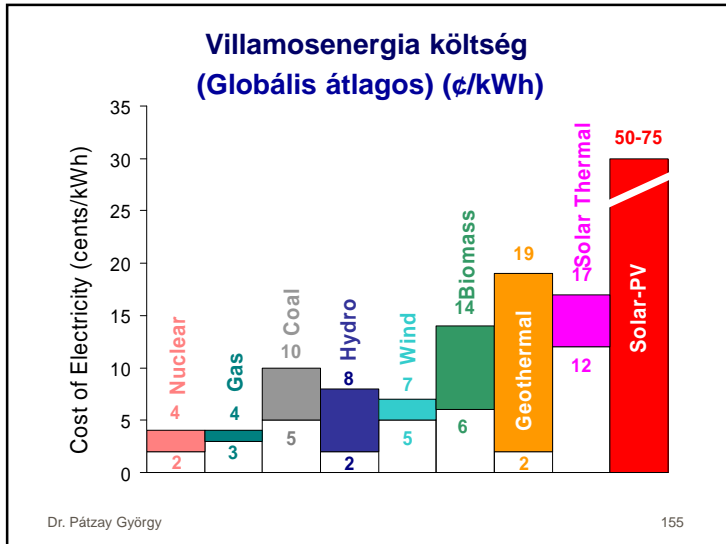
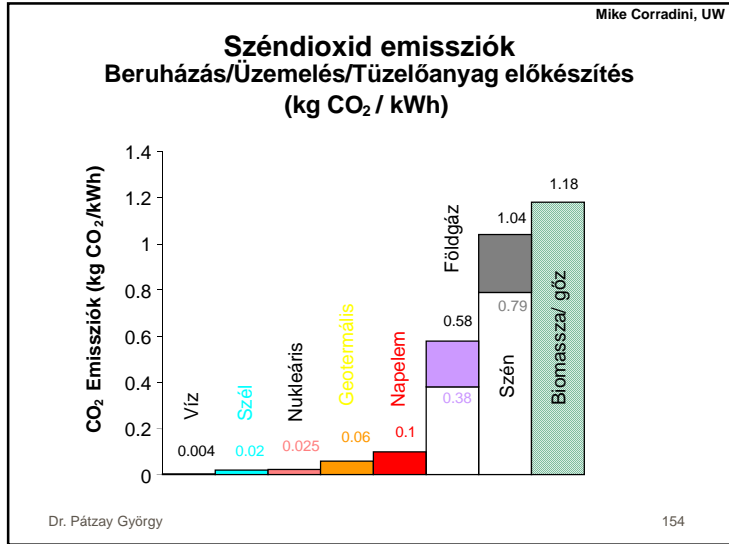
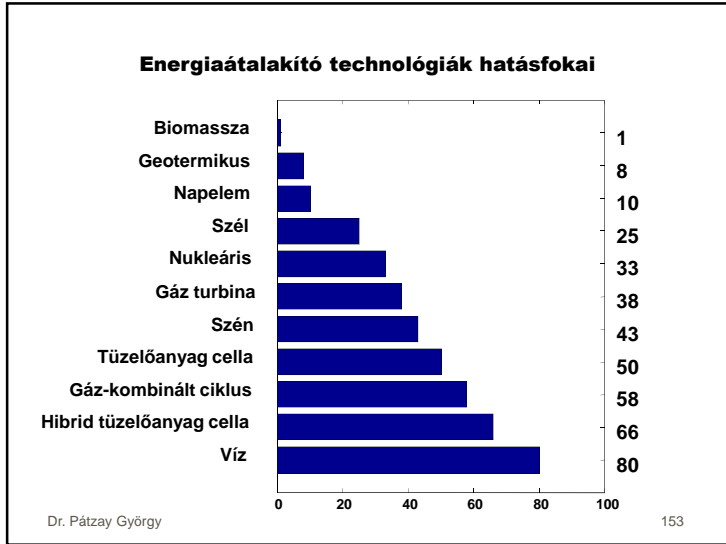
151

	Output potential in TWh/a	Utilisation 1998	Utilisation 2020
hydro-electric	25	76.4%	~90%
wind energy	238	2.3%	~ 5%
- onshore	83	6.5%	-
- offshore	155	0%	-
photovoltaic	50	0.06%	~ 2%
biomass, waste	382	11.5%	~ 20%
solar energy	306	0.3%	-
ambient heat	125	1%	-
geothermal energy	140	0.3%	-
total	1,504	5.6%	~ 12%

Table 3-10 Potential for renewable energy sources and their rate of depletion⁵⁰

Dr. Páztay György

152



Következtetések

- ❖ A megújuló energiaforrások használata a világ energiaellátási problémáira egy hosszú távú segítséget jelentenek
- ❖ A gazdaságosság megítélésénél egyre inkább a hosszú távú és összes költségek válnak döntővé
- ❖ A fosszilis energiahordozók árának növekedése elősegíti a megújuló energiaforrásokra való áttérést



Dr. Pátzay György

157

Irodalom: könyvek

- ❖ Brower, Michael. Cool Energy. Cambridge MA: The MIT Press, 1992. 0-262-02349-0, TJ807.9.U6B76, 333.79'4'0973.
- ❖ Duffie, John and William A. Beckman. Solar Engineering of Thermal Processes. NY: John Wiley & Sons, Inc., 920 pp., 1991
- ❖ Gipe, Paul. Wind Energy for Home & Business. White River Junction, VT: Chelsea Green Pub. Co., 1993. 0-930031-64-4, TJ820.657, 621.4'5
- ❖ Patel, Mukund R. Wind and Solar Power Systems. Boca Raton: CRC Press, 1999, 351 pp. ISBN 0-8493-1605-7, TK1541.P38 1999, 621.31'2136
- ❖ Sørensen, Bent. Renewable Energy, Second Edition. San Diego: Academic Press, 2000, 911 pp. ISBN 0-12-656152-4.

Dr. Pátzay György

158

Irodalom: INTERNET

- ❖ <http://awea-windnet@yahoogroups.com>. Wind Energy elist
- ❖ <http://awea-wind-home@yahoogroups.com>. Wind energy home powersite elist
- ❖ <http://geothermal.marin.org/> on geothermal energy
- ❖ [http://mailto:energyresources@egroups.com](mailto:energyresources@egroups.com)
- ❖ <http://rredc.nrel.gov/wind/pubs/atlas/maps/chap2/2-01m.html> PNNL wind energy map of CONUS <http://windenergyexperimenter@yahoogroups.com>. Elist for wind energy experimenters
- ❖ <http://www.dieoff.org>. Site devoted to the decline of energy and effects upon population
- ❖ <http://www.ferc.gov/> Federal Energy Regulatory Commission
- ❖ http://www.hawaii.gov/dbedt/ert/otec_hi.html#anchor349152 on OTEC systems
- ❖ <http://telosnet.com/wind/20th.html>
- ❖ <http://www.google.com/search?q=%22renewable+energy+course%22>
- ❖ <http://solstice.crest.org/>
- ❖ http://dataweb.usbr.gov/html/powerplant_selection.html

Dr. Pátzay György

159