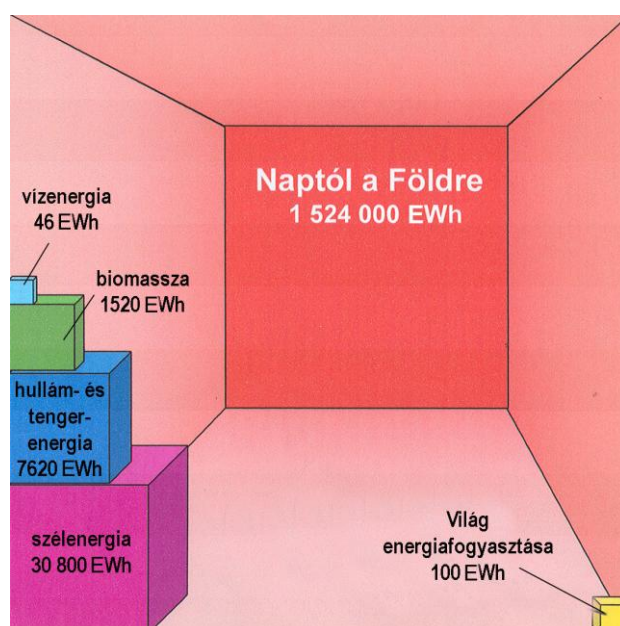


A földi élet léte és hasznosítható erőforrásai a Nap sugárzási energiájától függően kimeríthetetlennek tekinthetők, mivel a NAP energiapotenciáljának a Földre érkező nagysága 1.524.000 Exajoule/év nagyságú ($1 \text{ EWh} = 10^{12} \text{ kWh}$), amelyhez képest a világ energiafelhasználása mindössze: 100 EWh.

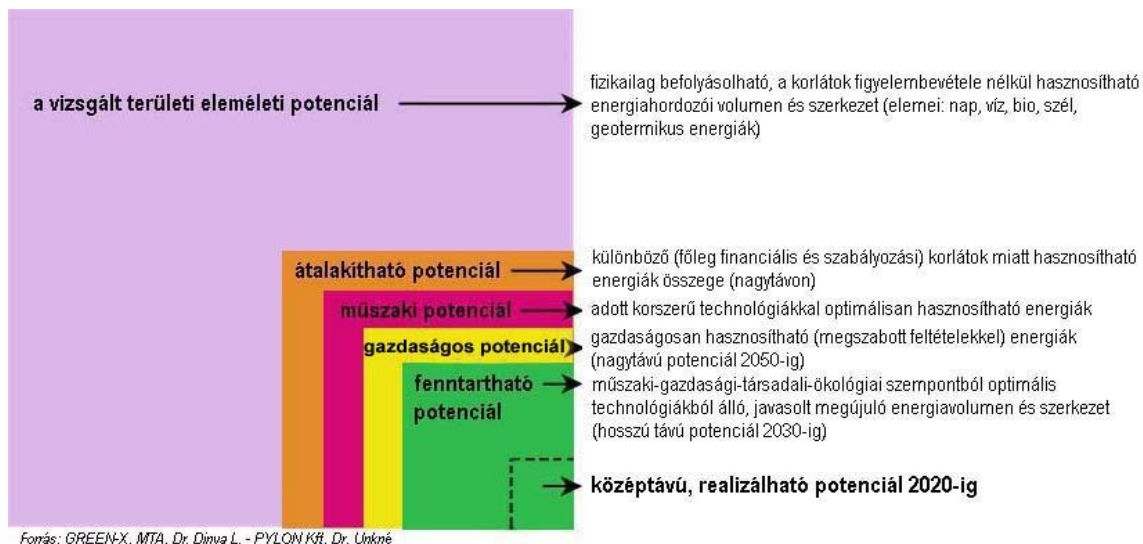
Az emberiség ebből az óriási potenciálból, mesterséges eszközökkel, különböző átalakítási technológiákkal a jelenlegi ismeretek szerint különböző energiapotenciálokat képes „befogni”, elméletileg hasznosítani, mint megújuló elméleti energiaforrásokat. Ezek között legnagyobb mértékű a szélenergia, a maga becsült 30.800 EWh volumenével, ezt követi a hullám és tengervíz energiája, majd jóval behatároltabb a biomassa és a vízenergia globális volumene.



A legfontosabb megújuló energiák potenciálja a világon egy évben

Magyarország viszonylag kedvező klimatikus adottságai (nap és szélerő viszonyai), továbbá igen kedvező földtani és vízföldtani (geotermikus) adottságai, továbbá mérsékelt vízkészleti viszonyai következtében relatíve jelentős elméleti megújuló energia potenciális adottságokkal rendelkezik, amelyből jelenleg csak olyan kevés mennyiséget hasznosít, amely az ország teljes energiafelhasználásának alig több mint 5%-át elégíti ki.

Itt célszerű bevezetésül azt a fogalmi rendszert is rögzíteni, amely az egyes energiapotenciálok közötti megkülönböztetést határozza meg. Ennek értelmében az elméleti potenciál (amely alatt a jelenlegi ismeretek szerint „fizikailag rendelkezésre álló energiamennyiséget” kell érteni az adott területen) magába foglalja az átalakítható, vagy konverziós potenciált (amely az „adott technológiai szinten kiaknázható”, ezen belül felöleli a technikai, a gazdasági és a fenntartható potenciál volumeneket is).

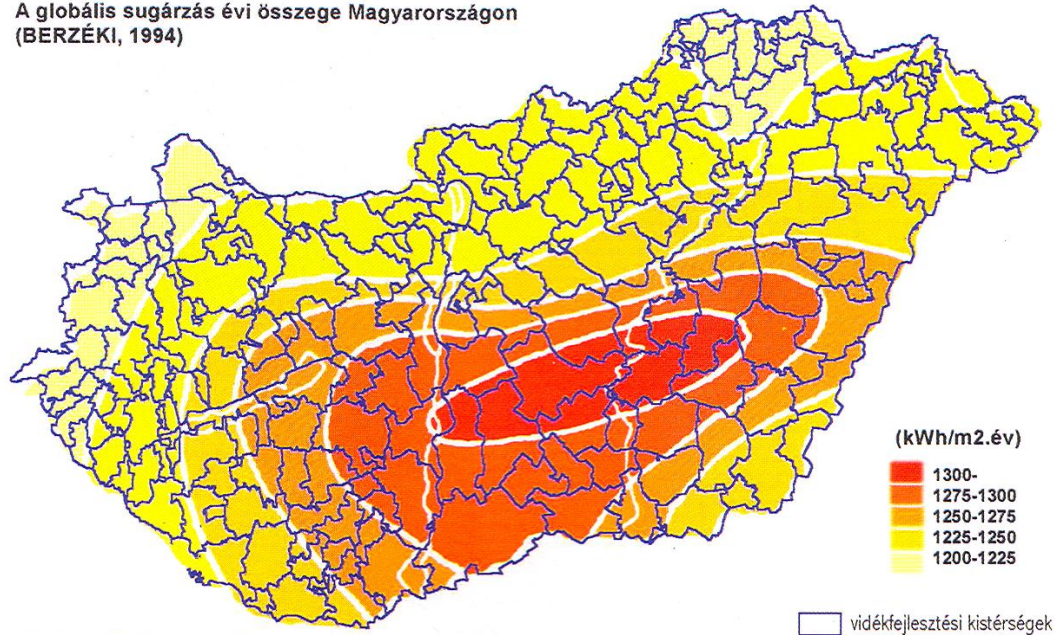


A Nemzeti Megújuló Energia Cselekvési Terv keretében realizálható megújuló energiapotenciál helye a potenciálok hierarchiájában

A napenergia potenciálja, sugárzáseloszlásai

Magyarország területének potenciális napenergia forrásadottságai kedvezőek. Az 1965-ig rendelkezésre álló mérési eredmények kiértékelése alapján megállapítható, hogy a vízszintes felületen mért globál sugárzás napi átlagértéke $3,2\text{--}4 \text{ kWh/m}^2$ között volt, ami éves viszonylatban $1168\text{--}1460 \text{ kWh/m}^2$ értéknek felel meg. Az újabb – és valószínűsíthetően pontosabb, de rövidebb időszakot felölelő – 1958–1972 közötti – rendelkezésre álló mérési eredmények kiértékelése alapján pedig az állapítható meg, hogy Magyarország területén a vízszintes felületen mért globál sugárzás napi átlagértéke $3,15\text{--}3,65 \text{ kWh/m}^2$ között van, ami éves viszonylatban $1150\text{--}1332 \text{ kWh/m}^2$ értéknek felel meg. A nagyságrendek érzékeltetéséhez érdemes tudomásul venni, hogy Magyarország 93 ezer km^2 területére a Naptól évente beérkező energia előző átlagértékkel számolva eléri az $1,16 \times 10^{14} \text{ kWh-t}$, amely volumen Magyarország $4 \times 10^{10} \text{ kWh}$ éves villamos energia fogyasztásának 2900 szorosa.

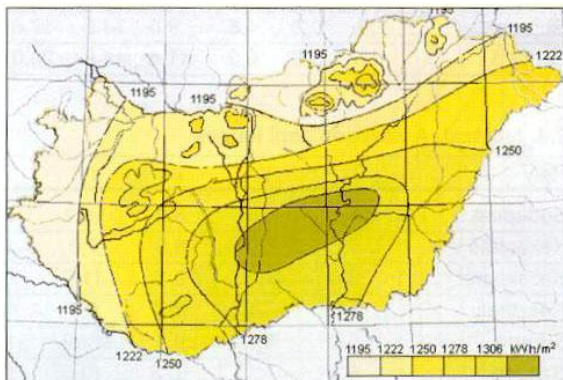
A globális sugárzás évi összege Magyarországon
(BERZÉKI, 1994)



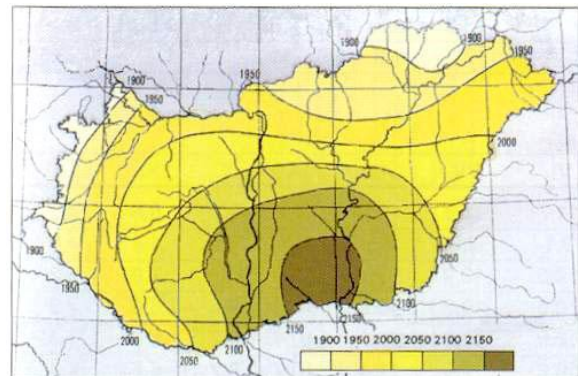
Készült a VÁTI Kht. Országos Vidékfejlesztési Irodán

Magyarországi globális napsugárzás eloszlások kistérségi megoszlása

Az Országos Meteorológiai Szolgálat által Magyarországon mért havi lehetséges és tényleges napsütéses órák száma közötti különbségét a felhőzet okozza



Az érkező besugárzás területi eloszlása



A napos órák száma területi eloszlása

Magyarország hasznosító aktív szoláris-termikus potenciálja max. 50 PJ/év (illetve 48,815 PJ/év). Az aktív szolár-termikus technológiák a közvetlen hősugárzást hőhordozó közegek segítségével alakítják át és szállítják a felhasználókhoz (főleg napkollektoros átalakítók révén). A felhasználási cél lehet: fűtés, hűtés, használati vízmelegítés.

Az MTA becslések szerint a következő évtizedben beépíthető – hasznosítható – kollektor felület mintegy: 32 millió m² lehetséges. Ugyancsak e forrás szerint; a mezőgazdaságban várható hőenergia-igény belátható időn belül mintegy 15–16 PJ/év nagyságrendet tehet ki.

A szoláris fotovillamos technológiák telepítési lehetőségeire, felületméreteire végzett felmérések és becslések kimutatása szerint: mintegy 4051,48 km² építhető be kedvező

feltételekkel, azaz 405.158,06 MW kapacitás, amelynek teljes éves villamosenergia-termelése: 486×10^3 kWh/év, amely 1749 PJ/év fotovillamos energetikai potenciálnak felel meg (486 TWh/év).

Geotermikus energia - potenciál

A Kárpát-medence, de különösen Magyarország területe alatt a földkéreg az átlagosnál vékonyabb, ezért hazánk geotermális adottságai igen kedvezőek. A Föld belsejéből kifelé irányuló földi hőáram átlag értéke $90\text{--}100 \text{ mW/m}^2$, ami mintegy kétszerese a kontinentális átlagnak. Az egységnyi mélységnövekedéshez tartozó hőmérséklet emelkedést jelentő geotermikus gradiens átlagértéke a Földön általában $0,020\text{--}0,033^\circ\text{C/m}$, nálunk pedig általában $0,042\text{--}0,066^\circ\text{C/m}$. A fenti termikus adottságok miatt nálunk 1000 m mélységben a réteghőmérséklet eléri, sőt meg is haladja a 60°C -t. A hőmérsékleti izotermák 2000 m mélységben már 100°C feletti hőmérsékletű jelentős mezőket fednek le. Rendellenesen nagy mélységi hőmérsékletről tanúskodnak a 3–6000 m mélységről készült felmérések, illetve becslések.

Magyarország területén a geotermális energia alapvető forrását a magma irányából fölfelé irányuló konduktív hőáramlás jelenti. A hazai kutatások bizonyítják, hogy a nagyobb energiafelhalmozódások nálunk is a föld belsejében működő vulkáni tevékenységek következtében létrejött lemeztektonikai egységek közötti szubdukciós zónák és törésvonalak mentén alakultak ki. Emellett kellő nagyságú, üledékes eredetű víztárolónk, a porózus kőzetekkel feltöltött Kárpát-medence, mint kis entalpiájú rezervoár jött létre, ahol meghatározott helyeken már közepes entalpiájú és nagyobb mélységi hőmérsékletű, $90\text{--}150^\circ\text{C}$ túlnyomásos geotermális készletindikációk is megtalálhatók, amely fluidumok a kutakból feltörve már villamosenergia-termelésre is alkalmas vizgőzt szolgáltatnak.

A jelenlegi energiahasznosításokhoz képest több nagyságrenddel nagyobb Magyarország ismert (több mint 6000 kút) és reménybeli hévízkincse a feltárt és megkutatott mezők geotermikus energiakészletei, amelyek ma még kihasználatlanok. A hévíztárolók három alaptípusa közül a harmadkori és a mezozoós geotermális (statikus) készletek nagysága és hőtartalma igen jelentős, de a kitermelhető és dinamikus készletek is jelentősek, ezen felül még feltáratlan az alaphegységi (paleozoós), nagy hőmérsékletű készletek energiataralma.

Magyarország harmadkori és mezozoós geotermális készletei

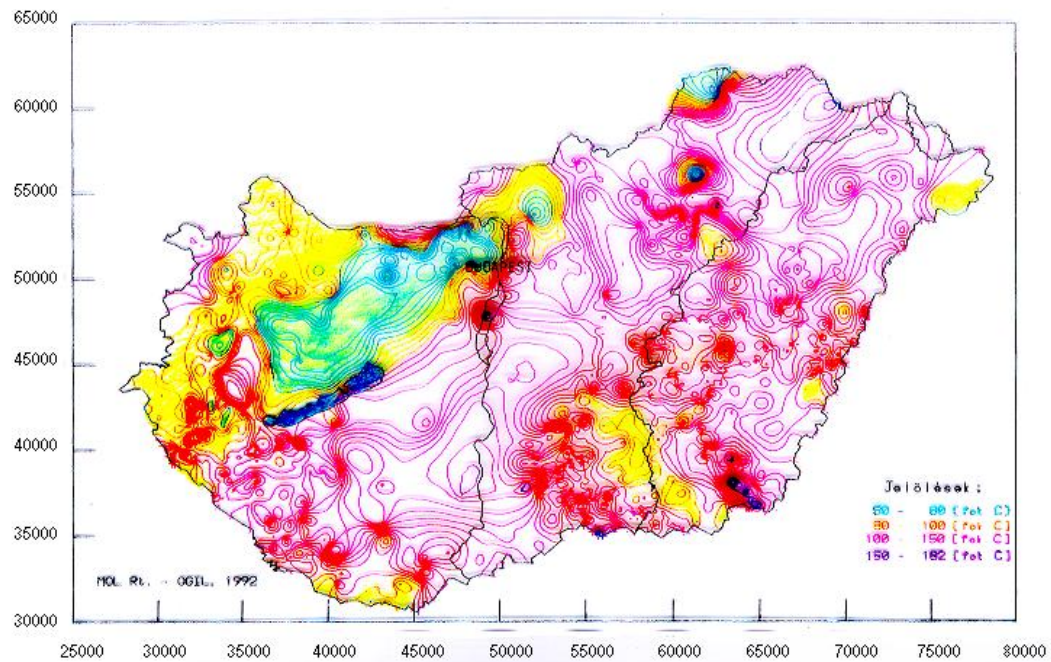
<i>Készletek</i>	<i>Térfogat km^3</i>	<i>Hasznosítási hőlépcső¹ $\Delta T, ^\circ\text{C}$</i>	<i>A készletek hőértéke PJ</i>
A. Vízügyviszonyok nélkül			
1. A teljes statikus (földtani) készlet	5500	85	$2320 \cdot 10^3$
2. Termálvíz (50°C -nál melegebb)	2300	55	$560 \cdot 10^3$
B. Vízügyviszonyok mellett			
1. Kitermelhető készlet ²	750	55	$173 \cdot 10^3$
2. Dinamikus készletek $\text{Mm}^3/\text{év}$			
2.1. Termálvíz (50°C -nál melegebb)	380	40	63,5 PJ/év
2.2. Az utánpótlódó készletekből (fogyás nélkül)	297	40	49,6 PJ/év

¹ – A $T_0 = 15^\circ\text{C}$ -os felszíni középhőmérsékletre vonatkoztatva

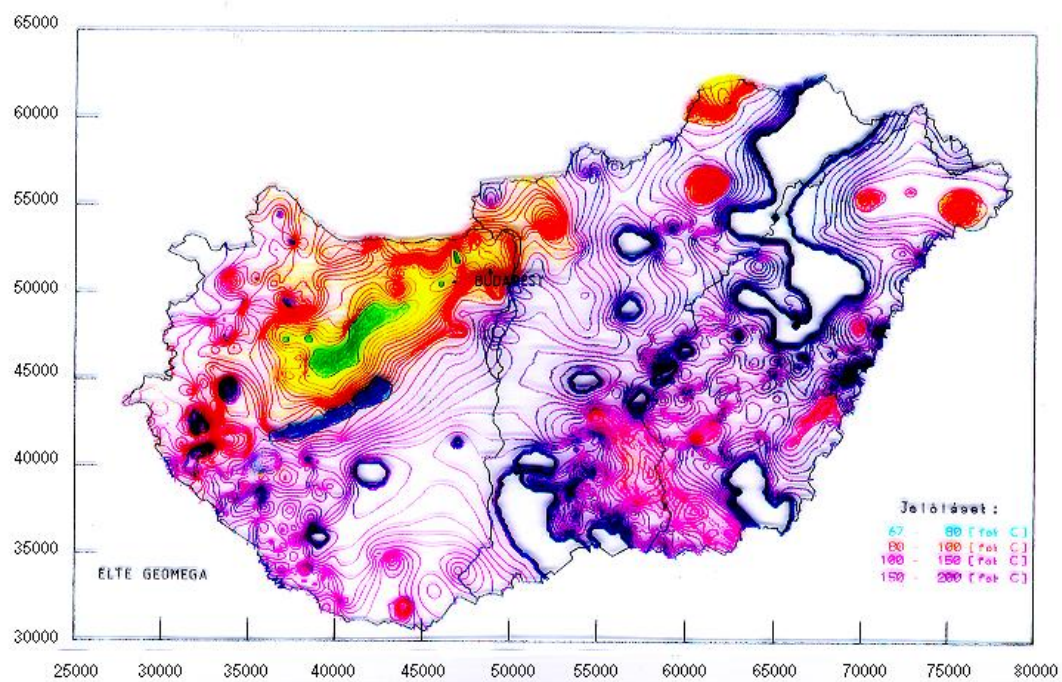
² – Az EEG Szakbizottságának ajánlása alapján (kétkutas rendszer vízügyviszonyomással)

A geotermikus energiahasznosítások preferált területeire, Magyarországon hévízföldtani adottságainak jellemzésére számos lehatárolás ismeretes. A Magyar-középhegység vonalában húzódó mezozoós-karbonátos összletben, valamint a medenceterületek laza üledékeiben

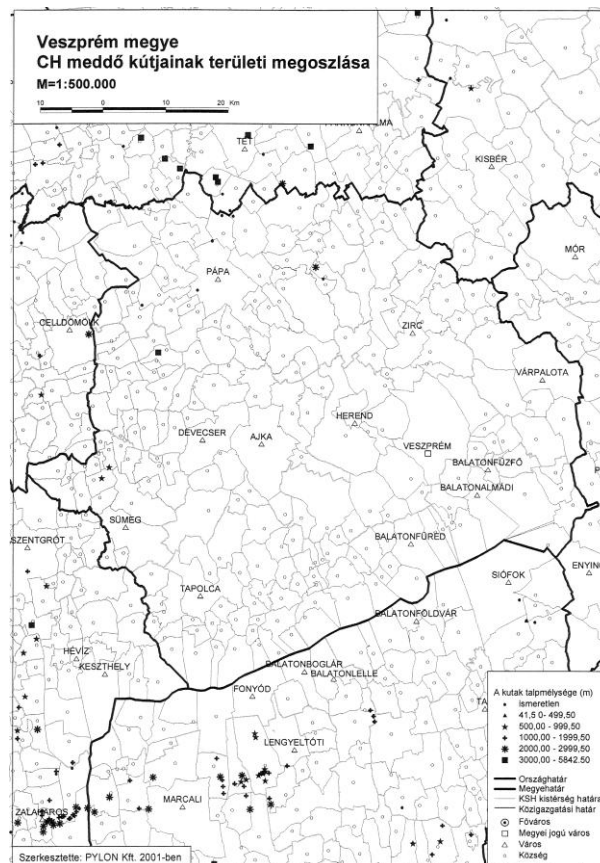
hatalmas mennyiségű hévíz van, amely mind balneológiai célokra, mind energiahordozóként hasznosítható.



Hőmérséklet eloszlás 2000 méter mélységben



Hőmérséklet eloszlás 3000 méter mélységben



*Veszprém megye CH-meddő
kútjainak területi megoszlása*

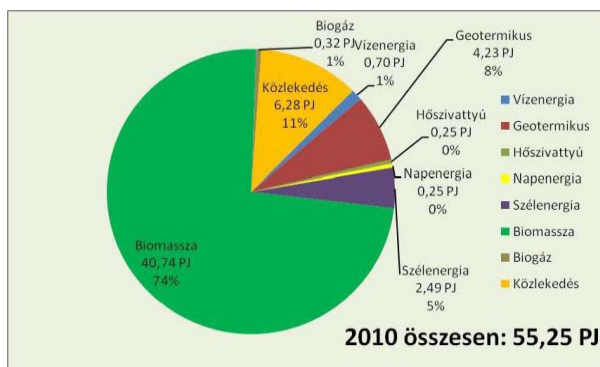
Geotermikus energiaforrás-bázisú erőművek javasolt helye a térszerkezetben

Hasznosítási technológiák

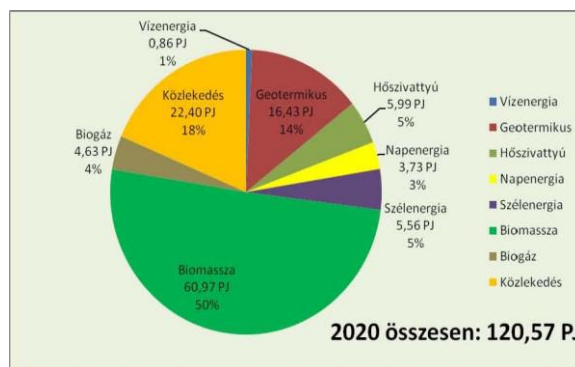
Kezdetben a termálvíz források hasznosítása Magyarországon balneológiai, gyógyászati és termálstrandok rekreációs feladatai formájában valósult meg, főleg szabadtéri fürdőhelyeken, majd zárt gyógyfürdőkben, ásványvizes ivókúrát biztosító együttesekben. Jóval később következett be a termál fluidum hőhasznosítása (kertészetek üvegházainak, állattenyésztési üzemek – baromfikeltetők, halivadék-nevelők stb.) térfűtés, használati meleg víz és épületfűtés, majd településrészek, falvak távfűtési rendszerének kiépítése formájában Magyarországon. A villamos energia átalakítás technológiái – alapváltozatai – ismertek nálunk, de geotermikus erőmű még nem valósult meg a projektek közül.

Magyarország Megújuló Energiahasznosítási Cselekvési terve (NCST) szerint a megújuló energiahordozók iránti igénynövekedés közép távon 2020-ig megduplázódik, azaz a mai 7%-ról, 14,65%-ra növekedik a végső energiafelhasználási összvolumen belül, az elfogadott kitűzött cél értelmében azaz a jelenlegi 55,25 PJ/év-ről, 120,57 PJ/év-re nő (lásd a 18-as és 19-es sz. ábrákat).

Ebben a teljes struktúrában a geotermikus és hőszivattyús energia átalakításra felhasznált volumen: 4,48 PJ/év-ről, 22,42 PJ/év-re növekedik, azaz a mainak több mint ötszörösére, ezen belül a nagyobb hányadot a hőenergia igények korszerű és környezetbarát kielégítésére tervezik.



A villamos energia, hűtés-fűtés és közlekedés szektorokban felhasznált megújuló energiahordozók megoszlása (2010)



A villamos energia, hűtés-fűtés és közlekedés szektorokban felhasznált megújuló energiahordozók megoszlása (2020)

A szélenergia elméleti potenciálja

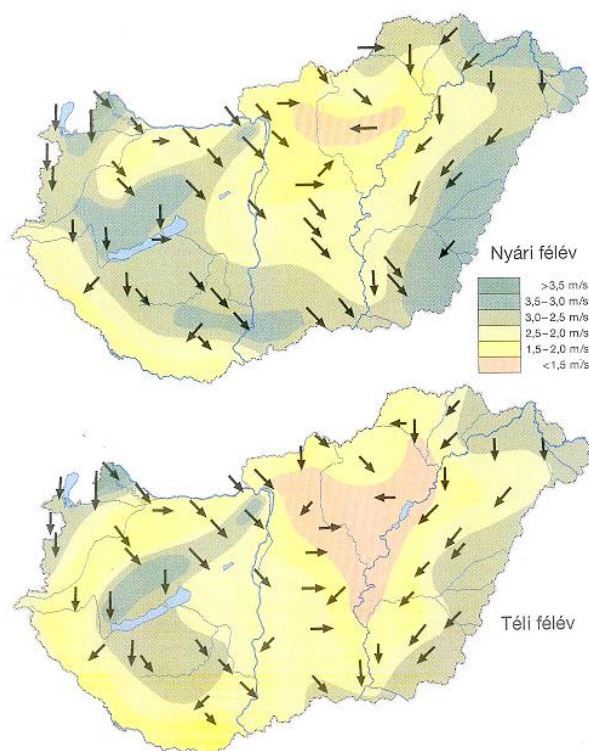
A megújuló energiaforrások közül a napenergia elméleti potenciálja a legnagyobb a világon. Ezt követi a szélenergia jelentős elméleti potenciálja. A szélenergia nagysága arányos az adott térségben uralkodó szélesebesség harmadik hatványával. A szélesebességtől függő energiasűrűség értelmében egy hasznosító rendszer teljesítőképessége így a szélesebességen felül függ a levegő sűrűségétől; továbbá a térségi uralkodó széliránytól, a szélirány gyakoriságától, a szélesebesség-mérés magassági szintjétől, a szélesebesség napi, évi változékonyságától, a térség domborzati viszonyaitól stb.

A regionális, kistérségi helyi klimatikus sajátosságok, a hazai szélviszonyok mellett elsődleges fontossággal bírnak. A bemutatott térképek egyikén sem lehet szignifikánsan kijelölni.

Kijelenthető, hogy 4,5–8,5 m/sec sebességtartományban számos hely kijelölhető, ahol féléves-éves mérésekkel, megközelítő biztonsággal becsülhetők az éves átlagos széladatok, amelyek a termelési adatok számításához elengedhetetlenek.

A Közép-Dunántúli Régió szélerő adottságai a legkedvezőbbek Győr-Moson-Sopron megyével együtt. Az Alpok aljáról egész évben, azonos irányból és kellő sebességgel zúdulnak le a délnyugati irányú szelek, és még 50 m magasságban is eléri a szélerőmotorok működtetéséhez szükséges sebességet. Ezért nem véletlen, hogy a régióban először itt épült meg a Veszprém megyei tési szélenergia bázisú kiserőmű és folyik a nagyobb teljesítményű szélerő-telepek építése is.

A szélparkok által termelt villamos energia előállítási költsége az elmúlt években olyan szintre csökkent, hogy napjainkban már versenyképes számos hagyományos energiahordozóval. A szélerő meghatározásokhoz szükséges hazai szélesebesség-eloszlások mérési eredményeire – 50, 75 és 100 m magasságban – jelenleg aktuális értékeire a vonatkozó ábrák vonatkoznak.

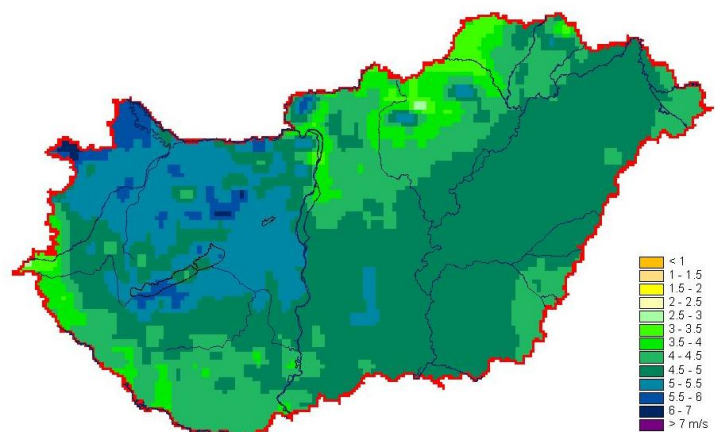


Nyári-téli szélirányok és szélsébségek területi megoszlása

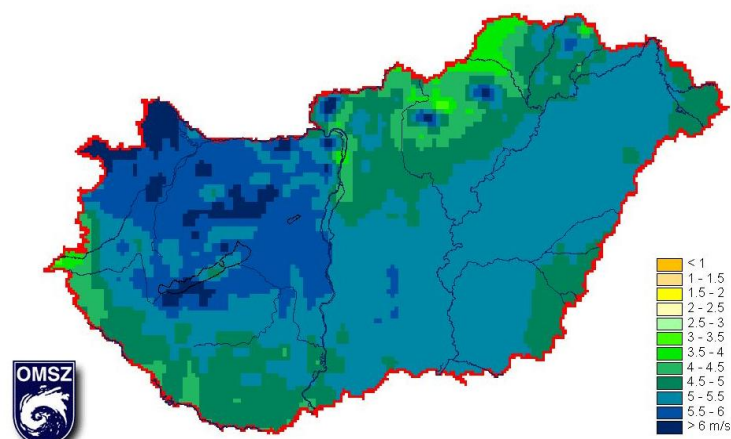
Potenciál kimutatások

Az MTA kutatások értelmében az ország területére vetített elméleti szélenergia-potenciál: 36.000 PJ/év nagyságot tesz ki ebből az átalakítható potenciál = 532 PJ/év (konverziós potenciál) már nagyságrendekkel kevesebb, azaz a mai ismert technológiákkal átalakítható volumen már belátható nagyságot tesz ki.

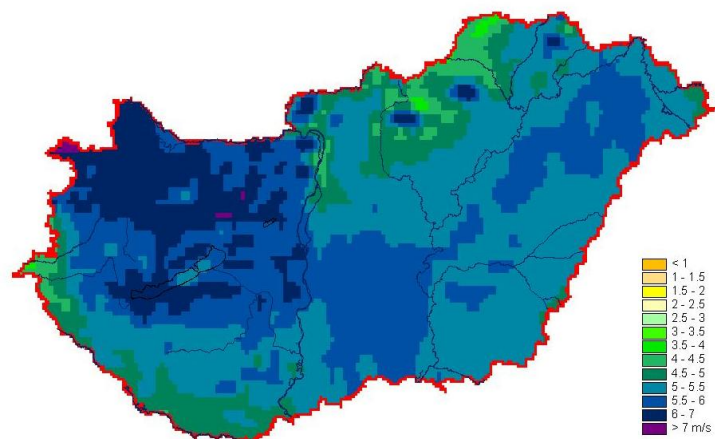
Tovább szűkítve, a betartandó védőzónákkal már az ország területének legfeljebb 7,7–7,8%-nyi területére szorítható a szélenergia hasznosítása, azaz a megkutatott megyék alapterületének több mint 90%-án nem lehetséges szél erőművek telepítése a jelenlegi szabályozások szerint. Ezzel országos szinten elméletileg mintegy max. 60–65.000 MW névleges teljesítményű szél erőmű telepíthető a dán módszerben alkalmazott mutatórendszer szerint számolva. A kelet-német tartományok első 10 éve alatt elért építésfejlesztési eredményeivel analóg helyzetet feltételezve, 2010-ig mintegy 1842 MW szél erőmű teljesítmény jöhetett volna lére és 2017-ig 3900 MW szél erőmű kapacitás, ezzel szemben a hazai nagytávú (2050-ig) ágazati prognózisban 525–532 PJ/év szerepel, illetve a technikailag megvalósítható, becsült potenciál mindössze: 60 PJ/év. Másrészt: az országos potenciális szélenergia 75 méteren: 204 PJ/év (Hunyár 2005), amelyből a hasznosítás egyelőre minimális (szél erőművi kapacitás: 176,9 MW/2009.04.07.).



$h = 50 \text{ m}$



$h = 75 \text{ m}$



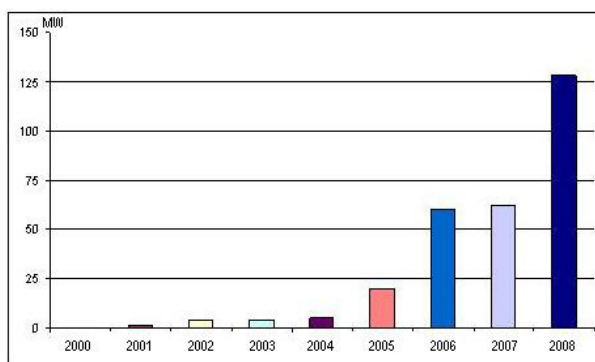
$h = 100 \text{ m}$

Magyarország szélesség-eloszlási térképei

Jelenlegi hasznosítások

Magyarország területén, 2010. 4. negyedévi adatok szerint, 155 üzembe helyezett szélörőmű működik, 295 MW-nyi összteljesítménnyel, további 34 MW kiépítése folyamatban van. A Magyar Energia Hivatal 330 MW szélörőmű-kapacitást engedélyezett, a 410 MW pótlólagos kapacitásra kiírt tender 2010-ben visszavonásra került. A parkok elsősorban a kisalföldi régióban lettek telepítve. Az újabb örőművek teljesítménye 1,5-3,0 MW. A szélörőművek

átlagos kihasználtsága az elmúlt években évi kb. 2 százalékponttal nőtt, így 2010. első felére elérte a 22%-ot.



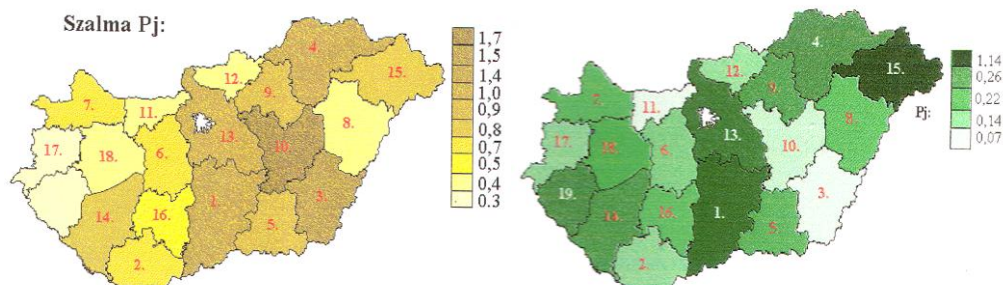
A szél erőmű fejlesztés megtorpant, elindult a KÁT revíziója

Magyarországon a szélenergia-adottságok kihasználása 2000-ben kezdődött az első szél erőmű megépülésével. Az utóbbi három évben vált igazán számottevővé a szélenergia-termelés; 2011 áprilisában már 329 MW volt a hazai szél turbinák beépített teljesítménye. A potenciálok térbeli megoszlásának megfelelően az északnyugati megyéknek kulcsszerepe van a hazai szélenergia-termelésben.

A biomassza elméleti potenciálja

Ebben a komplex rendszerben a biomassza egy értékes, megújuló, de kimeríthető primer energiaforrás, amely világviszonylatban a negyedik legelterjedtebb energiaforrás a szén, a kőolaj és a földgáz után és a jelenlegi energiafogyasztás 14%-át fedezi világátlagban. A mezőgazdasági eredetű energiaforrásokat megkülönböztetik, illetve osztályozzák: szilárd, folyékony bioüzemanyagok és biogáz szerint. Magyarország, kedvező mezőgazdasági adottságai szerint az átlagosnál nagyobb biomassza potenciállal rendelkezik. Az MTA által becsült 203 – max. 328 PJ/év átalakítható potenciál tekinthető a leginkább elfogadhatónak a szélsőséges változatok között, amelynek struktúráját is meghatározták.

A Közép-Dunántúli Régió megyéi a 2–6 PJ/év biomassza energiahordozót előállító területi kategóriába sorolhatók. A fás jellegű melléktermék potenciálban Veszprém megye vezet, a szalma, mint melléktermék Fejér megyében termelhető ki kedvező mértékben, akár 1,0 PJ/év volumennel.



A hasznosítható szalma energiatartalma megyénként

Fás jellegű melléktermékek területi leoszlása

Megyei kimutatás ismeretes a szőlő- és gyümölcsültetvények területi mennyiségi kitermelhető adataira, melyben Veszprém megye adottságai jónak minősíthetők és a faipar energiapotenciáljára.

Ha a várható igények és az élelmiszertermelésből konvertálható földterületek adta lehetőségek összevetése megtörténik, úgy arra a következtetésre lehet jutni, hogy a rendelkezésre álló területeket gondosan fel kell osztani az egyes termelési ágak között, ahhoz, hogy elégséges, illetve optimális legyen. A kidolgozott lehetséges változat, egy 2013. évre kijelölt – *visszafogottnak tekinthető* – célok eléréséhez szükséges földterületet határoz meg, amely egyfajta felosztásban, illetve optimális strukturális eloszlást követve biztosítja a következő táblázatban összeállított reálisan hasznosítható bioenergetikai potenciált.

Ennek a tanulmánynak a figyelembevételével Magyarországon mintegy 780 ezer ha földterületet célszerű energia-célnövénytermesztésre fenntartani, illetve biztosítani ahhoz, hogy évenként 196,0 PJ/év energiatartalmú biomassza felhasználható lehessen a különböző tervezett átalakító technológiák üzemvitelének biztosítására.

Miután az egyes régiók általában követik az országos folyamatokat, ugyanakkor éppen az adott régióban meglévő, vagy tervezhető fő felhasználási irányok sokkal pontosabban meghatározhatók, ezért a vázolt módszert volt célszerű átültetni a Közép-Dunántúli Régió előtervezési munkáiba.

A következőkben a meglévő és egy tervezett elérhető bioenergetikai potenciál értékeinek és összetételének meghatározása után elkészült annak vizsgálata is, hogy az egyes potenciálok hogyan illeszthetők a régió meglévő energiatermelési- és felhasználási struktúrájához, ezzel együtt a már meglévő és a tervezett fejlesztésekhez is.

A vizsgálatok eredményei szerint energia-célnövény termesztesre mintegy 90.800 ha területet célszerű biztosítani ahhoz, hogy a mintegy 31,4 PJ/év energiatartalmú primer energiahordozói potenciál mennyiségből a közel 20 PJ/év energiaszükségletet igénylő technológiák elláthatók lehessenek.

Energianövény-termesztés területfelhasználása a Közép-Dunántúli Régióban (2013)

		eha
Fás energetikai ültetvények		25700
Lágyszárú növények	szilárd energiahordozó céllal	10000
	biogáztermelési céllal	4000
Biodízel alapanyagok (vetésforgó nélkül)		13600
Bioetanol alapanyagok		37500
Összes szükséges terület		90800
A régió összes szántóterületének 14%-a		

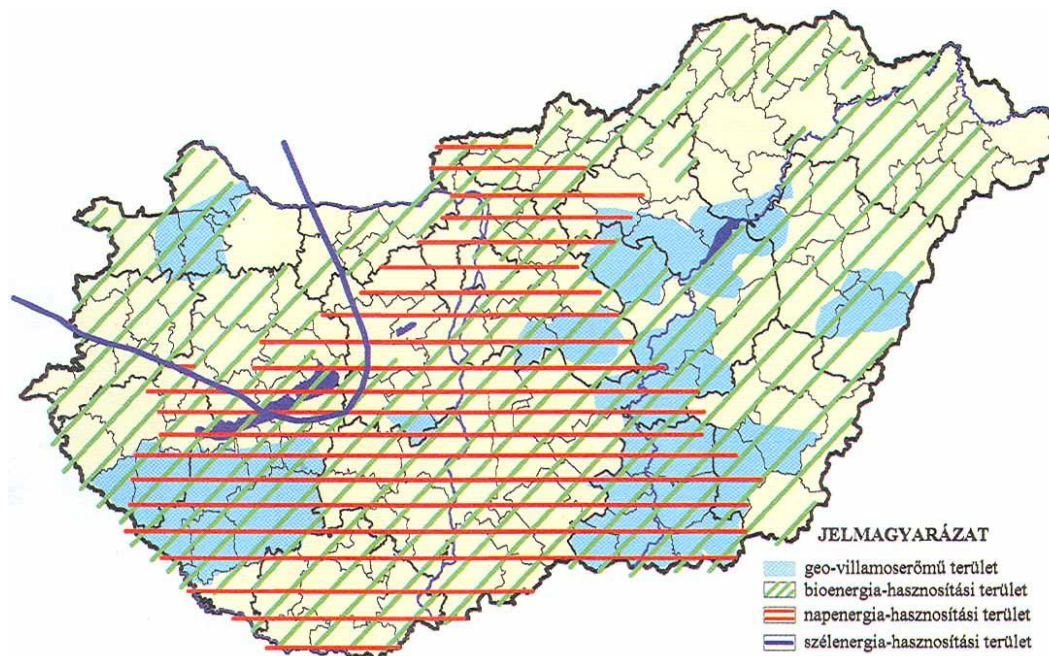
A Közép-Dunántúli Régió energetikai potenciálja

	et/év	PJ/év
--	--------------	--------------

Hagyományos erdőgazdálkodás termékei	540	5,5
Fafeldolgozás melléktermékei	85	1,1
Élelmiszer célú növények melléktermékei	1938	14,8
Másodlagos és harmadlagos biomassza	470	1,37
Kommunális zöld hulladék hasznosítható része	150	0,56
Fás energetikai ültetvények	360	3,98
Lágyszárú energetikai ültetvények	240	2,06
Biodízel alapanyagok	30	0,74
Bioetanol alapanyagok	225	2,26
Összes hasznosítható energiatartalom:		31,4

Az egyes energiatermelési módok számára elérhető potenciálok a Közép-Dunántúli Régióban (2013)

			PJ/év
Villamosenergia-termelés szilárd tüzelésű bioerőművekben, kogenerációban és anélkül			6,7
Csak hőtermelés az iparban, mezőgazdaságban, távhőszolgáltatásban, intézményeknél és háztartásokban			7,93
Biogáztermelés	másodlagos	420 et	0,8
	harmadlagos	50 et	0,6
	kommunális zöld	150 et	0,5
	biodízel és –etanol gyártásból	51 et	0,6
	termelt zöldanyag	120 et	0,5
Biodízel termelés (BD-re eső)			0,34
Bioetanol termelés (etanolra eső)			1,93
Összesen:			19,8



Megújuló energiaforrások hasznosítására javasolt területek