

Energetika a középiskolák számára

DOKTORI ÉRTEKEZÉS TÉZISEI

Gärtner István

Témavezető: Dr. Kiss Ádám
professzor emeritus

Fizika Doktori Iskola

Vezető: Dr. Gubicza Jenő egyetemi tanár

Fizika Tanítása Doktori Program

Vezető: Dr. Nguyen Quang Chinh egyetemi tanár



Eötvös Loránd Tudományegyetem

Természettudományi Kar

2022

DOI: 10.15476/ELTE.2022.107

Bevezetés

Doktori értekezésem alapjául a 2019-ben megírt, és azóta könyv formájában [1] is megjelent elektronikus jegyzetemben leírtakat használom fel. A dokumentum ismeretanyagának jelentős része Professzor Dr. Kiss Ádám az ELTE Fizika Doktori Iskola „Energiatermelés és környezet” előadásain elhangzottakból származik. Ebben a dolgozatban ezek az információk kiegészítésre kerülnek, egyrészt az azóta összegyűjtött és frissített adatokkal, illetve a témához kapcsolódó újabb ismeretekkel, másrészt olyan további információkkal, melyek elősegíthetik, hogy az energetika közelebb kerülhessen a középiskolás korosztályhoz is.

Közel négy évtizedes tanári tapasztalatom és a személyes meggyőződésem alapján is azt vallom, hogy az energetika témakörének ismerete is részét kell, hogy képezze az általános természettudományos műveltségnek. Úgy vélem, hogy a jövő nemzedékének a technika folyamatos fejlődése miatt még nagyobb szüksége lesz a helyes természettudományos szemléletre és az ezt megalapozó ismeretekre, mint a jelenleginek. Ebben a látásmódban az ehhez a területhez tartozó fogalmak pontos tudása és a kapcsolódó adatok helyes értelmezése is kulcsszerepet fog játszani.

Dolgozatomban egy általános energetikai ismertetés után bemutatom az energiafelhasználás történelmi hátterét, illetve a jelenlegi energiaellátó rendszer fontosabb adatait. Ebben egyesével részletezem a fosszilis, illetve a megújuló energiaforrások pillanatnyi szerepét, használatuk előnyeit és hátrányait. Külön fejezetben ismertetem a nukleáris energiának az energiatermelésben betöltött jelenlegi és jövőbeni lehetőségeit, kitérek a Paksi Atomerőműhez kapcsolódóan Magyarország helyzetére is. Az energiaellátás témájának lezárásaként a saját gondolataim és elképzeléseim alapján felvázolom az energiapolitika jövőképét.

A dolgozat befejező részében röviden kitérek azoknak a tapasztalatoknak a bemutatására is, melyeket feleségemmel, illetve esetenként diákjaim kíséretében akkor szereztünk meg, amikor energiatermeléshez kapcsolódó létesítményeket látogattunk meg. Összegzésként kifejtem, hogy a tapasztalatokat milyen módon kívánom felhasználni a tanári munkám során.

Célkitűzések

A dolgozat elsődleges célja, az eredetileg megírt jegyzet elképzeléséhez hasonlóan, az ismeretanyag átadása a diákok részére, de emellett fontos szempont az is, hogy az energetika témakörét mélyebben meg is értsék. Ennek érdekében az adott energiahordozókhöz, illetve a

velük történő energiatermeléshez kapcsolódó ismereteket, fizikai megközelítéssel kívánom bemutatni. Ettől, a jobb megértésen túl, azt várom, hogy a már meglevő, illetve a még fejlődő energetikai szemlélet pontos háttértudásra is támaszkodjon.

További cél annak elérése lenne, hogy az átadott, illetve az energiatermelő létesítmény esetleges látogatásával gyakorlatban is megszerzett ismeretanyag birtokában az érdeklődő diák viszonylag pontos számításokat is tudjon végezni. Mindezt azért látom szükségesnek, mivel kerülhet a tanuló felnőtt korában majd olyan helyzetbe, amikor egy-egy energetikához kapcsolódó kérdésben állást kell foglalnia, sőt esetleg döntést is kell hoznia, és ezt reálisan csak a megfelelő ismeretek birtokában teheti meg.

Tézisek

1. Az energia és az emberi társadalmak kapcsolata [1]

Bemutatom az energia ismert mértékegységeit, felhasználási területeit, illetve magát az energiafelhasználást néhány történelmi korban. A közölt adatok és az energiahordozókra vonatkozó alapegységek lehetővé teszik az összehasonlítást a későbbi részekben szereplő értékekkel.

Az energia alap mértékegysége és a kapcsolódó prefixumok nagy része is minden diák számára ismert, de a dolgozatban leírt további mértékegységek és a váltószámok már sokkal kevésbé. Ennek ellenére ezek bemutatására is szükség van, mivel a szakirodalomban, illetve a médiában is többször megjelennek, és így a diákok találkoznak is velük. Fontosnak tartom, hogy ismerjék a fosszilis energiahordozók egységnyi tömegre, illetve térfogatra vonatkoztatott energiatartalmát is, ezek ismerete segíthet a teljes energiatermelés, illetve az energiaelhasználás adatainak megértésében.

A Föld lakosságának ellátásához szükséges éves energia mennyiség emberi munkával, mechanikai úton nem termelhető meg. Ezt egy számolásos feladat segítségével bizonyítom, és egyben ráirányítom a figyelmet arra, hogy az energiafelhasználás a történelem során folyamatosan növekedett. Ez a mellékelt ábrán a különböző korokban nyomon követhető, jól látható a kapcsolat az energia felhasználás és társadalom pillanatnyi fejlettsége között, és felfedezhető az utolsó időszakban a növekedés erősödő üteme is.

2. A jelenlegi energiaellátás rendszere, jövője [1]

Megjelenítem a jelenlegi energiaellátási rendszer lényeges paramétereit, a Föld energiaháztartását és az ellátást biztosító fosszilis energiahordozók ebben betöltött szerepét. Kiemelem, és bizonyítékkal is alátámasztom a felhasználásukból adódó problémákat, és a várható következményeket.

Adatok segítségével megmutatom a világ teljes, illetve az egy főre vonatkozó energiafogyasztásának alakulását az elmúlt 40 évben. Összehasonlításokat végzek a három legnagyobb energiafogyasztó ország, valamint plusz érdekességként Magyarország, és a világtárlag között, felhívva a figyelmet a kimagaslóan nagy eltérésekre.

A Föld energiája három tényezőnek köszönhető, melyek a napsugárzásból, a Föld geotermikus energiájából, és a Föld-Hold gravitációs kölcsönhatásból származnak, közülük a Nap által időegység alatt átadott energia a domináns. Mivel a Nap energiája az emberiség számára alig kiaknázható, jelenleg csak egy töredéke hasznosítható az energiatermelésében, így a szükséges energia több mint 4/5 részét ásványi energiahordozók segítségével kell biztosítani. Ezeket egyesével részletesen bemutatom, ismertetem készletük valószínűsíthető értékeit, energiataralmukat, és a területi elhelyezkedésüket a Földön.

Kitérek a felhasználásukból adódó, elsősorban a környezetszennyezéssel kapcsolatos problémákra is, melyet bizonyítékkal is alátámasztok, és megadom ennek értelmezését is. A fenti ok miatt valószínűsíthető klímaváltozás lehetséges következményei közül felhívom a figyelmet azokra, amelyek a Földön már megvalósultak. Megemlítek olyan további kérdéseket is, melyek nem a környezetszennyezéshez kapcsolódnak és további aggályként felléphetnek.

3. Az energiatakarékosság kérdése [1]

A „Túlfogyasztás Napja” az adott naptári évnek az a napja, amikor az emberiség elfogyasztja azt a természeti erőforrás mennyiséget, amit a Föld egy év alatt regenerálni képes. Megmutatom, hogy ez a nap a naptárban évente egyre korábbi időpontra esik, ennek kapcsán konkrét ötletekkel hívom fel a figyelmet az energiatakarékosság szükségességére.

Fizikatanárként céлом, hogy diákjaim pontosan megértsék az energiatakarékosság jelentőségét és szükségességét, ezért felhívom a figyelmet a „Túlfogyasztás Napja”-ra, illetve ennek az adott évi naptárakban egyre hamarabb történő bekövetkezésére.

A társadalom energiaigényét három tényező határozza meg, a társadalomban élő emberek száma, a társadalom szociális állapota, illetve ennek gazdasági és technikai fejlettsége. Az energiatakarékosság akkor tud megvalósulni, ha a tényezők változása ezt megengedi. A három közül ez leginkább a gazdasági és technikai fejlettség növekedése esetében realizálódhat. Részletezve mutatom be azokat a területeket, ahol véleményem szerint jelentős energiatakarékosság érhető el, ez az egyes esetekben vagy a hatásfok növelésében, vagy a hatékony termelés kiszélesítésében tud megnyilvánulni. Kihangsúlyozom azt is, hogy a fizikatanárnak kiemelt szerep jut az energiatakarékosság kérdésének a diákok felé történő közvetítésében. Fontos feladatának jelölöm meg az ismeretek pontos és hiteles átadása mellett, hogy diákokat rávegyen arra is, hogy hogyan kell a médiában előforduló, energiatakarékosságra vonatkozó elképzeléseket helyesen értékelni.

4. Megújuló energiák [1]

A megújuló energiaforrásoknak olyan energiaforrásokat tekintünk, melyek a történelmi időskálán belül (≈ 10.000 év) képesek folyamatosan pótlódni. Egy általános jellemzés után részletesen bemutatom a napenergia közvetlen, illetve közvetett felhasználásából származó energiatermelést, valamint kiegészítem ezeket az árapály jelenség, és a geotermikus energia alkalmazásából adódó energiatermelési módokkal.

A megújuló energiaforrásokkal történő energiatermelés alkalmas a fosszilis energiahordozók egy részének kiváltására, de nem kerülhető meg a velük kapcsolatosan is fellépő gondok megemlítése. Ezek közül a legjelentősebb az alacsony energiasűrűség, de nem elhanyagolható a ma még megoldatlan energiátárolás problémája sem. Fontos szempont továbbá a gazdaságosság kérdése, valamint a társadalom tagjainak a változásra vonatkozó befogadó készségének elemzése is. Ezekhez társulnak még azok a környezettel összefüggő problémák, melyek valamilyen szinten mindegyik megújuló energiaforrás alkalmazásakor fellépnek. Ezek megjelenhetnek az élővilágba való közvetlen beavatkozás területén, vagy a környezet esztétikai átalakítása okán, de akár a felhasznált anyagoknak az energiatermelő berendezések leszerelésekor történő végső hulladékkezelése miatt is.

A napenergia közvetlen felhasználása témakörénél bemutatom azt a három lehetőséget, amelyekkel ilyen módon tudunk energiát „termelni”. A működés fizikai hátterének ismertetése mellett, mindhárom esetben elemzésre kerülnek az előnyök, illetve a hátrányok. Adataikkal együtt nevezek meg példákat is ezekre a jelenleg üzemelő berendezésekre, és

összehasonlításképpen megteszem mindezt Magyarország vonatkozásában is. Külön ismertetem a magyarországi pillanatnyi lehetőségeket, illetve a jövőben terveket, és ezek várható részvételét hazánk energiatermelésében.

A napenergia közvetett felhasználása részben külön-külön tárgyalom a víz, a szél, a biotömeg és a hullámenergia, mint megújuló energiaforrások szerepét. Mindegyiknél megvizsgálom a létesítés lehetőségeit, illetve ennek gazdaságosságát világszinten, és a hullámenergia kivételével Magyarország esetében is. Egyesével mutatom be az előnyöket és a hátrányokat, valamint Magyarországnál ezeknek az ország teljes energiatermelésre vonatkoztatott jelenlegi, illetve jövőbeni várható részarányát is.

A megújuló energiák közé tartozó árapály energia ugyan Magyarország energiatermelésében nem játszik szerepet, de egy általános ismertető, a fizikai háttér megadása és a Földön megtalálható néhány érdekes megvalósítás erejéig, ebben a dolgozatban is ismertetésre kerül. Szintén a megújulók közé tartozik a geotermikus energia, mely az árapály energiához hasonlóan részét képezi a Föld energiaháztartásának. Hasznosítása kétféleképpen történik, elektromos energia előállítása, vagy a hőenergia felhasználása formájában. Részletesen bemutatom mindkét módon történő energiatermelést, és kiemelem az erre vonatkozó, Magyarországon már működő, illetve a hamarosan elinduló gyakorlati alkalmazásokat. Külön részben kitérek a „kisléptékű” felhasználás, a „geotermikus” hőszivattyú alkalmazására, majd a témakör lezárásaként ismertetem a geotermikus energia felhasználásával kapcsolatos előnyöket, illetve a hátrányokat.

5. Nukleáris energia [1]

A nukleáris szó jelentése az atommaghoz kapcsolódik, a nukleáris energia olyan energiát feltételez, amely az atommag átalakításából származik. Két fajtája van, a maghasadás és a magfúzió, a hasadás egy nagyobb atommag több kisebb magra bomlását, a fúzió több kisebb atommag egy nagyobbá egyesülését jelenti. Mindkét lehetőséget részletesen ismertetem, és a maghasadáshoz kapcsolódóan bemutatom Magyarország működő atomerőművét is.

A maghasadás jelenségét Otto Hahn és Friedrich Strassman német fizikusok ismerték fel 1939-ben. A felfedezést követő években ennek az ismeretnek a felhasználása sajnos csak az atomfegyverek készítésére korlátozódott, a békés célú felhasználás, ami az energiatermelésben nyilvánult meg, csak a II. világháború befejezése után kezdődött el.

Ábrák segítségével és kiegészítő magyarázatok hozzáfűzésével teszem érthetővé a maghasadás jelenségét, itt olyan fogalmak is bevezetésre kerülnek az értekezésben, melyeket a középiskolás tankönyvek nem tartalmaznak. A jelenség értelmezése után az energiatermelés magyarázatát adom meg, itt ismét egy olyan fogalom (a „késő neutron”) kerül bemutatásra, mely bár kimaradt a középiskolás tananyagból, de a megértést nagymértékben segíti, ezért szükségesnek tartom.

Az energiatermelés folyamatához szorosan hozzátartozik a teljes nukleáris fűtőanyagciklus vizsgálata, ennek érdekében minden energiatermeléssel kapcsolatos lépést egyesével végigelemzek. Kitérek azokra a pontokra is, melyek manapság a társadalomban a nukleáris vita tárgyát képezik.

A maghasadás témakörének befejezéseként bemutatom a Paksi Atomerőművet, ismertetem a történetét, a jelenlegi működését és a jövőjére vonatkozó terveket. Felhívom a figyelmet arra az általam fontosnak tartott álláspontra is, hogy a középiskolás diákok számára a fizikatanárnak kell megadni a hiteles tájékoztatást a paksi atomerőmű bővítésével kapcsolatos előnyökről, illetve hátrányokról.

Külön fejezetként kerül ismertetésre a magfúzió jelenségének leírása, melyben a fizikai háttér rövid bemutatása mellett vázolólok fel ezt a hasadáshoz képest kedvezőbbnek számító energiatermelési módot.

6. Az energiapolitika jövője [1]

Látható, hogy az emberiség biztonságos és folyamatos energiaellátása a társadalom működése szempontjából létkérdéssé vált, nélküle a működés a jövőben fenntarthatatlan lesz. A társadalomnak fel kell ismernie azokat a jelenlegi tényeket, illetve a jelenre, valamint a jövőre vonatkozó szükséges teendőket, amelyek ezt biztosítani tudják. Megmutatom, hogy álláspontom szerint melyek a jelenlegi tények és mik a jövőbeni teendők.

A tények között említem meg a fosszilis energiahordozók véges mennyiségét, a megújuló energiaforrásoknak a teljes energiatermelésben való korlátozott mértékű részvételét, a növekvő energiaigény miatt fellépő gazdasági és társadalmi feszültségeket és a politikai rendszerek rövid távú gondolkodását.

A teendők közé sorolom az energetika kérdésében hosszú távú döntések meghozatalára képes szervezeti formák kialakítását, az energetikai kutatások támogatását és a teljes társadalom számára történő reális ismeretterjesztés megvalósulását. Külön kiemelem a középiskolai

természettudományos tantárgyat tanító tanárok felelősségét, nekik kell biztosítani a középiskolás korosztálynak az energetika témaköréből a hiteles és pontos információkat, illetve a korrekt, fizikai háttérrel is megalapozott magyarázatokat.

7. Energiatermelő létesítmények látogatásainak tapasztalatai, és ezek beépítése a tanítási órákba [2],[3]

Az értekezés végén az energiatermelő létesítményekben tett látogatásaim tapasztalatairól és ezeknek a tanításban történő felhasználásáról adok rövid összefoglalót. Lezárásként megjelölöm azt a célt, amit az elkövetkező években diákjaim energetika témaköréhez kapcsolódó szemléletformálásában elérni kívánok.

Fizikatanárként is, de az ilyen jellegű érdeklődésem miatt is, fontosnak tartom, hogy én is teljesen otthon legyek az energetikában. Ennek érdekében az elmúlt években több alkalommal is jártam a Paksi Atomerőműben, az innen beszerzett információkat mind a saját, mind a diákjaim tudásának bővítésére felhasználom. A nukleáris energia mellett természetesen más, például a megújuló energiaforráson alapuló energiatermelő létesítmények is érdekelnek, több vízerőművet, szélenerőművet is felkerestem az utóbbi néhány évben. Terveim szerint az idei, illetve a következő évben diákjaim kíséretében naperőmű, illetve geotermikus erőmű meglátogatására is sor fog kerülni.

Az összegyűjtött tapasztalatok tanóráimba történő beépítésének kettős célja van. Az egyik természetesen magának az ismeretanyagának az átadása, mivel az információknak, illetve néhány adatnak az ismeretét szükségesnek tartom egy középiskolát végzett tanulónak. A másik cél az lenne, hogy az érdeklődő diák a kapott adatok alapján meg tudja becsülni, és így össze is tudja hasonlítani, hogy a gazdaságossági és a társadalmi szempontok figyelembe vételével is, mely energiatermelési módok lehetnek kedvezőek, és melyeket nem éri meg a jövőben Magyarországon hosszabb távon működtetni.

A középiskolai fizikatanítás lezárásaként minden általam tanított 11. évfolyamos diákkal a tanév utolsó fizika óráján megíratom az értekezés bevezetőjében megemlített és a függelékében bemutatott „Energiateszt” felmérést, melynek kérdései teljesen az energetika témaköréhez kapcsolódnak. Ennek megbeszélése és kiértékelése során arra is lehetőség nyílik, hogy a tanulók fejében levő, a környezetükből származó téves információkat, esetleges félremagyarázásokat fizikatanárként tisztázzak, és a megfelelő módon a helyére tegyem.

Összegzés

Az értekezésben az információközlés mellett a szemléletformálás, illetve a reális, a tudáson alapuló látásmód kialakulásának elősegítése is feladatként jelenik meg. Őszintén remélem, hogy az itt leírt, energetikához kapcsolódó bemutatások, a kiegészítő adatok és a hagyományos középiskolai tananyagtól való eltérések, mint érdekességek hozzásegítenek engem ahhoz, hogy ezt a feladatot sikerüljön lehetőleg minél jobb hatásfokkal megvalósítani. Ez lenne a végcél!

A tézisek alapjául szolgáló publikációk

1. Gärtner István: Energetika a középiskolák számára, ELTE Fizika Doktori Iskola 2021
<http://fiztan.phd.elte.hu/files/kiadvanyok/Energetika.pdf>
2. I. Gärtner: Energy supply only with renewables? Why does Hungary need to extend its nuclear power capacity? *IoP Journal of Physics: Conf. Series GIREP 2019* **1929** (2021) 012078, doi:10.1088/1742-6596/1929/1/012078
http://fiztan.phd.elte.hu/english/student/energy_supply.pdf
3. Dr. Juhász András – Nagy Péter: Mit tudnak középiskolások az energiáról? – Egy felmérés eredményei, Természettudomány Tanítása Korszerűen és Vonzóan – Konferencia Kiadvány (Budapest 2011) – 354-363 o.

A tézisekhez közvetlenül nem kapcsolódó publikáció

4. I. Gärtner: A few years experience of energy consumption of a high school in Budapest, *Int. Conf. Teaching Physics Innovatively, ed T Tél and A Király (Budapest: Graduate Sch. for Physics, Eötvös Univ., 2015) pp 137–142*
<http://csodafizika.hu/fiztan/letolt/konfketet2015.pdf>

Konferencia előadások, kísérleti bemutató

5. I. Gärtner: A few years experience of energy consumption of a high school in Budapest, *Int. Conf. Teaching Physics Innovatively ed. T. Tél and A. Király (Budapest: Graduate Sch. for Physics, Eötvös Univ., 2015)*
6. I. Gärtner: Energy supply only with renewables? Why does Hungary need to extend its nuclear power capacity? *Int. Conf. GIREP-ICPE-EPEC-MPTL 2019 Budapest*
7. Gärtner István: Elektrosztatika a mindennapokban - kísérleti bemutató, Kutatók Éjszakája, Budapest, 2016.09.30. ISBN 978-963-12-6672-6

Konferencia poszter

8. I. Gärtner: A few years experience of energy consumption of a high school in Budapest, *Conf. Multimedia in Physics Teaching and Learning (Munich, Ludwig Maximilian Univ., 2015)*