

Henrik Lund

Megújuló alapú energiarendszerek

Sáfián Fanni könyvismertetése*

„*Hogyan hozhatunk létre egy megújuló energiaforrásokon alapuló társadalmat?*” – a könyv első mondatában feltett kérdésre látszólag egyszerű a válasz: a megújuló alapú technológiák használatának elterjesztésével. Ha azonban a felszínt megkapargatjuk, és a technológiai szempontok mellett a társadalmi, gazdasági és politikai jelenségeket is megfigyeljük, bonyolultabb helyzettel találjuk szembe magunkat. Egy olyan feszült szituációt láthatunk körvonalazódni, ahol a fenntartható energiagazdaság érdekeit képviselő társadalmi szereplők – civilek, kutatók, megújuló alapú technológiákkal foglalkozó kisvállalkozások – néznek farkasszemet a jelenlegi energiaipar érdekeit képviselő cégóriásokkal, az azt kiszolgáló intézményrendszerrel és politikával. A mérkőzés egyelőre el sem kezdődhet, hiszen az erőviszonyok egyértelműek: a megújulókat képviselőket a pályára nem, csak a kispadig engedik.

Erre a látszólag kilátástalan, ám legtöbbször nem is tudatosult helyzetre kínál elméleti és gyakorlati energiatervezési megoldásokat Henrik Lund, a dán Aalborgi Egyetem professzora. A célhoz vezető stratégiáit nemcsak tudományosan nemzetközileg elismert, hanem társadalmilag is aktív alternatív energetikai kutatócsoportjának tapasztalatai alapján, tudományos igényességgel állította össze. Bár Dánia kétségtelenül kedvező természeti adottságokkal és társadalmi hagyományokkal rendelkezik, a megújuló technológiák felhasználásában és értékesítésében elért vezető szerepe, valamint a fenntartható energiagazdálkodásban tett előremutató lépései nem következnek ebből. Mindezek megvalósulása nem elhanyagolható mértékben ennek a kutatócsoportnak, azaz az általuk végzett kutatói, stratégiaalkotó munkának, annak népszerűsítésének és a helyi és országos energetikai közügyekben való érvényesítésének köszönhető.

A könyv, amely a professzor nagydoktori disszertációján, illetve szakcikkein alapuló, de kerek egészé szerkesztett írás, egyelőre csak angol eredetiben elérhető. Nyelvezete nem bonyolult, csupán egyes fejezeteiben mélyed bele az energetikai és technológiai részletekbe (ám bonyolult képletekkel itt sem fogunk találkozni). Stílusa tárgyilagos, tudományos igényű. Apró kellemetlenséget okozhat, hogy

* Sáfián Fanni az Eötvös Loránd Tudományegyetem Földtudományi Doktori Iskolájának hallgatója, a Környezet- és Tájföldrajzi Tanszéken működő *Erre van előre!* kutatócsoport tagja és az Energiaklub szakértője.

mivel több fejezet a szerző szócikkeinek kisebb átalakítással való beemelésére épült, egyes témakörök, magyarázatok többször újra előbukkannak. Az első kiadás 2010-ben, a második, átdolgozott és bővített kiadás 2014 májusában jelent meg (az ismertető az utóbbit mutatja be).

A könyvben foglaltak ismertetése előtt, hogy a leírtak történeti hátterét és kulturális eredetét árnyaltabban lássuk, mindenképpen hasznos röviden áttekinteni Dánia energiagazdálkodásának történetét – és így gondolkozhatott Lund professzor is, hiszen bevezetését Dánia példájával folytatja (1–2. o.). Az ország sikertörténete és bejárt fejlődési pályája ugyanis nem volt olyan magától értetődő, mint ahogy azt elsőre gondolnánk. 1973-ban az első kőolajválság idején Dánia hihetetlenül kiszolgáltatott és a lehető legrosszabb energetikai helyzetben lévő ország volt: teljes primer energiaellátásának – beleértve a közlekedés, lakossági fűtés, áramtermelés üzemanyagát – több mint 90%-a kőolaj alapú volt, melyet ráadásul nagyrészt importból fedeztek. A hirtelen árváltozások teljesen felkészületlenül érték az országot, ahol eddig az igényekre alapozott, valódi stratégia nélküli, a meglévő trendeken nyugvó tervezés volt jellemző. Az akkori vezetés új energiastratégiája pedig egyáltalán nem volt korszakalkotónak nevezhető: az energiaigények exponenciális növekedését vetítették előre, melyet a meglévő olajtüzelésű erőművek mellett új szén-, gáz- és atomerőművekkel terveztek fedezni. Válaszul már a hetvenes években megjelentek az első alternatív energiastratégiák, melyek az energiatakarékossági intézkedések, kapcsolt erőművek és megújuló energiaforrások energetikai és társadalmi-gazdasági előnyei mellett érveltek. Annak köszönhetően, hogy több mint harminc éven át kitartóan és szisztematikusan mutatták be és kommunikálták a lehetséges és jól megalapozott alternatívákat a döntéshozók és a közvélemény felé, lassan ugyan, de sikerült teljes irányváltást elérniük a dán energiagazdálkodásban. Talán a legnagyobb eredménynek az tekinthető, hogy harminc év alatt mindvégig sikerült az 1972-es szinten tartani az ország összes energiafogyasztását – miközben Dániában a nyugati országokéhoz hasonló, jelentős gazdasági fejlődés zajlott. Az olajfogyasztás felét más energiahordozókkal váltották ki, a szigeteléseknek és a kisméretű kapcsolt erőműveknek köszönhetően pedig a hőtermeléshez szükséges energiahordozók mennyiségét a kétharmadára szorították vissza, miközben az összes fűtött alapterület másfélszeresére nőtt. A megújuló energiaforrások, illetve technológiák jelentősége pedig elsődleges lett Dániában az energiatermelés és a gazdaság szempontjából egyaránt.

A fenti, küzdelmes, de eredményes „dán út” legfontosabb és leghasznosabb tanulságait, útmutatásait gyűjti össze a könyv. Struktú-

rája szinte élményszerűen logikus, jól áttekinthető, melyet a könyv felépítését bemutató külön fejezet (3–5. o.) is segít megérteni. A bevezetés utáni második nagy fejezet részletesen ismerteti a tudatos választás (Choice Awareness) elméletét, mely azt vizsgálja, hogy miért és hogyan kendőzik el legtöbbször a társadalom elől a legjobb alternatívákat mint döntési lehetőségeket, és mit lehet ez ellen tenni. A harmadik, módszertani fejezet ennek gyakorlati stratégiáit mutatja be a megújuló alapú energiarendszerek megvalósításának érdekében. Ehhez a negyedik fejezetben Lund professzor bemutatja a kutatócsoportja által kifejlesztett számítógépes energia-modellező eszközt (EnergyPLAN) és használatát, az ötödikben javaslatokat nyújt a megújuló alapú energiarendszer-modellek vizsgálatához és optimalizálásához, a hatodikban az okos rendszerek kerülnek fókuszba, a hetedikben pedig öt, már megvalósult alkalmazást – azaz tervezési folyamatot és eredményt – mutat be. Végül a könyv utolsó harmada dán és nemzetközi példákon, esettanulmányokon keresztül szemlélteti a tudatos választás elméletének jelenlétét számos „problémás” erőmű-építési, energiatervezési ügy kapcsán.

A bevezetésben találjuk meg a legfontosabb fogalmak – megújuló energiaforrások, tudatos választás elmélete stb. – rövid magyarázatát, melyeket később még részletesebben is kifejti a szerző. Érdekes azonban kiemelni a dán atomenergia történetét, melyről a bevezetés egy külön alfejezetében, „*Megújuló energia és demokrácia*” címmel olvashatunk (12. o.).

Talán nem is az az érdekes, hogy az 1970-es évek atomenergia-ellenes mozgalmának eredményeképpen végül 1985-ben törvényt hozott a dán parlament arról, hogy nem kívánnak nukleáris energiát használni Dániában. Ennél sokkal izgalmasabb, hogy ezt milyen indokokkal tették: a dán lakossági ellenállás alapja ugyanis nem elsősorban az atomerőművek biztonsági kockázata vagy magas beruházási költsége volt. A fő problémák és félelmek a demokráciával, a helyi közösségek életfeltételeivel és a helyi tulajdonú energiatermeléssel függtek össze. Ha az erőművek működtetése egy nagy cég kezében lesz, hogyan lesz a helyi közösségeknek beleszólása az erőmű működtetésébe? Hogyan oldják meg a hulladékok szállítását és elhelyezését anélkül, hogy az befolyással lenne a lakosok életminőségére? A dán lakosok arra jutottak: úgy érdemes élni, hogy legyen beleszólásuk a számukra releváns ügyekbe, és legyen lehetőségük alakítani az őket érintő helyi vagy országos döntéseket. Ezért a megfelelő demokratikus infrastruktúra mellett döntöttek, amely a lehetőleg helyi eredetű és tulajdonú, megújuló energiaforrásokon alapuló energiatermelési technológiákat jelenti.

A tudatos választás elmélete adja a könyv gondolati keretét, ez a kiindulópontja a megújuló alapú energiarendszerek tervezésének, mint alternatíva létrehozásának is. Az elmélet elsősorban azzal foglalkozik, hogy hogyan lehet megvalósítani a radikális technológiai változtatást. A radikális technológiai változtatás azt a folyamatot jelenti, amikor egy adott, a társadalom életében alapvető szerepet játszó technológia legalább egy dimenziója megváltozik, melyet a többi dimenzió megváltozása követ. Ezek a dimenziók a technika, a tudás, a termékek, a szervezetek és a profit. A fosszilis alapú technológiákról megújuló alapú technológiákra való átállás is egy ilyen folyamat, ahol tehát nemcsak az alkalmazott fizikai termékeknek, technikáknak van fontos szerepe, hanem például az őket képviselő szervezeteknek, intézményrendszernek is.

A tudatos választás elmélete azt mondja ki, hogy a meglévő szervezetek – érdekeik és valóság-felfogásuk következtében – befolyásolják a társadalom által érzékelt választási lehetőségeket. Annak érdekében, hogy ne veszítsék el meglévő hatalmukat és befolyásukat, szisztematikusan igyekeznek elkendőzni az alternatívákat és a radikális technológiai váltás lehetőségét, hogy pozíciójukat hosszú távon biztosítsák. Ezek a folyamatok vezetnek azokhoz a helyzetekhez, ahol a társadalom úgynevezett hamis választási lehetőség elé van állítva: *„Nincs más választásunk!”* *„Vagy ez az erőmű, vagy semmi!”* *„Ennek az erőműnek nincs alternatívája.”* A tudatos döntés elmélete azonban kimondja: ez a helyzet nem igaz. Mindig van választásunk. A feladat tehát az, hogy a társadalomban tudatosuljon ez a szituáció, megtalálja a számára legmegfelelőbb alternatívákat, és azokat mérlegelve a számára ideális jövőképet lehetővé tevő, valódi döntést hozzon.

A szerző, hogy segítsen az adott helyzet tudatosításában és felismerésében, részletesen kifejti a meglévő szervezetek által ilyenkor alkalmazott stratégiákat – számunkra talán meglepő, de többségében az utóbbi 2-3 évtized dán példái alapján. Olvashatunk történeteket arról, hogyan „felejtették ki” a megújuló alternatívákat a helyi stratégiákból vagy megvalósíthatósági összehasonlító vizsgálatokból. És amikor az egyetemi kutatócsoport civilekkel összefogva benyújtotta ezeket az adott helyi önkormányzatnak – a többi alternatívához képest a lehető legjobb eredményekkel –, hogyan söpörték félre azt, olyan átlátszó kifogásokra hivatkozva, mint például a nem megfelelő egyetemi levélpapír-fejléc. Az alternatív technológiáknak a társadalmi és szakmai vitákból, a döntések előkészítéséből való kihagyása, relevanciájuk megkérdőjelezése, illetve a megvalósíthatósági tanulmányok olyan módon való kivitelezése, hogy ezen alternatívák hátrány-

ba kerüljenek, mind a meglévő szervezetek és intézményi struktúra önvédelmi stratégiáihoz tartoznak.

A választás tudatosságának növelése rendkívül fontos lépés ahhoz, hogy a társadalom ne a meglévő domináns gazdasági szereplők által kínált kényszerpályákon mozogjon. Ennek elkerülése érdekében többféle stratégia is megvalósítható, a lényeg azonban, hogy egyes társadalmi szereplők – civilek, civil szervezetek, kis cégek vagy politikusok – jól kidolgozott, konkrét technológiai alternatívákat fejlesszenek ki, népszerűsítsenek és elemezzenek a szervezeti, szabályozási alternatívák figyelembevételével. Ezek a lépések meghozhatják azokat az intézményi változásokat, amelyek lehetővé teszik, hogy a társadalom releváns alternatívák közül válasszon. Ez természetesen – Dánia példáját is látva – hosszú és konfliktusokkal teli folyamat, ahol a szerző tanácsa szerint *„nem fontos minden csatát megnyerni, de a háborút mindenképpen meg kell”* (32. o.).

Az elméleti háttér után megismerkedhetünk a tudatos választásokat lehetővé tevő gyakorlati módszertannal. Az első lépés legalább egy technológiai alternatíva kidolgozása, amellyel valódi választási lehetőséget adhatunk a társadalomnak, és így a diskurzus a *„Nincs más választásunk!”*-tól a *„Melyik alternatív forgatókönyvet választuk?”* felé tolódik el. A meglévő alternatívákat az ellenérdekeltek természetesen igyekeznek majd lesöpörni az asztalról: féligazságokkal, irreleváns kontextusba vagy idődimenzióba emeléssel, illetve egyenlőtlen összehasonlításokkal. Lund professzor a sok általa készített alternatíva és azok fogadtatása alapján javaslatokat is tesz, hogy ezek az ellenérvek minél inkább kivédhetőek legyenek. A technológiai alternatívákon kívül elengedhetetlen megvalósíthatósági tanulmányokat is készíteni, melyekben a társadalmi, környezeti és gazdasági költségeknek is szerepelniük kell, illetve érdemes megvizsgálni a szükséges intézményi változtatásokat is. Érzékenységi vizsgálatok és a szabályozási háttér átalakítási javaslata tovább erősíthetik az alternatíva elfogadottságát és megkerülhetetlenségét.

A szerző külön kiemelte a demokratikus infrastruktúra vizsgálatának szükségességét is. Amíg a demokratikus intézményrendszer a meglévő technológiák kiszolgálására épül, és csak gyenge érdekérvényesítést tesz lehetővé az új alternatívák számára, nagyon lassú változásokra lehet számítani. Érdekesség, hogy 1995-ben egy dán kutatócsoport megvizsgálta a dán intézményrendszert ebből a szempontból, és azt találták, hogy a hatóságok a hagyományos technológiákat részesítették előnyben, és folyton nehézségeket állítottak az alternatívák képviselői elé. A fontos döntéseket zárt ajtók mögött hozták meg, és csak utólag értesítették a közvéleményt, amely még jogi úton is nehezen tudott hozzáférni a jegyzőkönyvekhez, vagy bár-

milyen releváns információhoz. A kutatócsoport így elavultnak nevezte ezt a szervezeti felépítést és módszertant, és javasolták, hogy lehetőleg minden döntési szinten részt vehessenek az alternatív technológiák küldöttei. Ezen intézményi átalakulások mindenképpen kulcsfontosságú tényezőket jelentenek a többi stratégia hatékony megvalósításának érdekében.

Az elmélet és a célok tehát már ismertek, már csak egy eszközzel lenne szükség, melynek segítségével egy konkrét technológiai alternatíva megfelelő részletességgel kidolgozhatóvá válik. Ez az eszköz pedig a negyedik fejezetben bemutatott EnergyPLAN nevű szoftver, melyet Henrik Lund kutatócsoportjával 1999 óta fejleszt folyamatosan az Aalborgi Egyetemen. Ezzel az egyszerű és gyors szoftverrel lehetőségessé válik alternatív technológiai jövőképek modellezése, szimulációja és optimalizációja technológiai vagy piaci szempontok alapján. A modell egy teljes, országos vagy regionális szintű energiarendszert vizsgál, tehát a villamos energia, hő és üzemanyag termelésének és fogyasztásának alakulását a gazdaság minden ágában (lakosság, ipar, mezőgazdaság, szolgáltatás, közlekedés). A modellel egy év szimulációját tudjuk lefuttatni és megtekinteni órára vonatkozó felbontásban. Ez lehetővé teszi akár 100% megújuló alapú rendszerek vizsgálatát is abból a szempontból, hogy adott időjárási körülmények esetén is megoldható-e az igények teljes körű kielégítése. A szoftver használatával tehát lehetővé válik az időszakosan rendelkezésre álló megújuló energiaforrások megfelelő léptékű vizsgálata, megvalósíthatósági tanulmányokhoz szükséges adatok kinyerése és az eredmények kommunikációja. A szoftver ráadásul optimalizálja is a modellezett energiarendszer működését, melyet tovább lehet finomítani különböző rendszerirányítási szabályozók megadásával. A fejezet részletesen bemutatja a program jellemzőit, áttekintést nyújt a hasonló, energiatervezéshez és -modellezéshez használható szoftvekről, valamint végigvezeti az olvasót a modell használatán a referencia-modell építésétől az alternatívák kidolgozásáig.

A nagy arányban megújuló energiaforrásokra alapozott modellek kidolgozásához és vizsgálatához a (főként nemzetközi szakfolyóiratcikkek átdolgozásából álló) ötödik fejezet ad tudományos igényességű, műszaki megközelítésű leírást és segítséget. Ennek egyik fő eszköze a modell segítségével készíthető ún. villamosenergia-többlettermelés görbe, amelyet különböző megújuló energiaforrások esetén készíthetünk el adott alternatív energiamodellek esetében. Ezek a görbék megmutatják, milyen mértékben sikerült a rendszerbe integrálni az adott megújuló technológiákat. Megtudhatjuk például, hogy adott méretű szélturbina-kapacitás mennyi villamos energiát képes egy év alatt termelni az általunk modellezett energiarendszerben, ab-

ból a rendszer mennyit tud ténylegesen felhasználni, és mennyit kényszerül feleslegként kezelni. Nagy arányban megújuló energiaforrásokra alapozott rendszereknél ugyanis ez a többletermelés akár olyan méreteket is elérhet, amely veszélyeztetheti a villamosenergia-rendszer stabilitását. Az Aalborgi Egyetem munkatársai az utóbbi évtizedekben erre különböző megoldásokat dolgoztak ki – megújuló energiaforrások optimális kombinációját, kapcsolt erőművek leszabályozhatóságát, elektromos közlekedés integrálását, hőszivattyúk, ipari bojlerok és hőtárolók kapcsolását erőművek mellé stb. Mindezekkel kialakult egy teljesen új, a jelenlegitől eltérő, megújuló erőforrásokon alapuló és azokat segítő technológiákból álló infrastruktúra, melyhez egy új szemléletű rendszerszabályozási gyakorlat is tartozik. Ezt az új rendszert rugalmas energiarendszernek nevezték el, melynek lényege, hogy a rendszerszabályozáskor a megújuló alapú termelés kap elsőbbséget. Minden más technológia – hagyományos és kapcsolt erőművek, hőszivattyúk, fogyasztók stb. – annak érdekében igyekszik (illetve a rendszerirányító által köteles) közreműködni, hogy minél több megújuló termelés hasznosuljon a rendszerben, legyen az áram-, hő- vagy bármilyen más formában tárolt vagy átalakított (például hidrogén, szintetikus gáz) energia.

Megismerhetjük a rugalmas energiarendszerek működését, ezeken belül a különböző technológiák szerepét, a villamosenergia-rendszer stabilitásának biztosítását, a közlekedés integrációját és az energiatárolás szerepét is. Érdekes módon az utóbbi szerepe, ahogy egyre diverzebb, több megújuló technológiát magába foglaló rendszer alakul ki, egyre kisebb lesz, és sokkal fontosabbá és hatékonyabbá válnak az egyes átalakítási technológiák (például hőszivattyúk, hidrogén-termelés), a kapcsolt erőművek leszabályozása és a közlekedés integrálása a villamosenergia-rendszerbe.

A hatodik fejezet az előzőt kiegészítve tudományos szakcikkek segítségével vizsgálja az okos rendszerek – villamosenergia-, távhő- és gázhálózatok, valamint a hozzájuk kapcsolódó infrastruktúra – definícióját, szerepét, gazdasági jellemzőit és helyét egy komplex, rugalmas energiarendszerben. Az elsősorban dán szerzők munkáiban többek között a távhőrendszerek szerepéről, a gazdasági válság és infrastrukturális beruházások kapcsolatáról és a megújuló energiaforrásokon alapuló szállítás és közlekedés üzemanyag-lehetőségeiről is olvashatunk.

A módszertan leírása után három dán, egy los angelesi és egy kínai példán keresztül láthatjuk, hogyan is zajlik a valóságban a fentihez hasonló regionális vagy országos energiarendszerek tervezése, modellezése, megvalósíthatósági vizsgálata és kivitelezése. A könyv utolsó fejezete tizenkét esettanulmányt tartalmaz Dániából

és a világ minden tájáról (például Egyesült Államok, Németország, Thaiföld), melyekben a tudatos választás elméletének és gyakorlatának korábban bemutatott elemeit figyelhetjük meg, a hamis választási lehetőségek tudatosításától az elvesztett vagy megnyert érdekérvényesítő csatákig.

A közel háromszáz oldalas könyv egy olyan világból érkezett hozzánk, ahol már rengeteg, a megújuló energiaforrások felhasználásáért folyó csatát vívtak, sokat el is vesztek, de a háborút megnyerték. 2012-ben a nyolc dán pártból hét elfogadta Dánia új hosszú távú energiakonceptióját, mely 2050-ig egy 100%-ban megújuló energiarendszert kíván megvalósítani. Mindeme célok sokszor elrugaszkodtnak, érthetetlennek és távolinak tűnnek Magyarországról nézve. A könyv segít megérteni azonban ennek technikai megvalósítási lehetőségeit, illetve azt, hogy Dániában teljesen más érdekek és célok érvényesülnek az energiarendszereket érintő döntéseknél – ott már a munkahelyteremtés, a környezeti, egészségügyi hatások ugyanúgy részét képezik a gazdasági elemzéseknek, mint a gazdasági megtérülési mutatók.

A könyv azoknak is sok újat tud adni, akiknek nem világos, hogyan is lenne lehetséges működtetni egy nagy arányban, akár 100%-ban megújuló energiaforrásokra alapozott energiarendszert. Az EnergyPLAN szoftvert, valamint a rugalmas energiarendszer koncepcióját bemutató fejezetek jól rávilágítanak arra, milyen változtatások lennének szükségesek egy ilyen energiarendszer eléréséhez, illetve hogy javarészt nem technológiai, hanem gondolkodásbeli és intézményi akadályokkal állunk szemben a legtöbb helyen, így Magyarországon is.

Henrik Lund kineziológia által inspirált tudatos választási elmélete olyan kérdéseket tesz fel és olyan állításokat fogalmaz meg – például a hatalommal, a meglévő szervezetekkel vagy intézményrendszerrel kapcsolatban –, melyeket ilyen szempontokból még nem nagyon látunk feszegetni Magyarországon. A választási lehetőségek tudatosítása pedig nagyon is aktuálisnak tűnik hazánkban egy olyan helyzetben, amikor a „*Paks 2-nek nincs alternatívája*” mondat talán az egyetlen, amelyet tudhatunk a közeljövőben tervezett energetikai nagyberuházásunkról. Alternatívák azonban, ahogy a számos esettanulmányban olvashattuk, mindig akadnak; a könyv pedig szisztematikusan bemutatja, milyen lehetőségeink vannak azok felmutatására és tudatosítására egy radikális technológiai változtatás megvalósításának érdekében. (*Renewable Energy Systems – A Smart Energy Systems Approach to the Choice and Modeling of 100% Renewable Solutions*; második kiadás, Elsevier, Oxford, 2014, 384 oldal)