

Fenntarthatósági szemléletű természettudományos megközelítések

Az erőforrás-túlhasználaton alapuló életmódot, mint globális mértékben elterjedt gyakorlatot konzerváló rejtett tantervi hatások és azok ellensúlyozása a természettudományos oktatásban

Az érdi Vörösmarty Gimnázium
referencia intézményé történő felkészülése

Készült a „A természettudományos közoktatás megújítása az érdi Vörösmarty Mihály Gimnázium” című, TAMOP-3.1.3-10/1-2010-0005 projekt *saját intézményi innovációk* alprojektjének keretében, 2013 márciusában.



1, A felnövekvő generáció környezeti fenntarthatósághoz fűződő paradigmaváltásának, rendszerszemléletének szükségszerűsége

A XX. század végére kialakult fogyasztói társadalom a növekedés kényszerpályáján haladva jutott el a felismerésig: a Föld véges erőforrásainak kiaknázása nem tarthat örökké, egy véges rendszerben nem lehetséges végtelen (permanens) növekedést elérni. Különösen jól mutatja számunkra a fenntarthatóság egyik legégetőbb problémáját az olajkitermelési-csúcs elmélete.

A megfelelő szemléletmódra, életmód-váltás kialakítására vonatkozó törekvések javarészt kudarcot vallottak. Egyre több utat, lehetséges megoldást kell keresni az élet valamennyi területén, és a társadalmi hierarchia valamennyi szintjén, hogy ökológiai lábnyomunk ne lépje túl a biokapacitás által kijelölt határokat.

A forrásfelélést, az éghajlatváltozást, még ma is sokan vitatják, főleg azok, akiknek komoly gazdasági, politikai érdeke fűződik a természeti erőforrások pénzzé történő konvertálására.

Hogy jelen pedagógiai innováció tudományos alapjai kellő magabiztossággal vértessék fel e missziót képviselő pedagógusokat, szülőket, diákokat, egy összefoglaló tanulmány elkészítésére kértük fel a hazai tudományos életnek e témában egyik legkiemelkedőbb alakját, Dr. Hetesi Zsoltot, a Pécsi Tudományegyetem munkatársát. Tanulmányát az 1. számú melléklet tartalmazza.

2, Az intézményi innováció háttere, helye az iskola életében

A Vörösmarty Gimnázium mind tárgyi, környezeti, mind humán erőforrásbéli adottságainál fogva kiváló terepet kínált azon intézmények számára, akiknél a természet és környezetvédelem kiemelt jelentőséggel bírt, illetve bír a mai napig. Ezért vállalta az intézmény már 1997-ben, hogy e területen többletfeladatot vállal és tagja lesz a *környezeti nevelési mintaiskolák* országos hálózatának. (ld. a függelékben: *környezeti nevelési mintaiskolák Magyarországon*)

A mintaiskolai tevékenység azonban mára már nem fedti le a nevelési-oktatási folyamat egészét úgy, ahogyan azt a gazdasági-környezeti fenntarthatóság megkívánja. Az időkereteket tekintve a környezettudatosságra (fenntarthatóságra) nevelés inkább a tanórán kívüli tevékenységben artikulálódott, a tartalom (tananyag) tekintetében pedig nem terjedt el széleskörűen a kellően tudatos, rendszerszemléletű pedagógiai –mindennapos- rutin. Bár egy átlagos középfokú közoktatási intézményénél jóval környezettudatosabb az intézményben folyó nevelő-oktató munka, környezettudatosabb a diákok gondolkodásmódja, mégis komoly mennyiségű és mélységű tennivalót tartogat valamennyi pedagógus és diák részére a jövő.

A globális kapitalizmus egy nem fenntartható rendszert „épített ki” már a 80-as évek közepére. A forrástúlhasználat következményei egyre komolyabban fenyegetik az emberiséget, miközben a fő rendszerelemek alig változtak 1972 óta. Egy igen fontos, a forrás-túlhasználatot generáló rendszerelem a mindennapi életünkbe beépülő, tudat alatt működő, a fenntarthatósággal szöges ellentétben levő életvitelünk és az azt konzerváló széleskörű kommunikáció. E gondolatmenet mintegy végpontjaként jutunk el az iskolarendszerhez, amely oly sokrétű küldetése egyik alappilléreként határozható meg az, hogy *a biztonságos jövő* (fenntarthatóság) felé segítse a felnövekvő generációt.

Az iskolarendszer deklarált céljai a fenntarthatósággal ugyan összhangban vannak, s ez különösen igaz az érdi Vörösmarty Gimnáziumra (ld. Pedagógiai Program), ugyanakkor itt is fellelhetők olyan *rejtett tantervi*

mechanizmusok, amelyek –részben- magyarázatot adnak arra, miért nem sikerül átütő eredményeket (paradigmaváltást) elérni e területen.

A rejtett tanterv (*hidden curriculum*) értelmezésünkben itt abban a formájában nyilvánul meg, hogy a deklarált fenntarthatósági célokkal ellentétes nevelési hatások érvényesülnek. Ennek egyik példája a tankönyvekben, munkafüzetekben szinte észrevétlen módon jelen levő, a forrástúlhasználatot legitimáló szavak, mondatok, motívumok. A nem takarékos nyomdatechnológiai eljárás alkalmazásától az óra végéig bekapcsolva hagyott projektoron át, mind-mind a tudatosan és szakszerűen megtervezett nevelési szándékokkal ellentétesen ható személyiség-alakulást eredményezi.

Ahol leghatékonyabban el tudjuk kezdeni ellensúlyozni a fent felvázolt rejtett tantervi hatásokat, azok a természettudományos tárgyak. E tananyagokhoz köthetőek kezdetben legkézenfekvőbb a fenntarthatósággal kapcsolatos gondolatok úgy, hogy később -a holisztikus szemléletmód elmélyülésével- más tantárgyak tartalmaiban is kiteljesedjenek.

3, Az innováció cél és eszközszerkezete

Távlati és rövidtávú célok:

A biztonságosabb jövő. Egy fenntartható környezeti-gazdasági-társadalmi rendszer kialakításához történő hozzájárulás.

A felnövekvő generáció igényei reális keretek között formálódjon és az igényeik kielégítése ne veszélyeztesse a következő generációk igényeinek kielégítését.

A fenntarthatóságra érzékeny, fogékony, rendszerszemléletű, megalapozott-kritikus gondolkodású, alkalmazkodóképes generáció kinevelése

Az iskola tanulói olyan gondolkodásmód és olyan magatartást sajátítsanak el, melyre támaszkodva a természeti erőforrásokban szegényebb időszakban is kiegyensúlyozott, adekvát életpályát tudnak kialakítani.

Célcsoport:

- elsődleges: az iskola diákjai,
- másodlagos: család, kortárs közösségek

Eszközök (az innováció alábontott bemutatása):

- Tankönyvek fenntarthatósági szemléletű kritikai elemzése
- Iskolai szabályzó dokumentumok fenntarthatósági szempontú korrekciójára javaslattevés
- Zöld és zöldre festett (Green and greenwashing) címet viselő segédanyag elkészítése

4, Az innováció kompatibilitása, megfelelősége

Saját intézményi innováció az, amely:

a helyi igényekhez igazodva, egyéni fejlesztésre, a nevelés-oktatás eredményességének fokozására, az esélyegyenlőség kiteljesítésére, hatékony és sikeres, az egyéni fejlődést támogató oktatási utak, programok, nevelési eljárások, tanulás-szervezési módok kidolgozására, azok gyakorlati megvalósítására vállalkozik.

Jelen innováció a fenti kritériumoknak az alábbi módon felel meg:

Helyi és egyéni igényként merült fel és kell felmerülnie valamennyiünkben a gazdasági-környezeti fenntarthatóság. Az egyéni haladást vettük figyelembe, amikor a differenciált foglalkoztatás és fejlesztést kiszolgáló szöveggyűjteményt és multimédiás oktatóanyagot is az innováció logikai keretébe foglaltuk. Az erőforrásokért (binnen az élelemért, ivóvízért) folytatott harc, kiszorítás, nem más, mit az esélyegyenlőséget figyelmen kívül hagyó társadalmi és egyéni szinten megjelenő viselkedés. A fenntarthatósági törekvések természetüknél fogva magukban kell hordozzák az *egyenlő hozzáférés* elvét. Innovációnkat ez a tudatosság is jellemzi.

A környezettudatosabb pedagógiai tervezőmunka, tankönyvhasználat, oktatási segédanyag és differenciált foglalkoztatást, tanórán kívüli, játékos tanulást, szemléletformálást segítő eljárások, tanulás-szervezési eszközök tanulócsoportonként más-más hangsúlyozással kerülnek a tanítás-tanulás bipoláris folyamatába. Ezt a pedagógus elkötelezettsége és módszertani szabadsága is jelentős mértékben meghatározza, így a kapcsolódó *jógyakorlat* előreláthatólag széles és színes palettán fog tovább formálódni.

5, A tantárgyakra bontott innovációk további alkalmazása a fenntarthatóság időszakában, a referencia intézménnyé válás alapjai

A tankönyvek kritikai elemzése tantárgyanként 1-2 tankönyv vonatkozásában elkészült:

Fizika

7. évfolyam. (Mozaik Kiadó)

9. évfolyam. (Mozaik Kiadó)

Kémia

7-8. évfolyam. (Nemzeti Tankönyvkiadó)

7-8. évfolyam. (Nemzeti Tankönyvkiadó)

Biológia

Dr. Lénárd Gábor: Biológia III. (Nemzeti Tankönyvkiadó)

Dr. Lénárd Gábor: Biológia 10. évfolyam (Nemzeti Tankönyvkiadó)

Földrajz

9. évfolyam. Lakóhelyünk a Föld (Nemzeti Tankönyvkiadó)

10. évfolyam. Az ember és a Föld (Nemzeti Tankönyvkiadó)

Ezzel a szaktanárok rutint szereztek az elemzésben, fenntarthatóságot segítő kommunikációban, tananyag interpretációban, s később további munkatársakat is be tudnak vonni a munkába. Tanórai munkájukban nagyobb hangsúlyt és megalapozottabb rutint kap a fenntarthatósági elemek életszerű felvetése, hangsúlyozása, a bevézési folyamat segítése (ld.: kompetencia alapú tanulás).

A *Zöld és zöldre festett (Green and greenwashing)* című segédanyag a gazdasági-környezeti fenntarthatóságra való érzékenységet, elsajátítandó látásmódot hivatott fejleszteni. A greenwashingnak magyar szakirodalma gyakorlatilag nincs. A fogalom hozzávetőleg 10 éve használatos és a zöldbe csomagolt „nemzöld” megoldásokat, mint évtizedünk új gazdasági (haszonszerzési) trendjét veszi górcső alá. A segédanyag ilyen zöldbe csomagolt megoldásokat, trendeket igyekszik bemutatni. A gyűjteményt igen nehéz lenne tantárgyra lebontani és a rendszerszemléletű gondolkodásnak is ellentmondana, használatát mind a négy természettudományos tantárgyhoz javasoljuk. Ezért használatát valamennyi természettudományos órán javasoljuk.

A segédanyag terveink szerint a későbbiekben bővül majd, s építve a tizenévesek jellemző életkori sajátosságára, a kritikai szemléletmódra, ennek utat engedve reméljük, a diákok leírásai is gazdagítják majd a gyűjteményt.

A *tanügyi dokumentumok* elemzése, szövegszerű módosító javaslatok megfogalmazása elsősorban a Pedagógiai Program környezeti nevelésre vonatkozó fejezetét érinti, de az egészségnevelési program és a nevelési terv általános fejezeteire is kiterjed. A módosítás egységesen érinti a természettudományos tantárgyakat, elsősorban az adott tantárgyban rejlő nevelési potenciál szempontjából. Ezeket a nevelőtestület már elfogadta, a dokumentum hatálybalépése 2013. 04. 02-re várható.

Ezen innovációkat az Educatio kft. weblapjára, az alábbi linkekre felhelyeztük:

http://iskolataska.educatio.hu/index.php/intezmenyi_innovacio/sajat_innovacio_lista/1364382269.edu

Iskolánk weblapjáról jelen innováció, annak valamennyi dokumentumával együtt letölthető:

<http://www.vorosmarty-erd.sulinet.hu/>

A fent bemutatott innovációkból tovább fejlődő jó gyakorlatok, azaz az órai és a tanórán kívüli interakciók a környezeti fenntarthatóság szempontjából tudatosabbá, következetesebbé tétele alapján megalapozottnak véljük azt, hogy iskolánk az elkövetkező években bázisintézménnyé váljon.

Érd, 2013. március 29.

1.számú melléklet

HÁTTÉRTANULMÁNY

Írta: Dr. Hetesi Zsolt fizikus

Bevezető

Az elemzés során a fosszilis források kimerülésével, helyettesíthetőségével, a magyar energiaellátás fosszilis forrásfüggésével, az energiatakarékosság és a megújuló források ütemezéséből fakadó lehetőségekkel, illetve problémákkal foglalkozom. Mivel a terjedelem a mélyebb okfejtéseket és a mindenre kiterjedő elemzést nem teszi lehetővé, ezért csak a legszükségesebb fogalmak kerülnek elő, illetve egy-egy szemléletesebb példa, vagy gondolatmenet lesz részletesebb.

Előrebocsátandó, hogy a jelenlegi gyakorlat, értsük ezalatt a gazdaság működését, mindennapi szokásainkat, vagy akár az oktatás felépítését, olyan pályán tartja az emberi civilizációt, amely nem tartható fenn, azaz meg fog szűnni. Ez nem valószínűség, hanem idő kérdése, ugyanis az ember nem működik együtt a természettel. Az emberiség új, fenntartható pályára állítása nem kizárólag, sőt szinte egyáltalán nem tudományos feladat. Inkább olyan szemléletváltás, amelynek megalapozása mind a közvélemény szokásrendszereit kialakító véleményformáló közegek gyökeres változását kívánja meg, mind pedig az oktatás-nevelés terén hozott gyökeres változásokat is igényel. Az egyes részterületek, szaktárgyak képesek olyan támpontokat adni, amelyek egységes szemléletet alakíthatnak ki. Ehhez azonban ezen szaktárgyak összefogása és bizonyos ismeretek beépítése egyaránt fontos.

Rendszermodellezés

A növekedés határaitól szóló kutatás

Meghatározásokkal kell kezdenünk. Azokat az összetett folyamatokat, melyeket együtt kezelünk, és melyek viselkedésére kíváncsiak vagyunk, *rendszereknek* nevezzük. Ilyen rendszer esetünkben a társadalom, de lehet annak kisebb szelete is, mint amilyen például az energiaellátás. A rendszer *fenntartható*, ha anyagforgalma megújuló forrásokra épül és a felhasználás lassabb, mint az adott anyag újratermelődése. A rendszerek méretének növekedésével a bennük található kölcsönös függések száma gyorsan emelkedik, ezt úgy fogalmazzuk meg, hogy nő a rendszerek *összetettsége*, idegen szóval komplexitása. A rendszerek összetettsége egy idő után új törvények, tulajdonságok megjelenéséhez vezet a rendszeren belül. *Modellnek* nevezzük azt a leképezést, mely a valóságos rendszer néhány alapvető jellemzőjét (*változóját*, vagy *tényezőjét*) megragadva igyekszik előrejelzéseket tenni a valós rendszer jövőbeli viselkedésére vonatkozóan. A belső kapcsolatok a változók között ugyanolyan fontosak. Az egyes változók egymásra is hatnak, erősítik, vagy gyengítik egymást. Ezt *visszacsatolásnak* hívják. Ha egy rendszer hosszabb ideig, egyes részrendszerek, vagy a természet tartós roncsolása árán magasabb szinten él, mint ami fenntartható, akkor a *túllövés* állapotában van.

A társadalom jövőbeli viselkedését kutató tudósok elképzelése szerint az emberiség sorsát alakító folyamatok közül vannak fontos és kevésbé lényeges elemek a hosszú távú fejlődés szempontjából. A néhány alapvető tényező vizsgálata azonban nem kezelhető elkülönült folyamatként, ezek egymásra hatásai legalább olyan fontosak a rendszer viselkedése szempontjából, mint maguk a változók, hiszen a társadalom mint rendszer összetett. A modellek, melyek főképp a népesség alakulásának és jövőbeli jólétének változását kívánták vizsgálni, néhány változót (népesség, nyersanyag-felhasználás, tőke, mezőgazdasági teljesítmény, szennyezés) és ezek önmagukra és egymásra gyakorolt visszacsatolásait vizsgálták.

A feltárt tulajdonságok közül négy alapvető jelentőségű a modellben. Az első ilyen a visszacsatolások létezése. Ha egy tényező változik a rendszerben, nem elszigetelten teszi, hanem hat a többi tényezőre. A visszacsatolások lehetnek erősítők és gyengítők, azaz növelhetik a változást, vagy hathatnak ellene is. Például a fent felsorolt 5 tényezős rendszerben engedjük meg, hogy nőjön a népesség (ez a valóságban is így van). Ezzel a mezőgazdaságra nagyobb nyomás nehezedik, nőni kell a termelésnek. Ezzel együtt nő a nyersanyag-felhasználás, hiszen több eszközt kell gyártani, nő a szennyezés, ami a mezőgazdaságra gátlóan hat. Emiatt az még több erőfeszítést tesz a terméshozam növelésére, ami még nagyobb szennyezéssel jár, és előbb utóbb nem tud tovább nőni. Már ebből a példából is látszik, hogy a visszacsatolások rendszere nagyon bonyolult lehet, ráadásul itt még nem tettünk említést minden hatásról, ami az 5 tényező egymáshoz való viszonyában fellép.

A második fontos dolog amit a modell megjelenít, hogy a rendszerben erőforrások és nyersanyagok vannak, melyek folyamatosan csökkennek és fogynak az emberi tevékenység hatására, ahogy a gazdaság meríti ki őket. Szabad versenyben működő piacgazdaság keretei között az erőforrások és nyersanyagok kimerülése haranggörcsre emlékeztető görbe szerint történik.

Harmadik fontos elemként tekinthető a késleltetések szerepe a rendszerben. A születésszám növekedése nem azonnal hat a nyersanyagok felhasználására, hanem késleltetve. De ugyanez elmondható a rendszer sok egyéb kölcsönhatásáról is.

Negyedik jelentős tulajdonság, hogy a modell ezeken a kulcstényezőkön keresztül a világgazdaságot, mint egyetlen rendszert kezelte. Ez azért fontos, mert az egyes részrendszereket, például az energiatermelést vizsgálva, könnyen arra juthatunk, hogy létezik megoldás. Azonban az egész rendszert tekintve már nehezebb állítani, hogy olyan válságkezelési módszert lehet kidolgozni, mely megoldja a rendszer legtöbb olyan nehézségét, melyek egyébként a rendszer leépülését jelentenék. Tehát nem elég az egyes részrendszerek szintjén talált megoldásokra, mint teljes megoldásra mutatni, legfőbbjük a rendszer viselkedése szempontjából nem jelent valódi megoldást.

Míndezek után nézzük meg, hogy milyen eredménnyel járt a modell számítógépen futtatása. A kapott adatok megdöbbentőek voltak: társadalmunk összetettsége a XXI. század első felében gyors és jelentős csökkenésen fog keresztülmenni, ha minden így halad tovább, mint most, de tulajdonképpen akkor is, ha a változtatások nem lesznek gyorsak, hatékonyak és mélyrehatóak. A rendszer összetettségében, bonyolultságában fellépő hirtelen és

nagyléptékű visszaesésre gondolhatunk úgy, mint a társadalom összeomlására. Mi eredményezte ezt? A népesség folyamatos növekedett a 20. században. Emiatt egyre több kellett a gazdaság termelte javakból, azaz növekedett a nyersanyagok és erőforrások felhasználása. Ezzel együtt a 20. század második felétől a fejlett világ lakossága elkezdte növelni az egy főre jutó fogyasztást is. Mindezt azért tehette, mert a hozzáférhető energia mennyisége ekkor emelkedett a leggyorsabban. A modell azt jelzi előre, hogy elsőként a hozzáférhető természeti erőforrások kitermelése elér egy tetőpontot, majd csökkenni kezd. A következő részterület, amit ez érint, a rendelkezésre álló tőke nagysága. Nem sokkal azután, hogy csökkenni kezd az erőforrások és nyersanyagok mennyisége, a felhalmozott és elérhető tőke sem nő tovább, hanem fogyni kezd. Ezt követi a mezőgazdaság leépülése és a népesség kezdődő fogyása. Abban az időszakban, amikor a hozzáférhető energia már nem nő, a tőkefelhalmozás is lassul, majd megfordul és csökkenni kezd. Ekkor minden rendszerre már nem jut elegendő energia (és így tőke sem), elkezdődik az egyes területek leépülése, mert a bonyolultságnak azt a szintjét, ami a bőség korszakában kialakult, már nem lehet fenntartani. Így aztán a létfontosságú területek egy ideig még kapnak elég tőkét és energiát, de egyre több terület nem.

A 70-es években készült vizsgálatok többféle jövőbeli modellt vizsgáltak: olyat, amelyben meg minden tovább, úgy mint eddig, és néhány olyant, amelyben egy-egy, vagy több területen is változás történik, hogy elkerüljük az összeomlást. Mégis minden egyes modell szinte teljesen ugyanazt mutatta: 2050-ig bármit is tegyünk, akár minden egyes lépést megtéve is, az összeomlás nem kerülhető el. Érthető, ami történt. A lépések akár együtt is megkésztettek ma már, azok alkalmazását 20-25 éve el kellett volna kezdeni. Ugyanis a fogyó források és nyersanyagok elvben helyettesíthetőek, de nem akármikor és nem akármekkora mennyiségben, ezekről a megújuló energiák elemzése esetén lesz szó.

A modell 1973-as, tehát több mint 30 év állt azóta a döntéshozók rendelkezésére, hogy változtassanak a gazdaság hozzáállásán. Mégis, a legújabb vizsgálatok azt mutatják, hogy (bár ezekkel is csak kísérletezhető lenne az összeomlás, illetve a hatása) nem teszünk egyetlen lépést sem ezen a téren. A modell 9 forgatókönyvet vázolt fel, az 1973 óta eltelt időben felgyűlt adatok szerint a világ folyamatai azt a forgatókönyvet követték melyben nem történt semmi ellenlépés.

A természetben nem ismeretlen a rendszerek összeomlása. Amikor több forrás fogy, mint amennyi megújul, az összetettség csökkenése mindig megtörténik. Erre két példát hozunk. Az első, egy a szakirodalomban jól ismert eset, a Szent-Máté sziget rénszarvasainak esete. A szigetre telepített rénszarvasok 20 év alatt 200-szorosára növelték eredeti létszámukat, miközben elfogyasztották a sziget zuzmótelepeit. Egyetlen tél alatt a létszámuk 142-ed részére csökkent, de a maradék mind téhen volt, így kipusztultak a szigetről. Hasonló eset játszódott le a Húsvét-szigeten is. Itt a betelepült polinézek az erdők irtásával tönkretették a talajt és a sziget foglyáivá váltak. Létszámuk az éhínség miatt hasonló gyorsasággal zuhant, mint az előző példa állataié.

Az utóbbi időben egyre tisztábban megértett természettörvény szerint azok a fajok indulnak előnyre a törzsfejlődés versenyében, melyek a lehető leggyorsabban és leghatékonyabban használják fel mindazt az energiát,

ami rendelkezésükre áll. Ez a maximális teljesítmény elve. Az emberi társadalom is minden jel szerint annyira gyorsan hasznosítja a fellelhető energiaforrásokat, amennyire csak lehetséges.¹

Rendszerek fejlődése

A törzsfejlődést és általában az életet a Földön a hőtan második főtétele szabályozza. Az energia rendezett formában érkezik a Földre, napsugarak hozzák. A sugárzó energia a rövid hullámhosszúságú, nagy energiájú tartományból a hosszúhullámú felé alakul át. A rövidhullámú sugárzást nagy rezgésszámú, s így nagy energiájú részecskék alkotják, a visszasugárzott energiában a fotonok energiája sokkal kisebb, így a Föld sokkal több fotonot bocsát ki, mint amennyit elnyel. A Napból érkező kevesebb foton rendezettebb állapotot képvisel, mint a Földről távozó sok foton, azaz a Napból kis rendezetlenségű (entrópiájú) sugárzás érkezik, s a Földről nagyobb rendezetlenségű (entrópiájú) sugárzás távozik. A sugárzás entrópiájának növekedése lehetővé teszi, hogy a Földön rendeződési folyamatok történjenek, azaz bonyolultabb rendszerek is kialakuljanak, mint amilyen az élet. Az élővilág fejlődésének egyik fő mozgatórugója, hogy ne csak a talaj felmelegedése alakítsa át a rendezett napsugárzást rendezetlenné, hanem az élővilág is beszálljon a versenybe, eleget téve a maximális entrópia elvének. Egyetemes törvényként fogalmazható meg: azok a fajok fejlődtek gyorsabban, melyek hatékonyabban tudták növelni a rendezetlenséget a napsugárzásból vett energiában, akár közvetve, akár közvetlenül jutottak hozzá. Hiszen a növény megköti a fénysugárzást, majd amikor rothad, hővé alakítja, növeli a sugárzás rendezetlenségét. De ha megeszi egy növényevő, akkor az elraktározott energia a növényevőt fűti és kelt ezáltal hőszugárzást, ami gyorsabb, mint a rothadás. Arról nem is beszélve, hogy a növényevők serkentik a növények növekedését is. A ragadozók között is vannak csúcsragadozók, és végül itt az ember is, akinek értelme még jobban segít begyűjteni az elraktározott energiát. Ösztönei azonban arra vezetnek, hogy ezt minél gyorsabban tegye, hisz korábban is a faj túlélése múlt azon, milyen gyorsan használja a faj az elérhető energiát.² Ez mostanra bajba sodort bennünket, de az itt végiggondolt dolgok segítenek megoldást találni is.

Fenntartható társadalom

Előző gondolatmenetünkre utalva, mely az energiafelhasználás sebességéről szólt, meg lehet fogalmazni, milyen legyen elvben a fenntartható társadalom. Amíg nem vett el többet az emberiség, mint amennyi többlet keletkezett a természetes rendszerekben, addig nem okozott gondot a Földnek: az energia - entrópia átalakítás nem lett lassabb, a természetes és az emberi rendszerek együttműködtek ebben is.

A letelepült népesség azonban természetátalakításba kezdett, az erdők irtása az Zagrosz-hegységtől kezdve egészen a brazil esőerdőkig éppen ezt a hatékony energia-entrópia átalakítót, az élőrendszert érintette. Mivel helyébe nem került hatékonyabb rendszer, így a Föld, mint rendszer hatékonysága csökkent. A helyébe lépett helyettesítők, azaz az ősmaradványi (fosszilis) források nem jelentettek valódi többletet, hiszen nem a természet részei és az energia-entrópia átalakítás során nem újulnak meg.³

¹ Erre utal például, az olajkitermelés alakulása is. Ha a kitermelést csak a földtudomány törvényei szabályozzák, az emberi felhasználás pedig a lehető leggyorsabb, lényegében pont olyan görbét kapunk elméletileg, mint a valóságban.

² Ezt külön törvény fogalmazza meg. Az a faj lesz sikeres, mely a leggyorsabban alakítja át az energiát, és teszi a rendezett rendezetlenné, míg egyedeinek szervezete rendezett marad. A törzsfejlődés tehát nem más, mint harc az elérhető energia minél gyorsabb hasznosításáért.

³ Illetve megújulnak, de ennek időskálája jóval lassabb, mint a kitermelés.

Azok a rendszerek fenntarthatóak tehát, melyekben a megújulás sebessége legalább akkora, mint a használaté, mert így folytonos entrópiacsökkentés történhet. Ha erdőket vágunk ki, azokat pótolni kell, vagy erdővel, vagy bármi olyan megújulásra képes rendszerrel, mely legalább annyira hatékony entrópiaátalakító. A lebetonozott térségek és városi épületek visszalépést jelentenek az élet előtti felszínhez. Ezért a zöldtető-mozgalom, illetve az utak, épületek napelemborítása kívánatos, egyébként a visszalépést nem kerülhetjük ki.

A visszalépés mindig kisebb összetettséggel, alacsonyabb fokú komplexitással jár. Az élettelen felszínhez képest előrelépés a növényzet, ahhoz képest pedig a bonyolult állatvilág. Összettségben persze előrelépés a mai társadalom is, de ehhez már nem a természet adja az erőforrásokat, hanem a bányászat. A mai bonyolultság tehát túlment a fenntartható határon.

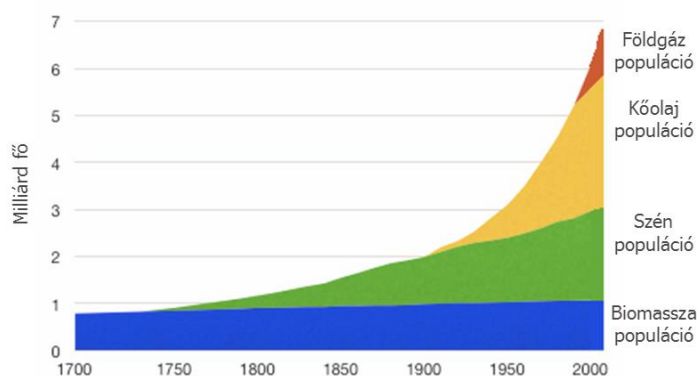
Eredmények

Figyelembe véve a modellek eredményeit és az összes rendelkezésünkre álló adatot, arra jutunk, hogy jelenlegi teljesítményeink, a tudomány vívmányai, a Földön élő hatalmas népesség mind az egyelőre megfelelő mértékben hozzáférhető energia következményei. Ha az elérhető energia mennyisége nem tud tovább növekedni, úgy a gazdasági növekedés lehetősége eltűnik, ezzel egész jelenlegi gazdasági modellünk felülvizsgálatra szorul. A társadalom összetettségének ára van, a bonyolultság növelése energiafelhasználás növekedést, a fenntartás azonos mennyiségű energiabeáramlást feltételez. Elsőként az energiafelhasználást vizsgáljuk meg.

A fosszilis forrásokról, energiaválságról

A fosszilis források hatása a világgazdaságra

A történelem során az emberiség egyre több energiát volt képes felhasználni. Minden olyan technológiai váltás, amely a történelem során jellemezte a civilizációt, több és több fogyasztást és gyorsabb növekedést tett lehetővé. A társadalmi rendszer minden anyagi alrendszere a folyamatosan növekvő energiafelhasználás segítségével épült fel és növekedett a mai méretére. Nem kivétel ez alól maga a népességszám sem.



1. ábra. A populáció növekedése szorosan összefügg a felhasznált energia mennyiségével. A 7 milliárdos népesség fosszilis forrásoknak köszönheti létét. (Zabel, 2001)

A folyamatosan növelhető hozzáférés, és a megfelelő időpontban belépő, az előzőnél nagyobb energiasűrűségű és/vagy hozzáférésű energiahordozók eddig mindig megfelelő mennyiségben voltak elérhetőek. Ennek köszönhetően a civilizáció fejlődése folyamatos volt, egészen napjainkig. Mindez, ahogy az 1. ábráról is leolvasható, annak köszönhető, hogy az ipari forradalom kezdete óta folyamatosan javuló minőségben és mindig megfelelő mennyiségben állt rendelkezésre alapvetően 3, **nem megújuló energiaforrás**, a kőszén, a kőolaj és földgáz, melyek jelenleg is a globális energiafogyasztás vezető forrásai.

Napjainkban tehát az energiatermelés forrásai zömmel **nem megújuló források**: kőolaj, ezt követi a kőszén, a földgáz és az atomenergia. Minden más forrás csak ezek után következik. A felsorolt források százalékos és abszolút értékű felhasználását mutatja a táblázat.

ENERGIAFAJTA	%	Mtoe	Magyarország	
			%	Mtoe
		Világ	.	
Kőolaj	34	4089.9	29.1	7.7
Szén és lignit	26.5	3187.7	11.7	3.1
Földgáz	20.9	2514.1	40.9	10.8
Éghető megújulók és szemét	9.8	1178.8	5.3	1.42
Atomenergia	5.9	709.7	12.9	3.4
Víz	2.2	264.6	0.1	0.02
Egyéb megújulók	0.7	84.2	0.1	0.02
		12029		26.4

1. táblázat. A világ primer energiafogyasztása 2007-ben (IEA, 2009) millió tonna olajekvivalens egységben (balra). Magyarország adatai: jobbra (2008)

A fosszilis források részaránya a földi energiatermelésben 80% fölötti, hazánkban szintén. A villamos áramtermelésben a fosszilis források aránya 65%, a szállításban (alapvetően a kőolajszármazékoké) 95%.

Szén	40.1%
Földgáz	20.1%
Kőolaj	5.8%

Atomenergia	14.8%
Vízenergia	16%
Egyéb	2.3%

2. táblázat. A világ 2006-os villamos áram termelése forrás szerinti százalékos megosztásban (World Coal Institute). A fosszilis áramtermelés összesen 65%-ot tesz ki.

A világ a gazdaság, de tulajdonképp eltartóképesség tekintetében is fosszilis forrásoktól függ. Ezek használata azonban nemcsak a már ismert klímaváltozást okozó szempontból problémás, hanem azért is, mert végesek, és kitermelésük jóval gyorsabb, mint keletkezésük.

Mégsem a fogyásuk jelenti a problémát, hanem az a pont, amikor **geofizikai okokból** kitermelésük nem növelhető tovább, csökkenni kezd. **Kitermelési csúcshoz** nevezik azt az időpontot, amikor a legtöbbet termelik az adott forrásból. Beszélünk olajkitermelési, gáz- és szén-csúcsról is.

Kitermelés csúcs, lehetséges időpontok

1. Olaj

Az Egyesült Államok 48 szárazföldi kőolajmezőjének összesített hozama minden várakozás és ellenkező becslés ellenére esni kezdett 1971 után. Ezen a tényen nem változtatott semmit az említett dátum után felfedezett Mexikói-öböl és Alaszka olajmezőinek termelésbe hozása sem. Egyetlen olajgeológus volt, aki képes volt előre megbecsülni ezt a jelenséget, M. King Hubbert, akit egészen a jelenség bekövetkezéséig nem is vettek komolyan.

Előtte legtöbbször felmérték a készletet, majd kiszámították, hogy az adott készlet bizonyos stabil, évi $k\%$ -os kitermelésnövekedéssel meddig elég (T_e ; expiration time):

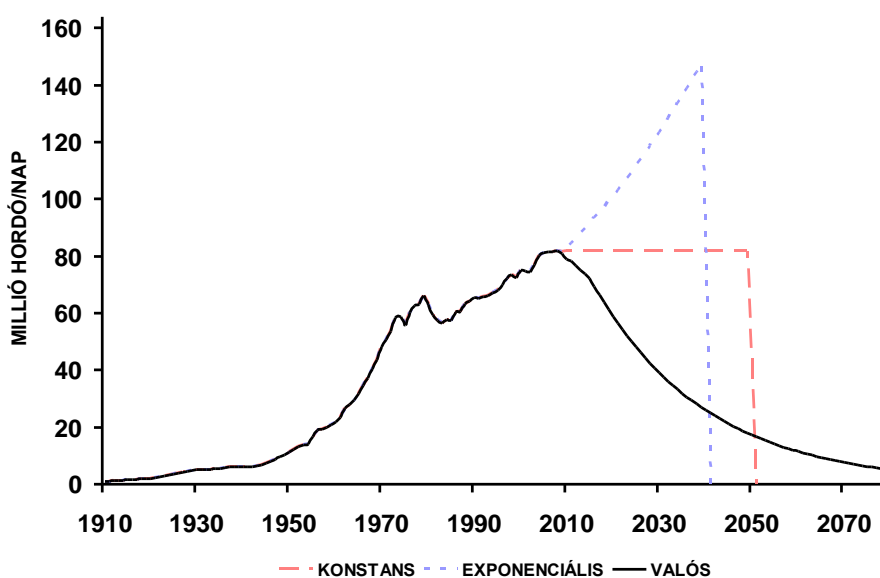
$$T_e = (1/k) \ln(kR/P_0 + 1),$$

ahol k a %-os növekedés, P_0 a kitermelés nagysága a megoldás idején, R pedig a becslött teljes készlet.

A másik - elég egyszerű - becslési módszer az R/P , azaz a készlet/kitermelés hányados képzése, mely azt adja meg, hogy az adott P kitermelés mellett elvben hány évig lenne elegendő a készlet.

A Földön kitermelhető olajmennyiség 900 és 1300 milliárd hordó között van a becslések szerint.⁴ A bizonytalanság oka jórészt az, hogy az OPEC-országok, a kitermelési kvótájuk bővítése miatt az 1980-as években kb. 300 milliárd hordós nagyságrendben készletnövekedést jelentettek be, amely valószínűleg fiktív.⁵ A fenti két módszerrel még ~24, illetve 42 év lenne hátra a kőolajtermelésből. Az előbbi szám az évi 3%-os kitermelésbővüléshez, a második a konstans kitermelési rátához tartozik. (2. ábra)

Miután az USA és az Északi-tenger olajmezői is igazolták, hogy nem lehetséges egy mezőrendszer termelését sem a kimerülés pillanatáig növelni, sem szinten tartani egy idő után, a Hubbert-féle elmélet keretében kezdték el vizsgálni a földi olajkitermelés jövőbeli lehetséges alakulását.



2. ábra. A Földön kitermelhető kőolaj mennyisége két fiktív és a valószínűleg valós forgatókönyv szerint. (Múltbeli adatok: BP adatbázis, modell: FFEK)

A készletek felmérése és a számítások⁶ azt mutatták, hogy a kőolajkitermelési görbe maximuma valamikor 2005 és 2020 között várható. (A legfrissebb, részletes modellt alább közlöm.) Ez különféle, elkésett és legtöbbször elégtelen lépéseket váltott ki a tudományos világban, illetve a biztonságpolitikában.

Az USA-ban az elnök számára készített ún. Hirsch-jelentés az akkor rendelkezésre álló adatok alapján az olajkitermelés tetőzését 2006 és 2015 közé tette⁷. Néhány következményt kiemelek a jelentésből:

⁴ http://en.wikipedia.org/wiki/Oil_reserves

⁵ <http://news.bbc.co.uk/2/hi/business/4681935.stm>

⁶ A Hubbert-féle számítási módnál, mely egy logisztikus eloszlást illeszt, és ebben a formájában szimmetrikus is, léteznek jobb módszerek is, mint pl. a maximális entrópia elvén működő illesztés, de ezekről hely hiányában nem írok.

⁷ Az IEA egy belső embere név nélkül erősítette meg november elején, hogy a csúcs nagyon közeli.

<http://www.guardian.co.uk/environment/2009/nov/09/peak-oil-international-energy-agency>

- Negatív hatás a világgazdaságra
- A cselekvésnek legalább 20 évvel előbb kell kezdődni, mert egyébként hatástalan (10 évvel előbbi kezdet még elfogadható, de már komoly nehézségek adódnak belőle)
- A hatások „váratlanok és forradalmiak” lesznek

A jelenlegi modellek szerint a **kitermelési csúcs 2008–2011 között** lehetséges, nem véve tekintetben az egzotikus készletek bányászatát és a bioüzemanyagokat. A múltbeli dátum szerepeltetése azért nem ellentmondás, mert egy lokális csúcs jelent meg az olajkitermelésben 2008 nyarán, amit azóta nem sikerült felülmúlni. Elméletileg - kis mennyiséggel - túlléphető ez az érték, de nem minden modell ad ilyen előrejelzést. Az amerikai Chris Skrebowski előrejelzése szerint 18 millió hordó /nap - főképp iraki - új mező munkába állása várható 2015-ig, ami képes az öreg mezők ürülését eddig a dátumig ellensúlyozni.⁸ Skrebowski új projekt-adatbázisa⁹ optimistább, mint a hivatalos adatbázis a Wikipedián.¹⁰

	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Skrebowski	6.2	5.7	3.2	3.4	4.4	4.2
Hivatalos	4.74	3.24	3.114	2.2275	2.4	2.05

3. táblázat. Az ütemezett olaj-megaprojektek (MP) millió hordó / nap egységben Chris Skrebowski és a hivatalos forrás szerint.

Az olajtermelés modellezése egyszerűen a következő két elem vizsgálatát jelenti: mennyi a régi mezők éves hozamcsökkenése (ürülési ráta, depletion rate %, D), és mennyi új mező áll az adott évben munkába (MP), hogy ellensúlyozza azt a csökkenést, és még esetleg növekedést is biztosítson? Az ürülési ráta %-ban van megadva, és az előző év hozamának csökkenését mér a következő évben. Ez a ráta hivatalosan 4.3%, de a szakértők 6.5%-ot tartanak valószínűnek következtetett adatok alapján (Höök et al. 2009).

Ha egy adott i-ik év hozama P(i) volt, akkor az i+1-ik év hozama:

$$P(i+1) = P(i) \times (100-D\%) + MP(i+1),$$

Azaz az i+1-ik év hozama az előző év hozama, csökkentve az ürülési rátával és az adott évben munkába álló megaprojektek összege.

⁸ Az összes régi mező átlagos kiürülési rátája 4.3% hivatalosan (IEA report, 2009), de az olajszakma köreiben 6.5%-ot tartanak valószínűnek (Höök et al. 2009).

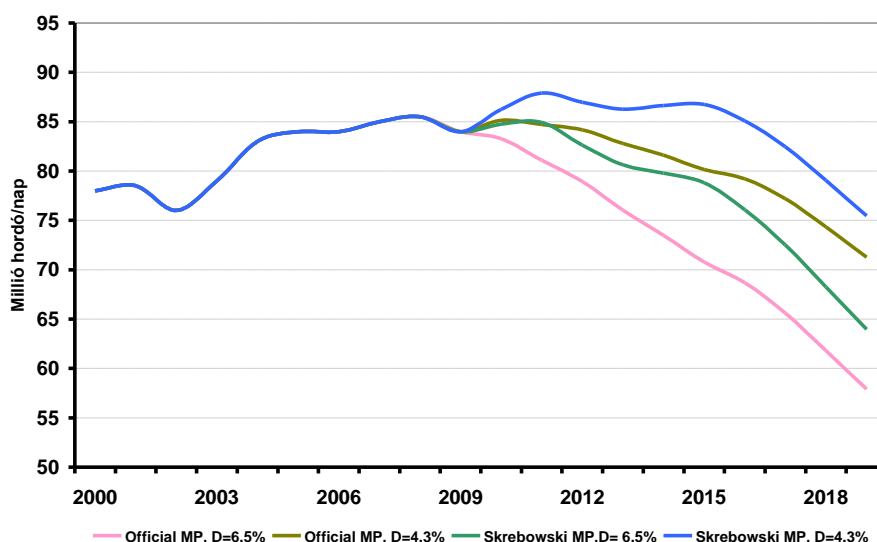
⁹ http://peakoiltaskforce.net/wp-content/uploads/2010/02/final-report-uk-itpoes_report_the-oil-crunch_feb20101.pdf

¹⁰ http://en.wikipedia.org/wiki/Oil_megaprojects

Amennyiben a szakértők által elfogadott 6.5%-os éves ürülési rátát fogadjuk el a régi mezőkre, és a hivatalos új mező ütemtervet használjuk, akkor 2011 végére 5% esést tapasztalhatunk a kitermelésben, 2015-re 18% lehet a hiány (Worst Case Scenario, WSC).

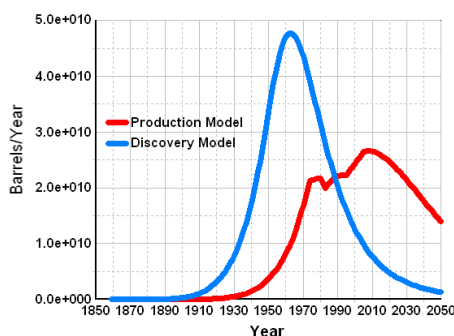
Ha pedig elfogadjuk a Nemzetközi Energiaügynökség (IEA) hivatalos és kisebb, 4.3%-os adatát az ürülési rátára (amit egyébként a szakértők jó része elutasít) és az optimistább, Skrebowski-féle új mező-ütemezést használjuk, akkor 2015-re még éppen nem várható hiány, de utána meredekebb esés következik a kitermelésben, mint az előző modellben (Best Case Scenario, BSC).

A jelenlegi kitermelési adatok a BSC-hez közeli forgatókönyvet erősítik meg, de az ok eltérő attól, amit 2010-ben, a modell készítésekor adhattunk. Az ok az OECD-gazdaságok visszaesésében keresendő, valamint abban, hogy i) lehetséges a szaúd-arábiai kitermelési adatok kozmetikázása (a hazai fogyasztás adatainak manipulálásával), illetve ii) a nem hagyományos készletek kitermelése és beszámítása miatt. Ez utóbbi hatás valószínűleg rövid ideig tartó. Egyre több híradás vetíti előre a nem konvencionális készletek kitermelésének lufi voltát és közeli kipukkanását.



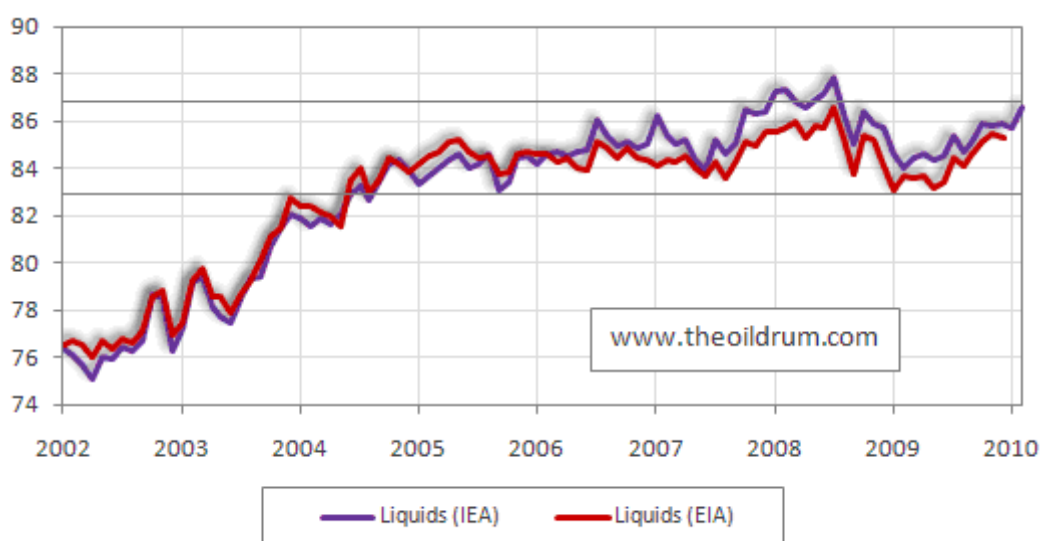
3. ábra. A világ lehetséges olajkitermelése két változó (új mező-adatbázis; MP) és a régi mezők ürülési rátája (D) függvényében. A legjobb esetben is 2015 után elkezdődik az olajkitermelés végleges esése. (FFEK modell, 2010)

Új mezők felfedezésére egyre csökken az esély, így kicsi az esélye, hogy a csökkenő számokat a megaprojektek oszlopában felváltja egy növekvő trend (3. táblázat). A regionális, de összefüggő olajmező-rendszerek egy része már túl van a kitermelés csúcson (USA 48, Északi-tenger). Az itt tapasztalt jelenség, miszerint – a technika fejlődésének dacára – a felfedezések nagyságrendje időben egy haranggörbét követ, univerzálisnak bizonyult. 1965 óta csökken a felfedezett olajmezők éves kumulatív mérete a Földön. A másik, valószínűleg szintén univerzálissá váló tény, hogy a helyi felfedezési csúcsokat 30–45 évre rá követte a kitermelés csúcса is. A Föld összes mezőjére is ez várható. Mivel a felfedezések csúcса 1965-ben volt, a kitermelés globális csúcса 2005–2015 körül várható.



4. ábra. Az olajmezők globális felfedezési rátája (kék), és a kitermelés alakulása (2010-től modell; piros). Forrás: mobejctivist blog

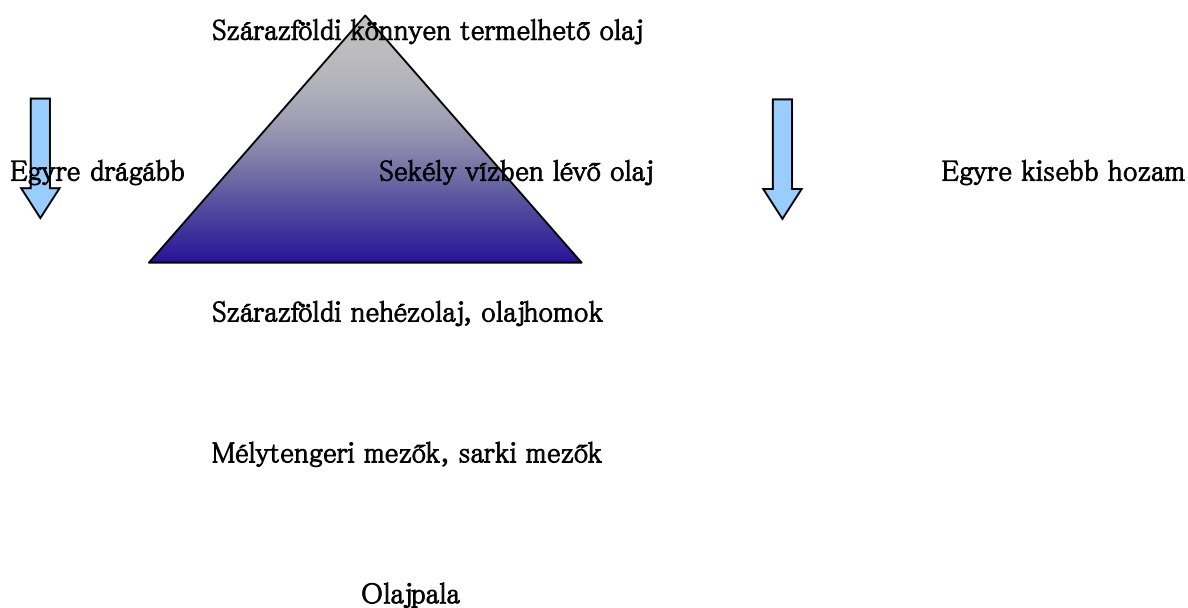
A világ kőolajtermelése annak ellenére, hogy a piacon 2005 és 2008 között megháromszorozódott az olajár, az említett időszakban nem volt képes növekedni, holott a drágább ár kitermelésnövelő hatást szokott kifejteni. Ez jelenleg azért maradt el, mert a bővülésre nincs fizikai lehetőség. Valószínűsíthető azonban, hogy főképp az OPEC-országok részéről szándékos termelés-visszafogás történik, így a kitermelés esetleg még nőhet a rendelkezésre álló tartalékkapacitás (spare capacity) kihasználásával, melyről csak bizonytalan OPEC-adatok állnak rendelkezésre. Az OPEC-országok a tartalékkapacitást 3 millió hordó/nap-ra teszik, ennek jó része Szaúd-Arábiáé. A valóság azonban közelebb lehet ahhoz a gyanúhoz, hogy Szaúd-Arábia már nem képes jelentős (~2 millió hordó/nap) kitermelés-növekedésre, és a tartalékkapacitás az összes OPEC-országra 1 millió hordó/nap lehet, ennek felhasználását valószínűleg húzni fogják, míg az olaj ára tartósan magasabb lesz.



5. ábra. A világ olajtermelése minden olajfésülés tekintetében (All Liquids) 2002 és 2010 január között, millió hordó / nap egységben. (EIA, IEA adatok alapján: OilWatch Monthly, 2010/3). 2005 és 2009 között a kitermelés nem nő, hanem egy 4%-os fluktuációs sávban ingadozik (két behúzott vonal)

Egzotikus olajkészletek

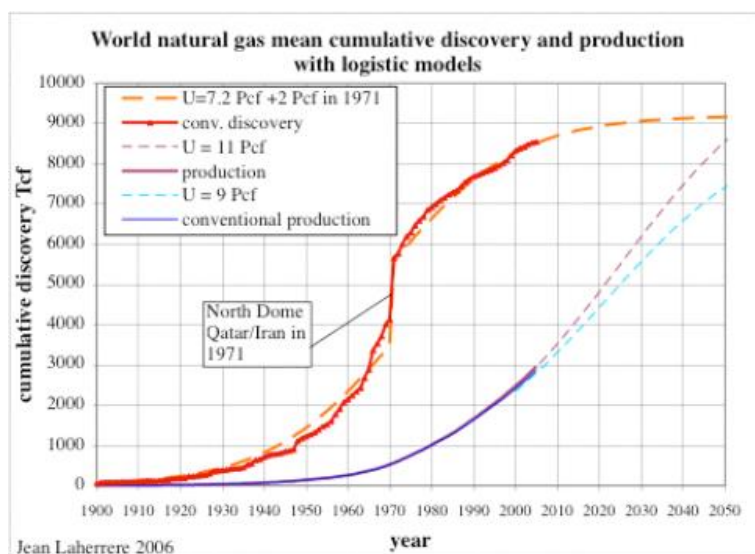
Nem ugyanolyan könnyű a kis mélységben fekvő készletekhez hozzáférni, mint nagy mélységű készletekhez. Miután kezdetben a felszínhez közeli, kis befektetéssel feltárható mezőket termelték ki, mostanra a nehezebben kitermelhető mezők maradtak hátra. Az adott olajfőleséghez tartozó készlet nagyságát a háromszög szélessége jelzi, de egyúttal azt is látjuk, hogy a nagyobb (és egyúttal egzotikusabb) készlet kitermelése drágább és nem lehetséges akármilyen ütemben.



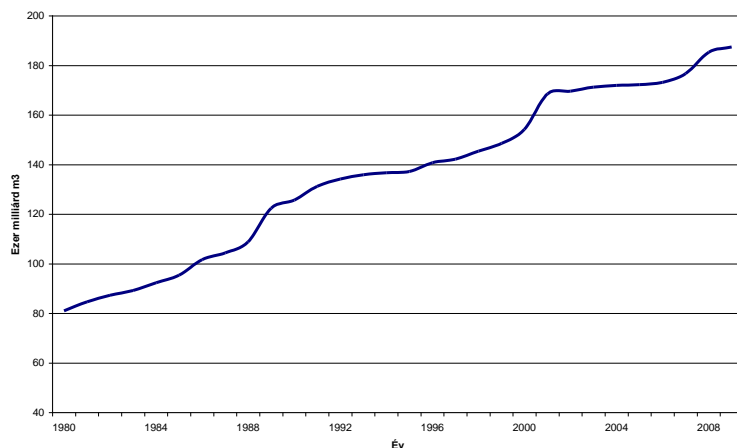
2. Földgáz és gázpala

Hagyományos gázkészletek

A gázmezők összességét nehezebb becsléni, mint az olajat, az adatok kevésbé megbízhatóak. Azonban lehetséges egy olyan modellt készíteni, amely helyesen becsli meg a még felfedezhető, és a már felfedezett mezők összességét, azaz a földben lévő összes hagyományos gáz mennyiségét.



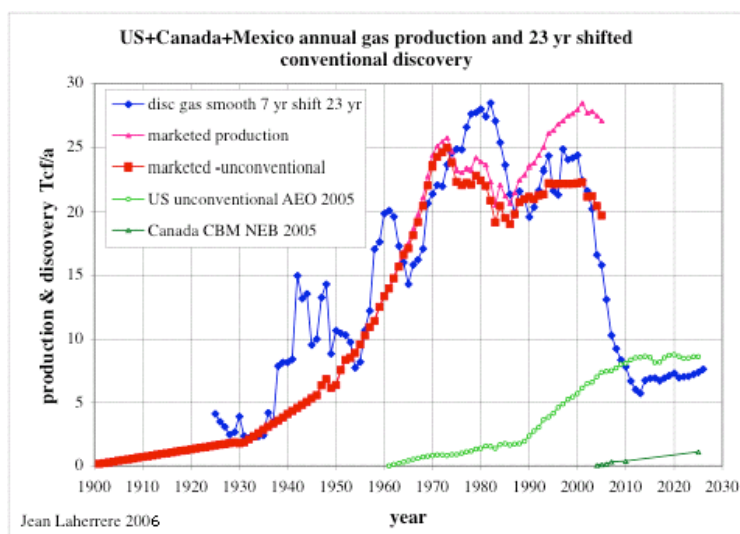
6. ábra. Jean Laherrere modellje a földgáz kumulatív felfedezésére. Az összes gáz mennyisége a modell szerint 9000 és 10 000 Tcf (ezer milliárd köbláb) között lehet, ami megfelel 243 000 milliárd - 270 000 milliárd m³-nek. Forrás: Laherrere, 2006



6. ábra. A Föld összes földgáz-tartalékának változása 1980 és 2009 között (Forrás: BP).

A 6. ábra mutatja, hogy az 5. ábrán bemutatott Laherrere féle kumulatív modell helyes, ugyanis 2009-ig 180 ezer milliárd m³-ra (6700 Tcf, ezer milliárd köbláb) tehető a Föld maradó földgázvagyona a BP adatai szerint. Ez megfelel Laherrer modelljének, amelyben 2009-re 9000 Tcf felfedezett készletet jósol, amelyből addigra kitermeltek 3500 Tcf-et, azaz a maradék készlet 5500 Tcf. Laherrere fenti modellje még nem tartalmazza a nem hagyományos mezőket, melyekkel együtt 6500 Tcf-et kapunk teljes maradékra 2009-re.

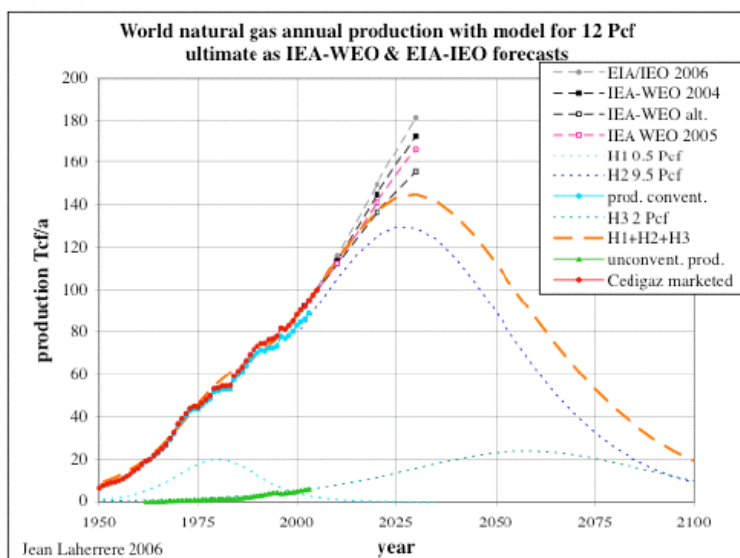
A gázmezők felfedezését kb. 20-25 évvel eltolva követi a kitermelési görbe, ezt a következő ábra illusztrálja az USA esetén.



7. ábra. Az Egyesült Államok területén felfedezett gázmezők (kék) 7 éves görgőátlaga, mely görbét 23 évvel eltolták a jövőbe. Így a felfedezések üteme fedésbe került a kitermelés görbéjével (piros, ill. 1970 után a lila). A kitermelésbe a 70-es évek után beleértendőek a nem hagyományos gázmezőkről származó mennyiségek is (ezek kitermelését külön a zöld vonal mutatja). A nem hagyományos gázmezők nélkül a kitermelési görbe (piros vonal), nagyon erőteljesen korrelál a hagyományos gázmezők felfedezési ütemével (kék vonal). (Forrás: Laherrere)

Az ábra tanulsága az, hogy amennyiben a Földön tetőzik a földgázmezők felfedezése, azt 20–30 éven belül a kitermelés tetőzése követi.

Jean Laherrere modellezte, hogy kb 10 000 Tcf (ezer milliárd köbláb) hagyományos és 2000 Tcf nem hagyományos kitermelhető gázvagyonot feltételezve, mi várható a gáz területén az elkövetkezőkben, egy logisztikus modell alapján. Az eredmény az volt, hogy 2025 és 2030 között bekövetkezik a földgáz kitermelés tetőzése. A hagyományos gázmezők hozama 2020 és 25 között tetőzik, a nem hagyományos mezőké 2050 körül. A két logisztikus görbe, illetve összegük is látható a 8. ábrán.



8. ábra. A Föld gáz kitermelésének jövőbeli alakulása. Az összesített (hagyományos + nem hagyományos) kitermelés a narancssárga szaggatott vonal szerint halad. A hagyományos gázmezők kitermelése a kék pontozott vonalat követi majd, 2025 körüli kitermelési csúccsal, a mostanában egyre többet emlegetett nem hagyományos készletek termelése a zöldeskék pontozott vonal, 2050–2060 közötti tetőzéssel. Az egyesített gázhozam-csúcs 2030 körül várható. A modell készítése idején az IEA (nemzetközi Energiaügynökség) előrejelzései folytonosan növekvő kitermeléssel számoltak, csúcs modellezése nélkül. (Laherrére)

Amennyiben ezt a modellt fogadjuk el, és nem az IEA igényből levezetett folyton növekvő kitermelését, mely azt tételezi fel, hogy elég magas ár meghozza a kellő felfedezéseket, úgy azzal számolhatunk, hogy a kitermelés a mai színtről még 40–50%-al nő a 2030-as évtizedig, majd elkezd csökkenni. Még ekkor is nőni fog a nem hagyományos részarány kitermelési üteme, de ez vsz. jóval drágább gázt fog eredményezni 2025 után, vagy ahhoz hasonló helyzetet, mint ami 2005 és 2008 között történt az olajpiacon. A hagyományos C&C könnyűolaj kitermelése 2005-ben tetőzött, és azóta nem nőtt. A különbséget a nem hagyományos mezőkkel akarták kitölteni, ez egyrészt nem sikerült, másrészt ár-robbanást okozott.

Nem hagyományos gázmezők, gázpala

A gázmezők hagyományosan nagy gázbuborékként képzelhetők el a föld alatt. A nem hagyományos gázkészletek (gázpala pl.) pedig úgy, mint egy szivacs, tele buborékokkal, amik sokkal kisebbek, mint egy hagyományos mező. A

200-es évek elejéig ezt nem lehetett kitermelni technikailag, manapság azonban függőlegesen lefúrva a palába, ebből a furatból oldalra, vízszintesen furatokat vágnak (mint az E betű, olyan alakban) és ezután hidraulikusan megrepesztik a kőzetet, ettől sok kis buborék felnyílik és felszínre jut a gáz.

Egyes amerikai gázcégek és az USGS állítása az volt, hogy mivel az USA pl. jelentős gázpala készletekkel bír, azok 100 évre elegendő készlettel bírnak az USA számára, ha a technikailag kitermelhető készletet nézzük. Ez az USA esetén 1836 ezer milliárd köbláb (51 ezer milliárd m³), melyből a gázpala 616 ezer milliárd. Azonban ha a P₂ (azaz valószínűleg ténylegesen kitermelhető) készletet vizsgáljuk, az már csak 441 ezer milliárd köbláb és ebből gázpala 147 ezer milliárd köbláb. Ez így már csak 10 év kb. Azonban ez is logisztikus görbe szerint termelhető ki, tehát nem férhető hozzá akármekkora éves ütemben.

A befektetők egyöntetű állítása szerint 5 \$ / Mcf alatti befektetés elegendő. A valóság egész más képet mutat:

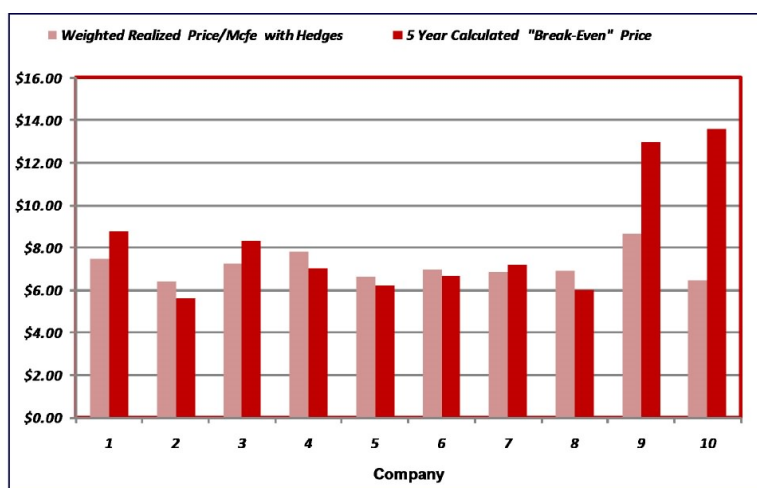
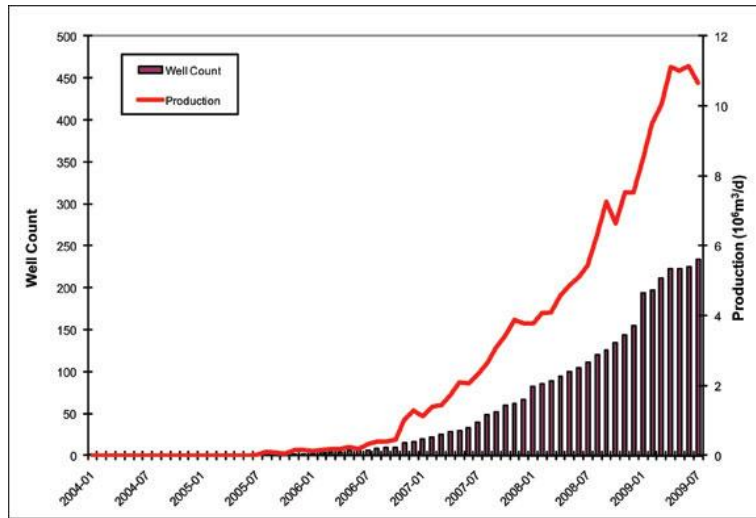


Figure 1. Selected shale company five-year production costs. Data from published company files.

9. ábra. 10 gázpala-termelő társaság adatai a gázár-megtérülés viszonyában. A piros oszlop tartalmazza a teljes kalkulált költséget, melybe kerülnie kell ezer köbláb innen származó gáznak, hogy megtérüljön. Ez átlagosan 8–10 dollár körüli, az ábra alapján. (A. Berman cikke alapján)

Lényegében az idő előrehaladtával a teljes megtérüléshez mindig 5 dollár fölötti ár társult, s mivel a mezőn kicsi buborékok adják a hozamot, amelyek gyorsan kimerülnek (egy kút nem termel évekig), a teljes költség nagyon magas, egyes esetekben 10 dollár fölötti ezer köblábanként.

Az alábbi ábrákon az látható, hogy egy gázpala-mező esetén a legtöbb kút 5 évnél fiatalabb, és ezek adják a termelés javát is. Ennek oka a nagyon gyors kimerülés. Egy kút az első éves hozamához képest töredéket ad néhány év múlva. Ez drágítja meg a gázpala-felhasználás korlátját: a termelés szinten tartása állandó kút létesítéseket kíván meg, a növelés pedig még inkább.



10. ábra. Kutak száma (oszlopok) és gáztermelés (piros vonal) egy gázpala mezőn.

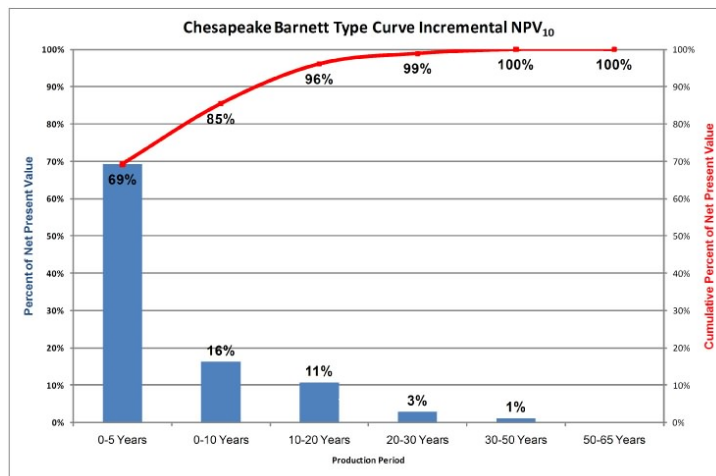


Figure 10. Barnett Shale Chesapeake Energy type well PV₁₀ by production period. Data from published company files.

11. ábra. A Barnett palán dolgozó kutak kor szerinti eloszlása. A fiatal kutakból jóval több van, ez arra utal, hogy a kutak nagyon gyorsan merülnek ki. (A. Berman cikke alapján)

Történetileg nézve a gáz és az olaj közötti ár-összefüggést, az derül ki, hogy a gáz ára általában 1/10-e az olajénak WTI-adatból számolva (West Texas Intermediate, a legtöbb olajár ebben van megadva). Amikor az olaj ára tartósan 80 \$ fölötti, valószínűsíthető egy gazdasági válság, azaz a gazdaság olajterhe, olajszámlája túl magas. Ehhez egyébként 8 \$-os gázár tartozik ezer köblábanként, azaz a gázpala sosem lehet alternatíva, mert amikor megtérülne, már válságot okoz az ára.

3. Kőszén

kőszén napjainkig is az egyik legbőségebb fosszilis forrásként tartják számon. Éppen ezért (illetve az URR¹¹ készletek becslésének nagy hibája miatt) a szénkitermelés csúcsát sokféle, és késői időpontra jelezték előre több kutatócsoportnál is.

¹¹ Ultimately Recoverable Resources)

Az egyik legjobbnak tekinthető modellt Mohr és Evans dolgozta ki, a szénkitermelés alakulásának előrejelzésére¹², melyet más nem megújuló energiaforrásokra is alkalmazni lehet. A fenti modell kialakításának egyik indítóokául a széncsúcsot megjósoló különböző modellek előrejelzései közötti jelentős eltérések szolgáltak. Korábban a kitermelhető szén mennyiségét bőségesnek gondolták, Hubbert (1976) haranggörbe illesztésével ezért is tette a széncsúcsot 2100 és 2200 közé (10–24 Gt/év értékkel - 2006-ban az éves kitermelés 6,2 Gt volt). A későbbi számítások azonban azt ennél jóval korábbra teszik. Laherre (2004) szintén haranggörbét illesztett a kitermelési adatokra, azonban már jóval szerényebb mértékű kitermelhető széntartalékkal kalkulált, s a kitermelés tetőzését 7,2 Gt/év értékkel 2050-re tette. Az Energy Watch Group (2007) számításai a 7,4 Gt/éves kitermelési csúcsot jósoltak 2025-re. Ez utóbbi modell abban különbözik az előzőektől, hogy nem globálisan nézte a szénhelyzetet, hanem egyes országokra lebontva, majd a kapott eredményeket összegezte. Mohr és Evans szerint ez az eltérés nem eredményezhet ilyen nagy különbséget (még akkor sem, ha az EWG csak az utóbbi évek statisztikáit vette figyelembe), ezért is gondolták fontosnak egy átfogóbb, nem csupán haranggörbe illesztéssel kalkuláló modell létrehozását. Számításaik során a kitermelhető szénkészletek (antracit, bitumenes és szub-bitumenes szén ill. lignit) pontosabb megbecslésére is vállalkoztak.

A kitermelhető szénkészletekre (URR - ultimate recoverable resources) igen kevés becslés létezik. Hubbert 2000 és 7600 Gt közé tette ennek értékét, Laherre és az EWG 1100–1200 Gt közé, míg Rutledge (csupán szénkitermelési statisztikák alapján) 660 Gt-ra becsülte. Thielmann (2007) így véli, hogy Laherre és az EWG alábecsüli a készleteket, míg jelen szerzők szerint túlbecsüli. Mohr és Evans három különböző módon megbecsült értékkel (700, 1243 ill. 1144 Gt) három eltérő forgatókönyvet dolgozott ki. A modell előrejelzése szerint a széncsúcs 2010 és 2048 között fog bekövetkezni, az energialapú csúcs 2011 és 2047 között. Ezen intervallum a kitermelhető szénkészletek pontos ismeretének hiányában nem szűkíthető. A legjobb becsléssel a szénkitermelés csúcsa 2034.

Fosszilis csúcs, összefoglalás

Az eddigiekből látható módon a három, gazdaságunkat legjobban befolyásoló fosszilis forrás kitermelési csúcsa az elkövetkező 30 évben megtörténik. A táblázat összefoglalja az eddigieket.

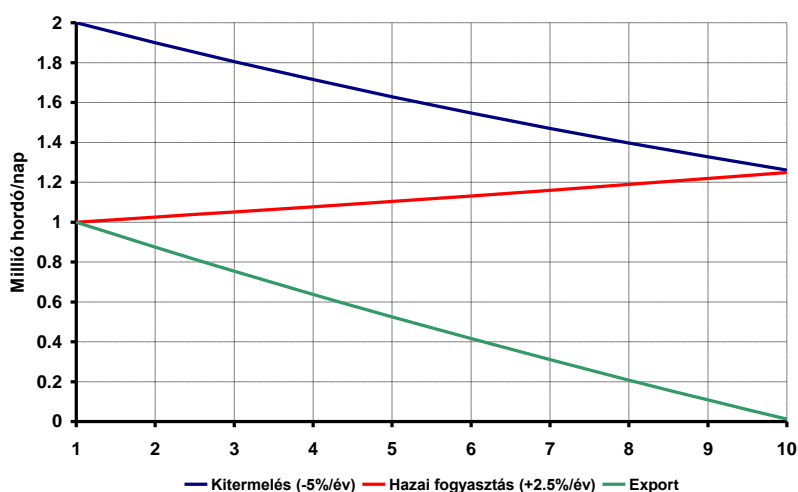
Forrás	Legkorábbi becslés	Legkésőbbi becslés	Valószínű érték
Kőolaj	2005 (Deffeyes)	2035-ig nem (IEA)	2008 vagy 2011 (FFEK)
Földgáz	–	2035-ig nem (IEA)	2025 (Laherre)
Kőszén	2025 (EWG)	2100 után (Hubble)	2034 (Mohr–Evans)

¹² Az Elsevier-hez 2008. nov. 14-én beadott preprint alapján

A fosszilis források exportja

Az előzőek során meghatároztuk a kitermelés tetőpontját az egyes forrásokra. Még sincs addig időnk cselekedni, az ezekből exportra eladott mennyiség már előbb elkezd csökkenni, az Export Land Model keretében tárgyalható módon.

A legnagyobb kitermelő országok folyékony szénhidrogének esetében a legnagyobb exportőrök is. Ezeket az országokat továbbá növekvő hazai szénhidrogén-felhasználás jellemzi. Így, az exportra jutó szénhidrogén mennyisége 2 ok eredőjeként csökken: a kitermelés csökkenése és a kitermelő ország belső fogyasztásának növekedése miatt.



12. ábra. Az Export Land Model. Egy kitalált termelő ország napi 2 millió hordó olajat hoz felszínre, és hazai fogyasztása 1 millió hordó / nap. A termelés évi 5, a saját fogyasztás évi 2.5%-al nő. 10 év alatt eltűnik az ország exportja. (Saját ábra)

Az **exporton mozgó kőolaj mennyisége 2005-ben tetőzött**, azóta lassan csökken. (Foucher et al. 2009) Európa, és főképp hazánk esetén azonban ettől is fontosabb a földgáz helyzete. Az európai szállítás Oroszország, Norvégia és Algéria irányából 2013-ban csökkenni kezd (WSC). Ha az oroszországi Jamal-félszigeten megindul a gáztermelés, akkor ez eltolódhat 2019-re (BSC). (FFEK számítások, 2010). Mindebben nem vettük figyelembe még a növekvő kínai gázéhséget.

A kőszén esetében a nagy készlettel rendelkező országok a nagy felhasználók is (USA, Kína), így az exporton lévő szén mennyisége összesen 2%-al nőtt 2007-ről 2008-ra, Kína exportja meredeken csökken, lényegében eléri a nullát 2010-ben, vagy 2011-ben. Ami számunkra érdekes Lengyelország, Németország és Ukrajna exportja is csökken, míg hazánk szénbehozatal évi 4%-al nő. (EIA database)

Egy iskolapélda: Kína, 2010

A kínai szénbányászat egyelőre képes fedezni a felhasználást. Látszólag pont annyi a termelés, mint a felhasználás. Általában egy ország évi fogyasztásának harmadát, 4 hónap fogyasztását tárolja. Mivel Kínában évente 10%-al (tavaly 9.6%-al) nő a fogyasztás, a biztonsági készleteknek is így kell nőni. Ez hozzávetőlegesen 120 millió tonna olajekvivalens szén plusz beszerzését indokolja, mert ezt már nem képesek a kínai bányák előállítani. A 2010-es kínai szénimport pedig 104 millió tonna, azaz a feltevés helyes. Ez a széntömeg a világ széneladásának 11%-a, **ez arra elég, hogy a tárolt kínai biztonsági készletek elégséges szinten maradjanak.** Ha elkezdi lassulni a kínai széntermelés, akkor a kínai import rakéta-gyorsasággal kezd nőni. Ha pedig csak pusztán minden így megy tovább, 14 év múlva már a világ piacain mozgó szén harmadát Kína fogja megvásárolni. Mindkét esetben összeomolhat a globális szénpiac.

Magyar lehetőségek

A lakosság a legnagyobb felhasználó. A felhasználás megoszlása az alábbi tortadiagrammon látható.



14. ábra.

Jól látható, hogy a lakosság esetén a **fűtés korszerűsítése és a szigetelés** jelenti a legnagyobb potenciált. Amennyiben a lakosság fűtési és melegvízre fordított energiájának 30%-át különféle takarékosági és aktív megújuló eszközökkel meg lehet spórolni, ill. termelni, a teljes (jelenleg fosszilis alapú) energiafogyasztásunk 7%-al csökkenne. Ez jellemzően az amúgy is túlreprezentált gázfogyasztásban jelentkezne.

A következő lehetőség a kevesebb megtett km, azonban ez a jelenleg legnehezebben megvalósítható lépés, egyrészt a tanulók és a munkába járók miatt, valamint egyéb okokból is.

A **közlekedés** terén lehetőséget jelent viszont a hazai gyártású/előállítású lokális termékek szerepének növelése, mert ez az ipar és a kereskedelem terén mozgatott áruk energiatartalmát 30%-al lenne képes csökkenteni. Ha sikerülne a termékek felét 50 km-es körben beszerezni, akkor a teljes energiamérleg 5.5%-ot javulna, ez főképp az import kőolaj mennyiségét csökkentené.

A villamos-áram fogyasztás terén jelentéktelenek az olyan akciók, mint pl. az energiatakarékos izzók bevezetése, vagy a jobb energiasztályú háztartási gépek használata. Mivel a lakossági fogyasztás ~3-5%-a kapcsolatos ezekkel

a területekkel, az itt elérhető 40–50%-os megtakarítás a végenergiában 0.5%-ot jelent. A Jevons-paradoxon¹³ miatt azonban az elektromos szerkezetek növekvő térhódítása ezt fel is emésztí.

Mivel azonban eddig végenergia-adatokkal dolgoztunk, a kapott 12.5%-ot, melyet a takarékoság eredményezne, át kell konvertálni primer oldalra, így 9.3%-ot kapunk, ami jelentős eredmény ugyan, de nem éri el az EU által elvárt 20%-ot.

Magyarország teljes évi energiafogyasztása 1140 PJ, azaz 1140×10^{15} Joule évente. Ez egy főre és egy napra lebontva a következőket jelenti. Egy magyar ember egy nap átlagosan 86.7 kWh energiát fogyaszt. Ez a nyugat-európai szintnek kétharmada, az amerikaiak mintegy 40%-a. A továbbiakban ezt az energia-mértékegységet használjuk.

Egy ember egy nap kb. 1 kWh munkát képes elvégezni, azaz 1 kWh/nap egy ember kétkezi teljesítménye. Ezért egy átlag magyar ember a közlekedésen, fűtésen, ételmezésen, villamosságon stb. keresztül 87 rabszolga izomerejének megfelelő teljesítményt köt le. Az Egyesült Államokban ez a szám 200 körüli, az EU-15-ben kb. 150, Kínában 40, Pakisztánban 15, Bangladesben 5.

Geotermikus energia

A geotermikus energiahasznosítás három területen lehetséges az országban: termálfürdőkkel összekapcsolva, geotermikus kutak esetén és hőszivattyúkkal.

Gyógyfürdők

A gyógyfürdők vizében egyelőre nem hasznosított hőjének hasznosítása összekapcsolható a geotermikus energia-felhasználás jövőbeli céljaival.

FORRÁS	Hasznosítás/lehetőség	Teljes magyar fogyasztás %-a
Termálvízben rejlő hő	12–24 PJ / év	1.1 – 2.2 %
Karsztvizekben rejlő hő	~ 10 PJ / év	~ 1 %
Ebből hasznosított hő (2006)	3.6 PJ / év	0.38 %
Összes lehetőség a jelenleg kitermelt termál- és karsztvízből	22–34 PJ / év	1.9 – 3 %

¹³ http://en.wikipedia.org/wiki/Jevons_paradox

Geotermikus hő és áram, hőszivattyúk

A geotermikus energiahasznosítás másik két területe, mely a termálfürdőkötől független a **geotermikus energiával termelt áram és hozzá kapcsolt hőszolgáltatás** és a **hőszivattyúk** területe. Általában igaz, hogy a geotermikus melegvíz áramtermelési hatásfoka alacsony, ennek oka a vízhőmérsékletben rejlik. Míg egy turbina esetén a vízgőz hőfoka 600 ° C körül is lehet, itt legföljebb 150 ° C körüli értékek fordulnak elő. Az áramtermelés hatásfoka pedig függ a ΔT hőmérséklet-különbségtől. Emiatt itt speciális erőművi ciklusokat alkalmaznak: ORC- vagy Kalina ciklust, a hagyományos erőművi $\sim 34\%$ hatásfokkal szemben itt legföljebb 2.9–10% hatásfok érhető el. A hódmezővásárhelyi geotermikus fűtőmű évi 0.1–0.3 PJ kitermelését végzi. 50–100 hasonló fűtőművel a kitermelhető és hasznosuló hő 5–30 PJ / év, a teljes hazai fogyasztás 0.43–2.6 %-a. Mivel gázhelyettesítésre 100 %-ban alkalmas, így előnyei vonzóak.

Az említett hatásfokok miatt egy kWh kivett villamos energiára 9 kWh kivett hő esik 10% hatásfok esetén. Ennek túlnyomó része hasznosítható. Együttesen erőművi szinten kivethető **10–100 MW** villamos áram (0.31 PJ - 3.1 PJ / év) és a vízben rejlő hő kaszkádjával még mintegy **1.8 - 18 PJ /év** hőmennyiség nyerhető ki, 30 ° C végső vízhőfokot feltételezve.

A hőszivattyúk esetén a becslések szerint ~ 10 PJ hőenergia nyerhető ki, de ez bruttó energia, azaz ebbe nem számoltuk bele, hogy a hőszivattyúk árammal működnek. Jóságuk 1:4 arányú, azaz 1 egység áram felhasználásával 4 egység hőt állítanak elő. Mivel a magyar villamos áramtermelés mintegy fele hőerőmű, ahol 25–34% a hatásfok, így a 1:4 arány primer energiahordozóra váltva $\sim 2:4$ arányra romlik. Ekkor ez a bruttó ~ 10 PJ megtermelt hő ~ 4 PJ nettóban mérve. A többi geotermikus forrásnál ez a hatás nem lép fel.¹⁴

Összefoglalva:

FORRÁS	Hasznosítási lehetőség	Teljes magyar fogyasztás %-a
Termál- és karsztvízből	22–34 PJ / év	1.9 - 3 %
Geotermikus kutak (hő+áram)	0.31–3.1 + 1.8 - 18 = 2.11 - 21.1 PJ / év	0.19 - 1.9 %
Hőszivattyú	~ 4 PJ / év	0.35%
Összesen	28.1 - 59.1 PJ /év	2.45 - 5.1 %

Biomassza

¹⁴ A kutak szivattyúinak is van áramigénye, de az nem ekkora súlyú a folyamatban, mint a hőszivattyú esetén.

A biomassza esetén ki kell térni a szilárd biomasszára, a bioüzemanyagokra és a biogázra, azaz kimeneti oldal szerint vizsgáljuk a területet, de ezzel elhanyagolnánk a komplex szemléletet. A következőkben egy különböző megközelítést mutatunk be.

Biomassza és bioüzemanyag

A biomassza hasznosítás a komplex szemléletben kettős forrású. Egyrészt a meglévő erdők fenntartható fahozamát, másrészt a mezőgazdasági termelés másodlagos termékeinek felhasználását jelenti. Mindkét esetben a fenntartható művelés során képződő melléktermékeket számíthatjuk bele a megújuló kosarába, a megújulásnál gyorsabb felhasználás az erdők elfogyásához, illetve a mezőgazdasági területek túlhasználatahoz vezet, tönkremegy a föld. Megjegyezzük, hogy a jelenleginél lényegesen nagyobb biomassza-hozamok sem a termőföldi hasznosítás, sem az erdészeti hasznosítás esetén nem lehetségesek, nettó értéket tekintve; amint azt több tanulmány is kimutatta.

Az energia célú növények (energiaültetvények, bioüzemanyag-források) telepítése nem javasolt; élettartamuk alatt tönkreteszik és kiszigerelik a földet, valamint elnyomnak szinte minden más növényt.

A bioüzemanyagok egy része energia-szempontról nem gazdaságos, vagy túl nagy ökológiai lábnyommal bír. Az előbbi mutatja a következő táblázat:

Energetikai hasznosulások (EROEI; azaz $E_{\text{kinyert}}/E_{\text{befektetett}}$) folyékony célú biomassza esetén:

Etanol (cukornád):	0.8 – 1.7
Etanol (kukorica):	1.3
Etanol (kukoricaszár):	0.7 – 1.8
Metanol (fa):	2.6

A táblázatból látható, hogy a bioüzemanyagok gyártása alig ad több energiát a befektetettnél, azaz nem szabad gyártásukban jelentős lehetőségeket feltételezni, két okból sem: az alacsony energetikai hasznosulás és a terület-használat miatt.

Jelenleg az ország területének 21%-a erdő,¹⁵ ennek fenntartható hozama 1180 MW teljesítménnyel egyenértékű, vagy 37 PJ energiát ad évente, ez a teljes energiamérleg 3.3%-a. Az energia-hasznosulás (EROEI) **5 körüli**.

¹⁵ Bár ez a szó szoros értelmében ökológiailag inkább ültetvény, természetközeli erdők alig akad.

A másik terület, ahonnan származhat energia-bevitel, a mezőgazdasági termőterületek másodlagos termékei, hulladékai. Magyarország 4.5 millió hektáron folytat mezőgazdasági művelést, azaz egy főre 4190 m² mezőgazdasági terület jut az országban. Tudjuk nyugati tapasztalatokból és becslésekből,¹⁶ hogy az ebből nyerhető teljesítmény 0,05 és 0,2 W/m² között van. Amikor azonban a másodlagos termékeket használjuk, melyek az élelemtermelés szempontjából visszamaradnak, akkor legföljebb 10%-os energiakinyerést vehetünk a teljesen energia-célú hasznosításhoz képest. Ez 0,02 W/m² közepes értéket jelent. Ezzel számolva ez 900 MW teljesítménnyel egyenértékű, vagyis 29 PJ, a teljes felhasználás 2.6%-a. Mindehhez még hozzájárulhat a feldolgozás során keletkező másodlagos hulladékok (fűrészpor, állati maradvány stb.) hasznosítása, ez kb ugyanekkora, 1-2% nagyságrendű a teljes fogyasztáshoz mérve. Az energiahasznosulás (EROEI) **4 körüli**.

Ha opcióként az ország termőterületéből visszaalakítunk 1 millió hektárt ártéri jellegű gazdálkodásra alkalmas területté, és ennek felén a fenntartható hozamot energetikai céllal hasznosítjuk, az 3560 MW hőkapacitással egyenértékű, azaz 107 PJ, vagyis 9.4% a teljes fogyasztásból.

Biogáz

Magyarországon egy évben 4,5 millió tonna szilárd hulladék keletkezik, ebből egy főre vetítve egy nap 0,072 m³ metánt lehetne előállítani, mely kb. 9 PJ energiával egyenértékű.

Az állati trágya összes tömege 9 millió tonna évente. Ha mindezt felhasználjuk metán-előállításra, az 0,144 m³ metán fejenként, azaz 18 PJ/év és a teljes fogyasztás 1.65%-a.

A két gáz alapú forrás együtt 27 PJ, és a teljes fogyasztás 2.5%-a.¹⁷

FORRÁS	Lehetőség	Országos fogyasztás %-a
Erdészeti biomassza	37 PJ	3.3 %
Mezőgazdasági biomassza	29 PJ + ~20 PJ (másodlagos)	2.6% + 1-2%
Biogáz	27 PJ	2.5%
Lehetőség: árterek	107 PJ	9.4%
Összesen	113 - 220 PJ	9.9 - 19 %

A továbbiakban két egzotikus lehetőségről írok, melyek valós felhasználása sokáig még nem ad számottevő értéket a magyar energiatermelésbe, ez a nap- és a szélenergia.

¹⁶ Elean szalmaerőmű, Nagy-Britannia; KSH adatok

¹⁷ Lehetséges terőföldön termesztett növények fermentálása is, erre a németországi példák mérvadóak. Itt a teljesítménysűrűség kb. néhány W/m².

Nap és széleenergia

Napenergia

A napenergia hasznosításához 3 alapvető terület tartozik:

- a nap hőjének hasznosítása napkollektorok és koncentráló szolár-termál rendszereken keresztül
- napelemeken keresztüli áramtermelés
- biomasszán keresztüli közvetett hasznosulás

Magyarország esetén a jelen jogi szabályozással ebből kettőnek van nagyobb mértékű létjogosultsága, az egyik a koncentrált szolár-termál napkollektorok (CST) használata, a másik a biomassa (ld. korábban).

1.) Napkollektorok, CST-rendszerek

A legdurvább becslés esetén abból indulhatunk ki, hogy Magyarország területén 1 m^2 -re $150\text{--}170 \text{ W}$ teljesítmény esik átlagosan (ebbe a felhők hatása és az éves változás is bele van értve), az Egyesült Királyság középső részén a sok felhő és a magasabb földrajzi szélesség miatt ez csak 110 W/m^2 , a Szaharában 260 W/m^2 .

Azt is elképzelhetjük, hogy az ország legnaposabb részén építünk CST-napfarmokat, jellemzően a Dél-Alföld térsége jöhet számításba.

Viszont egy CST-napfarm esetében nemcsak maguk a tükörfelületek vannak, hanem közöttük utak és kiszolgáló rendszerek, így a napfarmok területe csak a rájuk eső teljesítmény egy részét használják. Spanyolországi tapasztalatok mutatják, hogy dél-európai körülmények között 10 W/m^2 hasznos teljesítményt gyűjt be egy CST-napfarm. Ez például azt jelenti, hogy egy 1 MW teljesítményű napfarm területe $100\,000 \text{ m}^2$, azaz 10 hektár. Azonban Magyarország északabbra fekszik Spanyolországtól, így hazánkban 8 W/m^2 értékek képzelhetők el. Egyelőre 1000 hektárnál (10 km^2) jelentősen nagyobb napfarm-mennyiséggel nem lehet számolni az országban, ehhez 100 MW villamos teljesítmény tartozik - átszámítva ez 3.15 PJ , vagy 2.75% .

Energia-hasznosulás ($E_{\text{kinvert}}/E_{\text{befektetett}}$):

Koncentráló napkollektorok	15–40
Napelem	10–30

Koncentráló napkollektorok:

Installálva: 600 MW (globális) / épül 400 MW / nincs (Magyarország)

Napelem:

Installálva: 8325 MW (2007, globális) / jelentéktelen (Magyarország)

2.) Napelemek. Amennyiben napelemek esetén is fejlődés kívánatos, meg kell változtatni az átvételi ár-szabályozást, mely gátolja ennek az energiafajtának az elterjedését.

Szélenergia

A szélerőművek esetén három fontos tényezőt kell számításba vennünk, az átlagos szélesebbesség-értékeket, a jobb adottságú helyek területének nagyságát, és a méret-tényezőket.

Magyarország nem tartozik a világ szelesebb vidékei közé. Az országban csak néhány terület szélesebbesség értéke elég magas ahhoz, hogy ott gazdaságilag is versenyképes szélpark létesüljön. A legkedvezőbb helyek telepítési szempontból a Kisalföldön, Veszprém környékén a Dunántúli-középhegységben illetve az Alföld délkeleti részén található.

A Magyarország területén mérhető 2,5 m/s sebességkülönbség¹⁸ 4,3-szoros teljesítménykülönbséget jelent. Mivel egy 1 MW névleges teljesítményű turbina telepítési költsége meghaladhatja az 1 milliárd forintot, a telepítés előzménye gondos szélesebbesség-mérés kell, hogy legyen, hogy ebből a névleges teljesítményből minél több hasznosulhasson.

Az ország területén 1 m² szélfarm-terület a legjobb helyeken is legföljebb 0.7–1,2 W/m² talpterületre számolt teljesítménysűrűséggel bír. Az ország legszelesebb 1%-át alapul véve az itt elérhető összes kivehető teljesítmény 930 MW, amely megfelel 29 PJ-nak, amely a teljes fogyasztás 2.6-a.

Mivel a szélesebbesség nem állandó, és turbinák jellemzően 1–1,5 m/s sebesség-értékeknél indulnak el, és a szélesebbesség folyton változik, ezért a turbinák összesített névleges teljesítményénél kisebb értéket kapunk a valóságban a szélfarmból. A névleges teljesítményt úgy adják meg, hogy a turbina tervezésénél figyelembe vett értékű állandó szélesebbesség esetén mit adna le a turbina. A tényleges teljesítmény ennek mindig csak egy része, ezt a számot futási faktornak is nevezik. Magyarország esetén ez a szám 20% a legjobb helyeken. Mivel kiszámítottuk, hogy ténylegesen 930 MW teljesítményt adna az ország legszelesebb tájain kiépített szélfarmok összessége, és a

¹⁸ A jellemző 4 m/s és a legjobb helyeken mérhető 6.5 m/s között

futási faktor 20%, ez $930 \times 20 = 4500$ MW (3000–4500 db) névleges installált szél-turbina-teljesítményt jelent. Jelenleg az országban 127 MW szél-turbina üzemel, mely ennek csekély töredéke. Ezért ez a forgatókönyv esélytelen.

Energia-hasznosulás ($E_{\text{kinyert}}/E_{\text{befektetett}}$): 10–30

Installálva: 120,7 GW (globális) / 127 MW (Magyarország)

Megújulók integrálása

A megújuló energiaforrások egy része mind erősségét, mind működését/meglétét tekintve véletlen eloszlású, azaz nem egyenletesen és nem mindig áll rendelkezésre. A továbbiakban erről írunk, miként valósítható meg a megújulók integrálása.

A véletlenszerű betáplálás problémája

A villamos energia használat napi, heti, évszakos és évi jellegzetességeket is mutat. A MAVIR (Magyar Villamos Irányítási Rendszer) feladata, hogy kielégítse a fogyasztók igényeit. Éppen ezért az irányításnak úgy kell működtetnie a magyar erőművi rendszert, hogy a napi, és hosszabb távú ingadozásokat is ki tudja elégíteni.

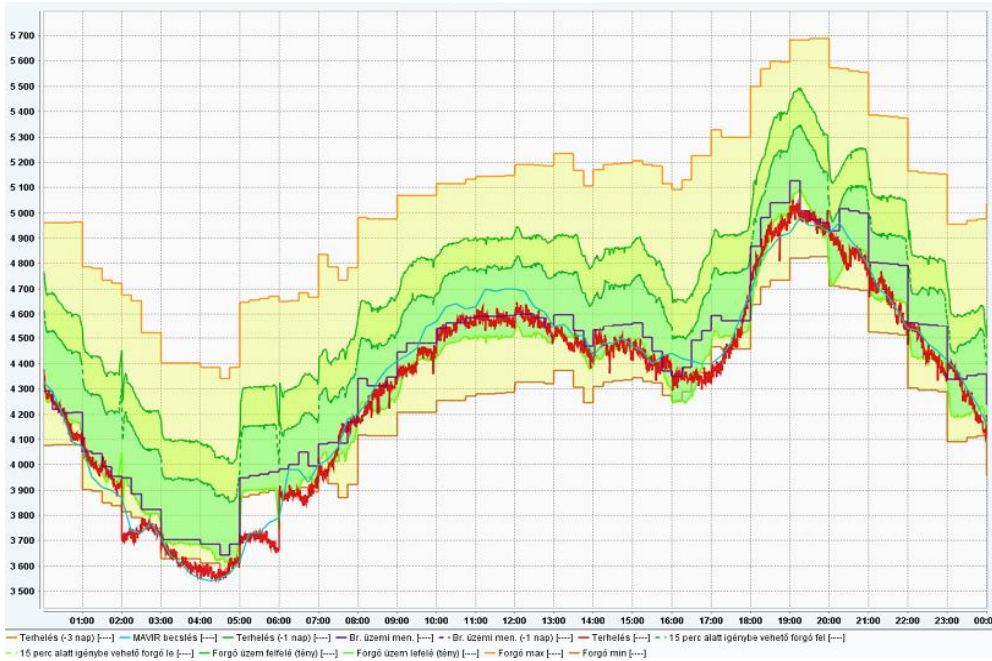
A forrásoldali tervezés alapja: megbecsülni a várható fogyasztást a villamos hálózat egészére. Típusai:

Időjárás adaptív: a történeti időjárás (hőmérséklet, világítás, páratartalom) és a terhelési adatok közötti regressziós kapcsolat alapján, a várható időjárási adatokhoz terhelési adatokat becsül.

Kézi korrekció: a becsült adatok szakértői tapasztalatok alapján történő módosítása.

Korrigált órás: a közép-távú órás (időjárás adaptív + kézi korrekció) adatok automatikus korrekciója az elmúlt néhány óra mért fogyasztási adatai alapján.

Rövid idejű: a korrigált órás adatokat korrigálja az elmúlt néhány perc mérési adatai alapján.



15. ábra: Napi fogyasztási görbe 2009. március 15-én. A piros a fogyasztás alakulása, a különféle színű sávok a rendszer le- és feli irányú tartalékát mutatják.

A 15. ábra 2009. március 15-e napi fogyasztási görbéje Magyarországon. A hajnali minimum és a kora esti maximum között 1450 MW teljesítménykülönbség van, azaz a rendszerirányítás ezen a napon 1450 MW teljesítményt kapcsolt be, majd ki a rendszerben. A fogyasztás kielégítése 3 féle erőművel történik:

Alaperőművek: ezek az erőművek folyamatosan, **jó hatásfokkal**, nagy kihasználással és nagy teljesítménnyel üzemelnek, a villamosenergia rendszer terhelésének állandó részét fedezik. Jellegzetes példája az alacsony üzemeltetési költségű atomerőmű, ami gyakorlatilag egy hőerőmű. A gőz termelésére szolgáló hő a maghasadás folyamatában keletkezik. Az atomerőművek működésük során – szemben a hagyományos hőerőművekkel – lényegében nem bocsátanak ki a környezetre hatással lévő szennyező anyagot, ugyanakkor az előírásoknak megfelelően kell gondoskodni a kiégett, elhasznált nukleáris fűtőelemek és a működés közben radioaktívan szennyeződött hulladék anyagok elhelyezéséről. Viszont a sugárszennyezett anyagok elhelyezése egyre nagyobb problémát jelent.

Menetrendtartó erőművek: ezek az erőművek energiatermelésük változtatásával követik a fogyasztói igények változását. Ezt a feladatot hagyományos hőerőművek látják el. Munkavégző elemük általában a két kompresszoros két turbinás kialakítású gép, amely gyorsan üzembe helyezhető, de hatásfokbeli és gazdasági okok miatt rövidebb ideig (szakaszosan) alkalmazható. **Hatásfokuk kisebb** az alaperőműveknél.

Csúcserőművek: a legmagasabb terhelésű időszakokban a csúcsterhelések fedezésére, rendszerint csak rövid időszakokra lépnek üzembe. Erre a célra alkalmasak gyorsan indítható speciális gőzturbinák és tározós vízerőművek. **Hatásfokuk** és élettartamuk a gyors indítás és a szakaszos üzem miatt **alacsony**.

Az intermittens, véletlenszerűen szolgáltató megújuló energiaforrások villamos rendszerbe kapcsolása a következő problémát okozza. Ha egy szélerőmű csatlakozik a hálózathoz 1 MW tényleges pillanatnyi teljesítménnyel, akkor abban a pillanatban 1 MW le- és fel irányú hálózati tartaléka van szükség a rendszerirányításban a következő okok

miatt. Mivel a szélturbina megújuló forrás, olyan áramot szolgáltat, ami kívánatos. A villamos hálózat igyekszik mindig fogadni ezt az áramot, ez egyébként elvárás is vele szemben. Ezt csak úgy képes megtenni, ha biztos benne, hogy a fogyasztási görbét ki tudja elégíteni. A szélturbinák esetében mértek már 90%-os teljesítmény-változásokat fél perces időtartamon belül. Ha hirtelen kiesik ez az 1 MW, mert leáll a szél, akkor az irányításnak be kell indítani 1 MW csúcserőművi kapacitást, hogy a fogyasztási görbe ott maradjon, ahol volt, amíg a szélturbina rátermelt a hálózatra. Ha pedig a rendszerbe éppen nem dolgozik be az említett szélturbina, mert nem fúj a szél, de rövid idő múlva feltámad a szél és a turbina 1 MW-al szeretne betáplálni a hálózatba, akkor az irányításnak ki kell kapcsolni 1 MW csúcserőművi kapacitást. 500–1000 MW szélturbina-kapacitás esetén pedig 500–1000 MW tartalék készenlétben tartására van szükség. Mivel a csúcserőművek rossz hatásfokúak, ezért a megújulók véletlenszerű ingásának kiküszöbölésére csúcserőművi kapacitást használva nagyon drága áramot állítunk elő. A rendszernek további gyengeségei is léteznek.

A villamosenergia-rendszerek gyengeségei

A 2003-as nagy keleti-parti áramszünet óta az Egyesült Államokban kiemelt probléma a villamosenergia-ellátás biztonságának fenntartása. A kiesés egy napig érintett közel 40 millió amerikai és kanadai állampolgárt. A rendszerbomlás egy kis ohio-i erőműben indult el, majd lavinaszerűen növekvő túlterhelések miatt több mint száz erőmű állt le. A nagyvárosok lakói az éjszakát félelmükben az utcákon és vasútállomásokon töltötték. Világszerte, a következő 5–10 évben a kiesések egyre gyakoribbak lesznek és végül átlépik a toleranciaküszöböt. A hagyományos villamosenergia-rendszerek gyenge pontjai:

- A gázellátás problémája: a liberalizált piacon a rövid távon elérhető profit érdekében az olcsón megépíthető gázerőművek nagy számban terjednek el. Ez a jelenség közvetlenül a gázfüggőség növekedését eredményezi és nagy kockázatot jelent, mert az egyes nemzetek a gázt a monopol helyzetben lévő társaságoktól importálják. A gázellátás másik lehetséges nehézsége a csökkenő hozamok és csökkenő export miatti csökkenő hozzáférés a jövőben.
- Elégtelen nukleáris fűtőanyag ellátás: 2006-ban az Egyesült Államok az összes nukleáris fűtőanyag szükségletének 23 %-át Oroszországtól szerezte be. A kereslet a nukleáris alapanyag után a jövőben növekszik, ugyanis Ázsiában egyre inkább elterjednek a relatíve olcsón üzemeltethető atomerőművek. Jelenleg 18 erőmű épül és további 112 pedig tervezés alatt áll. Az USA a leszerelt nukleáris fegyvereinek újrahasznosításával, az elhasznált fűtőanyag dúsításával illetve új bányák nyitásával és a tórium fűtőanyagként való alkalmazásával csökkentené függőségét. Japán a tengervízből speciális polietilén rostokból készült szivacsokkal, 1000 négyzetkilométeren a japán uránium-szükséglet hatodát szeretné összegyűjteni. A folyamat energetikai megtérülése valószínűleg nem lehetséges, az így nyert uránnal működő erőművek EOREI-je < 1. Mindezek a folyamatok azonban nem változtatnak azon a tényen, hogy az erőművek éves uránium-szükségletének csak 67%-a származik a bányákból, a többi leszerelés és reprocessálás eredménye. A 42 ezer tonna/év uránbányászat meg kell, hogy növekedjen 67 ezer tonna/év-re 2011-ig. Ennek egyelőre bányakapacitás oldalon nem látható a fedezete. A tervezett új erőművek nem, vagy alig jelentenek valódi többletigényt urán szempontjából, mert időközben nagyjából ugyanennyi erőmű bezár.
- Az erőművek átmeneti kiesése lehet tervezett illetve nemtervezett. A földrengések, vízellátási zavarok illetve terrorfenyegetettség esetén nem tervezett zavarról van szó.
- Szabályozási problémák a hálózatba tápláló, megújuló erőforrásokon alapuló kiserőművek miatt. Az üzemirányítóknak, a kiserőművek által leadott teljesítmények intermittáló jellegéből fakadóan többletmunka és kockázat a termelés/fogyasztás egyenlőségét folyamatosan biztosítani. (ld. korábban)
- Elégtelen tartalékkapacitás
- A tapasztalt, idős munkaerő kivonul a foglalkoztatásból.

- A villamosenergia rendszer általánosan előregedett, tehát a határfokok romlanak, a hálózati veszteségek növekednek, a villamos áram minősége gyakran az arra érzékeny berendezések számára nem megfelelő és általánosan egyre gyakoribbak az üzemzavarok.

Az elosztott energiatermelés, smart grid

A centralizált villamos hálózatok sikeresen működnek addig, amíg a rendszert kaszkádszerű zavarok nem mennek át a rendszeren. Ezek a zavarok kisebbek és nagyobbak egyaránt lehetnek. A zavarok eloszlása is skálafüggetlen egy olyan rendszerben, mely maga is az - a villamos hálózat pedig skálafüggetlen rendszert közelít. Ilyenkor a kisebb zavarok egy nagyságrenddel gyakoribbak, mint a nagyságrenddel nagyobbak. A kis zavarok segítenek a rendszernek, hogy a benne felgyűlt feszültségek és hibák megjavuljanak. Egy kisebb zavar ésszerűsítésekhez és hibák felismeréséhez vezet - ha van elég idő arra, hogy észre lehessen őket venni. Ezt az időt, mely ahhoz kell, hogy a zavar okozta eltérések lecsillapodjanak, relaxációs időnek hívjuk. Ha a következő zavar azelőtt érkezik, hogy az előző okozta és feltárta hibákat javítsa a rendszer, akkor a hibák gyűlnek, a rendszer feszültsége növekszik.

Az ilyenkor keletkező feszültséget a következő hasonlattal lehetne szemléltetni. Egy széles függőleges csőből homokszemek hullnak a padlóra. Előbb-utóbb egy domb képződik, mely egyre meredekebb. Képzletünkben fessük pirosra a domb oldalán azokat a területeket, ahova ha egy homokszem hullana, lavina keletkezne. Az ideális az lenne, ha ezek kicsik maradnának és mindig hullana rájuk idejében egy homokszem. Mivel a homokszemek nem szabályosan hullanak egy-egy területre a domb oldalán, a „piros”, lavinaveszélyes részek területe akár nagyra is nőhet. Annak esélye, hogy nagyobb lavinaveszélyes terület alakuljon ki, épp egy nagyságrenddel több időt igényel. Amikor egy „nagy” kritikus területen alakul ki lavina, akár az egész domb leomolhat.

Ugyanez történik akkor, amikor a rendszer csomópontjai (jelen esetben a transzformátorközpontok) túlterheltek. A zavart a rendszerirányítás vagy csökkenteni tudja alternatív hálózati út biztosításával az áram számára, vagy a zavar kikapcsolja a túlterhelt központot. Ilyenkor az áram számára mindenképp alternatív út szükséges. Ha az az új központ, amerre elirányítják az áramot szintén túlterhelt volt, az odairányított új árammennyiség valószínű, hogy a zavart véglegesíti és a terelt útvonal központja is összeomlik. Így vonul végig a túlterhelt hálózaton a hiba, ezt hibakaszkádnak hívják. Az ilyen hibák akkor gyakoriak, ha a rendszer elavult, hirtelen nagy változásokat kell végezni benne (nagy teljesítményingások), illetve ha bizonytalan az erőművek és/vagy az irányítás működése. Ezek a helyzetek akkor is előállhatnak, ha a villamos rendszer alapját képező kőszén és földgázellátás akadozik, ilyen helyzetet okozhat a jövőben a fosszilis források kitermelési csúcsa utáni időszak.

Ennek elkerülésére decentralizált, hálószerű (micro-grid/smart grid) energiatermelést lehet bevezetni, mely jobban képes kezelni a zavarokat, és integrálni a megújuló forrásokat. Először a microgridről írunk, majd az elosztott termelésről.

A Smart Grid koncepció

A Smart Grid technikával a jelenlegi hálózati túlterheltség, a nagy hálózati veszteség és az erőművek rugalmatlansága részben orvosolható. Első lépésben bevezetik az intelligens fogyasztásmérés (SM) alapú számlázási rendszert. A rövid távú cselekvési terv az energiaválság küszöbén: a RES kiserőművek hagyományos rendszerhez integrálása, a pazarlás csökkentése, egyenletesebb energiafogyasztás valamint a fogyasztói szokások megváltoztatásra kényszerítése differenciált tarifarendszerrel. A hosszú távú megoldás –például a fúziós erőmű– még várat magára, miközben tudomásul kell venni, hogy a már megszokott rendszer öregszik. A hatások romlanak, a veszteségek emelkednek. Az új struktúrában már lehetőség lesz kisebb erőművi termelők lokális hálózatra kapcsolására. A Smart Grid egy irányítási technika a hagyományos hálózatra építve és nem izolációs cél. Autonóm alrendszerek létrehozásával és megfelelő szabályozásával a jelenlegi rendszerirányítási problémák kiegyenlíthetőek. Ha a teljes hálózatot egy zárt rendszerként képzeljük el –ami egy adott pillanatban túlterhelődik– akkor például a hálózati kommunikációs eszközön keresztül saját háztartási szabályozónk néhány percre kikapcsolhatja a mélyhűtőnk, ezzel elősegíti a hálózati stabilitást. Például az Egyesült Államok körmánya a gazdaságserkentő csomag keretében 4,5 milliárd dollárt különített el a Smart Grid technológia fejlesztésére és majdani kiépítésére. Az Xcel Energy nevű vállalat már elkezdte átalakítani a colorado-i Boulder városát Smart Grid City-vé.

Smart metering (SM)

A jelenlegi „profilos” éves leolvasás a háztartásokban csak egy kényszermegoldás. Legnagyobb probléma vele, hogy a már említett fogyasztói 0.4 kV-os hálózatokon –főleg a sugaras topológia hiányosságai miatt– nem lehet veszteségeket felügyelni. A már Svédországban és Kaliforniában bevált PLC vezérelt SM eszközök elősegítik az otthoni energiagazdálkodást például olyan módon, hogy egy előre beállított hálózati teljesítményfelvételt túllépve az eszköz jelzést ad. Ez a módszer tulajdonképpen kontrollálhatóvá teszi az áramfogyasztást, olyan módon, hogy a felhasználó valós idejű grafikonon is tudja követni az áramfelvételt. Ezek után sajátkezűleg kikísérletezheti „szokásainak” energiahatékony változtatását. A rövid távú cél az SM-ekkel a körülbelül 9–10 %-os energiamegtakarítás elérése és a mérés valamint a számlázás átláthatósága. Nyílt szoftverek is – például a Google Powermeter – kompatibilisek a már világszerte 40 millió példányban telepített eszközökkel. Például Barack Obama programjában további 40 millió új eszköz telepítése szerepel, ehhez a fogyasztók részére egyvezetékes intelligens fogyasztásmérőket szerelnek be. Az SM eszköz a szolgáltatók tulajdona és funkciója szerint valósidejű áram- és feszültségmérést végez. A kommunikáció az SM eszköz és a transzformátorállomás között zajlik, a mérési adatokból így egy kvalitatív becslés adható. A mérési adatok átvitele jelenleg még műszaki akadályokba ütközik, de néhány kbps-os átvitel már gazdaságosan elérhető. Maga a Smart Metering csak 15–20 %-ban technikai feladat, a költségek 80 %-át az informatikai és gazdasági vonatkozásai generálják.

Becslések alapján 1 millió smart controller kiválthat 100 MW erőművi kapacitás bővítést. Főbb költségek:

Beruházási költségek: SM mérők, átviteli csatornák, koncentrátorok, irányítási és számlázási rendszer

Üzemeltetési költségek: adatok átvitele és feldolgozása, információs központok, ügyfélszolgálat

Előnyei tömören: feltárhatóak a veszteségek illetve az illegális vételezések, nincs leolvasási díj, hatékonyabb az erőművek szabályozása, kisebb hálózati dinamika, átláthatóság, egyszerűbb központi elszámolás, csökkenő központi kockázat, nőnek a tartalékok, jobb tervezhetőség

Elosztott termelés

Elosztott energiatermelésről akkor beszélünk, ha a fogyasztók nem a központi nagyerőművekből vételezik a villamos energiát, hanem a felhasználáshoz közeli kiserőművek (<50 MW) állítják elő azt lehetőleg megújuló energiaforrásokból. Ezeket DG-nek nevezik. A DG (Distributed energy Generation) gyakorlatilag az olyan villamosenergia forrás ami az elosztó hálózatra csatlakozik. A DG esetében a földrajzi elhelyezkedés nem lényeges, sőt előny a területileg szórt elhelyezkedés, mert így a szállítási veszteségek jelentősen csökkennek. A rendszer működhet hálózatra csatlakoztatva és izolált üzemben, szigetrendszerben is. A DG lehet megújuló forrású is, de főleg annak kihasználtságát növeli és nem szinonimái egymásnak. Hálózatra betápláló üzemben az újonnan telepített kiserőművek a hálózati frekvencia-szinkronizáláshoz szükséges időalapot műholdas szóráson keresztül kapják.

A koncepció célja kettős, egyrészt csökkenteni kell a távolsági energiaszállítás hatalmas veszteségeit, másrészt egy interaktív, jól szabályozható energiarendszer kiépítése. Utóbbival a RES (Renewable Sources) termelők integrálása a Smart Grid világméretű irányítási rendszerébe lehetővé válik. A megújuló erőforrások által termelt energia a megfelelő műszaki feltételek mellett a liberalizált villamosenergia piacon értékesíthető, valamint utat nyit a közeljövőben az erőforrásválság gyűrűző hatásainak csökkentéséhez. A cél az, hogy minél több fogyasztó a közvetlen közelében saját maga oldja meg energiaellátását, de szükség esetén vételezhessen is a külső hálózathoz. Ennek megfelelően a DG termelők, a Microgridok nem feltétlenül izolálhatóak, mert a külső hálózat egyfajta természetes tartalékként funkcionál. A DG műszaki akadályai elsősorban az üzemirányítási problémák és a szabványosítás hiánya, ez azt jelenti, hogy az üzemirányító csak olyan és annyi eszközt enged a hálózatába bekapcsolódni, ami még nem destabilizálja az üzemirányítást. A jelenlegi hálózat technológiai színvonalán a DG és RES alapú termelők tömeges megjelenése és hálózatra kapcsolódása mindenféleképpen problémát és többletköltséget generál az üzemirányító számára. A kutatási-fejlesztési kiadásokat csökkentik. A tervezési gyakorlat viszonylag kevés, a technológiák drágák. Az elosztott energiatermelésben résztvevő eszközöket csak a szigorú műszaki előírások betartásával lehet a villamosenergia rendszerbe csatlakoztatni.

Kiserőművek csatlakoztatása hálózathoz

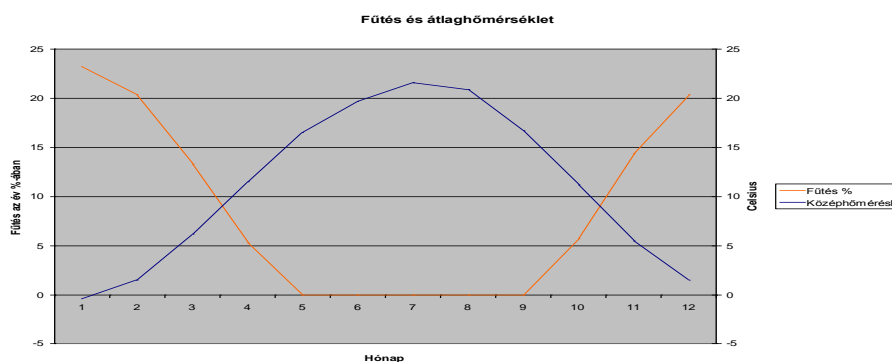
Ezen kiserőművek létesítése igen sokrétű feladat, amihez számos hatóság részvétele szükséges. Mivel az ellátás biztonságáért az üzemirányító felel, ezért a kiserőmű elhelyezkedésének és a generátor villamos paramétereinek ismeretében a csatlakozási pont kijelölése az ő feladatuk. A kiserőművet olyan kapcsolóberendezésen keresztül kell a hálózathoz csatlakoztatni, amely biztosítja a leválasztást olyan esetben amikor a hálózatban illetve a kiserőműben hiba következik be. Az üzemirányító néhány indokolt esetben leválaszthatja a kiserőművet amennyiben az a hálózati szabályozást zavarja. A kiserőművek és a hálózat védelmére szinkronozón kívül a következő védelmeket kell beépíteni: túláramvédelem, túlterhelésvédelem, földzárlatvédelem és

feszültségcsökkenési- illetve növekedési védelem, frekvenciacsökkenési illetve -növekedési védelem. A védelmek specifikálása a tervező feladata.

Az üzemirányítók egyes fogyasztók, például a pufferjellegű villamos fűtőberendezések, villanybojlerek vezérlésére hangfrekvenciás vezérlést alkalmaznak. A hálózati feszültségre a hálózati frekvenciánál nagyobb frekvenciájú jelet szuperponálnak, amelyet a fogyasztóknál felszerelt kapcsolók érzékelni tudnak. A használt vezérlőfrekvenciák az egyes szolgáltatóknál eltérnek, például az ELMŰ-nél 183.33 Hz és 216.67 Hz. Ezen impulzusok jelszintje a hálózati feszültség 1...4 %-a. A HKV jelek terjedését a hálózatra kapcsolt kiserőművi elemek adott frekvenciára vett impedanciája befolyásolhatja, így egyes esetekben a csatolt kiserőmű a HKV jelszint csökkenését idézheti elő. A megengedett jelszint csökkenés 0.1 %, de maga a HKV jelszint 1 % alá nem csökkenhet. A megfelelést az egyszerűség kedvéért utólagos mérésekkel határozzák meg, mert előzetesen egy teljes hálózati számítást kellene elvégezni. Indokolt esetben az elosztói engedélyes legkésőbb a próbaüzem végéig előírhatja a HKV zárókör beépítését az erőmű költségére.

Hőtermelő megújulók integrálása

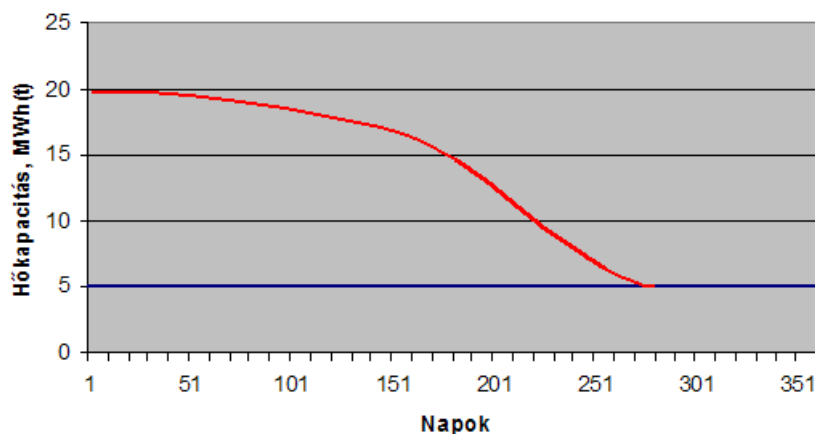
Az ország éghajlata mérséklet övi, azaz nincs szükség állandó fűtésre. A városi hőközpontok elsődleges feladata a fűtés, de egész évben szolgáltatnak meleg vizet is. A melegvíz-igény éves változása sokkal kisebb, mint a fűtési, ezért ezt a két területet a legtöbb hőközpont gazdasági okok miatt különböző úton oldja meg.



16. ábra: Átlaghőmérséklet (kék) és a fűtésre fordított energiahányad (piros) egy év alatt. A teljes évi fűtés 100%.

A melegvíz-igényt általában gázmotorok biztosítják, melyek egész évben üzemelnek, előnyük a kapcsolt energiatermelés, azaz hőtermelésük szolgáltatja a meleg vizet, de ehhez kapcsoltan áramtermelés is társul. Mivel állandóan ugyanakkora teljesítménnyel üzemelnek, a MAVIR mindig átveszi az így termelt áramot, rendkívül gazdaságossá téve ezzel a gázmotorok üzemeltetését. Amikor elkezdődik a fűtési szezon, a hőközpontok elindítják a gázkazánokat, ahol a kisebb szabályozást a gázégők teljesítményével, a nagyobb szabályozást egy-egy gázkazán ki-be kapcsolásával érik el. Ebből kifolyólag a hőtermelő rendszerek jelleggörbéje a következőképpen néz ki.

Tartamgörbe



17. ábra: Fűtési tartamgörbe egy Veszprémhez hasonló hőközpont esetén. A gázmotorok egész évben működnek (legföljebb egy részét kikapcsolják nyáron) (kék), a gázkazánok csak fűtési időszakban (piros). Az összes görbe alatti terület megfelel a teljes termelt hőmennyiségnek.

A gázmotorok kiváltása nem szükséges, mert ezek a hőközpontok leggazdaságosabb egységei, a gázkazánokat pedig célszerűen csak a következő módokon lehetséges:

- biogáz-forrásból ellátott gázkazánokkal, ezek is szabályozhatók, rendszerbe integrálásuk nem okoz semmilyen problémát, a kiépülő alrendszer a gázellátás alternatív úton történő megoldását érinti csak, a hőközpontot alig
- biomassza-tüzelésű kazánokkal, mert ezek szabályozható teljesítményűek
- megújuló (pl. napkollektoros rendszerek esetén) csak puffertárolással

Az utolsó ponthoz hozzá kell tenni, hogy a puffertárolásnak évszakos időtartamra kell megoldást jelentenie: a nyáron felvett többlet hőt télen kell visszaadnia. Erre egyelőre csak kísérleti berendezések léteznek.¹⁹

További egzotikus megoldások (sóolvadék, zeolit kristályvíze, stb. mint hőtároló) léteznek, de ezek egyelőre nem ipari méretűek.

Komplex megoldások

Jelenlegi rendszerünk nem alkalmas arra, hogy segítségével fenntartható válaszok szülessenek a globális problémákra. Olyan rendszert kell kidolgozni, mely alkalmas a komplex szemlélet megvalósítására és alrendszerek hatékony egymásba illesztésére.

¹⁹ A svéd Linköppingben létezik olyan fedett tározó tó, mely a nyáron napfényből összegyűjtött hőt tárolja és télen egy irodaház fűtésére fordítja. Azonban ökol szabályként meg kell jegyezni, hogy egy fűtött léghőmérterhez egy köbméter víz szükséges, ezért pl. a veszprémi hőközpont kb. 8000 lakást ellátó rendszere egy 72 m sugarú földbe süllyesztett félgömb alakú fedett tóval együtt lenne működőképes, melynek felülete kb. 15 000 m².

Itt a komplexitás abban nyilvánul meg, hogy a részrendszerek egymásra hatnak, erősítik vagy gyengítik egymás folyamatait, a rendszer időfejlődése bonyolult pályát jár be. Újabban egyre többen jönnek rá arra, hogy **a társadalom és természet egymásra hatása** milyen **sokrétű rendszer**, és hogy ennek vizsgálata szintén rendkívül fontos. Az emberi hatás jelen van az ökoszisztéma pusztulásában, a társadalom növekedése nemcsak erőforrásokat köt le és nyersanyagot pazarol, de pusztítja a természet rendszereit is. Ezért a beavatkozásnak is komplexnek kell lennie.

Feladat

A következő feltételrendszer adott:

- egymillió munkahely létesítésnek igénye (kormányprogram és SzT);
- egyre nagyobb környezeti terheléssel járó életvitel (fenn nem tartható rendszer);
- egyre nagyobb energiahordozó-árak (nemzetközi energiapiac).

Ennek keretében egy olyan munkahelyteremtő tervet kell megalkotni, amely a fenntartható jövőt éppúgy szolgálja, mint az elérhető gazdasági növekedést és a lehető legszélesebb rétegek számára az elhelyezkedés lehetőségét, illetve a vidék népességmegtartó képességének fokozását, valamint az energetikai önellátás felé mozdulást.

Elképzelés, körrendszerek

Az elképzelés lényege és a induló projektek távlati célja egy olyan részben természetes (azaz alapvetően mezőgazdasági) és részben mesterséges (azaz ipari) körfolyamat, illetve folyamatrendszer, amely

- megfelel a fenntarthatóság kitételeinek (a természet roncsolása nélkül hosszú távon működik);
- nem, vagy alig bocsát ki hulladékot, szennyezést;
- javítja az adott helyen élők életkörülményeit;
- tájrehabilitációt tesz lehetővé;
- munkahelyet és ami még inkább fontos, megélhetést ad;
- egészséges élelmiszert állít elő;
- versenyképes;
- megújuló energiát termel;
- értékesíthető koncepciót jelent.

Az elképzelés megvalósítása során olyan részrendszerek épülnek ki, amelyek önmagukban is működőképeseek és amelyek önmagukban is jelentős hozzáadott értékkel rendelkeznek. A folyamatok egymásra épülnek, ezzel csökkentik az energiavesztéseket és a káros anyag-kibocsátást, növelik a hatékonyságot, és a foglalkoztatottságot.

Jelen írás nem tesz kísérletet egy ilyen komplex megoldás a fentiekől részletesebb vázolására, célja csupán rávilágítani, hogy csak ilyen szemlélet mentén van esély egy fenntartható gazdaság kialakítására, természetesen akkor, ha a cselekvés azonnal elkezdődik.

A környezeti nevelési mintaiskolák Magyarországon

(Szerényi Gábor)

Bevezető gondolatok

Huszonnyolc évvel ezelőtt, 1972-ben ült össze az ENSZ kezdeményezésére az első környezetvédelmi világkonferencia. Ekkorra érett egyre inkább tudatos felismeréssé, hogy a "megszennyezett bolygón" az ember és a természet viszonyának gyökeres újragondolására és megváltoztatására van szükség. És ez nem egy szabadon választható alternatíva, hanem az emberiség "túlélési stratégiájának" kritériuma, szükségszerű kényszerűség. A társadalmi lényvé vált ember – a dinamikus műszaki fejlődés, a fejlett világ fogyasztói társadalmi struktúrájának döbbenetes gyorsaságú kialakítása közben (amely áhított vágya lett a fejlődő és az elmaradott országoknak egyaránt) – ugyanis egyszerűen elfelejtkezett arról, hogy lényegét tekintve természeti lény maradt, hogy a természet része és nem egy olyan kívülálló hatalom, amelynek feladata és hivatása uralni és meghódítani, "leigázni" létrehozóját. Az ember társadalmi énje figyelmen kívül hagyta, hogy a természet erőforrásai végesek, a bioszféra egyetlen hatalmas ökoszisztémaként működő, sokmillió éves evolúciója során dinamikus egyensúlyi állapotba jutott önszabályozó rendszere labilis és sérülékeny, számos mutatója már a kritikus érték felé közeledik. Ekkorra döbbsen rá, hogy változásra, változtatásra van szükség. Azonnal és számos területen. Arra kell törekedni, hogy a technokrata szemléletet egy új, "környezetbarát" szemlélet váltsa fel, mert a régi út tovább nem járható, önpusztítás felé vezet. Ki kell dolgozni egy hosszú távú stratégiát, amely további évtizedeken túl is lehetővé teszi a környezetkímélő fejlődést. A cél elérése érdekében egyrészt egy gazdasági stílusváltásra van szükség, amely energiakímélő és anyagújrahasznosító, valamint - és ez talán még fontosabb – meg kell változtatni az emberi szemléletet. Már csak azért is, mert az előbbi az utóbbi nélkül megvalósíthatatlan. Egyszerre és egyidőben kell megcélozni minden korosztályt és generációt, és égetően szükséges olyan nevelési programok kidolgozása, amelyek ehhez a szemléletváltáshoz szükséges szemléletformálást meg tudják valósítani. Méghozzá minél fiatalabb korban annál jobb, jószerivel attól a pillanattól kezdve, ahogy az új nemzedékek ifjú tagjai az őket körülvevő világra rácsodálkoznak.

A célkeresztbe tehát okkal – ezúttal is – az intézményes oktatás került.

1972 óta sok (szennyezett) víz lefolyt a Dunán. Az azóta eltelt évek törekvései és kezdeményezései (a központiak és az alulról indulók egyaránt) minden szinten elismerésre méltó eredményeket tudnak felmutatni szerte a világon, így hazánkban is. A különböző oktatási és nevelési programok, új szervezeti formák, a kapcsolatteremtés és az információs hálózatok egyre gazdagodó lehetőségei, a szakmai anyagok és kiadványok – és még lehetne folytatni a sort – egy valóban széles front megnyitását jelentették a időközben önállósuló, új nevelési terület, a *környezeti nevelés* arcvonalán.

A környezeti nevelés célkitűzése nem kevesebb, minthogy a társadalom és a természet fenntarthatósága és működőképességének megőrzése céljából kialakítsa az emberek *környezettudatos* magatartását. Ez a korábbiaktól eltérő viszonyulásokat igényel, egy más, új értékrend elfogadását, olyan cselekvési és döntési képességeket, amely az emberek életvitelének tudatos megváltoztatását eredményezi. Akkor eredményes, ha az ember egész életén keresztül tartó folyamat, amely az intézményes nevelési színtereken legfeljebb csak megkezdődött. Komplex közelítésmódja miatt változatlan kihívás ma is minden pedagógus számára, hiszen minden szinten, óvodai neveléstől a felsőoktatásig interdiszciplinárisan – több tudomány felől is megközelítve – kell érvényesülnie. Igaz, hogy főképp biológiai, ökológiai alapismereteket kívánó, tudatosan elfogadott, az összefüggéseket, a változások következményeit tisztán látó értelmi alapokon nyugszik, azonban átszövi valamennyi tantárgyat és emocionális attitűdjei is legalább ennyire fontosak. Mivel egyszerre igényel analitikus és holisztikus megközelítést, egyidejűleg közvetít értelmi érveket és az érzelmi azonosulást, még a művészeti tárgyak is megtalálják csak általuk igazán megoldható feladataikat benne. Egyszerre globális és lokális, hiszen a problémák az egész Földet érintő globális kérdések, ugyanakkor a helyben lecsapódó gondok felismerése és megoldásainak keresése lokálissá teszi.

A környezeti nevelés mint új nevelési feladatokat magába foglaló terület jelentkezett a hetvenes évek elején. Ha azonban végiggondoljuk törekvéseit, megvalósítási módszereit, megismerjük eszköztárát, egyszer csak azt vesszük észre, hogy mégsincsenek különleges, egyedi specifikumai, benne van, benne kell lennie részként az egészben, valamennyi olyan nevelési feladatban, amelyet a pedagógia mint neveléstudomány eddig is magába foglalt. Minden területen hatnia kell, mert csak így formálja át a gondolkozást lépésről lépésre, változtatja meg a magatartást, és eredményezi, hogy a társadalom minden tagja érezze saját, senki másra át nem ruházható felelősségét.

A környezeti nevelési mintaiskolák szükségessége

Századunk második felének első évtizedeiben – hacsak egy szűkebb körben is – az ember és a természet viszonyának megítélésében valóban gyökeres fordulat következett be. Az 1968-ban megalakuló Római Klub alapító, neves

személyiségei azzal a céllal hozták létre a nemzetközi csoportot, hogy a világ elé tárják az emberiséget fenyegető veszélyeket. Feladatuknak elsősorban a bolygónk számára fontos kérdések megválaszolását tartották, és hangsúlyozták a felvállalható feladatok elkerülhetetlenségét. A kezdeményezés elérte célját, felhívta a figyelmet a legégetőbb problémákra, és ennek eredményeképpen, az új gondolkozásmód megjelenésével szinte egyidőre tehető az első hatékony környezetvédelmi törekvések megjelenése is szerte a világon. Mintegy útkeresésként, válaszként a kihívásokra, elkészültek az első környezeti nevelési programok is. A hazai oktatás és nevelés területén az első külföldi próbálkozásokkal szinte egyidőben – de semmi esetre sem sokkal később – már felbukkantak az ilyen irányú kísérletek. A hetvenes évek elején ezek még elszigetelt és teljesen önerős, szervezetlen kezdeményezések voltak, amelyek ennek ellenére – vagy talán éppen azért – azonnal támogatásra találtak az akkor még működő, és ezen a területeken is a helyét kereső Országos Pedagógiai Intézet pedagógus munkatársainál. Így került sor hamarosan az első szervezettebb, koncepciózus környezetvédelmi nevelési programok kidolgozására, továbbképzésekre, eszmecserékre, szakmai találkozókra. Ezt követően kerültek be az országba és kaptak szélesebb teret az első nemzetközi szakmai anyagok. Az 1977-es – magyar részvétellel is zajló – tbilisi tanácskozás akár már környezeti nevelési konferenciának is tekinthető. (Az elnevezés csak később kristályosodott ki a magyar pedagógiában!). A tbilisi záródokumentum ajánlása a következő: "...törekednünk kell, arra, hogy tanítványaink ráébredjenek arra, és tudatában legyenek annak, hogy milyen fontos számukra a környezet □ s hogy ezáltal fogékonyak legyenek a környezettel kapcsolatos problémák iránt..." A konferencia célt jelölt ki és feladatokat határozott meg. Ezek akkori elfogadásában, a mind szervezettebben meginduló munkában, nagy feladatot vállaltak azok az iskolák, amelyek önként élen jártak az új nevelési terület feladatainak felvállalásában. Egyre több iskolában kezdtek működni környezetvédelmi, természetvédelmi szakkörök, és évről évre nőtt a környezet- és természetvédelmi tábortek szervező iskolák száma is. Az iskolák tapogatózva keresték az egyéb támogató kapcsolatokat is, és találtak segítőkre egyebek között a különböző természetvédelmi területek kezelőinek szakembereinél is. Sokirányba próbálkozó, botladozó, útkereső időszak volt az első évtized, egy kicsit ösztönös, de nagyon őszinte, és a tapasztalatokat pótolta a jószándék és a határtalan lelkesedés. Ezekből a kezdeményezésekből kristályosodott ki a nyolcvanas évek elejére az a komoly, komplex, – most már korszerűen elnevezve – hazai környezeti nevelési programtervezet, amely az egykori Országos Pedagógiai Intézet alkotógárdájának szétszóródása ellenére, de egykori tagjainak további segítségével és irányításával, hamarosan nemzetközi szinten is elismerésre méltó eredményeket mutatott fel.

Mindezeket figyelembe véve elmondhatjuk, hogy az elmúlt három évtizedben a környezeti nevelés segítésére, hatékonyságának növelésére számos elképzelés született a hazai közoktatásban. Ezek azonban hosszú időn keresztül véletlenszerűek, esetlegesek voltak és egy-egy iskolát, programot, tantervet, tantárgyat, módszert, alkalmakként megjelent kiadványt érintettek. Anyagi háttérüket vagy a környezetvédelmi, vagy az oktatási tárca biztosította, rajtuk kívül egyes részfeladatok megoldásában helyi finanszírozások is előfordultak. Jelenleg is folynak ilyen munkák, többé-kevésbé esetenként még ma is szétforgácsolva, most már különböző szakalapítványok támogatásával is. A számos párhuzamos próbálkozás ellenére sem alakult ki a közoktatásban egy olyan egységes intézményi háttér, amely az egész iskolarendszert áttekintő, munkáját következetesen végző, a különböző megoldásokat hosszabb időn keresztül összegyűjtő és általános felhasználásra kidolgozó, valamint a környezeti nevelés tantárgy-pedagógiájának gondozását vállaló együttes lett volna. Ez akkor is igaz, ha időközben két olyan nagy létszámú egyesület is létrejött, amelyek tagságának nagyobb része pedagógus, vagy legalábbis közel áll és kapcsolatban van az oktató-nevelő munkával, és olyan tanárok, tanítók, óvónők, egyetemi, főiskolai oktatók képezik a tagságát, akik hajlandók minden erőfeszítésre és áldozatvállalásra ezen a nevelési területen (is). Mind a Magyar Környezet- és Természetvédő Tanárok Egyesülete, mind a Magyar Környezeti Nevelési Egyesület oroszlánrészt vállal a környezeti nevelési feladatok megoldásának szervezésében és hatékony támogatásában. Igényes, magas színvonalú rendezvényeik, továbbképzéseik, tanfolyamaik és kiadványaik óriási segítséget jelentenek a nevelők számára. Ezt tükrözi a Nemzeti Környezeti Nevelési Stratégia megszületése is, amely 1998-ra készült el és 13 szervezet (Alapítvány a Magyarországi Környezeti nevelésért, Amerikai Békeszolgálat, Csemete, Erdei Iskola Egyesület, Független Ökológiai Központ, Körlánc, Környezet- és Természetvédelmi Oktatóközpontok Országos Szövetsége, Környezeti Nevelési Iskolahálózat, Magyar Környezeti Nevelési Egyesület, Magyar Szakképzési Társaság, Természet- és Környezetvédő Tanárok Egyesülete, Zöld szív) kezdeményezte és bábáskodott felette. A Nemzeti Környezeti Nevelési Stratégia kidolgozóinak az volt a törekvése, hogy minél kiterjedtebb körben keressék a társadalom és a környezeti nevelés kapcsolatait, fogalmazzanak meg minél többféle célt, megvalósítandó feladatot, olyanokat, amelyek a környezeti nevelés hatékonyságát fokozhatják.

A számos területen megtörtént jelentős előrelépés ellenére a kilencvenes évek elejére elérkezettnek látszott az idő egy olyan mintaiskola-hálózat létrehozása, illetve kialakítása, amelynek iskolái mind személyi, mind pedig intézményi háttér tekintetében alkalmasak a környezeti nevelés közoktatási problémáinak közvetlen iskolai összefogására, pedagógiájának elméleti és gyakorlati kidolgozására és mintaszerű bemutatására.

A mintaiskola hálózat megtervezése

A magyar közoktatási rendszer hierarchikusan egymásra épülő korosztályos oktatási intézményrendszere meghatározta a mintaiskola hálózat gyakorlati megvalósításának megtervezését is. Elvileg azokat az intézményeket lehetne eszményinek tekinteni, amely a 6-18 éves kor közötti diákok számára folyamatosan, egységes koncepció szerint működő környezeti nevelési programot tudna biztosítani. A második világháborút követően kialakult 8 + 4 osztályos alap- és középfokú struktúra ezt azonban csak egyes kivételes esetekben tehetné lehetővé. Például néhány olyan gyakorlóiskolában, amelyekben az általános iskolai első osztálytól kezdve a 12. osztályig valamennyi évfolyam képviselt. Mivel azonban

egyáltalán nem biztos, hogy egy ilyen intézmény, mint környezeti nevelési mintaiskola is, minden szempontból megfelelő, ezért a mintaiskola-rendszerben a realitásokból kellett kiindulni (ezen a területen *is*). Még akkor is, ha az 1990-es évek elejétől gombamódra elszaporodtak a nyolc- és a hatosztályos gimnáziumok.

Igy született meg a 6-10 éves, 10-14 éves és a 14-18 éves korosztályhoz szóló rendszer megtervezése. Ez azt jelenti, hogy egy nyolcosztályos általános iskola fel tudja vállalni a 6-14 éves korosztály nevelési feladatainak megvalósítását, a 14-18 éves korosztály pedig természetesen a középiskolában találkozhat a programokkal. Az egymásra épülő elképzelések egységes struktúrájának kipróbálásához célszerűnek látszott azonban, ha a mintaiskolák között legalább egy olyan gimnázium is van, amely nyolcosztályos rendszerben működik.

A mintaiskola hálózat megszületése

A mintaiskola hálózat szervezési munkái 1990 és 1994 között kezdődtek. Két minisztérium, az akkori Oktatási Minisztérium valamint a Környezet és Településfejlesztési Minisztérium munkálkodott az elképzelés megvalósításán. Sajnos akkor többszöri nekirugaszkodás ellenére, érdemi előrelépés nem történt, a szervezők az elképzelések felvázolásánál és néhány szárnyszegett próbálkozásnál nem jutottak tovább. Később a Magyar Soros Alapítvány karolta fel a kezdeményezést. 1995 decemberére – a programot szervezők felkérésére – három gyakorló pedagógus, akik a környezeti nevelés területén már korábban is eredményesen tevékenykedtek – Susa Ágnes, Gyulayné Szendi Éva és e sorok írója, egymástól függetlenül -egy tanulmányt készített arról, hogy milyen szerepet szánának egy ilyen intézményhálózatnak, egyben arról is, hogy véleményük szerint a később kiválasztásra kerülő mintaiskoláknak a döntés meghozatalakor milyen követelményeknek kell megfelelniük. A három szakértői dolgozat szintéziséből született meg az a részletes kritériumrendszert is magába foglaló nyílt pályázati felhívás, amelyre valamennyi általános- és középfokú oktatási intézmény pályázhatott a Környezeti Nevelési Mintaiskola cím, és természetesen az ezzel járó feladatok és kötelezettségek elnyerésére. A pályázatok elbírálását egy szakértői bizottság végezte. Az elbírálás több lépcsőben történt. A kiírást követően közel félszáz iskola nyújtott be pályázati anyagot. Talán egy tucatnyira szűkült le az esélyesek száma az első kör után, majd részletes helyszíni megtekintés és beszélgetések után alakult ki a mintaiskola hálózat ma meglévő rendszere hat intézménnyel. Az iskolavezetéssel történt találkozásokat követően egyeztetés történt az iskola fenntartóival, a települések önkormányzatával is.

Mivel a mintaiskola-rendszernek országos hálózatként kell működnie, a szakmai követelményeken túlmenően fontos szempont volt a kiválasztásnál, hogy az intézmények nagyjából arányos területi elhelyezkedéssel az egész országot lefedjék. Az is fontosnak látszott, hogy inkább kevesebb mintaiskola kezdje meg a működését, ám azok lehetőleg minél több szempontból feleljenek meg az elvárásoknak.

A mintaiskola-hálózatba bekerült intézmények:

Vörösmarty Mihály Gimnázium Érd,

Tokaji Ferenc Gimnázium Tokaj

Kölcsey Ferenc Gimnázium Zalaegerszeg

József Attila Gimnázium és Általános Iskola Budapest

Kazinczy Ferenc Általános Iskola Kazincbarcika

Általános Iskola és Művelődési Központ Pusztamérges

Az iskolák köré így egy délkeleti, egy délnyugati, egy északkeleti és egy északnyugati régió szerveződhetett, és van egy önálló budapesti régió is.

A mintaiskolák feladatai

A mintaiskolák teljesítendő feladatait leginkább a pályázaton velük szemben megfogalmazott követelmények tükrében elemezhetjük.

A kiírás a feladatokat elméleti és gyakorlati területekre osztotta fel.

Egy környezeti nevelési mintaiskola az *elméleti munka* területén legyen képes és alkalmas kollektív pedagógusgárdájával

– a környezeti nevelés tantárgy-pedagógiájának nemzetközi összehasonlítóval történő áttekintésére és a hazai teendők elvi

megalapozására□

– a kerettantervek adta lehetőségekre építve legyen alkalmas alternatív tantervjavaslatok kidolgozására valamennyi korosztály számára és a különböző iskolatípusokra egyaránt□

– mások által elkészített környezeti nevelési javaslatok véleményezésére (a kerettantervek figyelembevételével)□

- az iskolai tantárgyi rendszerek környezeti nevelési összefüggéseinek feltárására és kutatására, különös tekintettel a humán tantárgyakra, az interdiszciplináris kérdésekre és a tantárgyi koncentrációk lehetőségeire.

Az elméleti feladatok egyértelműen fogalmazzanak. Rengeteg energia, idő (és pénz) is megtakarítható, sok folyamat apró lépése kihagyható, vagy pontosabban fogalmazva megspórolható, ha át tudjuk venni mások eredményes tapasztalatait a nemzetközi gyakorlatból, nem beszélve a hazai eredményekről. A tapasztalatok átvétele nemcsak gyorsabbá teheti bizonyos utak bejárását, hanem a hatékonyságot is növelheti. Ha a mintaiskola-hálózat jól működik, minden hazai intézmény tudja, mikor, hova, kihez fordulhat. Ez még akkor is jelentős és fontos, ha – már a mintaiskola hálózat kialakítása óta is – szinte percről percre nőnek az információcsere és az információkhoz való hozzáférés lehetőségei az internet általánossá válása révén. A gép azonban gép marad, teljesen, soha semmikor, semmi nem lesz képes pótolni vagy helyettesíteni az emberek, a személyek közötti kölcsönös találkozás, a kontaktuskeresés és kapcsolattartás hatékonyságnövekedéssel is járó élményét.

Az eredeti pályázati kiírás Nemzeti Alaptantervről beszél. A NAT időközben elvesztette aktualitását, ma már helyesebb a kerettantervi lehetőségekről beszélni. A NAT-hoz képest az mindenestre változás, hogy a környezeti neveléssel közvetlenül kapcsolatba hozható szabadon választható blokk megszűnt "beintegrálódott". A környezeti mintaiskolák ezen a téren is elsősorban – ha erre igény van – mint szakmai segítséget nyújtó forráslehetőség jönnek szóba. Különösen vonatkozik ez a "hagyományosan nem környezeti nevelést nyújtó" tantárgyakra, elsősorban a történelemre, az irodalomra és a művészeti tantárgyakra. Rendkívül fontos, hogy a humán tantárgyakban, azok problémefelvetésében és megközelítési módjában is a tantárgyak fontosságának megfelelő rangot kapjon ez a nevelési terület.

A gyakorlat területén:

– legyen bemutatásra is alkalmas mintaszerű iskolai külső és belső környezet (iskolaudvar, iskolakert, iskolapark, megfelelően kialakított "zöld belső terek", stb.)

– működése is tükrözze a környezetkímélő törekvéseket (energiatakarékos megoldások a víz-, elektromos áram, fűtés stb. szolgáltatás biztosítása során, környezetbarát, egyben kellemes és esztétikus berendezés stb.)

– legyen képes a tanulói tevékenységet kívánó módszerek bemutatására és kidolgozására.

– legyen feladata a környezeti neveléssel kapcsolatos tanulói laboratóriumi feladatok és terepgyakorlatok széles körű feladatrendszerének összegyűjtése és tanítási módszereinek kidolgozása

Egy környezeti nevelési mintaiskolával szemben támasztott követelmények között érthetően kiemelten kell hangsúlyozni, hogy a mintaiskola megjelenésével, elhelyezkedésével és közvetlen környezetével is jelezze, hogy nem véletlenül vált mintaiskolává.

Természetesen egy öreg, patinás, nagyvárosi épület meglévő adottságaival nem veheti fel a versenyt egy nagy zöldterületen épült, fiatal, korszerű, sok szempontból praktikus, tudatosan megkomponált épülettel szemben. Esetleges mintaiskolaként való működése azonban nem mond ellent ennek, hiszen – adott esetben – éppen arra szolgálhat például, hogy hogyan valósítható meg megfelelő berendezésekkel, átalakításokkal, nagy, akár függőleges kiterjedésű belső zöld terek létesítésével, a világítás, a fűtés stb. energiatakarékos korszerűsítésével – a hagyománytisztelet maximális figyelembevétele mellett – olcsón és praktikusán egy környezetbarát és megfelelően gazdálkodó intézmény. Márcsak azért is, mert a ma működő alsó- és középfokú iskolai épületek egy jelentős hányada ötven-hatvan évvel ezelőtt vagy még korábban, a századelőn épült, megtervezésében és kivitelezésében, egészen más szempontok vezérelték megalkotóikat. Ezeknek az iskoláknak is mintául kell szolgálni, kell tudni meríteniük valahonnan. Meg kell tudni mutatni, hogy fantáziával, ötletgazdagsággal, hittel és elszántsággal sokminden elérhető és megvalósítható.

Mindezek figyelembevétele mellett a környezeti nevelési mintaiskolák számára nagy előny, ha rendelkeznek megfelelő udvarral, hiszen be kell mutatniuk, modellezni vagy ténylegesen meg is valósítani és egész évben vizsgálni, bizonyos szabad térhez kötött folyamatokat, kísérleteket, megfigyeléseket. Ezek közé tartozik például a komposztálás, amely minden iskolaudvarral rendelkező oktatási intézményben könnyen megvalósítható. Az iskolai őszi nagy takarítása, a "szemétyűjtés" nem jelentheti az udvaron lévő fák lombhullását követő levélgyűjtést és szemeteszákókba való gyömoszélését, főképpen pedig nem az avarégetést. Az udvaron elhelyezhető a meteorológiai mérőállomás eszközei, folyamatosan lehet végezni különböző konkrét környezetvédelmi méréseket. Lehet mérni a csapadékmérő edényben

felfogott esővíz savasságát, az ülepedő por mennyiségét, vagy éppen zajszintmérések is végezhetőek. El lehet helyezni a szelektív hulladékgyűjtés különböző konténeireit, és a begyűjtött üveg-, textil- és papírhulladék leadásából származó bevétel ismételtel valamiféle környezeti neveléssel kapcsolatos beruházásra vagy a diákok jutalmazására, könyvekre, ajándékokra, vetélkedők tárgynyereményeire fordíthatók. Az udvaron van a helye a használt elemgyűjtő műanyagkannáknak is. Ezen túlmenően – az udvar méretétől és adottságaitól függően – számos más lehetőség is kínálkozik. Lehet őshonos fákat telepíteni, hangulatos, természetes környezetben lévő sétáló, beszélgetőzugokat kialakítani, közel hozni az élő természetet.

Ezen túlmenően – főleg déli fekvés esetén – nagyszerűen modellezhető a napkollektorok működése, esetleg szélkerék is felállítható, mérhető a napi forgási idő, amelyből később számításokkal még a termelhető elektromos áram mennyisége is becsülhető.

Az iskolaudvarnak rendezettnek kell lennie, amennyire erre lehetőség van, meg kell teremteni a park jellegét, legyenek fák, sövények, padok, esetleg kicsiny tavacska és biztosítania kell az egészséges életmódhoz szükséges szabad levegőn való sportolás lehetőségét is. Ha van elég tér, tenisz, kosárlabda, kézilabdapályát kell építeni, ezeket körbefásítani, bokrosítani. Még a legvárosibb iskolaudvarok aszfalttengerében is megvalósítható egy "talpalatnyi zöld".

A mintaiskolákkal szemben jogos alapkövetelmény, hogy belül is kellően "zöld" legyen. Ez az a terület, ahol különösen jelentős erőfeszések valósíthatók meg rövid időn belül is minden oktatási intézményben. A folyosók, a tantermek, de az irodák is, amennyire csak lehet, legyenek világosak, virágosak, kívül-belül sok növényvel. El lehet helyezni akváriumokat, lehet tartani díszállatokat, apró emlősöket, madarakat. Akár csak egy-két arra alkalmas helyen felállított madárröpdre a benne lakók csivitelésével vagy füttyével természetközeli hangulatot képes teremteni a legodonabb falak között is.

Itt említem meg, hogy a környezeti nevelési munkákban találkozunk azzal a nézettel, hogy az "élősarkok" sokkal többet ártnak, mintsem használnak a szemléltéjlesztésben. egy tanterem sötét zugában szűk kalitkában raboskodó madár, a kókadozó növények, vagy egy algás-koszos akvárium sem esztétikailag, sem érzelmileg, sem "szakmailag" nem jelent semmit, sőt többet árt, mint használ, az élő természetet magában a természetben kell megtalálni. Magam nem osztom ezt a nézetet. Egyfelől helyesnek tartom azt a megközelítést, hogy arccal a természet felé, ki kell menni, mindent amit csak lehet kiint a terepen kell elvégezni, megfigyelni, megtanulni. Másrészt azonban be is kell hozni a természetet az épület falai közé. Be kell hozni, mert a diákok a tanév nagy részét, amíg a világ világ, a falak között fogják eltölteni. A fontos az, hogy például egy iskolai "mini állatkertben" tartott díszállatok: kanárik, papagájok, tengerimalacok (amelyek – ne áltassuk magunkat – felmenő generációi ki tudja hány századiktól, már tenyésztőknél születtek és a szabad életre alkalmatlanok) megfelelő környezetben legyenek elhelyezve, ne érezzék rabságban magukat, gondokodjanak róluk. A tapasztalatok szerint ugyanis, a kis kedvenceken keresztül a diákokban az egész élővilág tisztelete és megbecsülése felé bontakozik ki egy emocionális alapokon nyugvó pozitív viszony.

A mintaiskolának törekednie kell arra, hogy a területén az iskolai élet minden fontos tevékenysége megfelelő módon megjelenhessen, ne csak munkahely legyen, tantermek, irodák, mosdók sora, hanem legyen megfelelő helye az ünnepek szertartásainak, a tanórán kívüli foglalkozásoknak, legyen kellemes és rendezett. A környezeti nevelés csak akkor válik hitelessé, ha azt nemcsak a tantárgyak rendszerébe építjük be, hanem az ökológiai szemlélet áthatja az egész iskola működését. Az épületben folyó felnőtt- és diáktevékenységek "környezetbarát" szemléletű működtetéséért, annak megszervezéséért, fenntartásáért és biztosításáért az iskola fenntartói, az iskolavezetés – de az iskola minden használója, tanár és diák – egyaránt felelős.

A gyakorlati munka problematikája kiemelten fontos feladata a mintaiskolák működésében. Magába foglalja a környezet- és természetvédelmi táborok, terepgyakorlatok, egynapos kirándulások, iskolán kívül természetes környezetben megtartott órák, erdei iskolák módszereit, az elméletet és a gyakorlatot egyaránt. Sokéves, rendszeresen ismétlődő terepmunkák óhatatlanul is kimunkálnak olyan tábort, terepgyakorlati tematikákat, amelyek megfelelő módon a gyakorlatba átültetve, bármely iskola számára szolgálhatnak ötletként, vagy jótanácsként. Az is feltételezhető, ha a mintaiskola rendszeresen szervez nyári környezet- és természetvédelmi táborozásokat, vagy egyéb foglalkozásokat, rendelkezik saját tábort felszereléssel is, amely adott esetben – mint javasolt és (vagy) szükséges *alapfelszerelés*, – minden érdeklődő számára bemutatható. Ez az alapfelszerelés magába foglalja a részben szűkebben vett tábort felszerelést (sátrak, hálósákok, poliformok stb.), részben azonban egy *tábort konyha* (csak erre a célra használt bográcsok vagy egyéb főzőedények, vízfordó és tároló edények és mindenféle egyéb szükséges konyhai felszerelés) eszközeit, valamint a terepmunka nélkülözhetetlen eszköztárát is. Ilyenek a mobil meteorológiai és laboratóriumi felszerelések (léghőmérsékletmérő, talajhőmérő, napfénytartam-mérő, páratartalom mérő stb.), a legalapvetőbb vizsgálódásokhoz szükséges laboratóriumi eszközök (hordozható táskában elhelyezett kisméretű laborfelszerelési tárgyak, üvegedények, lombikok, reagenstartó üvegek,) és anyagok (kémiai reagensek, indikátor oldatok, standard összehasonlító oldatsorok stb.), valamint a terepmunka és az eredmények dokumentálásának elengedhetetlen kellékei (aggregátor, távcsövek, tájolók, mintavevő berendezések, fényképezőgépek, video kamera stb.).

Az egyéb területeken jelentkező feladatok közül:

– a mintaiskola feladata a tanórán kívüli, de az iskolai környezeti nevelés lehetőségeinek összegyűjtése és kidolgozása.

A tanórán kívüli programok között első helyen szerepelhetnek a *szakkörök*. A szakkörök korlátlan lehetőségeket nyitnak meg és kínálnak. A nevelésben és ismeretszerzésben betöltött szerepük azon alapul, hogy mind szervezeti formájában, mind a témaválasztás szempontjából kötetlenebbek a tanítási óráknál. Önkéntes alapon szerveződnek és így a résztvevők eleve érdeklődnek a választott téma iránt. A szakköröknek kapcsolatuk lehet minden tantárgyi keretben folyó környezeti nevelési tevékenységgel. Programja a közvetlen környezetből, a helyi adottságokból származó környezeti problémákkal foglalkozhat, sőt azok megoldására irányuló tevékenységgel is párosulhat. A környezeti neveléssel kapcsolatos szakkörök sem lehetnek azonban öncélúak. A résztvevő tanulóknak, sőt az egész iskolának látnia kell az "értelmét", mitöbb társadalmi hasznosságát. Lehet ez a "hasznosság" kifejezetten pedagógiai jellegű, például ha a különböző szennyeződést mérő regisztrált eredményeinket a tanítási órákon használjuk fel, de lehet nagyon is kézzelfogható "haszon", például parkosítás, gondoskás egy környékbeli erdő madarainak téli etetéséről stb. Természetesen attól függően, hogy milyen korcsoporttal dolgozunk más és más megközelítési módokat, módszereket kell választanunk, más lesz a problémakör megközelítésének tudományos mélysége, a végső következtetések levonásában azonban már nagy különbségek nincsenek.

A mintaiskolákban működő szakkörökkel szemben követelmény, hogy sokszínűek legyenek, változatos kínálatuk tegye lehetővé, hogy minél több diákot vonjanak be a foglalkozásokba. A szakköri lehetőségek tárháza nagy és ezek közül választva az életkori sajátosságoknak megfelelően kínálhatók fel.

Közülük, a ma már szinte minden iskolában működő "hagyományos" környezetvédelmi szakkörök feladata az iskola vagy a lakóhely környéki környezetvédelmi problémák mérése, elemzése, jelzése az illetékes szervek felé. Ennek keretében sor kerülhet levegő, víz, talaj szennyeződésvizsgálatokra vagy más jellegű, például természetvédelemmel kapcsolatos kérdések feltárása lehet a téma, esetenként azok megoldása, vagy javaslattevés. Mindig van érdeklődő az egy kicsit más jellegű, *természetkutató szakkörök* iránt is. Ennek keretében éveken keresztül lehet kutatni, és sokszor tudományos jelentőségű eredményekhez lehet jutni például a vizsgált környéken élő fajok listázása által. Egy ilyen szakkör általában szakirányú, lehet botanikai orientáltságú, madarászati jellegű, de végezheti a gerinctelen fauna kutatását is. A szakkör - ha komolyan, tudományos igényességgel működik – alkalmas lehet a település önkormányzatának környezetvédelmi bizottsági támogatásával, vagy a polgármesteri hivatal környezetvédelmi előadóinak segítségével a lakóhely, vagy az iskola székhelyének és szűkebb vagy tágabb környezetének *flóra- vagy faunakutatására* is, amely később települési, megyei vagy akár országos szinten is publikálható. Megint más jellegű egy *fajismereti szakkör*, amely – leginkább a terepen – a tanulók fajismeretének növelését tekinti céljának és ilyen formában motivál. Kirándulási, sőt táborozási programok is épülhetnek a tevékenységére. Megint más jellegű egy *környezetgazdálkodási* témájú szakkör, amely foglalkozhat a fogyasztói szokások vizsgálatától kezdve a szelektív hulladékgyűjtésen át hulladékújrahasznosításig sok mindennel.

Ezektől kissé eltérőek azok az újszerű, akár *történelem* szakkörnek is tekinthető foglalkozások, amelyek például végigtekintik az ókortól napjainkig a környezetpusztító emberi tevékenységi formákat, adatokat és környezetkárosító vonatkozású érdekességeket gyűjtnek múzeumokból vagy szakirodalmi keresgéeléssel. Ebben az esetben is a lehetőségek tárháza határtalan, hiszen a görög-római hajóépítések miatt bekövetkezett, a mediterrán területeken végrehajtott erdőirtásoktól kezdve az ipari forradalom hatásain keresztül napjaink "űrszemeteléséig" igen széles kutatási területek nyílnak meg a tanulóknak előtt.

A felsoroltakon kívül még nagyon sokféle szakkör munkálkodhat. Működhet *fotószakkör*, és igen nagy témaválasztási lehetőségeket kínálnak ezen a területen a *művészeti jellegű szakkörök* is. Akármilyen legyen a téma, nagyon fontos, hogy egy évben legalább egyszer, egy "szakköri konferencián" vagy kiállításon a legszélesebb diák és (tanár)nyilvánosság előtt ismertethessék eredményeiket. Az ilyen rendezvények nyilvánossá is tehetők, meghívhatók rájuk a város vezetői, a szülők, testvériskolák vagy környékbeli oktatási intézmények diákjai

– a mintaiskola feladata a saját és mások által elkészített oktatási és nevelési programok esetenkénti kipróbálása

A környezeti nevelési célkitűzések akkor valósíthatók meg igazán, ha előre eltervezet menet szerint, megszabott mederben halad. Ennek segítésére készülnek el azok az oktatási vagy (és) nevelési tervek, amelyek a megvalósítás útját és irányát megszabják. Ezek alatt értjük a helyi tantervek környezeti nevelésre vonatkozó megfogalmazásait, a szaktantárgyak tanterveiben megfogalmazott nevelési célkitűzéseket, a szakköri tematikákat, legfőképpen azonban azokat az általános pedagógia tervben megfogalmazott irányelveket és végrehajtott programokat, amelyek a leírtak megvalósítását segítik. Itt is újra hangsúlyozni kell, hogy egy-egy környezeti nevelési tervet, legyen az gyakorlati vagy elméleti megközelítésű, igazából akkor hatékony, ha tantárgyközi, ha problémakört, feladatcsoportot ölel fel és nem tantárgycentrikus.

– a mintaiskola feladata különböző programok beindítása, illetve ezek segítése más iskolákban.

A pályázati kiírás ebben az esetben is egyértelműen fogalmaz. A mintaiskoláknak fel kell vállalni, hogy minél több, különböző érdeklődésű, különböző témájú, különböző korcsoportoknak szóló programot indít be. Ezek a programok lehetnek egész évre szólók és lehetnek kampányszerűek. Az egész évre szólók abban különböznek a szakköröktől, hogy korlátlan a résztvevők száma, valamint kötetlen is, lehet, hogy sokan lesznek olyanok, akik csak egy-egy alkalommal

vesznek részt rajta. További eltérés a szakköri foglalkozástól, hogy nem heti, kétheti rendszerességgel, hanem a program diktálta ritmusban jelentkezik. Ez lehet például fásítási program, parlagfű irtás, nemzeti parkokban tett látogatások egész évre elnyújtott laza láncolata és még lehetne folytatni a sort.

A mintaiskola feladata a szervezéseken túlmenően, hogy tájékozik, figyeli más iskolák ötleteit, számontartja kezdeményezéseiket.

A környezeti nevelési mintaiskolák kiemelten fontos feladata a nemzetközi kapcsolatok kialakítása.

- Ez egyrészt azt jelenti, hogy a mintaiskolák kapcsolódjanak be a különböző nemzetközi környezeti nevelési programokba.

. Jelenleg is számos olyan nemzetközi környezet- és természetvédelmi program van, amely segíti a vizsgált problémáján keresztül a környezeti kérdések globális szemléletének megerősödését. Ezek részben nagyon is konkrét (főleg levegő) szennyezésmérések, de működnek vizeket, csapadékot stb. vizsgáló, elemző és összehasonlító programok és erdővédelemmel kapcsolatos programok is Európában. Az Európai Unióhoz történő csatlakozást követően még tovább fog nőni a lehetőségek száma. Ide sorolhatjuk a cseretáborokat, csere-terepgyakorlatokat is.

- A mintaiskola a nemzetközi diákkapcsolatokon keresztül a környezeti nevelés területét építse be az idegennyelv oktatásba legalább az angol, a német, a francia és az orosz nyelvterületen. A lehetőségek itt is határtalanok, és rendkívül fontosak. Ez az a terület ugyanis, ahol egy nem természettudományos érdeklődésű diák, csoport vagy osztály figyelme koncentráltan a környezeti problémákra irányítható. Az idegennyelvű szakirodalmi, vagy akár kommersz bulvársajtó hírei, a külföldi műholdas televíziócsatornák idevágó témájú műsorainak figyelése, ezekről beszámoló készítése, az interneten történő anyag és adatkeresés, nem utolsósorban pedig a kapcsolattartásban való aktív részvétel, levelezés, fordítás, vendégek fogadása esetén tolmácsolás, az erre való szaknyelvi felkészülés, mind-mind hatékony eszköz.

Felértékelődhet a környező országok kisebb népcsoportjai által beszélt nyelvek ismerete is (szlovák, szlovén, ukrán, román stb.).

A mintaiskolával szemben alapkövetelménynek tekinthető, hogy legyen képes programok, találkozások lebonyolítására, hazai és nemzetközi tanácskozások megrendezésére is.

A programok lebonyolításának területén belül legyen képes és alkalmas:

– egész évben, bejelentett csoportok fogadására, amelyek megtekinthetik az iskolát, bepillantást nyerhetnek az ott folyó környezeti nevelési és egyéb pedagógiai programokba.

– bentlakásos, hetes-kéthetes programok vendégeinek fogadására és elhelyezésére □

– tanfolyamok megszervezésére, illetve tartásának biztosítására az egész naptári évben (tehát nemcsak a tanévben vagy nemcsak a tanítási szünetekben, hanem bármikor) □

– továbbképzések helyszínének biztosítására, amelyek megfelelő terv szerint felválthatják az ötletszerű, esetleges, gyakran egymást átfedő szakmai találkozásokat □

– igény szerint biztosíthassa a levelező képzés megvalósítását is.

Ezek, a mintaiskolákkal szemben érthető és valóban elengedhetetlen elvárások – hiszen éppen attól minta, hogy megmutatható, megismerhető – komoly szelekciós tényezők voltak a mintaiskolák kiválasztásánál. A programok, találkozások, konferenciák – egy évben akár több is – megszervezése, rendezése komoly feladatot ró rájuk. Ezen túlmenően technikailag is alkalmasnak kellett bizonyulniuk. Olyan nagyobb előadóhelyiségre, díszteremre van ugyanis szükségük, amely tanítási időszakban, oktatási időben is képes akár 150-200 vendég megfelelő elhelyezésére. Nélkülözhetetlenek az előadások sikeres lebonyolításának kellékei, az írásvetítők, diavetítők, projektorok, és ha szükséges megvalósítható az egész rendezvény archiválása (például videofelvételen történő rögzítése).

A csoportok fogadására mindig készen álló mintaiskoláknak meg kell tudni birkózni azzal a feladattal, hogy a vendégekkel való törődés, szakmai irányításuk, tájékoztatásuk, helyiségek megtekintése vagy egyes programokon történő részvételük a legkisebb zavart se eredményezze az iskola oktató munkájában.

A bentlakásos programok és tanfolyamok, többnapos rendezvények lebonyolítása szempontjából (szinte) nélkülözhetetlen,

hogy a mintaiskolák kollégiummal rendelkezzenek.

.Oprimálisnak az lenne tekinthető, ha ez a szálláshely 20-60 fő részére, lehetőleg az év bármely időszakában rendelkezésre állna, alkalmas lenne a vendégek igényes elhelyezésére és ellátására. Ez egy nehezen teljesíthető követelmény és a jelenlegi mintaiskolák közül csak két középiskola, a Zalaegerszegi Ságvári Endre Gimnázium és az érdi Vörösmarty Mihály Gimnázium rendelkezik saját kollégiummal. Utóbbi a tanév bármely időszakában is képes 20-40 szállóvendég hosszabb ideig tartó (egy-két hét) elhelyezésére is.

Itt említjük meg, hogy egy iskolához tartozó kollégium, mindenkor az iskola része, nem lehet attól elkülönítve szemlélni semmiféle nevelési szempontból sem. Mind az iskolában, mind a kollégiumban azonos nevelési elv szerint, azonos szemlélettel kell a diákokkal foglalkozni. A környezeti nevelési feladatok felvállalása kapcsán különösen fontos, hogy a kollégium működésének minden területét is áthassa az iskola szellemisége. Sőt, még fontosabb, hogy mindazok a pedagógiai törekvések, amelyekről a diákok a napi iskolai munkájuk során hallanak, vagy tevékenységeikkel végeznek, visszaköszönnének az intézmény elhagyása után is a kollégiumban. A kollégium mindennapi tevékenységére éppen úgy érvényesnek kell lenni a környezetbarát szemléletnek, a kollégiumot éppoly "zölddé", sőt "zöldebbé" kell varázsolni, mint az iskola épületét. A kollégiumi rendezvények közé integrálni kell a környezeti nevelés céljait szolgáló kezdeményezéseket. Nem baj, ha ezek nem direkt, célirányos rendezvények, egy természetfotó kiállítás, egy hévégi túraprogram tartalommal való megtöltése egyaránt hasznos és eredményes lehet.

A kollégium még jobban a diákok szeme előtt vannak a működtetésében megnyilvánuló megoldások, a nem csöpögő vízcsapok, az energiatakarékos izzók, a környezetbarát megoldások, szelektív hulladékgyűjtés, az esztétikus külső és belső környezet, és hosszan lehetne még folytatni a sort.

Egy a mintaiskolákkal szemben elvárható alapkövetelmény a kiemelkedő tárgyi felszereltségük.

Ezen a területen fontos:

– a megfelelő színvonalú laboratóriumi felszereltség a három alapvető természettudományos tárgyból, fizikából, biológiából és kémiából □

Ez azt jelenti, hogy a laboratóriumokban egyszerre, önállóan, saját eszközökkel, 16-18 tanuló ugyanazt az egyéni tevékenységet végezhesse. A laboratóriumok rendelkezzenek az alapvető vizsgálatok elvégzéséhez szükséges tárgyi eszközökkel. Legyenek a laboratóriumok olyan műszerezettségűek, hogy a tanulók 4-5 fős csoportokba szerveződve egyszerre végezhessenek műszeres méréseket és vizsgálatokat.

– legyen megfelelő számítógéppark, amely alkalmas nemzetközi kapcsolattartásra és információcserére □

A mintaiskolának olyan számítógépparkkal kell rendelkeznie, amely biztosítja 16-18 tanuló egyidejű munkáját a gépeken. A gépeknek nagy teljesítményűeknek és gyorsaknak kell lenniük természetesen internetes hozzáférhetőséggel.

A nevelési terv és a tantervi struktúra

A mintaiskoláknak – természetszerűen – minden tantárgyból az országos kerettantervek előírásai szerint kell haladnia, minden egyéb ebbe beépítve, vagy emellett, párhuzamosan képzelhető csak el és engedhető meg. Egyrészt azért mert a hatályos oktatási törvény egyértelműen megszabja a tanulók kötelező heti óraszámát, másrészt pedig éppen ezáltal tud másutt is megvalósítható, vagy ötletet, gondolatot sugalló mintául szolgálni. Ez akkor is igaz, ha egy esetleg valamelyik évfolyamon – akár később, kísérletképpen belépő esetleges önálló tantárgyként belépő, akár környezeti neveléssel kapcsolatos szakmai vagy pedagógiai jellegű tantárgy beépül a képzési struktúrába.

A mintaiskolák helyi tanterve ugyanúgy felkészít az érettségi vagy felvételi vizsgákra, azonban lehetőséget teremt a környezet- és természetvédelem alapvető készségeinek és ismereteinek elsajátítására. Integrált módon közelíti meg az egyes tantárgyakat, a humán és természettudományos tantárgyakat egyaránt. Ezzel együtt kiemelten kezeli a természetismereti (biológia, földrajz, környezetismeret, kémia, fizika) és a környezetkultúra (rajz, technika, egyéb művészeti) tárgyakat. Biztosítja az önálló, az egyéni, saját tevékenységen keresztül történő tapasztalárszerzést és ismeretelsajátítást. Igyekszik maximálisan kihasználni a helyi adottságokat, környezetorientált.

A tanterv pedagógiai részébe természetesen be kell kerülnie azoknak a programoknak, amelyek az oktatás-nevelés különböző területeit ölelik fel és a tanóránkívül zajlanak. Nagyon fontos, hogy ezek elsősorban a környezeti nevelést szolgálják, és tudatosak, tervszerűek legyenek. Ez azonban ne szakadjon el a tanórákon tanultaktól, ne legyen erőltetett vagy mesterkéltné. A tanórákra épüljenek, mutassák be, illetve valamilyen formában segítsék a tanítást vagy annak körülményeit. A különböző szakkörök tevékenységére már korábban utaltunk..

Hasonlóan nagyjelentőségű lehet a különböző *neves napok* megünneplése. A mintaiskola nem eshet bele abba a hibába, hogy csak egy-vagy két neves napról emlékezik meg, a többitől elfelejtkezik. Követelmény, hogy valamennyiről essék szó, még akkor is, ha egyet-egyét közülük – természetesen évről-évre másokat – kiemelten kezelünk. Ez a kiemelt kezelés jelenthet egy több napi eseménysorozatból álló ünneplési formát, jelenthet témanapot, vagy témahetet. Egy-egy ilyen alkalommal az egész iskola, valamennyi osztálya, valamennyi tanítási órán csak az adott témakörre fűzi fel mondanivalóját. Még nagyobb pedagógiai bravúr – de kivitelezhető – ha a témanap óráin semmi "nagyobb felhajtás" nincsen, a tanár és a diákok közösen arra törekszenek, hogy az éppen aktuális, sorra kerülő tananyagban hogyan tudják megtalálni azokat a találkozási pontokat, amelyekhez a témanap alap gondolata kapcsolható.

A mintaiskola *tanulmányi kirándulásait* olyan programokkal kell tervezni, amelyben a környezeti nevelés hangsúlyozott szerephez jut. A tanulmányi kirándulások komplex jellegűek, ennél fogva eleve adott annak a lehetősége, hogy a környezeti nevelés szempontjait érvényesíthessük. A tervezett kirándulások során a bejárt városok műemlékeinek, helytörténeti értékeinek megtekintése mellett tervezni kell kirándulásokat a környék természeti értékeinek megismerésére is. Ha szabadon (vagy engedéllyel) látogatható természetvédelmi terület van a környéken, azt is fel kell keresni, ahol a botanikai, zoológiai értékekkel is megismerkedhetnek a tanulók. Fordítva is igaz azonban, ha természetvédelmi területre, valamelyik nemzeti parkunkba vagy tájvédelmi körzetbe szervezünk kirándulást, amelyen a természetvédelmi, biológiai, földrajzi ismeretszerzési lehetőségei dominálnak, a programot ki kell egészíteni a terület jellemző néprajzi és kultúrtörténeti, az ember és a táj, az ember és az épített környezete kapcsolatának vizsgálatával is.

A mintaiskolának be kell kapcsolódnia a környezet- és természetvédelmi témájú tanulmányi versenyekbe.

Ez a feladat elsősorban a biológia tantárgyhoz kötődik. Hiszen a biológia égisze alatt kerülnek megrendezésre azok a tanulmányi versenyek, amelyek nemcsak nevükben, de témájukban is, a felvállalják a környezet- és természetvédelmi kapcsolatos témakörök versenyagukba építését. Napjainkra a korosztályos versenyek egy jól egymásraépülő egységes ívű rendszert képeznek. A 11-12 éves korosztály számára kiírásra kerülő Kaán Károly Országos Környezetismereti, Környezet- és Természetvédelmi Tanulmányi Verseny, a 13-14 éves korosztály számára kiírásra kerülő Hermann Ottó Biológia, Környezet- és Természetvédelmi Tanulmányi Verseny, valamint a középiskola alsó két évfolyamát megszólító Kitaibel Pál Országos Biológiai, Környezet- és Természetvédelmi Tanulmányi Verseny jellegét és lebonyolítási rendjét tekintve szervesen egymásra épül. Hiszen kifejezetten aktív környezet vagy természetvédelmi tevékenységet kíván meg a résztvevőktől, mert az országos döntőbe jutott tanulók saját, egyéni tevékenységükről, munkájukról kell beszámolniuk ötperces kiselőadás keretében. Ezen túlmenően csak az reménykedhet sikerben, aki el tud igazodni a hazai védett növények és állatok között, valamint jól ismeri a Természbúvár és az Élet és Tudomány azévi számaiban a természet- és környezetvédelemmel kapcsolatos írásokat. A versenyekre való készülések kiváló lehetőségeket kínálnak a számadásra, annak ellenőrzésére, mennyire végeztünk hatékony munkát, van-e mondanivalónk.

Hasonló céllal szükséges minden olyan pályázaton is szervezeten indulni amintaiskola diákjainak, amelyek konkrét eredmények asztalra tételét követelik meg. Ilyen lehet a Földtani örökségünk pályamunka, vagy a nem védett, de védelemre érdemes területek megismertetési lehetőségeit kínáló Környezet- és Természetvédelmi Minisztérium pályázat, amely hosszú ideje évek óta kiírásra kerül.

A mintaiskolák tantestülete

Az iskolák kiválasztásánál kiemelten vizsgálták, hogy rendelkeznek-e megfelelő személyi feltételekkel.

Ez egy rendkívül fontos, talán még a tárgyi felszereltségnél is előbbrevaló. Természetes, hogy minden szakmai programban sokat számít a tetterekészség, a felkészültség, sőt bizonyos mértékű megszállottság, a szakmai tapasztalatokat azonban semmi nem pótolja. Ezért a kiválasztás olyan tantestületekre esett, amelyek tagjai közül számosan már eddigi munkájukkal is gazolták, hogy ez a munka nemcsak érdekli őket, hanem áldozatokra is képesek érte.

Fontos volt, hogy a választott tantestületek munkájukkal a teljes oktatási mintázatot le tudja fedni, tehát ne csak a természettudományos tantárgyakra összpontosítson a szakképzett pedagógus gárda. A magyar nyelv, a történelem, az idegen nyelvek oktatásában is rendkívül sok a környezeti nevelési lehetőség.

Ugyancsak nem elhanyagolható, hogy a tanárok – legalább egy része – megfelelő szinten beszéljen idegen nyelvet. Az angol, a német, a francia, az orosz nyelvtudás a szakirodalom figyelése és a külföldi kapcsolattartás miatt nem mellőzhető.