

OTDK-dolgozat

Fekete Zoltán

BA

2013

**KÖRNYEZETI ÉS GAZDASÁGI MEGTAKARÍTÁSOK
ÖSSZEHASONLÍTÓ VIZSGÁLATA A VILÁGÍTÓ
RENDSZEREK TERÜLETÉN**

**THE COMPARATIVE EXAMINATION OF ENVIRONMENTAL
AND ECONOMIC SAVINGS ON THE AREA OF THE LIGHTING
SYSTEMS**

FEKETE ZOLTÁN

Kézirat lezárva: 2011. november 11.

Környezeti és gazdasági megtakarítások összehasonlító vizsgálata a világító rendszerek területén

Napjainkban egyre jobban előtérbe helyeződnek a fenntarthatósági problémák, amelynek egyik központi eleme az energiafelhasználás (energia túlfogyasztás) kérdése. Ez importfüggőségi (gazdasági), és környezeti problémákat egyaránt felvet. A fosszilis energiák kimerülése a gazdasági tevékenységünk fenntarthatóságát veszélyezteti, miközben CO₂ kibocsátásunkkal a Föld klímáját változtatja meg. A téma fontosságát nem csak a kutatók hangsúlyozzák, de már a hazai és nemzetközi politika tükrözi. Az energiahatékonyság, energiatakarékosság, megújuló energiák fejlesztésének és környezeti fenntarthatóság kérdése horizontális elvként beépül a stratégiákba és a döntéshozatalba. A jelenleg érvényben lévő környezet- és energiapolitika ösztönzi az energiahatékonyság növelését és. A megújuló energiák hasznosítása csak komplementer válasz lehet, mivel az alternatív technológiák környezeti hatásait még nem ismerjük pontosan (pl. biomassa). Véleményem szerint a legnagyobb problémát a pazarló energiafogyasztás jelenti: legjobb az az energia, amit meg sem kell termelni a felhasználás csökkenése miatt. Így TDK dolgozatomnak is az energiatakarékosság áll a középpontjában: az energiafogyasztás egy szűk, de jelentős területén, a világítási rendszerek vizsgálatában.

Dolgozatomban célja tehát annak vizsgálata, hogy milyen alternatív lehetőségek vannak a világításra fordított energiafelhasználás csökkentésére, illetve milyen gazdasági és környezeti hasznokkal járhat ezek alkalmazása. Ezért összehasonlító elemzéssel megvizsgálom a jelenleg gyakorlatban használt világítási rendszerek gazdasági és környezeti nyereségeit és hatásait. Bár a vizsgálat egy alternatív világítási technológia energiaköltség-csökkentésének lehetőségeit tárja fel, a hazai energiaszisztematikáinak elemzésével arra is becslést adok, hogy a különböző technológiák alkalmazása milyen kiváltási lehetőséget, gazdasági és társadalmi hasznot biztosíthat a hazai háztartások és az állam számára.

The comparative examination of environmental and economic savings on the area of the lighting systems

Nowadays more and more attention is placed on sustainability issues with special a focus on energy consumption. Energy over-consumption raised the question of import dependency (economic) but also concerns about environmental issues. The depletion of fossil fuels for economic activity threatens environmental sustainability, whit our CO₂ emission we modify the Earth's climate. Relevance of the subject is not only highlighted by researchers, but it reflected in national and international policies too. Energy efficiency, energy conservation, the question of renewable energy development and environmental sustainability is integrated as horizontal principles in the strategies and decision-making. The current environmental and energy policy encourages increased energy efficiency and renewable energies. The utilization of renewable energies can only be a complementary answer, because we don't know exactly the environmental impacts of alternative technologies yet (e.g.: biomass). In my opinion the biggest problem is the wasteful energy consumption: the best energy is the energy we don't have to produce because of decline in consumption. Therefore the focus of my work is on the energy saving methods: lighting systems' energy consumption is a narrow but important area of our energy usage.

So in my essay I examine what are the alternatives of lighting systems to reduce energy consumption and estimate the economic and environmental benefits of these during its operation. That's why I examine with comparative analysis the current practice used in lighting systems and effects of the economic and environmental gains. Although the study describes of an alternative lighting technology's energy consumption reduction, with domestic energy-statistics I can also give estimation on the different technologies kWh replacement options and their possible economic and social benefits.

Tartalomjegyzék

Táblázatjegyzék	6
Ábrajegyzék	7
Bevezetés	1
1. TAKARÉKOSSÁG ÉS MEGÚJULÓ ENERGIA SZEREPE AZ ENERGIAFELHASZNÁLÁSBAN	2
1.1 Takarékoság és energia hatékonyság	2
1.1.1 Energiatakarékoság	3
1.1.2 Hatásfokjavítás	4
1.2 Szektorok energia felhasználása	5
1.2.1 Ipari energiafelhasználás	9
1.2.3. A közlekedési ágazat	13
1.2.4. Épületek	14
2. FÉNYFORRÁSOK, VILÁGÍTÁS AZ ENERGIAFOGYASZTÁSBAN	16
2.1 Világításra fordított energia	16
2.2 Elérhető fényforrások (technológiák).	17
2.3 A világítás gazdasági és környezeti hatásai	22
2.3.2 Környezeti hatások	23
3. VILÁGÍTÓ RENDSZEREK KÖLTSÉG-HASZON ELEMZÉSE	27
3.1 Solarspot definíció, nemzetközi szervezeti háttér	27
3.2 A kiváltás gazdasági és környezeti hasznai	28
3.2.1 A költség-haszon elemzés számba vett költségei és bevételei	28
3.2.2 A költséghaszon elemzés eredményei	32
Összefoglalás	38
IRODALOMJEGYZÉK	42
MELLÉKLETEK	i
1.melléklet: Hagyományos és solarspot technológia nettó jelenérték számítása	i
2.melléklet: LED és solarspot technológia nettó jelenérték számítása	ii

Táblázatjegyzék

1. táblázat: Energia- és költség összehasonlítás a fényforrás élettartama szerint	21
2. táblázat: A költség-haszon elemzés alap adatai	29
3. táblázat: Hagyományos és LED technológia műszaki paramétereit	30
4. táblázat: Hagyományos-, és LED fénycső összehasonlítása kombinálva solarspot technológiával.....	31
5. táblázat: Beruházási alternatívák kiadási és bevételi pénzáramai	34
6. táblázat: Beruházási alternatívák pénzügyi mutatói	35
7. táblázat: Hagyományos-, és solarspot technológia összehasonlítása CO2 mennyiség alapján	36

Ábrajegyzék

1. ábra: Energiatudatosság különböző elemeinek összefüggései.....	5
2. ábra: Ágazatok energiafelhasználása, 2000-2010 (Milliárd Btu).....	6
3. ábra: Magyarország energiafelhasználása ágazatonként, 2000-2010 (%).....	7
4. ábra: Magyarország villamosenergia felhasználása, 1998-2009 (%).....	8
5. ábra: Ipari és lakossági szektorok elektromosenergia felhasználás-részesedése az összes elektromos áram felhasználásban, 2000-2009 (%).....	11
6. ábra: Mezőgazdaság és közlekedés szektorok elektromosenergia felhasználás-részesedése az összes elektromos áram felhasználásban, 2000-2009 (%).....	14
7. ábra: Fényforrások.....	17
8. ábra: Mesterséges fényforrások	20

Bevezetés

Minden emberi tevékenységhez energiára van szükségünk. Legyen szóutazásról vagy akár sütésről. A fejlett társadalmak működésének és személyes életvitelünk kielégítésének elengedhetetlen feltétele, hogy az energia folyamatosan és viszonylag olcsón rendelkezésre álljon. Az emberiség energiaigénye folyamatosan nő, napjainkra az energiaszükségletünk kiemelkedő értéket ért el, a világ primerenergia felhasználása 2000-ben 400 EJ, majd 2008-ban 474 EJ volt. Igényeink fedezésére 3,4 Gt kőolajat, 4,5 Gt szenet, $2,5 \text{ Tm}^3$ földgázt kellett kitermelni, a víz- és atomenergiából fejlesztett villamos energiából termelt primerenergia is 1,2 Gt kőolaj egyenértékű 2000-ben. A megújuló energiaforrások a szükségletek tízegynéhány százalékát fedezik (2009-ben 19%), amiből 43,5% vízenergia, (56,5%) bioenergia – legnagyobb részt tűzifa –, a reményteljesnek tekintett egyéb energiafajták (nap-,szél-, geotermikus stb. energia) pedig 1,74% érnek el. Nehezítő tényezőnek minősül a megújuló energia hasznosításánál, hogy az egyes energiahordozók (pl. tűzifa, mezőgazdasági hulladékok) hasznosítására csak következtetni lehet, ugyanis nagyrészüket nem kerül kereskedelmi forgalomba, valamint az egyéb megújulókat kismértékű helyi felhasználására sem terjed ki a statisztikai adatgyűjtés (Vajda György: Energiapolitika, 2001).

Véleményem szerint a legnagyobb problémát a pazarló energiafogyasztás jelenti: legjobban az az energia, amit meg sem kell termelni a felhasználás csökkenése miatt. Ezért dolgozatomban bemutatom a megújuló energiaforrások megtakarításban betöltött szerepét, az energiahatékonyságot, energiaszükségletet, valamint azt, hogy milyen mértékű a világításra költött, elfogyasztott energia. Dolgozatomnak célja tehát annak vizsgálata, hogy milyen alternatív lehetőségek vannak a világításra fordított energiafelhasználás csökkentésére, illetve milyen gazdasági és környezeti hasznokkal járhat ezek alkalmazása. Így összehasonlító elemzéssel megvizsgálom a jelenleg gyakorlatban használt világítási rendszerek gazdasági és környezeti nyereségeit és hatásait. Bár a vizsgálat egy alternatív világítási technológia energiaköltség-csökkentésének lehetőségeit tárja fel, a hazai energiastatisztikáinak elemzésével arra is becslést adok, hogy a különböző technológiák alkalmazása milyen kiváltási lehetőséget, gazdasági és társadalmi hasznot biztosíthat a hazai háztartások és az állam számára.

1. TAKARÉKOSSÁG ÉS MEGÚJULÓ ENERGIA SZEREPE AZ ENERGIAFELHASZNÁLÁSBAN

Az energiatakarékosság megvalósítása számos társadalmi, gazdasági kérdést vet fel, mind állami, mind lakossági szinten. Ezek szükségszerűek, hiszen csak így érhető el az energiahatékonyság. Példaképpen, energiatakarékos izzókat használunk, megfelelően szigeteljük lakásunkat, és ha nincs szükségünk az elektromos berendezéseinkre, akkor kikapcsoljuk azokat. A legmegfelelőbb energiatakarékosságot én a megújuló energiaforrások használatának és energiatakarékosság kombinációjában látom. A takarékoság révén már kevesebb megtermelt energia szükséges, amiből jelentős környezetterhelés csökkentést eredményez. Ennek megfelelően ebben a fejezetben bemutatom az energiatudatossághoz kapcsolódó fogalmakat a takarékoság és hatásfokjavítás mentén, majd energiastatisztikák felhasználásával nemzetközi kitekintésben jellemzem a hazai energiafogyasztási szokásokat az egyes szektorok mentén. Céлом nem az, hogy kijelöljem, hol érhetjük el a legnagyobb energiamegtakarítást. Mivel később egy vállalati példán keresztül csak az ipari működésben használatos világításból származó megtakarításokat számszerűsítem, inkább átfogó képet adok a szektorok energia és villamos energia felhasználásáról, hogy nagyságrendileg becsülhetők legyenek a realizálható megtakarítások.

1.1 Takarékoság és energia hatékonyság

Az energiaárak folyamatos növekedése és az egyes energiafajták fellelhetőségének csökkenése miatt egyre jobban előtérbe kerül az energia felhasználásának tudatos alkalmazása. Az energiatudatosság - azaz az energia megfelelő és hatékony módon való felhasználása a környezet védelme érdekében – megvalósulása vezethet az energiatakarékosság beteljesüléséhez. Energiatakarékosságra gazdasági és környezetvédelmi célok miatt van szükség. Cél: az olcsó és egyben zöld energia felhasználásával energia megtakarítása. (Kiss, 1989)

Az energetikai hatásfok javításával és a veszteségek leredukálásával az energiaigények kimagasló százalékát meg lehet takarítani. Az 1970-es olajválság vezetett oda, hogy, minden ország elsődleges célkitűzése lett az energiatakarékosság. Az energiaracionalizálásnál ugyanakkor figyelembe kell venni azt is, hogy ez nem foghatja vissza az egyéni vagy társadalmi szükségletek kielégítését. Fontos a gazdasági haszon és

energiatakarékosság megfelelő kombinációjának alkalmazása, hiszen a takarékoságnak csak addig van haszna, amíg nem áll a gazdasági fejlődés útjába.

Az energiafogyasztásunk racionalizálásának jelentős gazdasági és környezeti előnyt eredményez a gazdaság különböző szereplői számára. Makrogazdasági szinten a csökkenő energiaigény az energiaimport csökkenéséhez vezet, ami javíthatja a fizetési mérleget. Ha kevesebbet kell költeni a környezeti károk helyrehozására, akkor az energiaforrások bővítése helyett nagyobb beruházásokra fordítható a tőke, vagy több exportra telik az ásványvagyonból. A fogyasztók esetében azonban szinte csak a gazdasági haszon a motiváció arra, hogy aktív lépéseket tegyenek az energiatakarékosság felé, miközben a piaci viszonyok gyakran nem támasztják alá az energiatakarékosság gazdaságosságát. Ilyenkor állami preferenciákkal - mint pl. kedvezményes hitel, beruházási hozzájárulás, gyorsított leírás, adó-visszatérítés – szükséges ösztönözni a felhasználókat. Az állami szerepvállalást előidézhetheti egyik oldalról közösségi érdek másik oldalról a piac érzéketlensége a társadalmi terhek iránt. (<http://zoldtech.hu>)

1.1.1 Energiatakarékosság

Az energiatakarékosság elérésének egyik lehetősége a felesleges *energiahasználat visszaszorítása*, ami nem igényel befektetéseket, kizárólag emberi tevékenységen múlik. Lakossági szinten sokféle módon takarékoskodhatunk. Takarékoságról beszélünk a háztartásban amikor az izzókat energiatakarékos izzókra cseréljük, amikor egy gyors és frissítő zuhanyt választunk a tele kád fürdővíz helyett, amikor a mosó- és mosogatógépet csak teljesen megtöltve indítjuk el, illetve a helyiségben figyelünk a túlfűtöttség elkerülésre vagy amikor figyelmeztetjük a legkisebbeket: ha már nincs rá szükség, kapcsolják le a villanyt. Az elemzések során a termelésben is felfedezhető számos példa az energia pocséklására: felesleges anyagmozgatás, megmunkálás, hőkezelés megszüntetése; a hulladékok nem megfelelő hasznosítása; a folyamatok szabályozásának optimalizálására; a tevékenységek ésszerűsítésére. Találunk példát az adminisztratív eljárásokkal való pazarlás visszaszorításhoz is: az épületek hőszigetelésének szabványban előírt mértéke vagy középületek fűtési hőmérsékletének korlátozására illetve a közúti sebességhatárolás. Érdekes megfigyelni, hogy az olajkrízis időszakában, vagy a tervgazdaságban érvényesített dotáció felszámolása során az indokolatlan energiafelhasználás visszaesett. A pazarlás visszaszorításához hozzájárulhat akár egy válság is. Azonban a tudatos energiafelhasználás egy jobb módja a már említett pocséklás

csökkentésének. Az energiatudatos szemlélet be kell építeni már az általános iskolai tudásformálás során. A színvonalas tudományos ismeretterjesztés, a mértékadó intézmények és vállalatok tanácsadása és információs anyagai, emellett a tömegtájékoztatatásban megjelent objektív propagandaanyagok sokat segíthetnek a megfelelő látásmód kialakításában. (<http://www.kritikaonline.hu>)

1.1.2 Hatásfokjavítás

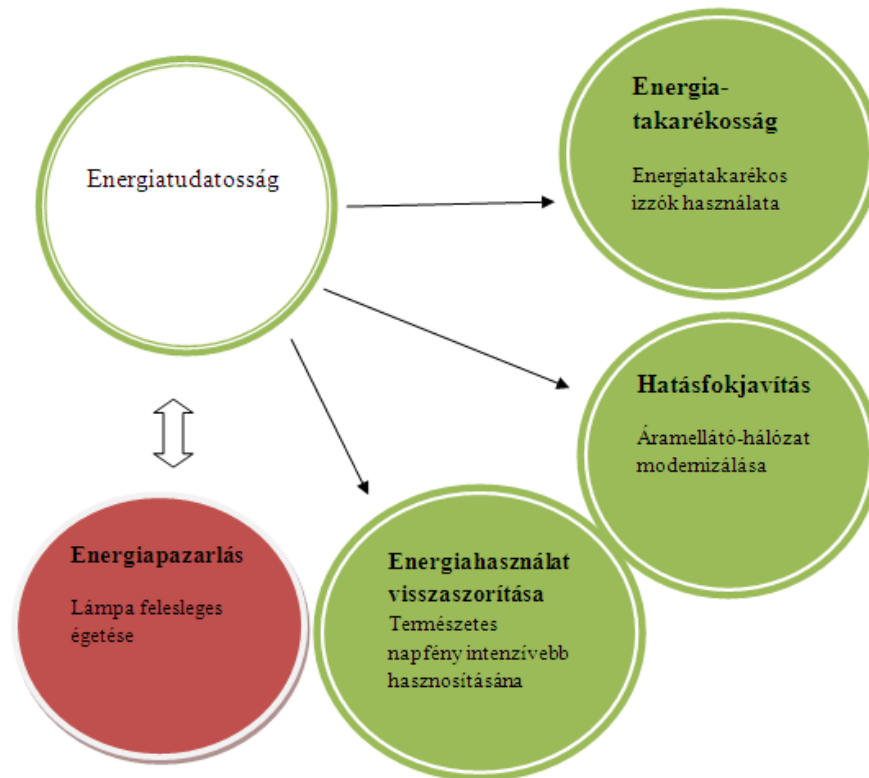
Az energiatakarékosság másik lehetősége az energiaveszteségek csökkentésével való *hatásfokjavítás*. Az anyagfelhasználás csökkentése is energia-megtakarítást jelent, hiszen, az anyagoknak is energiára van szükségük. A régebbi technológiák felváltása új módszerekre, konstrukciókra szintén a hatásfok javításához vezet. Ez viszont beruházások megvalósításával érhető el, ami előtérbe állítja a gazdasági követelményeket, a gazdasági hatékonyságot valamint a ráfordítás mihamarabbi megtérülését. A tapasztalatok szerint a hatásfok időbeli alakulása logisztikus görbét követ. Az alacsony hatásfok gyors és egyszerű javítási lehetőséggel is jár, azonban a legkönnyebben és leggyorsabban megoldható lehetőségek gyorsan elfogynak. (Vajda, 2001)

A hatásfok javítása kiemelkedő az általam vizsgált világítási rendszerek esetében is. Vajda kiemeli (2011), hogy a fényforrások vesztesége sajnos katasztrofálisan magas. Még a kompakt fénycsövek fogyasztásnak is 80%-os a hővesztesége, a hagyományos izzólámpáknál ez 95% körül mozog.

Az alternatív energiák alkalmazása egyre inkább prioritássá válik az EU területén. Az energiapiacra egyre többen látják az energia előállítás fő forrásának a megújuló energiaforrásokat, különösen a jövőt illetően. Elterjedésük stabilabbá teheti az energiahálózatot, növelné az energiaipar dinamizmusát és együtt járna a nagy kapacitású dinamikus energiatárolók fejlesztésének szükségességével is. A megújuló energiaforrások támogatásáról szóló *Megújuló Energiaforrások Felhasználása* irányelvtől azt várják, hogy felgyorsítja a már említett technológiák piaci felvételét. (<http://energiaklub.hu>)

Ahhoz, hogy decentralizált megújuló energiaforrások használatára át lehessen térni, növelni kell a hatékonyságot, modernizálni kell az áramellátó-hálózatokat. Az uniós energiabiztonság szemszögéből is figyelembe kell vennünk a megbízható és hatékony hálózatok fenntartását és kiépítését. Ez jelentős beruházásokat követel meg az intelligens fogyasztásmérés és intelligens villamosenergia-hálózatok terén. (Lukács,2007)

Az 1. ábrán az energiaracionalizálásban érintett fogalmakat foglalom össze, példákkal szemlélítve. Úgy gondolom, ez segít a hasonló, de mégis eltérő fogalmak tisztázásában, ami mind az energiatudatosság változásában kereshető.



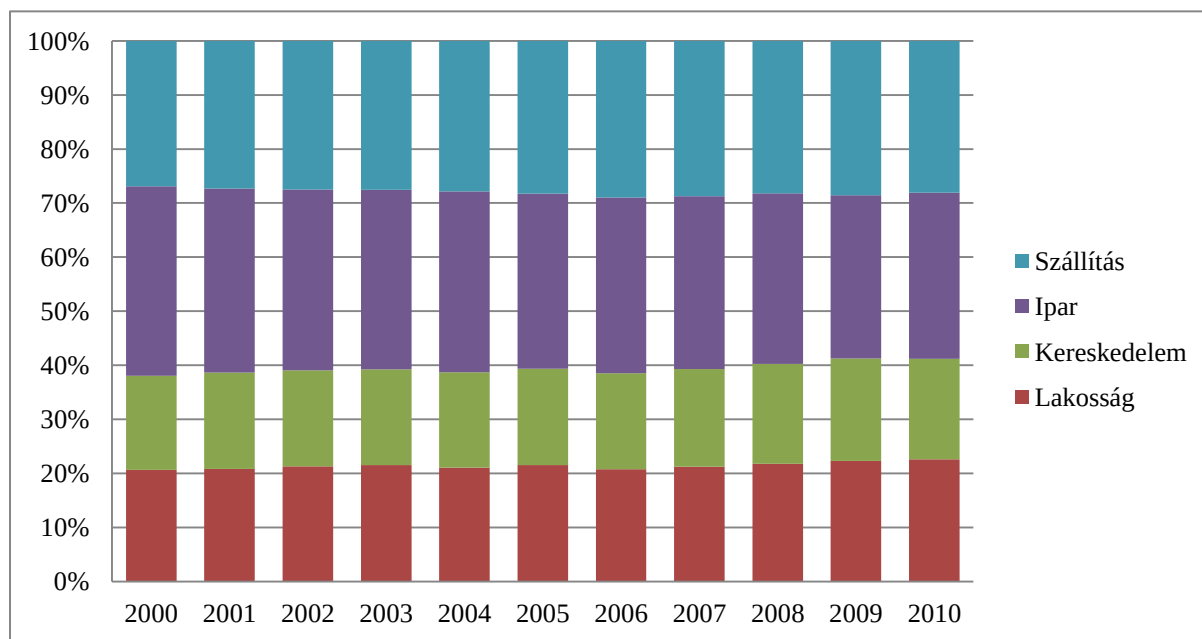
1. ábra: Energiatudatosság különböző elemeinek összefüggései

Forrás: Vajda György: energiapolitika (2001) alapján saját szerkesztés

1.2 Szektorok energia felhasználása

A következőkben az energiafelhasználást, ezen belül a témához közvetlenül kötődő villamosenergia-felhasználást mutatom be a különböző szektorok esetében. Amennyiben a hazai piaci szereplőket nézzük, véleményem szerint hazánkban a legnagyobb megtakarítási lehetőséget a háztartások, lakóépületek, és önkormányzatok és közintézmények területén lehet elérni. A probléma - ahogy már utaltam rá – ezeknél az, hogy ezek a legforráshiányosabb szférák, amelyeknél csak a közvetlen hasznok hozhatnak változást a környezettudatosságban.

Az energiahatékonysággal kapcsolatos intézkedések központi szerepet játszanak abban, hogy az éghajlatváltozás és az energiapolitika terén kitűzött célok a lehető legkisebb költségek mellett legyenek teljesíthetők, különösen, épületek és a közlekedés energiafelhasználását illetően. Ennek érdekében számos intézkedést kell alkalmazni a lakossági szektor, az állami és az önkormányzati szektor, az ipari szektor, a vállalkozói szektor, valamint a közlekedés területén.



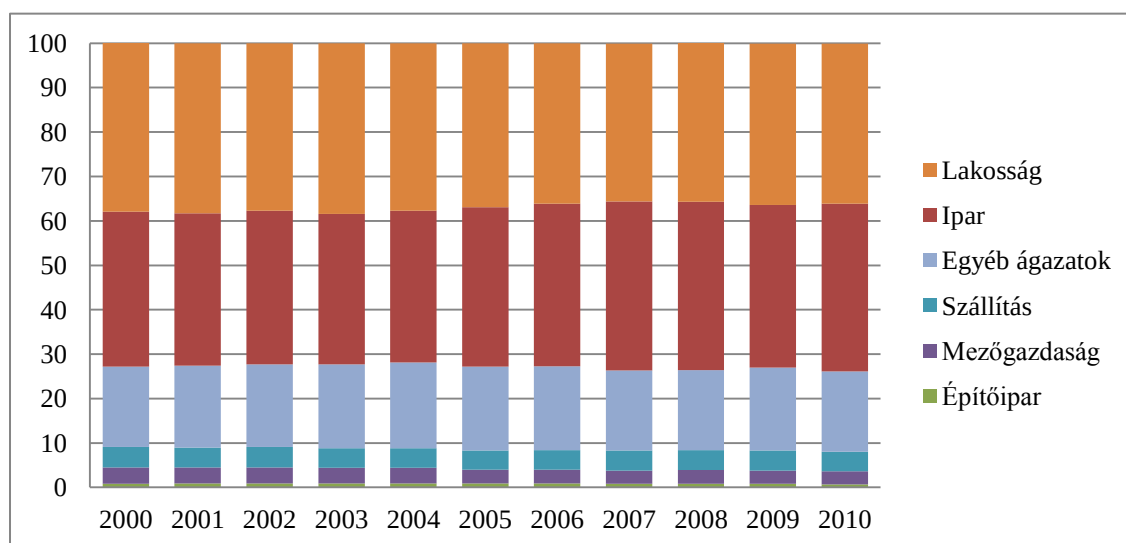
2. ábra: Ágazatok energiafelhasználása, 2000-2010 (Milliárd Btu¹)

Forrás: eia.gov

A 2. ábra a szektorok energia felhasználását mutatja 2000-2010 között, milliárd Btu egységben. A diagramon láthatjuk, hogy a legtöbb energiát az ipar hasznosítja a világon (átlagosan 32 116 461 Btu). A kereskedelem emészti fel a legkevesebb energiát, ezt a lakosság követi majd a szállítás és közlekedés. A válság hatására 2009-es évben kissé visszaesett az energiafelhasználás. Stagnálás illetve nagyon kismértékű növekedés jellemezte a fejlett országokat (Észak-Amerika, Európai Unió, Japán). Az energiafelhasználás növekedése elsősorban a Délkelet-Ázsiából kiváltképp Kínából származott és ennek a két hatásnak az eredménye, hogy a világ energiafelhasználása csak kis mértékben nőtt a vizsgált időszakban (EIA, 2010). Ezt a tendenciát erősíti az

¹ A BTU az angol hőegység rövidítésből ered (British Thermal Unit) és az egyik legelterjedtebb mértékegység a klimatechnikában. 1 BTU –az az energia- amely képes 1 font vizet 1° F (fahrenheit) fokkal emelni vagy csökkenteni. Magyarországon leginkább a kW-ot használjuk az átváltást pedig a következők szerint végezzük; 1 kW az 1000 W és 1 BTU/h egyenlő 0,293 W-al.

energiahatékonyság javulása az Unió 27 tagállamában is, ahol az ODEX energiahatékonysági mutató 9%-os javulást mutat az 1998 és 2005 közötti időszakban, Magyarországon pedig 8%-ot. A bekövetkezett hatékonyságjavulás jelentős részben az ipari szektor energiahatékonyságának javulásából származott, míg a háztartások és a közlekedési szektor energiahatékonysága stagnált az időszakban (ODYSSEE, 2009). A globális energiafelhasználási trendekhez képest Magyarország abból a szempontból mutat eltérő jelleget, hogy lakossági energiafelhasználása döntő részesedéssel bír, ami a villamosenergia-felhasználás terén egyaránt kimutatható (3. ábra).



3. ábra: Magyarország energiafelhasználása ágazatonként, 2000-2010 (%)

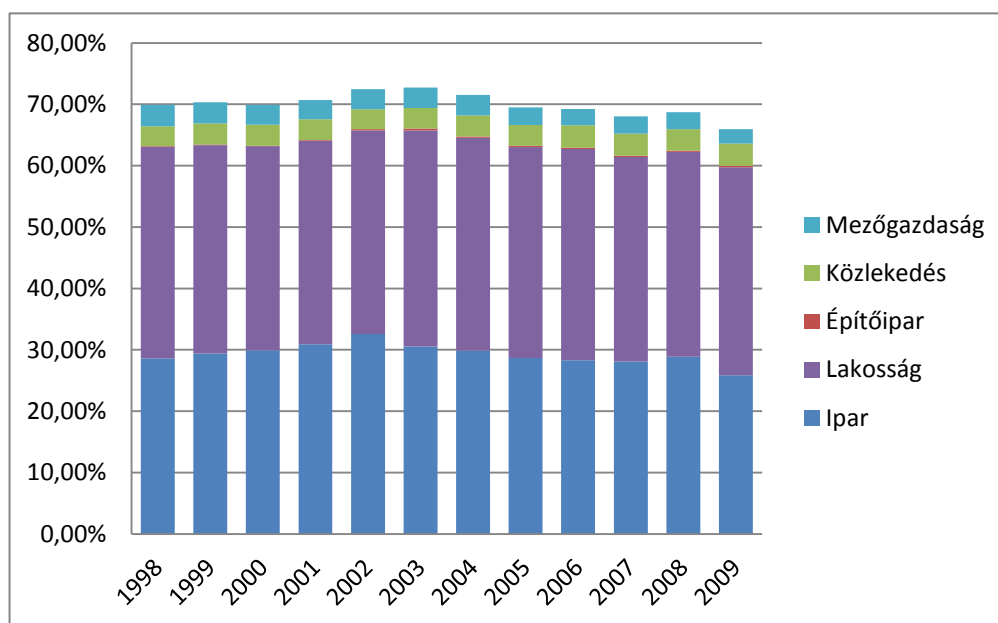
Forrás: Energia Kézikönyv adatai alapján saját szerkesztés

Magyarország teljes energiafelhasználásában az ipari, lakossági, illetve az egyéb ágazatok szektora teszi ki a teljes magyar energiafogyasztás 90%-át. Ezen belül a nem produktív, lakossági és a kommunális szektor ölel fel az energiafelhasználás 57%-át, ez ráadásul tendenciájában folyamatosan növekszik. Itt adódik a legmagasabb a hatékonysági és megtakarítási potenciál, azonban a források hiányából adódóan nehéz realizálni.

Az ipari szektor energiafelhasználásának stagnálása inkább a stagnáló termeléssel, mint jelentős hatékonyságjavítással magyarázható. Bár a beruházások egyre fontosabb eleme a hatékonyság és fenntarthatóság biztosítása (Energia Klub, 2006).

Az energiafogyasztásban kiemelt szerepe van a közlekedési és szállítási szektornak, ugyanis több területet érint egyszerre. Ezen területeken ezért célszerű az integrált szemléletmód.

A mezőgazdasági szektor energiafelhasználása 7.5%-ról 3.5%-ra csökkent a vizsgált időszakban, amelyért elsősorban a mezőgazdasági termelés mérséklődése a felelős. A termelésben adódó csökkenés elrejti viszont azt, hogy romlott a mezőgazdaság energiahordozói szerkezete, valamint a fajlagos költségek is kedvezőtlenebbé váltak. (Földművelésügyi és Vidékfejlesztési Minisztérium, 2007) Magyarországon a többi szektorhoz képest az építőipar használja a legkevesebb energiát, ami az ágazat jellegéből adódik.



4. ábra: Magyarország villamosenergia-felhasználása, 1998-2009 (%).

Forrás: Eurostat adatai alapján saját szerkesztés

A 4. ábrán, a villamosenergia-fogyasztás száz százalékig terjedő részét az egyéb szektorok jelentik

A magyarországi villamos energia leginkább az iparra és a lakosságra koncentrálódik. A közlekedés, mezőgazdaság majd az építőipar hasznosítja a legkevesebb elektromos energiát. A 2008-as visszaesést követően – ha kis mértékben is – de növekvő villamosenergia-felhasználás jósolható, a fogyasztói szokások, pl. az elavult épületek, növekvő klímahasználat, világítás révén. (Regionális Energiagazdasági kutatóközpont, 2009)

Az ipari szektort vizsgálva is hasonlóképpen alakultak a változások. Ennek oka, hogy az erőforrások rendelkezésre állása korlátozott, és az energiaár növekedés is jelentős. Az ellátás és felhasználás alaphelyzetét meghatározza, hogy a privatizáció során az erőművek valamint áramszolgáltatók jelentős része multinacionális cégek tulajdonába került.

A többi szektor villamosenergia-felhasználását a teljes energiafelhasználáshoz hasonló tendenciák jellemzik. Az összes villamosenergia-felhasználás az utóbbi években csökkenő, aminek kiváltó oka döntően a válság. (Vezetékes Energiaellátási Tevékenységet Vizsgáló Szakértő Bizottság, 2006)

1.2.1 Ipari energiafelhasználás

Az ipari szektorban az ODEX index² 19 %-kal csökkent 1998 - 2005 között Magyarországon

A gépgyártás és járműgyártás részaránya a feldolgozóipari bruttó hozzáadott értékben 33%-ról 60%-ra nőtt. A feldolgozóipari átlagnál jobban nőtt a vegyipar energiahatékonysága (29% javulás) döntően a korszerűbb termelőberendezések üzembeállítása miatt. (ODYSEE Mure, 2011)

Az ipar az uniós végfelhasználói energiakereslet 30%-át használja fel. Becslések szerint az iparban egyes termelési eljárások megváltoztatásával legalább 30 %-os, legfeljebb 65 %-os megtakarítást is el lehet érni.(<http://eur-lex.europa.eu/>)

Az energiamegtakarítás két fontos termelési eljárásnál lehet jelentős, az elektromotoroknál és az elektronikus vezérlésű gépeknél. Az iparban az energia akár 70%-át elektromotorok használják fel, ezek felét változó fordulatszámú meghajtókra lehetne cserélni, ami jelentős, akár 50%-os energiamegtakarítással is járhatna. Ebből az elektronikus vezérlésű gépek 12%-ot tesznek ki. A 2009. júliusi irányelv keretében – mely a villamos energia belső piacára vonatkozó közös szabályokat foglalja magában - elfogadott végrehajtási intézkedésnek, nagyfokú szerepe lesz az energiafelhasználó termékek környezetbarát tervezésében, amely az elektromotorok energia- és környezeti teljesítményének javítását célozza. Emellett az ipari műveletek közben keletkező hulladékhő nagy részének visszanyerésével és újra felhasználásával, gőzturbinák általi, helyi villamosenergia-termelés válna lehetővé. (Euroinfo, 2009)

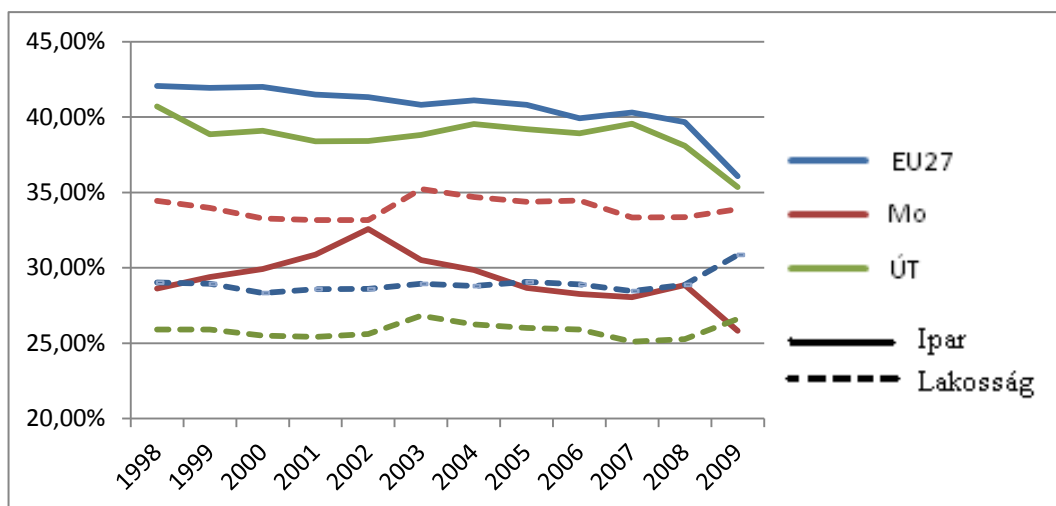
További javulás várható az uniós ipar energiahatékonyságában, ha megfelelő automatizáció és vezérlés mellett a lehető leghatékonyabb módon használna alacsony fogyasztású, nagy hatékonyságú rendszereket, például világítási rendszereket, motorokat,

² Az ODEX index az Odysse Mure által publikált energiahatékonysági index

ODYSEE MURE egy projekt, melyet támogattak az Európai Bizottság Inteligens Energia Európa Programja alatt. Célja, hogy energiahatékonysági tendenciákat és politikarendelkezéseket felügyeljen Európában.

teljesítménykondenzátorokat, transzformátorokat és kábeleket. Fontosak e szempontból a rendszerek teljesítményének és karbantartásának ellenőrzését szolgáló eljárások és eszközök is. (Infrapont, 2010. október)

Az Unió statisztikái az ipar, világításra fordított elektromos áram felhasználását alágazatonként 37-63% közé teszik. Ez arra enged következtetni, hogy az ipari világítás a lakossági világításnál hatékonyabb, amit az iparban a magas intenzitás-kibocsátású lámpák, a HDI lámpák biztosítanak. (P. G. M. Boonekamp, 2009)



Megjegyzés: EU27: Európai Unió 27 tagállama, Mo: Magyarország, ÚT: Európai Unió 10 új tagállama

5. ábra: Ipari és lakossági szektorok elektromosenergia felhasználás-részesedése az összes elektromos áram felhasználásban, 2000-2009 (%)

Forrás: Eurostat Database alapján saját szerkesztés

Az 5. ábrán az EU27, Magyarország és az Európai Unióhoz újonnan csatlakozott tagállamok iparának és lakosságának egymáshoz viszonyított elektromosenergia-felhasználását szemléltetem. Az Európai Unió 27 tagállama az uniós átlagot reprezentálja.

A 10 új tagállam statisztikáit azért láttam fontosnak elemezni, mert ezen országok döntően hasonló gazdasági-történelmi fejlődési utat jártak be, így a hazai energiastruktúra eltéréseit élesebben kiemeli. Az ábrán jól látható, hogy az EU27 ipara kimagaslik a vizsgált periódus átlagos 40,6%-os villamosenergia-felhasználásával. 2009-re azonban itt is villamos energia felhasználás csökkenés tapasztalható a vizsgált időszakban, amihez döntően a válság 2008-2009-es éve járult hozzá. Feltehetően az energiaárak növekedése és a válság hatása tovább fogja csökkenteni az Unió villamosenergia-felhasználását.

Magyarország lakossági elektromosenergia-felhasználása (átlagosan 33,95%), ami nagyságrendekkel meghaladja az EU27-ét (átl. 28,95%), de az újonnan csatlakozott tagállamok részesedését is (átl. 25,86%). Ez azt bizonyítja, hogy a magyar lakossági villamosenergia-felhasználás pazarló, nem takarékoskodik az energiával. Ennek oka az energiatakarékos szemléletmód hiánya illetve a fejlesztési lehetőségek/információk elérhetősége lehet (pl.: ha nem használjuk elektronikus eszközeinket, akkor nem húzzuk ki a konnektorból). Amennyiben a hazai ipar felhasználását vizsgáljuk pont az ellenkezője

figyelhető meg: kevesebb villamos energiát használ fel, mint a másik két vizsgált országcsoporthoz. Ez adódhat a domináns ágazatok relatív alacsony energiaigényéből, és a használt technológiák energiahatékonyságából is. (ODYSSEE, 2009)

1.2.2. Lakossági fogyasztás

2008-ban hazánkban 390,5 PJ³ volt a lakosság energiafelhasználása ami a teljes energiafelhasználás 36 %-át tette ki (KSH, Statisztikai évkönyv 2010.). A háztartási szektorban jelentős átalakulás 1990 és 1998 között ment végbe, amikor is a háztartások cserépkályháikat, új, földgáztüzelésű magas hatásfokú kazánokra cserélték. Ebből kifolyólag a földgáz részesedése a háztartási végső felhasználásban az 1990-es 25 %-ról 1998-ra 54,2 %-ra nőtt. (Energia Központ Nonprofit Kft., 2009) 2000 után az energiahatékonyságot mérő háztartási ODEX index viszonylag stabil, változatlan hatékonyságot jelez (ODYSSEE Mure, 2009)

A szektor energiafelhasználásának meghatározó tényezői a háztartásokban használt készülékek számának növekedése, az egyszemélyes háztartások nagyobb fokú megjelenése, valamint az energiaárak és az otthonról dolgozók számának emelkedése. Az egyszemélyes háztartások számának emelkedése az előnytelen demográfiai változások miatt következett be, és szinte az egész Unióra jellemző (előregedő társadalom, alacsony születési ráták stb.). Ennek hatására 1998 és 2009 között az EU-n belüli háztartások elektromos energia felhasználása abszolút mértékben csak 7%-kal nőtt, miközben az egy háztartásra jutó villamosenergia-felhasználás 14%-kal növekedett. (P. G. M. BOONEKAMP, 2009)

Az lakossági villamosenergia-felhasználás 80%-át elektromos készülékek és a világítás teszi ki, aminek 60%-át az elektromos berendezések 20%-át a világítás és emészteti fel az Európai Unió átlagában. (ODYSSEE Mure, 2009)

Átlagosan, mi lakosok a villamosenergia felhasználásunk 16%-át világításra fordítjuk az Unióban. Éppen ezért ezen a területen is érdemes elgondolkodni a takarékosági lehetőségekről, energiatudatos gondolkodást tudjuk érvényesíteni, ha pl: energiatakarékos izzókat használunk.

2008. december 8-án a nagy energiafogyasztású, hagyományos izzólámpák fokozatos kizorítását javasolta az Európai Unió, a növekvő energiafelhasználás és

³ Egy joule az a munka, amely egy newton erő kifejtéséhez szükséges egy méter távolságon. Egy petajoule 10¹⁵ joule.

környezetszennyezés végett. Az Európai Bizottság 2009. március 18-án jóváhagyta a határozatot. Az előírást teljesítmény (Watt) alapján szabályozzák. A 100 Wattos és annál erősebb izzókat kivonják a forgalomból. (<http://europa.eu>)

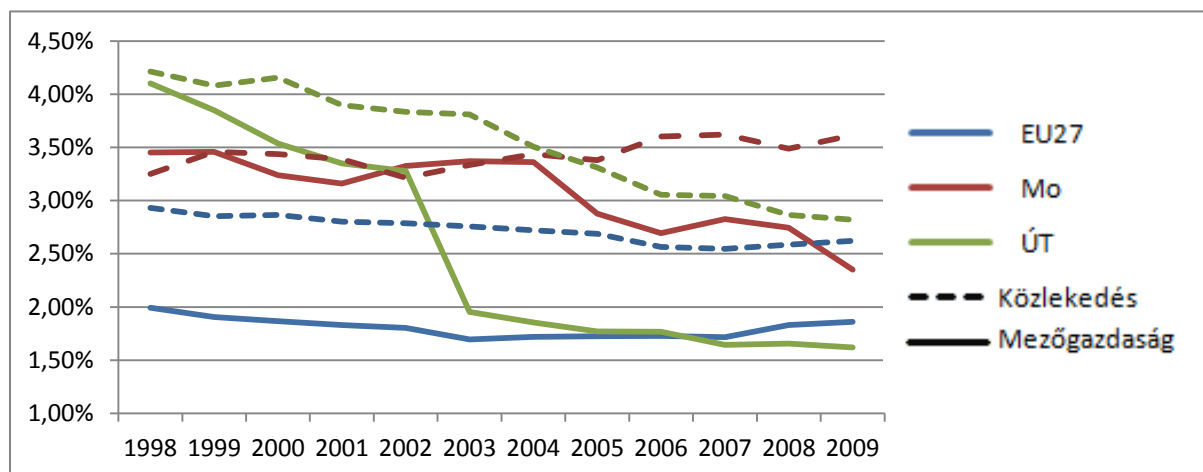
1.2.3. A közlekedési ágazat

A közlekedési szektorban mért átlagos ODEX index 3%-kal csökkent 1998 és 2005 között, annak ellenére, hogy az index a kamionok és könnyű tehergépjárművek esetében 7%-kal nőtt. Ennek oka a nagy súllyal szereplő személygépkocsik ODEX indexének javulása (8%). Az ágazatban a csúcsot az index tekintetében a 2002-es év jelentette, azóta folyamatosan javul a közlekedés energiahatékonysága.(ODYSSEE Mure, 2009)

A közlekedési ágazat a végfelhasználói energiaigény 30 %-át teszi ki az Unióban. Ezért jelentős környezetterhelése⁴ miatt ez az egyik kiemelt célterülete az Unió környezet és energiapolitikájának (Eurostat, 2010). Az ágazatban rejlő energiamegtakarítás jelentős az Európai Unió tagállamok vonatkozásában: 2020-ig megközelítőleg 26 %-os megtakarítás a cél a 2005. évi felhasználásokhoz képest. Az energiahatékonyság e területen nem feltétlen igényel technológiaváltást, már a közlekedéslogisztika és a közlekedésirányítás optimalizálásán keresztül is hozhat eredményeket. A piacon még újnak számító innovatív elektronikai ipari technológiák a jövőben jelentősen hozzájárulhatnak az energia-megtakarításhoz és a szén-dioxid-kibocsátás csökkentéséhez, de az unió komolyan számol a bioüzemanyagok fosszilis kiváltásával is. (<http://www.uvt.bme.hu>)

A villamosenergia-fogyasztás csak kis mértékben érintett a közlekedési szektorban. A felhasznált összenergiából csak kevés hányad jut a villamos energiára, az üzemanyag-felhasználású közlekedési eszközök dominánsak (6.ábra).

⁴ A közlekedési ágazat adja az Unió országok CO₂ kibocsátásának több mint 40%-át (BiofuelsTP Strategic Research Agenda, 2008).



6. ábra: Mezőgazdaság és közlekedés szektorok elektromosenergia felhasználás részesedése az összes elektromos áram felhasználásban, 2000-2009 (%)

Forrás: Eurostat Database alapján saját szerkesztés

A hazai mezőgazdaság villamos energia felhasználását szintén a vonatkozásban lehet megemlíteni, hogy jelentősen felülmúlja az Unió villamos energia igényét, még a közlekedés vonatkozásában is. Arányaiban tekintve egyedül a magyar mezőgazdaság villamosenergia-felhasználása jelentős volt, ami a csatlakozásunk óta esett vissza drasztikusan. A relatív magas energiaintenzitás háttérében az energitakarékos berendezések hiánya, az utóbbi évek alacsonyabb energiaigényében pedig a termelés visszaesés játssza a szerepet. (<http://www.pointernet.pds.hu>)

Az ágazat teljes energiafelhasználásában a mezőgazdasági termelésben alkalmazott szakaszos üzemű anyagmozgató eszközök (pl. szállító járművek, rakodógépek), azok műszaki-agrotechnikai jellemzői és a mezőgazdaság szállítási feladatai és azok csúcsidőszakai határozzák meg (gabonafélék betakarítása, és az állattenyésztő vállalkozások kiszolgálása). (Földművelésügyi és Vidékfejlesztési Minisztérium, 2007. január)

1.2.4. Épületek

A korábbiakban felsorolt ágazatok mellett fontosnak tartom az épületeket, mint elkülönült szférát bemutatni, hiszen horizontálisan illeszkedik minden ágazathoz, mivel szerves elemét képezve az ágazatok gazdálkodásának, energiafelhasználási hatékonyságának (háztartásoknál, iparban is döntő az épületek állaga és műszaki állapota).

A végfelhasználók szempontjából az energiakereslet kereskedelmi hasznosítása, a köz- és a lakóépületek részesedését tekintve megközelítőleg 40%-os. Ennek legnagyobb részét a fűtés és **világítás** teszi ki, amiből több mint 27 %-a villamosenergia-fogyasztás formájában valósul meg. (Regionális Energiagazdasági Kutatóközpont, 2009)

2009 és 2010 között eddig mintegy 20 milliárd EUR-ra, illetve az uniós GDP 0,16 %-át teszik ki azok az intézkedések, amelyek az energiahatékony befektetést támogatták az Európai Unióban. (<http://eia.gov>). Nagy részben az energiafelhasználás csökkentésén van a hangsúly, amit kiemelten érinti a középületek (például irodák, kórházak, iskolák) energiahatékonyságának növelését. Ezek megreformálása nagyfokú gazdasági előnnyel járhat. A világítás hatékony energiafelhasználásának érdekében életbe lépnek, azon intézkedések melyek a világítótestek energiahatékonyságát szabályozzák, azaz az energiafelhasználó termékek környezetbarát tervezéséről szóló irányelvet, valamint a kazánok és vízmelegítők minimális energiahatékonyságára, illetve címkézésére vonatkozó új szabályokat. (<http://www.nead.org>)

2. FÉNYFORRÁSOK, VILÁGÍTÁS AZ ENERGIAFOGYASZTÁSBAN

Szűkebb értelemben **fényforrásnak** nevezünk minden eszközt, ami látható fény előállítására szolgál. Tágabb értelemben ide értjük az ultraibolya és infravörös fényt kibocsátó tárgyat is. Ez alapján megkülönböztethetők **elsődleges** fényforrások, amik a sugárzás kibocsátói, illetve **másodlagos** fényforrások, amik más fényforrások fényét tükrözik, szórják. Működési elv szerint léteznek természetes, kémiai, égés alapú, elektromos és egyéb fényforrások. (Nussbaum - Phillips, 1982) Fontos kiszámolnunk mennyi az, az energia amit a világítás emészt fel, legyen szó bármelyik gazdasági szektorról. Az energiatakarékosságot csak ezen tényezők ismeretében lehet végrehajtani.

A fejezetben bemutatom a legtöbb világítási technológiát, a modern technológiákkal való energiatakarékosságot valamint a világítás egyes gazdasági és környezeti hatásait.

2.1 Világításra fordított energia

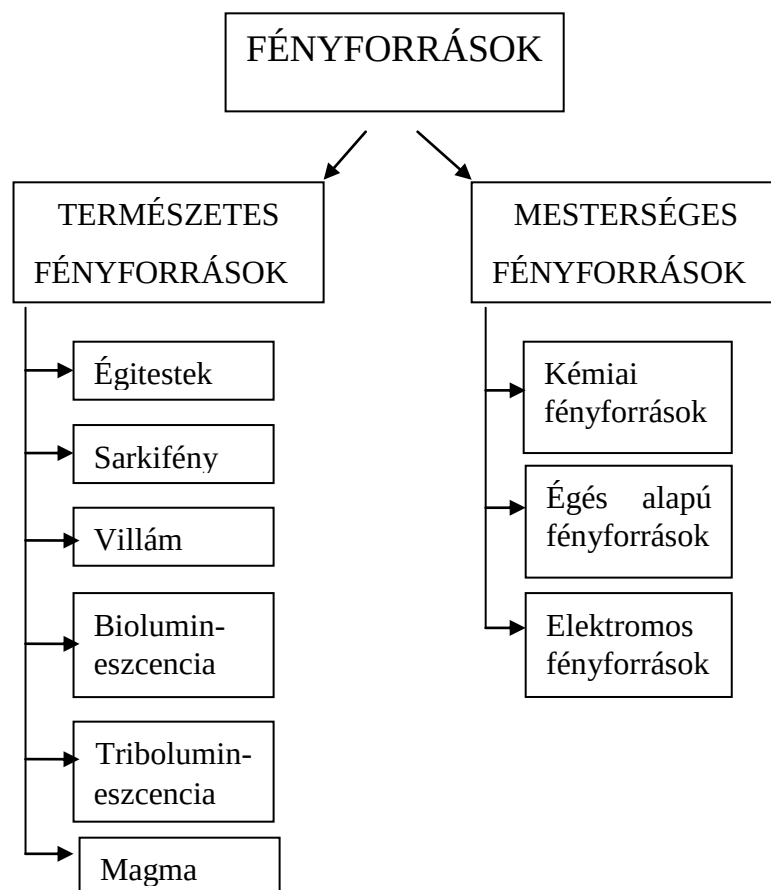
Az épületekben legnagyobb részt a fűtés és **világítás** emészt fel a legtöbb energiát. A **világítás** esetében a köz- és magánvilágításnál használt berendezések és rendszerek fogyasztása a végfelhasználói villamosenergia-kereslet 20%-át teszi ki. (<http://www.neweysonline.co.uk>)

A világító rendszerek ágazatában 30 % és 65 % közötti energiamegtakarítás is lehetséges. Modern technológiákkal, például fénykibocsátó diódák (LED) használatával a jelenlegi fogyasztáshoz képest 2015-re 30 %-os, 2025-re pedig akár 50 %-os megtakarítás is elérhető. (<http://eur-lex.europa.eu>) Mind az iparban mind pedig a háztartásokban érdemes energiatakarékos kompakt fénycsövekre cserélni a hagyományos égőtesteket még akkor is, ha ezek ára magasabb, ugyanis 80%-kal kevesebb áramot fogyasztanak és tízszer akkora az élettartamuk, mint a hagyományos villanykörtéknek, így ezek hosszútávon sokkal gazdaságosabbak. Ha napi egy órát működik a világítási rendszer, akkor már indokoltnak mondható az energiatakarékos izzók alkalmazása. A hagyományos izzóknál érdemes 2 perces időtartamot hagyni a ki és bekapcsolás között, még az kompakt fénycsöveknél ajánlott 15 percig működtetni a fényforrást mielőtt lekapcsolnánk azt. Ezzel megnövelhetjük annak élettartamát. Egy másik, fontos tényező, amire ajánlott odafigyelni, az, hogy csak akkor használjuk a világító berendezést, ha szükség van rá. (<http://www.dynamoeffect.org/>). Nappal ne kapcsoljuk fel, naplemente után is csak abban a helyiségben égjén ahol arra szükség van. Kedvező megoldásnak tartom az automata

kapcsolókat, amit akkor lépnek működésbe, amikor valaki a helyiségbe lép és kapcsolódnak le, amikor az illető elhagyja azt.

2.2 Elérhető fényforrások (technológiák).

A fényforrásokat alapvetően két csoportra oszthatjuk, természetes és mesterséges forrásokra. A természetes fényforrások az égitestek, sarkifény, villám, biolumineszcencia, tribolumineszcencia és a magma. (<http://vistar.hu/pages/p-018.html>) A másik csoportba soroljuk a mesterséges fényforrásokat. Ezen belül külön kategóriákat képeznek kémiai fényforrások, (pl: kemolumineszcencia, fluoreszcencia, foszforeszcencia), az égés alapú fényforrások, (pl: gázlámpa, gyertya, fáklya, stb.) és az elektromos fényforrások, (pl: izzólámpa (volfrám és halogén izzó), elektrolumineszcencia, kisnyomású gázkisülő lámpák, stb.). (Világítástechnikai Társaság, 2001)



7. ábra: Fényforrások

Forrás: Világítástechnikai Társaság (2001) alapján saját szerkesztés

A továbbiakban az elektromos fényforrásokat mutatom be. Az **izzólámpáknak** két csoportja van: a volfrámizzó és halogén izzó. A **volfrám** fényét egy vákuumban, vagy

semleges gázban izzó spirál alakú volfrámszál adja. Leginkább az infravörös tartományban sugároz, a szemmel látható fény csak a kibocsátott elektromágneses hullámok kis hányadát teszi ki, így hatásfoka igen alacsony. Spektruma folytonos, a Planck törvényből adódóan. Kiváló színvisszaadása és alacsony ára miatt a legelterjedtebb elektromos fényforrás. Tipikus fényhasznosítás: 9-15 lm/W.

A **halogén lámpa** burájába halogén elemet (jódot vagy brómot) juttatnak. Spirálja a volfrám izzóénál magasabb hőmérsékletű, ezért a burát keményüvegből, vagy kvarcból készítik. Tipikus fényhasznosítás: 15-30 lm/W. (<http://www.dynamoeffect.org>)

Az **elektrolumineszcencia** a következőképpen magyarázható: félvezető kristályt akceptor és donor atomokkal szennyezve egy p és egy n típusú réteget alakítanak ki. Ha az így kialakult p-n átmenetre nyitóirányú feszültséget kapcsolunk, az n rétegből elektronok vándorolnak a p rétegbe, ahol lyukakkal rekombinálódnak. A rekombináció eredményeként energia szabadul fel, amely (az anyag szerkezetétől függő) meghatározott hullámhosszúságú fény formájában sugárzódik ki. Tipikus fényhasznosítás: 30-60 lm/W, azonban van olyan fehér LED amelynek a fényhasznosítása eléri a 150 lm/W értéket is. Jelenleg még elsősorban jelzőlámpa funkciójukat használják, nagy megbízhatóságuk és a viszonylag hideg fény-előállítás miatt.

A számítás- és műszer technikában rendkívül elterjedt a **LED** (Light Emitting Diode, fényt kibocsátó dióda), amely az integrált optikának is fontos eleme. A dióda által kibocsátott fény színe a félvezető anyag összetételétől, ötvözőitől függ. A LED inkoherens keskeny spektrumú fényt bocsát ki. A fény spektruma az infravöröstől az ultraibolyáig terjedhet. (<http://www.enc.hu>)

A **kisnyomású gázkisülő lámpák**, kisnyomású nemesgáz illetve higanygőz gerjesztéssel állítják elő a sugárzást, rendszerint ultraibolya sugárzást, amit a bura falra felvitt fénypor segítségével látható fénné alakítanak. Jellegzetességük, hogy a kibocsátott fény spektruma nem folytonos, hanem vonalakból áll. (pl.: fénycsővek, kompakt csővek, indukciós lámpa, nátrium lámpa). (<http://www.lampamania.hu>)

A **fénycsőben** alacsony nyomású nemesgáz vagy higanygőz található, ami elektromos árammal való gerjesztés hatására fényt bocsát ki. A lámpa színét az alkalmazott nemesgáz határozza meg. Széles körben elterjedt, jó hatásfokú alakú fényforrás. Gyakran tévesen neon-csőnek nevezik. Tipikus fényhasznosítás: 60-95 lm/W.

A **kompakt fénycsövek** esetében, egyenes cső helyett, hajlított, vagy több kisebb csőből összeállított fénycső található. Gyakran használnak beépített elektronikus előtétellátott változatokat. Ezeket néha tévesen "energiatakarékos izzónak" nevezik. Tipikus fényhasznosítás: 50-80 lm/W.

Az **indukciós lámpában** a fénygerjesztés azonos módon történik, mint a fénycsövekben, az elektromos energia betáplálásában van lényeges különbség. Ezek a fényforrások nem tartalmaznak elektródokat, a kisüléshez szükséges villamos mezőt nagyfrekvenciás áram gerjeszti, ami egy tekercsben folyik. A tekercs nem érintkezik közvetlenül a kisülési térrel, hanem a burának egy kesztyűujjhoz hasonló betüremkedő részében helyezkedik el. Tipikus fényhasznosítás: 50-80 lm/W. (Nussbaum-Phillips, 1982)

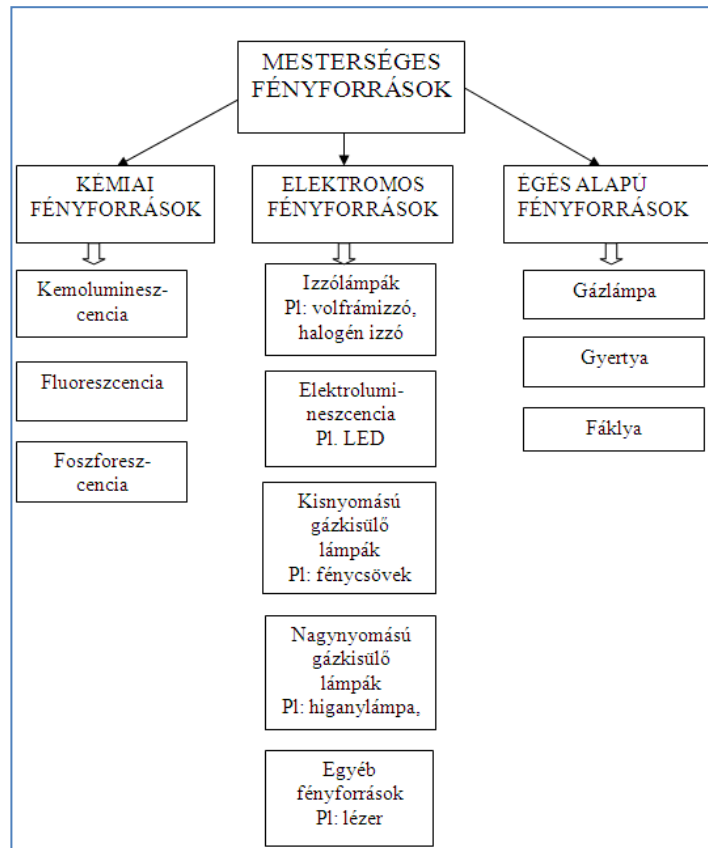
A legmagasabb fényhasznosítású, elterjedt fényforrás a **nátrium lámpa**. Fénye monokromatikus, ezért nem teszi lehetővé a különböző színek megkülönböztetését. Magyarországon nem használják. Tipikus fényhasznosítás: 200 lm/W.

Nagynyomású gázkisülő lámpák, melyek, igen nagy felületi fényességű nagy fényhasznosítású fényforrások. Kis teljesítményű változataik ritkák. (<250W) (pl.: higanylámpa, nagynyomású nátriumlámpa, fémhalogén lámpa, xenonlámpa).

A **fémhalogén lámpa**, különböző fémek jodidjaival, néha bromidjaival adalékolt lámpa. Különböző fémek kombinációjával egyedi színeket vagy kiváló színvisszaadást tesz lehetővé. Tipikus fényhasznosítás: 90-110 lm/W. **Nagynyomású nátriumlámpákat**, közvilágítási célra használják leginkább. Elsősorban gazdaságossága, és magas élettartama miatt alkalmazott fényforrás. Színe narancssárga, színvisszaadása gyenge. Tipikus fényhasznosítás: 130 lm/W. Az egyik legrégebbi nagy nyomású lámpa a **higanylámpa**. Közvilágításban még alkalmazzák, de visszaszorulóban van. Színe jellegzetesen sápadt fehér. Tipikus fényhasznosítás: 50 lm/W. A **xenonlámpa (HID)** a leginkább a gépjárműtechnikában és az ipar egyéb területein alkalmazott, gyors gyújtású lámpa. Erősen pontszerű fénye és jó színvisszaadása miatt vetítéstechnikában is alkalmazzák. (Debreceni - Kardos - Sinka, 1985)

Egyéb elektromos fényforrások közé sorolhatjuk a **lézert**. „A lézerek monokromatikus (egy hullámhosszon sugárzó), koherens fényforrások, amelyek működhetnek folytonosan vagy impulzusüzemben. Néhány lézertípus: hélium-neon lézer (633 nm), széndioxid lézer (10 μ m, infra), argon-ion lézer (zöld, kék), Nd-YAG impulzus

lézer (1064 nm, frekvencia többszörözhető). A diódalézerek (főleg vörös és infra) széleskörű alkalmazást nyertek (pl. CD-írás és -olvasás).” (<http://www.enc.hu>)



8. ábra: Mesterséges fényforrások

Forrás: Szigeti, 1948 alapján saját szerkesztés

Az alkalmazott fénytechnológiák összehasonlításának legfontosabb paramétereit az 1. táblázatban szerepeltetem, ahol egy hagyományos izzó (60W teljesítményű) és egy kompakt fénycső (11W teljesítményű) összehasonlítását mutatom be. A vizsgált paraméterek alapján egyértelműen el lehet dönteni, hogy melyik milyen működési feltételek és költségek mellett érdemes alkalmazni.

1. táblázat: Energia- és költség összehasonlítás a fényforrás élettartama szerint, 2011

	Hagyományos izzó	Kompakt fénycső
Beszerzési ár (Ft)	150	1 500
Teljesítmény (Watt)	60	11
Élettartam (óra)	1000	8000
Beérési költség (Ft)	$8 \times 150 \text{ Ft} = 1\,200$	$1 \times 1\,500 \text{ Ft} = 1\,500$
Áramfelhasználás (8 000 óra világítási időre vetítve, kWh)	$8\,000 \text{ h} \times 0,060 \text{ kW} = 480$	$8\,000 \text{ h} \times 0,011 \text{ kW} = 88$
Energiaköltség (bruttó, Ft)	$480 \text{ kWh} \times 46 \text{ Ft/kWh} = 22\,080$	$88 \text{ kWh} \times 46 \text{ Ft/kWh} = 4\,048$
Összesített költség (beszerzési- és áramköltség, Ft)	23 280	5 548
Megtakarítás (Ft)	-	17 732

Forrás: <http://bolthely.hu/tungsram/>

Látható (1. táblázat), hogy egy 11W-os kompakt fénycső, kb. ugyanannyi fényerővel rendelkezik mint egy 60W-os izzó. Még egy hagyományos izzólámpa 1000 óra, addig egy kompakt fénycső 8000 óra élettartammal rendelkezik. A felhasznált energia árának 46 Ft/kWh-át⁵ vettem alapul. Ezért a hagyományos izzónál 8 db, még a kompakt fénycsőnél 1 db-bal számoltam. Jól látszik a táblán, hogy a hagyományos izzó áramfelhasználása jóval nagyobb, szám szerint 392 kWh-tal több mint a kompakt fénycső áramfelhasználása. Az összesített költséget nézve, tehát a szükséges darabszámmal megszorozott beszerzési költség és a bruttó energiaköltség a hagyományos izzóknál 22 280 Ft-, még a kompakt fénycsövekénél 5 548 Ft-ra tehető. Ebből megállapíthatjuk, hogy 17 732 Ft megtakarítást lehet elérni a kompakt fénycsövek alkalmazásával a hagyományos izzóval szemben.

⁵ Fogasztói átlag ár

2.3 A világítás gazdasági és környezeti hatásai

A világítási rendszerek vizsgálatának középpontjában a lehetséges megtakarításokat kell vizsgálni. Ezt is két szempontból közelíthetők, a környezeti kibocsátások megtakarítása felől és a pénzügyi hasznokból, ami további gazdasági hasznokkal kecsegtetnek.

2.3.1 Gazdasági hatások

132 éve, 1879-ben Thomas Edison feltalálta az izzólámpát, előtte az emberek csak tűzzel voltak képesek világítani. Mára a Földön éjszaka az emberek nagy száma, lámpát használ világításra. (<http://ec.europa.eu>) Ehhez pedig energiára van szükségünk. A világítás számos helyen nélkülözhetetlen. Világítás nélkül a gazdasági fejlődés is lassan haladna, ugyanis naplemente után a munka megállna. Gazdasági szempontból nélkülözhetetlen a világítás a közlekedésben, hiszen a biztonságos közlekedéshez látnunk kell, merre tartunk, mi helyezkedik el előttünk. Fuvarozócégek bevétele is kevesebb lenne, az alacsony munkaórák miatt, így a foglalkoztatottak száma is jóval csökkenne. A gazdasági visszaesés elkerülhetetlen volna. A közvilágítás is elengedhetetlen az éjszakai élet, éjszakai munkák zavartalan működéséhez. Az elektromos energiát igénylő fényforrásokat beszerelő cégek is megszűnnének, tovább gyengítve ezzel a gazdaságot. Fényhirdető táblák, fénykibocsátású reklámok sem növelnék a marketing bevételeit. A világításokhoz szükséges villamos erőművek bevétele is jóval alacsonyabb lenne.

Magyarország teljes végső energiafelhasználása 1085 Petajoule volt 2010-ben. A teljes villamos energia felhasználásra 536,5 Petajoule jutott. Ebből következik, hogy a magyar villamosenergia-felhasználás 49,44%-a teljes energiafelhasználásnak. (KSH, 2010)

A mintegy 3,5 milliárd izzólámpa energiatakarékosra történő cseréje több mint 30%-kal csökkenthetné a világítás céljára történő energiafelhasználást. Csak a hazai közvilágítási célú energia felhasználás teszi ki az éves villamosenergia-fogyasztás kb 0,4 %-át. (<http://www.euractiv.com>)

A világítás tehát a gazdaság létszükséglete. Fontos tényező a világítás terén az **energiafüggőség** csökkentése mind országos, önkormányzati és a lakossági szinten. Az energiatakarékos technológiák alkalmazásával az önkormányzatoknak kevesebb pénzt kell energiára fordítania, így a megtakarított pénzt más beruházásokra használhatja fel. Csökkenne az eladósodottság és helyreállna a szociális rend.

A vállalatok világítási energiába fektetett pénze évente 30 millió Ft is lehet (ha egy 10000 m²-es területű csarnokot vizsgálunk). Ha ezt az összeget felére vagy akár negyedére csökkenthetik, a megtakarított bevételből egyéb fejlesztésre nyílik lehetőség, amit a vállalat további megtakarítási intézkedésekre fordíthat, vagy piaci lehetőségeit bővítheti. A lakosság is szintén sokat megtakaríthat az új energiatakarékos világítástechnológia alkalmazásával. Ma, környezeti szempontból a LED izzók jelenthetik a legtakarékosabb megoldást. (<http://www.energiakozpont.hu/>)

A Vidék és Gazdaság 2011. október 18-ai számában olvashattam, hogy Hódmezővásárhely teljes közvilágítását lecserélte energiatakarékos, új lámpatestekre, 95%-ban LED fényforrásokra alapozva. Így a település a közvilágítás energiaköltségén közel 35%-ot takarított meg. Az európai városok polgármesterei nincsenek könnyű helyzetben, így a rendkívül szoros költségvetés nagyban megszabja milyen korszerűsítésekbe érdemes belefogni. Fontosnak tartják, hogy az adófizetők pénzét elsősorban hatékony és előremutató fejlesztésekre, modernizációra fordítsák. A fenntartható fejlődés talán leglátványosabb módja napjainkban a LED-es világítási technológia. A beltéri rendszereket már meghódította és újabban helyet követel magának a dísz- és közvilágításban (utakon, hidakon, köztereken és parkokban) is. Európai szinten az egyik legbátrabb beruházónak nevezhető, a magyarországi Hódmezővásárhely, a LED-es világítástechnika bevezetésével a közvilágításban. A kezdeményező kedvű város 2011-ben 6284 darab LED-es és majd 500 db egyéb energiatakarékos parkvilágítási lámpatestet installált a városban, amellyel Európa legnagyobb LED-es közvilágítási projektje valósult meg. Az új közvilágítás üzemeltetése havonta több millió Ft megtakarítást hoz majd a városnak. A kitűzött 25%-os megtakarítás helyett az új technológiával 35%-os megtakarítást sikerült elérni, és így jelentősen javultak a projekt pénzügyi mutatói is (csökkent a megtérülési ideje) (Vidék és gazdaság, 2011).

2.3.2 Környezeti hatások

A világításnak – annak ellenére, hogy szükségünk van rá – számos környezetünkre káros hatása van. A két legnagyobb probléma, ami felmerül a világítástechnika és környezetvédelem kapcsán, az a fényszennyezés és a világítással megtermelt hulladék, ezen belül a növekvő széndioxid kibocsátás problémája.

Cél a kevesebb és hatékonyan működő világítási rendszerekkel megtakarított energia, és így a kevesebb elégetett fosszilis tüzelőanyag levegőbe juttatása.

Fényszennyezés

A szennyező fény az, amikor a mesterséges fényforrásból kibocsájtott fény, kívül jut azon a területen amire szánták, leginkább ha a horizont fölé is terjed. A fényszennyezés miatt nem láthatjuk este a csillagok zömét, ez a világegyetem további megismerését, a csillagászatot is veszélyezteti.(<http://www.kertpont.hu>) „A csillagos ég az egész emberiség öröksége, amit ezért érintetlenül meg kell őrizni. ... a csillagos ég kapjon legalább annyi védelmet, mint amennyit a világ örökség részét képező helyek kaptak a Földön.” (Nemzetközi Csillagászati Unió, 1997).



1. kép: Fényszennyezés a világon

(Forrás: Amerikai Légierő védelmi meteorológiai műholdja által készült kép)

Az éjszakai Földről készült felvételek alapján megfigyelhetjük, hogy a sűrűn lakott, civilizált és iparilag fejlett területek egyértelműen látszódnak. Ez hatalmas pazarlást jelent amellet, hogy a csillagok fénye is egyre kevésbé megfigyelhető. Elektromos energia megawatt-órái vesznek el a világűr irányába. Az elpocsékolt energiát pedig főként fosszilis energiahordozókkal nyerik, így a levegő szennyezettsége is növekszik.)
<http://fenyszennyezés.csillagaszat.hu>

Energiatermeléshez kapcsolható hulladéktermelés

A technikai folyamatoknak többnyire vannak hulladékai is. Nincs ez másképp a világításhoz szükséges elektromos áram megtermelésénél sem. Az ipari fejlődés további energia bevonását követeli, amivel arányosan nő a hulladék és a környezetszennyezés. A hulladék kezelése, elhelyezése, ártalmatlanítása többnyire bonyolult és igényes feladat. (Vajda, 2001)

Hulladékmentes, zárt energetikai technológiákra vannak elképzelések, de elterjedésük korántsem figyelhető meg, így a hulladékok ellenőrzött kibocsátása vagy biztonságos tárolása jelenti a reális megoldást. Az energetikában nagy mennyiségű hulladék termelődik: a széntüzelésből származó salak és pernye, amelynek csak kis részét hasznosítják újra (bányatömedékelésre, útépitésre, adalékanyagként cement, beton, habarcs, téglagyártásra), nagyobb részben ezeket hígítva kibocsátják a légkörbe, illetve a környező vizekbe. A kibocsátás feltétele, hogy az emisszió emberközelségben ne változtassa meg a számottevően a természetes állapotot. A környezetszennyezők hatása általában az emissziótól függ. (<http://www.euractiv.com>) A kibocsátott hulladék az állat és növényvilágot is nagyban veszélyezteti. Lakhatatlanná teszi az élőhelyeket, fészkelőhelyeket így a szaporodás hiánya miatt az állatfajok előbb-utóbb kihalnak, a növények a szennyezett talaj miatt nem tudnak kifejlődni, így elpusztulnak. (<http://zoldtech.hu>)

A kibocsátott hulladékon belül külön kategóriába sorolhatjuk a *CO₂ kibocsátás* problémáját. A fosszilis tüzelőanyagok elégetése során többek között szén, kén és nitrogén oxidok kerülnek a légkörbe. A szén-dioxid köztudottan üvegházhatást előidéző gáz, tehát a kibocsátás csökkentése közérdek. A Kiotói egyezmény szerint 2010-re 8%-kal kellett csökkenteni a világ 1990-es évi CO₂ kibocsátását. Magyarországon 6%-os csökkenést várnak a 2008-2012-es évek átlagában. Hazánk szén-dioxid-egyenértékben kifejezve a bázisidőszakban átlagosan 111 millió tonnát bocsátott ki évente a Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztérium (KVM) (<http://www.kvvm.hu>) adatai szerint. 2010-ben 97,2 millió tonna került a levegőbe a mért adatok alapján.

A villamosenergia-termelés nagy részét mai napig szintén fosszilis energiahordozókból állítják elő. Ez maga után vonja a nagyfokú szén-dioxid kibocsátást.

A legnagyobb mennyiségben szén-dioxidot az ipar állítja elő, ezen belül is az energia szektor részesedése kiemelkedő.

A kibocsátás visszaszorítására választ adhat a megújuló energiával való villamosenergia-termelés. Az alternatív energiaforrások kiaknázását az Európai Unió 2010-ig 3,6%-ra tűzte ki Magyarországon, amit sikeresen teljesített.

A világításban is jelentős CO₂ kibocsátás megtakarításokat realizálhatunk, ha megfelelő technológiát használjuk. Energiatakarékos fénycsövek használatával, a világítási költségek kétharmada, LED technológia alkalmazásával négyötöde takarítható meg. Amennyi hagyományos fénycsövet, kompakt fénycsőre cserélünk, évente annyszor 75kg-mal kevesebb szén-dioxid keletkezik. Ha az adott izzót nem kompakt fénycsőre hanem LED világításra cseréljük, akár kétszer ekkora is lehet a megtakarítás. (<http://www.zoldkoznepok.hu>)

Tények és számok:

Öt 60W-os izzólámpát, ha 11W-os kompakt fénycsőre cserélünk (1000 órás használatot alapul véve) 245kWh áramot, kb. 4640Ft-ot és kb. 160 kg széndioxid kibocsátást takarítunk meg évente. Ennyi szén-dioxidot közel 3 ötven éves fa tud megkötni egy év alatt. (1 db 60W-os izzólámpa fényereje megegyezik 1 db 11W-os kompakt fénycső fényerejével).

- 60W-os izzólámpa: 1 óra alatt 0,06kWh áramot termel. 1000 óra alatt 60kWh-t. $60\text{kWh} \times 5 = 300\text{kWh}$.
- 11W-os kompakt fénycső: 1 óra alatt 0,011kWh áramot termel. 1000 óra alatt 11kWh-t. $11\text{kWh} \times 5 = 55\text{kWh}$. Megtakarítás: 245 kWh.
- 60W-os izzó: 1 óra alatt 1,128 Ft-ot fogyaszt. $1,128 \times 1000 \times 5 = 5640\text{ Ft}$
- 11W-os kompakt fénycső: 1 óra alatt 0,2Ft-ot fogyaszt. $0,2 \times 1000 \times 5 = 1000\text{ Ft}$. Megtakarítás: 4640 Ft.
- 60W-os izzó: 1 óra alatt 0,039 kg széndioxidot bocsát ki. $0,039 \times 1000 \times 5 = 195\text{kg}$.
- 11W-os kompakt fénycső: 1 óra alatt 0,007 kg CO₂-ot bocsát ki. $0,007 \times 1000 \times 5 = 35\text{kg}$.
- Lehetséges Megtakarítás: 160kg széndioxid. (Az adatok forrása: <http://ec.europa.eu>)

Amennyiben feltételezzük, hogy minden háztartás (4 millió) lecserél egy 100W-os izzót 20W-osra közel 176 000 t széndioxidot takarítanánk meg.

Ahogy korábban említettem, jobb az az energia, amit meg sem kell termelni, mert így kevesebb szennyező anyaggal jár az előállítása.

3. VILÁGÍTÓ RENDSZEREK KÖLTSÉG-HASZON ELEMZÉSE

Ebben a fejezetben célom, hogy megvizsgáljam, hogy hagyományos világítási rendszerek milyen módon válthatók ki úgy, hogy gazdasági és környezeti hasznokat egyaránt realizáljunk belőle. Úgy gondolom, hogy a vizsgálatban a ma legjobb elérhető technológiákat érdemes megvizsgálni. Ezért alternatív technológiaként a korábban bemutatott LED és az alább ismertetett solarspot rendszerek kiváltási lehetőségeit vizsgálom. A SOLAR spot technológiát kombináltan célszerű elhelyezni a helyiségekben, hiszen nem képes az éjszakai világításigény fedezésére, a LED fénycsöveknél viszont drága egységár miatt merült fel a solarspot és LED technológia együttes alkalmazásának vizsgálata. Így ebben a fejezetben, a solarspot világítórendszer bemutatása után három alternatívát vizsgálok a hagyományos világításirendszer kiváltására. A három alternatíva a tisztán LED fénycsövek elhelyezése, solarspot és hagyományos technológia és a solarspot és LED csövek kombinált használatának vizsgálata. Az elemzés eredményeként azt számítom ki, hogy egy 10 000m²-es csarnok üzemeltetésének fénycső rendszer cseréjével milyen gazdasági hasznok és környezetterhelési megtakarítások realizálhatóak.

3.1 Solarspot definíció, nemzetközi szervezeti háttér

A solarspot egy új innovatív világító rendszer, mely fényvezető csővel viszi be a természetes fényt, amelyekkel az épület sötét, ablak nélküli részeibe is eljut a fény. Ezzel lehetővé teszi az ablak nélküli területek természetes napfény általi megvilágítását, miközben használata csökkenti az energia és erőforrás használatot, valamint a szén-dioxid kibocsátást. Alkalmazása leginkább termelő csarnokok, áruházak, raktárak, iskolák, iroda- és lakóházak kialakítására megfelelő.(solarspot.hu)

A technológia újdonságát az adja, hogy a természetes szórt vagy közvetlen napfényt egy víztiszta kupolában elhelyezkedő RIR optikai lencse begyűjti és továbbítja a csatorna falaira. Ezek optikai tölcserő alkotnak, amely tulajdonságainak köszönhetően nem veri vissza az infravörös hosszú hullámokat, így a rendszer hőtermelő hatása elhanyagolható.

A szerkezet ezüstlemezt sem tartalmaz, ezért nem fenyeget a visszaverő réteg leválása, korróziója. A technológia borús idő, hajnali vagy esti viszonyok estén a ritkás fényből is hatékonyan tud napfényt hasznosítani. (www.solarproject.it)



2. kép: A kecskeméti Református Gimnázium Solarspot technológiával történő világítási rendszere.

(Forrás: Tóthné, 2009)

Magyarországon a Solar Shine Factory Kft. a solarspot rendszerek kizárólagos forgalmazója. A cég, fő tevékenységként, 2007-től üzi a bevilágító rendszerek forgalmazását és beépítését. Az elmúlt időszakban több mint 1200 db solarspot beépítést végeztek ipari jellegű épületekbe, csarnokokba, raktárakba. A cég, filozófiáját a fenntartható fejlődésre és környezettudatosságra alapozza. (www.solarspot.hu)

3.2 A kiváltás gazdasági és környezeti hasznai

3.2.1 A költség-haszon elemzés számba vett költségei és bevételei

A költség-haszon elemzés egy 10 000m²-es raktár megvilágításához szükséges világítási rendszer költségeit és hasznainak elemzését fedi le. Az üzemeltetési idő 0-24 órás, feltételezve, hogy ha eladócsarnokról vagy gyártási területről is van szó, folyamatos világítás igény van jelen, 1000 LUX értékben.

A költség-haszon elemzés pénzügyi áramának becsléséhez a következő adatokat a 2. táblázat tartalmazza. A beruházás megtérülését 20 éves periódusban vizsgálom.

3. táblázat: A költség-haszon elemzés alap adatai, 2011

Kamat	7,0 %
Infláció	4,0 %
Beruházás élettartama	20 év
Amortizáció	5 % lineáris
	343 657,85

Forrás: saját szerkesztés

Alternatív világítási rendszerként három alternatívát vizsgálok a hagyományos világítási rendszer kiváltására. A három alternatíva a tisztán LED fénycsövek elhelyezése,

Solarspot és hagyományos technológia és a solarspot és LED csövek kombinált használatának vizsgálata.

A számítás során a következő összefüggéseket kellett figyelembe vennem:

- A működési idő egy évben a munkaszüneti napokat számítva 354 nap 24 órája, így az éves működési óra: 8496 óra.
- A világítási rendszernek 1000 LUX fényerőt kell teljesítenie, amit az alkalmazott fénycsövek paraméterének lumen értéke határoz meg, ez egyben a szükséges fénycsövek számát is megadja.
- Kiadások számszerűsítéséhez a beruházási költség (anyag+beszerelés), a működési költségek becslése szükséges.
- Bevételek az alternatív technológiák megtakarítása képezi, amelynek két forrása lehet: a villamosenergia-felhasználás és a fénycsőcserélés esetén elérhető megtakarítás.
 - a villamosenergia-felhasználás a megtakarított áram felhasználás Ft alapú becslése.
 - fénycsőcseréből származó megtakarítás a fénycsőcseréből adódó költségek csökkenését jelenti, amit az adott technológia élettartama, új lámpatestek beszerzési költsége és a hulladék elhelyezés költségeiből számszerűsítek.

- A villamosenergia-fogyasztás (áram) a fénycsövek teljesítménye (W) és a fénycsövek számának a függvénye.
- Az áram egységárának egy átlagos 25Ft/KWh egységárat határoztam meg (internetes kutatás alapján).
- A fénycsövek cseréjének éves mennyiségét a fénycsövek élettartam-paramétere és a beruházási idő határozza meg.
- Egy fénycső hulladékelhelyezési költségére egy átlagos 55 Ft/db-ot határoztam meg (szóbeli megkérdezés alapján).
- A hagyományos és LED technológia műszaki paramétereit az alábbi táblázat tartalmazza:

4. táblázat: Hagományos és LED technológia műszaki paramétereit

	Lumen (lm)	Fogyasztás (V)	Élettartam (óra)	Teljesítmény (W)	Fényhasznosítás (lm/W)
Solarspot	33003	0	-	na	na
Fénycső TMX204	4300	230	19 000	49	95
T8 SMD LED fénycső 1200 MM	1700	230	50 000	21	100-150

Forrás: internetes kutatás alapján

A solarspot technológiánál eltér a másik kettő vizsgált technológiától. Az elemzés során így a következő fontosabb tényezőket kellett figyelembe vennem:

- A solarspotnak csak beruházási költsége van, minimális karbantartási igényrel.
- Élettartama lefedi a vizsgált időszakot, a beruházás élettartamát.
- Működése és fénybiztosítása csak a napsütötte órákban lehetséges. Ezért megvizsgáltam a verőfényes napsütéses órák számát (Hazánk átlagos napsütéses óráinak számát, amivel megadtam a solarspot rendszer **működőképességét ideális esetben (4327óra)**). Feltételezve, hogy az ideális eset 90%-ban teljesül, az éves solarspot működési időt **3894** órában, azaz átlagosan **3151 órával** számolunk.

Ezeket figyelembe véve a 4. táblázat szemlélteti a hagyományos és alternatív világítási rendszerek tulajdonságait kiadási és bevételi kategóriáit.

4. táblázat: Hagyományos-, és LED fénycső összehasonlítása kombinálva solarspot technológiával, 2011

	Hagyományos fénycső TMX204 1×49W+hd	LED fénycső T8 SMD 1200 MM	Solarspottal kombinált hagyományos fénycső	Solarspot+LED fénycső
Lámpatestek beszerzési ára (Ft/db)	472	15 000	solarspot: 55 000	
1000 LUX-hoz szükséges lámpatestek száma (db)	2 325	5 882	2325+303 solarspot	5882+303 solarspot
Világítási rendszer éves áramfogyasztás (KWh)	967 907	1 049 506	358 126	388 317
Világítási rendszer éves áramfogyasztási díj (Ft)	24 197 670	26 237 647	8 953 138	9 707 929
Cserélt fénycsövek/év (db)	1 046	1 471	651	629
Fénycsőcsere össz költsége (Ft/év)	551 374	22 138 378	343 077	9 466 370
Beruházás költsége (fénycső+szerelési díj) (Ft)	11 097 400	98 230 000	68 673 157	155 805 757
Megtakarítás (Ft)		-23 626 981	15 488 634	5 609 327

Forrás: saját számítás internetes „lámpa webáruházak” alapján

A TMX204 1×49W+hd (<http://www.philips.com/lighting>) ipari fénycső darabára lényegesen olcsóbb, mint a vizsgált alternatív technológiák, 472 Ft, miközben a T8 SMD 1200 MM LED fénycső (<http://www.lednagyker.hu>) 15 000 Ft-os egységáron szerezhető

be. A kívánt 1000 LUX-os megvilágításhoz 2325 db TMX204 1×49W+hd ipari fénycső vagy 5882 db LED fénycső szükséges. A LED technológiánál (T8 SMD 1200 MM) a fénycső szükséglet és a darabár be is szűkíti a gazdasági eredményességét a technológiának. A solarspottal kombinált technológia esetén 303 db solarspot világítóberendezést célszerű elhelyezni (forgalmazó cég paraméterei p.: helyigény alapján meghatározott érték).

A kombinált technológiák esetében a solarspot áram-fogyasztás kiváltási arányával tudtam a megtakarítási adatokat számolni. Látható, hogy a solarspottal kombinált hagyományos technológia esetében spórolhatunk meg a legtöbb áramot, és a fénycső csere költségek is itt a legalacsonyabbak. Érdekes módon a LED technológia alacsony fényereje kiugró mennyiségű LED fénycső elhelyezését követeli meg, így a technológia még viszonylag alacsony fogyasztása mellett sem tudja kompenzálni a magas beszerzési árat (Ft/db ára 31-szerese a hagyományos fénycsőeknek!). Tehát a LED esetében megtakarítással sem számolhatunk, így két technológiára (világítási rendszerre) szűkítem le elemzésemet. Költség-haszon elemzést így két kombinált technológiai megoldás, a solarspot és hagyományos illetve a solarspot LED technológiára végzem el.

3.2.2 A költséghaszon elemzés eredményei

Az alábbiakban a világítási rendszerek költség-haszon elemzésének eredményét mutatom be, azt, hogy hogyan alakul a hagyományos fénycső és LED fénycső solarspottal kombinált világítási rendszere.

Pénzügyi megtérülés

A solarspottal kombinált hagyományos világítási jelentős áram-megtakarítást eredményez, hiszen a megújuló alapon (napenergia) működő solarspot lámpatestek 37%-ban tudják kiváltani a hagyományos fénycsővek működését. Ez 609 781 kWh megtakarítást eredményez évente, azaz 25Ft/kWh áron számolva 15 244 532 Ft-ot. A másik megtakarítási forrást a fénycsőcserében bekövetkező csökkenés eredményezi: a solarspot-rendszer használata kitolja a hagyományos fénycsővek elhasználódási idejét, amivel az éves amortizációjuk 0,28 fénycső/évre csökken, azaz évente 395db fénycsővel kevesebbet kell pótolni a vizsgált 20 év alatt. Ez 244 102 Ft megtakarítást jelent évente – 44%-os költségcsökkenés a csak hagyományos technológiát alkalmazó világítási rendszerhez képest - a TMX204-es fénycsővek esetében, ami egyben már magában foglalja a

fénycsövek cserélési költségét (hulladékelszállítás: 55 Ft/db) és a megvásárolt új fénycsövek beszerzési költségét (472 Ft/db). Ez solarspot technológiával együtt alkalmazva csak 307 272 Ft, ami 244 102 Ft megtakarítást jelent. Éves szinten a két megtakarítási tényezővel évente 15 452 829 Ft megtakarítás érhető el.

A beruházási kiadás 68 673 157 Ft volt a vizsgált 10 000 m²-es csarnok esetében, ami magában foglalja mind az elhelyezett 303 db solarspot testeket és a hagyományos fénycsöveket. Előbbinek beszerelési ára és anyagköltsége 53 044 Ft/ db, az utóbbi beszerelési költségére 500 Ft/m² + 472 Ft/ db egységárat vettem figyelembe. Karbantartási költség minden évben 600 000 Ft-ot számoltam fel (karbantartás anyag illetve bérköltsége, havi 50 000 Ft).

LED és Solarspot világítási rendszer

A Solarspottal kombinált LED világítási rendszer áram-megtakarítás a 388 317 kWh, ami a megújuló alapon (napenergia) működő solarspot lámpatestek kiváltásából érhető el. Ez 579 590 kWh megtakarítást eredményez évente, azaz 25Ft/kWh áron számolva **14 489 741 Ft** megtakarítást ad évente.

A fénycsőcserébe csökkenése Led technológia és solarspot együttes használatában 842 db LED fénycsővel csökkentti az éves cseremennyiséget a csak LED-es világítási rendszerhez képest. De a Led magas egységára miatt ez továbbra sem jelent megtakarítást a csak hagyományos technológiával működő világítási rendszerhez képest. Így ennél az alternatívánál csak az áram megtakarítás jelent bevételt.

Kiadási oldalon itt is évi 600 000 Ft karbantartási költség és a beruházáshoz szükséges LED anyag és beszerelési költség került felszámításra (LED: 500 Ft/m² + 15 000 FT/fénycső, solarspot 53044 Ft/ solarspot fénycső).

A két világítási rendszer alternatívák főbb pénzáramait az 5. táblázat foglalja össze.

5. táblázat: Beruházási alternatívák kiadási és bevételi pénzáramai, 2011

	Beruházási költség (anyag+besze- relési, Ft)	Villamos energia megtakarítás (kWh és Ft)	Karban- tartási költségek/év (Ft)	Fénycsőcsere megtakarítás (db és FRt)	Éves megtakarítás összesen (Ft)
Hagyományos + Solarspot világítási rendszer	-68 673 157 Ft	609 781 kWh 15 244 532 Ft	600 000 Ft	395 db 208 297 Ft	15 452 829 Ft
LED + Solarspot világítási rendszer	-155 805 757 Ft	579 590 kWh 14 489 741 Ft	600 000 Ft	nincs, (- 8 914 996Ft)	5 574 744 Ft

Forrás: saját számítás

Látható, hogy a hagyományos és solarspot együttes használata eredményez nagyobb megtakarítás, ami a pénzügyi mutatókban is tükröződik (x. táblázat). Alapvetően az látható, hogy a LED technológia magas egységára (15 000 Ft) és viszonylag alacsony fényereje (1400 lumen szemben a hagyományos fénycsővel 4700 lumen) jelentősen emeli a beruházási és fénycsőcsere pótlási költségeket, ami révén csak kWh megtakarításból származik éves bevételi pénzáram. A hagyományos fénycső és solarspot együttes alkalmazása éves szinten 15 452 829 Ft megtakarítást eredményez, ami 2,78-szor nagyobb a LED-es rendszernél. Az előbbinél a beruházás csaknem 6 év, utóbbinál 13,4 év alatt fordul pozitív kumulált pénzáramba, az előbbi jelentősen jobb jövedelmezőségi indexet (3,25), utóbbi 1,3-szeres megtérülést eredményez. Nettó jelenérték számítás is egyértelműen a **hagyományos + solarspot világítási rendszernél kiemelkedő, 89 millió Ft nettó jelenértéket** 5. évtől lesz nyereséges.

6. táblázat: Beruházási alternatívák pénzügyi mutatói, 2011

	Hagyományos + Solarspot világítási rendszer	LED + Solarspot világítási rendszer
A jövedelmezőségi index	3,252	1,372
Megtérülés éve	5,97	13,37
A nettó jelenérték:	89 577 457,30 Ft	-3080 672
A pénzügyi belső megtérülési ráta	18%	3%

Forrás: saját számítás

Környezeti hasznok

Az dolgozat további részében kiszámoltam mekkora szén-dioxid megtakarítás érhető el az egyes technológiák és a Solarspot együttes működtetésével. Ezt a környezeti károk lecsökkentése miatt tartottam fontosnak kiszámolni.

A kiváltott villamos energia felhasználás révén mindkét alternatíva környezeti megtakarítást tesz elérhetővé, amit ez esetben a globális felmelegedés hatáskategóriához kapcsolódó CO₂ kibocsátás mentén értékeltem, rendszerhatárnak pedig csak az üzemeltetés tekintetem. Szakirodalmi adatok 1 kWh CO₂ egyenértékét 0,39 kg-ban állapítják meg. Ezt figyelembe véve a következő megtakarítások számszerűsíthetők:

7. táblázat: Hagyományos-, és solarspot technológia CO₂ kibocsátás összehasonlítása, 2011

	kg CO ₂ kibocsátás		Megtakarítás
	1 év	20 év	
Hagyományos technológia	377 484	7 549 673	
Hagyományos technológia + solarspot	139 669	2 793 379	-73%
LED technológia + solarspot	151 444	3 028 874	-60%

Forrás: Saját számítás

A hagyományos technológiával működtetett világítási rendszer 1 év alatt 377 484 kg szén-dioxidot bocsát ki. Ez a beruházás időtartamára (20 év) 6 968 929 kg szén-dioxidnak felel meg. solarspottal ehhez képest 237 815 kg CO₂ az egy év alatt elérhető kibocsátás csökkenés, ami 20 éves időintervallumban 2,8 millió kg CO₂ megtakarítást jelent. Ez a LED-es rendszer esetében sem ér el nagyobb környezetterhelés csökkentés (-60% a -70%-kal szemben).

Az elemzés példáján látható, hogy viszonylag egyszerű, de innovatív technológiák milyen környezeti megtakarítást jelenthetnek, miközben még relatív magas beruházási költségek mellett is rövid megtérülési idővel kecsegtetnek. Természetesen, ha a villamos energia egységára illetve ha szigorodó környezeti szabályozások tovább javíthatják a mai piaci környezetben még meg nem térülő technológiák pénzügyi megtérülését is (LED). A bemutatott példa nagyobb kapacitással működő világítási rendszert mutatott be, aminek a célja az volt, hogy megvizsgálja milyen környezeti és gazdasági hasznok realizálhatóak a feltételek mentén. Ezek a világító testek háztartásban is alkalmazhatóak, csak sokszor a háztartásokhoz nehezen jut el a technológiai újdonság. Ennek oka egyrészt az információ terjedésének lassúsága, illetve az hogy a háztartások sokszor hajlamosak elhanyagolni az elérhető megtakarításokat az újdonság, ismeretlen szemben támasztott kételyek, vagy az érzékenység miatt.

Magyarországon a villamos energia felhasználásunknak átlagosan 20%-át teszik ki a világításra fordított felhasználásaink, a solarspotos technológiákkal ennek 37%-át válthatnánk ki. Feltételezve a bemutatott példa (solarspottal kombinált világítási rendszerek) által elérhető hasznokat,

Magyarországon az éves villamosenergia-felhasználásának (2010: 14,903 TWh) átlagosan 5%-át, azaz 0,75 TWh-t lehetne megtakarítani - ha minden szektor átvenné alkalmazását és feltételezzük a piaci felhasználók egyenletes villamos áram igényét⁶. Ez egyben importfüggőség csökkenést és 212,9 e tonna CO₂ kibocsátás csökkentést jelent egyben.

Amennyiben csak az ipari felhasználókat nézem 55 GWh kiváltást, azaz energiafüggőség csökkentést jelent egy évben és 1,375 milliárd Ft költségmegtakarítást eredményez, továbbá környezeti oldalról nézve átlagosan 1179,5 e tonna kg CO₂ kibocsátás-csökkentést eredményez, csak az ipari szektorban. Emellett a veszélyes elektromos hulladékok mennyisége is csökken.

⁶ Itt azt kell mérlegelni, hogy akkor van-e a legnagyobb piaci igény a villamos energiára, amikor a solarspot hasznosítani tudja a nap energiáját. A MAVIR VER jelentése azonban egyértelműen jelzi, hogy a nappali órákban átlagosan a napi MW energia igény fölött van az átlagos fogyasztási igény (107%-al). Forrás: <http://www.mavir.hu/web/mavir/ver-forgalmi-adatok>

Összefoglalás

Mind gazdasági, mind társadalmi szinten oda kell figyelnünk az energiatudatos gondolkodásra. Így érhető el az energiatakarékosság, azzal pedig az erőforrások jobb kihasználása, energiapazarlás kiszűrése és a jólét beteljesülése.

Ugyanakkor az energiatudatosságnak akkor van létjogosultsága, ha nem áll a fejlődés útjába, ezért figyelembe kell venni a gazdasági haszon és energiatakarékosság megfelelő alkalmazását.

Dolgozatom fő témaköre a világítás energiafogyasztásának csökkentésére alternatív energiákkal, szem előtt tartva a költségek csökkentése és megtakarítások növelése mellett a környezetvédelmi célok elérését. A megújuló elterjedése stabilabbá teheti az energiahálózatot, növelné az energiaipar dinamizmusát és együtt járna a nagy kapacitású dinamikus energiatárolók fejlesztésének szükségességével is. Számításaim igazolják, hogy ez egyben gazdasági és környezeti hasznokkal jár.

Ahhoz, hogy megoldást találjak az energiafogyasztás mértékének csökkentésére, megvizsgáltam először az összes energia, majd a villamosenergia-felhasználás mértékét az egyes gazdasági szektorokban, mint ipar, háztartások, közlekedés, mezőgazdaság, majd ezeken belül az épületekre vetítve. Egy általános viszonyítási kép kialakítása érdekében a magyar energia és villamos energia trendeket összehasonlítottam az Európai Unió teljes-, és villamosenergia-felhasználásával. Megfigyeltem, hogy az EU ipara százalékosan több energiát használ fel az összes energiából, mint a hazai ipar. Vizsgáltam továbbá a lakossági felhasználás arányát is, amely azt mutatta, hogy a magyar lakossági energiafogyasztás aránya megelőzi az átlagos EU lakossági fogyasztását. Ebből következtethető, hogy a magyar ipar rosszabb hatékonyságú, mint az EU ipara általában, ami egy pazarló magyar lakossági felhasználással párosul, amely a berendezések kevésbé korszerű voltaival függ össze. Ha csak a magyarországi szektorok energiafelhasználását vizsgálom, a lakosság és az ipar használja a legtöbb energiát (73,8 %), ugyan ez tendencia érvényes a villamosenergia-felhasználásra is (33,9 % az összes villamosenergia-fogyasztáson belül). Véleményem szerint villamos energia megtakarítás hatékonyabb berendezésekkel és a fogyasztói attitűdök megváltoztatásával egyaránt lehetséges, elsősorban a lakóépületek, háztartások, önkormányzatok és közintézmények területén. Közintézmények és lakossági szinten is sokféle módon takarékoskodhatunk (pl: lekapcsoljuk a lámpát ha nem vagyunk a szobában, teljesen kikapcsoljuk, illetve nem hagyjuk bedugva elektronikus eszközeinket ha éppen nem használjuk azokat). Az ipari

termelés során is vannak megoldások, mint pl. hatásfokjavítás és az energiaveszteségek csökkentése, vagy mozgásérzékelő lámpák felszerelésével. A közlekedési ágazat a végfelhasználói energiakereslet 30%-át teszi ki, amelyben szintén vannak energia-illetve széndioxid megtakarítást eredményező megoldások a bioüzemanyagok bevezetésével. A szén-dioxid kibocsátást itt lehet a leginkább visszafogni. Külön kategóriába soroljuk az említett szektorokon belül az épületeket. Fontos odafigyelni a középületek (például irodák, kórházak, iskolák) energiahatékonyságának növelésére.

Szinte az összes vizsgált szektor alkalmaz világítási rendszereket, tevékenységük végzése során.

A világítás egyre korszerűbbé válik, egyre újabb és újabb technológiák jelennek meg, szem előtt tartva az energiatakarékosságot és egyben a környezettudatosságot. Én a mesterséges fényforrásokon belül az elektromos fényforrások tulajdonságait foglaltam össze.

A villamosenergia-felhasználásból átlagosan 20% jut a világításra. Különböző technológiák által a fejlesztésvilágító rendszerek ágazatában 30 % és 65 % közötti energia-megtakarítást becsülnek. Lényeges kiemelni a világítótestek élettartamát, és hogy mennyi áramot fogyasztanak. Ezt szem előtt tartva ajánlott az energiatakarékos vagy LED fényforrások használata.

Prioritásként kell kezelni az energiafüggőség csökkentését mind országos, önkormányzati és a lakossági szinten. Az energiatakarékos technológiák alkalmazásával az önkormányzatoknak kevesebb pénzt kell energiára fordítania, így a megtakarított pénzt más beruházásokra használhatja fel. Azzal például, hogy Hódmezővásárhely teljes közvilágítását LED technológiára cserélte, 35%-os megtakarítást sikerült elérnie az energia költségében. Ez bizonyítja az új fényforrások energiatakarékosságát.

A gazdasági hatások mellett, meg kell említeni az energiafelhasználás káros környezeti hatásait is, mint a fényszennyezést, a megtermelt (veszélyes elektromos) hulladék problémáját és a növekvő CO₂ kibocsátást. A szennyező fény az, amikor a mesterséges fényforrásból kibocsájtott fény, kívül jut azon a területen, mint amire szánták, leginkább ha a horizont fölé is terjed. Mivel a villamos energiát napjainkban (2011) még fosszilis energiahordozókból állítják elő a legnagyobb mennyiségben, addig a légszennyezés és üvegház hatású gázok mértéke is magas tendenciát fog mutatni.

Dolgozatomban arra kerestem a választ, hogy a ma ismert világítási rendszerek közül melyik alkalmazható olcsó, de környezetbarát úton. Vizsgálatomat egy 10 000m²-es

gyártó vagy eladóterü ingatlan megvilágításában vizsgáltam, ahol a szükséges fényigény a nap 24 órájában 1000 LUX. Ezért két új technológiának, a LED és solarspot világítótestekre készítettem költség-haszon elemzést. Azonban arra a következtetésre kellett jutnom, hogy önmagában a solarspot rendszer nem biztosítja a működési követelményeket, a LED világítási rendszer pedig magas beruházási költsége és gyenge fényereje miatt nem kifizetődő. Így kombinált világítási rendszereket vizsgáltam: hagyományos és solarspot, valamint LED és solarspot együttes használatát.

A solarspot technológia környezettudatos szemléletet követ, emellett hosszú távú befektetéseknél jelentős megtakarításokat lehet vele végrehajtani. Előnye, hogy nincs működési költsége, ugyanis napenergiát használ, hátránya, hogy épp emiatt leginkább nappal alkalmazható. Számításaim alapján, a hagyományos fénycsövek gazdaságosabbak bizonyultak, a drága LED technológiánál, még solarspottal kombinált változatában is. Környezetterhelésben viszont solarspot és LED technológia bizonyult jobbnak, amelyekkel több mint a felére csökkenthető a működésben megtermelt CO₂ kibocsátás.

Magyarországon a villamos energia felhasználásunknak átlagosan 20%-át teszik ki a világításra fordított felhasználásaink, a solarspotos technológiákkal ennek 37%-át válthatnánk ki. Feltételezve a bemutatott példa (solarspottal kombinált világítási rendszerek) által elérhető hasznokat, Magyarországon az éves villamosenergia-felhasználásának (2010: 14,903 TWh) átlagosan 5%-át, azaz 0,75 TWh-t lehetne megtakarítani - ha minden szektor átvenné alkalmazását és feltételezzük a piaci felhasználók egyenletes villamos áram igényét⁷. Ez egyben importfüggőség csökkenést és 212,9 e tonna CO₂ kibocsátás csökkentést jelent egyben.

Amennyiben csak az ipari felhasználókat nézem 55 GWh kiváltást, azaz energiafüggőség csökkentést jelent egy évben és 1,375 milliárd Ft költségmegtakarítást eredményez, továbbá környezeti oldalról nézve átlagosan 1179,5 e tonna kg CO₂ kibocsátás-csökkentést eredményez, csak az ipari szektorban. Emellett a veszélyes elektromos hulladékok mennyisége is csökken.

A dolgozatban a solarspot rendszerek ipari alkalmazására tértem ki. Azonban úgy gondolom, hogy a technológia továbbfejlesztésével, ha a beruházási költségek

⁷ Itt azt kell mérlegelni, hogy akkor van-e a legnagyobb piaci igény a villamos energiára, amikor a solarspot hasznosítani tudja a nap energiáját. A MAVIR VER jelentése azonban egyértelműen jelzi, hogy a nappali órákban átlagosan a napi MW energia igény fölött van az átlagos fogyasztási igény (107%-al). Forrás: <http://www.mavir.hu/web/mavir/ver-forgalmi-adatok>

csökkennek, akár a háztartási szektorban és az önkormányzati épületekben is megjelenhet ez a fajta technológia, hiszen a napkollektorok is egyre jobban elterjedtek napjainkban és további piacbővülés várható világviszonylatban (2011).

A jövőben tovább szeretném kutatni a leghatékonyabb és egyben legtakarékosabb alternatív világítási rendszereket, különös tekintettel az iparra.

IRODALOMJEGYZÉK

1. ÁMON Ada..KARDOS Péter.. KAZAI Zsolt.. PERGER András.. TÓTH Nelli (2006): *Magyarországi fenntartható energiastratégia*, Energia Klub, Bp,
2. DEBRECENI Gábor, KARDOS Ferenc, SINKA József (1985): *Fényforrások*, Műszaki Könyvkiadó, Budapest
3. ELEK László (2009): A háztartások energiafogyasztása, *Energia Központ Nonprofit Kft*, Bp, 2009. november
4. FÖLDMŰVELÉSÜGYI ÉS VIDÉKFEJLESZTÉSI MINISZTERIUM (2007): *Új Magyarország Vidékfejlesztési Stratégiai Terv (2007-2013)*, Bp
5. GOLDENBERG, José (1998): *Új energiastratégia*, Közművelődési Információs Intézet – Mezőgazdasági Kiadó, Bp
6. ÉDES Balázs. LAKOS Gergely. MICSKI Judit. NAGY Péter. PÁPAI Zoltán (2010.): *A megújuló energiák és a kapcsolt energiatermelés támogatása Magyarországon és az Európai Unióban*, Infrapont, Bp,
7. EPERJESSY Mária (2001): *Világítástechnikai Kislexikon*, Világítástechnikai Társaság, Bp
8. KISS Lajos (1989): *Villamosenergia-gazdálkodás*, Tankönyvkiadó, Bp
9. KSH (2010): *Magyar Statisztikai Hivatal Jelentése*, Bp,
10. LUKÁCS Gergely Sándor (2007): *Zöldenergia kézikönyv*, Szaktudás Kiadó Ház, Bp
11. NEMZETKÖZI CSILLAGÁSZATI UNIÓ (IAU) XXIII. Közgyűlés (1997)
12. NUSSBAUM, Allen., PHILLIPS, Richard A. (1982): *Modern optika mérnököknek és kutatóknak*, Műszaki Könyvkiadó, ISBN 963 10 3864 5, Bp
13. ODYSSEE Mure (2011. május) (Energy Efficiency Indicators in Europe): *Energiahatékonysági profil: Magyarország*
14. ODYSSEE Mure (2009. szeptember): *Energy Efficiency trends and policies in the Industrial Sector in the EU-27*
15. ODYSSEE Mure (2009): *EU-27 Energy efficiency trends and Policy developments - Households & Tertiary sector*, Paris
16. P. G. M. BOONEKAMP (2009): *Changes in applied policy measures on energy savings in EU-countries*, Netherland
17. REGIONÁLIS ENERGIAGAZDASÁGI KUTATÓKÖZPONT (2009. november): *A hazai végső energia-felhasználás és a villamosenergia-ár prognózisának elkészítése 2020-ig*, Bp,

18. SEMBERY Péter, TÓTH László (2004): *Hagyományos és megújuló energiák*, Szaktudás Kiadó, Budapest
19. SZIGETI György (1948): *Lumineszkáló anyagok fizikája*, Műegyetemi Nyomda, Bp
20. TÓTHNÉ Szita Klára (2009): *Assessment of solar spot systems from a life cycle perspective*, SETAC Conference, Poznan
21. VAJDA György (2001): *Energiapolitika*, Magyar Tudományos Akadémia, Bp
22. VAJDA György (2006.): *Jelentés a kormány számára*, Vezetékes energiaellátási tevékenységet vizsgáló szakértő bizottság, Bp, december 5.

Internetes források

25. DESSEWFFY Tibor (2008): Az olajvilág vége és az energiatudatos állampolgár. *kritikaonline.hu*, 2008. február
http://www.kritikaonline.hu/kritika_08febr_dessewffy.html (letöltve: 2011. október 17.)
26. 25 KAZINCZY László (2009): A vasúti közlekedés jellemzői. *uvt.bme.hu*
http://www.uvt.bme.hu/targyak/kterv_II/kterv_II_kl_ea/ktervII_ea_2.pdf(letöltve: 2011. október 17.)
27. KOLLÁTH Zoltán (2001): Fényszennyezés és világítástechnika. *Elektrotechnika*, 2001. május
<http://www.konkoly.hu/elftcsicso/lp.html> (letöltve: 2011. október 19.)
28. NAGY Péter (2008): Épületek energiahatékonysága – az energiafüggőség csökkentésének eszköze. *ehosz.hu*, 2008. április 23.
<http://www.ehosz.hu/wp-content/uploads/nagy-pefbfdter-elefbfdadebfbdshonlapra.pdf> (letöltve: 2011. november 5.)
29. PAPP Elemér (2004): Fényforrások. *Magyar Virtuális Enciklopédia*, 2004. szeptember 24.
http://www.enc.hu/1enciklopedia/fogalmi/fiz_atom/fenyforrasok.htm (letöltve: 2011. november 2.)
30. SOMORJAI Ede (2009): Light pollution azaz fényszennyezés. *kertpont.hu*
<http://www.kertpont.hu/uj/kertpont.php?menu=cikk&CId=393> (letöltve: 2011. október 21.)

31. SULYOK Dénes MEGYES Attila (2006): Energiatermelés faültetvényből származó megújuló energiából I. *pointernet.pds.hu*, 2006. május
<http://www.pointernet.pds.hu/ujtagok/agraragazat/2006/05/20060518193547402000000230.html> (letöltve: 2011. október 17.)
32. Az Európai Unió tevékenységei (2011): Energiaügy. *europa.eu*
http://europa.eu/pol/ener/index_hu.htm(letöltve: 2011. november 5.)
33. Dynamo effect
<http://www.dynamoeffect.org/public/trasmission/documents/434.pdf> (letöltve: 2011. október 21.)
34. Efficiency Conservation (2011): Energy Consupcion. *need.org*
http://www.need.org/needpdf/infobook_activities/SecInfo/ConsS.pdf (letöltve: 2011. október 21.)
35. Euroinfo (2009.): Az Energiahatékonyságra Irányuló Fejlesztések, november 30
<http://www.euroinfo.hu/energia/az-energiagatekonysagra-iranyulo-fejlesztések.html>
 (letöltve: 2011. november 1.)
36. Europa.eu (2008): Member States approve the phasing-out of incan-descent bulbs by 2012,
 2008. december 8.
<http://europa.eu/rapid/pressReleasesAction.do?reference=IP/08/1909&format=HTML&aged=0&language=EN&guiLanguage=en> (letöltve: 2011. október 25.)
37. Európai Bizottság (2009): „ELECTRA“: egy versenyképes és fenntartható elektronikai iparért az Európai Unióban. *eur-lex.europa.eu*, 2009. 10. 29.
<http://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:52009DC0594:HU:NOT> (letöltve: 2011. október 21.)
38. Eurostat
<http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/eurostat/home/> (letöltve: 2011. november 4.)
39. EU to switch off traditional light bulbs by 2012. *euractiv.com*, 2008. december 9.
<http://www.euractiv.com/en/energy-efficiency/eu-switch-traditional-light-bulbs-2012/article-177880> (letöltve: 2011. november 5.)
40. Fénycsatorna Kft. A Solarspot rendszerek hivatalos magyarországi forgalmazója
<http://solarspot.hu> (letöltve: 2011. november 7.)
41. INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (2010): World Energy Outlook, Key Graphs

- <http://www.iea.org/Textbase/npsun/weo2010sum.pdf> (letöltve: 2011. november 4.)
42. Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztérium (KVM)
<http://www.kvvm.hu> (letöltve: 2011. november 4.)
43. Lámpamánia webáruház: Elektromos fényforrások
http://www.lampamania.hu/index.php?option=com_content&view=article&id=48:elektromos-fenyforrasok&catid=34:leirasok (letöltve: 2011. november 4.)
44. LED Nagykereskedés
<http://www.lednagyker.hu/aruhaz/led-fenyforrasok/philips-master-led-fenycso-t8-60cm> (letöltve: 2011. november 2.)
45. Magyar Villamosenergia-ipari Átviteli Rendszerirányító Zrt.
<http://www.mavir.hu/web/mavir/ver-forgalmi-adatok> (letöltve: 2011. november 7.)
46. Philips Világítástechnika
<http://www.philips.com/lighting> (letöltve: 2011. november 7.)
47. Polish Technological Platform For Biofuels (2008): *Biofuels National Strategic Research Agenda*, Warsaw
http://www.biofuelstp.eu/downloads/Polish_SRA.pdf (letöltve: november 7.)
48. Tungsram Márkakereskedés honlapja
<http://www.bolthely.hu/tungsram> (letöltve: 2011. november 7.)
49. U.S. Energy Information Administration
<http://www.eia.gov/totalenergy/data/annual/showtext.cfm?t=ptb0201a>
50. Vidék és Gazdaság (2011): Teljes közvilágítását lecserélte Hódmezővásárhely, 2011. október 18.
<http://www.videkesgazdasag.hu/index.php?id=teljes-kozvilagitasat-lecserelte-hodmezovasarhely> (letöltve: 2011. október 18.)
51. Világítástechnikai alapfogalmak
<http://vistar.hu/pages/p-018.html> (letöltve: 2011. november 2.)
52. Zöldköznapiak (2011): Világítás
<http://www.zoldkoznapiak.hu/vilagitas.php> (letöltve: 2011. október 24.)
53. Zöldtech (2011): Osztrák-magyar energiahatékonysági projekt indult. *zoldtech.hu*, 2011. október 18.
54. <http://zoldtech.hu/cikkek/20111017-energiahatekonysag> (letöltve: 2011. október 24.)

MELLÉKLETEK

1. melléklet: Hagyományos és solarspot technológia nettó jelenérték számítása

[illegible]

2. melléklet: LED és solarspot technológia nettó jelenérték számítása

[illegible]