



Műegyetem – Kutatóegyetem

K+F+I Stratégia

Fenntartható energetika

Kiemelt Kutatási Terület



„Minőségorientált, összehangolt oktatási és K+F+I stratégia, valamint működési modell kidolgozása a Műegyetemen”

TÁMOP-4.2.1/B-09/11/KMR-2010-0002

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem

Tartalomjegyzék

Tartalomjegyzék.....	3
Vezetői összefoglaló	5
Stratégiai célok.....	5
Kutatási tevékenység áttekintése.....	5
Kihívások	6
Kutatási szervezet és munkamódszer	7
Következtetések és javaslatok.....	7
1. Bevezetés.....	9
2. Helyzetelemzés.....	11
2.1. Hazai és nemzetközi trendek.....	11
2.2. Versenytársak és partnerek.....	23
2.3. Helyzetelemzés a BME-n.....	26
3. SWOT analízis	29
4. Jövőkép.....	31
5. Stratégiaalkotási alapelvek és célkitűzések.....	33
5.1. A célkitűzéseket megvalósító projekt tervek	34
6. A szakterületek fejlesztési stratégiái	37
6.1. A K+F+I stratégia alapvetései és fő irányai	37
6.2. A szakterületek K+F+I irányai és célkitűzései.....	39
7. Innovációs potenciál és erőforrások fejlesztése	45
7.1. Humánerőforrás-fejlesztési stratégia.....	45
7.2. A humánerőforrás fejlesztés rendszere	47
7.3. Humánerőforrás-igény és biztosítása	48
7.4. A humánerőforrás-fejlesztés célértékei	49
7.5. Infrastrukturális feltételek fejlesztése.....	50
7.6. Tudományos eredmények hasznosítása	51
7.7. Külső ipari és intézményi kapcsolatrendszer	52
7.8. A BME kiemelt kutatási területeinek kapcsolatrendszere.....	53
8. Forrásigény és pénzügyi terv.....	55
8.1. Költségbecslés	55
8.2. Források azonosítása	55
8.3. Források megszerzése	57
9. Feladatok ütemezése	59
9.1. Rövid távú feladatok	59
9.2. Középtávú feladatok.....	60

9.3. Hosszú távú feladatok	61
10. Monitoring rendszer	63
11. Hatáselemzés	65
11.1. Kutatás, oktatás és szolgáltatás	65
11.2. Innovációs lánc.....	66
11.3. Társadalmi hatások.....	67
11.4. Partnerségi rendszer	67
12. Fogalomtár	69
13. Felhasznált források	71
14. A stratégia kidolgozói	75
15. Köszönetnyilvánítás	77

Vezetői összefoglaló

Stratégiai célok

A BME által a 2010. évben elnyert kutatóegyetemi cím és a TÁMOP-4.2.1/B-09/11/KMR-2010-0002 azonosítójú, „*Minőségorientált, összehangolt oktatási és K+F+I stratégia, valamint működési modell kidolgozása a Műegyetemen*” című pályázaton való sikeres szereplés jó alkalmat teremtett arra, hogy a BME-n folyó energetikai kutatásokat összefogva közös stratégiát dolgozzunk ki. E stratégia megalkotását a TÁMOP pályázat kapcsán szerveződött „fenntartható energetika” kiemelt kutatási terület érintett munkatársai végezték el.

A kutatási stratégia fő célkitűzései a következők:

- A különböző szakterületeken dolgozó kutatók, oktatók és hallgatók közötti információcsere elősegítése, a meglévő információcsatornák megerősítése; korszerű és mindenki által hozzáférhető tudásbázis létrehozása és az energetikai kutatások szereplői közötti párbeszéd intenzívebbé tétele.
- Egy olyan elfogadható hosszú távú átalakítási program kidolgozása, mely elősegíti Magyarország üvegházhatású gáz kibocsátásának csökkentését és energiafelhasználásának hatékonyabbá tételét, az ellátásbiztonság jelenlegi szintjének fenntartását, ill. javítását, felhasználva a tudományos és technológiai lehetőségeket.
- Ajánlások kidolgozása kormányzati és egyetemi vezető szervek részére az energetikai kutatás és oktatás jövőbeni stratégiájának alakításához és tudományosan megalapozott energiapolitikai döntések meghozatalához rendszerszemléletű megközelítéssel.
- Elősegíteni a BME és más hazai és nemzetközi kutatóhelyek közötti kapcsolatépítést és információcsere-t, továbbá intenzívebb kapcsolatok kialakítása a hazai, energetikai jellegű kutatásokban érintett gazdasági szereplőkkel.
- A BME más, hosszú távú stratégiai célkitűzéseihez kapcsolódóan megőrizni és fejleszteni a TÁMOP pályázat támogatásával elért kutatási eredményeket és létrehozott kutatási szervezetet. Hatékonyon monitoring és ösztönző rendszer segítségével előmozdítani a kutatások eredményességét és hatékonyságát.

Kutatási tevékenység áttekintése

Az energetikai kutatási stratégia kidolgozásának egyik első lépése a BME-n jelenleg is meglévő, energetikai vonatkozású kutatások és kutatóhelyek áttekintése. A BME összes karán folynak az energetikához többé-kevésbé kapcsolódó kutatások, így a stratégiaalkotás valamennyi karra vonatkozik, de a közlekedéshez kapcsolódó kérdéseket a „Járműtechnika, közlekedés és logisztika” kiemelt kutatási terület stratégiai anyaga tárgyalja. Az alábbi kutatási és oktatási témák listája illusztrálja a BME-n belül folyó tudományos munka sokszínűségét:

- megújuló energiahordozók (biomassza, szél-, víz- és napenergia) és energetikai hasznosításuk technológiája;
- hatékony energiatermelési, átviteli és tárolási technológiák (smart grid), nem hagyományos villamos technológiák;
- az energiaellátás, mint rendszer vizsgálata a fenntarthatóság és a társadalmi, nemzetgazdasági preferenciák szerint;
- energiahatékony épületek: korszerű klímarendszerek, alacsony energiafogyasztású világítástechnikai eszközök, új épületszerkezetek és anyagok, valamint tervezési technológiák;
- korszerű nukleáris energetikai technológiák és berendezések vizsgálata szimulációs eszközökkel;

- a környezetet érő szennyezőanyag terhelés hatásainak vizsgálata és a kibocsátás csökkentését elősegítő technológiák kutatása;
- az energetika, energiafelhasználás társadalmi aspektusainak vizsgálata.

Kihívások

Az energetika több nagy kihívás előtt áll. A megoldások megkeresésének és kidolgozásának sürgősségét a *globális energiakereslet növekedése*, a hagyományos *olaj- és földgáztartalékok véges volta*, az éghajlatváltozást okozó „üvegházgázok” *kibocsátásának csökkentése*, az olajárak romboló ingadozási hajlama és a forrásokat jelentő régiók *geopolitikai instabilitása* indokolja. Minden kihívás között legfontosabb az energiaellátás fenntarthatóságának biztosítása, összhangban a társadalom teherbíró képességével. A fenntarthatóság elve magába foglalja a versenyképes megújuló és hagyományos energiaforrások fejlesztését és alkalmazását, a hazai energiafogyasztás hatékonyságának javítását, továbbá az éghajlatváltozásra gyakorolt hatások, valamint a lokális környezetszennyezés mérséklését.

Versenyképesség

Az energiapolitika és az energetikai kutatások célja, hogy *az energetika járuljon hozzá hazánk gazdasági versenyképességének növeléséhez*, elsősorban az Európai Unió tagországaival, de azon túl a világ más térségeihez képest is. Ezen a pilléren belül a következő részterületek élveznek prioritást, melyhez kapcsolódnak a BME-n belül folyó kutatások:

- liberalizált energiapiacok, integrálódás az EU egységes belső energiapiacába;
- energiaárak;
- technológiai előrehaladás és K+F+I;
- az energiahatékonyság átfogó javítása.

Az energiatermelésben, átalakításban, szolgáltatásban és kereskedelemben az árakat és az üzleti feltételeket az Európai Unió középtávon kialakuló regionális, majd később az egységes belső piacán a verseny fogja meghatározni. A kutatások célja, hogy hazánk versenyképességének fenntartása és javítása érdekében döntéshozatalat támogató tudásbázist hozzunk létre.

Környezet- és klímavédelem

A környezet- és klímavédelem kapcsán az energiapolitikai döntéseket mindenütt

- az Európai Unióban és nemzetközileg vállalt CO₂ kibocsátás-csökkentés és
- az egyéb szennyezőanyag-kibocsátási normák betartásának

figyelembevételével kell meghozni. E célok szolgálatába kell állítani az érintett területeken végzett kutatásokat. Ennek megfelelően ki kell dolgozni a különféle energetikai technológiák egységes értékelési rendszerét, valamint elő kell segíteni olyan technológiák térnyerését, melyek „karbonsemleges” kategóriába tartoznak, ill. a lokális környezetet csak kismértékű szennyezőanyag kibocsátással terhelik.

Ellátásbiztonság

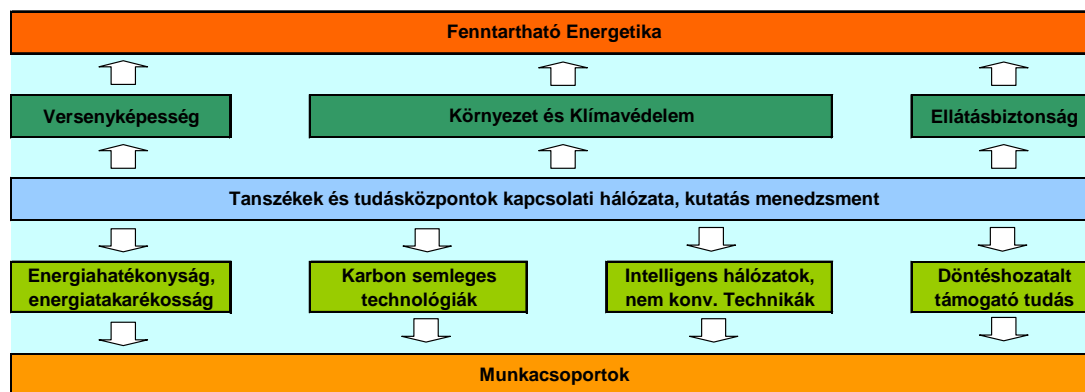
Az ellátás biztonsága az energetikai kutatási stratégia és a nemzeti energiapolitika egyik legfontosabb célkitűzése, amelynek megvalósítása érdekében az alábbi részterületekre kell fókuszálni és az ezekhez kapcsolódó megalapozott döntéseket meghozni:

- energiahordozó-struktúra
- energiainport diverzifikáció
- stratégiai energiahordozó készletek
- infrastruktúra-fejlesztések
- lakosság ellátása, szociális felelősség

Cél olyan energiahordozó struktúra kialakítása, amelyben a hazai források részaránya fennmarad, és lehetőség szerint növekszik, a behozatal összetétele kiegyensúlyozottabbá válik, és eredete szerint többféle, biztonságos forrásból és irányból származik.

Kutatási szervezet és munkamódszer

Az energetikai kutatások döntő vonatkozásában a tanszékek megfelelő kompetenciákkal rendelkeznek. A tanszéki munkatársak tanszéki vagy tanszékek közötti munkacsoportokba szervezve egy-egy témával foglalkoznak így a BME szervezeti egységei szinergiája érvényre tud jutni, amit egy innovációs menedzsment struktúra is elősegít. Mindez hozzájárul ahhoz, hogy az egyetem–kar–tanszék struktúrát átszövi egy másik, a tanszékek és tudásközpontok együttműködésének kapcsolati hálózata.



Fenntartható energetika kutatócsoportjainak
(stratégiai területeinek) tevékenységei

Következtetések és javaslatok

A kutatási stratégiában megfogalmazott célkitűzések alapján az oktatást és kutatást illetően számos következtetés, ill. javaslat fogalmazható meg, melyek négy fő feladat köré csoportosíthatók.

Kutatás

A BME-n folyó energetikai témájú kutatások kellő alapot szolgáltatnak a stratégiai célkitűzések eredményes teljesítéséhez. A BME jelenleg is vezető szerepet tölt be az e területen végzett kutatásokban. A jövőben a meglévő és folyamatosan fejlesztett tárgyi és humán erőforrásokat a fenntartható energetikát szolgáló kutatási célok megvalósításának szolgálatába kell állítani. Ezek a kutatási területek és célok a következők. *Versenyképesség*: hozzájárulás a fenntartható fejlődésre ösztönző és költséghatékony energiaellátáshoz; energiahatékonyság növelése; energiapolitikai tudásbázis kialakítása. *Környezet- és klímavédelem*: globális és lokális szennyezőanyag kibocsátás csökkentése; karbon-mentes és karbon-semleges villamosenergia-termelés, ennek rendszer szintű támogatása, kapcsolt energiatermelés; megújuló energiaforrások alkalmazásának fokozása, komplex hasznosítása. *Ellátásbiztonság*: biztonságos nukleáris energetika; földgáz felhasználás mérséklés; hazai tüzelőanyagok fokozottabb felhasználása.

A stratégiai célok megvalósítása során a BME vezető szerepének megőrzésére kell törekednünk, erősíteni kell az ipari partnerekkel közösen végzett K+F+I tevékenységet és kihasználni az Új Széchenyi Terv nyújtotta lehetőségeket.

Oktatás

Törekedni kell arra, hogy az elért kutatási eredmények, tapasztalatok minél előbb bekerüljenek az oktatásba. Ennek érdekében célszerű a MSc és PhD képzésben részt vevő hallgatókat

bevonni az egyetemen folyó kutatásokba, valamint az ipari partnerekkel közösen olyan ösztönző és támogatási rendszert kialakítani, mely a tehetséges fiatalokat segíti kutatói pályafutásuk beindításában.

Tudástranszfer

A hatékonyabb információcsere érdekében fontos az egyetem és az ipari partnerek közötti együttműködés szorosabbra fűzése. Ennek megfelelően a kutatás kapcsán célszerű kihasználni az egyetem tudástranszfer infrastruktúrája adta lehetőségeket, ill. aktívan részt venni e rendszer továbbfejlesztésében, hatékonyságának javításában. Mindezek mellett sem szabad azonban megfeledkezni az egyetemen belüli kutatóhelyek közötti párbeszéd és kooperáció folyamatos fenntartásáról és fejlesztéséről.

Együttműködés

Fejleszteni és bővíteni a BME és más, hazai és külföldi kutatóhelyek (egyetemek, kutatóintézetek), valamint hazai és nemzetközi – energetikai és energiapolitikai – szervezetek közötti együttműködést. Amennyiben szükséges, úgy meg kell teremteni az ehhez szükséges szervezeti kereteket.

1. Bevezetés

A Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem a *kutatóegyetemi* cím és a hozzá kapcsolódó „*Minőségorientált, összehangolt oktatási és K+F+I stratégia, valamint működési modell kidolgozása a Műegyetemen*” című pályázat (TÁMOP-4.2.1/B-09/11/KMR) elnyerését követően kutatóegyetemi programot hirdetett meg. E program egyik kiemelt kutatási területe a fenntartható energetika. Ez a dokumentum a BME-n folyó energetikai kutatásoknak irányt és keretet adó *kutatási stratégia* kidolgozásának eredménye.

A BME már hosszú ideje élen jár az energetikával kapcsolatos szerteágazó kutatásokban. Ennek megfelelően rendelkezésre áll az a magas felkészültségű kutatói gárda és infrastrukturális háttér, mellyel a pályázathoz kapcsolódó feladatok és az azon túlmutató stratégiai célok hosszú távon is megvalósíthatók, ill. fenntarthatók. Soha nem lehet azonban egy adott szint, színvonal elérésével megelégedni, mindig jobbra és többre kell törekedni, hiszen egyetemünk a kutatóegyetemi címet és szerepet csak így őrizheti meg.

A stratégia kidolgozása sorozatos belső konzultációkon keresztül valósult meg a BME érintett tanszékeinek, munkatársainak bevonásával. Ezen stratégiai dokumentum két szempontból is komoly jelentőséggel bír. Egyrészt az egyetem polgárai számára irányt és keretet ad a fenntartható energetikán belüli fő kutatási ágakról, a kutatás szervezeti kereteiről, valamint rövid-, közép- és hosszú távú céljairól; másrészt a külső partnerek, kormányzati szervek és érdeklődők számára deklarálja az egyetem e téma iránti elkötelezettségét és bemutatja erőforrásait és elképzeléseit, melyek a kitűzött célok megvalósulását szolgálják.

A kutatási stratégia elkészítését több célkitűzés is vezérelte, melyeket a részletek kidolgozása során mindvégig szem előtt tartottunk. A többszörös egyeztetések eredményeképpen a fenntartható energetika kutatási stratégiájának alapvető célkitűzéseit az alábbiakban foglalhatjuk össze:

- Az egyetemen belüli, különféle munkacsoportokból álló kutatói közösség tevékenységének minőségi javítása, mely az energetikai szakterület teljes vertikumát lefedve képes célokat megfogalmazni, kutatásokat koordinálni és azokat sikeresen végrehajtani.
- Olyan tudásbázis létrehozása, mely akár más tudásbázisokkal – hálózatba – összekapcsolva hatékonyan szolgálhatja az oktatást, a képzést és a továbbképzést, különösen a mester és a doktorképzés szintjein, elősegítve ez által az egyetem oktatói-kutatói utánpótlásának kinevelését.
- Az elért kutatási eredményeknek a minél szélesebb – szakmai – közvélemény felé való továbbítása.
- A döntéshozók (politikai, kormányzati) számára olyan információk összegyűjtése, feldolgozása és rendszerezése, melyek ismeretében a jövő energiapolitikájával kapcsolatos alapvető stratégiai kérdésekre tudományos alapokon nyugvó válaszok adhatók.
- Elősegíteni a BME és más hazai és nemzetközi kutatóhelyek közötti kapcsolatépítést és információcserét, továbbá intenzívebb kapcsolatok kialakítása a hazai, energetikai jellegű kutatásokban érintett gazdasági szereplőkkel.
- A BME más, hosszú távú stratégiai célkitűzéseivel kapcsolódóan megőrizni és fejleszteni az elért oktatási és kutatási eredményeket. Aktív monitoring és ösztönző rendszer segítségével előmozdítani az oktatás és kutatás eredményességét és hatékonyságát.

A kutatási stratégia e végleges változatának kidolgozását információgyűjtés és rendszerezés, számos konzultáció és vita előzte meg. A stratégiai dokumentum alapjául részben a kutatóegyetemi címpályázatban megfogalmazott vállalások szolgáltak továbbá a célok megfogalma-

zása, az eszközök és módszerek számbavétele során figyelemmel voltunk a korábban megszerzett tapasztalatokra, valamint ihletet merítettünk külföldi egyetemek kutatási stratégiájából. A stratégiakészítő munkacsoport¹ ezen ismereteket felhasználva, a magyarországi feltételekre való figyelemmel dolgozta ki ezt a *stratégiai dokumentumot*.

Budapest, 2010. szeptember 15.

¹ A munkacsoport összetételét lásd a *14. fejezetben*.

2. Helyzetelemzés

Az energetika több nagy kihívás előtt áll. A megoldások megkeresésének és kidolgozásának sürgősségét a *globális energiakereslet növekedése*, a hagyományos *olaj- és földgáztartalékok véges volta*, az éghajlatváltozást okozó „üvegházgázok” *kibocsátásának csökkentése*, az olajárak romboló ingadozási hajlama és a forrásokat jelentő régiók *geopolitikai instabilitása* indokolja. Mindezen kihívások késztették a nemzetközi közösséget a szükséges cselekvések meghatározására és dokumentumokban való közzétételére. A BME energetikai kutatási stratégiájának kidolgozásakor, az irányok meghatározásában számos dokumentum figyelembevételre látszik célszerűnek, a teljesség igénye nélkül a legfontosabbak:

- Európai Unió „Zöld könyv”-eiben megfogalmazott elvárások
- az EK 1982/2006 számú határozat, az EU 3×20%-os vállalása (20% hatékonyság javítás, 20% CO₂ kibocsátás csökkentés és a megújuló energiaforrásoknak a teljes energetikai vertikumban képviselt részarányának 20%-ra emelése)
- Az energiahordozók (villamos energia és földgáz) piacainak liberalizációját előíró jogi aktusok (hazai jogszabályok és az EU 3. energiacsomagja)
- EU-SET-Plan (EU Strategic Energy Technology Plan) meghatározza a hosszú távú energetikai kutatási, demonstrációs és innovációs menetrendet az új energetikai technológiák vonatkozásában továbbá ajánlásokat tartalmaz ezeknek az újdonságoknak a piacok általi elfogadtatásához.
- ROADMAP 2050, mely a jövő fejlődő, alacsony karbon kibocsátású Európájához vezető út iránytűje
- Sustainable Nuclear Energy Technology Platform (SNETP) dokumentumai részletezik, hogy az atomenergetika területén milyen fejlesztésekre van szükség az EU-SET-Plan célkitűzéseinek teljesítéséhez.
- Hazai energiapolitikai és gazdaságfejlesztési stratégiai dokumentumok
- IEA² jelentések, helyzetértékelések
- WEC tanulmányok, helyzetértékelések
- U.S. DOE tanulmányok és helyzetelemzések

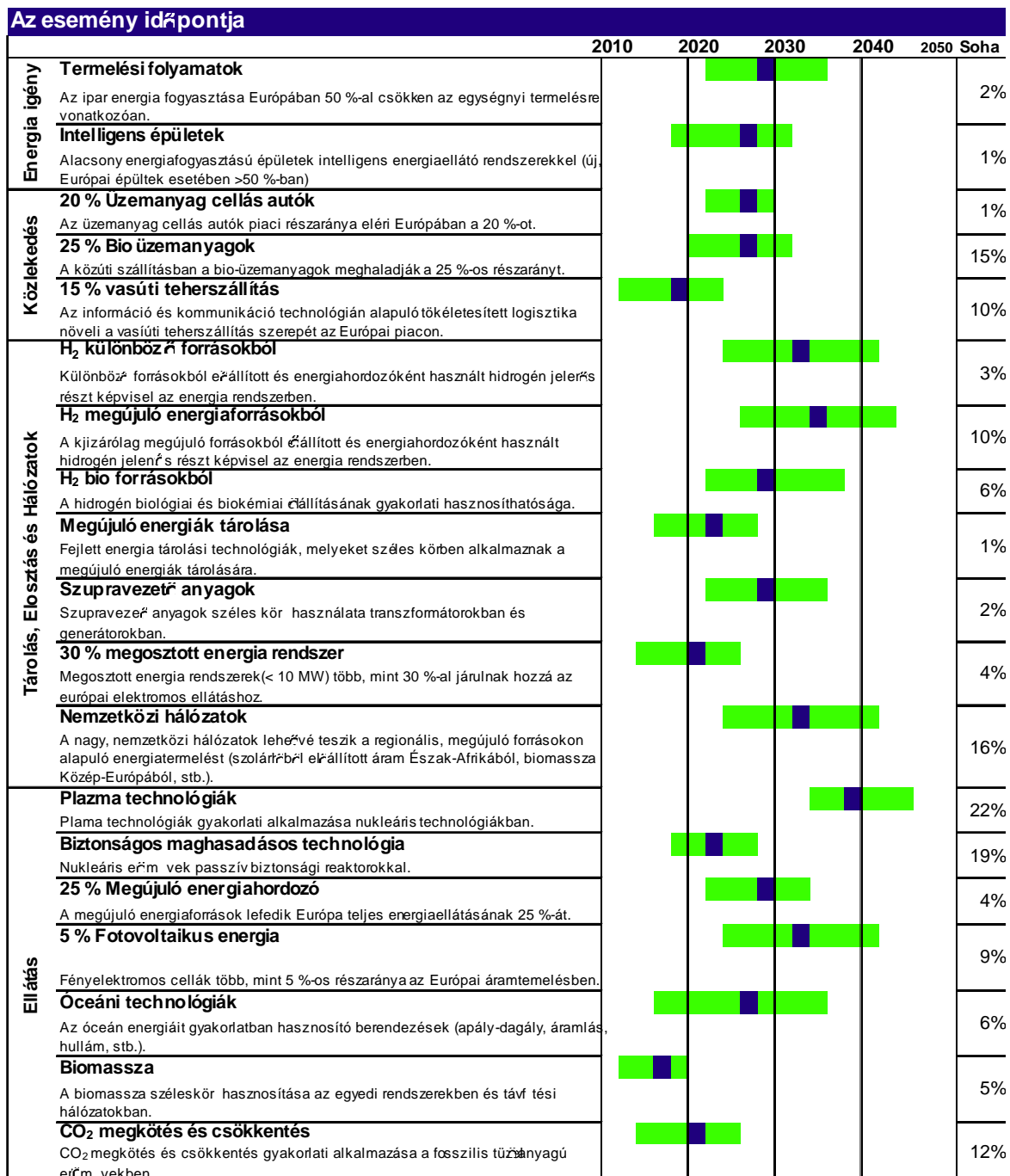
Mindezeket a forrásanyagokat részletesen a *13. fejezet* sorolja fel.

2.1. Hazai és nemzetközi trendek

2.1.1. Átfogó technológiai trendek

A *2-1. ábra* mutatja azt az előre jelzett eseményvonalat, melyet a második EurEnDel Delphi felmérés résztvevői által kitöltött kérdőívek vázoltak. Az ábra jobb szélső oszlopa mutatja a válaszok azon százalékát, amelyek nem valószínűsítik az adott technológia fejlődését. Bár ez a felmérés még 2004-ből származik az alapvető irányok egy mai felmérésben is visszaigazolásra kerülnének, az egyes technológiák beérésének időbelisége a már megismert folyamatok tükrében vitathatók. (Az azóta eltelt időszak fejlődési trendje a villamos autók előtérbe kerülését mutatja az üzemanyag cellákkal szemben. A széntüzelés fenntartását és az ehhez kapcsolódó CCS technológiák fejlesztését a földgáztól való függőség csökkentésének igénye előtérbe helyezte.)

² A fontosabb fogalmak és rövidítések magyarázatát lásd a *12. fejezetben*.



2-1. ábra. Az EurEnDel felmérés eredményei

Az ábrából látható, hogy a fajlagos energiaigényesség esetén mind az ipar, mind pedig a háztartások területén csökkenés prognosztizálható, ugyanakkor az energiafelhasználás mértékében növekedés valószínűsíthető. Köszönhető ez az egyre fejlettebb ipari technológiáknak és az alacsony energiafogyasztású épületeket célzó kutatásoknak. A közlekedésben az üzemanyagcellás járművek száma várhatóan növekszik az európai piacon, de kevesebben valószínűsítik, hogy a bio-üzemanyagok is ekkora tért fognak hódítani. A 2030-ig terjedő időszakban a bio-üzemanyagok 25%-os piaci részesedése is erősen bizonytalan. Az energiatárolásban és elosztásban a hidrogén a jövő nagy lehetősége, bár mindennapi használatának elterjedése csak 2030 utánra tehető. A hidrogén előállítására különböző források lehetségesek. Az energiaszektornak fontos szerephez jut a megújuló energiahordozók tárolhatóságának kérdése, a szupravezető anyagok alkalmazása az elektromos rendszerekben, valamint az energia rend-

szerek nyitottsága, átjárhatósága. Az energiaellátás területén megjelennek az egyre biztonságosabb nukleáris erőművi technológiák (bár ehhez elég nagyfokú bizonytalanság is társul), továbbá a megújuló részaránya is elérheti a 25%-ot az európai primer energia ellátásában. A fotoelektromos alkalmazások csak kis százalékban lesznek jelen a piacon. Az óceánok energiáit kihasználó technológiák szintén előtérbe kerülhetnek a közeljövőben, ahogyan a biomassza alapú központi és távfűtési rendszerek is. A biomassza térhódítása csak a 2020-as évekig valószínűsített a fűtési rendszerekben, utána az alacsony energiafogyasztású épületekkel kiválthatóvá válik. A fenntartható fejlődés, a környezetvédelem, az életminőség, az ellátásbiztonság és az energiatakarékosság a legfontosabb kérdések, melyekre megfelelő figyelmet kell fordítani. A legtöbb technológiai fejlődési irányvonal a környezetvédelmet és az ellátás biztonságát előbbre helyezi a fenntartható fejlődés és az életminőség kérdéseinél.

2.1.2. Energiarendszerek, villamosenergia-szolgáltatás

A fejlett országok villamosenergia-iparában elkezdődött átalakulási folyamat hazánkban is érezteti hatásait: pl. kiteljesedett a piac liberalizálása, egyre terjednek az elsősorban megújuló forrásokra (pl. szélenergiára, biomasszára) alapuló kiserőművek, az új technológiák (pl. teljesítményelektronikai eszközök, szupravezetők) gazdaságossága az alkalmazhatóságot egyre közelebb hozhatja.

A villamos energiával kapcsolatos növekvő minőségi és megbízhatósági elvárások, a piacnyitás által teremtett új feltételrendszer, a meglévő technológia egy részének öregedése, valamint az új technológiai lehetőségek új kihívások elé állítják az energia termelőit, az áramszolgáltatókat, a rendszerirányítót, a hatóságokat, az ipar beszállítóit, de a kutató-fejlesztő mérnököket és a fogasztókat is. Erre a kihívásra nemzetközi szinten több válasz született.

Az Egyesült Államok Energetikai Minisztériuma (US Department of Energy) 2004 elején több mint 200 villamosenergia ipari szakemberrel való tanácskozás után megfogalmazta elképzeléseit „National Electric Delivery Technologies Roadmap” címen. E dokumentum egy hosszú távú (25 éves) kutatás-fejlesztési stratégia főbb vonalait vázolja, következtetései, javaslatjai az alábbiakban foglalhatók össze:

- a) Ki kell dolgozni a jövő kihívásainak megfelelő, új villamosenergia-rendszer lehetséges architektúráit, felépítésének, működtetésének fenntartható, stabil rendszerét. Ezért:
- b) Szükséges az ún. „kritikus technológiák” továbbfejlesztése:
 - i) különböző kapacitású, gazdaságos energiátárolók,
 - ii) elosztott és intelligens mérés és szabályozás: intelligens mérőberendezések; új, feladat specifikus adatátviteli architektúra és protokollok; új szemléletű védelmek és rendszermentő automatikák; piacfüggő fogyasztóoldali beavatkozás,
 - iii) magas hőmérsékletű szupravezető anyagok és azokra épülő berendezések,
 - iv) teljesítményelektronikai berendezések továbbfejlesztése az elosztott energiatermelő és – tároló berendezések hálózati csatlakoztatására; a feszültségminőség javítására; valamint az átvitel és elosztás megbízhatóbb automatizálására.
- c) A technológia transzfer felgyorsítása érdekében szükség van
 - i) új üzleti modellek kidolgozására, a szabályozó hatóság támogatására,
 - ii) új egyetemi tantervek kidolgozására, a jelenlegiek továbbfejlesztésére,
 - iii) szakmai képzések továbbfejlesztésére, az új technológiák tulajdonságait leképező szimulációs szoftverrendszerek fejlesztésére.
- d) A villamosenergia-piac hatékonyabb működtetése érdekében szükséges
 - i) nagymennyiségű real-time adat gyűjtésére és továbbítására alkalmas információs rendszerek fejlesztése,
 - ii) a piacot szabályozó törvényi-rendeleti háttér felülvizsgálata.

Az EU7 keretprogram kiemelt témaként kezeli az energetikát, ezen belül az alábbi témákat:

- hidrogén és tüzelőanyag cellák;
- megújuló villamosenergia-termelés;
- megújuló tüzelőanyagok előállítása;
- megújuló energiaforrások alkalmazása fűtésre és hűtésre;
- CO₂ csökkentés és „zero emission” tárolási technológiák;
- „smart” energiahálózatok;
- az energiahatékonyság és – megtakarítás;
- az energiapolitika támogatására szolgáló tudás létrehozása.

Az Európai Unió állásfoglalásai (pl. SET-Plan) különösen nagy hangsúlyt helyeznek az alábbi témákra:

- a megújuló energiaforrások hatékony integrálására, a szénalapú primer energiahordozóktól való függőség csökkentése érdekében,
- a rendszerüzemzavarok elkerülése érdekében ún. MicroGrid-ek kialakítására, amelyek szükség szerint önállóan is életképes szigetekké alakulnak, majd automatikusan újra összekapcsolódnak,
- a magas szintű szakirányú és multidiszciplináris képzés fejlesztésének fontosságára.

Az atomenergetikával kapcsolatos együttműködés az Euratom szerződés hatálya alá tartozik, ezért a 7. keretprogramon belül is egy külön program célozza az ezen a területen zajló fejlesztések támogatását. Kiemelt célként kezelik a radioaktív hulladékok kezelését, a ma üzemelő létesítmények biztonságának növelését és a 4. generációs reaktorok fejlesztését.

A villamosenergia-rendszerek átalakulásában világszerte tapasztalható folyamatok nem hagyják érintetlenül hazánkat sem, azokkal nekünk is lépést kell tartanunk.

A Nemzetközi Energia Ügynökség (IEA) előrejelzése szerint 2030-ig a globális energiaigény kb. megkétszereződik. A fosszilis tüzelőanyagok égetése során szennyezőanyagok kerülnek a légkörbe. Pl. az Európai Unióban a CO₂ emisszió 30%-ért a teljes szennyezőanyag kibocsátás 50%-ért az energiatermelés felelős. A fosszilis tüzelőanyag készletek közismerten végesek, a költségeik pedig hosszú távon monoton növekedést mutatnak. Hazánk sajnos nem bővelkedik ezekben az energiahordozókban.

Az elmondottakkal ellentétben a megújuló energetikai technológiák:

- energiahordozói (szél, víz, napsugárzás) nem jelentenek üzemanyagköltséget,
- üzemelés során nem termelnek szennyező anyagokat (vagy csak igen kis mértékben),
- csökkentik a függőséget a külföldtől és a fosszilis energiahordozóktól,
- az építésükkor felhasznált anyagok újrahasznosíthatók (pl. szélérőműveknél 99%-ban),
- munkahelyeket létesítenek (a korszerű technológiák üzemeltetéséhez azonban kevesebb munkaerő kell, így inkább az előállításban és a kapcsolódó technológiák és szolgáltatások terén lehet a munkahelyteremtéssel számolni, hasonlóan a tradicionális energetikához).

Bár a legnagyobb potenciállal a közvetlen napenergia hasznosítás rendelkezik, azonban ennek az energianyerésnek a tömeges elterjedését hazánkban a megfelelő gazdasági környezet hiánya hátráltatja.

A villamos energia szerepe a fejlett országok gazdasága szempontjából alapvető fontosságúvá vált (hazánk össz fogyasztása mintegy 40 TWh/a.) Az utóbbi években Amerikában és Európa számos országában lezajlott rendszer-üzemzavarok felhívták a figyelmet arra, hogy a megbízható, folyamatosan rendelkezésre álló villamos energia mennyire elengedhetetlen szerepet játszik a társadalom életében.

A magyar villamosenergia-rendszer – a világ többi országáéhoz hasonlóan – a negyvenes években kezdett kiépülni, és jelenlegihez közeli formáját 1949-re érte el. A magyar hőerőművi kapacitás nagyrészt előregedett, a 220 kV-os hálózat vezetékeinek 95%-a és a 400

kilovoltos hálózat vezetékeinek 24%-a 25 évnél idősebb, a 400 kV-os transzformátorok 26, a 220 kV-osok 43%-ának életkora meghaladja a 25 évet.

Mindemellett a fogyasztók egyre magasabb szintű elvárásokat támasztanak a villamos energia rendelkezésre állási, valamint minőségi mutatóival szemben. A gazdaság szinte minden területén jelen lévő információtechnológiai berendezések, valamint a korszerű technológiák lelkét jelentő elektronikus eszközök (pl. szabályozott villamos hajtások) érzékenyek az egészen rövid idejű (másodpercnél rövidebb) feszültség-kimaradásokra, valamint a hálózati feszültség egyéb minőségi jellemzőire is.

E folyamatokkal párhuzamosan a villamosenergia-rendszer az utóbbi évek óta alapvető struktúrákat is érintő változáson ment keresztül. Az eddigi központosított termelési-, irányítási-, és elosztói rendszert fokozatosan felváltotta egy sokszereplős piaci modell, amelyben a termelők, a szállítók és a fogyasztók mellett megjelentek a kereskedők, valamint a kiserőművek is.

A kiserőművekből, különösen a megújuló energiaforrásokból származó energia átvételi kötelezettsége nehéz helyzet elé állítja a rendszerirányítót a teljesítmény áramlási irányok helyenkénti megfordulása, valamint a tartalékképzés kötelezettsége miatt. Új védelmi rendszerek, új rendszermentő automatika és az elosztott energiátárolás alkalmazásának lehetőségeit megvizsgálva azonban ez a kihívás is leküzdhető lesz.

Fontos szerepe van az elosztott energiatermelésben a megújuló energiaforrások és az energiátárolók együttes kiépülésének. Ez az elv fogja lehetővé tenni azt, hogy a jelenleg igen sebezhető (pl. terrortámadás ellen teljesen védtelen) centralizált energiarendszer adaptív módon önálló szigetekre bontsa magát, majd újra helyreállítsa az ép szigetek közötti kooperációt.

A liberalizált piac hatékony működésének elengedhetetlen feltétele a fogyasztási és egyéb adatokhoz való időben történő hozzáférés. Ez az eddiginél összehasonlíthatatlanul nagyobb mennyiségű adat mérését, továbbítását és feldolgozását teszi szükségessé, az ehhez szükséges információs rendszerek újragondolása, megtervezése elkerülhetetlen feladat. Ez magában foglalja egyrészt az AMR (Automatic Meter Reading, automatikus mérőleolvasás) kiterjesztését kisfogyasztókra, másrészt a DSM (Demand Side Management – fogyasztó oldali befolyásolás) technológiák bevezetését, amelyek segítségével a fogyasztó a változó piaci viszonyoknak megfelelően optimalizálhatja vételezését.

Mindezek tükrében felettebb aktuális a villamosenergia-rendszer jövőjének, fejlődési irányainak újragondolása annak érdekében, hogy a szükséges fejlesztések, beruházások az elkövetkezendő évtizedekre a lehető legmegfelelőbb módon biztosítsák a rendszernek az újonnan fellépő igényekkel, technológiákkal kapcsolatos kellő rugalmasságát és az elvárt megbízhatóságot.

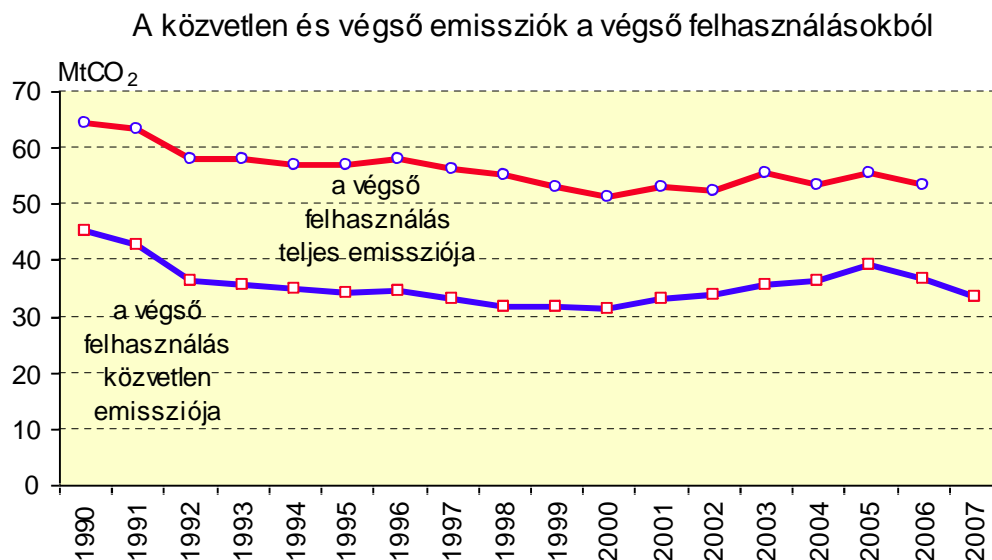
2.1.3. Megújuló és karbonsemleges energiaforrások

Az energetikai ágazat előtt álló egyik igen nagy kihívás a CO₂ kibocsátás csökkentése, a *karbonmentes* és *karbonsemleges* energetikai technológiák előmozdítása. Ennek megalapozottságát a CO₂ emissziós trendek és csökkentésükre tett nemzeti vállalások adják meg. A kibocsátási trendeket a 2–2. ábra szemlélteti. A direkt emissziók az olaj, gáz és szén közvetlen eltüzeléséből származó emissziók. Ez felel meg a UNFCCC-hez beküldött hivatalos CO₂-leltáraknak. Az összes CO₂-emissziók a direkt emissziók mellett tartalmazzák az indirekt emissziókat, amely az egyes szektorok által, felhasznált villamos energia mennyiségeket is. Így az összes emissziók az ágazati direkt és indirekt emissziókat tartalmazzák, vagyis a villamos energia felhasználás rá van terhelve az egyes végfelhasználói szektorra.

A direkt emissziók 1990 óta 26%-kal csökkentek. Ezen belül az iparban 48,3%-kal csökkentek, a közlekedési szektorban 55,1%-kal nőttek, míg a háztartási szektorban – a tüzelőanyagváltásnak köszönhetően – 46%-kal csökkentek a direkt emissziók 1990-hez képest. Az összes emissziók 1990 óta 17,2%-kal csökkentek. Ezen belül az iparban 44,2%-kal csökkentek, a

közlekedési emissziók 47,7%-kal nőttek, míg a háztartásokban 26,9%-kal csökkentek az összes emissziók. A különbségek oka az, hogy az egyes ágazatok különböző mértékben használnak villamos energiát.

A további emissziócsökkentési vállalások csak abban az esetben tarthatók be, ha nemzetgazdasági szinten megfelelő erőfeszítéseket teszünk a karbonsemleges megújuló energiaforrások, valamint a karbonmentes atomerőművi villamosenergia-termelés részarányának növelése érdekében.



2-2. ábra. Az energiafelhasználásból származó CO₂ emissziók

Hazánkban a felhasználható megújuló energiaforrások döntő részét a biomassa és a geotermális energia képezi. Az ország jelentős mennyiségű kis- és közepes-entalpiájú termálvízkinccsel rendelkezik. Ezért alapvetően fontos az ország jövőbeni biztonságot, gazdaságos és környezetbarát energiaellátásában a földhő növekvő méretű közvetlen és közvetett hasznosítása. Az ország nagyszámú meglévő termálkútjainál jelentős közvetlen hőhasznosítású alkalmazást telepítettek, telepítenek és terveznek telepíteni, amit az Új Széchenyi terv is kiemelt fontosságú területként kezel.

A megújuló energiaforrások egyik jelentős hazai potenciálja az energetikai növénytermelés, amely alapvetően befolyásolhatja a mezőgazdasági termelés eszköz és célrendszerét. Az energetikai célú növénytermelés K+F rendszerében fontos szerepet tölt be a betakarítási technológiák speciális agrotechnikai-műszaki követelményrendszere. A megújuló energiaforrások tekintetében a másik fontos kutatási irány a második generációs biomassa hasznosítási technológiák fejlesztése (pl. üzemanyaggá konvertálás, elgázosítás). A termelt biomassa teljes körű feldolgozásának megvalósulásával ezek mind energetikailag, mind pedig az élelmezési problémák kezelésében hatékonyabbak, mint az első generációs technológiák.

A karbonmentes technológiák sorába tartozó kutatási irányként jelennek meg az atomenergetikai technológiák. Ebben az esetben egyrészt a technológiai folyamat jobb megértését és irányítását célzó szimulációs és vizsgálati technikák létrehozása és alkalmazása a cél. Továbbá az anyagtudományi kutatásokhoz, a biztonsági, tervezési és üzemeltetési jellegű kérdések vizsgálatához való kapcsolódás (célmeghatározás) másrészt a keletkező hulladékok átmeneti és végső elhelyezése.

Az atomerőművek legfőbb előnye, hogy nincs CO₂ és üvegházhatást okozó gázok kibocsátása az energiatermelési folyamatban. A nukleáris létesítmények biztonsága és megbízhatósága

jelenti az egyik kulcskérdést a jövőbeli alkalmazások területén. Már a ma üzemelő (második generációs) atomerőművek is döntő többségükben nagyon biztonságosnak mondhatók, de a most épülők (harmadik generációs erőművek) ettől még magasabb biztonsági szinten állnak.

A jelenlegi atomerőmű-park számára a világ ismert uránkészletei kb. 100 évre képesek biztosítani az üzemanyagot. A nukleáris villamosenergia-termelés várható növekedésének következtében azonban ennél sokkal hamarabb szükségessé válik majd az átállás a gyorsneutron spektrumú reaktorok segítségével megvalósítható zárt nukleáris üzemanyagciklusra, amely mintegy 50-100-szorosára növeli a természetes uránban rejlő energia hasznosításának határfokát. Ezek az ún. negyedik generációs gyorsreaktorok egyben megoldást kínálnak a felhalmozódó kiégett üzemanyag kezelésére, mivel azokat újrahasznosítva, energiatermelés mellett, jelentősen csökkentik a hátramaradó nagyaktivitású hulladék mennyiségét és veszélyességét. Ezért csatlakozott az Európai Unió is a negyedik generációs reaktorok fejlesztését célzó nemzetközi erőfeszítéseket koordináló Generation IV International Forumhoz és alakult meg az európai szereplők összefogására a Sustainable Nuclear Energy Technology Platform.

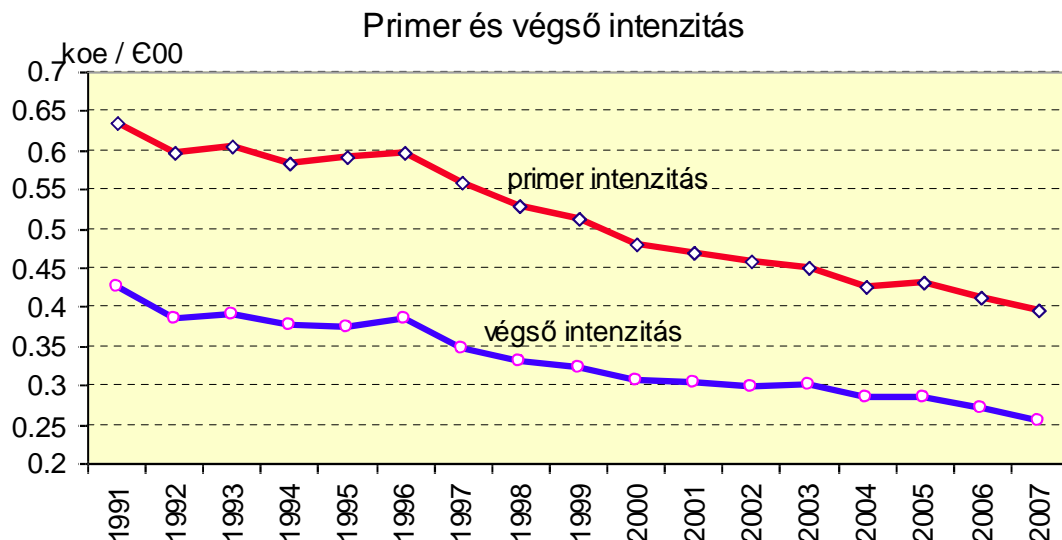
A Generation IV International Forum (GIF, USA) a következő hat fő reaktorfejlesztési irányt, valamint az azokat megalapozó üzemanyagciklus fajtákat különböztet meg, és tart a negyedik generációs atomerőművek legfőbb fejlesztési irányának:

- Gázhűtésű gyorsreaktor (GFR): magas (~850 °C) hőmérsékletű hélium-hűtésű gyorsreaktor zárt üzemanyagciklussal.
- Nagyon magas hőmérsékletű reaktor (VHTR): grafit moderátoros, magas (~1000 °C) hőmérsékletű héliumhűtésű reaktor nyitott üzemanyagciklussal.
- Szuperkritikus vízhűtésű reaktor (SCWR): magas (szuperkritikus) nyomású (~25 MPa) és magas hőmérsékletű (~510 °C), vízhűtésű reaktor, ami a víz termodinamikai kritikus pontja felett üzemel.
- Nátriumhűtésű gyorsreaktor (SFR): gyorsneutron-spektrumú, magas hőmérsékletű (~550-800 °C) ólom vagy ólom/bizmut eutektikum folyékonyhűtésű reaktor zárt üzemanyagciklussal, a sterilis uránium hasadóanyaggá történő hatékony átalakítására és az aktinidák kezelésére.
- Ólomhűtésű gyorsreaktor (LFR): gyorsneutron-spektrumú, magas hőmérsékletű (~550-800 °C) ólom vagy ólom/bizmut eutektikum folyékonyfém hűtésű reaktor zárt üzemanyagciklussal, a sterilis uránium hasadóanyaggá történő hatékony átalakítására és az aktinidák kezelésére.
- Sólóvadékos reaktor (SR): fissziós energiát termel magas (~565 °C) zónakilépő hőmérsékletű cirkuláló sóolvadék+üzemanyag keverékben egy epitermikus neutron-spektrumú reaktor és teljes aktinida-recirkulációs üzemanyagciklus segítségével.

Ezek a negyedik generációs nukleáris rendszerek az eddigiektől eltérő tervezési és építési elveken alapulnak. Alkalmazásukkal egy technológiai áttöréshez hosszabb időre (esetleg évtizedekre) is szükség lehet.

2.1.4. Energiafelhasználás és energiahatékonyság

Az energiafelhasználás hatékonyságát alapvetően két mutatóval jellemezhetjük. Az egyik a primer energiafelhasználás és a GDP hányadosa, míg a másik a végső energiafelhasználás (mely a gazdaság szektoraiban realizálódik) hányadosa. Az energiaigényességi (energiaintenzitási) mutatók (2–3. ábra) alapján megállapíthatjuk, hogy az elmúlt két évtizedben mindkét mutató értéke örömdetesesen csökkent, ami a hatékonyság javulásának egyértelmű indikátora.



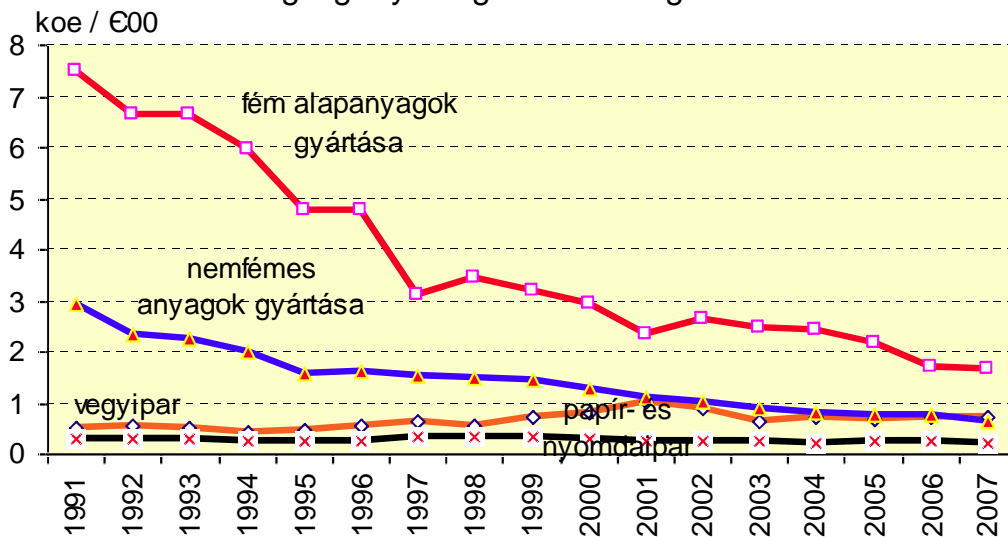
2–3. ábra. Primer és végső energiaigényesség

A primer intenzitás 1998-2002 között csökkent a leggyorsabban, mivel 1997-től került bevezetésre a CHP-k által termelt villamos energiára vonatkozó kötelező és kiemelt átvételi ár. Jelentős változáson ment át a villamosenergia-termelés szerkezete. 1991-ben a nukleáris energia adta a bruttó villamosenergia-termelés 46,6%-át, a földgáz 16,6%-t, míg a szén 26,6%-át. 2006-ban a bruttó villamosenergia-termelés 36,1%-át nukleáris energia, 36,1%-át földgáz, míg 22,2%-át szén adta. Az atomerőmű hatásfoka konvencionálisan 33%. A földgáztüzelésű kapacitásfejlesztések jelentős részben 65-70%-os (bruttó) hatásfokú CHP-ken keresztül valósultak meg. A kizárólag villamos energiát termelő szenes erőművek hatásfoka 36-38%. A villamos energiatermelés tüzelőanyag összetétele a magasabb hatásfokú termelés felé tolódott el. 2004-től kezdődően a biomassa is megjelent a tüzelőanyag mixben. A villamosenergia-termelésre szánt biomassa 28-30%-os hatásfokkal került felhasználásra, így kissé lerontotta az országos hatásfokot. A végső intenzitás 1991-1994 között csökkent a leggyorsabban, amikor jelentős termelőkapacitásokat zártak be az energiaintenzív szektorokban (kohászati üzemek, vegyipari üzemek). A 90-es évek közepétől kezdve egyre jelentősebbé váltak a gépipari és járműipari kapacitásfejlesztések, amelyek a végső intenzitás csökkenésének irányába hatottak. A villamos energia végső felhasználáson belüli részaránya az 1990-es 14,3%-ról 2007-re 17,2%-ra nőtt. A villamos energia behatolása a végső felhasználásba kettő hatással jár:

- csökkenti a végső felhasználás növekedését, mivel a felhasználók szintjén energia megtakarítást jelent a fosszilis tüzelőanyagok elektromos árammal történő helyettesítése
- a növeli a villamos energia iránti igényt, ami az energiaátalakítási szektorban növeli az átalakítási veszteséget.

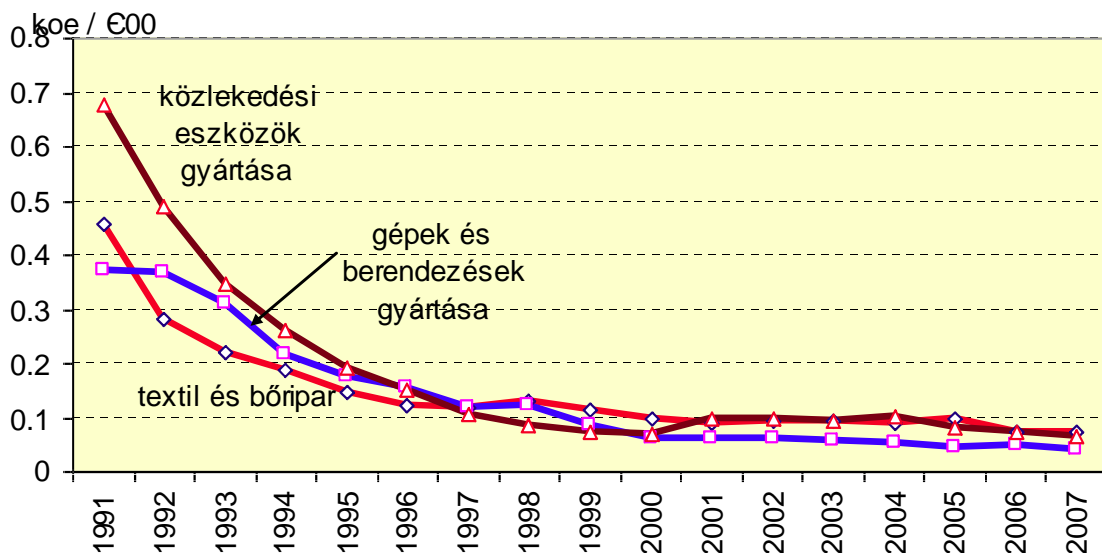
Az elmúlt két évtizedben igen kedvező strukturális változások zajlottak le a feldolgozóiparban. Az energiaintenzív ágazatok helyett a kevésbé energiaigényes ágazatok fejlődtek, ahogyan azt az iparpolitika kitűzte. Mindezeket a kedvező energiahatékonysági trendeket a 2–4. és 2–5. ábra mutatja.

Energiaigényes ágazatok energiaintenzitásai



2-4. ábra. Energiaigényes ágazatok energiaigényessége

Kevésbé energiaigényes ágazatok energiaintenzitásai

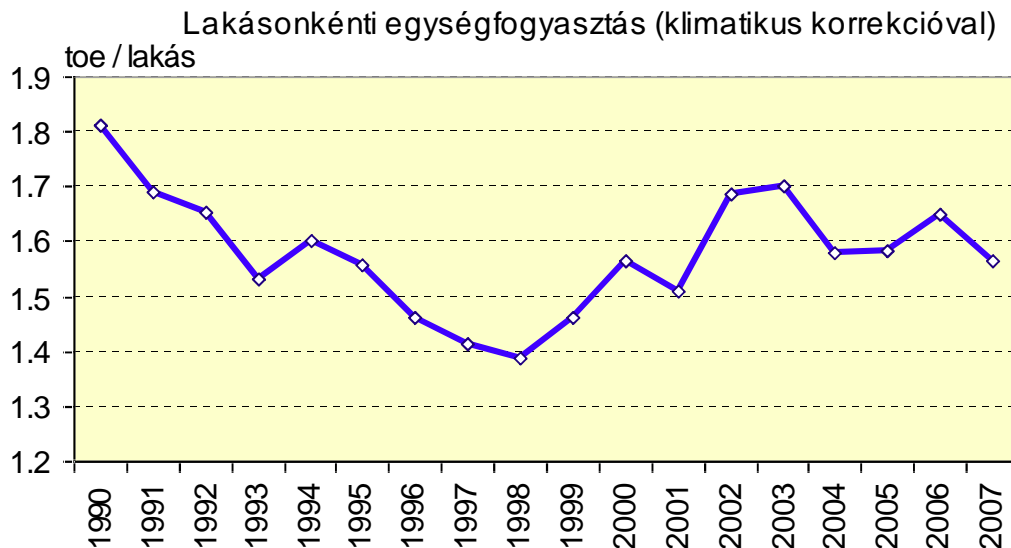


2-5. ábra. Kevésbé energiaigényes ágazatok energiaigényessége

A fém alapanyagok gyártásának intenzitása, csaknem az ötödére csökkent. Több hagyományos kohászati vállalatot felszámoltak. A termékkör eltolódott a hengerelt áruk felé. A vegyipar energiaintenzitása 45%-kal romlott 1991-hez képest. A termelési szerkezet eltolódott az energiaigényes gyártási technológiák felé. A nemfémes anyagok gyártásának energiaintenzitása csaknem ötödére csökkent. Több korszerűtlen téglagyárat és egy cementgyárat bezártak. A cementipar technológiailag jelentősen megújult. A papír és nyomdaipar energiaintenzitása 32%-kal csökkent. A nagy papírgyárak technológiái jelentősen megújultak. A gépek és berendezések gyártásának energiaintenzitása az 1991-es szint 11%-ára esett vissza. A közlekedési eszközök gyártásának energiaintenzitása az 1991-es szint 9,3%-ára esett vissza. Mindkét ágazatban a vizsgált időszakban többszörösére nőtt a bruttó hozzáadott érték, miközben az energiafogyasztás változatlan maradt.

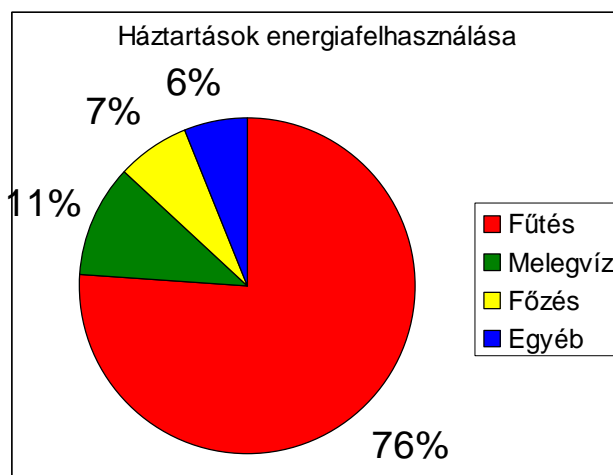
A háztartási szektorban 1990-1998 között jelentős tüzelőanyag váltások zajlottak le, amikor tömegesen cseréltek le cserépkályhákat, szilárd és olajtüzelésű kazánokat új földgáztüzelésű

magas hatásfokú kazánokra. 1998-2007 között a tüzelőanyag-váltás már szerény mértékű volt 1990-ben a földgáz részaránya 25%-os volt a háztartási szektorban, 1998-ban a földgáz részaránya 54%-ra nőtt, 2005-ben elérte csúcspontját 61,4%-kal. Azóta viszont csökken, s 2007-ben 55%-os volt. A földgáz háztartási behatolásához jelentősen hozzájárult a támogatott háztartási földgázár. Az utóbbi két évben megfigyelhető enyhe csökkenéshez is hozzájárult a szociális támogatások fokozatos leépítése miatt a földgáz egyre szélesebb körű helyettesítése biomasszával. Mindezeket az energiafogyasztási trendben a 2-6. ábra szemlélteti.



2-6. ábra. Háztartások energiafogyasztásának alakulása

A lakásonkénti egységfogyasztások a magas hatásfokú gáztüzelésű kazánok behatolásával párhuzamosan csökkentek, a lakásonkénti egységfogyasztás 1990 és 1998 között 23,4%-kal csökkent, 1998 és 2007 között viszont 12,7%-kal nőtt. Az egységfogyasztás növekedése a növekvő fűtött alapterülettel és a növekvő villamos energia egységfogyasztással magyarázható. Az átlagos alapterület növekedésével a fűtött alapterület is növekszik, s ez növeli a fűtési igényeket. A villamos igények növekedése újabb és újabb háztartási gépek háztartásokba történő behatolásával van összefüggésben. Ugyanakkor e háztartási berendezések egyre korszerűbbek (hőszivattyú, kondenzációs gázkazán stb.), ugyanazt az eredményt kisebb energiafogyasztással valósítják meg. A háztartások energiafelhasználásának szerkezetét a 2-7. ábra szemlélteti, mely alapján megállapíthatjuk, hogy mind a mai napig a legnagyobb részaránnyal a helyséfűtés rendelkezik, mely a jelentős részben rosszul szigetelt, elavult, ill. elhasznált nyílászárókkal rendelkező lakások miatt áll fenn.



2-7. ábra. Háztartások energiafelhasználásának megoszlása

Az alacsony energiafogyasztású épületeket célzó kutatásoknak eredményei, illetve az épületenergetikai szabályozás egyre szigorodó követelményértékei ellenére hiába csökken jelentősen az újonnan létesített épületek hővesztesége, ez az épületállomány magas átlagéletkora, a tulajdonosok anyagi erőforrásainak szűkössége miatt csak nagyon lassan csökkenti országos szinten a fűtési hőveszteséget, miközben az elmúlt évtizedben jelentősen növekedett az épületek hűtésére fordított energiamennyiség. Ez rámutatott arra is, hogy az épület- és épületenergetikai tervezés jelentős tartalékokkal rendelkezik, illetve részben felülvizsgálatra szorul a korábbi tervezési gyakorlat, sőt egyes irányelvek is.

A nemzetgazdasági energiahatékonysági index a végfelhasználói energiahatékonyság szektoronkénti előrehaladását hivatott bemutatni (2-8. ábra). Az ODEX index aggregálja az ágazati végfelhasználói fogyasztásokat. Az ágazatonkénti egységfogyasztásokat a kiemelt kategóriák fizikai egységeiben mért energiahatékonyságaként származtatja: toe/m², kWh/elektromos háztartási gép, toe/tonna, l/100km. Az iparban 10 ágazat energiahatékonysági indexét kalkulálja elfogyasztott energia/termelési index vagy elfogyasztott energia/gyártott mennyiség mutatóval. A közlekedésben 7 kiemelt kategória:

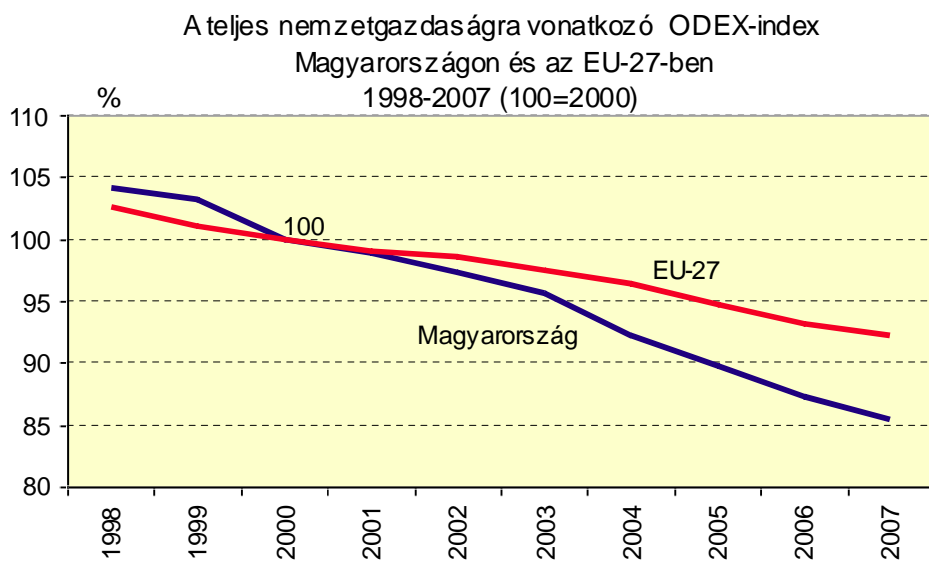
- személygépjárművek,
- kamionok és könnyű teherjárművek,
- légi közlekedés,
- vasút,
- belvízi közlekedés,
- motorkerékpárok,
- autóbuszok

energiahatékonyságát kalkulálja. A háztartásokban 8 kiemelt kategória energiahatékonyságát vizsgálja:

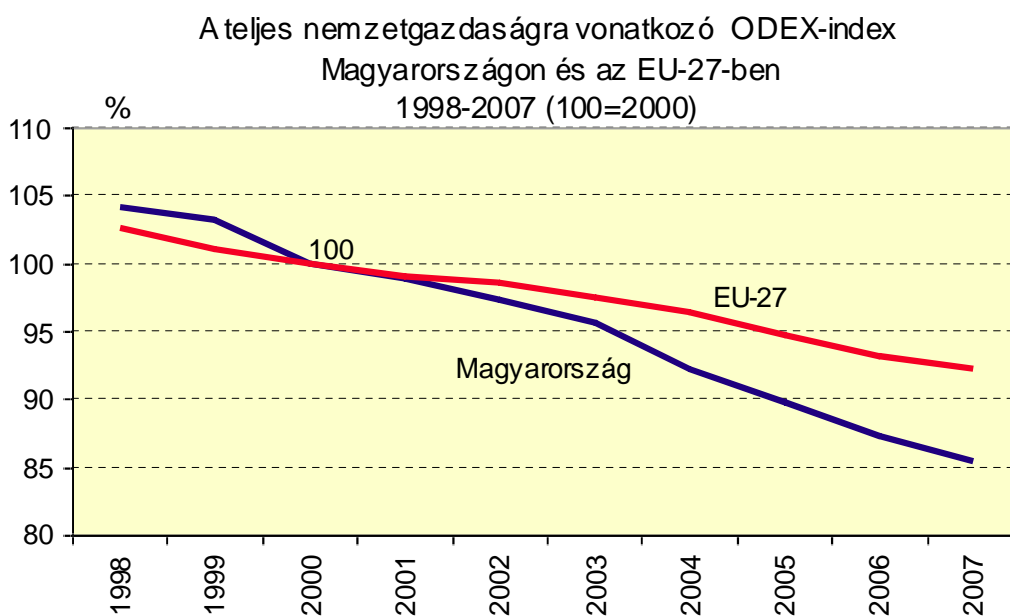
- fűtés,
- vízmelegítés,
- főzés,
- hűtők,
- mélyhűtők,
- mosógépek,
- mosogatógépek,
- televíziókészülékek.

Az ODEX-index aggregált indikátor az ágazati energiahatékonyság alakulásának bemutatására. Az index inverze bemutatja az aggregált energia megtakarításokat az ágazati energiafogyasztásban. A hazai ODEX-index 1998-2007 között 18,8% (évi 2,1%), míg az EU-27-ben 10,2%-kal (évi 1,1%) javult. A vizsgált időszakban a hatékonyságjavulás jelentős részben az ipari (2-9. ábra) és közlekedési szektor energiahatékonyságának javulásából származott, míg a háztartások energiahatékonysága kismértékben romlott (2-10. ábra).

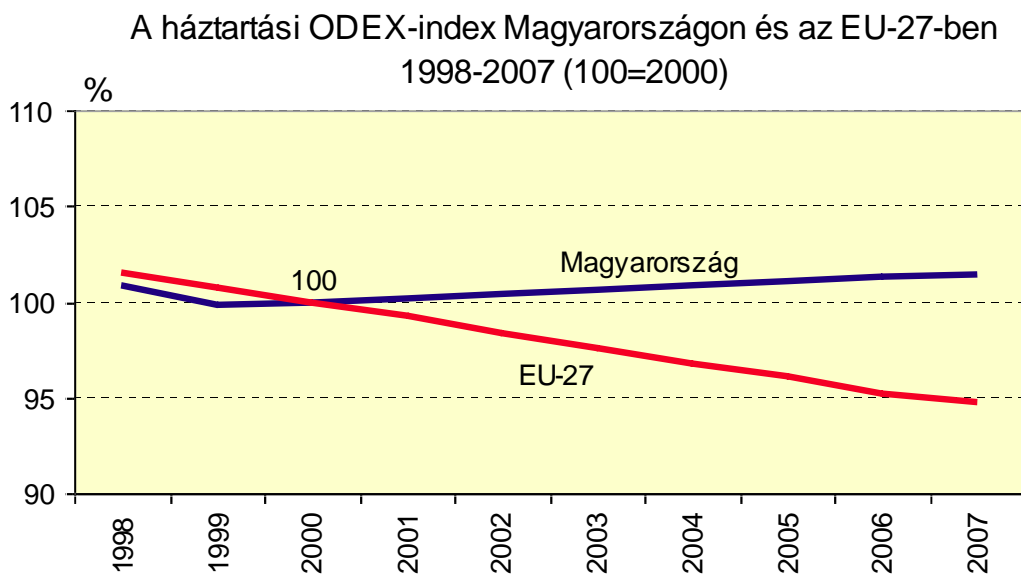
Az ipari szektorban az ODEX-index 42,8%-kal (évi 4,8%) javult 1998 és 2007 között. A kevésbé energiaigényes szektorokban a termelési indexek növekedése mellett az energiafelhasználás stagnált. Valamennyi feldolgozóipari ágazatban javult az energiahatékonyság, miközben a hazai feldolgozóipar a kevésbé energiaigényes szerkezet felé tolódott el. A háztartási szektorban az ODEX-index 0,5%-kal (évi 0,05%) romlott 1998-2007 között, míg az EU-27-ben 0,7%-kal javult. A romlás oka a fűtött alapterület növekedése, a klímaberendezések terjedése, illetve a földgáztüzelésű fűtések helyettesítése tűzifával.



2-8. ábra. Nemzetgazdasági szintű ODEX érték összehasonlítva az EU27 átlaggal



2-9. ábra. Az ipari szektor ODEX értéke összehasonlítva az EU27 átlaggal



2–10. ábra. Háztartások ODEX értéke összehasonlítva az EU27 átlaggal

Mint látható, a háztartások energiafogyasztása és – hatékonysága terén jelentős lemaradásban vagyunk az EU átlaghoz képest, mely lemaradás sajnos egyre növekvő mértékűt mutat, ezért a kutatásoknak ezekre a területekre kell fókuszálnia.

2.2. Versenytársak és partnerek

Az innovációs érdekek érvényesítése szempontjából össze kell hangolni az oktatás-, a tudomány- és a kutatás-fejlesztési célkitűzéseket. Megfelelő programok, hatékony intézményi háttér, ösztönzők és megfelelő finanszírozási módok révén biztosítani kell a kulcsszereplők (kutatóhelyek, „tudásintenzív” cégek, kis- és közepes vállalatok stb.) közös érdekeltsgű együttműködését, szemben a ma esetenként megfigyelhető elkülönüléssel és nem kívánatos ütközésekkel. Intézményi szinten meg kell vizsgálni a már rövidtávon megvalósítható és az innovációs aktivitásra kedvezően ható feladatokat és ezekre építve célszerű megfogalmazni a stratégiai célokat. Az innovációs politika alapkérdése a gyenge kereslet, a „tudásáramlás” megerősítése. Alapvető a hazai vállalati szektor megerősödése és a kockázatviselő képességének növelése. Megkülönböztetett módon szükséges kezelni a hazai kis- és középvállalati (KKV) kört, de ugyanakkor továbbra is jó kapcsolatokat kell fenntartani az BME-t jelentős K+F feladatokkal megbízó nagyvállalatokkal is. A magyar gazdasági növekedés tartósan nem épülhet kizárólag a nemzetközi vállalatok befektetési „kedvének” alakulására. A műszaki innovációk csak akkor sikeresek, ha a szükséges szervezeti, vezetési, piaci stb. innovációkat is bevezetik a vállalatok. Elő kell segíteni a tudásáramlást erősítő hálózatok kialakulását és fejlődését, továbbá a tudásközpontokban az innovatív vállalkozásokat befogadó inkubációs rendszereket. A felsoroltak mind feltételei annak, hogy a kutatások egy tervezett innovációs folyamat részét képezzék, amihez elsődlegesen léteznie kell a „tervezett innovációs folyamatnak”. Ez utóbbit motiválnia kell egyfelől a kutatásnak, mint javaslattevőnek, másfelől a gyakorlatnak, mint az igények megfogalmazójának, és a politika részéről pedig a fejlődés promóciójának.

2.2.1. Hazai kutatóhelyek

Mivel Magyarország kutatásra fordítható erőforrásai is szűkösek, így az ezekért folytatott verseny helyett a (stratégiai) együttműködésre (partnerségre) kell helyezni a hangsúlyt, hosszú távon partneri viszonyt kell létesíteni a most még esetleg versenytársként jelentkező intézményekkel, úgymint:

- Magyar Tudományos Akadémia kutatóintézetei
 - o KFKI Atomenergia Kutatóintézet (korszerű atomerőműi technológiák)
 - o Műszaki Fizikai és Anyagtudományi Kutatóintézet (korszerű energetikai anyagok)
 - o Kémiai Kutatóközpont (bioenergetikai kutatások)
 - o Szegedi Biológiai Központ (bioenergetikai kutatások)
 - o Szegedi Biológiai Központ Enzimológiai Intézet (bioenergetikai kutatások)
 - o Szilárdtestfizikai és Optikai Kutatóintézet (szupravezetés, fénytechnológia)
 - o Szociológiai Kutatóintézet (éghajlatváltozás, környezetvédelem)
- Miskolci Egyetem (korszerű energetikai technológiák, ipari energiahatékonyság javítását célzó kutatások)
- Óbudai Egyetem (megújuló energetika, épületenergetika)
- Széchenyi Egyetem, Győr (építéstudományi kutatások, egyes megújuló energiaforrások)
- Pannon Egyetem (fényforrásfejlesztés)
- Pécsi Tudományegyetem (épületenergetikai kutatások)
- Szegedi Tudományegyetem (biotechnológiai kutatások)
- Szent István Egyetem (napenergia)
- Nukleáris Biztonsági Kutatóintézet (NUBIKI)

A potenciális hazai versenytársak és partnerek kutatási kompetenciáját elemezve meg kell állapítanunk, hogy a BME-nek nincs számításba vehető versenytársa számos, a döntéshozatal támogató tudás körébe tartozó területen.

2.2.2. Vállalkozások

A K+F+I tevékenységek kapcsán hangsúlyt kell helyezni a nagyvállalatok mellett a kis- és közepes vállalkozásokra. A vállalkozások általában, mint megrendelők lépnek fel a BME-n. A több éves, esetleg évtizedes múltra visszatekintő partnerségi viszony alapul szolgálhat közös kutatási projektek indítására is.

A hazai villamosenergia-ipar olyan jelentős képviselői, mint pl. az MVM, MAVIR, EON, RWE, EDF SUEZ rendszeresen megbízzák különféle K+F feladatokkal a BME tanszékeit és tudásközpontjait. A K+F+I tevékenységünk és jelen stratégia egyik fontos célja, hogy hozzájáruljon a BME és a villamosenergia-ipar kapcsolatának erősítéséhez, a stratégiai szövetség fenntartásához.

A nukleáris energetika területén a Paksi Atomerőmű Zrt. és a BME közötti együttműködés kezdetei az erőmű létesítési javaslatának kidolgozásáig nyúlnak vissza. A közelmúltban az üzemidő hosszabbítás megalapozását célzóan a kétoldalú kapcsolatok mellett kialakult egy szélesebb együttműködés más kutató helyek, mérnök-szolgáltató cégek bevonásával, amely bázison egy szélesebb hazai integráció is megvalósulhat az új atomerőmű know-how alkalmazásának, elsajátításának sikere érdekében. A kutatási program e stratégiai szövetség erősítését szolgálja, de ezen túl tervezzük pl. a Delft University of Technology-val a transzmutálási lehetőségek vizsgálatában kialakított kutatási együttműködés erősítését is. A nukleáris energetika egyik kulcs kérdése a hulladékkezelés, e területen a BME partnere a Radioaktív Hulladékokat Kezelő Nonprofit Kft.

Az épületenergetika területén számos szakértői megállapítás szerint igen sikeres SOLANOVA EU program megvalósulásában a Gépészmérnöki Kar és az Építészmérnöki Kar munkatársai is részt vettek, a program lezárását követően 2009-ben alakult SOLANOVA/HU

klaszter kifejezett célja a kutatási eredmények közvetítése és tudástranszfer a hazai kis és közepes vállalkozások felé.

Magyarországon jelenleg csupán a Pannon Egyetemen folynak fényforrás fejlesztési kutatások. Ezek a kutatások elsősorban a LED-es fényforrásokra fókuszálva, az OSRAM céggel közösen folynak. Az EU-ban minden jelentős fényforrás gyártó végez K+F+I tevékenységet. Hazánk legnagyobb fényforrás gyártója a GE Hungary Zrt. is leállította a vonalizzók gyártását és a saját kutatásain alapuló fénycsöveket fejleszt és gyárt.

Az energetika társadalmi – szociológiai hatás kutatása kapcsán erősítjük az egyetem kapcsolatát a legfontosabb nemzetközi társadalomtudományi adatfelvételi és adatbanki hálózatok (ICPSR: Inter-University Consortium for Political and Social Research, ISSP: International Social Survey Programme) hazai tagjával, a TÁRKI Társadalomkutatási Intézettel.

A Bioenergetikai Innovációs Klaszter (Gyöngyös) létrejöttét eredményező Asbóth program keretében folyó kutatásokban a BME munkatársai témavezetőként és külső szakértőként vettek részt, jelentősen hozzájárulva az eredményekhez. A kutatási célkitűzéseink megfogalmazásánál és az elért eredményeket felhasználjuk arra, hogy a bioenergetika területén megszerzett tudásbázist megőrizzük, növeljük, és a jövőben is fontos szereplői legyünk országos és regionális projekteknek.

A K+F+I tevékenységünk eredményesség növelésében a Magyar Tudományos Akadémia támogatott kutatóhelyeivel és az MTA intézeteivel kiépült szoros kapcsolatoknak kiemelkedő szerepet szánunk. (Pl. biomassza-pirolízis területén a MTA Kémiai Kutatóközponttal.) Az energetika kiemelt kutatási területen érintett tanszékek, tudásközpontok és az MTA közötti formális és informális kapcsolatainak felsorolása terjedelmi okok miatt sem célszerű (pl. számos kutatócsoport éppen a BME-n működik). Ugyanakkor fontos kitérni arra, hogy már középtávon a kutatási eredmények az élő együttműködések következtében a közvetlenül résztvevők körénél kiterjedtebb kutatói kör tudásbázisát fogja gyarapítani az egyéb kapcsolatok és együttműködések miatt.

2.2.3. Nemzetközi együttműködés és partnerség

A fenntartható energetika területén érintett tanszékek és tudásközpontok nemzetközi kapcsolatrendszere és partnerség két oldalról értelmezhető. Egyrészt intézményi kapcsolatok különféle tudományos és oktatási együttműködések keretében. Ezek egy része bilaterális (pl. különböző TÉT együttműködés) egy része multilaterális (pl. valamilyen szervezeti intézményi tagjaként). A BME címpályázat vonatkozó mellékletei sorolják fel táblázatosan e sokrétű együttműködések. Stratégiai célként kitűzzük, hogy az élő kapcsolatokat rövid és középtávon megőrizzük, a formálisak esetében megvizsgáljuk azok élővé váltásának lehetőségeit a kutatási program keretében. Hosszú távon újabb partnerek bekapcsolását és a meglévő partneri kapcsolatok megőrzését tűzzük ki célul. (pl. formálódó nemzetközi tudásközpontokhoz való kapcsolódás)

Az intézményi kapcsolatok mellett a kutatási programban résztvevők számos hazai és nemzetközi társaság tagjai és tisztségviselői. E kapcsolatrendszer egyrészt a tudományos közéletben való szereplést jelent, ami a tudományos kutatásban elért egyéni eredmények elismeréseként valósul meg. Stratégiai célként a hazai és nemzetközi tudományos közéletbe való beágyazottság szintjének megtartása és erősítése fogalmazható meg. Ide kell érteni a szakterületi folyóiratok szerkesztőbizottsági, lektori feladatainak ellátásában való részvételünk erősítését is.

A taxatív felsorolást mellőzve néhány potenciális partnerséget idézünk példaként.

A GIF-ben Magyarország nem közvetlenül, hanem az EURATOM-on keresztül partner, így a BME is az EURATOM keretprogramjain keresztül tud bekapcsolódni a negyedik generációs reaktorok fejlesztésébe. A BME sikeresen működött közre SCWR-rel és MSR-rel foglalkozó

nemzetközi projektekben és résztvevője a jelenleg induló új 7. keretprogrambeli projekteknek is. Részt vesz a tavaly indult GoFastR projektben is, amely a GFR és egy kísérleti reaktor, az ALLEGRO fejlesztését tűzte ki célul.

Az energianövény termelés géprendszerének fejlesztése a fejlett agrártermeléssel rendelkező országok mindegyikében kiemelt szerepet kap. Versenytársakat, ill. partnereket az USA-ban az EU-ban egyaránt találhatunk. Hazánkban is számos kutatóhelyen folyik munka a témában, uniós és hazai pályázatok támogatásával. Ennek következtében komoly együttműködési lehetőség van a társ egyetemekkel és mezőgazdasági gépgyártó vállalatokkal közös kutatási-fejlesztési tevékenység kialakítására.

Magyarország jelentős, főleg lágyszárú biomassza potenciállal rendelkezik, amelynek hatékony felhasználása energiatermelésre termikus gázosítás igénybevételével lehetséges pld. Ehhez azonban a jelenleg főként fafajtákra kifejlesztett és optimalizált gázosítási megoldásokat (főként USA-beli technológiák) tovább kell fejleszteni. Erre kitűnő lehetőség nyílna pl. egy magyar-amerikai TÉT program keretében.

2.3. Helyzetelemzés a BME-n

A Műegyetemnek az oktatástól elválaszthatatlan küldetése a tudomány művelése, a tudományos kutatás, alkotás, a kutatóegyetemi jelleg biztosítása. A nemzetközi kutatási programok részeként, a hazai kutatási irányzatok vezetőjeként a BME tevékenysége átfogja az innovációs láncot alkotó alap- és alkalmazott kutatást, műszaki- és gazdasági termék- és szolgáltatásfejlesztést, valamint a komplex minőségbiztosítást, törekszik a kutatási eredmények hasznosítására.

A BME erősségét jelenti a jelenleg is jelentős kutatás-fejlesztési teljesítménye, kiterjedt ipari és államigazgatási kapcsolatrendszere és pályázási eredményessége. A következő években mind az európai uniós, mind a hazai K+F pályázatokban hasonló eredményességre számítunk, az ipari és kormányzati kapcsolatok további kiépülését várjuk. E sikeres kutatási és innovációs tevékenység hátterét szolgáltatják a Műegyetem meglévő erőforrásai.

2.3.1. Eddigi kutatási tevékenység

A Műegyetem a fenntartható energetika – és más kutatási témák – területén jelentős eredményeket ért el az elmúlt időszakban, melynek eredményeképpen elnyerte a kutatóegyetemi címet. Ez a kutatási aktivitás a garanciája lehet a stratégia célkitűzések sikeres teljesítésének. A fenntartható energetika kiemelt kutatási terület vonatkozásában a kutatási tevékenységet jellemző publikációs adatokat adjuk meg azon személyek vonatkozásában, akik a projekt indulásakor annak munkájába bekapcsolódtak. Az adatok a BME publikációs adattárából, ill. az MTA köztestületi publikációs adattárából származnak.

A publikációs adattárak feltöltöttsége (2–1. táblázat) még nem minden karon érte el a 100%-ot, így valószínűsíthető, hogy a tényleges publikációs tevékenység a közölnél nagyobb volumenű.

2-1. táblázat. Publikációs adattárak feltöltöttsége

Kar	feltöltöttség, %
Építőmérnöki Kar	60
Építészmérnöki Kar	25
Gépészmérnöki Kar	90
Gazdaság- és társadalomtudományi Kar	55
Közlekedésmérnöki Kar	50
Természettudományi Kar	45
Vegyészmérnöki és Biomérnöki Kar	40
Villamosmérnöki és Informatikai Kar	90
BME	60

A fenntartható energetika kiemelt kutatási területbe bevont oktatók és kutatók publikációs teljesítménye karonkénti bontásban.

Kar	Könyv	Ebből jegyzet	Könyv fejezet	Folyóírat	Konfcikk	Dissz	Szab	Egyéb	Össz	angol	magyar	webcím	idéző	független
TTK Összesen	4	2	5	68	102	1	1	82	263	130	121	2	32	7
GPK Összesen	34	7	16	411	579	18	39	157	1254	581	623	63	209	181
ÉPK Összesen	9	4	19	104	47	4	0	264	447	38	368	6	94	82
ÉMK Összesen	34	10	43	334	393	17	0	335	1156	641	492	13	316	316
VIK Összesen	32	3	20	358	768	11	18	154	1361	1017	314	278	1137	932
GTK Összesen	14	8	8	24	12	1	0	8	67	20	47	10	54	39
FE kkt összesen	127	34	111	1299	1901	52	58	1000	4548	2427	1965	372	1842	1557

2.3.2. Kutatási infrastruktúra

A BME kutatási infrastruktúrájának legfontosabb elemei a laboratóriumok, beleértve az épületeket, felszerelésüket és műszerezettségüket, továbbá a könyvtárat, illetve az informatikai és telekommunikációs rendszert. Ezen laboratóriumok jelentős része aktívan részt vesz a fenntartható energetika kiemelt kutatási területen belüli feladatok ellátásában.

Laboratóriumok

A BME 29 873 m² laboratórium területtel rendelkezik, ennek megoszlása a Műegyetem karai között a következő:

Karok használatban lévő laboratóriumok	Alapterület (m ² -ben)	Kari területek aránya
Villamosmérnöki és Informatikai Kar	7 660	26%
Vegyészmérnöki és Biomérnöki Kar	6 383	21%
Gépészmérnöki Kar	6 193	21%
Építőmérnöki Kar	3 498	12%
Közlekedésmérnöki Kar	3 363	11%
Természettudományi Kar	1 599	5%
Gazdaság- és Társadalomtudományi Kar	627	2%
Építészmérnöki Kar	551	2%
Összesen	29 873	100%

A laboratóriumi területek jelentős részét a Villamosmérnöki és Informatikai Kar (26%), a Gépészmérnöki Kar (21%) és a Vegyészmérnöki és Biomérnöki Kar (21%) kutatási és oktatási munkája igényli.

Külön megemlítjük a kutatási szempontból potenciálisan hazánkban kiemelt kutatási infrastruktúra státusra esélyes, az NKTH által meghirdetett NEKIFUT pályázat második fordulóját.

jába került laboratóriumokat az alábbi táblázatban. Ezek közül több akkreditált laboratórium, vagy azzá fejleszthető a közeljövőben. Ebben a felsorolásban csak a fenntartható energetika kutatási területen érintett laboratóriumokat tüntettük fel.

Laboratórium neve	Kutatási tevékenység	Kar/Szervezeti egység	Tanszék
BME Kvázi-optikai ESR spektrométer	Nagyterű, nagyérzékenységű ESR spektrométer	Természettudományi Kar	Fizikai Intézet
BME Jendrassik György Hőtechnikai Laboratórium	Komplex energetikai rendszerek, tüzelőberendezések, belsőégésű motorok	Gépészmérnöki Kar	Energetikai Gépek és Rendszerek Tanszék
BME Kármán Tódor szélcsatorna laboratórium	Komplex áramlástani, környezetvédelmi vizsgálatok	Gépészmérnöki Kar	Áramlástan Tanszék
BME Oktatóreaktor	BME Oktatóreaktor és kapcsolódó laboratóriumok	Természettudományi Kar	Nukleáris Technikai Intézet, Atomenergetika Tanszék
MLC	Kónikus Kaloriméter adatregisztráló egységgel, opcionális szikragyűjtással, tömegméréssel	Vegyészmérnöki és Biomérnöki Kar	Szerves Kémia és Technológia Tanszék
BME HSZL	BME Hidak és Szerkezetek Tanszéke Szerkezetvizsgáló Laboratórium	Építőmérnöki Kar	Hidak és Szerkezetek Tanszéke

A NEKIFUT pályázatban nem szereplő, de a fenntartható energetika terület kutatási feladataiba bevont tanszéki laboratóriumok:

- Gépészmérnöki Kar: Hidrodinamikai rendszerek Tanszék
- Építészmérnöki Kar: Épületenergetikai és Épületgépészeti Tanszék Hőfizikai Laboratórium
- Villamosmérnöki és Informatika kar: Villamos Energetika Tanszék laboratóriumai (Nagyfeszültségű technika, Smart grid rendszerek, Villamos gépek és hajtások)
- Villamosmérnöki és Informatika kar: Elektronikus Eszközök Tanszék Félvezető laboratórium

2.3.3. Humán erőforrás

A humán erőforrás potenciál vonatkozásában az eddigi kutatási tevékenység is kellő információt szolgáltat. Ezen kívül a fenntartható energetika kiemelt kutatási területén az alábbi humán erőforrások állnak rendelkezésre.

Teljes munkaidőben foglalkoztatott oktatók, kutatók száma karonkénti bontásban:

Összesen	ÉMK	GPK	ÉPK	VBK	VIK	GTK	TTK
124	21	25	35	2	24	11	6

Ebből tudományos fokozattal rendelkezik:

Összesen	ÉMK	GPK	ÉPK	VBK	VIK	GTK	TTK
75	13	17	17	2	14	9	3

A fokozattal rendelkezők aránya: 60,5%.

3. SWOT analízis

Az előrelátó, körültekintő tervezéshez és stratégiaalkotás elengedhetetlen, hogy előtte átfogóan felmérjük a Műegyetem, mint kutatóhely reális lehetőségeit. Több olyan elemzési módszer is kifejlesztettek már, amely ezt a célt szolgálja. Az egyik ilyen a SWOT-analízis. Az elemzés eredményeként egy olyan táblázatot kapunk, amely segít a kutatóhely helyzetének kritikus értékelésében. Amikor SWOT elemzést végzünk a stratégia tervezése és jövőbeli kiértékelése céljából, akkor a hangsúlynak nem azon kell lennie, hogy mindenféle erősséget, gyengeséget, lehetőséget és veszélyt felsoroljunk, hanem inkább azon, hogy felismerjük azokat, amelyek kapcsolatban állnak a stratégiával. Ez még mindig nem elég, mert néhány erősség vagy gyengeség fontosabb lehet a stratégia építésénél, mint a többi, és ugyanez vonatkozik a lehetőségekre és veszélyekre is.

A fenntartható energetika kiemelt kutatási területéhez kapcsolódóan a SWOT analízis során az alábbi felsorolásokban található kritikus elemek azonosíthatók. A stratégia megvalósítása során mindvégig törekedni kell az erősségek megtartására és fejlesztésre, a gyengeségek fokozatos felszámolására, lehetőségek minél jobb kihasználására, valamint veszélyekből származó kockázatok minimális szintre történő leszorítására. Mindezeket a kiemelt kutatási területen belüli hatékony munkamegosztással és – szervezéssel, valamint az információáramlás folyamatos fenntartásával lehet és kell biztosítani.

Általános:

Erősségek:

- megfelelő (erős) ipari/gazdasági háttér és támogatás
- megfelelő (magasan képzett, naprakész tudással rendelkező) humán erőforrás
- a kutatáson belül az interdiszciplináris együttműködés keretei rendelkezésre állnak és jól működnek
- a labor és eszközháttér kiemelkedően jónak tekinthető a BME-n
- a hallgatók egy része jól motiválható és bevonható a K+F+I tevékenységbe
- az oktatási és kutatási tradíciók erőssége

Gyengeségek:

- a laboratóriumi felszerelés egyes területeken – nemzetközi szinten – elmaradott
- a humán erőforrás megtartó képességgel a jövőben – finanszírozási nehézségek miatt – problémák lehetnek
- az elöregedő eszközpark (laborok) folyamatos megújítást kívánnak
- oktatók és kutatók túlterheltsége veszélyeztetheti a kutatások eredményességét
- az eredmények nagyon kevés hányada jut el szabadalom benyújtásáig

Lehetőségek:

- EU szintű és hazai politikai célkitűzések a K+F+I tevékenység előmozdítására
- az elért eredmények hasznosulása jelentős lehet, mivel kiemelt területekről van szó
- eredmények szabadalmakká konvertálása
- várható további pályázati lehetőségek a forrásokhoz való hozzáféréseket javíthatják
- PhD és MSc hallgatók bevonásának lehetősége

Veszélyek:

- a túlzott adminisztrációs teher csökkentheti az oktatók/kutatók motiváltságát (elkötelezettségét)

- a megkezdett fejlesztések távlati finanszírozási forrásainak hiánya, ill. a hozzáférésükben rejlő bizonytalanság
- más ágazatok (más országok) humánerőforrás elszívó hatása veszélyeztetheti a további K+F+I tevékenységeket
- a jelen projekt keretében beszerzett eszközök hosszú távú működtetési forrásainak előteremtése bizonytalanná válhat
- más kutatóhelyekkel történő együttműködésből eredő akadályok
- a nagy verseny miatt az új eredmények gyors gyakorlati átültetést igényelnek
- egy kutatóra jutó kutatási témák magas száma, erőforrások szétforgácsoltsága
- kutatási területek esetenkénti öncélú kitézése

Specifikus:

Erősségek:

- már meglévő konkrét szakterület fejlesztési és kutatási elképzelések kellő alapot adnak a jövőbeli kutatásokhoz
- energetika egyes részterületein csak a BME-nek van számottevő kutatási tapasztalata és kapacitása
- nyitott szellemiségű, lobbierővel rendelkező kutatói gárda

Gyengeségek:

- az (építő)ipar területén a meghatározóvá váló multinacionális vállalatok termékei uralják a piacokat, s a fejlesztéseiket többnyire régióként kialakított laboratóriumokba fejlesztő intézetekbe koncentrálnak; ennek következtében a nemzeti leányvállalatok, illetve a hazai fejlesztések lehetősége csökken
- a privatizált villamosenergia-szektor a multinacionális kapcsolatrendszerének kereteiben végzi K+F+I tevékenységének döntő hányadát
- kevés vagy semmilyen kapcsolat az újonnan alapított energetikai vállalkozásokkal

Lehetőségek:

- kapcsolat kiépítés az újonnan létrejött energetikai vállalkozásokkal
- új megoldású kisléptékű energetikai rendszerek fejlesztése

Veszélyek:

- változó energiapolitikai irányok, országos stratégia hangsúlyváltozásai

4. Jövőkép

A Műegyetem a fenntartható energetika területén is a széles értelemben vett energetikai ágazat trendjeit, valamint a kutatási kompetenciákat és kapacitásokat figyelembe véve kívánja építeni a jövőt. Ez a vízió a következő elemekre épít:

- Tudományos kutatás eredmények hasznosítási kultúrájának kialakítása.
- Minőség-, teljesítmény- és hasznosítás-vezérelt kutatás erősítése és fejlesztése.
- Publikációk minőségi és mennyiségi javítása.
- Megbecsült, a tudásalapú gazdaság és társadalom igényeinek megfelelő kreatív, innovatív munkaerő.
- A kutatási és innovációs infrastruktúra fejlesztése.
- Egyetemi szintű minőségbiztosítási rendszer kialakítása, megfelelő minőségi monitorozással.
- Egyetemi szintű projektek támogatása, a kutatócsoportok közötti kooperáció erősítése.
- A gazdaság szereplőivel folytatott párbeszéd és együttműködés elmélyítése.
- A korábbi évek során született eredmények egyetemi szintű újrahasznosítása.
- A BME belső kommunikáció rendszerének fejlesztése, erősítése.

Az energetikának a gazdaságban betöltött meghatározó szerepe döntő jelentőségű más iparágak, kommunális szolgáltatások és a háztartások energetikai hatékonyságának javulásában, és ezzel párhuzamosan versenyképességük növelésében is. A társadalmi fejlődés egyik kulcseleme az energiához és az energetikai jellegű szolgáltatásokhoz való állandó és biztos hozzáférés. Az energetika kettős szerepe megfigyelhető (önálló iparág és más iparágak segítőként) a BME széles műszaki, gazdasági és természettudományi profiljában. Az energetika, mint iparág alapvetően arra fókuszál, hogy a szolgáltatásokon/megoldásokon/módszereken kívül technológiákat, eszközparkot, iránymutatásokat adjon arra, hogy a többi iparágban könnyen tudjanak energiahatékony, klímavédelmet, versenyképességet és így a társadalmi jólétet szolgáló megoldásokat létrehozni.

Energiahatékonyság, energiatudatosság. Az alacsony energiafogyasztású épületeket célzó kutatásoknak kedvező eredményei és a mind nagyobb számban – de a teljes épületállományhoz viszonyítva elenyésző mennyiségben — megvalósuló passzív házak általánossá válásával bizonyosan még hosszú távon sem lehet számolni. A felújítási és új építési tevékenység energiahatékony és energiatudatos voltát műszaki és pénzügyi folyamatok mellett építészeti dívatok, trendek is befolyásolják, melyekkel számolni kell. Az energiahatékonyságot, energiatudatosságot segítő különböző hazai és nemzetközi pályázatok (Zöld Beruházási Rendszer (ZBR), Lakossági pályázatok (NEP), Környezet és Energia Operatív Program (KEOP) stb. eredményességét részben a világgazdasági folyamatok, részben a hazai szabályozások, a civil mozgalmak mozgósító ereje és az ismeretterjesztés révén a közfelfogás lassú változása befolyásolja.

Az épületek központi fűtése hazánkban földgáz, szén és biomassza-pellet tüzelésű kazánból valamint hőszivattyús fűtéssel történhet. A legnagyobb költségcsökkenést az épületek hőigény-csökkentése eredményezi, ezért az elkövetkező 10-15 évben a meglévő lakások (épületek) legalább 30%-os átlagos hő-megtakarítását kellene elérni. *10 év múlva a földgáznál olcsóbb lesz a szén- (25%-kal) és pellet-tüzelés (15%-kal), a hőszivattyús fűtés olcsóbbá csak az energiatakarékos házaknál válik, ezért elterjedésük főleg az új (energiatakarékos) épületeknél várható.*

Az elkövetkező években egyre nagyobb ütemben kerülnek kivonásra a hagyományos (wolf-ramszálas) fényforrások, azonban a fluoreszcens fényforrások (fénycsövek) nem minden esetben képesek helyettesíteni őket. Jelenlegi előnyük a kipróbált és olcsó gyártási technológiának köszönhető. A jelentősebb energiatakarékosság eléréséhez azonban további új technológiákat kell bevonni (pl. LED fényforrások).

Karbon semleges technológiák. Magyarországon elsősorban az indokolja a gyorsreaktorokkal kapcsolatos kutatásokat, hogy az üzemanyagciklus zárásával alapvetően megváltozik a kiégett nukleáris üzemanyag helyzete - hulladékból erőforrássá lép elő -, és ennek az ezzel kapcsolatos hosszú távú nemzeti stratégiában is tükröződnie kell. Ehhez olyan hazai tudásközpontnak kell kialakulnia, amely képes stratégiai döntések műszaki-tudományos megalapozására.

A gázhűtésű gyorsreaktorokra (GFR) fordított kiemelt figyelmet indokolja az is, hogy a reaktorkoncepciót tervező francia CEA tervei szerint az ALLEGRO kísérleti gázhűtésű gyorsreaktor Közép-Európában: Csehországban, Szlovákiában vagy Magyarországon valósulna meg közös európai kutatási infrastruktúraként. Ez azt jelenti, hogy egy jelentős kutatási infrastruktúra alakulhat ki Magyarországon, vagy egy közeli országban, amely helyzeti előnyt jelent a területen dolgozó hazai kutatóknak.

A biomassza energetikai hasznosítása csak hő- és/vagy kapcsolt hő- és villamosenergia-termelésre gazdaságos. A jövőben, az EU országokban csak másodlagos biomassza-technológiák alkalmazhatók, amelyek kritériuma, hogy a biomassza termesztése, felhasználóhoz való szállítása kevesebb CO₂-kibocsátással járhat, mint ami eltüzelésükkel a légkörbe kerül. Az ismert technológiák (Fa, mezőgazdasági hulladék, szennyvíz-iszap eltüzelése, elgázosító reaktorban feldolgozása, állattenyésztési hulladék fermentálása, biogáz, kapcsolt energiatermelés, kommunális hulladék, szennyvíz-iszap eltüzelése, és/vagy elgázosítása) meglévő potenciáljának jobb kihasználása és elterjesztése a K+F+I tevékenység eredményeként.

Az energetikai növénytermelés géprendszerének fejlesztése komoly kihívást jelent a hazai és külföldi mezőgépgyártók számára egyaránt.

Intelligens hálózatok és nem konvencionális technikák. Az itt meghatározott két szakterület kutatási célkitűzése a smart hálózatok kialakításával egyidejűleg a villamosenergia-rendszer biztonságosabb, rugalmasabb üzemelését és a villamosenergia nagyobb hatékonyságú felhasználását eredményező eszközök és technológiák feltárása.

Döntéshozatalt támogató tudás. A kutatások célja a különböző időtávú megalapozottabb szakmapolitikai döntések elősegítése. Ennek keretében három szakterület különíthető el: az energiafelhasználást befolyásoló szociológiai tényezők feltérképezése, az energiaforrások átfogó értékelését megvalósító módszertan kidolgozása, valamint a beruházás értékelési módszerek kimunkálása. A döntéshozatalt támogató tudást tanulmányok formájában lehet a megfelelő szakmapolitikai szervekhez eljuttatni.

5. Stratégiaalkotási alapelvek és célkitűzések

A jelenlegi energetikai rendszer átalakítása fenntarthatóbb, az importált üzemanyagoktól kevésbé függő és az energiaforrások – különösen a megújuló energiaforrások –, az energiahordozók és a nem szennyező energiaforrások változatos kombinációján alapuló rendszerré; az energiahatékonyság fokozása, ideértve az energiafelhasználás és energiatárolás racionalizálását; az ellátás biztonságával és az éghajlatváltozással összefüggő égető kihívások megválaszolása, és egyúttal az európai térség versenyképességének növelése.

A K+F+I tevékenység célja a környezetre gyakorolt hatás és költséghatékonyság szempontjából kedvezőbb energetikai megoldások kidolgozása, amelyek lehetővé teszik, hogy Magyarország teljesítse a nemzetközi megállapodásokban vállalt kötelezettségeit, vállalásait és energiapolitikája szolgálja a fenntartható, versenyképes és biztonságos energiaellátást.

A megújuló energiaforrások részarányának növelése és ezzel egyidejűleg a hagyományos (fosszilis) energiahordozók takarékosabb és hatékonyabb felhasználása több előnnyel is jár. Ezek az előnyök a következők: diverzifikáltabbá, kiegyensúlyozottabbá válik az energiahordozó struktúra; a helyben megtermelt, ill. hasznosított megújuló források esetén az olcsóbbá válhat az energiaellátás; egyes megújuló energiaforrások köré egész iparágak települhetnek, így a foglalkoztatási problémák egy része is megoldhatóvá válik. A nagyobb hatékonyságú, ill. takarékosabb energiafelhasználás kevesebb szennyezőanyag kibocsátással jár, így a környezetet érő terhelés is csökkenthető.

A kiemelt kutatási területekkel szorosan összefüggő energetikai szakterületen belül érdemes további részterületeket elkülöníteni, úgymint az energiatermelés, az energiafelhasználás és az egész energetikai vertikumot átfogó szakpolitika kialakítása. A termelési technológiák kutatásán belül jelentős hangsúlyt kell fordítani a korszerű bioenergetikai lehetőségekre, mivel az új lehetőségek feltárása során olyan módszereket kell kidolgoznia, melyek nem veszélyeztetik az élelmiszerellátást, valamint energiámérlegük a teljes folyamatot tekintve pozitív. Az energiafelhasználás esetén a hatékonyság javítása a fő célkitűzés, mely korszerű berendezések mellett azok ésszerű és takarékos üzemeltetését jelenti. Különös figyelmet kell fordítani a háztartások energiafelhasználásának csökkentésére, az épületek energiahatékonyságának javítására.

A fenntartható energiaellátás megvalósításához, új energiaforrások bevonásához az általában túltermelési problémákkal küszködő mezőgazdaság is hozzájárulhat. Ebbe beletartozik a hagyományos növények melléktermékeinek, hulladékainak tüzelőanyagként történő felhasználása, egyes növények tüzelőanyag célú termelése, ill. arra alkalmas növények bioetanol vagy biodízel célú termesztése egyaránt. Egyetemünk több kara érdekelt e munkálatokban, a K+F+I különböző területein.

Tekintettel arra, hogy az összes energiafelhasználásban meghatározó részarányt jelent az épületek üzemeltetésével kapcsolatos energiafelhasználás (fűtés, hűtés, világítás, stb.) a 2006. óta érvényes épületenergetikai szabályozás a számított energia felhasználás mellett az alkalmazott berendezések fajtáit és a felhasznált energia jellegét is tekintetbe veszik. A rendkívül összetett számítási eljárás a méretezési és üzemeltetési tapasztalatok, valamint a műszaki fejlesztés eredményeinek figyelembevételével az energiahordozók átváltozására is tekintettel folyamatos korszerűsítést igényel, felülvizsgálatra szorul. A folyamatok tehát K+F tevékenység mellett szabályozási ajánlásokat is igényelnek.

Összhangban a kutatóegyetemi címpályázat vállalásaival a Műegyetem „fenntartható energetika” kiemelt kutatási terület stratégiáját a következő szakma-specifikus célkitűzések figyelembe vételével alakítottuk ki:

- A BME oktatási-kutatási–innovációs teljesítményének mennyiségi és minőségi javítása.
- A kutatási irányok és szervezeti keretek hatékonyabbá tétele a hazai/európai/ nemzetközi trendekkel összhangban.
- K+F+I projektek megvalósítási minősége és bevételeinek összegének növelése
- Szoros egyetemi szintű kooperáció alakuljon ki a karok, tanszékek, egyetemi kutató csoportok és tudományos iskolák között a kiemelt kutatási területeken.
- Az együttműködésben való részvétel lehetősége biztosított legyen minden kar, tanszék és kutatócsoport részére.
- A stratégia alap- és alkalmazott kutatási irányokat foglaljon magába, amely irányok mentén a lehetséges projektek megfogalmazása és kijelölése nem része a stratégiai tervnek.
- A BME erős és nemzetközileg elismert kutatási iskolái és műhelyei szakmai erősítése és új iskolák indítása, kiválósági központokat működtetése;
- A stratégiai célok kijelölése meglévő BME kompetenciákat, valamint a hazai adottságokat és a Nemzeti Technológiai Platformok munkájában szerzett tapasztalatokat, európai és nemzetközi trendek felvetette igényeket vegyen figyelembe.
- Egyetemi szintű együttműködési megállapodások. Nagy-projektek elvállalása. Tiszta profil az egyetemi kutató egységek között. A karok szakmai fejlődéséhez szükséges informatikai igények kiszolgálása, a fejlesztésekbe bekapcsolódás, infokommunikációs támogatás.

Mindezeknek megfelelően az eredményesség biztosítása érdekében a stratégia megvalósítása során három, egymásra épülő fázist érdemes megkülönböztetni, úgymint

1. tudomány és technológia;
2. tudásbázis és infrastruktúra;
3. alkalmazás.

Az első fázis a fejlődés szempontjából nélkülözhetetlen alapokat szolgáltatja. Ezen alapok a megfelelő erőforrásokkal kombinálva biztosítják a további fázisok sikeres végrehajtását.

A második fázis a humán erőforrások és infrastrukturális fejlesztések szakasza. A megfelelő felkészültségű és motivált kutatói gárda és az általuk működtetett jól felszerelt és folyamatosan fejlesztett kutatási infrastruktúra (laboratóriumi háttér) ad biztos alapot innovatív megoldások kifejlesztéséhez és az ehhez kapcsolódó tudásbázis létrehozásához.

A harmadik fázis az innovatív és piacképes megoldások ipari/üzleti alkalmazásba ültetése. Ennek az utolsó szintnek a szükséges feltétele, hogy legyen *egyetemi szintű koncepció* arra, hogy hogyan piacosítsuk a született eredményeket, alkalmas szellemi tulajdonkezelési szabályzatokkal segítve és a megfelelő egyetem-ipar kapcsolatok aktivizálásával.

5.1. A célkitűzéseket megvalósító projekt tervek

Energiahatékonyság, energiatakarékosság: Az energiarendszer egészében (forrás–felhasználó) a megnövelt hatékonyság elérése a kutatási stratégia egyik alapvető fontosságú részterülete. Ezen belül az energia-végfelhasználás hatékonyságának kulcsszerepe lesz a jövő fenntartható energiarendszerei megvalósításában. A hazai lakhatási körülmények biztosítása felel az energiafogyasztás több mint 40%-ért. Három munkacsoport kutatásainak eredményei járulnak hozzá ennek csökkentéséhez.

FE-P1: Épületenergetika munkacsoport a meglévő épületállományra fókuszál. Az épületek energiaracionalizálásának műszaki eszközeinek fejlesztése, az épületszerkezetek állapotmeghatározása, életciklus-analízise, modellezése. Megújuló energiák alkalmazásának hatása

az épületek energiafogyasztására primer energiában kifejezve. Passzív (épületszerkezeti) és aktív szoláris (épületgépészeti) rendszerek együttes hatása az épületek fosszilis energia fogyasztásának csökkentésére. (Modellezés, számítási mód és program kidolgozása tervezési segédlet szintjén.) Az energia- és környezettudatos épületfelújítás akusztikai és zajcsökkentési feladatai. Külső falak belülről való hőszigetelésének újabb lehetőségei, különös tekintettel a páratechnikai kérdésekre és az értékes homlokzatú épületek energiatudatos felújítására.

FE-P2: Tervezési módszerek munkacsoport tevékenységét az energiahatékonyság összefüggése, a környezetterhelés csökkentésének építészeti és épületszerkezeti lehetőségei jellemzi. A népi építészet, mint indikátor az ökológikus működés és az anyaghasználat, szerkezeti megoldások tekintetében. A passzív energiafelhasználás szerkezeti megoldásai – túl a zéró CO₂ kibocsátás szintjén – energiatudatos lakóépületek racionális szerkezeti és építészeti kialakítása (a jól kiválasztott és megtervezett épületszerkezetek miként csökkentik a környezetterhelést, és miként növelik az energiahatékonyságot). Zöld házak, zöld környezet – a környezettudatosság az építésben – célok és realitások, a fogyasztásminimalizálás és az autonóm házak reális jövője, ajánlható tömeges változatai, építészeti megformálásuk, fenntartható és élhető lakókörnyezet ajánlott feltételei a következő évtizedre, környezettudatos tervezés tömeges lépésekben, a környezettudatos és élhető város.

FE-P3: Racionális energiafelhasználás munkacsoport kiterjedt, de azonos eszközrendszerrel (pl. numerikus szimuláció, CFD, COMSOL) kezelhető témákkal foglalkozik, mint a fosszilis energiahordozók kitermelésének hatékonyságnövelése, városi szivattyúhálózatok minimális energiafelhasználású üzemvitelének meghatározása, energiatakarékos folyamattervezés és energiaintegráció (Pinch módszer alkalmazása), klímatechnikai rendszerek hatékonyság növelése vagy a növelt fényhasznosítás és hő sugárzás védelem a komfort fokozásában.

Karbonsemleges technológiák: Két munkacsoport tevékenysége hozzájárul a legfontosabbnak tekintett üvegházgáz-kibocsátás csökkentéséhez és az ellátásbiztonság növeléséhez.

FE-P4: Nukleáris energia: A hazai villamosenergia-termelésben a nukleáris energetika kiemelkedő szerepet tölt be, ezért az energetikai kutatásokban e részterület kiemelkedő fontosságú. A munkacsoport tevékenységének területei a következők. Új szilárdsági számítási módszerek kidolgozása a nukleáris energetikai berendezések biztonságosabb működésének, a várható élettartam eddigieknél pontosabb meghatározásának és gazdaságosabb méretezésének céljából a paksi atomerőmű üzemidő-hosszabbításához. A paksi atomerőmű kis és közepes aktivitású hulladékának tárolásához épülő Bábaapáti tároló kőzetkörnyezeti vizsgálatai. Negyedik generációs reaktorok üzemanyagciklusának kutatása. A hazai atomerőművi reaktorokból kikerülő hosszú felezési idejű radioaktív hulladékok (másodlagos aktinidák) 4. generációs reaktorokban történő transzmutálási lehetőségeinek vizsgálata. Az SCWR típusú 4. generációs reaktor termohidraulikai kérdéseinek szimulációs kutatása. Az atomerőmű vízüzemének javítása, a keletkező szilárd és folyékony radioaktív hulladékok fajlagos mennyiségének csökkentése, a biztonságos és hatékony kezelés és tárolás fejlesztése. A GoFastR projektben való részvétel (GFR és ALLEGRO). Kapcsolódás az atomerőmű bővítési programjához, az új know-how alkalmazásának, elsajátításának sikere érdekében.

FE-P5: Megújuló energia: A hazai megújuló energia felhasználás részarányának növelésében jelentős szerepe van a biomassza-felhasználás fenntartható módozatainak fejlesztése és elterjesztése. A munkacsoport kutatásainak területei: ún. második generációs bioüzemanyag (bioetanol) előállítási technológia fejlesztése a nyersanyag-szerkezet megbontási energiaigényének csökkentésével, az enzimermentáció és az enzimes hidrolízis optimalizálásával. A nyers növényi olajok komplex hasznosítása a betakarítástól a végső felhasználásig terjedő optimális rendszer fejlesztését, a hő- és villamosenergia-termelést és egyidejűleg tüzelőanyag előállítását jelenti. A biomassza-felhasználás fenntartható módozatai (kapcsolt hő- és villamosenergia-termelés karbonsemleges fűtőerőművekben) a vidéki kistérségek gazdasági

fejlődését és népességmegtartó erejét is növeli. Az új generációs szélerőművek tartószerkezetének optimalizálására irányuló kutatással a szélerőmű-telepítés gazdaságossága növelhető.

Intelligens energiahálózatok és nem konvencionális technikák: A két munkacsoport kutatási célkitűzéseinek megvalósítása révén keletkező eredmények hozzájárulnak a villamosenergia-rendszer megbízhatóságának és a szolgáltatás minőségének javításához, a villamosenergia felhasználás hatékonyságának növeléséhez.

FE-P6: *Hálózat és tárolás* munkacsoport kutatásai az intelligens villamosenergia hálózatok (smart grid) üzemvitelével kapcsolatos elméleti és gyakorlati kérdések megoldására irányulnak. Ennek részeként a smart metering, a feladat specifikus jelátviteli architektúrák és protokollok, a villamosenergia minőség javítás, mérés és monitoring, rendszerterhelés kiegyenlítése (elosztott energiatárolás, energia-termelők, fogyasztók befolyásolása), e-mobility (villamos járművek) hatása a rendszerirányításra, rendszerszintű hardver és szoftver biztonság, rendszer helyreállítási protokollok, smart hálózatok adaptív védelmi rendszerei, energiatározási folyamatok modellezése, a hálózati veszteségek csökkentése, a helyi feszültség szabályozás, az üzemzavar-behatárolás idejének rövidítése.

FE-P7: *Villamosenergia technológia és környezet* munkacsoport kutatásainak tárgya az új, nem hagyományos villamos technológiák alkalmazási lehetőségeinek feltárása villamosenergia termelésre és tárolásra (tűzelőanyag-cellák és hidrogén technológiák, termovillamos rendszerek, új világítástechnikai megoldások, magas hőmérsékletű szupravezetés, vezeték nélküli energiaátvitel, feszültség alatti munkavégzés, szigetelésdiagnosztika, EMC és EMF vizsgálati módszerek fejlesztése). CO₂ és üvegház hatású gázok kibocsátás csökkenését eredményező technológiák és módszerek (termelői, átviteli és fogyasztói berendezések hatásfok javítása, veszteség csökkentése, energiatakarékos villamos gépek és hajtások, megújuló energiaforrások integrálása, korszerű átalakítók és energiatárolási technológiák). A hazai körülményeket figyelembe vevő karbon befogási technológia fejlesztése.

Döntéshozatalt támogató tudás: A kutatások célja a különböző időtávú megalapozottabb szakmapolitikai döntések elősegítése, három munkacsoport végzi a szerteágazó kutatásokat.

FE-P8: *Beruházás-értékelés* munkacsoport kutatásai olyan beruházás-értékelési módszertanra irányulnak mely széleskörűen elfogadott ismeretháttérre épül, és átfogóan alkalmazható a jellemzően hosszú távú energetikai beruházások értékelésére (diszkontfaktor érzékenység, pontosabb pénzáram becslés). Továbbá segíti a nemzetközi és a hazai finanszírozási megközelítés, értékelés harmonizálását.

FE-P9: *Fogyasztás-felmérés* munkacsoport feladata, hogy megszűnjön az a helyzet, hogy a pontos energiafogyasztási igények az utóbbi időben bekövetkezett változások (életszínvonal, lakossági energiaárak stb.) tükrében gyakorlatilag ismeretlenek. Különösen fontos a különböző sűrűséggel lakott településstruktúra függvényében ismerni az energiaigényeket mind a támogatáspolitikai, mind a megfelelő energiaellátási rendszerek definiálásakor. E munkacsoport eredményei a társadalom- és műszaki tudományok szinergiáját demonstrálják.

FE-P10: *Energiaforrások értékelése* munkacsoport kutatóinak feladata, hogy bemutassa és elemezze a kulcsdöntéshozók számára a hosszú távú energiapolitika alakításában az energetika olyan alapvető dilemmáit melyek az alapenergiahordozó-struktúra kialakításához kapcsolódnak. Továbbá a rendkívüli erőforrás lekötéssel járó széndioxid-megkötési technológiák hatékonyságrontásának mérséklési lehetőségeit feltárja, valamint elemezze és értékelje a folyók mellett működő erőművek okozta hőcsóvák hatását, különös tekintettel a folyami vízjárás természetes és mesterséges eredetű változásaira.

6. A szakterületek fejlesztési stratégiái

6.1. A K+F+I stratégia alapvetései és fő irányai

A huszonegyedik századi energetikát elsősorban fenntarthatóság kell, hogy jellemezze, így célunk a *fenntartható energetika*, ennek elérésének prioritásai

- a környezet- és klímavédelem,
- a versenyképesség és
- az ellátásbiztonság.

A célok elérésének eszközrendszerét a megvalósítás, azaz a kutatási tevékenység tölti meg tartalommal. A konkrét kutatási területek közvetlenül a prioritásokhoz társíthatók, azaz szolgálják a társadalmi-gazdasági elvárásokat. Az egyes szakterületek kutatási tevékenysége tartalmi szempontból

- az *energiatermelés hatékonyság, energiatakarékosság,*
- a *karbonsemleges technológiák,*
- az *intelligens hálózatok és új technológiák* valamint
- a *döntéshozatal támogató tudás*

fő kategóriákba sorolható.

Az új megoldások megkeresésének és kidolgozásának sürgősségét a globális energiakereslet növekedése, a hagyományos olaj- és földgáztartalékok véges volta, az éghajlatváltozást okozó „üvegházgázok” kibocsátásának csökkentése, az olajárak romboló ingadozási hajlama és a forrásokat jelentő régiók geopolitikai instabilitása indokolja. A felsorolt globális okok determinálják a szükséges hazai energetikai fejlesztési igényeket is.

A tartalmi szempont szerinti kategorizálás mellett a fenntartható energetika három fő prioritása szerint is érdemes a célokat definiálni.

Versenyképesség prioritáson belül az alábbi elérendő célok körvonalazhatók:

- (1) hozzájárulás a fenntartható fejlődésre ösztönző és költséghatékony energiaellátáshoz;
- (2) energiatartalom növelése;
- (3) energiapolitikai tudásbázis kialakítása.

Az e prioritáshoz tartozó K+F+I fő irányai és indokai a következők:

- a) Nemzetgazdasági szintű költséghatékony primer- és szekunder energiahordozó struktúra meghatározása, rendszermodellek adaptálása, a globális piaci trendek regionális hatásai elemzése, az alkalmazkodási stratégiák kidolgozása.
- b) Az épületenergetika forrásigényének radikális csökkentése, ehhez az épület-szerkezetek állapot-felmérése, életciklus analízise, modellezése, méretezési metodika kidolgozása, energia- és környezettudatos épület-felújítási módszerek fejlesztése, hatékonyabb klímatechnika, a tömegesen alkalmazható passzív ház technikák, biomassza/geotermikus és karbon semleges villamos energiával hajtott hőszivattyús alapfűtés valamint csúcs földgáz-kazán kooperációja.
- c) Az alapenergia-hordozó struktúra befolyásolás hatásainak meghatározása, pontos energia fogyasztási igények feltárása, nemzetközi és hazai környezetben releváns beruházás-értékelési módszertan, a vízenergia szerepének ártértékelése,

beleértve az energiátárolási célú felhasználást, a támogatási politikák hatásainak meghatározása.

Környezet- és klímavédelem prioritáson belül az alábbi elérendő célok körvonalazhatók:

- (1) globális és lokális szennyezőanyag kibocsátás csökkentése;
- (2) karbon-mentes és karbon-semleges villamosenergia-termelés, ennek rendszer szintű támogatása, kapcsolt energiatermelés;
- (3) megújuló energiaforrások alkalmazásának fokozása, komplex hasznosítása.

Az e prioritáshoz tartozó K+F+I fő irányai és indokai a következők:

- a) Terjedési modellek fejlesztése, az energia-termelés/felhasználás külső költségeit érvényesítő technikák kutatása, meghatározása.
- b) Fosszilis erőművek szén-dioxid megkötési technológiák hatékonyság rontó hatását mérséklő, kompenzáló eljárások kutatása, biomassza-fosszilis együtt tüzelési technológiák fejlesztése, intelligens energia-hálózat, nem konvencionális – többnyire – elosztott villamosenergia-termelés, szupravezetési energiátárolás, a kapcsolt energiatermelés alkalmazási körének szélesítése, szélerőművek integrációjának támogatása - virtuális erőmű.
- c) Biomassza felhasználás fenntartható módozatainak meghatározása, fejlesztése, kapcsolt hő- és villamosenergia-termelés karbon-semleges fűtőerőművekben (pl. kommunális hulladék, biomassza), második generációs biomassza technológiák, energianövény bázisú üzemanyag (növényolaj, alkohol) gyártási technológiák fejlesztése, napenergia bázisú hő és villamos-energia termelési technológiák fejlesztése.

Ellátásbiztonság prioritáson belül az alábbi elérendő célok körvonalazhatók:

- (1) biztonságos nukleáris energetika;
- (2) földgáz felhasználás mérséklés;
- (3) energiátárolási lehetőségek feltárása és fejlesztése;
- (4) hazai tüzelőanyagok fokozottabb felhasználása.

Az e prioritáshoz tartozó K+F+I fő irányai és indokai a következők:

- a) A nukleáris energiatermelés vezető szerepe hosszútávon fennmarad így a paksi atomerőmű üzemidő-hosszabbításához, a kis- és közepes aktivitású radioaktív hulladékok lerakásához kapcsolódó, valamint a negyedik generációs reaktorokkal kapcsolatos kutatások.
- b) Hazai gyártásra alapozott biomassza tüzelőberendezések fejlesztése fűtési célú felhasználásra, hőszivattyúk hazai gyártását és elterjedését támogató fejlesztések, geotermális energiát hasznosító berendezések, kapcsolások fejlesztése és hazai gyártásuk elősegítése.
- c) Technológia fejlesztések a fosszilis energiahordozók kitermelési hozamnövelésére, az átalakítás és feldolgozás technológiai fejlesztése az energiaintegráció növelése. A széndioxid leválasztási technológiák fejlesztésével a széntüzelés fenntartása a földgáz függőség csökkentése érdekében.
- d) A megújuló energiaforrások mind nagyobb mértékű kiaknázása rávilágít az ellátásbiztonság egyik fontos kérdésére: az így megtermelt (villamos) energia tárolásának problémájára. A megfelelő tárolási technológiák alkalmazása nem csak az ellátásbiztonság szintjét emeli, hanem hozzájárul az energiahatékonyság javulásához is.

6.2. A szakterületek K+F+I irányai és célkitűzései

6.2.1. Energiahatékonyság, energiatudatosság

Az energiarendszer egészében (forrás–felhasználó) a megnövelt hatékonyság elérése a kutatók egyik alapvető fontosságú részterülete. Ezen belül az energia-végfelhasználás hatékonyságának kulcsszerepe lesz a jövő fenntartható energiarendszerei megvalósításában. A hazai lakhatási körülmények biztosítása felel az energiafogyasztás több mint 40%-ért.

A komplex szemléletű új épületenergetikai szabályozás alkalmazásának egyik lényeges tapasztalata, hogy az elméleti számítási módszer építészeti gyakorlatban nehezen alkalmazható, az energetikai, hőtechnikai számítások gyakran elszakadnak a tényleges építészeti, szerkezeti megoldásoktól. Felülvizsgálatra szorul a számítási módszer összetevőinek hatása az egyes épület- és szerkezet típusok esetén.

A meglévő, esetenként 100 évnél is idősebb házakból álló épületállomány energetikai tanúsítása 2012-től kötelező lesz felújítás, eladás, vagy bérbeadás esetén. A korabeli épületszerkezetek beépítési körülményektől függő, avult állapotára jellemző hőátbocsátási tényezőinek valószínű értékeit csak helyszíni vizsgálatokkal lehet hitelt érdemlően meghatározni. A felmérések eredménye a legjellemzőbb meglévő szerkezetek életkor függő rétegtervi hőátbocsátási tényezőinek, és vonalmenti hőátbocsátási tényezőinek adatbázisa.

Az épületek energiafelhasználásának csökkentése, az új épületenergetikai szabályozás előírásainak érvényesítése komoly kihatással van az épületszerkezeti tervezésre. Az energetikai számítások előfeltétele, hogy megbízható kiinduló adatok álljanak rendelkezésre. Az e téren megmutatkozó hiányosságok pótlására szükséges kidolgozni az épületszerkezetek anyagai hővezetési tényezőinek adatbázisát.

Az épületek energiatakarékos felújításával megváltoznak a határoló szerkezetek páratechnikai viszonyai így az épületszerkezetek anyagainak nedvességtechnikai paraméterei felülvizsgálata szükséges. A vizsgálatok az új épületeken túl az előregedett, de felújítással továbbszolgálni képes épületek szerkezeteire is vonatkozik, segítve ezzel a rekonstrukciós tervezést.

Ugyanakkor a komplex feladatot ellátó külső határoló szerkezetek tervezése és fejlesztése során tekintettel kell lenni a megváltozó szerkezetek akusztikai tulajdonságainak és a használati körülményeknek változására is. Ezekkel párhuzamosan a zajvédelmi tervezési metodikák is felülvizsgálatra, módosításra, korszerűsítésre szorulnak.

Az épületekhez kapcsolódó feladatok új módszerek és technikák kifejlesztését igényelnek.

Az energiapazarló hagyományos wolframszálas izzólámpák kivonása egy több éves EU program keretében valósul meg. 2009. év folyamán először a 100 W-os izzólámpák kivonása történt meg. A következő években az alacsonyabb teljesítményű izzólámpák is eltűnnek a kereskedelmi forgalomból. A folyamat a halogén izzók eltűnésével ér véget.

A kivonással párhuzamosan a meglévő technológiákon alapuló energiatakarékos fluoreszcens fénycsövek veszik át a vezető szerepet a lakossági világítástechnika szegmensében.

A fejlesztések mai fő célkitűzései a fénycsövek világítástechnikai hátrányainak mérséklése és eltüntetése. A hagyományos termikus fényforrásoknak ugyanis nagy előnye van abban, hogy folytonos spektrális teljesítmény-eloszlással sugároznak, így a napfényhez hasonló észleletet és színvisszaadást okoznak.

A tervezett fejlesztések olyan irányt követnek, hogy a kedvező fényhasznosítás mellett a fluoreszcens fényforrások fényporait úgy válasszuk ki, hogy azok minél jobb színvisszaadást adjanak és minél inkább szimulálják a nappali fény spektrális teljesítmény-eloszlását.

Ezekben a vizsgálatokban nem csak műszaki eljárásokat alkalmazunk, hanem elkerülhetetlen a humán tesztelés és az emberi látás kutatása is. A kutatás eredményeként létrehozott fényfor-

rás ugyanis nem csak műszerek számára érzékelhető paraméterekkel bír, hanem az emberi agy észlelete is fontos minőségi tényező.

A világítástechnika területén egy újabb paradigmaváltás történik napjainkban: a különböző szilárd-test fényforrások (hagyományos vegyület-félvezető egykristály alapú LED-ek, polimer alapú ún. organikus LED-ek vagy OLED-ek). A LED-ek fényhasznosítása napjainkra meghaladta a kompakt fénycsövek fényhasznosítását és közelít a nagynyomású gázkisülő lámpák felé. Az OLED-ek – akár flexibilis, nagy felületű hordozón kialakítva – alakjuknál és nagy, diffúz felületükénél fogva jelentenek koncepcionálisan is merőben új lehetőségeket a világítástechnikában. Mindkét szilárdtest-fényforrás típus esetén azonban a termikus problémák és a rendelkezésre álló szimulációs és modellezési eszközök a hatékony alkalmazástervezés gátjává váltak. Célunk a szilárdtest-fényforrások esetében a termikus hatások figyelembevételét lehetővé tevő mérés-technikai megoldások fejlesztése, valamint a szilárd-test fényforrások multi-domain (elektromos, termikus és optikai) modellezése, szimulációja, a mérés-technika területén a nemzetközi szabványosítási folyamatban való aktív részvétel mind a JEDEC, mind a CIE keretein belül.

6.2.2. Karbon semleges technológiák

E kutatási szakterület két részterületre fókuszál, úgymint nukleáris energetika és a megújuló energiaforrások részarányának növelése.

A fenntartható fejlődés szempontjából kiemelkedő jelentőségűek a zero emissziójú alternatív energiaforrások, ezeken belül is a különféle technológiával (egykristályos Si, polikristályos Si, vékonyréteg) készülő napelemek. Napelem fejlesztések tekintetében Magyarország jó kutatás-fejlesztési potenciállal rendelkezik mind az alapvető technológiák (MTA-MFA: anyag-tudományi és technológiai kutatások, Semilab: félvezetőipari mérőberendezések, BudaSolar: napelemgyártó berendezések), mind alkalmazás szintű ismeretek tekintetében. A napelemek működése szempontjából kulcsfontosságú a kiinduló alapanyagok megfelelősége, ezért a napelem-alapanyagok minősítése első rendű jelentőségű. Hasonlóan fontosak a kész napelemek minősítésére szolgáló berendezések és eljárások: napelem megvilágító berendezések, reflexió mérő összeállítások, napelemek termikus viselkedését vizsgáló berendezések. E területeken a BME kifejezetten jó helyzetben van (pl. a termikus minősítés vagy újszerű, kompakt megvilágító rendszerek terén). Kiemelendő, hogy a BME Elektronikus Eszközök Tanszékének Félvezető laboratóriuma az egyetlen olyan hely Magyarországon, ahol mérnökhallgatók a napelemtechnológia teljes vertikumával reguláris oktatás keretén belül találkozhatnak: saját készítésű Si-egykristályos napelemeiket maguk minősíthetik is. Elmondható, hogy a BME-n eddig felhalmozott tudás tényleges termékekben (pl. napelem megvilágító berendezés) való implementálása reális és jelentős gazdasági haszonnal kecsegtető cél.

A megújuló energiaforrások vonatkozásában az energetikai növénytermesztés kiemelt fontossággal bír. A mezőgazdasági termelésből származó energiák LCA ciklusa szerint ezek valóban karbon semleges technológiákból származnak és felhasználásuk során számos technológiában alacsonyabb CO₂ kibocsátást eredményeznek. Ezért különös figyelmet kell fordítani az ezen szakterülethez tartozó gépészeti vonatkozású kutatásokra, melyek célja a betakarítási és feldolgozási technológiák és berendezések fejlesztése. Különböző elgázosítási technológiák, üzemanyaggá konvertálási technológiák stb.

A hazai villamosenergia-termelésben a nukleáris energetika kiemelkedő szerepet tölt be, ezért az energetikai kutatásokban e részterület kiemelkedő fontosságú. A BME sokoldalúan kapcsolódik nukleáris energetika fejlődését szolgáló kutatásokhoz. Új szilárdsági számítási módszerek kidolgozása a nukleáris energetikai berendezések biztonságosabb működésének, a várható élettartam eddigieknél pontosabb meghatározásának és gazdaságosabb méretezésének céljából a paksi atomerőmű üzemidő-hosszabbításához. A paksi atomerőmű kis és közepes

aktivitású hulladékának tárolásához épülő Bábaapáti tároló közetkörnyezeti vizsgálatai. Negyedik generációs reaktorok üzemanyagciklusának kutatása. A hazai atomerőművi reaktorokból kikerülő hosszú felezési idejű radioaktív hulladékok (másodlagos aktinidák) 4. generációs reaktorokban történő transzmutálási lehetőségeinek vizsgálata. Az SCWR típusú 4. generációs reaktor termohidraulikai kérdéseinek szimulációs kutatása. Az atomerőmű vízüzemének javítása, a keletkező szilárd és folyékony radioaktív hulladékok fajlagos mennyiségének csökkentése, a biztonságos és hatékony kezelés és tárolás fejlesztése.

6.2.3. Intelligens hálózatok és nem konvencionális technikák

Az itt meghatározott két szakterület kutatási célkitűzése a villamosenergia-rendszer biztonságosabb üzemelését és a villamos energia nagyobb hatékonyságú felhasználását eredményező eszközök és technológiák feltárása.

A villamos energiaátviteli hálózatokkal kapcsolatos kutatási és fejlesztési feladatok az intelligens villamosenergetikai-technológiák potenciáljának feltárására (rendszerterhelés kiegyenlítése, a hálózati veszteségek csökkentése, a helyi feszültségszabályozás, az ellátás biztonság növelése, az üzemzavar-behatárolás idejének rövidítése stb.) irányulnak, magukba foglalva a villamosenergia-elosztást Smart-grid hálózatokkal, az intelligens energiamérést, a villamosenergia-tárolási lehetőségeinek feltárását és a szupravezetés alkalmazását.

A villamosenergetikai-technológiákra fókuszáló kutatások tárgya az új, nem hagyományos villamos technológiák alkalmazási lehetőségeinek feltárása, meghatározása és alkalmazása villamosenergia-termelésre, mint a tüzelőanyag-cellák és hidrogén technológiák vagy a termovillamos technológia, továbbá új világítástechnikai technológiák fejlesztésével cél egy átlagos háztartás világítási energiafogyasztásának 150 kWh/év-re csökkentése, és ezzel drasztikus CO₂ kibocsátás elkerülése.

A napelemes energiatermelés speciális rendszerirányítási igényeket vet fel, amelyekkel mindenképpen foglalkozni kell, ha a napelemek felhasználásával is növelni szeretnénk a megújuló energiaforrások arányát a hazai energiamérlegben.

A szakterület kiemelt kutatási témája az e-mobility széleskörű elterjedésének hatása a villamosenergia-rendszerre. A terület minden vonatkozást érint – a hálózattól a villamosenergia-piacig –, kutatása megindult, időtávlátat középtávú hatásként értékeljük.

Az informatika robbanásszerű fejlődése és széleskörű elterjedése az ipar minden területét alapjaiban változtatta meg. Az információs, kommunikációs és beágyazott elektronikus megoldások felhasználása elengedhetetlenné vált a 21. század modern energetikai rendszerekben is.

Az energetikai informatika a kommunikációs hálózatok fejlődésével, a megbízhatóság és a számítási kapacitás növekedésével, illetve a technológiák árának további csökkenésével a jövőben egyre meghatározóbb szerephez jut. Ahhoz, hogy az energetika is nyertese lehessen az információs rendszerek fejlődésének, az energetikai informatika területét, mint kutatási irányzatot mindenképpen kiemelt helyen célszerű kezelni. A technológiák fejlődését, illetve az új technológiák bevezetését folyamatosan nyomon kell követni.

Az intelligens hálózatok és nem konvencionális technikák kutatási területen belül indokolt egy energetikai informatika részterület elhatárolása is, mely az alábbi főbb informatikai feladatokat és K+F+I területeket foglalja magában:

- Smart grid hálózatok informatikai kérdései
- Smart metering (intelligens fogyasztásmérési) rendszerek
- Intelligens épületek energetikai aspektusai
- Energetikai adatbányászati algoritmusok

- Rendszerek és felhasználói felületek fejlesztése és kutatása a lakossági fogyasztók tudatosabb és takarékosabb fogyasztásáért
- Kommunikációs rendszerek és módszerek az energetikában
- Fogyasztói beavatkozási lehetőségek vizsgálata

A kutatási szervezetben így egy olyan csoport hívható életre, amely elsősorban az energetikai informatika jelenleg legkurrensebb területeivel foglalkozik, másodsorban pedig kiszolgálja a többi kutatócsoport informatikai igényeit. Az új kutatási csoport nem csökkentené a már meglévő stratégiai célok súlyát, hanem inkább kiegészítené azt. Fontosnak tartjuk megemlíteni, hogy a BME-n több olyan kutatás-fejlesztési projekt is zajlik, amelyek éppen az energetikai informatika tématerületén folynak. Így lényegében az egyetem már meglévő kutatási tevékenységeinek összefogásáról és továbbfejlesztéséről lenne szó.

6.2.4. Döntéshozatalt támogató tudás

A kutatások célja a különböző időtávú megalapozottabb szakmapolitikai döntések elősegítése. Ennek keretében három szakterület különíthető el: az energiafelhasználást befolyásoló szociológiai tényezők feltérképezése, az energiaforrások átfogó, rendszerszemléletű értékelését megvalósító módszertan kidolgozása, valamint a beruházás értékelési módszerek kimunkálása. Az ebbe a körbe tartozó kutatási tevékenységünket a rendszerszemléletű megközelítés (a liberalizált energiapiacok eltérő érdekű szereplői tevékenységének hatáselemzése, illetve a tevékenységek nemzetgazdasági szintű optimum érdekében történő befolyásolási irányának, eszközeinek meghatározása) jellemzi. Jelenleg ilyen, a teljes nemzetgazdaságra, hatásmechanizmusra kiterjedő elemzések nem készülnek.

Az egyetem mérnöki karain dolgozó energetikai szakértőkkel közösen kidolgozásra kerülő társadalomtudományi kutatás elsődleges feladata a lakosság energiafogyasztással (pl. lakhatás, közlekedés stb.) kapcsolatos fogyasztói magatartás energiahatékonyságának társadalom- és lakóhely-szerkezeti szempontokat érintő vizsgálata valamint a hatékonyság-érzékeny magatartásmintákat indikáló attitűdök értékelése. E munkacsoport eredményei a társadalom és műszaki tudományok szinergiáját demonstrálják.

A kérdőíves fogyasztási- és mobilitási felmérés valamint a kapcsolódó társadalomkutatási tevékenységek célja, hogy megszűnjön az a helyzet, hogy az energiafogyasztási igények szerkezete az utóbbi években bekövetkezett változások (életszínvonal, társadalomszerkezet, értékrend, térbeli mobilitás, lakossági energiaárak stb.) tükrében gyakorlatilag ismeretlenek. Különösen fontos a különböző sűrűséggel lakott településstruktúra függvényében ismerni az lakhatási energia igényeket és közlekedési szükségleteket mind a támogatáspolitikai, mind a megfelelő energiaellátási rendszerek definiálásakor.

A társadalomtudományi kutatás alapján létrejövő tudásbázis egyik fontos eleme az energiafogyasztási igények szerkezetére vonatkozó elemzés az utóbbi években bekövetkezett változások (életszínvonal, társadalomszerkezet, értékrend, térbeli mobilitás, lakossági energiaárak stb.) tükrében. Ezen túlmenően a tudásbázis részét képezi az energiahatékony városfejlesztés eddig megindított egyes projektjeinek áttekintése, a projektek lakossági kereslet-, igényelemzése, konfliktusok feltárása, valamint a lehetőségek megkeresése kvantitatív és kvalitatív szociológiai módszerekkel. A döntéshozatalt segíti az energiahatékony városfejlesztés intézményi hálójának kidolgozása a felelősségi láncok definiálásával. Továbbá az érintettektől jövő információk alapján szervezeti és jogi szempontokat, energiahatékonysági kívánalmakat és elérhető pénzügyi eszközöket elemző nemzeti keretfeltételek vizsgálata is hozzájárul döntések információs bázisához.

Szakértők és más források alapján a helyi helyzet elemzése regionális összevetésben. Helyi és regionális szintű stratégiák megalkotásához elemzés és értékelés készítése a helyi szereplők érdekeinek és a megvalósíthatóság figyelembevételével.

A fenntartható energetika kiemelt kutatási területen belül az energetikai beruházások egységes gazdasági elemzési módszerének kidolgozása igen nagy jelentőséggel bír. A gazdasági elemzési módszer részterületeinek kidolgozása után bemutatathatóvá válnak az energetikai beruházások hosszú távú pénzügyi, gazdasági hatásai. A kutatási terület alapproblémája az, hogy az energetikai kutatások producióiról első körben gyakran csak az igazolható, hogy „hatékonyabbak”, esetleg „technológiai értelemben véve hatékonyabbak” a korábbi technológiáknál, ez azonban nem feltétlenül jelenti azt, hogy az innovációk alkalmazása, gyakorlati megvalósítása automatikusan „gazdasági értelemben is hatékonyabb”, azaz értékteremtő. A kutatási terület számos aspektussal bír:

- Fel kell térképezni a kapcsolódó gazdaságpolitikai kérdéseket, hiszen az itt kialakult vagy kialakulóban lévő elképzelések alapvetően befolyásolhatják a kutatási eredmények hasznosulását.
- Vizsgálni kell, illetve ki kell alakítani az egyes projektek pénzügyi, gazdasági hasznosságának mérésére és a terv-tény összehasonlítások elvégzésére leginkább alkalmas pénzügyi és számviteli struktúrákat.
- Ki kell dolgozni a projektek maradványértékének becslési módszerét, hiszen ez legtöbbször a kapcsolódó gazdasági elemzések kritikus pontja, a szakirodalom és a gyakorlat mégsem tud egységes, korrekt módszert felmutatni.
- Az elemzések rendkívül kritikus pontja a megfelelő tőkeköltség meghatározása. Mivel azonban a kutatások - és ezen belül az energetikai kutatások különösen - gyakran új technológiák megjelenésével jár, gyakran gondot okoz a megfelelő "peer group"-ok felállítása, azaz végső soron az összehasonlító, benchmark adatok összegyűjtése. A probléma piacképes, gyakorlatban is alkalmazható feloldására létre kell hozni egy megfelelő adatellátottságú és elegendően széles spektrumú adatbázist. Mivel a tőkeköltség becsléséhez szükséges tőkepiaci adatok legtöbbször a felhasználástól eltérő struktúrában (praktikusan rendezetlenül) szerezhetők be, ráadásul több forrásból és eltérő referencia pontokkal, ezért megfelelő adatbázis építésre van szükség, amelyből a kutatási területeknek megfelelően azonnal rendezett formában érhetőek el a releváns adatok.
- Az adatgyűjtés másik lényeges pontja a kockázatmentes kamatláb, az inflációs várakozások, illetve a piaci portfólió várható hozamának becslését támogató adatbázis kiépítésének szükségessége.
- A gazdasági számítások szintén megkerülhetetlen mozzanata a megfelelő ágazati béta faktor előállítása. Kiemelt fontosságúnak tartjuk, hogy előállítsunk egy olyan (egységes módszertani keretbe illeszkedő) iparági béta táblázatot, amely a ma közismert iparági adatoknál korrektebb, megbízhatóbb adatokat tartalmaz. Ehhez speciális adatgyűjtési algoritmusok kidolgozására és gyakorlati realizációjára van szükség. Ehhez a kutatási részterülethez számos empirikus kutatás kapcsolódhat az egyes módszerek tesztelésén keresztül.

7. Innovációs potenciál és erőforrások fejlesztése

A kutatásfejlesztési célkitűzések elérésének legfontosabb alapfeltétele a megfelelő humán erőforrás háttér megteremtése, mind a kutatásokat végző, mind a kutatási projekteket definiáló és irányító munkatársak szintjén. Ugyanakkor bármilyen kiváló kutatói háttérrel rendelkező munkatársak sem képesek megfelelő infrastruktúra nélkül eredményeket elérni, a hazai és nemzetközi együttműködésben méltó partner lenni. Ezért az innovációs potenciál fejlesztésének két fő pillére jelenik e stratégiában, mégpedig

- a humánerőforrás, valamint
- az infrastrukturális eszközök

fejlesztése.

7.1. Humánerőforrás-fejlesztési stratégia

A humánerőforrás fejlesztés a szervezetfejlesztés azon kulcsterülete, amely a folyamatos szervezeti alkalmazkodóképesség biztosítása mellett, lehetővé teszi a proaktivitást, a változásokra történő tudatos felkészülést, ezen keresztül a változások befolyásolását, irányítását. Ahhoz, hogy ez a folyamat valóban tudatosan történjen, előrelátó gondolkodással meg kell határozni azt az állapotot, amelyhez célként igazodva ki lehet alakítani a változtatási stratégiát. A BME eddigi intézményfejlesztési terveiben lépcsőkre tagoltan kialakította azt a stratégiai távlatú elképzelést, amelynek folyamatos végrehajtása, ha nem is zökkenőmentesen, de ma is zajlik. Ebben a stratégiai elképzelésben, az intézményi szintű vállalások teljesítésének prioritásai mellett, érvényre jut a politika és társadalom elvárása is, amely olyan képességorientált oktatói-kutatói bázis kialakítását határozta meg, amely a nemzetgazdaság által finanszírozhatóan képes eleget tenni feladatainak.

A Műegyetemen folyamatosan zajló szerkezeti átalakítások és korszerűsítések (pl. tudásközpontok létrehozása) ezzel az intézményben dolgozók számára is konkrét célt kaptak, ill. kapnak. A szervezet megújulása nem csak a mindenki által érezhető szerkezeti átalakításokban és átszervezésekben nyilvánul meg a jövőben, ezek csak a folyamat felszínén is érezhető elemeket képezik, hanem új szemléletű emberi erőforrás gazdálkodási politikában is.

Az új és megújult kutatási területek, az infrastrukturális lehetőségek átalakulása, a gazdasági környezetben bekövetkezett változások, a társadalmi elvárások megváltozása, az új feladatok új típusú követelményeknek megfelelő, *alkalmazkodni képes* oktatói-kutatói állományt kívánunk és kívánnak ma is. Azon követelmények, melyeknek meg kell felelnünk, szemléletváltást igényelnek nem csak a munkatársaktól, hanem a szervezet egészétől, valamint a működési feltételrendszer meghatározó szélesen vett társadalomtól és az azt képviselő politikától is.

Az emberi erőforrások fejlesztésének alapja a szervezeti stratégiára épülő, annak szerves részét képező humán stratégia. Ez, az úgynevezett funkcionális stratégia biztosítja a humánerőforrásokat a szervezet stratégiai céljainak megvalósításához. Különös figyelmet fordítva a célokkal fenntartott összhangra, magában foglalja az emberi erőforrások mennyiségi és minőségi kérdéseit és az ehhez kapcsolódó feladatokat. Spektruma széles körű, tevékenysége kiterjed a munkaerő, mint erőforrás megszerzésétől az alkalmazhatóvá tételén és fejlesztésén keresztül felhasználáson át a társadalom többi szereplőjével történő kooperációra.

Ahhoz, hogy ez maradéktalanul meg tudjon valósulni, olyan szervezetre, eljárásbeli metodikákra, jogi, anyagi és szervezeti háttérre van szükség, amelyek innovatív képességek birtokában kezelni tudják az előre nem látott és tervezett környezetbeli változásokat. Ez az innovativitás jelentős mértékben függ az oktatók, kutatók gondolkodásmódjától, lojalitásától, így mind a szervezeti mind a humán stratégia kialakításába célszerű bevonni a szervezeti ta-

gokat és utóbbiba, a meggyőzésen keresztül azon hallgatók körét, akik potenciálisan az oktatói-kutatói utánpótlási bázist biztosítják.

A BME elkövetkező hosszabb (évtizedes) időszakára szóló humán stratégiája általánosságban fogalmazva tartalmazza mindazon elemeket, amelyek a fenti feladatkörök végrehajtását biztosítják. Ez a több pilléren nyugvó kutatóegyetemi stratégia a jelentős időtávlat és a nagyfokú környezeti (feltétel-rendszerbeli) bizonytalanság miatt elsősorban irányelveket és célkitűzéseket fogalmaz meg, melynek végrehajtására rövidebb időintervallumokat felölelő operatív terveket célszerű készíteni.

A társadalmi integráció szorosabbá tételére törekvést jelzik a stratégiába beépülő, a nemzeti fejlesztési tervben és az Új Széchenyi Tervben szereplő célkitűzések, amelyek több szempontból is középpontba helyezik az embert, mint a társadalom tagját éppúgy, mint a jövő építésének zálogát jelentő kvalifikált munkaerőt. A stratégia megvalósulásának előfeltételei, nevezetesen a jogi és gazdasági háttér megteremtése, a szervezeti belső viszonyok letisztázása és stabilizálása, valamint az ennek megfelelő EU és társadalom konform szervezeti kultúra kialakítása a BME vezetése részéről is felismert szükségszerűség, azonban ezek kialakítása sem a BME viszonylatában, sem társadalmi szinten nem egyszerű.

A Műegyetem szerkezeti és szervezeti fejlesztése, ill. átalakítása bármennyire is technikai jellegű kérdésnek tűnik, olyan előre nem látható következményekkel járhat, amelyek kezelésére, kompenzálására, a szükséges anyagi fedezet megteremtése érdekében további stratégiai terveket kell készíteni. Ennek értelmében a döntések előkészítésében kiemelt szerepet kap az elemző és értékelő tevékenység, a megalapozott információkon nyugvó tervezés.

A fenntartható energetika kiemelt kutatási terület a humánerőforrás tervezése a Műegyetemi humánerőforrás fejlesztési stratégia integráns részeként kerül kidolgozásra és végrehajtásra. A rendszer komplex módon vizsgálja és kezeli a környezeti összetevőket és a belső feltételeket, inputként figyelembe veszi az oktatói-kutatói és hallgatói személyi állomány jellemzőit, melyek alapján lehetőség nyílik a különböző időtávlatú fejlesztésekhez kapcsolódó követelmények és feladatok feltárására.

A tervezési folyamat képezi az alapját a stratégia második részterületének, a humánerőforrás gazdálkodás rendszerének, amely koordinációs szerepet tölt be a szervezeti igények és a pillanatnyilag adott lehetőségek között. Folyamatos kontrollt biztosít a szervezeti erőforrások hatékony felhasználása érdekében, egyben meghatározza az oktatói-kutatói munkaerőigény és rendelkezésre álló lehetőség közötti viszonyt, az ennek függvényében változó szervezeti szintű munkaerő politikát, az egyéni és szervezeti teljesítmény biztosításának feltételrendszerét. Ezen folyamat eredménye a szervezet „napi életképességének” biztosítása, a folyamatok operatív befolyásolása, oly módon, hogy a szervezet szerkezeti felépítése minden pillanatban hatékony működést tegyen lehetővé az innovativitás képességének fenntartása mellett.

A stratégia harmadik részterülete, a humánerőforrás fejlesztési rendszer, amelynek feladata társadalmi szempontból kettős. Egyrészt, olyan minőségű munkatársi állományt kell biztosítani a társadalom egyik funkcionális igényének kielégítésére létrehozott és fenntartott, specifikus feladatrendszerrel bíró szervezete számára, amely magas szinten képes rövid és hosszú időtávlatban jelentkező igényeket kielégíteni, másrészt intézményrendszerén keresztül a társadalom egésze számára olyan magasan képzett mérnököket kell nevelnie, akik alkotóképességükkel, gondolkodásmódjukkal, társadalmi és közéleti aktivitásukkal tevékenyen hozzájárulnak a társadalmi célkitűzések megvalósításához. A társadalmi felelősségtudat szellemében, a humánstratégia általános elvként fogalmazza meg, a BME szervezetéből kiáramló frissdiplomások versenyszférába történő beilleszkedését, továbbá a legkiválóbbaknak a Műegyetemi oktatást és kutatást elősegítő konvertálható általános és szakmai ismeretek nyújtását, illetve az ezeken alapuló széleskörűen alkalmazható képességek kialakítását, fejlesztését.

Ahhoz, hogy a stratégia megvalósulhasson a szervezeti filozófiát, a szervezet mindennapi életét átható értékrendet egyaránt közvetíteni kell a társadalom egésze, a nemzetközi közösségek és a szervezeti tagok irányába. Ez nem csak jól működő kommunikációs rendszert igényel, az arra érdemes mértékben participatívá kell tenni a kommunikációs folyamatokon keresztül mindenkit, különösen értve ez alatt a Műegyetem polgárait. El kell fogadtatni, és érvényre kell juttatni azokat a filozófiai alapelveket, amelyek az embert önmagában is tiszteltben tartva biztosítják a szervezeti, ezen keresztül a társadalmi célok elérését. Ez magában foglalja a társadalmi szerephez, kiemelt felelősséghez méltó gondoskodást és elismerést mind az oktatói munka, mind pedig tudományos kutatási feltételek biztosítása területén. Azonban a „mindenoldalú gondoskodás” nem jelentheti az élet minden területére kiterjedő, szinte automatikusan működő teher- és felelősségátvállalást, összhangban a stabilitást és célirányos kötődést sugárzó szervezet nyújtotta foglalkoztatási lehetőségekkel, a piactudományok változó viszonyaihoz igazodva ki kell alakítani a fejlődést serkentő „megfelelési kényszer” érzetét és az ehhez elengedhetetlenül szükséges objektív mérési és értékelési rendszeren alapuló, személyre szabott életpálya programokat. A szervezeten belüli, és a kiterjesztett gondoskodásnak megfelelően a Műegyetemet csak egy meghatározott ideig munkaadóként tekintő, a társadalom más szegmenseivel szorosan együttműködve kialakított, teljes életútra kiterjesztett karrier megvalósításának reális lehetősége olyan stabilizációs erővel bír, amellyel kialakítható a BME-hez való emocionális kötődés, a kívánatos szervezeti munkaerő stabilitás egészséges forrása.

7.2. A humán erőforrás fejlesztés rendszere

A fenntartható energetika kiemelt kutatási terület humán erőforrás stratégiája csak egységes egészként értelmezhető, mégis az elvi síkon történő vizsgálat szintjén a továbbiakban csak a harmadik részterületet képező humán erőforrás fejlesztés rendszerével foglalkozunk behatóban.

Vizsgáljuk meg közelebbről milyen elvi alapokkal rendelkezik a következő – évtizedes – időszakra előirányzott humán erőforrás fejlesztési rendszer. A stratégia alapvetően két fogalommal operál. Egyrészt a társadalmi célokkal összhangban azt a tudást helyezi előtérbe, amelynek birtoklása lehetővé teszi az emberek szemléletmódjának kiszélesítését, az egyéni lehetőségek feltárását és ezzel a mozgástér, szűkebben értelmezve a munkaerő piaci mozgástér kibővítését. A tudás megszerzése a változó környezeti viszonyoknak megfelelően, sohasem tekinthető lezárt folyamatnak, a megszerzett ismereteknek biztosítaniuk kell a flexibilitást. Ezt a gondolkodásmódot tükrözi a társadalomban megjelent „Life Long Learning”, azaz, „egész életen át tartó tanulás” koncepció, amely a társadalom minden területén és szintjén érvényes.

A tudás adja meg a lehetőséget az előzővel megegyező érvényességi körrel bíró képességhez, amely a társadalom sokrétűségének megfelelően szélesen értelmezhető, így többek között egyként foglalja magába a szervezeti munkakörök feladatainak ellátására való alkalmasságot és a munkahelyi mobilitást lehetővé tevő alkalmazóképes, adaptálható tudás birtoklását. A kettő, tartalmi összefüggései miatt egymástól elválaszthatatlan fogalom megvalósítása egy olyan humánpolitikai rendszer fenntartását kívánja meg, amely általánosságban fogalmazva az alábbi területeken előremutatónan megteremti az összhangot a feladatok, körülmények és követelmények között:

- Speciális feltételrendszert figyelembevevő, a belépési és kilépési végpontok kritériumait megfogalmazó és betartó, az átjárhatóság egyéni és szervezeti feltételrendszerét megfogalmazó és betartó olyan karrierpálya rendszer, amely szervezeti végpontjaihoz hozzákapcsolja a társadalom más munkaköreinek kritériumrendszerét, ezzel feltárva a lehetőséget a zökkenőmentes rekonverzióra.

- Az előmenetel egyes szintjeinek általános és specifikus kritériumrendszeréhez kapcsolódó ismeretek és képességek köre.
- Képzési formák, módszerek, eszközrendszer és célhierarchia.
- Belső és külső kommunikációs és információs hálózat, az ezt támogató informatikai rendszer.
- Kutatási intézményrendszer, tudásbázis-hálózat és a kutatási tevékenységet összefogó szervezeti belső struktúra.
- A kutatásra és innovációra specializált kontrolling és monitoring rendszer (a meglévő rendszereken belül alrendszerként működtetve).
- Teljes körű adatbázis létrehozása a kutatási eredmények széles körű disszeminációja érdekében.

Az egyes területek átfogják a Műegyetem teljes oktatói-kutatói és hallgatói állományának fejlesztésére irányuló tevékenységet, azonban ezen belül hangsúlyozott kérdésként kell kezelni az utánpótlás nevelést, illetve a szervezeti szintű kooperáció fejlesztését. Mindezek mellett még meg kell jegyezni, hogy a szervezet célirányos átalakításához elengedhetetlen a kutatás-fejlesztés intézményrendszerének működtetése, ez teszi lehetővé, hogy a Műegyetem az átalakulás és fejlődés során ne „sodródjon”, hanem célirányosan haladjon.

A humánerőforrás fejlesztési feladatokat a Műegyetem szervezeti egységeinek (tanszékek, karok) kell végrehajtania, szorosan együttműködve a társadalom más, ebben kérdésben közvetlenül érintett szervezeteivel (pl. MTA kutatóintézeti hálózata). Az együttműködés magában foglalja a tudományos utánpótlás neveléssel kapcsolatos feladatokat is, amely alatt a BME oktatói-kutató utánpótlásának potenciális rétegét jelentő hallgatói csoportokkal történő nevelő-fejlesztő jellegű foglalkozást értjük. A BME-nek a jövőben jelentősebb összegeket kell áldoznia a médiában történő, az eredményeket hangsúlyozó megjelenésre.

A hallgatók körében történő megjelenés, az oktatói-kutató életpálya megismertetése és ezen keresztül történő elfogadtatása, olyan forrásokat jelenthet a BME-nek, amelyek kellő motivációs háttér biztosítása mellett, tekintve „kiapadhatatlanok”. A folyamatos kapcsolattartás lehetőségét biztosít a hallgatók – potenciális oktatók és kutatók – és a Műegyetem oktatói-kutató szervezete közötti kölcsönös megismerésre, az elvárások és lehetőségek letisztázására, ezzel az utánpótlás kiválasztás során megalapozottabb döntések meghozatalára.

Végül, de nem utolsósorban ahhoz, hogy a Műegyetem humánerőforrásainak fejlesztése ne csak a szervezet részéről megnyilvánuló egyirányú törekvés legyen, a juttatási-ösztönzési rendszert úgy kell átalakítani, hogy az egyrészt vonzóvá teszi a hallgatók és a társadalom szemében, másrészt a szervezeti tagokban – az oktatókban és a kutatókban – is felébreszti a vágyat az előrelépésre. Ezzel elérhetővé válik, hogy a Műegyetemen belüli karrier a jelenlegi „felfelé vagy kifelé” elv kényszerítő hatása mellett más, az előrelépést vonzó lehetőségként érzékelő, belső motivációt kialakító hatások is érvényre jussanak.

7.3. Humánerőforrás-igény és biztosítása

A kutatás-fejlesztés-innováció szempontjából az intézményi siker egyik alapfeltétele a megfelelően innovatív és kreatív ember-kapacitás. A kutatásban kiválósági szempontok és kritériumok alapján szükséges biztosítani a tudományos kutatások feltételeit. A minőség legyen a fő szempont a társadalmi-gazdasági kihívások, a nemzeti értékek kutatásában, valamint a közérdekű – a vállalati szféra közvetlen érdekeltiségébe nem tartozó – kutatások esetében is. A BME alapvető érdeke, hogy minél több Műegyetemi kutató vegyen részt a nemzetközi együttműködési hálózatokban és kapcsolódjon be az új globális kihívások kutatásába, hasznosításába.

A BME több intézményére koncentrálódik jelentős energetikai kutatói kapacitás (Nukleáris Technika Intézet, Villamos Energetika Tanszék, Energetikai Gépek és Rendszerek Tanszék, Épületenergetikai és Épületgépészeti Tanszék). A lakhatással kapcsolatos energetikai kutatásokhoz megfelelő kapacitások a Gépészmérnöki, az Építő és Építészmérnöki Karok illetékes tanszékein rendelkezésre állnak továbbá a Vegyészmérnöki és Biomérnöki Kar illetékes tanszékein a biomassza konvertálás és geotermikus energetikához kapcsolódó kutatói kapacitás áll rendelkezésre.

A humánerőforrás minőségi fejlesztése minden részterületen egyaránt fontos. Ez leginkább a tudományos minősítési (PhD) arány, a habilitáltak és MTA doktorok számának növelését és a publikációs tevékenység bővítését kell, hogy jelentse az impakt faktoros cikkek számának erőteljes növelésével.

Megoldást kell találni arra a sajátos problémára is, hogy a középgenerációs munkatársak száma valamennyi karon alacsony, ez a helyzet ugyanakkor jó lehetőséget teremt a fiatal kutatók gyorsabb karrier haladására is. Hosszabb távon a munkatársi közösség egyenletesebb korösszetételének kialakítására és megtartására kell törekedni.

7.4. A humánerőforrás-fejlesztés célértékei

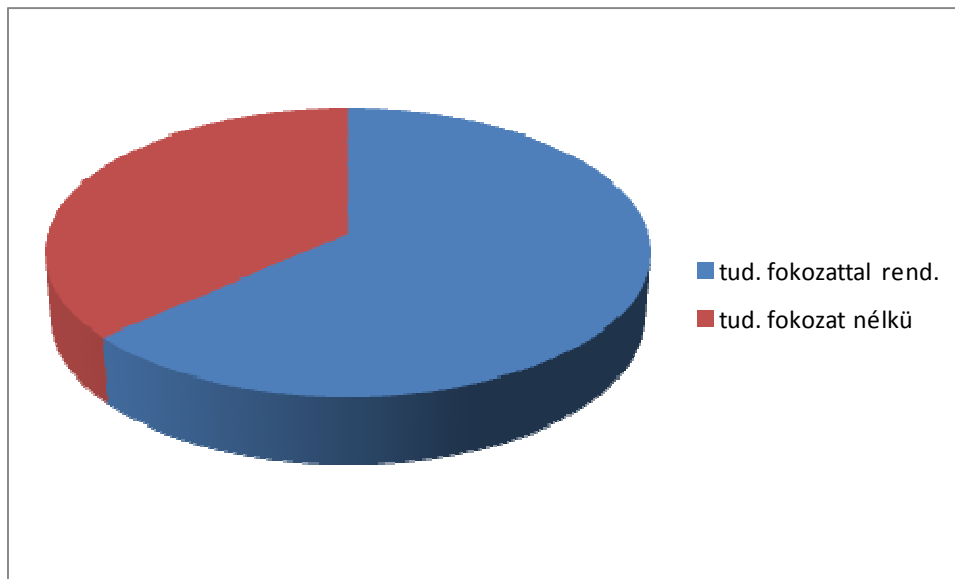
A humánerőforrás fejlesztés előzőekben körvonalazott stratégia céljainak megfelelően a hosszú távú célokat a következőkben fogalmazhatjuk meg:

- a tudományos (PhD) fokozattal rendelkező oktatók és kutatók arányának emelése az összlétszámon belül;
- az oktatói-kutatói állomány átlagéletkorának kismértékű csökkentése (fiatalítás);
- a magasabb szintű tudományos címmel (habilitáció, MTA doktora) rendelkező személyi állomány létszámának bővítése;
- folyamatos utánpótlás biztosítása a kellően elkötelezett és kiemelkedő képességű hallgatók köréből.

A közép és hosszú távú célértékek meghatározása során a jelenlegi helyzetet kell kiinduló állapotként kezelni és ehhez viszonyítva megadni a jövőbeni kívánatos értékeket. A jelenlegi állapotról ad áttekintő felvilágosítást a 7-1. ábra, mely szerint a fenntartható energetika kiemelt kutatási területen jelenleg (2010. szeptember) 128 fő főállású oktató-kutató dolgozik, közülük 81 fő rendelkezik tudományos fokozattal. A MTA doktora címmel és/vagy habilitációval rendelkezők aránya 10% körüli.

A humánerőforrás-fejlesztés célja kettős egyrészt mennyiségi, mely a fenntartható energetika kiemelt kutatási területen dolgozó oktatók és kutatók létszámának fokozatos, de nem korlátok nélküli bővítését célozza és e bővített létszám megtartását, másrészt a személyi állomány minőségi fejlesztését.

A stratégiai célkitűzések az összesített oktatói-kutatói létszám, valamint a tudományos fokozattal rendelkezők arányának növelését foglalják magukba a 7-1. táblázat szerinti célértékekkel.



7-1. ábra. A fenntartható energetika kkt oktatóinak és kutatóinak megoszlása tudományos fokozat szerint (2010. szeptember)

7-1. táblázat. Humánerőforrás-fejlesztési célértékek a 2010-2020 időszakra (a célértékek az időszak végén értendők)

mutatók	időszak		
	2010–2012	2012–2015	2015–2020
Összesített oktatói-kutatói létszám	160	190	230
Tudományos fokozattal rendelkezők aránya	65%	67%	70%
MTA doktora és habilitált személyek aránya	11%	13%	15%

Ez a humánerőforrás fejlesztési stratégia az általános kereteket és főbb irányokat jelöli ki. Ezen stratégiai célkitűzések alapján a Műegyetem szervezeti egységei (tanszékek, karok) rövidebb időtávokra lebontott, konkrét fejlesztési terveket készíthetnek.

A kiemelt kutatási területeket koordináló szervezetnek nem célja a tanszékek helyett és feje fölött döntéseket hozni, hanem megfelelő és mindenki által elfogadott és támogatott stratégiai kereteket kívánja csak kijelölni. E terv végrehajtásának ellenőrzésére a monitoring rendszer szolgál.

7.5. Infrastrukturális feltételek fejlesztése

K+F eszközök: műszerek, technológiai berendezések, tervezőrendszerek, szoftver és hardver eszközök, a kutatási infrastruktúra láthatóvá tétele (honlapfejlesztés), a kapacitások egyetemen belüli, regionális és azon túlmutató (EU szintű) hasznosításának lehetősége, ehhez kapcsolódó feltételrendszer kidolgozása (BME Műszercentrum) figyelembe véve a humán-erőforrás és K+F kapacitás kompetencia alapú hasznosításának programját, a nemzeti NEKI-FUT program és az Európai kutatási térség akcióinak célkitűzéseit, a kutatás-fejlesztési együttműködések további bővítési lehetőségeit;

K+F információkhoz történő hozzáférés lehetősége: K+F informatikai szolgáltatás-fejlesztés, könyvtári szolgáltatások, folyóiratok, publikációs és egyéb adatbázisok, információk források; K+F tevékenységünk és eredményeink elterjesztéséhez és értékeléséhez kapcsolódó tevékenységek fejlesztése: Publikációs adatbázis, K+F és innovációs tevékenységek, infrastruktúra és eredmények adatbázisa; informatikai munkakultúra fejlesztés.

A BME-n jelenleg elérhető marketing és szociológiai alkalmazásokra koncentráló SPSS cég adatelemző szoftverje. Azonban társadalomkutatási projekt megfelelő szintű végrehajtásához a modern adatelemzési technikák alkalmazására képes szoftverek beszerzése válhat szükségessé. Ilyen szoftver például a STATA Data Analysis and Statistical Software vagy az HLM Hierarchical Linear and Nonlinear Modeling Software.

Fénycsövek humán vizsgálatára alkalmas laboratórium kiépítése. A laboratórium felszerelése saját fejlesztésű műszerekkel. Számítógépes szoftverek kidolgozása fénypor-recept számításhoz. Ehhez hardveres háttér biztosítása.

A BME NTI-ben egy számítógép klaszter (fürt) áll rendelkezésre a nagy számításigényű simulációk elvégzésére. A negyedik generációs reaktorokkal kapcsolatos kutatások intenzitásának növekedésével ennek bővítése szükségessé válhat.

A kutatások mellett a demonstrációs projektek fontosságát nem lehet túlértékelni, mert az eredmények hasznosításának az egyik legfontosabb állomása. A kutató egyetemet jellemeznie kell annak a képességnek, hogy különböző léptékben egyedül vagy a megfelelő partnerekkel, saját laborban vagy külső telephelyen a demonstrációkat megvalósítsa. Erre az infrastruktúra-fejlesztésnél és a humán erőforrás fejlesztésnél egyaránt gondolnunk kell.

7.6. Tudományos eredmények hasznosítása

A megszülető tudományos eredmények kapcsán úgy látjuk, hogy három témakörben várható azok hasznosulása.

A kutatásban az eredmények egyrészt a vállalt indikátorok teljesítését jelentik, ám azokon túl is hatnak. A kutatási feladatok elvégzése során a bevont kutatócsoportok és egyéni kutatók által felvetett problémák és feltárt megoldások újabb témákat indukálnak, melyekre a jövőbeli pályázati feltételek ismeretében lehet pályázatokat írni, konzorciumokat alkotni. A további kutatási témák megjelenése a fokozatosság elve mentén biztosítja az egyetemi kutatóknak szellemi kapacitásuk folyamatos kihasználását és fejlődését.

A fenntartható energetika területén feltárt igények, lehetséges kutatási irányok túlnyomórészt interdiszciplinárisak, vagyis több egyetemi karról összeálló kutatócsoportoknak kell a konkrét munkát elvégezniük. Ez azt jelenti, hogy együttműködés jön létre az adott témákban, ez a fajta klaszterképződés pedig az egyetemi szervezeti egységek közötti kohéziót növeli. Hasonló jelleggel lehet elképzelni azt is, hogy a jelentősebb kutatócsoportok a jelenlegi tudásközpontokat erősítik, vagy esetlegesen jövőbeli tudásközpontokat hozzanak létre.

A gondosan mérlegelt és kiválasztott tématerületeken potenciálisan az eredményekkel nemzetközi szinten is értékelhető K+F+I láncok indíthatók. Ez megeremti annak az alapját, hogy a BME kutatócsoportjai Európai Unió vagy más nemzetközi finanszírozású kutatások/konzorciumok részesei lehessenek.

A kutatásban belső egyetemi használatra szánt eredményközlési és értékelési módszertan mindenképpen a jövőre nézve kiváló megmaradó hasznosításnak nevezhető.

Az innováció során kapott eredmények hasznosításának kiváló terepe az egyetemmel szoros kapcsolatban álló és maradó spin-off cégek létrejötte. Ezeknek a vállalkozásoknak elsődleges feladatuk piaci körülmények között az egyetemi vagy egyetemhez köthető inkubációs feltételek mellett megszületett eredmények hasznosítása. Amennyiben ezen cégeknél az egyetem tulajdoni hányadot tart meg, az egyetem érdekei (hírverés, esetleges bevételek, hivatkozások,

további együttműködések stb.) tartósan érvényesülnek, míg a kicsiny vállalkozások a jól csengő BME „brand”-et használhatják. A szimbiózisnak köszönhetően adott feltételek mellett az egyetem szintén hivatkozhat az általa létrehozott spin-off vállalkozásra.

Az eredmények hasznosításának majdnem legkézenfekvőbb területe az oktatás. A tudományos munkában megszerzett tapasztalatokat az oktatásban működő kollégák átadják a hallgatóknak, bevonják őket egy-egy részprobléma megoldásába, így versenyképes tudással szerelhetik fel őket. A nemzetközi mércével mért kimagasló eredmények külföldi elismerést vívnak ki az oktatásban is, BSc, MSc és PhD képzésünk ennek megfelelően nemzetközi szinten is versenyképes lesz. Az oktatásban így az eredmények egészen hosszú távon hasznosulnak, megőrizve a BME elitegyetemi besorolását.

Az alkalmazott társadalomtudományi kutatások eredményei energiahatékony városfejlesztési koncepciók megalapozását szolgálhatják. Például helyi erőforrásokra és intézményekre támaszkodó fenntartható energiahatékonyasági stratégiák megfogalmazása a felmérések eredményeinek felhasználásával. A hasznosítási lépések közé tartozhat még a lakókörnyezet, régió és fogyasztási területek szerint szükségképpen fókuszált elemzési eredmények általánosítása és energiahatékony fejlesztést célzó általános városfejlesztési és épületrehabilitációs alapelvek kidolgozása. További – csakis külső partnerekkel együtt végrehajtható – lépés lehet a nemzeti szintű képzés és tudásátadás szakmai alapjainak megteremtése. A kutatási eredmények figyelembevételével a projektbe bekapcsolódó szakértők a helyi és regionális szereplők részére készülő szabályozási ajánlások elkészítésében vehetnek részt. A hasznosítás jelentős részben a partnerek aktivitását és támogatását is megkívánó része a nemzeti keretfeltételekről szóló ismeretek disszeminálása.

Publikációk készítése. A CIE (Nemzetközi Világítástechnikai Bizottság) fórumain keresztül történő tájékoztatás és lehetőség szerint a CIE szabványokban történő megjelenés. A magyar fénycsőgyártás ipari szereplőinek megkeresése és a kutatási eredmények közvetlenül a piacra vitele.

Az üzemanyagciklus zárásával alapvetően megváltozik a kiégett nukleáris üzemanyag helyzete - hulladékból erőforrássá lép elő -, és ennek az ezzel kapcsolatos hosszú távú nemzeti stratégiában is tükröződnie kell. Ehhez olyan hazai tudásközpontnak kell kialakulnia, amely képes stratégiai döntések műszaki-tudományos megalapozására.

7.7. Külső ipari és intézményi kapcsolatrendszer

A hazai villamosenergia-ipar olyan jelentős képviselői, mint pl. az MVM, MAVIR, E-ON, Budapesti Erőmű Rt. rendszeresen megbízzák különféle K+F feladatokkal a BME tanszékeit és tudásközpontjait. Az K+F+I tevékenységek egyik célja, hogy hozzájáruljon a BME és a villamosenergia-ipar kapcsolatának erősítéséhez, a stratégiai szövetség fenntartásához.

A nukleáris energetika területén a Paksi Atomerőmű Zrt. és a BME közötti együttműködés kezdetei az erőmű létesítési javaslatának kidolgozásáig nyúlnak vissza. A kutatási program is e stratégiai szövetség erősítését szolgálja. További együttműködésre törekszünk a Paksi Atomerőmű Zrt-nek műszaki-tudományos szolgáltatást nyújtó intézményekkel és vállalkozásokkal. Fontos célkitűzés az OECD Atomenergia Ügynökség (OECD Nuclear Energy Agency NEA) és a Nemzetközi Atomenergia Ügynökség (International Atomic Energy Agency – IAEA) projektjeihez való kapcsolódás. Fejlesztjük a Delft University of Technology-val kialakított kutatási együttműködést a transzmutációs lehetőségek vizsgálatában.

Az épületenergetika területén számos szakértői megállapítás szerint igen sikeres SOLANOVA EU program megvalósulásában a Gépészmérnöki Kar és az Építészmérnöki Kar munkatársai is részt vettek, a program lezárását követően 2009-ben alakult SOLANOVA/HU klaszter kifejezett célja a kutatási eredmények közvetítése és tudástranszfer a hazai kis és közepes vállalkozások felé.

Az Építészmérnöki Kar szoros munkakapcsolatot ápol az ÉMI Építésügyi Minőségellenőrző Innovációs Nonprofit Kft-vel, több nemzetközi pályázaton, illetve munkaprogramban is közösen vesznek részt. Jelenleg a CORNET program keretében több külföldi egyetemmel közösen európai szabvány kidolgozásában. Hasonlóan szoros munkakapcsolatot ápol társintézményeivel, elsősorban a Szent István Egyetem Ybl Miklós Építéstudományi Karával, valamint az Építőipari Tudományos Egyesülettel, a Magyar Passzívház Szövetséggel, és a Független Ökológiai Központ Alapítvánnyal.

A fogyasztói szokások, a társadalmi háttér kutatása kapcsán erősítjük az egyetem kapcsolatát a legfontosabb nemzetközi társadalomtudományi adatfelvételi és adatbanki hálózatok (ICPSR: Inter-University Consortium for Political and Social Research, ISSP: International Social survey Programme) hazai tagjával, a TÁRKI Társadalomkutatási Intézettel.

A Bioenergetikai Innovációs Klaszter (Gyöngyös) létrejöttét eredményező Asbóth program keretében folyó kutatásokban a BME munkatársai témavezetőként és külső szakértőként vettek részt, jelentősen hozzájárulva a sikerhez. A kutatási eredményeket felhasználjuk arra, hogy a bioenergetika területén megszerzett tudásbázist megőrizzük, növeljük és a jövőben is fontos szereplői legyünk országos és regionális projekteknek.

A K+F+I tevékenységünk eredményesség növelésében a Magyar Tudományos Akadémia által támogatott kutatóhelyekkel kiépült szoros kapcsolatoknak kiemelkedő szerepet szánunk. (pl. biomassza pirolízis területén a Központi Kémiai Kutató) Az energetika kiemelt kutatási területen érintett tanszékek, tudásközpontok és az MTA közötti formális és informális kapcsolatainak felsorolása terjedelmi okok miatt sem célszerű (pl. számos kutatócsoport éppen a BME-n működik). Ugyanakkor fontos kitérni arra, hogy a pályázat keretében végzett kutatási eredmények az élő együttműködések következtében a közvetlenül résztvevők körénél kiterjedtebb kutatói kör tudásbázisát fogja gyarapítani az egyéb kapcsolatok és együttműködések miatt.

Napelemgyártás kapcsán: Semilab, BudaSolar, MTA-MFA.

Kapcsolódó hazai és nemzetközi projektjeink:

- Fast2Light EU FW7-es IP projekt (OLED téma)
- RESMAP és PVMET "TECH" projektek (napelem téma)
- KÖZLED "TECH" projekt (LED téma)
- TERALED "AGE" projekt (LED téma, lezárt)

Hazai együttműködő partnereink:

Semilab Zrt, MTA-MFA, Mentor Graphics MicReD Divízió, TENZI Kft., Pannon Egyetem, HOFEKA Kft.

A megújuló energiaforrások agrár-műszaki K+F+I területén szoros együttműködésben vagyunk a hazai egyetemek, főiskolák vonatkozó kutatócsoportjaival (Óbudai Egyetem, Szt. István Egyetem, NYME, SZTE, DE, Károly Róbert Főiskola, Nyíregyházi Főiskola), az FVM Mezőgazdasági Gépesítési Intézetével, a Magyar Mezőgépgyártók Országos Szövetségének vállalataival és a legnagyobb mezőgazdasági integrátor vállalkozásaival (AXIÁL Kft, IKR Zrt, KITE Zrt.).

Ipari kapcsolatok a GE Hungary Zrt-vel. Együttműködés Sao Paolo-i egyetem Energetikai és Elektrotechnikai Intézetével és a Pannon Egyetem színtechnikai kutatócsoportjával.

7.8. A BME kiemelt kutatási területeinek kapcsolatrendszere

Az intézményi kereteken belül a fenntartható energetika (FE) mellett a következő kiemelt kutatási területek kerültek nevesítésre:

- járműtechnika, közlekedés és logisztika (JKL),
- biotechnológia, környezet- és egészségvédelem (BKE),

- nanofizika, nanotechnológia, anyagtudomány (NNA),
- intelligens környezet és e-technológiák (IKT).

Ezek a kutatási területek számos téma esetében átfedik egymást, így kiemelten fontos

- az átfedések azonosítása,
- az együttműködés intézményesítése,
- információs csatornák kialakítása.

A közös (átfedő) kutatás területek vonatkozásában a 7-2. ábrán látható K+F+I mátrix szolgál felvilágosítással, melyben feltüntettük azokat a témákat, ahol az egyes kiemelt kutatási területek résztvevőinek együttműködése célszerű.

	JKL	BKE	NNA	IKT
FE	megújuló bázisú motorhajtóanyagok, villamos hajtású járművek, tüzelőanyag cella közlekedési alkalmazása,	szennyezőanyagok környezeti hatásai, humánkomfort	fotovoltaikus technológiák, korszerű világítástechnika, erőművi anyagok	intelligens épületek, smart grid, korszerű folyamatirányítás és folyamat szimuláció

7-2. ábra. A kiemelt kutatási területek K+F+I mátrixa az átfedő témákkal

8. Forrásigény és pénzügyi terv

8.1. Költségbecslés

A költségek meghatározása, ill. becslése során a humánerőforrás és az infrastrukturális fejlesztések által meghatározott igényekre támaszkodunk. Természetesen ezek mellett figyelembe kell venni egyéb, járulékos költségeket, de ennek nagysága lényegesen kisebb az előző két területénél.

A Fenntartható energetika kiemelt kutatási területén a stratégia kidolgozása során rövid és középtávon 10 projektbe szervezve összesen 35 témajavaslatot dolgoztunk fel. A témajavaslatok közvetlenül tanszékekről és tudásközpontoktól érkeztek. Az egyes témajavaslatok kidolgozásaként a célkitűzés, a kapcsolódás, az eredmények és a szükséges források megadását vártuk el. Természetesen tudjuk, hogy a hosszabb időtávra vonatkozó forrásbecslések egyre bizonytalanabbak, így ezek az adatok a stratégia időszakos megújításával együtt felülvizsgálatra, pontosításra szorulnak, reálisan a következő 5 év, azaz 2015-ig tartó időszak adatait érdemes szerepeltetni.

A humánerőforrás igény megfogalmazható úgy, mint a kutatásban résztvevők személyi összetételének és mennyiségi igényeként és úgy is, mint ennek pénzügyi vonzata. Hasonlóan az infrastruktúrafejlesztésnél is a szükséges erőforrások definiálhatók, mint szükséges labor terület, konkrét berendezések, szükséges szolgáltatások és úgy is, mint ennek pénzügyi vonzata. A rendelkezésre álló infrastruktúrát a 3.3.2. Kutatási infrastruktúra fejezetben bemutattuk, e fejezetben a tervezett infrastruktúrafejlesztés pénzügyi vonatkozásai szerepelnek, melyek a Fenntartható energetika KKT-hez kapcsolhatók.

8.2. Források azonosítása

Humánerőforrások a jelenlegi helyzetképet (személyi állományt) foglalja össze létszámadatok formájában az alábbi táblázat.

Humánerőforrás jelenleg (2010. május)					
Hallgató	PhD hallg.	doktorjelölt	posztdok.	oktató/kutató	egyéb
37	26	14	6	50	3

Az elkövetkező 5 éves időszakban a következő erőforrás bővítéssel számolhatunk reálisan:

Humánerőforrás igény terv a következő 5 évben					
Hallgató	PhD hallg.	doktorjelölt	posztdok.	oktató/kutató	egyéb
90	35	30	20	80	6

Pénzügyi források tekintetében a stratégia készítésekor és az azt követő két esztendőben rendelkezésre álló, ill. reálisan tervezhető eszközöket foglalja össze az alábbi táblázat:

Források millió Ft (rendelkezésre álló)					
Év	Évi össz.	Hazai	Önrész	EU	egyéb
2010	57	35	10	2,5	9,5
2011	125	70	16	5	34
2012	125	70	16	5	34

A 2015-ig terjedő időszakra tervezhető forrásokat a következő táblázat foglalja össze:

Források millió Ft (tervezett)					
Év	Évi össz.	Hazai	Önrész	EU	egyéb
2013	125	50	15	15	45
2014	135	60	15	10	50
2015	135	60	15	10	50

Infrastrukturális fejlesztések vonatkozásában, melyek döntő mértékben laboratóriumi fejlesztéseket jelentenek, a következő öt éves időszakra vonatkozó forrástervet az alábbi táblázat tartalmazza (csak az energetikához társított fejlesztési tervek):

Laboratórium neve	Érintett szervezeti egység	Források millió Ft (terv) évente 2010-2015-ig
BME Oktatóreaktor	Nukleáris Technikai Intézet	25
BME Jendrassik György hőtechnikai laboratórium	Energetikai Gépek és Rendszerek Tanszék	15
Megújuló Energia Laboratórium	Energetikai Gépek és Rendszerek Tanszék	5
BME Kármán Tódor szélcsatorna laboratórium	Áramlástan Tanszék	1
BME Kvázi-optikai ESR spektrométer	Fizikai Intézet	10
MLC	Szerves Kémia és Technológia Tanszék	10
BME HSZL	Hidak és Szerkezetek Tanszéke	15
Hidrodinamika laboratórium	Hidrodinamikai Rendszerek Tanszék	5
Hőfizikai laboratórium	Épületenergetikai és Épületgépészeti Tanszék	15
Smart grid rendszerek labor	Villamos Energetika Tanszék	8
Villamos gépek és hajtások labor	Villamos Energetika Tanszék	8
Nagyfeszültségű laboratórium	Villamos Energetika Tanszék	8
Félvezető laboratórium	Elektronikus Eszközök Tanszék	10

A pénzügyi forrásként a kutatóegyetemi programhoz kapcsolódó TÁMOP program kereteire, mint „seed-money” tekintünk. Az eredményes kutatások és az európai és hazai célokkal harmonizáló célkitűzések alapján további források vonhatók be a programba a saját erőforrások mellett.

A különböző pályázati és támogatások tételes felsorolását mellőzve, néhány hazai és nemzetközi program, amihez a csatlakozás feltétlenül fontos. A korszerű energetikai technológiák és a megújuló energiaforrások kutatása tekintetében az *Intelligens Energia Európa Program*, az

EU FP7 program pályázati lehetőségei további bevonható forrásokat jelentenek. A negyedik generációs reaktorok területén a legfontosabb forrásokat az EURATOM keretprogramjai jelentik. A Paksi Atomerőmű Zrt. évek óta finanszírozza a nagyaktivitású hulladékok transzmutációját célzó kutatásokat.

Az energiahatékony városfejlesztés támogatását célzó szociológiai jellegű kutatásoknál mindenekelőtt az *EU INTERREG* program egyes kiírásaihoz lehetséges kapcsolódni. Az alapkutatói jellegű elemzéséhez az *OTKA* kutatási támogatást kívánunk megszerezni.

A 2004. évi CXXXIV. törvény (a kutatás-fejlesztésről és a technológiai innovációról) alapján a gazdálkodó szervezetek *innovációs járulék* fizetési kötelezettségeiket különböző típusú kutatások finanszírozására is fordíthatják. Az eddigi gyakorlatot követve ez a járulék is jelentős mértékben hozzájárulhat az alap- és alkalmazott kutatásokhoz és kísérleti fejlesztésekhez.

Potenciális forrásként fontos megjelölni az Új Széchenyi Tervet. A BME fenntartható energetika terület kutatási prioritásai jól harmonizálnak az Új Széchenyi Tervben megfogalmazott célkitűzésekkel.

8.3. Források megszerzése

A kutatási stratégia eredményes végrehajtásának egyik mutatójaként definiálható az egyes projekteket/témákat művelő szervezeti egységek (tanszék, tudásközpont) forrásszerzési képességének fejlődése. A kutató egyetemi programban a Fenntartható energetika keretében meghatározott projektek szerint – a TÁMOP program által katalizálva – elinduló kutatások, valamint a személyi és tárgyi infrastruktúra hozzájárul más pályázatok elnyeréséhez szükséges kutatási referencia megszerzéséhez. A kutatás interdiszciplináris jellege új finanszírozási forrásokat tehet elérhetővé. Ezen új lehetőségek feltárása az együttműködés egyik eredménye lehet, és hozzájárulhat a megindított projektek fenntartásához.

Az egyes kutatási projektek eredményességük függvényében különböző élettartamúak. Valamennyi esetben az eredményesség fogja meghatározni, hogy milyen lesz a forrásmegtartó illetve bővített forrásmegszerző képessége.

Az eredményesség több fontos mutatója között a technológiai demonstráció, fél-üzemi megvalósítás nagyon fontos szerepet tölt be. Egyrészt az erőforrás igény jóval nagyobb ezen eredmények eléréséhez, másrészt a műszaki kutatások jelentős része nem nélkülözheti az ilyen jellegű eredmények elérésére való törekvést, mert az ilyen, azaz demonstrációként vagy üzemi, fél-üzemi kivitelként bemutatható eredmények fokozottan növelik az erőforrások megszerzésére való képességünket.

Az EU FP7 programjaiba való bekapcsolódáshoz elengedhetetlen egy erős nemzetközi kapcsolati háló kiépítése, fenntartása.

9. Feladatok ütemezése

Az alábbiakban rövid, közép és hosszú távra katalogizáltan felsoroljuk az előző fejezetekben bemutatott feladatok és kutatási célkitűzések közül a fontosabbakat. A katalogizálás elsődleges szempontja, hogy az adott feladat megvalósulását, az érintett kutatási terület gyakorlati eredményeinek elérését mikorra várjuk. A felsorolás nem teljes körű, nem tér ki minden, a stratégia által kitűzött célra, csupán azokra, amelyek megvalósítását kiemelten fontosnak érezzük. A katalogizálás alapját adó időtávok jelentése a következő:

- rövid táv – az elkövetkező 1-2 éven belül,
- közép táv – az elkövetkező 2-5 éven belül,
- hosszú táv – az elkövetkező 5-10 éven belül.

A fenntartható energetika kiemelt kutatási területhez tartozó stratégiai feladatok ütemezéséhez nyújt megfelelő alapot az EurEnDel felméréshez kapcsolódó lépések időbeliségét összefogó feladatlista, melyet a 9-1. ábra szemléltet.

Szükséges lépések					
Alapkutatás K+F	Alkalmazott K+F	Pénzügyi intézkedés	Szabályozások	Széles kör elfogadtatás	Mikor várható
	A biomassa széles körben használt fűtésre.				Középtáv 2011-2020
		15 % teherszállítás vasúton.			
	Hatékonyabb folyamatok az iparban (50 % igény csökkentés).				Hosszútáv 2021-2030
	A háztartási szektor energiaigényének csökkentése (az épületek 50 %-a intelligens rendszerrel).				
	A primer energia 25 %-a megújuló energiaforrásokból.				
	Az óceán energiáját használó technológiák a gyakorlatban.				
	Az energia rendszer 30 %-a megosztott.				
	A közlekedésben 20 % az üzemanyagcella aránya.				
	A közlekedésben 25 % a bioüzemanyagok aránya.				
	Az idős szakos megújuló forrásoknak energiájának tárolása széles körben.				
	Nukleáris erőművek passzív biztonsági reaktorral.				
	Szupravezető anyagok széles körű alkalmazása az áramtermelésben.				
	CO ₂ megkötés és csökkentés a gyakorlatban.				
	Nemzetközi hálózatok használata megújuló források területén.				
	5 % fotoelektromos alapú áramtermelés.				
	Nukleáris fúziós technológia a gyakorlatban.				
	A megújuló alapú H ₂ nagy arányú piaci térhódítása.				
	A különböző forrásokból származó H ₂ nagy arányú piaci térhódítása.				
	A H ₂ biológiai alapú termelése a gyakorlatban.				
					Nagyon hosszú táv 2030 után

9-1. ábra. A K+F+I célkitűzések megvalósításának lépései

9.1. Rövid távú feladatok

A fenntartható energetika kiemelt kutatási terület keretén belül a rövid távú stratégiai K+F feladatok a következők:

- a kutatási célok és projektek meghatározása, munkacsoportok összeállítása, kutatási erőforrásigény átfogó felmérése, részletes munkaterv kidolgozása;
- vizsgálati módszerek kidolgozása az energiafelhasználás hatékonyságának felmérése;
- aktív kapcsolatok kiépítése hazai és külföldi kutatóhelyekkel;
- a megújuló energiaforrások potenciáljának felmérése, a II. generációs bioenergetikai technológiák alkalmazhatóságának vizsgálata;
- a nemzetgazdasági szintű energiahordozó-struktúra alakíthatóságának vizsgálata;
- az épületek energetikai állapotfelmérésére szolgáló módszerek kidolgozása;
- szennyezőanyag terjedési modellek felmérése és adaptálási lehetőségeinek vizsgálata;
- az alkalmazható smart technológiák felkutatása és adaptációjuk támogatási rendszerének kidolgozása;
- a geotermális energiahasznosítás kapcsán a hazai hőszivattyú gyártást segítő fejlesztések;
- reaktorfizikai, termohidraulikai és üzemanyagciklus vizsgálatok a GFR 2400 MW-os koncepciójával kapcsolatban;
- megvalósíthatósági vizsgálatok az ALLEGRO kísérleti reaktorral kapcsolatban;
- kapcsolódás az új atomerőmű igényelte szakemberképzés és tudásbázis kiépítés programjaihoz illetve részvétel a programok kidolgozásában.

9.2. Középtávú feladatok

A középtávú feladatok között a felmérésen és kutatáson túl jelentős szerepet kap az innováció, a kísérleti, félüzemi és demonstrációs berendezések létrehozása, valamint a kiépített kapcsolatok intenzifikálása és a további partnerkeresés. Ennek megfelelően az öt éven belül megvalósítandó stratégiai feladatok a következők:

- épületszerkezetek állapot-felmérése, életciklus analízise, modellezése,
- épületenergetikai méretezési metodika kidolgozása,
- energia- és környezettudatos épület-felújítási módszerek fejlesztése, hatékonyabb klímatechnika és a tömegesen alkalmazható passzívház technikák kidolgozása,
- biomassza/geotermikus és karbon semleges villamos energiával hajtott hőszivattyús alapfűtés valamint csúcs földgáz-kazán optimális kooperációjának kidolgozása;
- fosszilis tüzelőanyag bázisú erőművekben alkalmazott szén-dioxid megkötési technológiák hatékonyság rontó hatását mérséklő, kompenzáló eljárások kutatása,
- biomassza-fosszilis együtt tüzelési technológiák fejlesztése,
- intelligens energia-hálózat, nem konvencionális – többnyire – elosztott villamosenergia-termelés, szupravezetési energiátárolás,
- a kapcsolt energiatermelés alkalmazási körének szélesítése,
- szélerőművek integrációjának támogatása - virtuális erőmű,
- biomassza felhasználás fenntartható módozatainak meghatározása, fejlesztése, kapcsolt hő- és villamosenergia-termelés karbon-semleges fűtőerőművekben (pl. kommunális hulladék, biomassza),
- második generációs biomassza technológiák, energianövény bázisú üzemanyag (növényolaj, alkohol) gyártási technológiák fejlesztése,
- napenergia bázisú hő- és villamosenergia-termelési technológiák fejlesztése,
- hazai gyártásra biomassza tüzelőberendezések fejlesztése fűtési célú felhasználásra,

- hőszivattyúk hazai gyártását és elterjedését támogató fejlesztések, geotermikus energiát hasznosító berendezések, kapcsolások fejlesztése és hazai gyártásuk elősegítése,
- technológia fejlesztések a fosszilis energiahordozók kitermelési hozamnövelésére, az átalakítás és feldolgozás technológiai fejlesztése az energiaintegráció növelése,
- pontos energiafogyasztási igények szociológiai felmérésekkel történő feltárása,
- nemzetközi és hazai környezetben releváns beruházás-értékelési módszertan kidolgozása,
- a vízenergia szerepének átértékelése, beleértve az energiátárolási célú felhasználást,
- az energetikai szektorban megvalósítandó támogatási politikák hatásainak meghatározása
- bekapcsolódás más negyedik generációs reaktorkoncepciók vizsgálatába is.

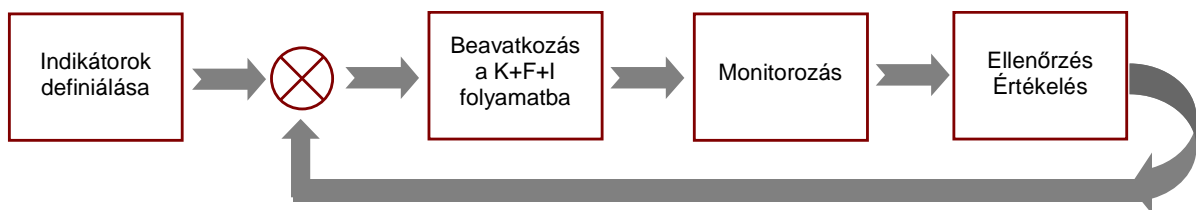
9.3. Hosszú távú feladatok

A hosszú távú feladatok alapvetően az elért eredmények folyamatos meghaladását, a mindennapi gyakorlatba való átültetését, valamint az oktatásban való megjelenítését fogják össze, úgymint

- az elért energiahatékonysági és technológiai eredmények ipari, üzemi gyakorlatba ültetése;
- a korszerű építőanyagok és tervezési módszerek megjelenése a tervezői és kivitelezői gyakorlatban;
- korszerű energetikai eszközök piacra kerülése és terjedése;
- a kutatási eredmények oktatásban való megjelenése;
- tudásbázisok és információs rendszerek kiépítése, valamint a már kiépült rendszerek folyamatos bővítése;
- a kialakított együttműködési és partnerségi viszonyok folyamatos fenntartása,
- új kutatási célok megfogalmazása;
- a humán erőforrás- és infrastrukturális fejlesztések
- a negyedik generációs reaktorok fejlesztésének nemzetközi és hazai eredményeinek felhasználásával stratégiaalkotás a hazai nukleáris energetika számára.

10. Monitoring rendszer

A Nemzeti Kutatási és Technológiai Hivatal (NKTH) 2008-ban egy iránymutatást adott a különböző finanszírozott pályázati projektek követésére és monitorozására. Az iránymutatás célja a projektek pénzügyi és szakmai szempontból történő ellenőrzöttségének garantálása. Ezt a törekvést Műegyetemi szinten is érvényre kell juttatni a projektek megvalósítása során. Minden projektnek (pályázati vagy külső megbízási) van egy indikatori rendszere, ami a teljesítési ellenőrzés alapjául szolgál. A fenntartható energetika területén, az egyéb kiemelt kutatási területekhez hasonlóan, a stratégiai dokumentumok tartalmazzák azokat a támpontokat, amelyek alapján az egyetem vezetése garantálni tudja a minőségi teljesítést a különböző K+F+I projektek terén. A monitorozás bemenete az indikátor rendszer általános és projekt specifikus formában. A projektek működésének ellenőrzési folyamata a 10-1. ábrával szemléltethető.



10-1. ábra. A K+F+I projekt ellenőrzési folyamata

A BME kutatóegyetemi és TÁMOP pályázataiban indikátorok szerepeltek, amiknek a teljesítést a BME elvállalta. Ezeknek az indikátoroknak a minőségi teljesítése az egyetem alapvető érdeke. Ez ugyanakkor a finanszírozó felé vállalt kötelezettségen túlmenően mintául is szolgál arra vonatkozóan, hogy a BME későbbi pályázatokban és projektekben is hasonlóképpen járjon el. Ez a pályázat lehetőséget biztosít a BME-nek, hogy olyan monitorozási rendszert fejlesszen ki és alkalmazzon, ami garantálja a minőségi teljesítést és a tanulságok alapján érvényesíteni ezt a rendszert későbbi projektekben egyetemi szinten.

- A monitorozás szükségessége a projekt életciklusában több ponton és több tekintetben merül fel.
- Átláthatóság biztosítása finanszírozó felé a beszámolási kötelezettségek teljesítésének formájában.
- A monitorozás alapozza meg az intézményi K+F+I politika irányvonalak feltérképezését, kialakítását és fejlesztését.
- A projekt teljesítésére vonatkozó kockázatok kezelése a minőségi kontrollon valósul meg, megteremtve a lehetőséget a beavatkozásra.
- Új folyamatvezérlési kultúrát és fürgébb változásmenedzsmentet eredményez.
- Az intézményi policy” megerősítése, a program célok eléréséhez, valamint a projekt-munkához kapcsolódó kultúra kialakításának illetve változtatásának elősegítése.
- Az eredmények megismertetése, bemutatása.

A stratégiában megfogalmazott célkitűzések és feladatok eredményes teljesülését többféle indikátorral lehet jellemezni, mely indikátorokat – eredményesség érdekében – nem csak a stratégia által meghatározott időszak végén, hanem folyamatosan célszerű vizsgálni. Indikátornak olyan mennyiségeket, mutatókat célszerű választani, melyek könnyen számszerűsíthető és a projekt sikeres megvalósulásának objektív mutatószámai. Ennek megfelelően a következő indikátorok folyamatos (féléves-éves) monitorozása látszik célszerűnek, mind a TÁMOP

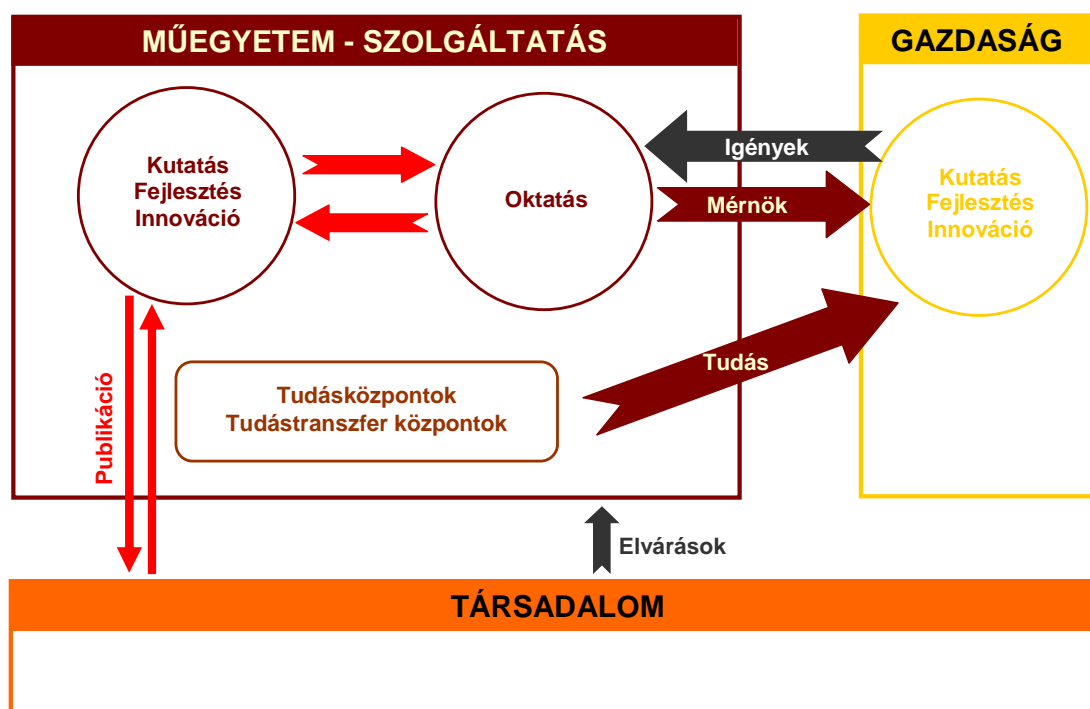
projekt időtartama alatt, mind pedig az azt követő időszakba mindaddig, amíg egy újabb stratégia más indikátorokat és monitoring rendszert nem határoz meg:

- 1) publikációs tevékenység (ezek output indikátorok):
 - a) monográfiák száma,
 - b) a hazai publikációk száma,
 - c) nemzetközi publikációk száma,
 - d) publikációk összegzett impakt faktora,
 - e) a publikációkra történő hivatkozások száma;
- 2) innovációs tevékenység (ezek output indikátorok):
 - a) szabadalmak,
 - b) kísérleti berendezések,
 - c) demonstrációs projektek,
 - d) üzemi, félüzemi berendezések;
- 3) humán erőforrás-fejlesztés és tehetséggondozás (ezek output indikátorok):
 - a) K+F+I tevékenységbe bevont kutatók száma,
 - b) megszerzett doktori fokozatok,
 - c) K+F+I tevékenységbe bevont mester és doktori képzésben részt vevő hallgatók száma
 - d) a fenntartható energetika kiemelt kutatási területen dolgozó főállású oktatók és kutatók száma,
 - e) a fenntartható energetika kiemelt kutatási területen dolgozó tudományos fokkalal rendelkező főállású oktatók és kutatók száma,
- 4) infrastrukturális fejlesztés: új beszerzésű, K+F tevékenységet szolgáló eszközök száma (ezek teljesítmény indikátorok)
- 5) kapcsolatépítés: K+F tevékenységbe bevont együttműködő partnerek száma (ezek teljesítmény indikátorok)

11. Hatáselemzés

11.1. Kutatás, oktatás és szolgáltatás

A BME, mint felsőoktatási és kutatási intézmény a tevékenysége három pilléren alapszik: oktatás, kutatás és fejlesztés. Ez a háromszög adja a tevékenységek közötti hangolás alapját és hasonlóképpen mind a három tevékenységben lehet más-más siker indikátorokat definiálni. Az oktatás terén középpontban van a képzés színvonala, illetve a végzett mérnökök az iparban hasznos elméleti és gyakorlati felkészültségi és tudás szintje. A kutatás terén alapvető a minősítési minőség és mennyiség a doktori programjaiban, illetve a színvonalas publikációkban. Ez a mérőrendszer a fejlesztésben jórészt a született know-how és alkalmazási halmaz számában és innovatív minőségében mérhető. A TÁMOP pályázat hatására az eredmény látható lesz egyén, kutatócsoport és egyetemi, továbbá hazai, európai és nemzetközi szinteken, természetesen más és más formában. A 11-1. ábra mutatja az oktatási, kutatási és szolgáltatási tevékenységek kapcsolatát a Műegyetemen kívüli szektorokkal.



11-1. ábra. Oktatás, kutatás és szolgáltatás kapcsolatai

A TÁMOP pályázat teljesítése során végrehajtandó intézkedések hatásaként leginkább a kutatás-fejlesztési humán és infrastrukturális környezet és képesség, a szolgáltató és innovációs szemléletmód és hajlam, a kutatói állások megtartási és esetleges minőségi bővítési lehetőségeinek, valamint a K+F+I személet és szerzett tudásanyag ipar felé és az oktatásba történő beépülésének fokozatos javulását a várjuk.

Egyetemi szinten várt hatás:

- minőségi tudáskoncentráció, megkülönböztető képesség
- igazolt kapacitások, képességek és lehetőségek
- kiváló eredmények döntően az innováció korai szakaszában
- szolgáltató egyetem
- belső innováció, mint jövőkép

- erőforrás igény
- hallgatói vetület

A fenntartható energetika kutatási terület stratégiájában kiemelt helyet foglal el az utánpótlás nevelés, melyet abban az esetben lehet hatékonyan megvalósítani, ha az elért kutatási eredményeket fokozatosan beépítjük az oktatásba. Ennek eredményeképpen a hallgatók korszerű ismeretekhez jutnak, így megalapozzák a jövőbeni hatékony és eredményes kutatási és fejlesztési tevékenységet. Az ipari megrendelők felé a BME ez elért kutatási eredményeket felhasználva lényegesen magasabb szintű K+F+I szolgáltatások nyújtására lesz képes, hatékony megoldásokat és korszerű módszereket tud majd kidolgozni.

Az oktatás színvonala, illetve ennek megtartása és javítása az egyetemi vezetés egyik stratégiai célja, mint befektetés a jövőbe. Minden az egyetemen belüli tevékenység hatással van a képzések színvonalára. A BME kutatóegyetemi és TÁMOP pályázat vállalásaiban fontos szerepet kapott a humán erőforrás és infrastruktúrafejlesztés az elméleti és alkalmazott kutatás mellett. Ezek a szempontok az oktatás színvonalára is erős hatással vannak.

A stratégiai dokumentum nem tér ki az oktatási kérdésekre. Itt alapvetően a hatást elemezzük, hogy a TÁMOP pályázatban vállalt feladatok elvégzése milyen hatással lesz az oktatásra. Ez egy iteratív megközelítés, mert a stratégia eleminek megvalósításához megfelelő képzettségű utánpótlás szükséges, a jobb képzés érdekében jól felkészült és színvonalas humán és infrastruktúrára van szükség.

A fenntartható energetika kiemelt kutatási terület sikerét hosszabb távon a megfelelő mennyiségű és minőségű utánpótlás biztosítja. Ennek három szintje:

- középszintű képzettséggel rendelkező, az új megoldásokra és innovációra nyitott szakembereket megfelelő létszámban kibocsátó BSc szintű képzés,
- magas szintű képzettséggel rendelkező, önálló tervezői-fejlesztői tevékenységre alkalmas, az innovációra nyitott mérnököket, megfelelő létszámban kibocsátó MSc szintű képzés,
- önálló kutató-fejlesztő tevékenységre alkalmas szakembereket kibocsátó doktori és szakirányú továbbképzések.

11.2. Innovációs lánc

A kutatási projektek eredményeképpen létrejövő korszerű megoldások, új eszközök és berendezések, valamint tervezési módszerek és tudásbázis létrejöttének eredményei a teljes nemzetgazdasági innovációs láncban éreztethetik majd hatásukat. A kifejlesztett új megoldások gyártásba illesztése, ill. az új módszerek alkalmazása révén nyert tapasztalatok új kutatási irányok megfogalmazását teszik/tehetik szükségessé, ill. lehetővé, így érvényesítve a kutatóhelyek és az alkalmazók közötti visszacsatolási lehetőségeket. A gazdasági szereplőkkel folytatott folyamatos párbeszéd, új megoldások kifejlesztésére sarkall, mely fő mozgatórugója a K+F+I tevékenységnek.

A konkrét eredmények vonatkozásában a következő eredmények, ill. nemzetgazdasági szintű hatások valószínűsíthetők hosszú (évtizedes) távlatban:

- az energiafelhasználás hatékonyságának javulása, összhangban az EU energiapolitikai célkitűzéseivel;
- a megújuló energiaforrásoknak az energiahordozó struktúrában belüli arányának növekedése;
- az ellátás biztonságának, a források diverzifikáltságának javulása;
- az alacsony energiafelhasználású, valamint a passzív házak számának növekedése és ezzel párhuzamosan a háztartások energiafelhasználásának csökkenése;

- az üvegházhatású gázok és egyéb szennyezőanyagok kibocsátásának érzékelhető csökkenése;
- megalapozottabb energiapolitikai döntések.

11.3. Társadalmi hatások

A társadalmi, gazdasági és környezeti problémák összehangolt megoldása csak egy megváltozott szemléletű társadalomban képzelhető el. Az oktatás-nevelés feladata, hogy speciális eszközeivel segítsen kialakítani egy olyan etikai, érték- és cselekvési rendszert, amely figyelmet fordít a kulturális identitásra, a demokratikus döntéshozatalra, a természet értékeire és a természeti erőforrások megfelelő felhasználására és kezelésére. A fenntarthatóság pedagógiájának eszközei hozzájárulnak ahhoz, hogy a társadalom tagjai megismerjék, és ezáltal követhessék a fenntartható fejlődés elveit, koncepcióját, gyakorlati megvalósításának lehetőségeit. A fenntartható energetikát szolgáló oktatásnak elő kell segítenie, hogy a társadalom tagjai megtanuljanak olyan személyes döntéseket hozni, amelyek elősegítik a jelen és a jövő generációinak jólétét, miközben nem veszélyeztetik a földi ökoszisztémák működőképességét. A fentiekből következik, hogy a társadalom minden rétegében szükség van a fenntarthatóság elveinek és gyakorlatának elsajátítására, a fenntarthatóságra nevelésre.

11.4. Partnerségi rendszer

Hosszú távon várható a Műegyetem K+F partnereinek bővülése. A TÁMOP projekt kiváló lehetőséget jelent a meglévő partnerségi kapcsolatok új tartalommal történő megtöltésére, valamint új partnerek megkeresésére.

12. Fogalomtár

A dokumentumban használt fogalmak és rövidítések magyarázata

ALLEGRO – kísérleti gázhűtésű gyorsreaktor (GFR)

AMR – Automatic Meter Reading, automatikus mérőleolvasás

CCS – Carbon Capture and Sequestration, CO₂ leválasztás és tárolás

DSM – Demand Side Management, igény oldali (fogyasztói) befolyásolás

emisszió – kibocsátás (itt: szennyezőanyagé)

energiahatékonyság – az előállított gazdasági érték és a felhasznált energia hányadosa

energiaigényesség – az energiahatékonyság reciproka

fényhasznosítás – a fényforrás által leadott fényáram és a felvett teljesítmény hányadosa (lumen/watt)

fluoreszcens fényforrás (fénycső) – nemesgázban történő elektromos kisülés útján keletkező elektronok által gerjesztett Hg-atomok UV kibocsátására keletkező látható fény a fénycső falára felvitt fluoreszcens fénypor rétegben

fosszilis energiahordozó – ásványi eredetű energiahordozó, mely az energiát kémiai formában jeleníti meg (pl. kőolaj, földgáz, szén)

GDP – gross domestic product, bruttó hazai termék

GenIV – negyedik generációs atomerőművek

GFR – Gas-cooled fast reactor (GFR), gázhűtésű gyorsreaktor

IEA – International Energy Agency (www.iea.org)

kapcsolt energiatermelés – CHP (Combined Heat and Power), hő és villamos energia egy technológiában történő előállítása

KKT – kiemelt kutatási terület

kompakt és lineáris fluoreszcens fényforrás – a lineáris fénycső nem tartalmazza a gyújtáshoz szükséges elektromos segédberendezéseket és egyenes cső kialakítású, míg a kompakt fénycsövek felcsavart csőben kerülnek kialakításra és tartalmazzák az elektronikus gyújtást

MAVIR – Magyar Villamosenergia-ipari Átviteli Rendszerirányító

monitoring – a program végrehajtója által működtetett, a támogatott program teljes futamideje alatt a célok elérését, a program időbeli szakmai, pénzügyi előrehaladását és megvalósulását folyamatosan vizsgáló adatgyűjtő tevékenység. Eredményeit felhasználja az ellenőrzés és az értékelés is

MVM – Magyar Villamos Művek

ODEX – (ODYSSEE index) energiahatékonysági index, az aktuális időszak energiafelhasználásának (E) és az energiafelhasználás és az energiamegtakarítás (T) összegének hányadosa: $ODEX = E / (E + T)$. Az energiamegtakarítást egy kiválasztott (bázis) időponthoz képest kell meghatározni.

OECD – Organisation for Economic Co-operation and Development, Nemzetközi Gazdasági Együttműködési és Fejlesztési Szervezet

OLED – organikus LED

SOLANOVA – ~ projekt: soklakásos panelépület és a kapcsolódó hőszolgáltató rendszer napenergiával segített klímataudatos felújítása

SWOT – A SWOT egy angol mozaikszó, 4 szó kezdőbetűiből áll össze: Strengths – erősségek, Weaknesses – gyengeségek, Opportunities – lehetőségek, Threats - veszélyek. Gyengeségek: belső tényezők: olyan dolgok, amik nem jól működnek, de lehet rá befolyás, hogy jobb legyen. Erősségek: belső tényezők: pozitív dolgok, amik jól működnek és lehet rá befolyás, hogy még jobban működjenek. Lehetőségek: külső tényezők: olyan adottságok, amelyeket nem tudunk befolyásolni, de kedvezőek, és rájuk építve kihasználhatjuk az erősségeinket. Veszélyek: külső tényezők: olyan korlátok, negatív tényezők, amelyeket nem tudunk befolyásolni, és csökkentik a siker esélyeit, kockázatot is jelentenek.

színvisszaadás – a fényforrás azon képessége, hogy különféle tárgyakat megvilágítva, mennyire képes azok színét visszaadni

tüzelőanyag cella – (Fuel Cell, FC) elektrokémiai konverziós eszköz, kémiai energiából közvetlenül villamos energiát (és hőt) állít elő

WEC – World Energy Council (www.worldenergy.org)

UNFCCC – United Nations Framework Convention on Climate Change, az ENSZ Klímaváltozási Keretegyezménye

U.S. DoE –United States Department of Energy (www.doe.gov)

13. Felhasznált források

- [1] BERTOLDI, P., ATANASIU B. (2009): Effective Policies for Improving Energy Efficiency in Buildings. Krakow, Poland, 12-14 September 2007. *Proceedings of the JRC Workshop on Scientific Technical Reference System on Renewable Energy & Use Efficiency*. European Commission Joint Research Centre Institute for Environment and Sustainability
- [2] CSOM GY, ASZÓDI A., GADÓ J., GERSE L., HEGYHÁTI J., KATONA T., LUX I. (2006): A nukleáris energia szerepe a jövő energiaellátásában, különös tekintettel a paksi atomerőmű jövőjére. *Az új magyar energiapolitika tézisei a 2006-2030 évek közötti időszakra. 8. fejezet*. Gazdasági és közlekedési minisztérium.
- [3] ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE (2009): A Strategy for Nuclear Energy Research and Development. www.epri.com
- [4] Elek L. (2009): Energiahatékonysági politikák és intézkedések Magyarországon. „Az energiahatékonyság monitoringja az EU-27-ben” című projekt Magyarországra vonatkozó zárótanulmánya. Energia Központ Kht., Budapest
- [5] ETH ZURICH ENERGY SCIENCE CENTRE (2008): Energy strategy for ETH Zurich. www.esc.ethz.ch
- [6] EUROPEAN COMMISSION (2010): Europe’s energy position markets and supply. Market Observatory Report for 2009.
- [7] EUROPEAN COMMISSION, DIRECTORATE-GENERAL FOR RESEARCH (2010): International cooperation in EU energy research.
- [8] EUROPEAN COMMISSION, DIRECTORATE-GENERAL FOR RESEARCH, INDUSTRIAL TECHNOLOGIES (2010): Energy efficient buildings PPP. Multi-annual roadmap and longer term strategy.
- [9] EUROPEAN COMMISSION, DIRECTORATE-GENERAL INFORMATION SOCIETY AND MEDIA (2009): ICT for a Low Carbon Economy. Smart Electricity Distribution Networks.
- [10] EUROPEAN COMMISSION, DIRECTORATE-GENERAL FOR RESEARCH, SUSTAINABLE ENERGY SYSTEMS (2007): ENERGY: Economic, social and policy-oriented research in Europe. EUR 22577.
- [11] EUROPEAN COMMISSION, DIRECTORATE-GENERAL FOR RESEARCH SOCIO-ECONOMIC SCIENCES AND HUMANITIES (2009): The World in 2025. Rising Asia and socio-ecological transition.
- [12] EUROPEAN COMMISSION, EUROSTAT (2009): Panorama of energy. Energy statistics to support EU policies and solutions. *Eurostat Statistical Books*
- [13] EUROPEAN COMMISSION – JOINT RESEARCH CENTRE (2009): 2009 Technology Map of the European Strategic Energy Technology Plan (SET-Plan). Part – I: Technology Descriptions. *Scientific and Technical Research series. JRC Scientific and Technical Report*
- [14] GÁCS I., BIHARI P., FAZEKAS A. I., HEGEDŰS M., TIHANYI L. (2006): Magyarország primerenergia-hordozó struktúrájának elemzése, alakításának stratégiai céljai. *Az új magyar energiapolitika tézisei a 2006-2030 évek közötti időszakra. 9. fejezet*. Gazdasági és közlekedési minisztérium.
- [15] GIBER J., GÖNCZI P., SOMOSI L., SZERDAHELYI GY., TOMBOR A., VARGA T., BRAUN A., DOBOS G. (2005): A megújuló energiaforrások szerepe az energiaellátásban. *Az új ma-*

- gyar energiapolitika tézisei a 2006-2030 évek közötti időszakra. 12. fejezet. Gazdasági és közlekedési minisztérium.
- [16] INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (2010): Key World Energy Statistics. www.iea.org
- [17] IRISH ENERGY RESEARCH COUNCIL (2008): An energy research strategy for Ireland. Dublin.
- [18] IRONS, R., GOH, B., SNAPE, C., ARENILLAS, A., DRAGE, T., SMITH, K., MAIER, J., DHUNGEL, B., JACKSON, P., SAKELLAROPOULOS, G., STATHOPOULOS, V., SKODRAS, G. (2009): Assessment of options for CO₂ capture and geological sequestration – Comparison of CO₂ capture technologies and enhancing CMM production with CO₂. *European Commission, Directorate-General for Research*.
- [19] KAVALOV, B. (2009): Market Perspectives for Products from Future Energy-Driven Biorefineries by 2020. European Commission Joint Research Centre Institute for Environment and Sustainability
- [20] KLINCKENBERG, F., CHOBANOVA, B. (2006): Energy Transition. Energy Research Strategy. European Technology Platforms. A Comparison of Visions and Research Agendas. *Klinckenberg Consultants, Netherlands*.
- [21] POÓS M., RÁCZ L. (2005): A hazai energiaellátással kapcsolatos közép- és hosszú távú környezetvédelmi követelmények. *Az új magyar energiapolitika tézisei a 2006-2030 évek közötti időszakra. 10. fejezet. Gazdasági és közlekedési minisztérium*.
- [22] SENTERNOVEM AGENCY (2006): Netherlands Long-Term Energy Research Strategy. www.senternovem.nl
- [23] STRÓBL A. (2005): A hazai energiaigény prognózisai és az azokból levont következtetések. *Az új magyar energiapolitika tézisei a 2006-2030 évek közötti időszakra. 3. fejezet. Gazdasági és közlekedési minisztérium*.
- [24] SZERDAHELYI GY., GERGELY K., HARMUND M., MEDGYES M. (2005): Energiatakarékoság a magyar energiapolitikában. *Az új magyar energiapolitika tézisei a 2006-2030 évek közötti időszakra. 11. fejezet. Gazdasági és közlekedési minisztérium*.
- [25] TIHANYI L., GIBER J., IMRE T., NAGY Z., SZUNYOG I. (2006): Az energetikai kutatás-fejlesztés szerepe. *Az új magyar energiapolitika tézisei a 2006-2030 évek közötti időszakra. 15. fejezet. Gazdasági és közlekedési minisztérium*.
- [26] VELTE, D., DE ARAGUAS, J. P. L., NIELSEN, O., JÖRB, W., WEHNERT, T. (2006): The EurEnDel Scenarios. Europe's Energy System by 2030. Institut für Zukunftsstudien und Technologiebewertung, Berlin. www.izt.de
- [27] VOULDIS, I., MILLET, P., VALLÉS, J. L. (2009): Novel materials for energy applications. A decade of EU-funded research. *European Commission, Directorate-General for Research, Industrial technologies*
- [28] WORLD ENERGY COUNCIL (2007a): Deciding the Future: Energy Policy Scenarios to 2050. www.worldenergy.org
- [29] WORLD ENERGY COUNCIL (2007b): The Role of Nuclear Power in Europe. www.worldenergy.org
- [30] WORLD ENERGY COUNCIL (2008a): Assessment of Energy Policy and Practices. www.worldenergy.org
- [31] WORLD ENERGY COUNCIL (2008b): Energy Efficiency Policies around the World: Review and Evaluation. www.worldenergy.org
- [32] WORLD ENERGY COUNCIL (2008c): Europe's Vulnerability to Energy Crises. www.worldenergy.org

- [33] WORLD ENERGY COUNCIL (2009): World Energy and Climate Policy: 2009 Assessment. www.worldenergy.org
- [34] U.S. DEPARTMENT OF ENERGY (2004): National Electric Delivery Technologies Roadmap. http://www.oe.energy.gov/DocumentsandMedia/ER_2-9-4.pdf
- [35] U.S. DEPARTMENT OF ENERGY (2010): Energy Frontier Research Center. Technical Summaries. <http://www.sc.doe.gov/bes/EFRC.html>

14. A stratégia kidolgozói

Bihari Péter (alprojektvezető h.)

Gépészmérnöki Kar
Energetikai Gépek és Rendszerek Tanszék

Gróf Gyula (alprojektvezető)

Gépészmérnöki Kar
Energetikai Gépek és Rendszerek Tanszék

Aszódi Attila

Természettudományi Kar
Nukleáris Technikai Intézet

Dán András

Villamosmérnöki és Informatikai Kar
Villamos Energetika Tanszék

Hunyadi Zoltán

Építészmérnöki Kar
Épületszerkezet-tani Tanszék

Janky Béla

Gazdaság- és társadalomtudományi Kar
Szociológia és Kommunikáció Tanszék

Jóri J. István

Gépészmérnöki Kar
Gép- és terméktervezés Tanszék

Könczöl Sándor

Gépészmérnöki Kar
Energetikai Gépek és Rendszerek Tanszék

Samu Krisztián

Gépészmérnöki Kar
Mechatronika, Optika és Gépészeti Informatika
Tanszék

Szieberth Máté

Természettudományi Kar
Nukleáris Technikai Intézet

Takács Tibor

Integrált Energetikai Tudásközpont

Tóth Elek

Építőmérnöki Kar
Magasépítési Tanszék

Tóth Tamás

Gazdaság- és társadalomtudományi Kar
Pénzügyek Tanszék

Török Ákos

Építőmérnöki Kar
Építőanyagok és Mérnökgeológiai Tanszék

Vajda István

Villamosmérnöki és Informatikai Kar
Villamos Energetika Tanszék

Vámos Gábor (pr. szakmai vezető)

Integrált Energetikai Tudásközpont

Várfalvi János

Építészmérnöki Kar
Épületenergetikai és Épületgépészeti Tanszék
Hőfizikai Laboratórium

15. Köszönetnyilvánítás

A BME Fenntartható Energetika KKT stratégiai dokumentum végső formájának kialakítását külső, független szakértők véleményének megkérésével és azok figyelembevételével végeztük. A stratégiai dokumentum készítői a felkért szakértők alapos, konkrét javaslatokat megfogalmazó véleményét ezúton külön köszönik meg.

A stratégiai dokumentum véleményezői:

Bakács István

elnök, Energiagazdálkodási Tudományos Egyesület

Bohoczky Ferenc

vezető főtanácsos, Nemzeti Fejlesztési Minisztérium

Gerse Károly

törzskari vezérigazgató-helyettes, MVM Zrt.

Katona Tamás

címzetes tudományos igazgató, Paksi Atomerőmű Zrt.

Kiss László

egyetemi tanár, Université du Quebec a Chicoutimi, Canada