



**MISKOLCI EGYETEM**  
**MŰSZAKI ANYAGTUDOMÁNYI KAR**  
**ORSZÁGOS TUDOMÁNYOS DIÁKKÖRI DOLGOZAT**  
**3515 MISKOLC Egyetemváros**

---



# **Lignitalapú villamosenergia termelés hatása a légszennyezésre**

**Készítette:**

***Bobál Gábor***

Kohómérnök szak

Msc. 2.év

**Témavezető:**

Woperáné dr. Serédi Ágnes (ME, Egyetemi Docens)

**Konzulens:**

Szatmári István (Mátrai Erőmű Zrt.)

Tüzeléstani és Hőenergia Tanszék

2012. november

## Tartalom

|                                                                                                                                 |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Bevezetés.....                                                                                                                  | 3  |
| 1. Széntüzelésű erőművek működési elve.....                                                                                     | 4  |
| 2. A szénelapú energiatermelés környezetre gyakorolt hatása.....                                                                | 6  |
| 3. Légszennyezés.....                                                                                                           | 8  |
| 3.1 Szilárd légszennyezés.....                                                                                                  | 8  |
| 3.2 Kén-dioxid légszennyezés.....                                                                                               | 10 |
| 3.3 NO <sub>x</sub> légszennyezés.....                                                                                          | 12 |
| 3.4 CO <sub>2</sub> légszennyezés.....                                                                                          | 13 |
| 4. A Mátrai Erőmű Zrt. bemutatása.....                                                                                          | 16 |
| 4.1 A Mátrai Erőmű Zrt. történetének áttekintése.....                                                                           | 16 |
| 4.2 A Mátrai Erőmű Zrt. füstgáz tisztító rendszere.....                                                                         | 18 |
| 4.2.1 Szilárd légszennyezők csökkentése a Mátrai Erőmű Zrt-nél.....                                                             | 19 |
| 4.2.2 Kén-dioxid csökkentése a Mátrai Erőmű Zrt-nél.....                                                                        | 22 |
| 4.2.3 Nitrogén-oxid csökkentése a Mátrai Erőmű Zrt-nél.....                                                                     | 25 |
| 4.3 A kibocsátási határértékek változásának hatása füstgáztisztító rendszer tükrében.....                                       | 27 |
| 5. CO <sub>2</sub> kibocsátás a Mátrai Erőmű Zrt-nél.....                                                                       | 29 |
| 5.1 A Mátrai Erőmű Zrt. CO <sub>2</sub> kibocsátás csökkentésének bemutatása.....                                               | 31 |
| 5.2 A Mátrai Erőmű Zrt. jövőbeli tervei a további CO <sub>2</sub> csökkentésre.....                                             | 33 |
| 6. A biomassza és a szelektált települési hulladék együttégetésével járó eredmények a 2007-2011-es időszakban.....              | 34 |
| 7. A Mátrai Erőmű Zrt-nél kiváltott fosszilis energiahordozó felhasználás biomassza illetve települési hulladék tüzeléssel..... | 38 |
| Összefoglalás.....                                                                                                              | 41 |
| Irodalomjegyzék.....                                                                                                            | 43 |
| Mellékletek.....                                                                                                                | 46 |

## Bevezetés

A gazdaság teljesítőképessége és a társadalom jóléte a biztonságosan hozzáférhető és megfizethető energiától függ, ezért hazánk jövőjének egyik legnagyobb kihívása az energiával kapcsolatos kérdések megválaszolása. A fenntartható energetikai rendszerek kialakítása évtizedeket vesz igénybe, így mielőbb meg kell hozni a jövőbeni fejlesztésekre vonatkozó döntéseket [1].

A környezeti minőség és a fenntarthatóság, mint célok csak akkor érhetőek el, ha az elérés költségei alacsonyak és ha kevésbé zavarják a megszokott életminőséget.

Az emberiség számára a környezetvédelem a XXI. század legjelentősebb kihívását jelenti. Ha feltételezzük, hogy a jelenlegi környezetterhelés a földi élet számára még elviselhető, a következő negyven évben akkor is azzal kell számolnunk, hogy az évi, gazdasági növekedés miatt az egy főre jutó GDP növekedni fog, a Föld népessége pedig körülbelül 10 milliárdra nő. A megnövekedett népesség egyre többet szeretne fogyasztani. Ezek a számok viszont azt jelentik, hogy a környezet terhelését csak akkor leszünk képesek „szinten tartani”, ha a környezetterhelést a mostaninak mintegy egytizedére csökkentjük [2].

A környezet egyre nagyobb mértékű elszennyeződéséhez hozzájárul, hogy az ipari termeléshez szükséges alapanyagok mind gyengébb minőségű, káros kísérőkkel szennyezett ásványi anyagokból nyerhetők ki.

A levegőtisztaság-védelem feladata a szennyező anyagok légterbe jutásának megakadályozása vagy koncentrációjuk olyan kis értéken tartása, amely még tartós, folyamatos jelenlét esetén sem okoz károsodást az emberben és környezetben [3].

Dolgozatomban hazánk egyik legnagyobb energiaszolgáltatója, a Mátrai Erőmű Zrt., példáján keresztül kívánom bemutatni azokat a technológiai intézkedéseket, amelyeket a cég a szennyező levegő tisztaságának megóvása érdekében alkalmaz.

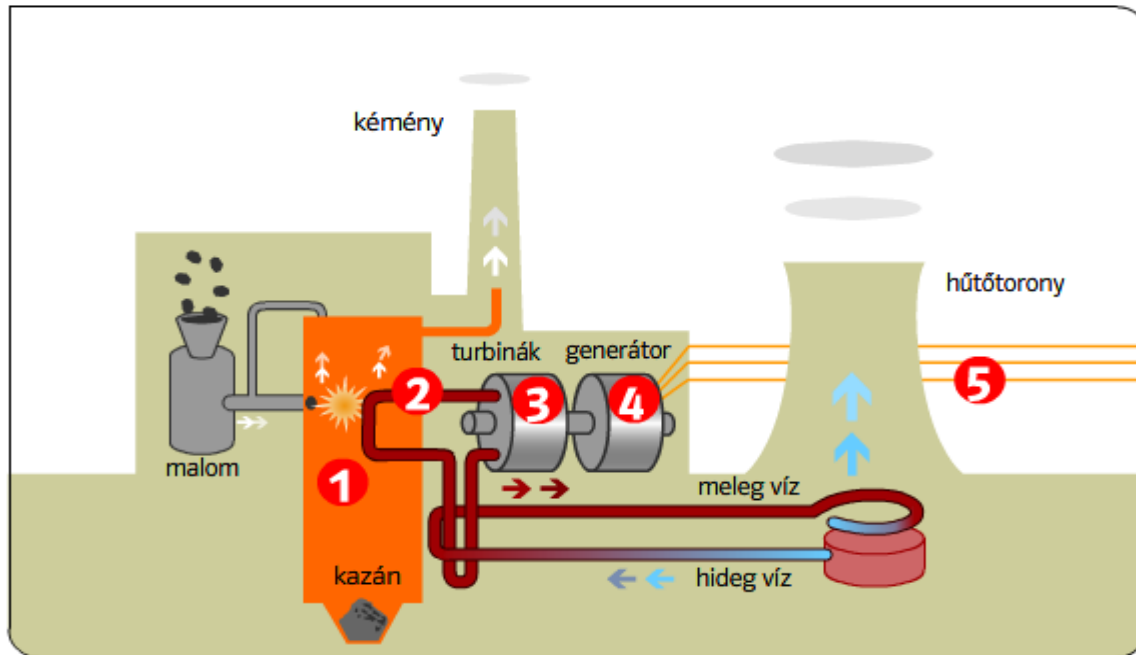
A dolgozat első részében irodalmi adatok alapján ismertetem a széntüzelésű erőművek energiatermelését és ennek légszennyező hatását.

A következő részben a bemutatom a Mátrai Erőmű Zrt-nél használt füstgáztisztító rendszert, valamint az ezáltal keletkező melléktermékek további sorsát. Ezek után a Mátrai Erőmű Zrt-nél a CO<sub>2</sub> csökkentő módszerek bemutatása mellett, tüzelőanyag szerkezet vizsgálattal és légszennyezési adatok feldolgozásával elemzem mennyi CO<sub>2</sub>-ot takarítottak meg tényleges illetve feltételezett esetek alapján.

Végül bemutatom, hogy biomassa valamint szelektált települési hulladéktüzeléssel mennyi lignitet takarítottak meg.

## 1. Széntüzelésű erőművek működési elve

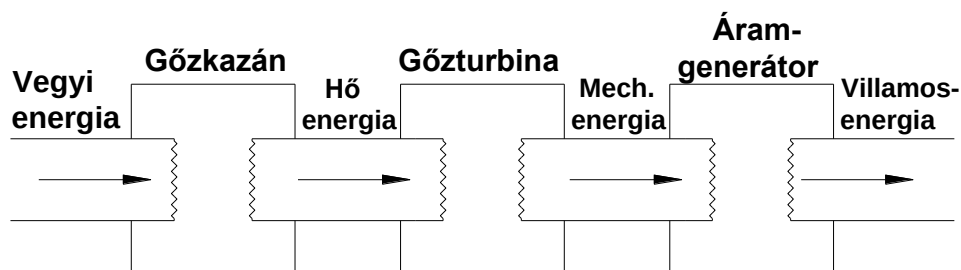
A szén elégetésekor felszabaduló hővel vizet melegítenek. Ennek hatására gőz képződik, ami nyomást gyakorol a turbinák lapátjaira, ezáltal forgásba hozva őket. A turbinákat generátorokkal kapcsolják össze, amelyek áramot termelnek [4]. A működési elv vázlatát a **1. ábra** mutatja be.



**1. ábra:** Széntüzelési erőművek működési elve [4]

1. A szén porrá őrlik a malomban, majd elégetik a kazánban, hogy vizet melegítsenek.
2. Amikor felforr a víz, gőz keletkezik, és ezt a nagy nyomású gőzt vezetéken juttatják el a turbinához.
3. A nagy nyomású gőz megforgatja a turbina lapátjait.
4. A turbina a generátorhoz van kötve, amely az áramot termeli.
5. A generátorból nagyfeszültségű vezetékek kapcsolódnak be az országos hálózathoz.

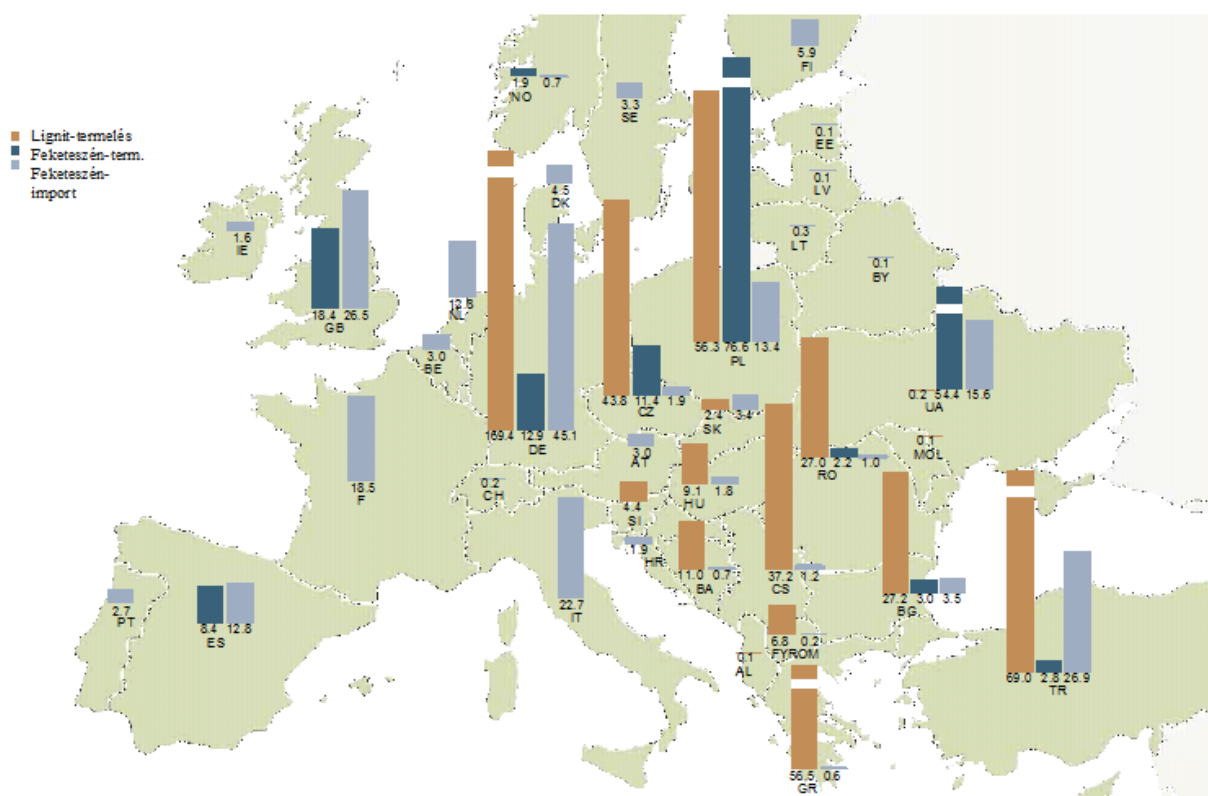
A **2. ábra** szemlélteti az erőmű energia átalakítási folyamatát:



**2. ábra:** Az erőműben szereplő energiafélések egymásba való átalakulásának láncolata [5]

Magyarországon a lignit a szén alapú villamosenergia termelés fő bázisa. A lignit a legfiatalabb, még erősen fás szerkezetű szén. Nagy nedvesség- és hamutartalma miatt fűtőértéke alacsony (3,5-10 MJ/kg), viszont előnye, hogy nagy mennyiségben található nem túl vastag takarórétegek alatt, ezért külfejtéssel viszonylag egyszerűen kitermelhető. Rossz tüzeléstechnikai tulajdonságai miatt csak erőművekben lehet gazdaságosan elégetni [6].

A lignit szerepe Magyarországon, abból is jól látszik, hogy az éves kitermelés szénből 9-10 millió tonna, melyből 8 millió tonna lignit, vagyis a 3300 millió tonna feltárt szénvagyon alapján a jelenlegi kitermelési ütemmel a készletek évszázadokig elégségesek lehetnének [7]. Ez a kitermelés azonban évről évre nő, hogy kielégíthető legyen a villamosenergia-igény. Ezt támasztja alá az **5. ábra**, amely arról tájékoztat, hogy a 8 millió tonna lignit kitermelés 2010-re 9,1 millió tonnára nőtt, emellett a többi uniós ország kitermelését és importját is bemutatja.



**3. ábra:** Az Eurocoal-hoz csatlakozott országok szén kitermelése és importja 2010-ben (millió tonna) [8]

A lignit szerepét hazánkban az is mutatja, hogy a szén jelentősége a hetvenes évek második felétől csökken a primerenergia-ellátásban és a villamosenergia-termelésben. Ezzel egyidejűleg, a lignit részaránya viszont jelentősen növekedett: a felhasznált mennyiség kismértékű

növekedésével a termelt villamosenergia 15%-át állították elő lignitalapon 2007-ben. A tavalyi évben ez az érték 18%-ra növekedett a Mátrai Erőmű Zrt-nek (és egyéb erőmű bezárásoknak) köszönhetően, ami hazánk villamosenergia ellátásában Paks után a 2. helyet érte el. Magyarországon a mélyművelésű szénbányák döntő többségét mára már bezárták, így egyedül a jóval olcsóbban kitermelhető külfejtéses lignit került előtérbe. A lignit alapú tüzelés növekedése azt is eredményezte, hogy nagyobb hangsúlyt kell fektetni a környezetre káros, tüzelés során kibocsátott anyagok csökkentésére [7]. A szénalapú áramtermelés hazai szerepe miatt a fent említetteken túl összefoglalom a legjellemzőbb előnyeit és hátrányait:

Előnyök:

- A széntüzelés jelenleg az áramtermelés egyik legolcsóbb módja hazánkban.
- Széntüzelésű erőmű építésére minden olyan helyszín alkalmas, amely jó közlekedési hálózattal és elegendő mennyiségű hűtésre szolgáló vízzel rendelkezik.
- A Föld jelentős szénkészletekkel rendelkezik.

Hátrányok:

- A szén égetése során szén-dioxid képződik, amely az üvegházhatást növelő gázok egyike. Az égetés során ezen kívül kén-dioxid is keletkezik, amely a savas eső egyik alkotóeleme. A hazai kitermelésű tőzeges barnaszén és lignit, elégetése során sok hamu és kén-dioxid is keletkezik.
- A szén nem megújuló energiaforrás. A készletek korlátozottak, így előbb-utóbb kifognak merülni.
- A széntüzelésű erőművek működéséhez nagytömegű tüzelőanyagra van szükség, ez szállítási és anyagmozgatási többlet költségekkel jár [4].

## **2. A szénalapú energiatermelés környezetre gyakorolt hatása**

A környezet változásai a környezet állapotában stabil, vagy instabil helyzetet teremthetnek. Akár a természeti változások (pl. vulkánkitörés) akár az emberi tevékenység következtében fellépő környezetszennyezés (pl. szennyvizek tisztítás nélküli bevezetése vízfolyásokba) az addigi stabil környezetállapotot instabillá változtatja. A környezet egy bizonyos fókig képes önmagát regenerálni (pl. a folyók öntisztulása), de egy határérték felett ezt már nem tudja megtenni. Ilyenkor szükséges az emberi beavatkozás, mely azonban már egy más környezet létrehozását eredményezi [9].

Három környezeti hatást indokolt kiemelni és kell kezelni: a tájbaillesztést (a), a lokális légszennyezések csökkentését (b) és a globális klímahatást (c).

**a)** Korábban az ipari létesítmények, köztük az erőművek *tájbaillesztésének* nem voltak szigorú követelményei. Az erőművek megfelelő beillesztése a környezetbe egyre fontosabb, különösen ligniterőművek esetén. A szénerőművek környezetbe illesztésének három sajátos kérdése:

- A *külfejtéses lignitbánya* nagy területen és hosszú ideig okoz káros beavatkozást a természeti környezetben. A bányászati műveletek után szükséges a táj folyamatos rehabilitációja, elsősorban fásítással. Az erdőtelepítés szebbé teszi a tájat, és a nyári vegetációs időszakban csökkenti a légkör széndioxid tartalmát. Meg kell említenünk a füstgáz kéntelenítéshez szükséges mészkő-bányászat tájromboló hatását is.

- A szénerőművek nagy területet vesznek el a természettől *szén és salak tárolására*.

A tároló terek elkerülhetetlen porzása környezetszennyező. A salak és pernye kiszállítása jelentős vízmennyiséget igényel és szennyez. A vízmennyiséget és a porzást számos fejlesztéssel csökkentették, de a salaktér mindenképpen rontja a tájképet, talaj- és légszennyezést okoz.

- A vízfelhasználás csökkentése, illetve a *vízgazdálkodás* minden erőműnél fontos feladat. A szénerőműveknél még inkább, mert a szénerőművek gyakran vízszegény területeken létesülnek.

**b)** A szénerőművek *lokális légszennyezői* a pernye, a kén-dioxid és a nitrogén-oxid kibocsátás.

Ezek csökkentésére megfelelő technológiákat (elektrosztatikus porleválasztást, füstgáz-kéntelenítő eljárásokat, alacsony NO<sub>x</sub> tüzelőrendszereket) fejlesztettek ki, amelyekkel betartathatók a szigorú környezeti előírások. A légszennyezést csökkentő füstgáz-kéntelenítő alkalmazása esetén jelentős mennyiségű gipsz keletkezik, ennek hasznosítása szintén a szénerőművek feladata.

**c)** Szénerőművek esetén legnagyobb a *globális klímaváltozást* előidéző erőműi fajlagos széndioxid kibocsátás. Kedvező hatások mellett a szénerőmű fajlagos széndioxid kibocsátása

$$e_{\text{CO}_2} = \frac{s_{\text{CO}_2}}{\eta} = \frac{100 \cdot 3,6}{0,43 - 0,5} \cong 0,7 - 0,8 \text{ kg/kWh},$$

ha lignit és kőszén eltüzelése esetén átlagosan  $S_{CO_2} = 100 \text{ kg/GJ}$  szén-dioxid felszabadulással számolunk (ami mintegy kétszerese a földgáz eltüzelésénél keletkező értéknek) [10].

A környezettel tehát szorosan összefüggenek az erőművi technológiák, amelyeknek a kapcsolattára különösen két folyamat a jellemző. Az egyik az, hogy az erőművek a természeti környezetből veszik erőforrásaikat. A környezetből kerülnek ki a fosszilis és nukleáris kimerülő energiakészletek, valamint a megújuló energiák. Gyakran jelentős az erőművek vízfelhasználása. A másik folyamat, hogy az erőművek szilárd, folyékony és gázalakú reakciótermékei, rendszerint szennyezőanyagok, a környezetbe jutnak, és szennyezik a tájat és a levegőt [11]. A következőkben a környezeti hatások közül a légszennyezést elemzem.

### **3. Légszennyezés**

A széntüzelésű erőmű okozta lokális légszennyezések egyik meghatározó eleme, hogy az erőművek mennyi légszennyező anyagot bocsátanak ki. A kibocsátás következményeként kisebb-nagyobb körzetben megnő a szennyezők légköri koncentrációja. A kialakuló immisziót nemcsak a szennyezőforrás emmisziója, hanem a szennyezők légköri terjedése (kéménymagasság, szélirány és sebesség stb.) is befolyásolja.

#### **3.1 Szilárd légszennyezés**

Földünk atmoszférikus porszennyezői különböző eredetűek. Egy adott földrajzi hely felett vagy egy helyiség légterében lévő por egységnyi légtérfogatra jutó mennyisége alapvetően a közelben elhelyezkedő porforrások számától és milyenségétől függ. A levegő szilárd szennyezőinek csökkentése a felderített porforrások kibocsátásának minimalizálásával érhető el. A levegő tisztaságának védelme szempontjából ezért van nagy jelentősége a por eredete ismeretének. Eredet szerint természetes és ipari porokat különböztetünk meg. A természetes porok kozmikus és földi eredetűek lehetnek. Az ipari termelés folyamán keletkezett ún. mesterséges porok jelentősége azért nagy, mert a keletkezés helyén nagyon nagy koncentrációt is elérhetnek a szilárd szennyezők. A legtöbb esetben a termelőüzemek valamilyen lakott terület közelében helyezkednek el, ezért mérhetetlen károkat okozhatnak mind az élőlényekben, mind az emberi alkotásokban. Gyakorlatilag minden ipari tevékenység porképződéssel jár, vagy potenciálisan magában hordozza a szilárd levegőszennyezők képződésének lehetőségét. A levegőben lévő szilárd por, koromrészecskék a nap ibolyántúli sugárzásának 20-70%-át is elnyelhetik és megváltoztatják az atmoszféra elektromos tulajdonságait, a légter

ionjainak koncentrációját és polaritását. A klímaviszonyok ilyen értelmű megváltozása a betegek, gyermekek és idősök életfunkcióira hatva okozzák a frontátvonulás néven emlegetett közérzeti ingadozásokat. A levegő szilárd szennyezői korróziós hatást fejtenek ki a műszaki berendezésekre, gépekre, épületekre. A porok korróziós hatása mellett fontos leírni, hogy az ipari berendezésekből távozó részecskék valójában értékes anyagok, melyeknek a leválasztása és technológiai folyamatba történő visszajáratása anyagmegtakarítást eredményez a kohászati, vegyipari, cementipari és szilikátipari üzemeknél. A nagy teljesítményű, széntüzelésű erőművek füstgázaiból leválasztott pernyét tárolás helyett újabban építőanyagok előállítása révén hasznosítják, ezzel is csökkentve a környezetvédelemre fordítandó nem éppen kis költségeket [3].

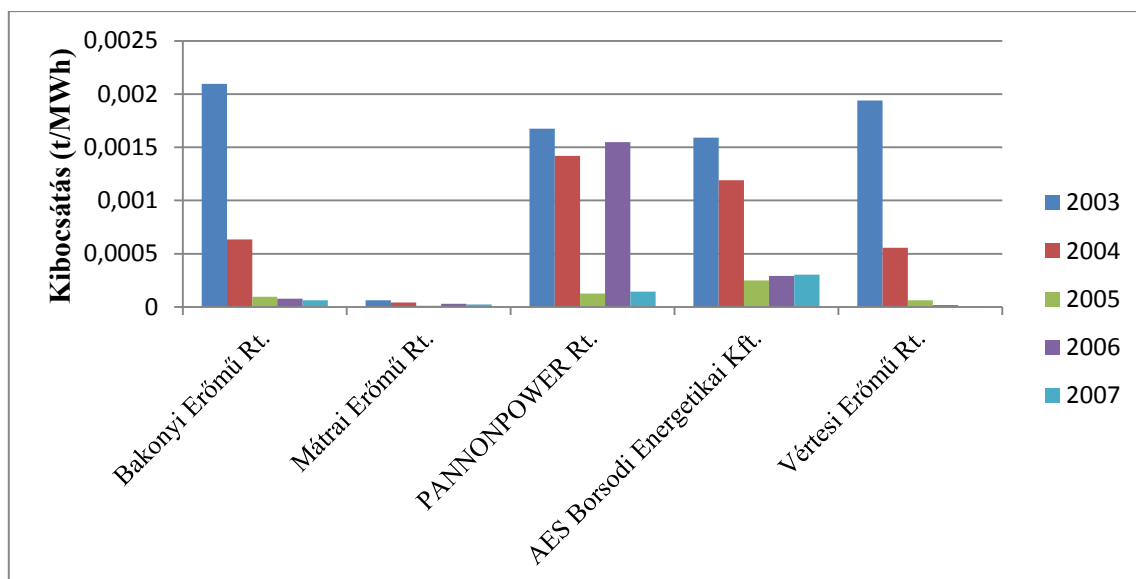
A 80-as évek során igen jelentősen csökkent az erőművek porkibocsátása. Az évtized végére az összkibocsátás közel egyharmadára csökkent, az erőműi pernye az összértéknek 20%-a alá csökkent. A kibocsátott pernye csökkenésében a széntüzelés csökkenése és a szénhidrogén-tüzelések növekedése, továbbá széntüzelésű erőművekben a porleválasztók beépítése játszott szerepet. A 90-es években a porkibocsátás csökkenésének jelentős lassulása figyelhető meg [11].

Az ipari tevékenység következtében keletkező nagy térfogatú és nagy portartalmú gázok tisztítására

- száraz mechanikus leválasztókat,
- nedves mosókat,
- elektrosztatikus gáztisztítókat és
- szűrőbetétes porleválasztókat használnak a leggyakrabban [12].

Az erőművek esetében azonban nem csak azt a tényezőt kell megfigyelnünk, hogy mekkora a porkibocsátásuk hanem, hogy e mellett még mennyi villamosenergiát termelnek. A Magyar Energhivatal által kiadott értékek alapján rangsoroltam a hazai erőműveket a fajlagos porkibocsátás alapján, amit a **4. ábra** szemléltet [13].

A 4. ábrán jól látszik, milyen nagymértékben javult a helyzet 2003-ról 2007-re, hatékonyság szempontjából.



**4. ábra:** Hazai erőművek villamosenergiára fajlagos porkibocsátásának évenkénti alakulása [13]

A 4. ábrából látható, hogy a Mátrai Erőmű Zrt.-nél tapasztalható a fenti erőművek közül a legkisebb porkibocsátás.

### 3.2 Kén-dioxid légszennyezés

A levegő kén-dioxid koncentrációja nagyon megemelkedik a kibocsátó forrás közvetlen környezetében. Ez a lokális hatás az emberi egészséget a légzőszerveken keresztül károsítja.

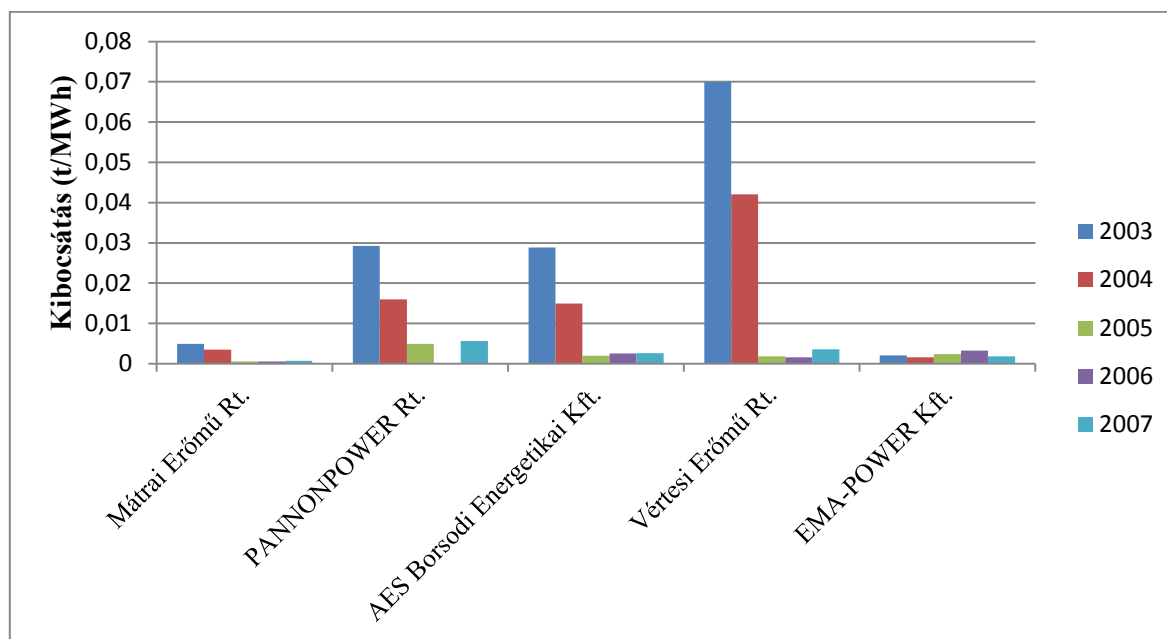
Fosszilis tüzelőanyagok tüzelése során a tüzelőanyag kéntartalmának egy része kén-dioxiddá ég el és a füstgázzal a környezetbe jutva az emberi egészséget károsíthatja, valamint hozzájárul a talaj, erdők és felszíni vizek savasodásához. A kén-dioxid mellett, ha kevesebb mennyiségben is keletkezik kén-trioxid, ami környezetkárosító hatásán túl károsítja a nitrogén-oxidok leválasztásánál használt katalizátorok egyes típusait. Az elmúlt 30 évben fokozatosan szigorodó emissziós határértékek következtében sok technológiát fejlesztettek ki a kén-dioxid keletkezésének és kibocsátásának csökkentésére.

Bár az emisszió-csökkentő technológiák elterjedése következtében az erőműi kén-dioxid kibocsátás jelentősen csökkent az elmúlt tíz évben, a nemzetközi jogszabályok további csökkentést követelnek meg [14].

Füstgázok SO<sub>2</sub> tartalmának csökkentésére sok eljárás ismeretes. Ezek az eljárások jelentősen különböznek aszerint, hogy a leválasztás száraz, nedves vagy félszáraz elven valósul-e meg. Különbözőek a leválasztási eljárások a végtermék értékesíthetősége és a folyamatban történő újra felhasználhatósága valamint a leválasztás hőmérséklet tartománya szerint is [12].

Két évtized során az összes hazai kénkibocsátás mintegy harmadára csökkent, ezt az energiaigények csökkentése és a kisebb kéntartalmú tüzelőanyagok alkalmazása eredményezte. Az összes kén-dioxid nagy részét erőművek bocsátották ki, mivel a nagy kéntartalmú tüzelőanyagok elsősorban itt kerültek eltüzelésre. Az erőműi kénkibocsátást a századfordulón számottevően csökkentette, hogy a szénhidrogén erőművekben megszűnt a nagy kéntartalmú nehéz fűtőolaj felhasználása, és a Mátrai Erőmű Zrt-ben a füstgáz kéntelenítő üzembe helyezése [11].

Az **5. ábra** segítségével a hazai erőművek fajlagos SO<sub>2</sub> kibocsátása tájékoztat arról, hogy mely erőművek a legszennyezőbbek illetve leginkább környezetbarátabbak.



**5. ábra:** Hazai erőművek villamosenergiára fajlagos kén-dioxid kibocsátásának évenkénti alakulása [13]

Az 5. ábráról leolvasható, hogy a legtöbb fent szereplő erőműnél 2003, 2004-es kritikus időszakot követő években nagymértékű SO<sub>2</sub> kibocsátás csökkenés volt tapasztalható, mivel ezek-

ben az években szigorodtak a kibocsátási határértékek, ami magával vonta a többi légszennyező csökkenését is.

### 3.3 NO<sub>x</sub> légszennyezés

A környezetben kibocsátott nitrogén-oxidok és a belőlük keletkező káros anyagok sokáig képesek a légkörben tartózkodni, így nagy távolságokra és magasságokba eljutva globális környezeti kárt okoznak.

A nitrogén-oxid közvetve vagy közvetlenül az emberi egészséget is károsítják, tüdő és légúti ártalmak előidézője. A heveny mérgezés főbb tünetei a nyálkahártyák helyi izgalmi tünetei, hányás, köhögésszerű, fejfájás, szédülés [3,14].

A nitrogén-oxid emisszió egyik legfőbb forrása a fosszilis tüzelőanyagok elégetése. Ez döntően két ágazatból a közlekedésből és a villamos energia termelésből származnak.

A nitrogén-oxid képződést befolyásoló legfontosabb tényezők:

- nagy hőmérséklet,
- tartózkodási idő a nagyhőmérsékletű zónában,
- O<sub>2</sub> koncentráció,
- égők típusa.

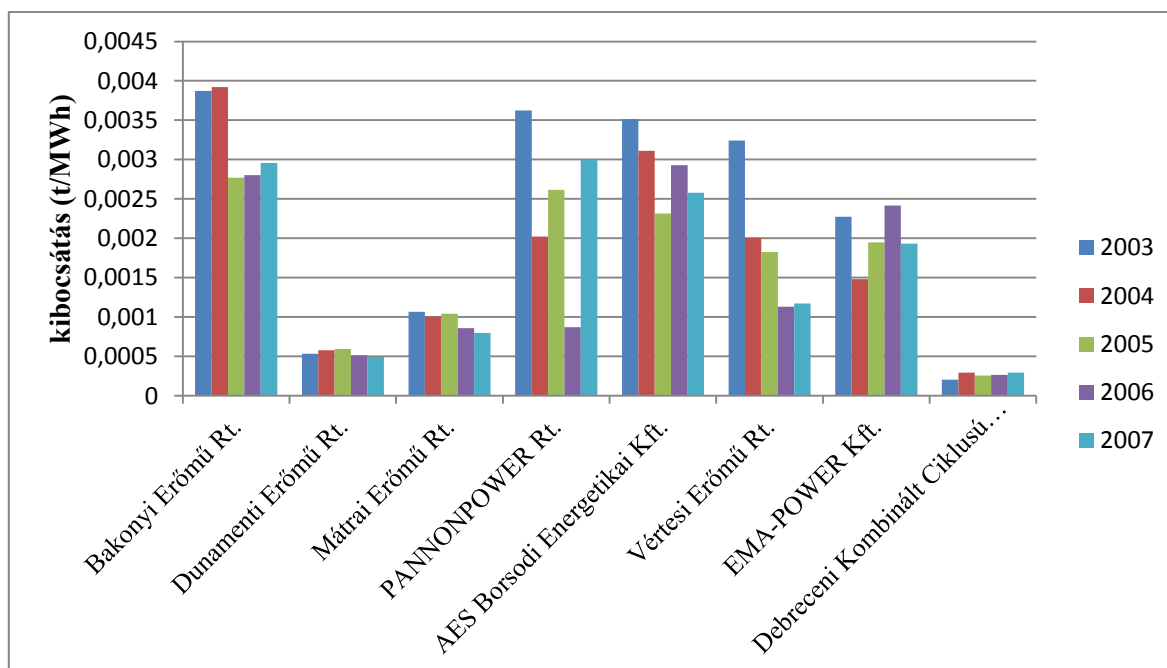
A NO<sub>x</sub> csökkentés tűztéri megvalósítása erőműveknél:

- Levegő előmelegítés csökkentése 50-100 °C égési levegőhőmérséklet csökkentéssel 10-50%-os NO<sub>x</sub> emisszió csökkenés érhető el. A nagyobb hőcserélő felület azonban többlet beruházási költséget jelent és megdrágítja ezt a módszert.
- Tűztérmelet növelése, ezzel a tűztér intenzívebb hűtése és így kisebb tűztérhőmérséklet érhető el. Ez a módszer gazdaságtalan, csak kisteljesítményű kazánoknál használják. A füstgáz tartózkodási idejét megnöveli.
- NO<sub>x</sub> szegény égők alkalmazása. Ezek az égők több NO<sub>x</sub> csökkentő módszert együttesen is alkalmaznak (lokális füstgáz recirkuláció, primer, szekunder, levegő fokozatos bekeverése, égőnkénti léghiányos égés, pótlevegő bejuttatás).
- Füstgáz recirkuláció alkalmazása, ezt alapvetően az újrahevítési hőmérséklet szabályozása miatt alkalmazzák, de a kazánméretezésnél az NO<sub>x</sub> keletkezésének a csökkentése is szempont.

- Többfokozatú égetés tüztérén belül. Az égési levegő is és a tüzelőanyag is megosztva, több szinten jut be a tüztérbe és ezáltal redukáló zónák alakulnak ki, ahol az  $\text{NO}_x$  viszszaalakul  $\text{N}_2$ -vé [14].

Az erőműi nitrogén-oxid kibocsátást a 80-as években az előzőekben felsorolt tüzeléstechnikai beavatkozások hatására lehetett jelentősen, mintegy felére csökkenteni. Ez a csökkenés a 90-es években az elért alacsony szinten megállt, ebben szerepet játszik a nagyarányú gázturbina építés [11].

A hazai erőművek fajlagos  $\text{NO}_x$  kibocsátási értékeit mutatja a **6. ábra**.



**6. ábra:** Hazai erőművek villamosenergiára fajlagos nitrogén-oxid kibocsátásának évenkénti alakulása [13]

A 6. ábrából jól látható, hogy a legtöbb erőműnél a 2003-om, 2004-es évben építették be a  $\text{NO}_x$  csökkentő rendszereket, valamint az, hogy óriási eltérések mutatkoznak az egyes erőművek között.

### 3.4 $\text{CO}_2$ légszennyezés

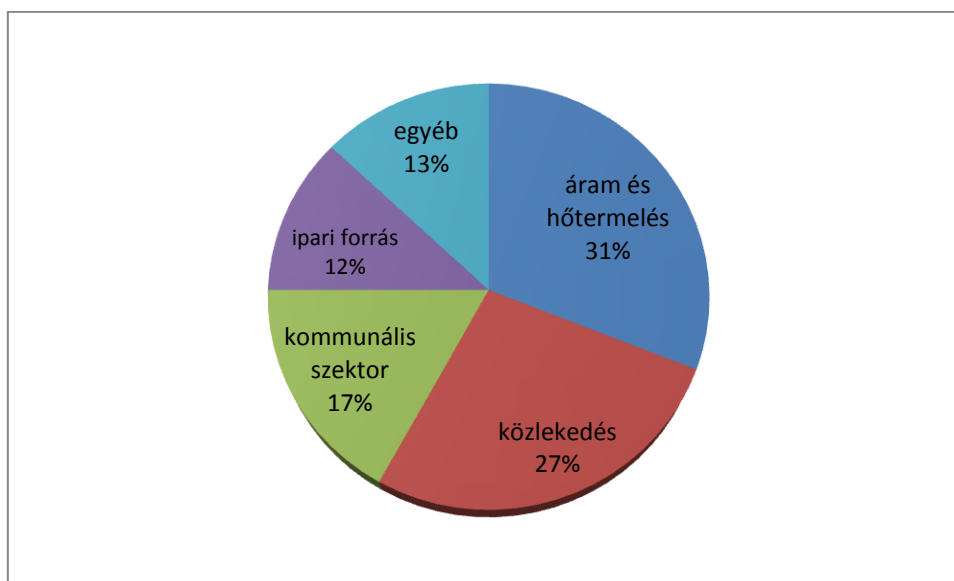
A  $\text{CO}_2$  természetes körforgásban van: a növények a  $\text{CO}_2$  gázt megkötik, a szenet a saját szerves anyagaikba beépítik, majd amikor elpusztulnak vagy elégnek, a  $\text{CO}_2$  ismét felszabadul. A

környezeti levegő CO<sub>2</sub> tartalmát meghatározza a szén és széntartalmú anyagok égése, élő szervezetek légzése, továbbá földtani folyamatok, pl. vulkánkitörések. A természetes CO<sub>2</sub> körfolyamatot terheli meg az emberiség folyamatosan növekvő energiaigényével, pontosabban az energiaigényt kielégítő fosszilis energiahordozók növekvő mennyiségű felhasználásával [15].

A világon a globális klímaváltozást előidéző CO<sub>2</sub> kibocsátás energetikai szektorra vonatkozó hányada 1980-ban 18,7 milliárd tonna volt, ami 2008-ra 57 százalékkal, 29,4 milliárd tonnára emelkedett [1].

Mind az európai, mind a magyar energiahatékonysági és környezetvédelmi törekvésekben kiemelt szerepet kap a szén-dioxid kibocsátás csökkentése. Ennek bizonyítéka többek között a 2011. év végén született Országgyűlési Határozat a nemzeti energiastratégiáról, mely egyértelműen szükségesnek ítéli a villamosenergia-szektor minél nagyobb arányú megújuló alapokra történő helyezését, az alternatív, főként megújuló energiahordozókra épített hőtermelést és a közlekedés energiafelhasználásának csökkentését [15].

Az elérhető legfrissebb IEA adatbázis értelmében (2011) Magyarország 2009-es széndioxid kibocsátása 48 millió tonna volt. Ennek a 48 Mt-nak a szektoronkénti lebontását mutatja a **7. ábra**, az IEA (International Energy Agency) adatbázis 2011. évi adatai alapján százalékos bontásban.



**7. ábra:** Magyarország 2009. évi szén-dioxid kibocsátás szektorokra bontva [15]

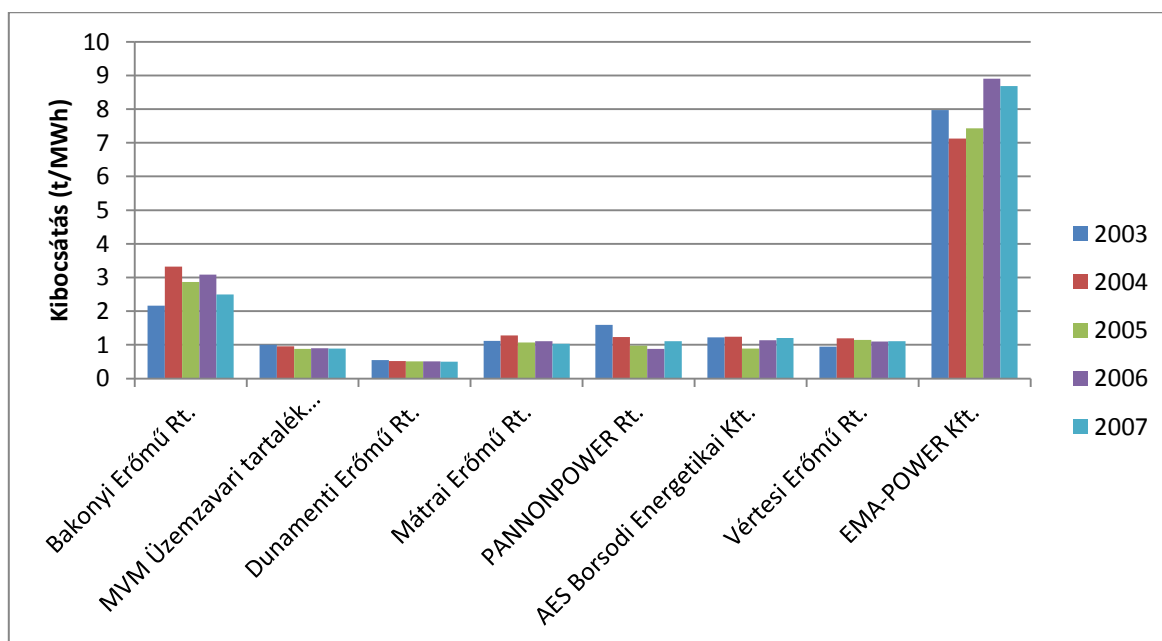
Magyarországon, ahogy a fenti diagram is mutatja a legnagyobb szén-dioxid kibocsátó forrásnak a villamos erőművek, valamint a nagyobb ipari egységek, távfűtőművek tekinthetők. Ennek megfelelően a legnagyobb megtakarítási potenciálok is itt jelentkeznek, nem is szólva arról a tényről, hogy ezeknél az erőműveknél a kibocsátás lokálisan jelenik meg, így az itt felszabaduló CO<sub>2</sub> „befogása”, kezelése és adott esetben a tárolása könnyen megoldható [15].

A szén-dioxid kibocsátás csökkentésének lehetőségei:

- a szén-dioxid mentes (nukleáris és megújuló) primerenergia részarányának növelése,
- tüzelőanyag váltás a fosszilis tüzelőanyagú erőművekben,
- fosszilis tüzelőanyagú erőművek hatásfokának javítása,
- szén-dioxid leválasztás a fosszilis tüzelőanyagú erőművek égéstermékeiből [16].

Magyarországi viszonylatban a jelenlegi tüzelési technika tökéletesítése mellett biomassza illetve megújuló hulladék-tüzeléssel csökkenthető a CO<sub>2</sub> kibocsátás.

A hazai erőművek fajlagos CO<sub>2</sub> kibocsátását a **8. ábra** szemlélteti [13].



**8. ábra:** Hazai erőművek villamosenergiára fajlagos szén-dioxid kibocsátásának évenkénti alakulása [13]

## **4. A Mátrai Erőmű Zrt. bemutatása**

A visontai telephelyű Mátrai Erőmű Zrt. a magyar villamosenergia-rendszer egyik meghatározó és megbízható alapegysége. Fő tevékenysége a villamosenergia-termelés. A 950 MW beépített teljesítménnyel rendelkező Mátrai Erőmű Zrt. az ország legnagyobb széntüzelésű erőműve. A társaság saját bányáiban külfejtéses technológiával termelt lignitből állít elő villamosenergiát. A társaság a magyar nemzetgazdaság villamosenergia-fogyasztásának mintegy 18%-át termeli. Az Észak-Magyarországon végighúzódnó közel 1 milliárd tonnás lignit-vagyon tartós biztosítékot ad a cég működéséhez és a jövőbeni energetikai fejlesztési terveihez. A Társaság legfőbb törekvése, hogy belső intézkedések, fejlesztések és új stratégiák által hosszú távon, gazdaságosan és versenyképes áron állítson elő villamosenergiát [17].

### **4.1 A Mátrai Erőmű Zrt. történetének áttekintése**

A Visonta térségében található lignitmezőre alapozva a mai Mátrai Erőmű Zrt. beruházása 1965-ben kezdődött el. 1967. október 1-jével alakult meg a Gyöngyösi Hőerőmű Vállalat, mely később, 1968. május 29-én a világ első űrhajósáról a Gagarin Hőerőmű Vállalat nevet vette fel. A nagyobb volumenű lignitbányászatot 1917-ben a Gyöngyöspatai Kovaföldművek Rt. indította el, majd 1918-ban Mátra vidéki Szénbányák Rt. néven egy önálló bányavállalat alakult. A Gagarin Hőerőművet (Mátrai Erőmű Zrt.) kiszolgáló Thorez bánya - később Visonta bánya - beruházása 1962-ben kezdődött, a bányanyitás pedig 1964-ben történt. A Mátraaljai Szénbányák 1968-ig mélyművelésű, ettől kezdve külfejtéses technológiával termelte ki a lignitet. A visontai külfejtéses bányászat 1964-ben, a bükkábrányi 1985-ben kezdte meg működését. Erőművi egységként 2 db 100 MW-os (I- II. számú) és 3 db 200 MW-os (III-IV-V. számú) blokk épült meg. Az első 100 MW-os blokk átadása 1969. évben, az utolsó 200 MW beépített teljesítményű blokk átadása 1972. évben fejeződött be. 1969. június 19-én 18.15 órakor történt meg az erőmű első blokkjának kapcsolása az országos hálózatra. Az erőmű berendezéseinél megvalósított fejlesztések közül kiemelkedik az 1986-1992 között elvégzett nagy rekonstrukciós program, amely megalapozta a későbbi élettartam-növelő beruházásokat.

A rekonstrukció keretében a 3 db 200 MW-os blokknál felújításra, illetve cserére kerültek a fő- és segédberendezések. Új membránfalas gőzkazánok és német, LURGI típusú elektrofiltereket építettek be, valamint megvalósult az irányítástechnikai rendszerek korszerűsítése. Felújításra kerültek a gőzturbinák, generátorok, transzformátorok, hűtőrendszerek és a szállítórendszer egy része.

Az erőmű 1992. január 1-jétől részvénytársasági formában működik, neve: Mátrai Erőmű Zártkörű Részvénytársaság. 1993. április 1-jétől végrehajtásra került a Mátraaljai Szénbányák és a Mátrai Erőmű Zrt. tulajdonosi és szervezeti integrációja, a létrejött vertikum elnevezése Mátrai Erőmű Zártkörű Részvénytársaság.

A következő **9. ábrán** a jelenlegi Mátrai Erőmű Zrt. tájképe látható.



**9. ábra:** Mátrai Erőmű Zrt. tájképe [18]

Az 1995 decemberében megvalósult villamosenergia-ipar privatizációját követően, a Mátrai Erőmű Zrt. részvényeinek többsége német tulajdonba került. Az Észak-Magyarországon meglévő jelentős lignitvagyonra alapozva a társaság 1998-2000 években teljesítmény- és élettartam-növelő felújításokat hajtott végre a 200 MW-os blokkoknál, ehhez kapcsolatosan környezetvédelmi beruházásokat végzett el: füstgáz-kéntelenítő berendezést épített és a szénellátást biztosító bányászati fejlesztéseket valósított meg. Az erőmű 3 db 200 MW-os blokkjának jó műszaki állapota lehetőséget adott arra, hogy megújító (retrofit) munkák elvégzésével a blokkok bruttó teljesítményét meg lehetett növelni, élettartamát pedig meghosszabbítani. A Mátrai Erőmű Zrt. megvalósította és 1999. évtől alkalmazza a korszerű, környezetbarát ún. sűrűzagyos salak-pernye elhelyezési technológiát.

A társaság 2005-ben befejezte retrofit programját, melynek keretein belül a 100 MW-os I. és II. blokkokat is rákötötte a füstgáz-kéntelenítőre. A 2007-ben üzembe helyezett 2 db előtét gázturbina beépítésének elsődleges célja a blokkok szabályozhatóságának javítása volt. A

gázturbinához kapcsolt generátor egyrészt önálló egységként villamosenergiát termel, másrészt a gázturbinából kilépő füstgáz hője egy hőcserélő segítségével a IV. és V. számú blokkok nagynyomású előmelegítőinél hasznosítható.

A retrofit és a gázturbina beépítését követően a társaságnál működő villamosenergia-termelő blokkok teljesítménye és tüzelőanyagai az alábbiak:

|          |        |                                          |
|----------|--------|------------------------------------------|
| I. blokk | 100 MW | lignit + biomassza + települési hulladék |
| II.      | 100 MW | lignit + biomassza + települési hulladék |
| III.     | 220 MW | lignit + biomassza + települési hulladék |
| IV.      | 232 MW | lignit + biomassza + települési hulladék |
| V.       | 232 MW | lignit + biomassza + települési hulladék |
| VI.      | 33 MW  | földgáz                                  |
| VII.     | 33 MW  | földgáz                                  |

A CO<sub>2</sub>-kibocsátás csökkentése érdekében a társaság a tüzelőanyaghoz keverve, 10%-os mennyiségben biomasszát is éget. A Mátrai Erőmű Zrt-hez kapcsolódóan ipari park jött létre. A keletkezett melléktermékek hasznosítása érdekében gipszkarton- és alfa félhidrát-gyártás települt az erőmű közelébe. A fentiekén túl biodízelgyár is működik az ipari parkban, amely hőt és villamosenergiát vesz igénybe az erőműtől, a Mátrai Erőmű Zrt. pedig a keletkező biomasszát hasznosítja. Jelentős mennyiségben hasznosulnak az erőmű melléktermékei is, a keletkező pernye és gipsz nagy hányada cementgyárak részére kerülnek értékesítésre [17].

#### **4.2 A Mátrai Erőmű Zrt. füstgáz tisztító rendszere**

A társaság legkiemelkedőbb levegőtisztaság-védelemi feladatai közé tartozik az erőmű kazánjaiban keletkező füstgáz szilárd és gáz halmazállapotú légszennyező anyagainak a légkörbe történő kibocsátás elleni mérséklése, az európai uniós normatíváknak is megfelelő kibocsátási határértékek betartása.

A porkibocsátást a Lurgi és Heg típusú elektrofilterek nagymértékben csökkentik, a pernye 99,5-99,7%-át leválasztják. A szén-monoxid és nitrogén-oxidok keletkezése határérték alatti, csökkentésük érdekében tüztéri átalakítások történtek. A szenes erőművek működése során

jelentős mennyiségű kén-dioxid keletkezik. A Mátrai Erőmű Zrt. 2000-től működteti a nedves mészköves eljárással működő füstgáz-kéntelenítő rendszert. Az abszorbereket világszerte egyedülálló módon a hűtőtornyok belsejében építették fel. Azóta az erőmű kén-dioxid kibocsátás tekintetében is megfelel az EU-s környezetvédelmi elvárásoknak.

Kiemelt levegőtisztaság-védelmi feladat a zagyterek és üzemi földutak felületi légszennyező hatásainak minimumra csökkentése is. Ennek érdekében a leggyakrabban használt bányauzemi utakat szilárd burkolattal látják el, a burkolat nélküli utakat rendszeresen nedvesítik. Bevezették az ún. sűrűzagyos hamueltávolításai technológiát.

Az erőmű a por, kén és szén-dioxid, valamint nitrogén-dioxid kibocsátások ellenőrzése érdekében környezetvédelmi mérőrendszert üzemeltet, az erőmű és a bányák tágabb térségben imissziós monitoring hálózat működik, mérve a környezet levegőjének por, kén-dioxid és nitrogén-oxid terhelését [19].

#### ***4.2.1 Szilárd légszennyezők csökkentése a Mátrai Erőmű Zrt-nél***

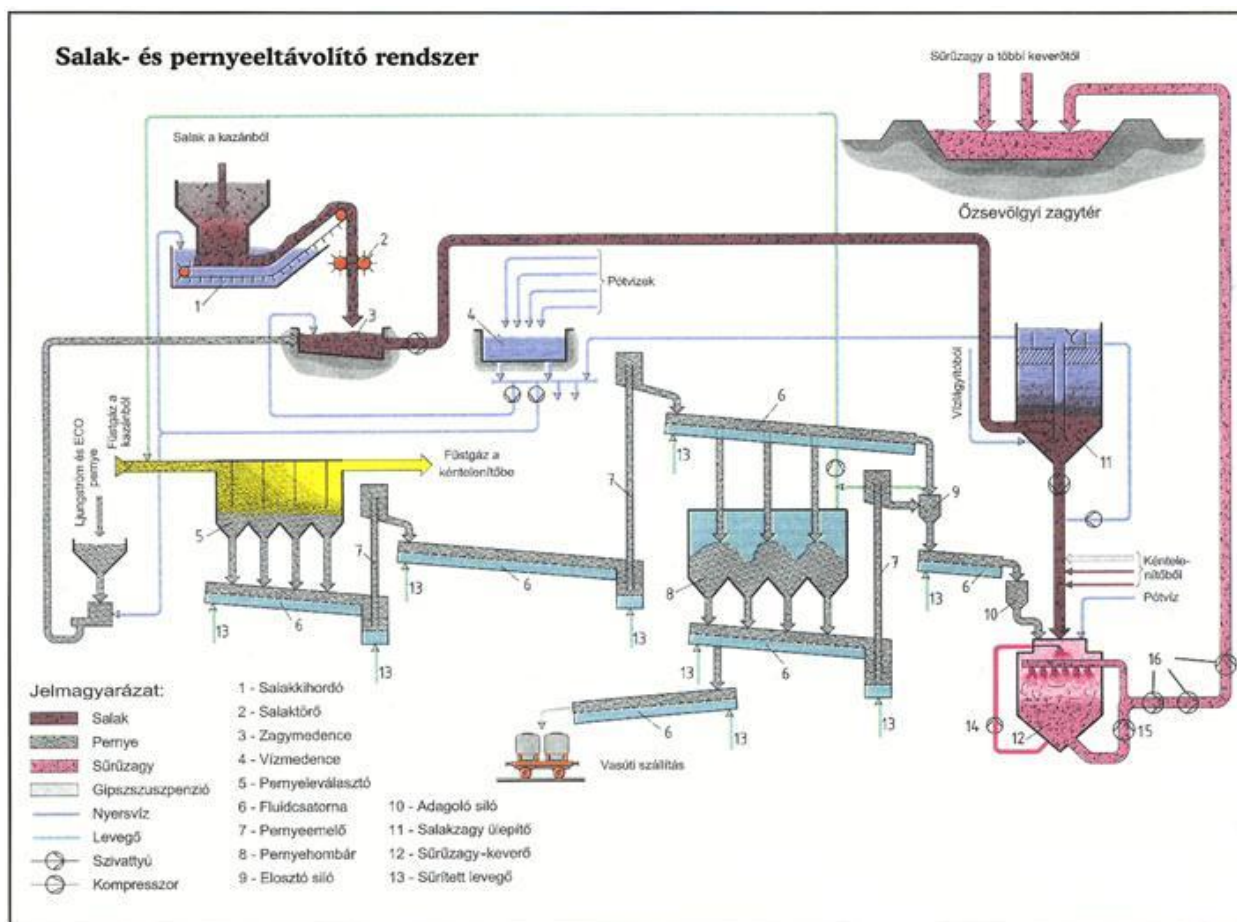
A villamosenergiát előállító, szénpor befűvósos erőművi technológiákban kétféle maradékanyag keletkezik nagy mennyiségben:

- a salak, amit a gőztermelő kazánok tűzteréből szednek ki,
- a pernye, amit a fűtőanyagból keletkezett gáz ragad magával, és a füstgáztisztító berendezések választanak le.

A pernye a cementhez hasonló, finom, szürkés por. Szemcséi sima, csillogó, megüvegesedett gömbök, melyek mérete 0,005 mm és 0,0315 mm között van.

Fő összetevői a szilícium-dioxid, az alumínium-oxid, a vas-oxid és a kalcium-oxid, melyek aránya a pernyében főként a tüzelőanyag függvénye [20].

Ezeknek a szilárd légszennyező anyagoknak a csökkentését az erőműnél sűrűzagyos salak-pernye eltávolítással oldották meg. A Mátrai Erőmű Zrt. két 100 MW-os, egy 220 MW-os és két 232 MW-os blokkjának kazánjaiban évente kb. 7,5 millió tonna lignit kerül eltüzelésre, amelyből évente kb. 1,5 millió tonna tüzelési maradék, pernye és salak keletkezik. A pernye a szénportüzelés során a kazán tűzterében keletkező 1 mm-nél kisebb méretű hamuszemcsékből áll, amelyeket a füstgázból az elektrofilterek választanak le. A **10. ábra** segítségével az erőműnél használt sűrűzagyos salak-pernye eltávolító rendszere kerül bemutatásra.

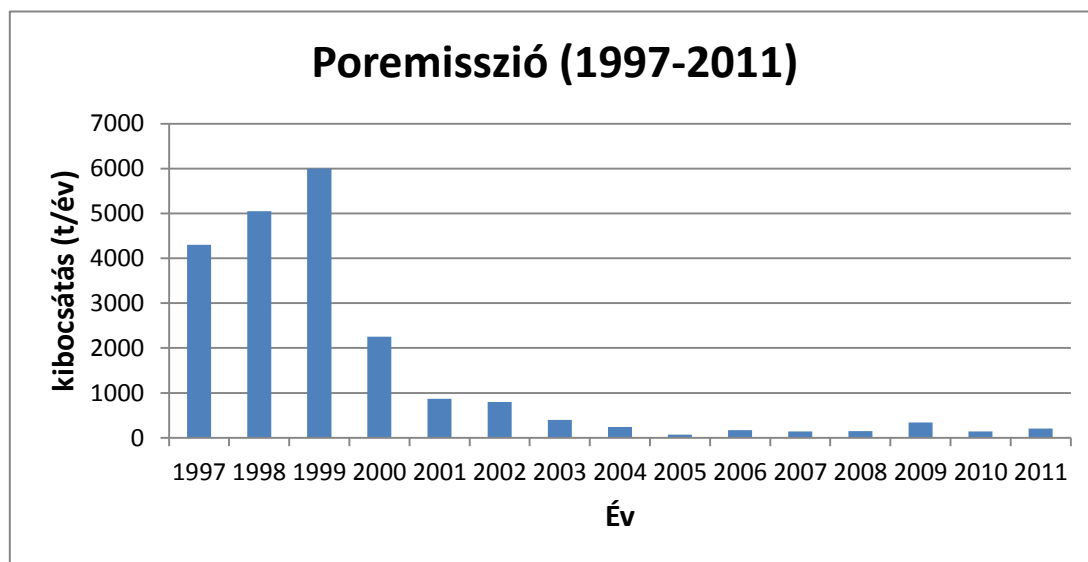


**10. ábra:** A Mátrai Erőmű Zrt. sűrűzagyos salak-pernye eltávolító rendszere [21]

A salak nagyobb darabokba összetapadó hamu, amely a kazán tűztere alatti utóégető rostélyra hullik. Innen salakelmosató medencébe (1) jut, ahol lehül, és aprítás után (2) salakzagy szivattyúk szállítják tovább. A salak és pernye keletkezési aránya: 15% : 85%. A tüzelési maradékok környezetet nem szennyező módon való elhelyezése érdekében a társaság az ún. sűrűzagyos salak-pernyeelhelyezési technológia megvalósítását határozta el. A sűrűzagy a tüzelési maradékokból mindössze egy résznyi víznek intenzív bekeverése útján állítható elő, és nyomás alatti csővezetéken szállítható a lerakóra. A lerakott pépes sűrűzagy néhány nap alatt – a pernyéből kioldódó anyagok közötti kémiai folyamat révén – átalakul, és a szemcsés összetételű salak-pernye szilárd halmazállapotú pernyekővé válik. Az átalakulás kémiai és ásványtanilag komplex folyamat. A nagy fajlagos felületű pernyéből a vízzel való keveredés során a szabad kalcium-oxid komponens kalcium-hidroxiddá ( $\text{Ca(OH)}_2$ ) alakul, amely a pernye szilícium- és alumíniumtartalmú ásványi anyagaival reakcióba lépve kalcium-alumínium-szulfát-szilícium-hidrát ásványfázisokat alkot. A sűrűzagy depónia felülete nem porzik, mint ahogy azt a régebbi technológiában használt hígagy tette száradás után, elszivárgó víz hiányában pedig a felszín alatti vizek minőségét nem befolyásolja. A zagymedencéből (3) kiski-

vattyúzott salakzagy az ülepítőkből (11) részben víztelenítve a CIRCUMIX sűrűzagy keverőbe (12) jut. A füstgázból elektrofilterekkel (5) leválasztott pernye fluidizációs csatornákon (6) szállítva adagolósilóba (10), majd ugyancsak a sűrűzagy-keverőbe jut. A CIRCUMIX keverő 35 m<sup>3</sup> térfogatú, acéllemezből készült, cirkozit-kerámia kopásálló bevonattal ellátott edény. Az edényen belül a besűrített salak és a száraz pernye elkeveredése a dinamikus anyagáramlás révén történik. Az edény aljáról az anyagkeveréket két Warman típusú zagyszivattyú kiemeli, átmixeli és visszajuttatja a berendezés fejrészébe (14), ill. a tartályba (15). A folyamatos cirkuláció és a szivattyúkkal való keverés-szállítás révén áll elő a sűrűzagy. A már előállított sűrűzagyot három Warman-szivattyú (16) csővezetéken továbbítja a zagytérre. Az új technológia 1999. évtől üzemel. A beruházásnak környezetvédelmi jelentősége mellett gazdasági előnye a kis vízigény és vízforgalom, amiből a visszanyert vizet a kéntelenítési technológia vizét biztosítja, ami 3 000 000 m<sup>3</sup> megtakarítást jelent évente az erőműnek, ill. a deponált anyag nagyobb térfogatsűrűsége miatt előálló kisebb depóniaigény [21].

A Mátrai Erőmű Zrt. porkibocsátási adatai sokat változtak 1997-2011 között az elektrofilteres porleválasztónak, a sűrűzagyos salak-pernye leválasztó rendszernek és a nedves kéntelenítőnek köszönhetően. Ezt reprezentálja a **11. ábra**.



**11. ábra:** A Mátrai Erőmű Zrt. évenkénti porkibocsátása

A porkibocsátás jelentős mértékben csökkent a 2000 évtől, ami 1999-ben még közel 6000 t volt. Ez 2000-ben 2249 t volt. A 2001-es évtől ezek az értékek feltehetőleg a kéntelenítő beépítése miatt tovább csökkentek, mintegy 868 t-ra. Amit 2000. október 1-én helyeztek üzembe, ezért a csökkenés csak 2001-ben lett mérhető. Tovább csökkent ez az érték 2005-ig, ahol

69 t volt a porkibocsátás. 2006 és 2011 között ez az érték némiképp növekedett feltehetően a biomassza és települési hulladék lignittel való együttégetése miatt, de egyik évben sem haladta meg a 400 t/év-es kibocsátási értéket.

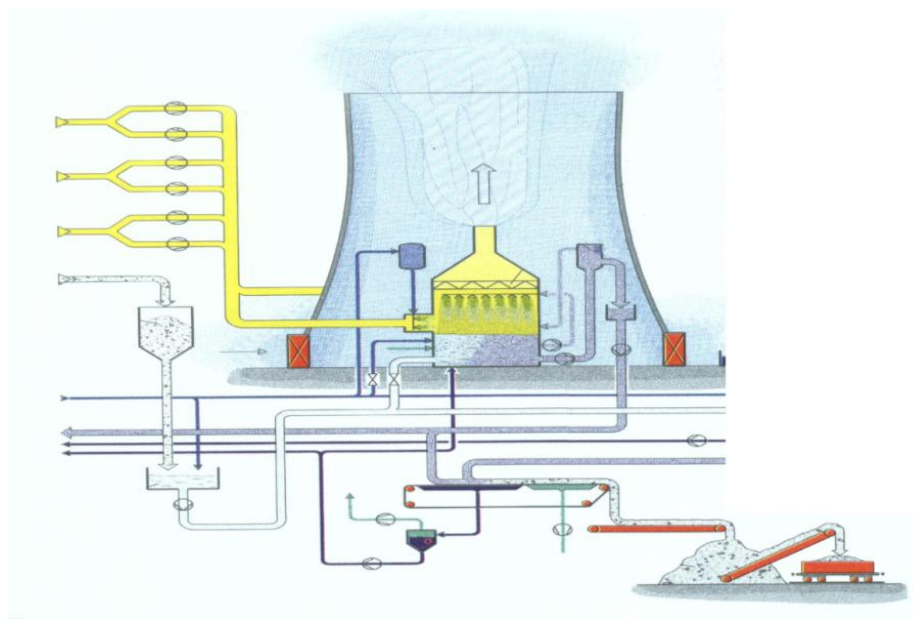
Napjaink szigorodó környezetvédelmi előírásai ipari hulladékok minél nagyobb mértékű újrahasznosítását írják elő. A Mátrai Erőmű Zrt. két legnagyobb mennyiségben keletkező hulladéka a füstgáz kéntelenítése során keletkező gipsz és a tüzelőanyagok égetése eredményeként keletkezett pernye. E két hulladékot a társaság már évek óta értékesíti, eleinte hulladékként, majd 2001-óta a gipszet termékként, míg végül 2010-ben a pernye is termék minősítést nyert. Míg a keletkező gipsz teljes mennyiségét lehetne értékesíteni, addig a keletkező pernyének csak egy része kerül értékesítésre, a többi az Özse-völgyi sűrűzagy tárolóba kerül deponálásra. Erre többek között azért van szükség, mert a technológia működtetéséhez és a megfelelő szilárdság eléréséhez mindenképp szükséges a pernye jelenléte is a salak mellett a zagyban.

A pernye legfőbb felvevőpiaca a cementipar, ahol beton vagy cement adalékanyagként hasznosítják. Ezenfelül használható még útépítéseknél és feltöltések, gátak kialakításánál. Jó szilárdulási tulajdonságai miatt bánya-tömítékelésre illetve veszélyes hulladékok ártalmatlanítására is alkalmas [20].

Az erőműnél évente 1,2 Mt pernye keletkezik, amiből 250 000t értékesíthető.

#### **4.2.2 Kén-dioxid csökkentése a Mátrai Erőmű Zrt-nél**

A Mátrai Erőmű Zrt. füstgáz kéntelenítő rendszerét a következő **12. ábra** szemlélteti.



**12. ábra:** Mátrai Erőmű Zrt. füstgáz kéntelenítő rendszere [22]

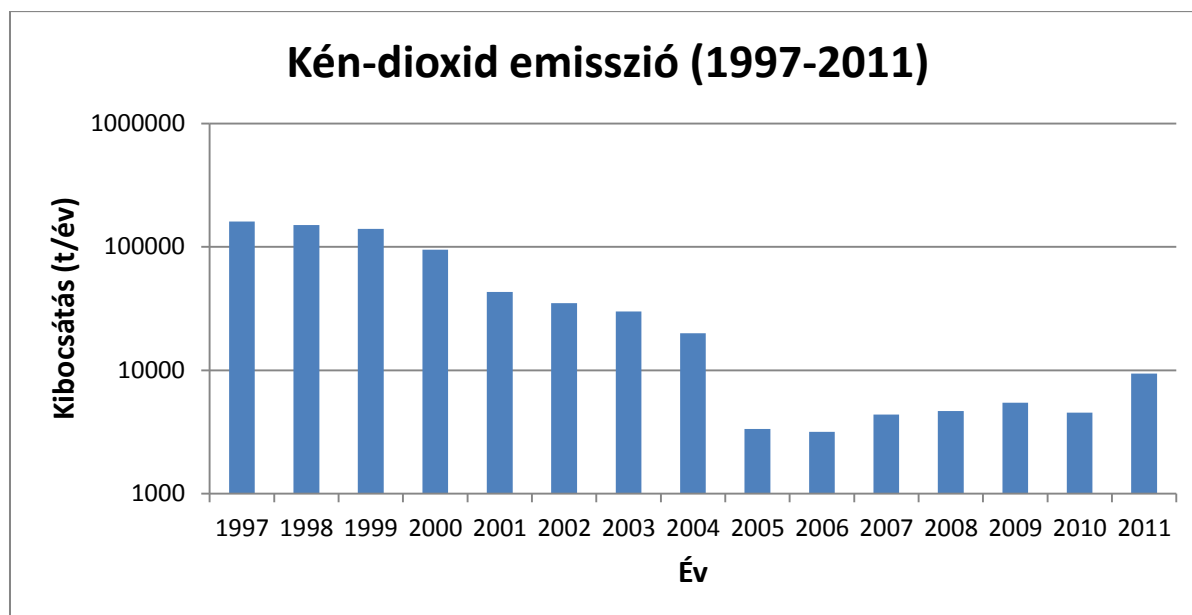
A Mátrai Erőmű Zrt. a tüzelőanyag minőségéből és a termelés volumenéből eredően jelentős kéndioxid-kibocsátók közé tartozott. Többéves előkészítő munka után 1998. évben az erőmű megkezdte a kéményéből kikerülő füstgáz kéndioxid-tartalmának csökkentését eredményező leválasztó berendezés építési munkáit. A kiválasztott eljárás a legnagyobb referenciával rendelkező nedves mészköves technológián alapszik. A technológiát a Mátrai Erőmű Zrt. részére a Deutsche Babcock Anlagen tervezte és szállította, ami az erőműnek mintegy 20 milliárdos beruházást jelentett. A mosótoronyban a felfelé áramló 120–130 °C-os füstgázba vizes mészkő szuszpenziót permeteznek be. A több szinten bepermetezett mosóoldat hatására a forró füstgáz lehűl, a kémiai reakciók eredményeként pedig a mészkő megkötí a kéndioxid gázt, miközben kalciumszulfittá alakul [22].

A lejátszódó főbb reakciók [3]:

|                |                                                                                            |
|----------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|
| Abszorpció     | $\text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{H}_2\text{SO}_3$                                 |
|                | $\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O} = \text{H}_2\text{SO}_4$                                 |
| Semlegesítés   | $\text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_3 = \text{CaSO}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ |
|                | $\text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{CaSO}_4 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ |
| Oxidáció       | $\text{CaSO}_3 + 0,5 \text{ O}_2 = \text{CaSO}_4$                                          |
| Kristályosodás | $\text{CaSO}_4 + 2 \text{ H}_2\text{O} = \text{CaSO}_4 \times 2 \text{ H}_2\text{O}$       |

A mosóberendezés gyűjtőjében összegyűlő szulfitiszapot állandó keverés közben, sűrített levegő bevezetésével, kalciumszulfáttá, azaz gipsszé oxidálják. A gipsz szuszpenzió víztelenítése hidrociklonokkal és vákuum-szalagszűrőn történik. Gipszsilóban való átmeneti tárolás után kereskedelmi értékesítésre kerül. A mosóberendezéseket – világszerte egyedülálló módon – a Heller–Forgó-féle léghűtéses, száraz hűtőtornyok belsejében építették meg. A rendszer 2000 októberében kezdte meg működését [22].

A Mátrai Erőmű Zrt. kén-dioxid kibocsátás adatai sokat változtak 1997-2011 között a vizes mészkő szuszpenziós permetező rendszernek köszönhetően. Ezt mutatja az **13. ábra**.



**13. ábra:** A Mátrai Erőmű Zrt. évenkénti kén-dioxid kibocsátása  
(logaritmikusan ábrázolva)

A többi kibocsátási értékhez képest a kén-dioxid kibocsátás mennyisége csökkent a leglátványosabban. 1997-ben meghaladta a 150 000 t összes kibocsátást, 1999-ben is 140 000 t felett járt ez az érték. 2000-re már 100 000 t alá esett ez a kibocsátási érték annak köszönhetően, hogy ebben az évben már részlegesen üzemelt a kéntelenítő rendszer. A beépített füstgáz kéntelenítő kapacitása 720 MW-volt, így csak a 3db 200 MW teljesítmény feletti blokkokat kötötték rá. 2005-től a 2 db egyenként 100 MW-os blokk füstgázát is átvezették a kéntelenítő abszorberen, ennek köszönhetően egyik évben sem haladta meg a 10 000 t/év kibocsátási mennyiséget. A 2011-ben azonban jelentősen emelkedett e kibocsátás, 9396 t-ra, feltehetően az eddigi legnagyobb mennyiségű villamosenergia termelésnek köszönhetően, ami 6516 GWh volt.

A kéntelenítéshez szükséges mészkövet Egertől 5 km-re fekvő Felnémet településről szállítják vasúti tartálykocsikkal az erőmű számára, évi 200-250 ezer tonnát. Az erőműnél a füstgáz-kéntelenítési eljárás melléktermékeként gipsz keletkezik, évente megközelítően 600 000 tonna mennyiségben, mely szerződött formában szinte teljes mennyiségben értékesítésre kerül, ami a magyar építőipar nyersanyagbázisát biztosítja. Az értékesítésre szánt gipszet a víztelenítési eljárásokat követően földnedves állapotban a maximálisan 12 000 tonna tárolókapacitású gipszraktárban tarolják. A keletkezett gipsz nagy részét az erőmű ipari parkjában megtalálható

Xella Magyarország Építőipari Kft. a téglagyártáshoz, a Baumit Építőanyaggyártó és Kereskedelmi Kft. a vakolóanyaghoz és a Rigips Hungaria Gipszkarton Kft. a gipszkarton gyártáshoz használja fel. Emellett előszeretettel vásárolják az itt keletkező gipszet gombatermesztők is a gomba talajának savanyításához is. Amit pedig nem tudnak értékesíteni azt a pernyével együtt juttatják el az erőmű zagytározójába.

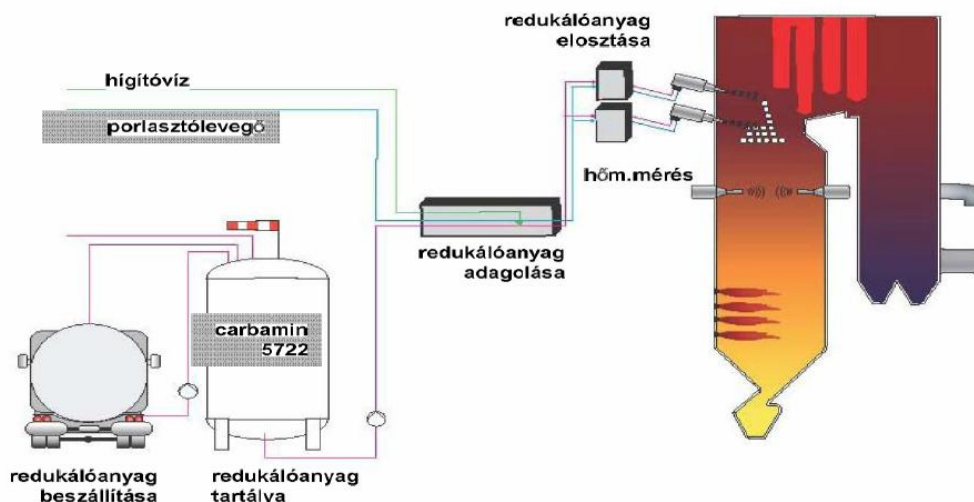
A 2010. október 4-én 12 óra 25 perckor bekövetkezett Magyarország történetének egyik legnagyobb katasztrófája, mikor Kolontár felét, Devecser egyharmadát, valamint Somlóvásárhely mélyebben fekvő részeit mintegy 700 000 köbméter vörösiszap árasztotta el. Ezeknek a településeknek a Mátrai Erőmű Zrt. talaj és vízkármentesítésnek 12 360 t gipszet biztosított, mellyel nem csak a folyók pH értékének visszaállítását, hanem a megszilárdult vörösiszap környezetre káros hatásait is nagymértékben orvosolták [20].

#### ***4.2.3 Nitrogén-oxid csökkentése a Mátrai Erőmű Zrt-nél***

A nitrogén-oxidok fosszilis tüzelőanyag égetése során is keletkeznek. Az utóbbi években megnövekedett az erőmű kibocsátása, ez nagyrészt a teljesítmény növelésének, a biomassza és a kommunális hulladék eltüzelésének köszönhető. Az erőműnél ezt az értéket a lignit jó hatásfokú égetésével próbálják meg csökkenteni. A jelenlegi határértékeket ( $500 \text{ mg/Nm}^3$ ) ezekkel a módszerekkel teljes mértékben kielégítik és teljesítik, azonban a növekedő villamosenergia-termelési igény miatt sajnos ez a módszer nem lesz elég a 2019 évre esedékes  $200 \text{ mg/Nm}^3$  határértékhez.

Az erőmű a szigorodó határérték miatt további intézkedéseket tervez, az úgynevezett szelektív nem-katalitikus redukciós technológia bevezetését (SNCR). Ezt a technológiát a 220 MW teljesítményű blokkon egy kísérlet keretein belül sikeresen tesztelték. Ennek a berendezésnek a felépítése látható a **14. ábrán**, amit a Mátrai Erőmű Zrt. adott számomra szemléltetés céljából.

## Komplett SNCR-berendezés nagykazánhoz

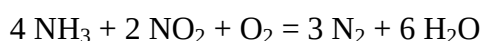
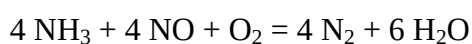
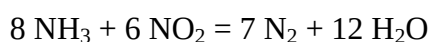
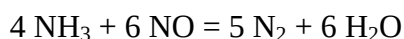


**14. ábra:** a Mátrai Erőmű Zrt-nél tesztelt SNCR berendezés vázlata

Az SNCR eljárásban a nitrogén-oxidokat ( $\text{NO} + \text{NO}_2$ ) szelektív nem-katalitikus redukcióval távolítják el. Az ilyen típusú eljárásban a redukálószer (rendszerint ammóniát vagy karbamidot) a kemencébe fecskendezik, ahol reakcióba lép a nitrogén-oxidokkal. A reakció 850 és 950 °C közti hőmérsékleten játszódik le, e hőmérséklet-tartományon belül pedig lassabb és gyorsabb reakciósebességű zónák alakulnak ki. A nitrogén-oxidok SNCR eljárással végzett, 60-80%-ot meghaladó redukációjához nagyobb mennyiségű redukálószer bejuttatása szükséges. Ez viszont ammónia kibocsátáshoz vezethet, ha nem adnak hozzá „hígítóként” vizet vagy levegőt.

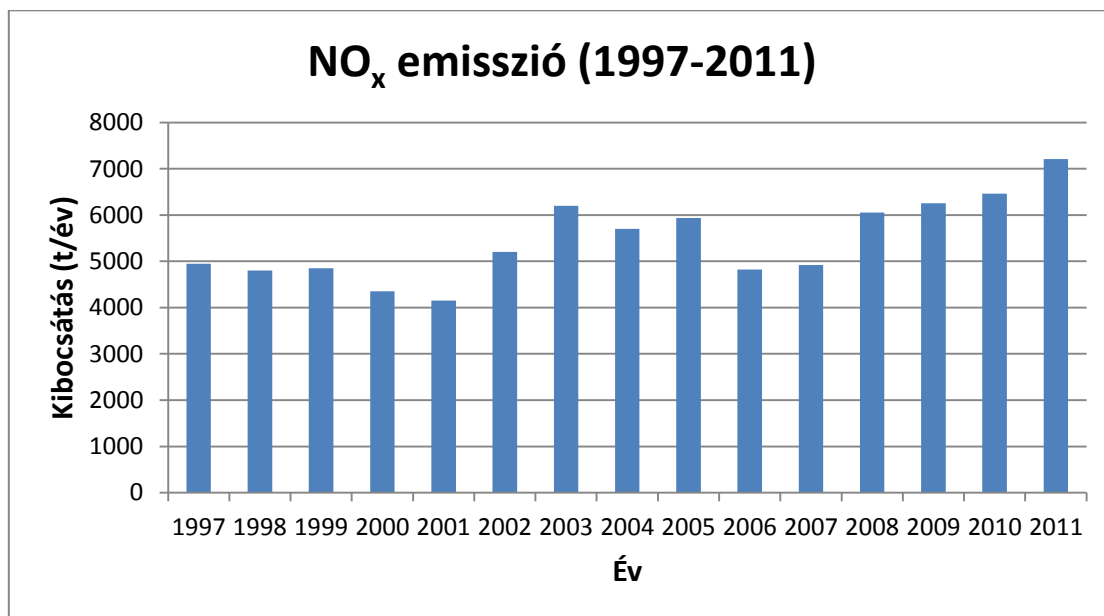
Az ammónia vagy ammónia származékok (pl. karbamid) redukáló szerként való alkalmazása ennél az eljárásnál is sikeresnek bizonyult. A füstgáz nitrogén-oxidjai alapvetően a  $\text{NO}$  és a  $\text{NO}_2$ , ezeket a redukálószer  $\text{N}_2$  gázzá és vízpárává redukálják [23].

A lejátszódó reakciók [3]:



A kísérlet sikeres volt, ezzel a technológiával, 50 % feletti NO<sub>x</sub> redukció volt elérhető. Az erőmű 2018-ra minimum 1 blokkjába szeretné beépíttetni a rendszert, 2019-re pedig remélik, hogy az összes blokkjukban ez a rendszer fogja biztosítani a NO<sub>x</sub> határértéken belüli kibocsátását.

Az erőmű által kibocsátott NO<sub>x</sub>-ot mutatja az eltelt évek során a **15. ábra**.



**15. ábra:** A Mátrai Erőmű Zrt. évenkénti nitrogén-oxid kibocsátása

Az erőműnél a NO<sub>x</sub> kibocsátás emelkedő tendenciát mutat a megnövekedett tüzelőanyag mennyisége valamint a biomassza- és hulladéktüzelés miatt. A nagyobb kibocsátás csökkentését célozza az SNCR eljárás tervezett bevezetése.

#### **4.3 A kibocsátási határértékek változásának hatása füstgáztisztító rendszer tükrében**

A fentiekben bemutatott füstgáztisztító rendszer segítségével ugyan teljesítik a jelenlegi kibocsátási határértékeket, melyeket a következőkben ismertettek, azonban kötelesek levegőterhelési díjat fizetni.

A levegőterhelési díjfizetési kötelezettség, bizonyos kivételektől eltekintve, azt a kibocsátót terheli, aki a 306/2010. (XII. 23.) Korm. rendelet szerinti bejelentés köteles helyhez kötött légszennyező pontforrást üzemeltet [24].

A levegőterhelési díj:

a por után 30 Ft kg-onként

SO<sub>2</sub> után 50 Ft kg-onként

NO<sub>x</sub> után 120 Ft kg-onként

A díj megfizetését a 2003. évi LXXXIX. törvényben fogalmazták meg, ami nagymértékben motiválja az erőművet, hogy minél kevesebb káros anyaggal terhelje a levegőt [28].

A levegőtisztító rendszerek segítségével a kibocsátási értékek bőven a jelenlegi határértékek alá esnek, amit a 10/2003. VII. 11 KvVM rendelet határoz meg az 50 MW<sub>th</sub> és annál nagyobb erőművek számára [26]:

Határértékek:

por: 50 mg/Nm<sup>3</sup>

jelenleg: 5-7 mg/Nm<sup>3</sup>

SO<sub>2</sub>: 400 mg/Nm<sup>3</sup>

jelenleg: 210 mg/Nm<sup>3</sup>

NO<sub>x</sub>: 500 mg/Nm<sup>3</sup>

jelenleg: 270 mg/Nm<sup>3</sup>

Ezek a határértékek azonban a 2010/75 EU irányelv alapján 2019. évre várhatóan az alábbiak lesznek [27].

por: 20 mg/Nm<sup>3</sup>

SO<sub>2</sub>: 200 mg/Nm<sup>3</sup>

NO<sub>x</sub>: 200 mg/Nm<sup>3</sup>

Ha 2016-ig nem változik a kibocsátás mértéke, és a 2016-19 közötti években egyenlő mértékű csökkenést akarnak elérni akkor az 2. táblázat szerint kell a kibocsátásoknak alakulnia.

Pl.

határérték 2017 = határérték 2016 - (határérték 2016 - határérték 2019)/3

Ez a képlet valamint a fenti értékek alapján a **1. táblázat** szerint kell majd csökkenteniük a kibocsátást.

**1. táblázat:** A 2016-os évtől érvényes légszennyező anyagok kibocsátási határértékei 2019-ig

| Szennyezők      | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 |
|-----------------|------|------|------|------|
| SO <sub>2</sub> | 400  | 334  | 267  | 200  |
| NO <sub>x</sub> | 500  | 400  | 300  | 200  |
| Por             | 50   | 40   | 30   | 20   |

Ezeknek az értékeknek fognak megfelelni a Mátrai Erőmű Zrt. kibocsátási értékei, a fentiekben említett légszennyező anyagcsökkentő technológiák birtokában.

## **5. CO<sub>2</sub> kibocsátás a Mátrai Erőmű Zrt-nél**

Magyarországon a deklarált energiapolitika az energiahatékonyság növelése mellett jelentős szerepet szán a megújuló energiák elterjedésének. Az elfogadott Energiastratégia és a Megújuló Cselekvési Terv a biomasszát jelöli meg, mint legnagyobb hazai megújuló energiapotenciált. A kormányzati szándék a beindult fejlesztésekben még nem érzékelhető, ugyanakkor több biomasszát (elsősorban fát) tüzelő erőmű nehéz helyzetbe került. A Mátrai Erőmű Zrt. helyzete ellentmondásos ebben a folyamatban. A kvótavásárlási kényszer törvényszerűen növeli a lignitalapú villamosenergia-termelés költségeit, ugyanakkor a magyar lignitvagyon hasznosítása az erőmű által vállalt küldetés, és az egész ország meghatározó gazdasági érdeke. A cég működését olyan irányba kellett átalakítani, ami a lignit alapú termelés megtartása mellett biztosítja a cég versenyképességét akkor is, ha az összes szükséges CO<sub>2</sub> -kvótát a piacról kell beszerezni. A hagyományos költségcsökkentési módszerek mellett ennek legfőbb eszköze a kvótasemleges biomassza-együttégetés arányának növelése, ide tartozik a nagy megújuló részarányal rendelkező települési hulladék is, aminek eredményeként a Mátrai Erőmű Zrt. az ország legnagyobb megújuló villamosenergia-termelőjévé vált [28].

Az erőművekben felhasznált biomassza alatt általában fára, speciális kazán esetén szalmára gondolnak. Az erőmű teljesen más utat választott, aminek helyességét az elmúlt évek igazolták. Több évig tartott, amíg a jelenlegi biomassza-struktúra kialakult, aminek állomásait érdemes végigkövetni. A történet 2004-ben kezdődött. Az erőművet az élelmiszeripar kereste meg. Olcsó, más célra nem használható anyagokat kínáltak. Ilyen volt az SRM húsliszt és a korpa. Az előbbi élelmiszerbiztonsági okból takarmányként nem volt felhasználható mivel az akkori kergemarhakór miatt elpusztított marhákból készült és fűtőértéke elérte a 21 000 kJ/kg értéket, ami igen kedvező volt az erőmű számára. A korpa esetében, – a sertésállomány visszaesése miatt, – átmeneti felesleg keletkezett a malomiparban. Az igazi ugrás 2005-ben történt. A kötelező átvételi rendszerben akkor pótdíjat fizettek a megújuló forrásból előállított villamosenergia után, mennyiségi korlátozás nélkül. Ebben az évben volt az emlékezetes vihar a Tátrában, az onnan származó kidőlt fák jelentős részét a Mátrai Erőmű Zrt-ben tüzelték el. Növekvő biomassza-tüzelési kényszert jelentett, hogy a 2003/87/EK irányelv alapján Magyarországnak a 2008–2012-es, második kiotói kereskedési időszakra el kellett készítenie Nemzeti Kiosztási Tervet (NKT2), ami alapján 2008-tól az erőmű kvótaigényének csak egy részét

kapja meg ingyenesen, a többit (kb. 30%-ot) a piacon kell beszereznie. A növekvő biomassza igény egyre több anyagféleség beszállítását tette szükségessé. Az erőmű alapelveként rögzítette, hogy az ellátását nem az erdészeti tevékenységből származó fára alapozza. Ennek részint költséghatékonysági okai voltak, de már a kezdetektől látszott az is, hogy az erdészeti fa erőművi tüzelésének nincs meg a lakossági támogatottsága, ami később annak jogszabályi ellehetetlenítéséhez vezetett. A fás szárú biomassza felhasználásának másik vizsgált forrása az energiaültetvények nagy területeken történő telepítése volt, de egyértelművé vált, hogy nagyobb állami szerepvállalás nélkül ez nem működik. A Mátrai Erőmű Zrt. így egyre inkább a mezőgazdasági melléktermékek hasznosítására törekedett, aminek az elmúlt években kialakult a logisztikai és technológiai háttere a begyűjtés, a feldolgozás és a tüzelés teljes folyamatában és nem mellékesen többlet árbevételt jelent a gazdáknak, új munkahelyeket teremt a térségben.

A Mátrai Erőmű Zrt. beszállítóival közösen, 2007-től megkezdte egy új tüzelőanyag-struktúra kialakítását és üzemszerű alkalmazását. A projekt célja egy homogén anyagszerkezetű, az év során állandó minőségű (fűtőértékű) tüzelőanyag megalkotása volt, amely kiküszöböli a szezonális okozta negatív hatásokat, továbbá egyetlen egységgel jellemezhető, így könnyítve meg a pénzügyi tervezést is. A különböző, időszakonként változó anyagok szabályozott bekeverésével előállított anyag fantázianeve: BIOMIX. A gyártásnál felhasznált alapanyagok a mezőgazdaság, az élelmiszer-, feldolgozó- és faipar melléktermékeiből származnak. Az anyagok kiválasztásánál az égési tulajdonságok, a technológiában való megfelelés és az egyes anyagok rendelkezésre állása volt a döntő szempont. A felhasznált alapanyagok, a hatályos jogszabályoknak és rendeleteknek megfelelően, emberi fogyasztásra nem alkalmasak, és megfelelnek a fenntarthatósági kritériumoknak [28].

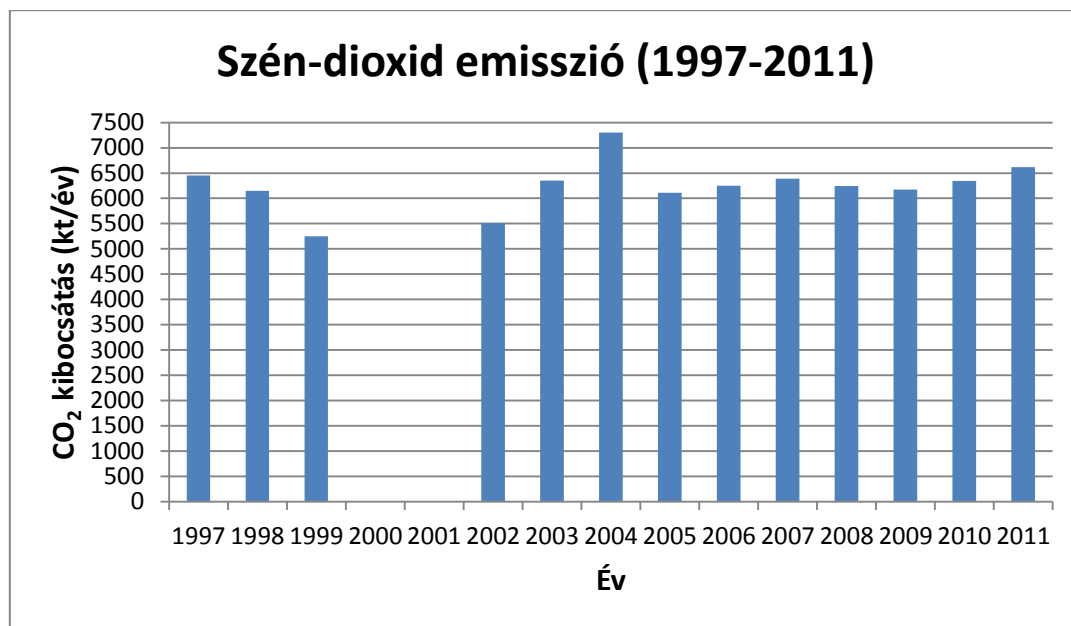
A biomassza lignit hőarány 10%, ez éves szinten 450 000 tonna biomassza felhasználását jelenti, ami döntően mezőgazdasági melléktermékekből (pelyva, maghéj, szalma, kukorica-szár, gombakomposzt, korpa, szőlőveginye), erdészeti és vágástéri hulladékokból (fűrészpor, hulladék fák, gallyak, gyökerek, zagyatéri fa) tevődik össze [29].

A meddőhányók tetején 5 éve telepített akácos, ami életciklusa alatt 3-4 alkalommal is vágható és mintegy 20 h területnyi erdőt jelent és aminek a fele 10 hektár a tavalyi évbe kivágásra került és az előzőekben felsoroltak mellett eltüzelésre is.

Biomassza mellett az erőműben 2005-től német és osztrák eredetű települési hulladékok energetikai hasznosítását is végzik, aminek mennyisége napjainkban eléri a majdnem 40 000 t éves felhasználást. Ebből a hulladékból naponta maximum 1200 t-át tudnak felhasználni, ami a 100 MW-teljesítményű kazánnál 200 t/nap, a 200 MW-feletti kazánoknál pedig 400 t/nap megengedett tüzelést jelent. Ennek a hulladéknak 2009-áprilisától egy bizonyos része a biomasszához hasonlóan megújuló energiaforrásként van számon tartva, így CO<sub>2</sub> mérlege semleges vagyis kvótamentes. A hulladéknak a vizsgálatát egy budapesti akkreditált központban végzik havonta, radiokarbonos kormeghatározással. A vizsgálat az mutatja ki, hogy a mintában hány százalék megújuló rész található, ami az erőmű esetében 50-80%-között mozog. Jelenleg ezen energiahordozók lignittel való együtt tüzelésével csökkentik a CO<sub>2</sub> kibocsátásokat a Mátrai Erőmű Zrt-nél amit a következőkben diagramokkal és számításokkal szemléltetünk.

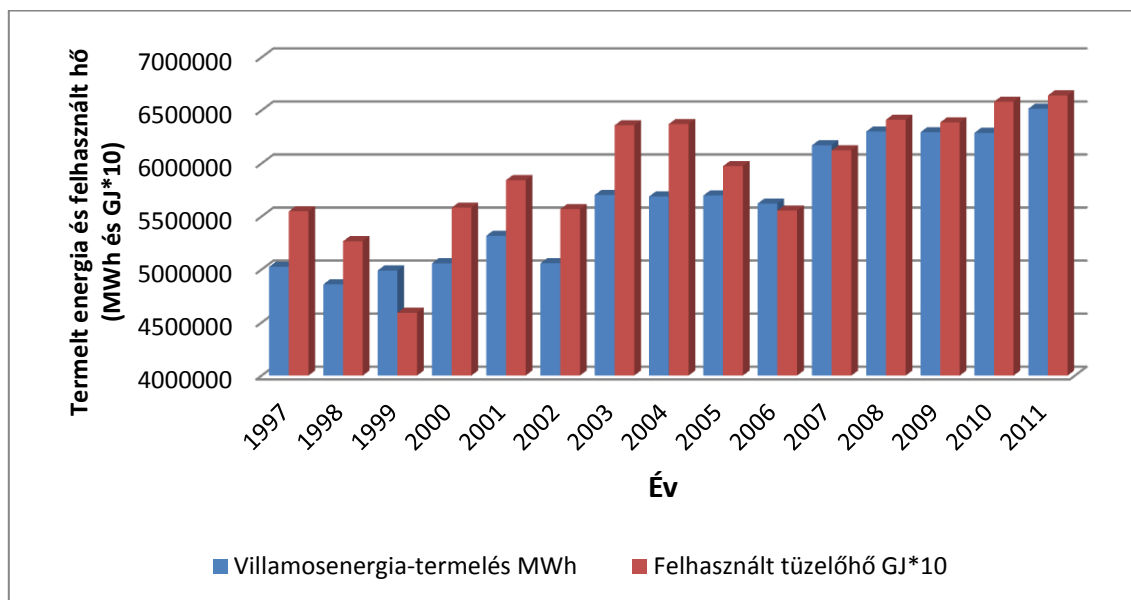
### 5.1 A Mátrai Erőmű Zrt. CO<sub>2</sub> kibocsátás csökkentésének bemutatása

A Mátrai Erőmű Zrt. évenkénti szén-dioxid kibocsátását a **16. ábra** szemlélteti. Sajnálatos módon a 2000-2001-es évekre vonatkozó kibocsátási adatok nem álltak rendelkezésemre mivel akkor a Mátrai Erőmű Zrt-nek még nem volt jelentési kötelezettsége, de ennek hiányában is kellőképp szemlélteti a kibocsátásokat.



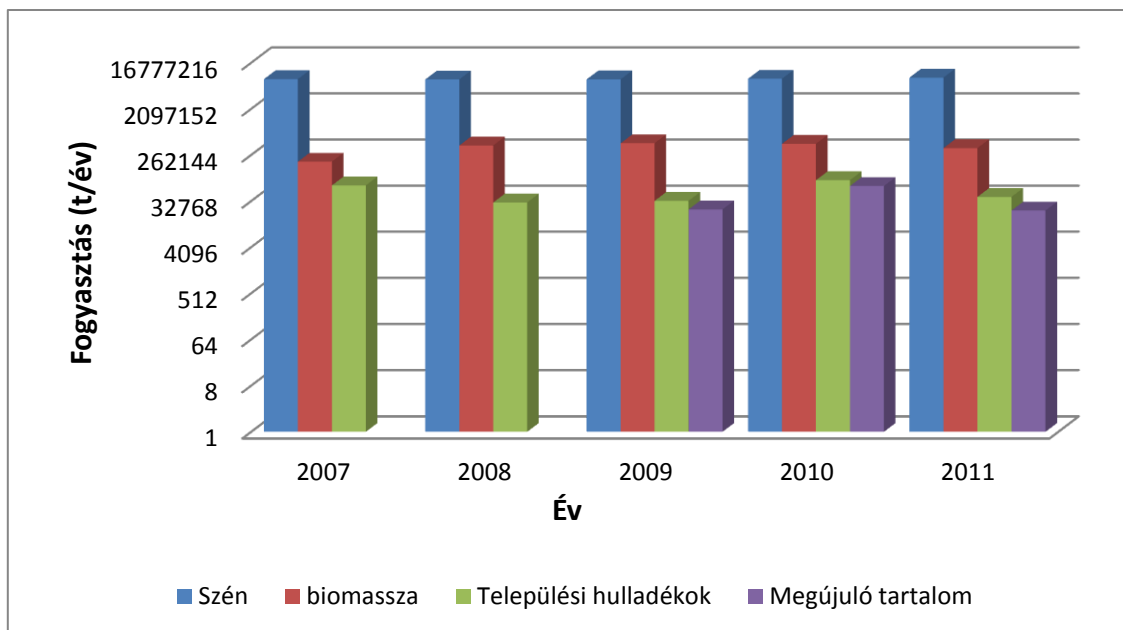
**16. ábra:** A Mátrai Erőmű Zrt. évenkénti szén-dioxid kibocsátása

A 16. ábra nem mutat magában drasztikus szén-dioxid csökkenést az 1997-2011-es időszakban, szinte stagnál. A következő **17. ábrát**, azonban ha megtekintjük, amin az évenkénti tüzelőanyagból keletkező hőfelhasználás illetve megtermelt villamosenergia látható, akkor kiderül, hogy nagymértékben javult a helyzet hatékonyság szempontjából.



**17. ábra:** A Mátrai Erőmű Zrt. által évenként megtermelt villamosenergia, valamint felhasznált tüzelőanyag hőtartalma

Ha a tüzelőanyag felhasználást és az előzőekben mutatott szén-dioxid kibocsátást együtt elemezzük, kitűnik, hogy a 2003-2004-es években az egyik legnagyobb szén-dioxid kibocsátást tapasztalhatjuk, de emellett ezekben az években jelentősen növelték a tüzelőanyag felhasználást és ez azt eredményezte, hogy 2004-ben a valaha megtermelt legtöbb CO<sub>2</sub>-ot bocsátották ki a környezetbe. 1997-től 2011-ig felhasznált tüzelőanyag és a megtermelt villamosenergia évenkénti növekedését megfigyelve az is látható, hogy a CO<sub>2</sub> kibocsátás ehhez mérten folyamatosan csökkent. Drasztikus változás azonban a 2005-ös évtől figyelhető meg, mikor a 2004-es kísérleti év után megkezdtek a biomassza felhasználást kazánjaikban és a kazánok biomassza égetéséhez szükséges felújítását. 2007-től, amikor a biomasszából nyert hőt a 2005-ös évben felhasználtak több mint 15-szörösére mintegy 2881 TJ-ra növelték látható, hogy a jelentős megtermelt villamosenergia növekedés mellett a CO<sub>2</sub> kibocsátás csak alig változott. Ez a további években még jobb eredményt mutat, amikor a 2007-es biomassza tüzelésnek több mint dupláját, 6-7 ezer TJ-t használták fel villamosenergia termelésre. 2009-től már a *települési hulladék megújuló részarányának* feltüntetése is javítja a CO<sub>2</sub> eredményeket (**18. ábra, lila oszlop**). A következőkben a 2007-es, és az ezutáni évek tüzelőanyag felhasználásának változása látható az **18. ábrán**.



**18. ábra:** A Mátrai Erőmű Zrt-nél eltüzelt főbb anyagok mennyisége  
(logaritmikusan ábrázolva!)

Az 18. ábrán jól látható az előzőekben említett 2007-es év utáni biomassza felhasználás növekedése, ez annak köszönhető, hogy csak 2008-as évtől tüzelnek biomasszát az erőmű összes széntüzelésű blokkjában. Ennek hatása látszik az éves CO<sub>2</sub> kibocsátási adatokon is (16. ábra). A másik, ami megfigyelhető, hogy kis mértékben ugyan, de 2011-ben emelkedett a CO<sub>2</sub> kibocsátás. Ez a 18. ábrán látható biomassza illetve a települési hulladék megújuló tartalmú fogyasztásának visszaesésével magyarázható. Feltehetően ez az előző évben végbemenő új NO<sub>x</sub> kibocsátás csökkentő rendszer tesztelésének köszönhető. Ezen adatok alapján megállapítható, hogy szoros összefüggés van a biomassza és a megújuló tartalmú hulladékok tüzelése és a CO<sub>2</sub> kibocsátás között a Mátrai Erőmű Zrt-nél, mert a tényleges kibocsátáshoz képest a biomasszára illetve megújuló hulladékokra eső CO<sub>2</sub> kibocsátást nem kell figyelembe venni az elszámolásnál.

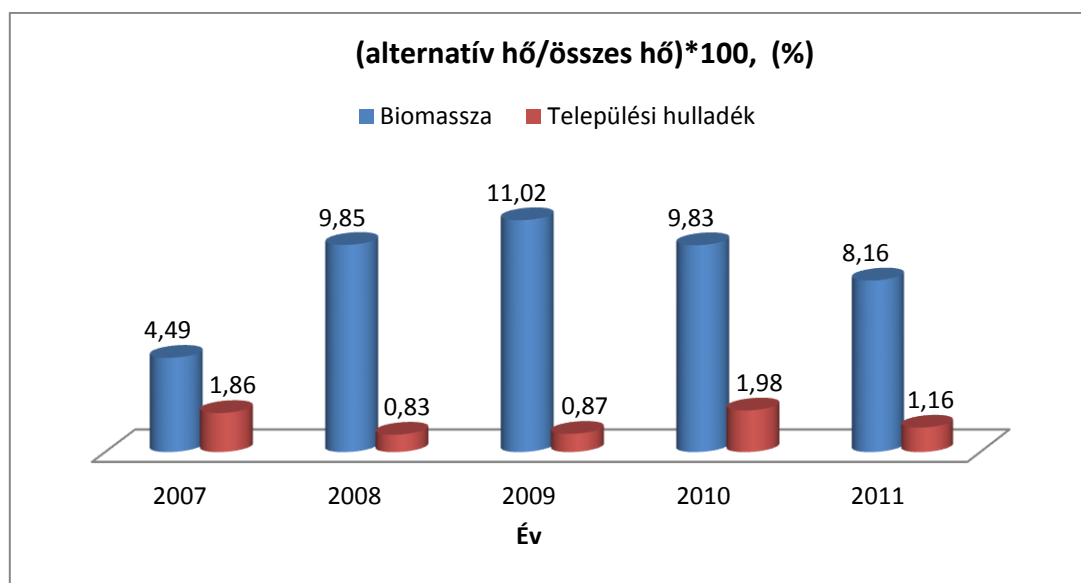
## 5.2 A Mátrai Erőmű Zrt. jövőbeli tervei a további CO<sub>2</sub> csökkentésre

2013-tól a CO<sub>2</sub>-kibocsátási szabályok tovább szigorodnak, várhatóan az ingyenes kvóta kiosztása megszűnik, a CO<sub>2</sub>-kvótákat 100%-ban a piacról kell beszerezni. Ez az erőmű költségeit 20-40%-kal növeli, ami beavatkozások nélkül a versenyképesség elvesztéséhez vezetne. A cég életben tartásához számos egyéb intézkedés mellett az évtized végéig több lépcsőben 25%-ra növekszik a biomassza-tüzelés részaránya, az erőmű CO<sub>2</sub>-kibocsátása közel a felére, a fajlagos CO<sub>2</sub>-kibocsátás a jelenlegi 1 kg/kWh-ról 0,8 kg/kWh-ra tervezik tenni. Erre, természetesen, a kazánokat is fel kell készíteni. A technológiai átalakításoknál is nagyobb kihívást

jelent azonban a szükséges évi ~800 000 tonna biomassa biztosítása, amihez a jelenlegi anyagfélések már nem lesznek elegendők. Elkerülhetetlen a szennyvíziszapból, a háztartási hulladékokból és az energiaültetvényekből származó biomasszák jövőbeni felhasználása, ami a szükséges logisztikai háttér kialakításán túl jelentős gazdaság politikai támogatottságot is igényel [28].

## 6. A biomassa és a szelektált települési hulladék együttégetésével járó eredmények a 2007-2011-es időszakban

A biomassa valamint a szelektált települési hulladék tüzelőanyag tonnában való felhasználása mellett, ami az 18. ábrán már bemutatásra került, a másik fontos érték a teljes hőmennyiséghez viszonyított biomassa valamint települési hulladék részarány, ami a **19. ábrán** látható. Ezeket szemléltetem a 2007 és 2011-es év között egy egyszerű képlet alapján, ami a számítandó anyagból (legyen ez biomassa vagy hulladék) nyert hő osztva a technológia teljes hőigényével és szorozva százszal.



**19. ábra:** A biomassa és települési hulladék hője az összes hőigényhez viszonyítva (%)

A 19. ábrán 2009-ben a biomassa és a települési hulladék együttes aránya látható, ami majdnem elérte a 12%-ot és ezzel kiemelkedően nagyobb értéket mutatott a többi évhez képest. A 16. ábrát is figyelembe véve látható, hogy a 2007-2011-es évek közül a 2009. évben volt a legkisebb a CO<sub>2</sub> kibocsátás. Ezek alapján is megállapítható, hogy a biomassa illetve települési hulladék részarányának növelésével jelentős CO<sub>2</sub> kibocsátás csökkentést érhetünk el. Mindezek mellett az is jól látszik a 19. ábrán, hogy a biomassa és a szelektált települési hul-

ladék CO<sub>2</sub> kibocsátás szempontjából hasznos hője nem elhanyagolható és valóban alkalmas villamosenergiatermelésre ez a két tüzelőanyag.

A következőkben úgy mutatom be a Mátrai Erőmű Zrt. szén-dioxid kibocsátás csökkentésének eredményeit, hogy feltehető, ha az erőmű nem égetne alternatív tüzelőanyagot, akkor ugyan ezt a hőmennyiséget is lignit tüzelésével érné el.

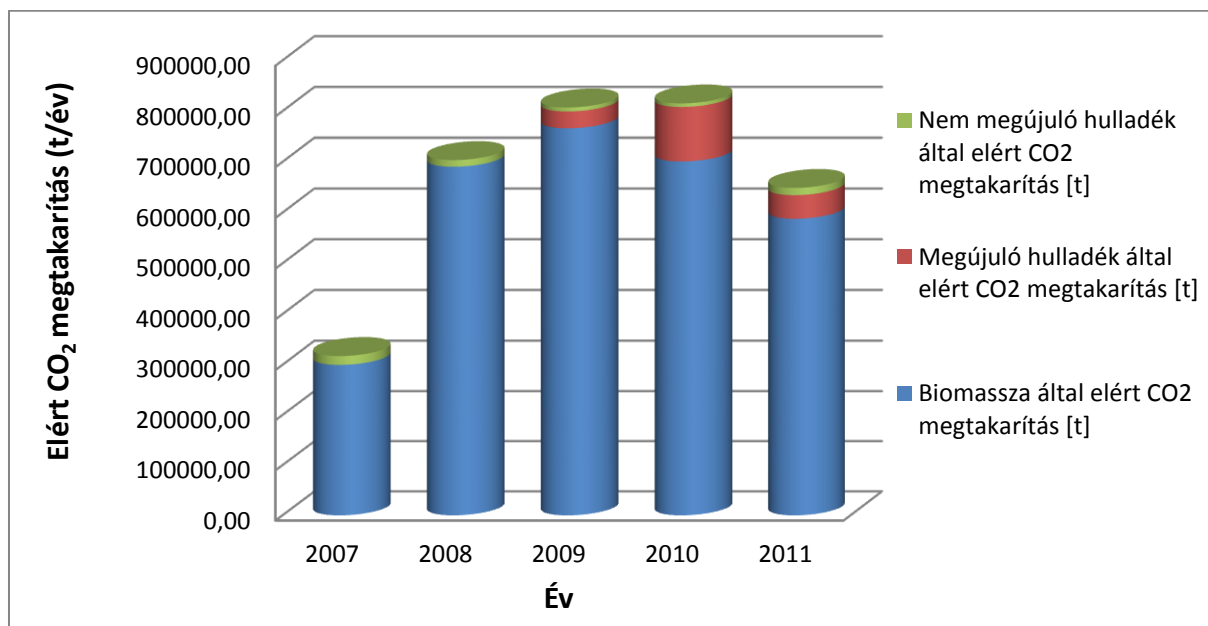
Ehhez segítséget nyújtott 272/2004. (IX. 29) Kormányrendelet, amiben leírtak alapján végeztem a nem anyagmérleg alapján történő kibocsátási számításokat. Ezek által meghatároztam, hogy a szénre vetítve hány tonna CO<sub>2</sub> megtakarítás keletkezik úgy, hogy a használt tüzelőanyag elégetése által keletkezett hőt megszoroztam a szén átlagos kibocsátási és oxidációs tényezőjével. Ehhez szükség volt az anyagok kibocsátási tényezőjére ami, a tüzelőanyag tüzelése során, illetve az alap- és segédanyag kémiai reakciói során a bemenő anyag széntartalmához viszonyított képződő szén-dioxid aránya [tCO<sub>2</sub>/TJ]. A számításom következő alkotóeleme az oxidációs tényező, ami a tüzelőanyagból kiégett és a tüzelőanyaggal bevitt szén aránya, valamint az adott évben eltűzelt tüzelőanyag által keletkezett hőmennyiség [TJ] [30].

A számítások különböznek a biomassza és a szelektált települési hulladék esetén, mivel a biomassza teljesen semleges kibocsátásnak minősül ezzel szemben a települési hulladék nem, ezért az utóbbit kettéválasztottam megújuló és nem megújuló tartalmúakra a 2007-es és 2011-es évek között, amit a **2. táblázat** tartalmaz.

**2. táblázat:** Elérhető CO<sub>2</sub> megtakarítás számításokkal, évekre lebontva

|                                                                       | <b>Számítás</b>                                                                                                            | <b>2007</b> | <b>2008</b> | <b>2009</b> | <b>2010</b> | <b>2011</b> |
|-----------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Biomassza által elért CO <sub>2</sub> megtakarítás [t/év]             | biomassza hőmennyisége *<br>szén átlagos kibocsátási tényezője *<br>szén oxidációs tényezője                               | 299 982     | 690 535     | 766 356     | 700 900     | 587 972     |
| Megújuló hulladék által elért CO <sub>2</sub> megtakarítás [t/év]     | megújuló hulladék hőmennyisége*<br>szén átlagos kibocsátási tényezője *<br>szén oxidációs tényezője                        |             |             | 33 123      | 107 443     | 46 547      |
| Nem megújuló hulladék által elért CO <sub>2</sub> megtakarítás [t/év] | nem megújuló hulladék hőmennyisége*<br>átlagos kibocsátási tényezők különbsége*<br>települési hulladék oxidációs tényezője | 17 535      | 13 087      | 7 863       | 7 022       | 14 270      |

Biomassza felhasználásával 2009-ben volt a legnagyobb a CO<sub>2</sub> megtakarítás: 766 356 tonna. Megújuló szelektált települési hulladékból 2010-ben 107 443 tonna volt a megtakarítás. Mivel nem megújuló tartalmú hulladék esetén is elértek megtakarítást a feltevés alapján úgy, hogy az átlagos CO<sub>2</sub> kibocsátási tényezője kevesebb, mint a szén kibocsátási tényezője. Ennek tudatában, nem alkalmazható a szokásos képlet a szelektált települési hulladék esetén, mivel nem a teljes CO<sub>2</sub> kibocsátást képes megtakarítani, ezért a 2. táblázatban szereplő képletet használtam. Azt, hogy a lignittüzelés mennyivel több szén-dioxid kibocsátással jár azt a lignit és a hulladék kibocsátása közötti különbség mutatja. Az eredmények alapján ebből az értékekből 2007 tűnik ki, ahol 17 535 tonna megtakarítás keletkezett. Az 5 év együttes megtakarítása mintegy 3 292 637 tonna, ez az érték példaként a 2010-es év összes CO<sub>2</sub> kibocsátásának több mint a felét adja. Az összesített adatok alapján az 5 év kibocsátásának (31 763 000 t) a 3 292 637 tonna CO<sub>2</sub> csökkenés a 10,36% -át adja, ebből is látszik, hogy jelentős a megtakarítás. Az előzőekben számolt lehetséges megtakarítási értékeket a **20. ábra** szemlélteti, valamint a számítási adatokat a **1. melléklet** tartalmazza.



**20. ábra:** Biomassza és hulladék által elérhető CO<sub>2</sub> megtakarítás lignit alapú tüzelésre vetítve

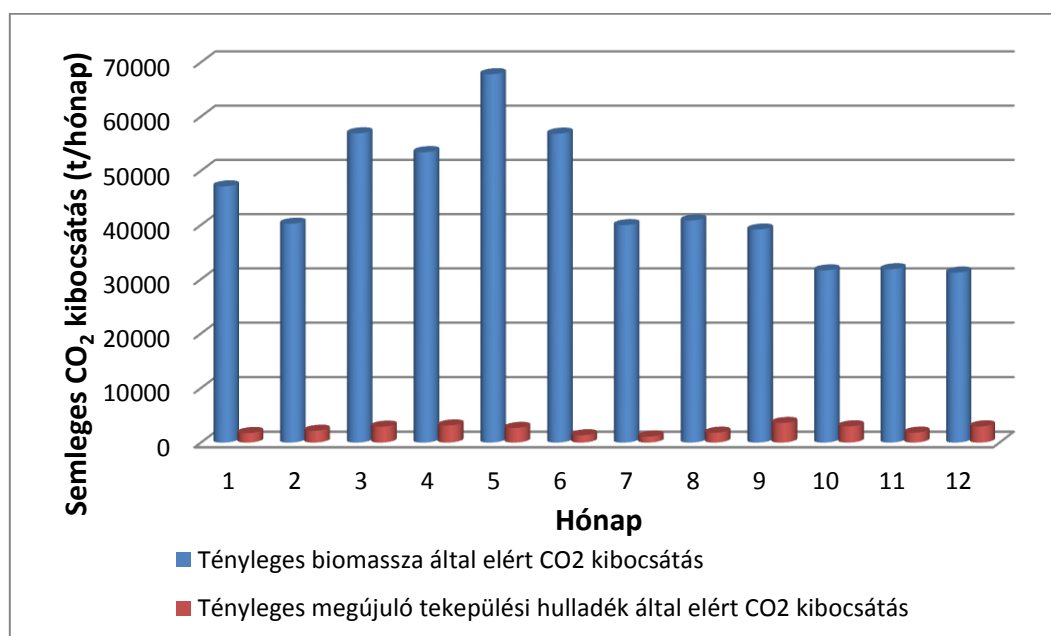
A 272/2004. (IX. 29) Kormányrendeletben szereplő képletek alapján a fentiek szerint számítottam a ténylegesen elért CO<sub>2</sub> megtakarítást. Itt természetesen a kívánt tüzelőanyaggal bevitt hőt, átlagos kibocsátási tényezőjét és oxidációs számát használtam. Ezek alapján az alábbi szén-dioxid semleges értékek adódtak, amiket az **3. táblázat** szemléltet.

**3. táblázat:** Ténylegesen kibocsátott kvótasemleges CO<sub>2</sub>

|                                                                                            | 2007    | 2008    | 2009    | 2010    | 2011    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|
| <b>Tényleges biomassza által elért CO<sub>2</sub> kibocsátás [t/év]</b>                    | 272 663 | 688 957 | 766 626 | 639 856 | 538 250 |
| <b>Tényleges megújuló települési hulladék által elért CO<sub>2</sub> kibocsátás [t/év]</b> |         |         | 24 260  | 88 582  | 30 182  |

Ezek az értékek természetesen kisebbek az előzőekben számított lignitre vetített CO<sub>2</sub> megtakarításokhoz viszonyítva, mivel a lignit átlagos kibocsátási tényezőjéhez képest az esetek nagy többségében a biomassza, valamint a szelektált települési hulladékok átlagos kibocsátási tényezője kisebb. A települési hulladékok esetében pedig csak a megújuló részaránnyal számolhatunk, ami 2009-ben volt a legkevesebb (55%), tavaly 56%, 2010-ben pedig átlagosan 76% volt. A települési hulladéknak csak ez a része CO<sub>2</sub> semleges. Összesen az 5 év alatt 3 049 377 tonna semleges CO<sub>2</sub>-ot bocsátottak ki, ami az 5 év alatt kibocsátott összes széndioxidnak csak a 9,6%-a, de várhatóan ez az érték eléri majd 2020-ra a 25%-ot.

A biomassza és a megújuló szelektált települési hulladék által 2011-ben kibocsátott semleges CO<sub>2</sub> részletesebb értékeit, havi bontásban az **21. ábra** szemlélteti.



**21. ábra:** 2011-ben havonta biomassza és hulladék által elért CO<sub>2</sub> semleges kibocsátás

Az 21. ábrán többek között kitűnik a biomassza egyik hátránya, hogy sajnos elég sok fajtája szezonálisan áll csak rendelkezésre. Ezt mutatja az előzőekben ismertetett képlet alapján az is, hogy az oxidációs tényezője nem nagyon változott, de a kibocsátási tényező a hőmennyiség,

valamint a fűtőérték is ingadozó. A legjobb értékeket az 5. hónapban mutatták (**2. melléklet**). Az kisebb kibocsátási tényező a jobb minőségű biomasszának, míg a hőmennyiség az eltüzelt anyagmennyiségnek köszönhető. Látszik, pl. hogy az 5. hónapban mennyivel jobb és több biomasszát tudtak eltüzelni. Különbözik havonta a biomassza összetétele, valamint a mennyisége. A szelektált települési hulladéokra is ez a kiszámíthatatlanság jellemző.

Annak érdekében, hogy több biomasszát, valamint hulladékot tudjon a Mátrai Erőmű Zrt. eltüzelni, biztosítani kell a megújuló tüzelőanyag utánpótlását, hogy folyamatosan kellő mennyiségű biomassza, valamint hulladék álljon rendelkezésünkre. Ennek érdekében az előzőekben leírt szennyvíziszaphoz, valamint algához és további biomassza forrásokhoz kell nyúlniuk. Szelektált települési hulladék esetén pedig el kell érni, hogy Magyarországon környezettudatosabb hulladékgyűjtés lehessen, amivel biztosítani lehet az erőmű ellátását lehetőleg minél nagyobb megújuló tartalommal.

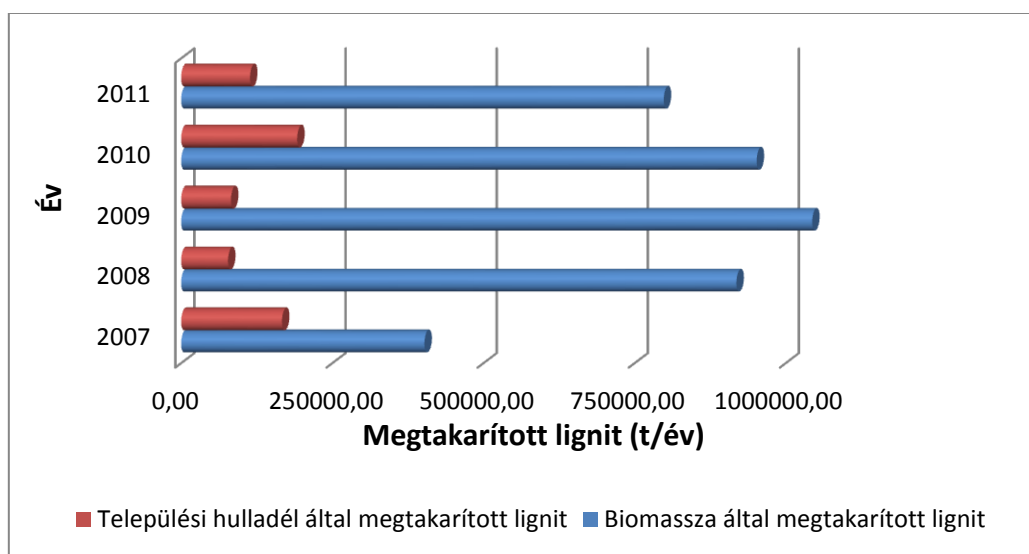
## **7. A Mátrai Erőmű Zrt-nél kiváltott fosszilis energiahordozó felhasználás biomassza illetve települési hulladék tüzeléssel.**

A következő elemzésem azt mutatja, hogy a két alternatív tüzelőanyag égetése által, milyen mértékű lignit felhasználás váltható ki. Számításaimban itt is a megújuló tüzelőanyagok által bevitt hőre (eltüzelt mennyiségük \* fűtőértékükkel) alapoztam. A megtakarítási értékek meghatározásához a biomassza, vagy a szelektált települési hulladék által bevitt hőt osztottam a szén fűtőértékével, vagyis ugyanazon hőmennyiség előállításához mennyi lignit elégetésére lett volna szükség. Az **4. táblázatban** a számítások alapadatait és eredményeit mutatom be.

**4. táblázat:** A Mátrai Erőmű Zrt-nél évenként megtakarított lignit adatai

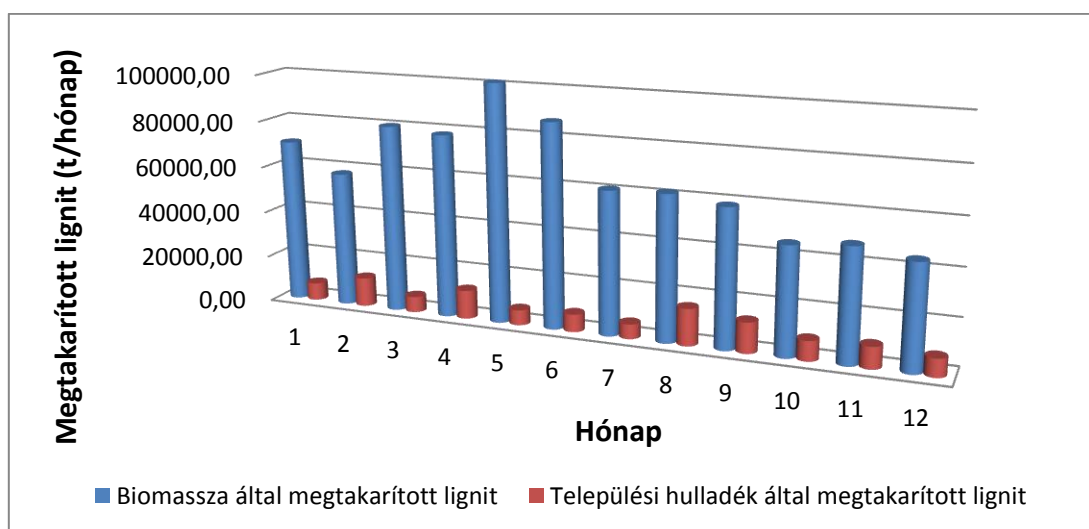
| Adatok                                 |                            | 2007         | 2008      | 2009       | 2010       | 2011      |
|----------------------------------------|----------------------------|--------------|-----------|------------|------------|-----------|
| Anyagok hőmennyisége (TJ/év)           | biomassza                  | 2749,47      | 6309,91   | 7042,14    | 6463,44    | 5422,28   |
|                                        | szelektált telep. hulladék | 1138,93      | 532,12    | 555,09     | 1302,84    | 773,29    |
| Fűtőérték (kJ/kg)                      | lignit                     | 6834,53      | 6871,51   | 6744,69    | 6791,02    | 6793,83   |
| Megtakarított lignit (t/év)            | biomassza                  | 402290,77    | 918271,82 | 1044101,36 | 951762,77  | 798118,29 |
|                                        | szelektált telep. hulladék | 166643,40    | 77437,92  | 82300,30   | 191847,47  | 113822,39 |
| Évenkénti összes megtakarítás (t/év)   |                            | 568934,17    | 995709,74 | 1126401,66 | 1143610,24 | 911940,69 |
| 2007-2011 összes megtakarítása (t/5év) |                            | 4 746 596,49 |           |            |            |           |

Az 4. táblázatban szereplő adatok alapján megállapítottam, hogy a 2007-2011-es időszakban 4 746 596 tonna lignitet nem kellett kibányászni és elégetni az 5 év során. Az 5 év alatt összesen keletkezett megtakarítás nagyságát az is mutatja, hogy ez a mennyiség egy átlagos év összes tüzelőanyag felhasználásának több mint a felét teszi ki, vagyis 5 év során egy teljes év tüzelőanyag mennyiségének a felét takarították meg alternatív tüzelőanyag együtt égetésével. Az 4. táblázat megtakarítási értékeit a **22. ábra** szemlélteti évekre lebontva.



**22. ábra:** A Mátrai Erőmű Zrt-nél évenként megtakarított lignit mennyisége

A 22. ábrán, mint ahogy az előző ábrák kapcsán is említett 2009-es év tűnik ki, a biomassa felhasználása által megtakarított lignit mennyiségét tekintve. Összesített adatok viszonylatában azonban a 2010-es év volt a leghatékonyabb, amikor is jelentős lignitet takarítottak meg maguk számára. A megtakarítás magában sajnos nem hordozza azt a tényt, hogy szoros összefüggés lenne a megtakarított szén és a tényleges CO<sub>2</sub> kibocsátás csökkenése között. 27. ábrát is figyelembe véve a szénre vetített elérhető CO<sub>2</sub> megtakarítás látható, hogy a környezet számára a legjelentősebb megtakarítás szintén 2010-ben keletkezett, annak ellenére, hogy a szelektált települési hulladék csak egy része minősül CO<sub>2</sub> semlegesnek. Dolgozatomban mivel a lehető legfrissebb adatokat kívánom szemléltetni, **23. ábrán** a visszaesést tapasztalt 2011-es év havonkénti lebontásában szereplő szénmegtakarítást is bemutatom.



**23. ábra:** 2011-ben megtakarított lignit havi bontásban

A 23. ábrán 2011-ben szintén a májusi hónap a kiemelkedő, akár csak a 21. ábrán, ahol a CO<sub>2</sub> megtakarítás volt látható. Ez természetesen annak köszönhető, hogy minél több megújuló tüzelőanyagot használunk annál több lignitet és CO<sub>2</sub>-ot takarítunk meg, tehát szoros összefüggés van a biomassa és szelektált települési hulladék által megtakarított lignit és széndioxid között. Ezek az adatok is azt bizonyítják, hogy a Mátrai Erőmű Zrt-nél használt alternatív tüzelőanyagok nagy mértékű megtakarítást jelentenek sok területen az erőmű számára, valamint ezen tüzelőanyagok égetésének mennyiségi növelésével fenntarthatóvá válik az erőmű működése a jövőben is.

## Összefoglalás

Az energiatermelés káros környezeti hatásainak jelentősége mellett, a Mátrai Erőmű Zrt. példáján keresztül a légszennyezők csökkentési módszereit mutattam be. Dolgozatomban többek között megállapítást nyer, hogy Magyarország jelentős lignit potenciáljának kihasználásával csökkentenie lehet az importfüggőséget, javítani az ellátásbiztonságot, valamint a biomassza tüzelőanyagként való felhasználása hozzájárul a vidékfejlesztéséhez is.

Lignittüzelésű erőmű esetén a megújuló tüzelőanyagokkal való együttégetés fontossága a Mátrai Erőmű Zrt. példáján keresztül került bemutatásra. Az erőműnél technológiai újítások segítségével és a megújuló részarány növelésével, hosszútávon fenntartható megoldást jelenthet a biomassza és szelektált települési hulladék együtt égetése a lignittel.

Munkám során vizsgáltam a Mátrai Erőmű Zrt.-nél tüzelt biomassza valamint szelektált települési hulladék energetikai hasznosítását. Ezeknek az alternatív tüzelőanyagoknak a jelentőségét nagy fűtőértékük, szállíthatóságuk, tárolhatóságuk, ökológiai előnyük és gazdasági megalapozottságuk adja.

Számításaim segítségével a Mátrai Erőmű Zrt. szén-dioxid kibocsátás csökkentésének eredményei kerültek bemutatásra, feltételezve, hogyha az erőmű nem égetne alternatív tüzelőanyagot, akkor ugyanazt a hőmennyiséget lignit tüzelésével érné el. A ténylegesen megtakarított szén-dioxid mennyiségét is kiszámítottam és összehasonlításra került a tényleges valamint feltételezett megtakarítás is. A szelektált települési hulladék esetén pedig szétválasztásra került a megújuló illetve nem megújuló részarány.

Az utolsó pontban az alternatív tüzelőanyagok használatával megtakarított lignit mennyiségét határoztam meg. Végezetül számításaim alapján megállapítást nyert, hogy a biomassza és települési hulladék lignittel való együtt tüzelése alkalmas villamosenergia előállítására, a kazánoknál azonban módosításokat tesz szükségessé ez a technológia. A Mátrai Erőmű Zrt. az energetikai határfokot folyamatosan vizsgálja, és remélhetőleg 2020-ra teljesíti majd a kitűzött 25%-os megújuló részarányt.

A számítási eredmények szintén bebizonyították, hogy jelentős CO<sub>2</sub>, valamint lignit megtakarítás érhető el ezen alternatív tüzelőanyagok égetésével. Az alternatív tüzelőanyagok tüzelési részarányának növelésével feltehetően Magyarországon hosszú távon fenntartható, megbízható villamosenergia termelést biztosítanak majd a Mátrai Erőmű Zrt.-nél, ezzel is csökkentve az ország energiafüggőségét. Napjainkban a növekvő erőmű bezárások mellett a Mátrai Erőmű

Zrt. biztosan tartja pozícióját és nagy energiát fektetve a különböző környezetvédelmi kormányrendeletek betartására.

### ***Köszönetnyilvánítás***

*Ezúton szeretnék köszönetet mondani a Mátrai Erőmű Zrt-nek a tőlük kapott folyamatos adat-szolgáltatásért és a szakmai segítségnyújtásért.*

*Dolgozatom „ Miskolci Egyetemen működő tudományos képzési műhelyek összehangolt minőségi fejlesztése” TÁMOP-4.2.2/B-10/1-2010-0008 sz. projekt támogatásával készült.*

## Irodalomjegyzék

- [1] Egyeztetési anyag: Nemzeti energiastratégia 2030, 2011. május, p.132.  
<http://www.google.hu/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0CCMQFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.kormany.hu%2Fdownload%2F3%2F58%2F30000%2FESTRAT2030%252020110513.pdf&ei=IAONUKDeC9HQsgaFtYDwBQ&usg=AFQjCNEc-7DhJvb6BLeRtEtLNYfL4I1K-A&sig2=Myz9TXBOC15zaSBxZojRhA>
- [2] Csutora Mária és Kerekes Sándor: A környezetbarát vállalatirányítás eszközei, KJK KERSZÖV, Budapest, 2004., p. 258.  
<http://www.google.hu/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0CCMQFjAA&url=http%3A%2F%2Funipub.lib.uni-corvinus.hu%2F411%2F1%2Fcsutkeregyben.pdf&ei=pf2MUPCKOZDotQaIioA4&usg=AFQjCNGo51U5pN7L8xXLT8PhI4Z2u6VDnA&sig2=R0SE-gbO9Om-kNSJgIHP7g>
- [3] Szűcs István – Woperáné dr. Serédi Ágnes: Levegőtisztítás, Miskolci Egyetemi Kiadó, 2001., p. 263.
- [4] <http://www.energiakaland.hu/energiaotthon/energiaforrasok/szen>
- [5] dr. Bíró K., Hegedüs P., dr. Imecs M., Jakab S., Szabó Cs., dr. Szabó L., dr. Vodnár J.: Magyar nyelvű szakelőadások a 2000-2001-es tanévben, Kolozsvár, 2001., p. 148.  
[http://www.google.hu/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0CCAQFjAA&url=http%3A%2F%2Fmek.oszk.hu%2F01100%2F01121%2F01121.pdf&ei=GhKNUJ2qG4fxsgbU\\_YCADQ&usg=AFQjCNFVAabFUWDDy5bmTmcsfFUmQ2kS3g&sig2=upkR6slToCKSTUQ8F0L0fA](http://www.google.hu/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0CCAQFjAA&url=http%3A%2F%2Fmek.oszk.hu%2F01100%2F01121%2F01121.pdf&ei=GhKNUJ2qG4fxsgbU_YCADQ&usg=AFQjCNFVAabFUWDDy5bmTmcsfFUmQ2kS3g&sig2=upkR6slToCKSTUQ8F0L0fA)
- [6] <http://hu.wikipedia.org/wiki/Lignit>
- [7] Energia Klub: Magyarország és a lignit, p. 2.  
[http://www.google.hu/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0CCMQFjAA&url=http%3A%2F%2Fenergiaklub.hu%2Fsites%2Fdefault%2Ffiles%2Fek\\_sajto\\_hatter\\_\\_lignit.pdf&ei=zUaNUMnbFM3AtAaB8IHIDg&usg=AFQjCNEWRSLyY1vi95ieJkEVgugljDiSA&sig2=SQVsX7EYYfvzKIzFullI2wA](http://www.google.hu/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0CCMQFjAA&url=http%3A%2F%2Fenergiaklub.hu%2Fsites%2Fdefault%2Ffiles%2Fek_sajto_hatter__lignit.pdf&ei=zUaNUMnbFM3AtAaB8IHIDg&usg=AFQjCNEWRSLyY1vi95ieJkEVgugljDiSA&sig2=SQVsX7EYYfvzKIzFullI2wA)
- [8] Eurocoal: Coal industry across Europe 2011  
<http://www.google.hu/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&ved=0CDIQFjAB&url=http%3A%2F%2Fwww.euracoal.be%2Fcomponenten%2Fdownload.php%3Ffiledata%3D1320310181.pdf%26filename%3DCoal%2520industry%2520across%2520Europe%25202011.pdf%26mimetype%3Dapplication%2Fpdf&ei=wgaNUPulG83mtQaZyIGABg&usg=AFQjCNEKYm-5QxOXOwDK5EI4fQXnjHxQ2w&sig2=6m9yx96l9tjgDvNjdyyQBw>

- [9] Dr. Fekete Jenő György szerkesztése, összeállítása, p. 51.  
[http://www.google.hu/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=5&ved=0CD4QFjAE&url=http%3A%2F%2Fusers.atw.hu%2Fepitomernok%2Fdownload.php%3Ffname%3D.%2FJegyzetek%2FKornyezetvedelem%2Fea.-dr.Fekete%2520Jeno.doc&ei=sUuNUJqpCsbhtQb0uIGwDg&usg=AFQjCNF\\_eO3NENo ghYfHOtWITG1g0W4hIA&sig2=ie\\_iTr8E9NH\\_u3owVK603A](http://www.google.hu/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=5&ved=0CD4QFjAE&url=http%3A%2F%2Fusers.atw.hu%2Fepitomernok%2Fdownload.php%3Ffname%3D.%2FJegyzetek%2FKornyezetvedelem%2Fea.-dr.Fekete%2520Jeno.doc&ei=sUuNUJqpCsbhtQb0uIGwDg&usg=AFQjCNF_eO3NENo ghYfHOtWITG1g0W4hIA&sig2=ie_iTr8E9NH_u3owVK603A)
- [10]  
[http://www.google.hu/url?sa=t&rct=j&q=03%2520fosszilis%2520eromuvek&source=web&cd=1&ved=0CCUQFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.atomforum.hu%2Fpdf%2F03%2520fosszilis%2520eromuvek.pdf&ei=-GuVT8aZFsrCtAbC\\_InYBA&usg=AFQjCNEHMv5AcNWJM\\_5Cp4Psrjea5zv9IA&cad=rja](http://www.google.hu/url?sa=t&rct=j&q=03%2520fosszilis%2520eromuvek&source=web&cd=1&ved=0CCUQFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.atomforum.hu%2Fpdf%2F03%2520fosszilis%2520eromuvek.pdf&ei=-GuVT8aZFsrCtAbC_InYBA&usg=AFQjCNEHMv5AcNWJM_5Cp4Psrjea5zv9IA&cad=rja)
- [11] Dr. Büki Gergely: Erőművek, Műegyetemi Kiadó Budapest, 2004., p. 608.
- [12] Dr. Örvös Mária: Levegőtisztaság-védelem, Budapest, 2000., p. 54
- [13] Magyar Energia Hivatal honlapja.  
<http://www.eh.gov.hu/fenntarthato-fejlodes-2/megujulo-energiak/142%20levegovedelem.html>
- [14] Gács Iván, Katona Zoltán: Környezetvédelem, Budapest, 1998, p. 182.
- [15] Tihanyi László, Csete Jenő: Műszaki Földtudományi Közlemények, 83. kötet, 1. szám (2012), p. 235.
- [16] Dr. Gács Iván, Buzea Klaudia, Gebhardt Gábor, Sándor Csaba: Villamosenergia-termelés és CO<sub>2</sub> kibocsátás, MET Erőmű Fórum Balatonalmádi, 2012. március 22-23., p. 15.
- [17] <http://www.mert.hu/cegtortenet>
- [18] <http://www.mert.hu/hu/eromu>
- [19] A Mátrai Erőmű Zrt. által kiadott prospektus: A Mátrai Erőmű Zrt. hazai nyersanyagból kínál a harmadik évezredben olcsó, környezetbarát villamosenergiát.
- [20] Mátrai Erőmű Zrt. magazin, 2010 ősz/tél, p. 111.  
<http://www.mert.hu/hu/magazin>
- [21] <http://www.mert.hu/hu/zagylhelyezes>
- [22] <http://www.mert.hu/hu/fustgaz-kentelenites>

- [23] Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztérium: Útmutató az elérhető legjobb technika meghatározásához a hulladékégetők engedélyeztetése során, Budapest, 2008., p. 386.  
[http://www.google.hu/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0CCYQFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.ippc.hu%2Fpdf%2Fhulladekegetes\\_utmutato\\_publikal-asra.pdf&ei=B5KOUJavNovSsgbpzoCoCw&usg=AFQjCNGvNhgGwnBr-geXqi64EXxe8-MKKQ&sig2=G5rXGafmQ6Xvf0O2tl\\_HYg](http://www.google.hu/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0CCYQFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.ippc.hu%2Fpdf%2Fhulladekegetes_utmutato_publikal-asra.pdf&ei=B5KOUJavNovSsgbpzoCoCw&usg=AFQjCNGvNhgGwnBr-geXqi64EXxe8-MKKQ&sig2=G5rXGafmQ6Xvf0O2tl_HYg)
- [24] <http://www.muszakiforum.hu/cikk/82270/kornyezetterhelesi-dijak-valtozo-dijkedvezmenyek?area=160?wa=egri1104h>
- [25] 2003. évi LXXXIX. törvény a környezetterhelési díjról  
[http://net.jogtar.hu/jr/gen/hjegy\\_doc.cgi?docid=A0300089.TV](http://net.jogtar.hu/jr/gen/hjegy_doc.cgi?docid=A0300089.TV)
- [26] 10/2003. (VII. 11.) KvVM rendelet: Az 50 MW<sub>th</sub> és annál nagyobb névleges bemenő hőteljesítményű tüzelőberendezések működési feltételeiről és légszennyező anyagainak kibocsátási határértékeiről  
[http://net.jogtar.hu/jr/gen/hjegy\\_doc.cgi?docid=A0300010.KVV](http://net.jogtar.hu/jr/gen/hjegy_doc.cgi?docid=A0300010.KVV)
- [27] 2010/75/EU IRÁNYELVE: Az ipari kibocsátásokról  
<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2010:334:0017:0119:hu:PDF>
- [28] Mátrai Erőmű Zrt. magazin, 2011 tél, p. 58.  
<http://www.mert.hu/hu/magazin>
- [29] Mátrai Erőmű Zrt. magazin, 2011 nyár, p. 107.  
<http://www.mert.hu/hu/magazin>
- [30] 272/2004. (IX. 29.) Korm. rendelet egyes létesítmények üvegházhatású gázkibocsátásának engedélyezéséről, nyomon követéséről és jelentéséről  
[http://www.kvvm.hu/cimg/documents/272\\_2004\\_korm\\_rend.pdf](http://www.kvvm.hu/cimg/documents/272_2004_korm_rend.pdf)

## Mellékletek

### 1. melléklet:

| Év                                                                                 |                                     | 2007          | 2008          | 2009          | 2010          | 2011          |
|------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| Eltüzelt biomassza hőmennyisége                                                    | TJ                                  | 2749,47       | 6309,91       | 7042,14       | 6463,44       | 5422,28       |
| Eltüzelt települési hulladék nem megújuló tartalmának hőmennyisége                 | TJ                                  | 1138,93       | 532,12        | 250,72        | 312,04        | 344,03        |
| Eltüzelt települési hulladék megújuló tartalmának hőmennyisége                     | TJ                                  |               |               | 304,37        | 990,80        | 429,26        |
| Eltüzelt teljes hőmennyiség                                                        | TJ                                  | 61178,91      | 64065,98      | 63901,83      | 65721,02      | 66410,99      |
| Lignit kibocsátási tényezője                                                       | <sup>t</sup><br>CO <sub>2</sub> /TJ | 112,48        | 111,67        | 112,19        | 111,91        | 111,79        |
| Kibocsátási értékek különbsége                                                     | <sup>t</sup><br>CO <sub>2</sub> /TJ | 15,55         | 24,84         | 31,68         | 22,51         | 41,48         |
| Lignit oxidációs tényezője                                                         |                                     | 0,97          | 0,98          | 0,97          | 0,97          | 0,97          |
| Települési hulladékok oxidációs tényezője                                          |                                     | 0,99          | 0,99          | 0,99          | 1,00          | 1,00          |
| <b>Biomassza által elérhető CO<sub>2</sub> megtakarítás</b>                        | <b>t</b>                            | <b>299982</b> | <b>690535</b> | <b>766356</b> | <b>700900</b> | <b>587972</b> |
| <b>Nem megújuló települési hulladék által elérhető CO<sub>2</sub> megtakarítás</b> | <b>t</b>                            | <b>17535</b>  | <b>13087</b>  | <b>7863</b>   | <b>7022</b>   | <b>14270</b>  |
| <b>Megújuló hulladék által elérhető CO<sub>2</sub> megtakarítás</b>                | <b>t</b>                            |               |               | <b>33123</b>  | <b>107443</b> | <b>46547</b>  |

## 2. melléklet:

| Hónap                                                                                |             | 1               | 2               | 3               | 4               | 5               | 6               |
|--------------------------------------------------------------------------------------|-------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Eltüzelt biomassza hőmennyisége                                                      | TJ          | 470,41          | 394,35          | 550,32          | 528,19          | 704,47          | 592,58          |
| Eltüzelt Települési hulladékok hőmennyisége                                          | TJ          | 49,92           | 84,75           | 46,43           | 82,65           | 45,40           | 51,24           |
| Eltüzelt teljes hőmennyiség                                                          | TJ          | 6209,50         | 5395,34         | 5555,61         | 4350,45         | 5688,68         | 5832,49         |
| Biomassza kibocsátási tényező                                                        | t<br>CO2/TJ | 100,18          | 102,01          | 103,40          | 101,17          | 96,25           | 95,93           |
| Települési hulladékok kibocsátási tényező                                            | t<br>CO2/TJ | 69,03           | 61,97           | 85,09           | 78,99           | 73,74           | 63,08           |
| Biomassza oxidációs tényezője                                                        |             | 1,00            | 1,00            | 1,00            | 1,00            | 1,00            | 1,00            |
| Települési hulladékok oxidációs tényezője                                            |             | 1,00            | 1,00            | 1,00            | 1,00            | 1,00            | 1,00            |
| Települési hulladék megújuló tartalma                                                | %           | 50,47           | 41,20           | 73,78           | 48,02           | 80,04           | 41,35           |
| <b>Tényleges biomassza által elért CO<sub>2</sub> megtakarítás</b>                   | <b>t</b>    | <b>47124,49</b> | <b>40228,85</b> | <b>56901,78</b> | <b>53436,57</b> | <b>67801,79</b> | <b>56845,59</b> |
| <b>Települési hulladék által elért CO<sub>2</sub> kibocsátás</b>                     | <b>t</b>    | <b>3445,98</b>  | <b>5251,96</b>  | <b>3950,73</b>  | <b>6528,52</b>  | <b>3347,80</b>  | <b>3232,22</b>  |
| <b>Települési hulladék megújuló tartalma által elért CO<sub>2</sub> megtakarítás</b> | <b>t</b>    | <b>1739,18</b>  | <b>2163,81</b>  | <b>2914,85</b>  | <b>3135,00</b>  | <b>2679,58</b>  | <b>1336,52</b>  |
| Hónap                                                                                |             | 7               | 8               | 9               | 10              | 11              | 12              |
| Eltüzelt biomassza hőmennyisége                                                      | TJ          | 416,84          | 420,25          | 401,04          | 313,49          | 327,61          | 302,75          |
| Eltüzelt Települési hulladékok hőmennyisége                                          | TJ          | 42,84           | 107,09          | 88,77           | 58,09           | 63,33           | 52,78           |
| Eltüzelt teljes hőmennyiség                                                          | TJ          | 5885,71         | 5996,70         | 5712,66         | 4599,44         | 5307,30         | 5877,11         |
| Biomassza kibocsátási tényező                                                        | t<br>CO2/TJ | 95,89           | 97,18           | 97,66           | 100,90          | 97,18           | 103,16          |
| Települési hulladékok kibocsátási tényező                                            | t<br>CO2/TJ | 69,89           | 28,42           | 72,07           | 65,51           | 97,65           | 78,29           |
| Biomassza oxidációs tényezője                                                        |             | 1,00            | 1,00            | 1,00            | 1,00            | 1,00            | 1,00            |
| Települési hulladékok oxidációs tényezője                                            |             | 1,00            | 1,00            | 1,00            | 1,00            | 1,00            | 1,00            |
| Települési hulladék megújuló tartalma                                                | %           | 36,55           | 59,32           | 56,25           | 78,09           | 29,35           | 71,71           |
| <b>Tényleges biomassza által elért CO<sub>2</sub> megtakarítás</b>                   | <b>t</b>    | <b>39972,70</b> | <b>40839,56</b> | <b>39166,64</b> | <b>31631,28</b> | <b>31838,22</b> | <b>31231,88</b> |
| <b>Települési hulladék által elért CO<sub>2</sub> kibocsátás</b>                     | <b>t</b>    | <b>2994,09</b>  | <b>3043,50</b>  | <b>6397,65</b>  | <b>3805,48</b>  | <b>6184,17</b>  | <b>4132,15</b>  |
| <b>Települési hulladék megújuló tartalma által elért CO<sub>2</sub> megtakarítás</b> | <b>t</b>    | <b>1094,34</b>  | <b>1805,40</b>  | <b>3598,68</b>  | <b>2971,70</b>  | <b>1815,06</b>  | <b>2963,16</b>  |