

Az EU zöld taxonómia és az atomenergia

Végh János

Nyugdíjas fizikus
EC JRC Petten, MTA EK Budapest

A cikk annak a folyamatnak a fő eseményeit mutatja be, melynek eredményeképpen az atomenergia bekerült az Európai Unió (EU) zöld taxonómia keretrendszerébe. Az EU taxonómia a környezeti szempontból fenntarthatónak minősített ipari tevékenységeket osztályozza és rendszerezi. Kialakítását az EU Zöld Megállapodás tette szükségessé, mivel a „zöld átmenet” ambiciózus céljainak elérése csak akkor valósítható meg, ha a következő néhány évtizedben az EU a befektetéseket fokozottan a környezeti szempontból fenntartható ipari tevékenységek felé tereli. A cikk sorra veszi azokat az eseményeket és körülményeket, melyek azt eredményezték, hogy a taxonómiából eredetileg kimaradt atomenergia végül bekerült azon támogatott ipari tevékenységek közé, amelyek hatékonyan képesek elősegíteni a klímaváltozás hatásainak mérséklését.

Bevezetés

Pályafutásom alatt nyolc évig az Európai Bizottság (EB) Joint Research Centre (JRC) kutatóintézetében, a JRC Petten (Hollandia) intézményben dolgoztam. Munkám során atomerőművek nukleáris biztonságával és környezeti hatásaival foglalkoztam, így kapcsolatba kerültem az EU zöld taxonómia kérdéskörével. Vezető szerepem volt az [1] JRC jelentés „A” kötetének kidolgozásában, azaz az atomenergia potenciális környezeti és egészségügyi hatásainak értékelésében, az EB megrendelésére végzett ún. „do no significant harm” (DNSH) elemzésben. Az alábbi cikkben összefoglalom az EU zöld taxonómia alapelveit, az [1] jelentés fő következtetéseit és a kiadását követő eseményeket, továbbá a földgázt és az atomenergiát a taxonómiába „beemelő” [2] EB kiegészítő törvényjavaslat legfontosabb paragrafusait. Jelen cikk kijelentései kizárólag a szerző véleményét tükrözik, és semmilyen szempontból nem tekinthetők a JRC vagy az EB hivatalos álláspontjának. Az [1] JRC tanulmányt ismertető részekben leírtak azon JRC szakmai munkacsoport közös véleményét tükrözik, melynek a szerző is aktív tagja volt az [1] dokumentum kidolgozása során.

Az EU Zöld Megállapodás és gyakorlati megvalósítása

A Párizsi Éghajlatvédelmi Egyezmény

A 2015-ös Párizsi Éghajlatvédelmi Egyezmény (Paris Agreement, [3]) előírja a globális átlaghőmérséklet iparosodás előtti szinthez képest számított emelkedésének jóval 2 °C alatt történő tartását, törekedve az 1,5 °C-ot meg nem haladó értékekre. Az éghajlatváltozás hatásának mérséklése mellett az egyezmény az éghajlatváltozáshoz történő alkalmazkodás képességét is növelni kívánja.

Az EU Zöld Megállapodás

Az Európai Unió szintjén a Párizsi Egyezmény gyakorlati megvalósításának legfontosabb eszköze az EU Zöld

Megállapodás (EU Green Deal, [4] és a kapcsolódó Európai Klímarendelelet [5]), amelyet az EB 2019-ben terjesztett elő. A javaslat az alábbi intézkedéseket irányozta elő:

- átállás a klímasemleges gazdaságra 2050-ig,
- az 1990-es szinthez képest legalább 55%-os dekarbonizáció elérése 2030-ra,
- tiszta, megfizethető és biztonságos energiaellátás megvalósítása,
- a biológiai sokféleség (biodiverzitás) védelme, „zéró” környezetszennyezés elérése,
- áttérés a körforgásos gazdaságra és a fenntartható élelmiszertermelés elérése,
- legalább 1000 milliárd euró „zöld” befektetés mozgósítása a következő 10 évben, amihez az EU közösségi költségvetése 10 év alatt 500 milliárd euróval járul hozzá ([6]).

Az EU zöld taxonómia létrehozása

Az EU Zöld Megállapodás támogatási és finanszírozási rendszerének kidolgozása során az egyik első lépés volt annak a definiálása, hogy milyen tevékenységeket tekint az EU fenntarthatónak. Egy egyértelmű EU osztályozási rendszer kidolgozása és következetes alkalmazása alapvető feltétele annak, hogy a támogatások a valóban fenntartható gazdasági tevékenységek fejlesztését segítsék. Ezzel elkerülhetők a visszaélések is, különösen a „zöldre mosás” vagy „zöldre fényezés” (greenwashing, green sheen) gyakorlata. Az EB ezért elhatározta a zöld taxonómia (Green Taxonomy) létrehozását és kötelező használatát. Ez egy szisztematikus osztályozási rendszer, amely segít kellően megalapozott „zöld” befektetési döntéseket hozni. A taxonómia törvényi alapjainak végleges formáját a 2020/852 [7] és a 2021/2178 [8] EU rendeletek hirdették ki.

A taxonómia hat környezeti célkitűzést definiál, ezeket az 1. ábra mutatja (az ábra alsó felében feltüntettük az ENSZ fenntartható fejlődésre vonatkozó 17 célkitűzését is).



1. ábra: Az EU zöld taxonómia hat környezeti célkitűzése (Forrás: [7])

Egy adott gazdasági tevékenység taxonómia-konform, ha teljesíti az alábbi feltételeket:

- számottevően hozzájárul legalább egy környezeti célkitűzés megvalósításához,
- nem okoz jelentős kárt a másik öt környezeti célkitűzés egyikében sem,
- megfelel a vonatkozó technikai vizsgálati kritériumoknak (lásd a szakértői csoport véleménye az atomenergiáról című alfejezet),
- a munkavállalói jogok terén teljesít bizonyos minimális követelményeket, pl. megfelel az „OECD Guidelines on Multinational Enterprises” és a „UN Guiding Principles on Business and Human Rights” ajánlásoknak.

A taxonómia első két környezeti célkitűzésére vonatkozó technikai vizsgálati kritériumok rendszerét az Európai Bizottság (EB) 2021. június 4-én tette közzé a felhatalmazáson alapuló 2021/2800 EU jogi aktus (Delegated Act) dokumentumban, amely még nem vonatkozott az atomenergiára és a földgázra. A további négy környezeti célkitűzésre vonatkozó rendeletek

részleteit még ki kell dolgozni és el kell fogadtatni az EU törvényhozó szerveivel.

A taxonómia által ma lefedett ágazatok (köztük a villamosenergia-termelés) az üvegházhatású gázok (ÜHG) EU általi teljes kibocsátásának kb. 80%-át adják. Ami a villamosenergia-termelést illeti, az alábbi technológiák szerepelnek a taxonómiában: napenergia (napelemek és koncentrált napenergia); szélenergia; tengeri energia (hullám, árapály, termikus); vízenergia; geotermikus energia; biomassza (a biogázt és bioüzemanyagokat is beleértve); villamos energia átvitele, elosztása és tárolása. Szén (lignit) elégetésén alapuló villamosenergia-termelő technológiát a taxonómia egyáltalán nem tartalmaz összhangban azzal a döntéssel, hogy az unióban a szénerőműveket fokozatosan, de legkésőbb 2035-ig leállítják.

A taxonómia aktuális állapota listázható az EU „Taxonomy Compass” honlapon:

<https://ec.europa.eu/sustainable-finance-taxonomy/taxonomy-compass/the-compass>

A szakértői csoport véleménye az atomenergiáról

A taxonómia kialakításának egyik fontos lépése volt a „Technical Expert Group on Sustainable Finance” testület (röviden TEG) megalakítása 2018 júniusában. A testület javaslatokat állított össze arra vonatkozóan, hogy milyen technikai vizsgálati kritériumokat (röviden TVK) kell alkalmazni a [7] taxonómia rendelet követelményeit kielégítő gazdasági tevékenységek kiválogatására, szűrésére. Munkája során azokra a gazdasági tevékenységekre koncentrált, amelyek számottevően hozzá tudnak járulni a klímaváltozás hatásainak mérsékléséhez vagy a klímaváltozáshoz történő alkalmazkodáshoz, miközben nem okoznak jelentős kárt a taxonómia többi környezeti célkitűzésének elérésében.

A „jelentős károkozás elkerülése” elemzés (angolul “do no significant harm”, DNSH assessment) minden fenntarthatósági elemzés szerves része, mivel egy gazdasági tevékenység nem minősíthető fenntarthatónak, ha az egyik környezeti célkitűzés elérését támogatja, de egy másik elérését akadályozza, vagy éppen ellehetetleníti.

A taxonómia is DNSH elemzéssel biztosítja, hogy a technikai vizsgálati kritériumok ne tegyék lehetővé olyan gazdasági tevékenység támogatását, ami a taxonómia valamelyik környezeti célkitűzésének teljesítését veszélyezteti. A TEG módszertanának lényege, hogy amennyiben egy tevékenység potenciális veszélyt jelenthet valamelyik környezeti célkitűzés teljesítésére, akkor azonosítani kell azokat az eljárásokat és feltételeket, amelyekkel a potenciális veszély kellő mértékben mérsékelhető. Ha ilyen eljárások és feltételek nem léteznek egy adott tevékenységre, akkor ez a gazdasági tevékenység nem kerülhet be a taxonómiába.

Meg kell azonban jegyezni, hogy a DNSH elemzés nem egy pontosan definiált, egzakt eljárás, különösen, ha egy nukleáris létesítményre végzett biztonsági elemzéssel hasonlítjuk össze. A DNSH elemzéseket általában gyakorlatias megközelítéssel, megalapozott mérnöki becsléseket használva végzik, hiszen sokszor még az alkalmazható elfogadási kritériumok azonosítása sem egyszerű feladat. A taxonómia alapvető funkciója annak a kérdésnek a megválaszolása, hogy egy potenciális beruházás megfelel-e a taxonómia környezeti célkitűzéseinek, vagy sem.

Történetileg a DNSH elv az ENSZ Nemzetközi Vízfolyások Konvenciójából származik ([10], UN Watercourses Convention), amely a több országban átmenő vízfolyásokra vonatkozik. Ez az elv széleskörűen elismert és használt, és nemcsak a határokon átmenő vizekre vonatkozó modern egyezményekbe épült be, hanem fokozatosan a nemzetközi környezetvédelmi jog részévé is vált.

A TEG zárójelentés [11] 2020 elején jelent meg, és mellékleteiben közölte a klímaváltozás mérsékléséhez és az éghajlatváltozáshoz történő alkalmazkodáshoz számottevően hozzájárulni képes gazdasági tevékenységekre vonatkozó technikai vizsgálati kritériumok táblázatát. Az atomenergia nem szerepelt a [11] zárójelentésben, mert egyrészt a TEG nem érezte magát kellően kompetensnek a kérdés eldöntéséhez, másrészt valószínűleg nem kívánták hátráltatni az EU „zöld” taxonómia rendelet elfogadását az atomenergia körül

várható heves vitákkal (ezek később valóban be is következtek).

A TEG szerint a nagyaktivitású radioaktív hulladékok biztonságos végleges elhelyezése világszerte nem megoldott kérdés: „Nowhere in the world has a viable, safe and long-term underground repository been established” ([11]). A zárójelentés ugyanakkor elismerte, hogy az energiatermelési fázisban az atomenergia által az üvegházhatású gázok (ÜHG) kibocsátása közel nulla, ezért nem vitatható, hogy az éghajlatváltozás mérsékléséhez hatékonyan hozzá tud járulni. A TEG javasolta, hogy egy – az atomenergiában és annak környezeti hatásaiban kellően jártas – szakértői csoport készítsen egy átfogó DNSH értékelést az atomenergiára az EU taxonómia környezeti célkitűzéseit figyelembe véve.

Az atomenergia kimarad a taxonómiából?

Felmerül a kérdés, hogy veszélyezteti-e az EU éghajlatváltozás elleni intézkedéseinek sikerét, ha az atomenergia végleg kimarad a taxonómia által kedvezményezett tevékenységek közül. A kérdésre a választ nem nehéz megadni, ha az ÜHG kibocsátás-csökkentési feladatot komolyan vesszük és elfogulatlan elemzések eredményeire támaszkodunk:

- Atomenergia nélkül a „klíma-matek” sehogy se stimmel, ezt nem-nukleáris nemzetközi szervezetek (IEA, ENSZ, IPCC) elemzése is megerősítették (lásd [12], [13] és [14]).
- Az EU szintjén az atomenergia kizárásával egy olyan nagyon alacsony ÜHG kibocsátású technológiát hagynának ki a felhasználható eszköztárból, amely 2021-ben kb. 25%-át adja az EU teljes villamosenergia-termelésének, és 40%-át az alacsony ÜHG kibocsátású termelésnek.
- Az EU 2035-ig be kívánja zárni a széntüzelésű erőműveket. A nagy szénművek bezárása után az EU villamos hálózatának szabályozása várhatóan technikai problémákba fog ütközni, ha ezzel párhuzamosan nem lépnek üzembe nagy egységtelepítvényű atomerőművek vagy gáztüzelésű blokkok.
- Az atomenergia kizárásával nyilvánvalóan sérülne a technológiasemlegesség elve, mert az ÜHG kibocsátás mérsékléséért az egyik (taxonómia-konform) technológiának jutalom, a másiknak pedig büntetés járna.
- Ha a taxonómiából „kizárt” EU atomenergia-iparra váró hosszú távú hatásokat tekintjük, akkor az EU atomipar leépülése folytatódna és olyan piaci szereplők juthatnának az EU atomerőmű piacán domináns helyzetbe, mint Kína vagy Dél-Korea.

Összegezve elmondható, hogy az atomenergia nélküli EU taxonómiának komoly negatív következményei lehetnek a klímasemlegességi és dekarbonizációs célok megvalósíthatóságára.

A JRC által készített DNSH értékelés és fő következtetései

Feladatkiírás

2020 közepén az EB a JRC intézetet kérte fel a TEG által kért átfogó DNSH értékelés elvégzésére, hogy az atomenergia körüli vitát minél hamarabb lezárja. A tanulmány

megrendelője hivatalosan a DG FISMA (Directorate General for Financial Stability, Financial Services and Capital Markets Union) volt, de a feladatkiírást több másik EB igazgatósággal is egyeztetette. Az EB feladatkiírása alapvetően az alábbi feladatok elvégzését várta el a JRC tanulmánytól:

- összefoglaló tanulmányt kell készíteni az atomenergiára vonatkozó korszerű DNSH elemzésekről és eredményeikről;
- a tanulmányban elemezni kell az atomenergiára épülő villamosenergia-termelés teljes életciklusának összes fázisában potenciálisan fellépő környezeti hatásokat;
- a munka során az egyes életciklusfázisokra tudományosan megalapozott technikai vizsgálati kritériumokat kell kidolgozni;
- a tanulmányban emellett be kell mutatni azon tényeket, amelyek segítik az atomenergia létező - főleg környezeti - problémáinak tudományos tényeken alapuló értékelését.

A 8-9 hónapig tartó munka során egy 16 fős JRC csapat dolgozott a tanulmányon, a munkában három JRC intézet (Petten, Karlsruhe és Brüsszel) munkatársai vettek részt lefedve az atomenergia teljes életciklusának átfogó elemzéséhez szükséges összes szakterületet.

A JRC által választott megközelítés jellemzői

A tanulmány készítése során meghatározó volt a technológiásemleges megközelítés, figyelembe véve az atomenergia speciális tulajdonságait, nevezetesen az ionizáló sugárzás jelenlétét az életciklus csaknem valamennyi fázisában. Az életciklus-elemzésekben megszokott nem-radioaktív környezeti hatásmutatók (impact indicators) mellett emiatt alkalmazni kellett olyan radioaktív környezeti hatásmutatókat is, amelyek az ionizáló sugárzás emberi egészségre és környezetre gyakorolt hatásait kielégítően jellemzik.

A DNSH értékelés alapja a taxonómia hat környezeti célkitűzése volt (lásd 1. ábra), ettől eltérő szempontokat (pl. finanszírozási és felelősségbiztosítási kérdéseket) nem tárgyaltunk.

Mint említettem, a DNSH értékelés módszertana a TEG módszertanát követte, vagyis első lépésben mindig azokat tevékenységeket azonosítottuk, amelyek egy-egy életciklusfázisban potenciálisan veszélyeztethetik a környezetet és/vagy az emberi egészséget. Ezután azokat az eljárásokat és kritériumokat térképeztük fel, melyek segítségével a fenti veszélyek elkerülhetők vagy hatékonyan enyhíthetők. Ha ilyen eljárások vagy kritériumok nem léteznek, akkor az adott tevékenység nem kerülhet be a taxonómiába. Ellenkező esetben a tevékenység beilleszthető a taxonómiába, és a technikai vizsgálati kritériumokat a fentiekben említett kritériumokra kell alapozni. Az elemzést az atomenergia-életciklus összes fázisára elvégeztük.

A JRC tanulmány felépítése és forrásai

Az [1] JRC tanulmány két nagyobb kötetből és hat mellékletből áll. Az „A” kötet az atomenergia korszerű DNSH értékelésének összegzése. A „B” kötet a radioaktív hulladékok hosszú távú kezelésének és végleges

elhelyezésének mai helyzetét és perspektíváit tárgyalja, fókuszálva a nagyaktivitású radioaktív hulladékokra és a kiégett nukleáris üzemanyagokra. A mellékletek közül a legfontosabb az 1. melléklet, ami egy részletes áttekintés az atomenergia jogi és hatósági hátteréről. Az áttekintés bemutatja azt a jogi keretrendszert, amelyet a nemzetközi közösség az elmúlt kb. 60 évben az atomenergiához és az ionizáló sugárzáshoz kapcsolódó tevékenységek szabályozására kialakított. Ez a keret biztosítja, hogy a fenti tevékenységek úgy történjenek, hogy közben a személyzet, a lakosság, valamint a környezet mindig megfelelő védelemben részesüljön. Az áttekintés legfontosabb következtetései az alábbiak:

- Az EU-ban a fenti jogi és hatósági keretrendszer kellően fejlett és megfelelően működik, jól teljesíti a tőle elvárt funkciókat.
- Ha egy tevékenység hatósági engedélyt kap az EU-ban, akkor joggal feltételezhető, hogy a tevékenység nem károsítja sem az emberi egészséget, sem a környezetet.

A fenti következtetéseknek a taxonómia által használt Technikai Vizsgálati Kritériumok (TVK) származtatásánál és definiálásánál volt alapvető jelentősége. Mivel az atomenergia nemzeti és közösségi (EU) szinten rendelkezik azokkal a szabályzatokkal, amelyek betartása garantálja a nukleáris biztonságot és a környezetkárosítás elkerülését, ezért az atomenergia esetében a TVK táblázatokban szereplő feltételek/korlátozások döntő része közvetlenül levezethető az említett szabályzatokból. Emellett az is kijelenthető, hogy a nemzeti és EU-szintű szabályzatok rendszerének konzisztens alkalmazása „szükséges és elégséges” az emberi egészség és a környezet magas szintű védelmének biztosításához.

A „B” kötetben a jelen cikkben nem foglalkozom részletesen, de megemlíthető, hogy a tanulmány szerint a kiégett üzemanyag és a nagyaktivitású radioaktív hulladékok hosszú távú végleges elhelyezésére - a tudomány mai állása szerint - a legbiztonságosabb megoldás a mélygeológiai tárolás. Ezen tárolók biztonságosságát többszörös védelmi gátak biztosítják, ezek között természetes és mesterséges gátak egyaránt szerepelnek. Lezárás után a tároló felülyeget nélkül, passzív módon biztonságos és a távoli jövőben potenciálisan előfordulható kibocsátások okozta lakossági dózisek jóval a hatósági korlátok alatt maradnak, vagyis a DNSH feltétel messzemenően teljesül. Közel négy évtizednyi K+F+I munka után még ebben az évtizedben több mélygeológiai tároló építése várható (finn [15], svéd [16] és francia [17]), ezek közül a finn tároló építése már folyamatban van, és üzembe vételét 2025 körül tervezik.

Az „A” kötet megírásához a JRC nem készített új életciklus-elemzést az atomenergiára (ez nem is volt feladata), hanem korszerű és reprezentatív életciklus-elemzések (LCA, lifecycle analysis) eredményeit rendszerezte és értékelte. A jelentés összeállítása során csak olyan forrásokra támaszkodtunk, amelyek ellenőrzött input adatokat használnak, továbbá életciklus-elemzésük egy korszerű, nemzetközileg elfogadott módszertanra épül.

A JRC tanulmány fő következtetései

A JRC tanulmány „A” kötete először áttekinti a ma elterjedt életcikluselemzések módszereit és értékeli az egyes megközelítések előnyeit és hátrányait. A *JRC által készített DNSH értékelés és fő következtetései* című fejezet tartalmazza

az atomenergiára vonatkozó korszerű LCA elemzések eredményeinek összefoglalását. Itt először az atomenergia környezeti hatásainak összevetése történik meg a többi villamosenergia-termelő technológiával, vagyis az olajra, földgázra, szénre, vízen energiára, valamint a különféle megújulóakra épülő termeléssel. Az összehasonlítás fő következtetései az alábbiak:

- A teljes atomenergia életciklusra jellemző ÜHG kibocsátás közel van a vízen energiára és a szélenergiára jellemző értékekhez.
- Az atomenergia NO_x (nitrogén oxidok), SO_2 (kén dioxid) és PM (particulate matter = lebegő részecskék, por) kibocsátásai a napelemekre és a szélenergiára jellemző értékek körül vannak.
- Az egyéb kibocsátási kategóriák (pl. potenciális hatások a bioszférára) értékei is a napelemekre és a szélenergiára jellemző értékek közelében vannak.

Összességében, ha az atomenergia emberi egészségre és környezetre gyakorolt nem-radioaktív hatásait tekintjük, akkor azok nagyjából megegyeznek a vízen energiára és az egyéb megújulóakra jellemző értékekkel.

A *JRC tanulmány felépítése és forrásai* című alfejezet az atomenergia-életciklus egyes fázisainak hatásait elemzi a taxonómia DNSH követelményeinek tükrében. Az életciklusfázisok vizsgálata során az alábbi környezeti hatásmutatókat (impact indicators) alkalmaztuk:

- Nem-radioaktív-hatásmutatók
 - üvegházhatású gázok (ÜHG) kibocsátása,
 - légköri szennyezések (SO_2 és NO_x , kéndioxid és nitrogén oxidok) kibocsátása,
 - vizek szennyezése, vízfelhasználás és vízkivétel mértéke,
 - földterület-használat és technológiai (nem radioaktív) hulladékok mennyisége,
 - a bioszférára gyakorolt potenciális hatásokat jellemző egyéb mutatók: savasodás, eutrofizáció, fotokémiai ózonképződési potenciál, ökotoxicitás, humán toxicitás;
- Radioaktív-hatásmutatók
 - gáznemű és folyékony radioaktív kibocsátások mennyisége,
 - szilárd radioaktív hulladékok (RH) mennyisége, az alábbi kategóriákban:
 - nagyon kis aktivitású RH (VLLW = Very Low Level Waste),
 - rövid élettartamú kis és közepes aktivitású RH (LILW-SL = Short-Lived Low and Intermediate Level Waste),
 - hosszú élettartamú kis és közepes aktivitású RH (LILW-LL = Long-Lived Low and Intermediate Level Waste),
 - nagy aktivitású RH (HLW = High Level Waste).

Az alábbi atomenergia-életciklusfázisokat tárgyaltuk részletesen:

- uránbányászat és ércfeldolgozás,
- konverzió urán-hexafluorid (UF_6) gáz alakban,

- urándúsítás,
- UO_2 üzemanyag gyártása,
- kiégett nukleáris üzemanyag újrafeldolgozása (reprocessálás),
- MOX üzemanyag gyártása (MOX = mixed oxide),
- atomerőmű üzemeltetése (ebbe beleértjük az atomerőmű építését, üzemeltetését és üzemidő-hosszabbítását, a végleges leszerelést és a telephely helyreállítását),
- radioaktív hulladékok tárolása és végleges elhelyezése.

A fenti életciklusfázisok megértéséhez tudni kell, hogy a mai, termikus neutronokat hasznosító atomerőműveket kétféle üzemanyag-ciklusban szokás üzemeltetni: a „nyílt” és a „részlegesen zárt” ciklusban, ezeket „once through cycle” (OTC) és „twice through cycle” (TTC) néven is említik (lásd pl. [18]). Az utóbbit „zárt” ciklusnak is hívják, habár a valódi, „teljesen zárt” üzemanyagciklust csak olyan atomerőmű-parkkal lehet megvalósítani, amely tartalmaz gyorsneutronokat hasznosító reaktorokat is. Egy ilyen reaktorpark lehetővé tenné a többszörös reprocesszálást, és jelentősen csökkentené az uránérc bányászatát. Az [1] riport főleg az OTC és TTC megnevezést használja, ahol esetleg „zárt” ciklusról esik szó, ott mindig a TTC („részlegesen zárt”) ciklust kell érteni.

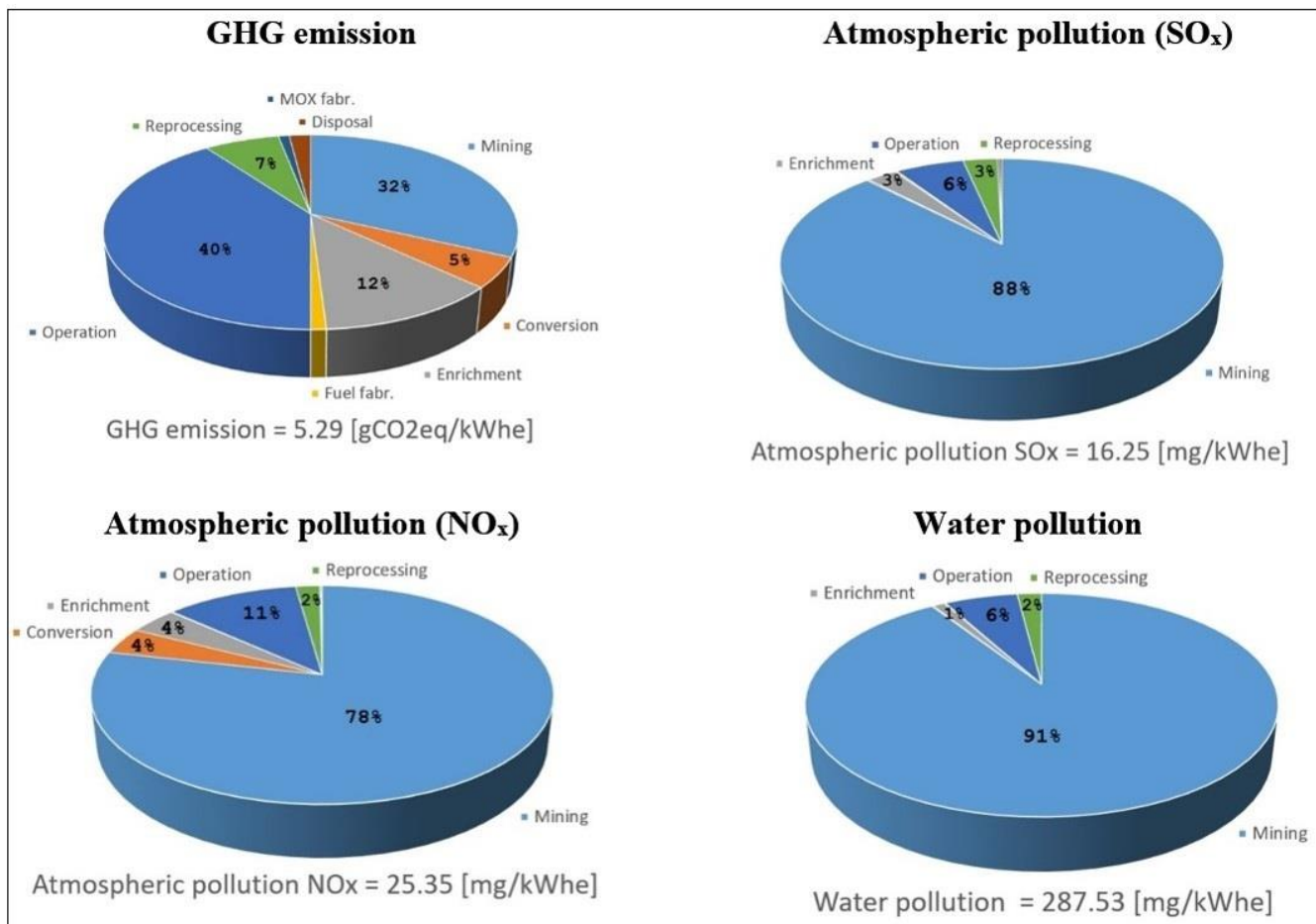
Az életciklusfázisokra végzett elemzés fő következtetései az alábbiak:

- A nem-radioaktív- és potenciális hatásmutatók értékelése szerint
 - o az összes ilyen hatásmutatóra a domináns járulékot az uránbányászat adja, kivéve az ÜHG kibocsátást, melyet az üzemeltetés dominál
 - o a fenti dominancia az OTC és TTC üzemanyag ciklusokra egyaránt jellemző
- A radioaktív-hatásmutatók értékelése szerint ezeket a hatásmutatókat három életciklusfázis dominálja: az uránbányászat, az üzemeltetés és reprocesszálás (ha van)
- A fent említett három életciklusfázison kívül másik fázis nem ad domináns járulékot egyik hatásmutatóhoz sem
- Atomenergia esetében speciális figyelmet igénylő terület a vízfelhasználás korlátozása, valamint a folyók és tavak potenciális hőszennyezésének megakadályozása (pl. tercier köri hűtővíz folyóvízbe történő visszavezetése esetén)

Összefoglalva kijelenthető, hogy az atomenergia (és a kapcsolódó nukleáris üzemanyagciklus) nem veszélyezteteti a taxonómia célkitűzéseit, ha az összes kapcsolódó ipari tevékenység során teljesülnek a vonatkozó TVK előírások (lásd az [1] riport 5. fejezetét és 4. Mellékletét).

Az elemzések tükrében az is megalapozottan kijelenthető, hogy az emberi egészség és a környezet tekintetében az atomenergia nem okoz jelentősebb károkat, mint azok a villamosenergia-termelési technológiák, amelyeket a taxonómia már eleve tartalmaz.

Az alábbiakban néhány ábrával illusztráljuk a *JRC által készített DNSH értékelés és fő következtetései* című fejezet legfontosabb következtetéseit.



2. ábra: Egyes atomenergia-életciklusfázisok járuléka néhány kiválasztott nem-radioaktív- hatásmutatóhoz (TTC üzemenyagciklus, forrás: [1])

Az [1] riport 5. fejezete tárgyalja a Technikai Vizsgálati Kritériumok (TVK) definiálásának elveit és a 4. Melléklet tartalmazza a javasolt TVK táblázatokat az alábbi életciklusfázisokra: uránbányászat, atomerőmű üzemeltetése (az üzemidő-hosszabbítást is beleértve), reprocessálás, nagy aktivitású radioaktív hulladékok ideiglenes tárolása és végleges elhelyezése. Az egyes TVK értékek definiálásakor az alapvető megközelítésünk az volt, hogy az atomenergia esetében a nemzeti és közösségi hatósági követelmények és korlátok teljesítése eleve garantálja, hogy az adott életciklusfázis nem okoz megengedhetetlen kárt sem a környezetben, sem az emberi egészségben.

A TVK táblázatok létrehozása során a nem-nukleáris jellegű feltételeket az atomenergia speciális körülményeihez igazítottuk és kiegészítettük őket azokkal a feltételekkel, amelyek az adott életciklusfázisban garantálják a sugárvédelmi és radioaktív kibocsátási korlátozások teljesülését.

A JRC tanulmány fogadtatása és hivatalos bírálata

A szokásos belső átvizsgálás és lektorálás után a tanulmány végleges verzióját a JRC 2021 márciusában adta át a DG FISMA képviselőjének, majd tíz nap múlva a FISMA honlapján nyilvánosságra hozták a jelentést. A közzététel a

reakciók sorozatát indította el, az utóbbi tíz évben valószínűleg ez a JRC tanulmány szerepelt a legtöbbször az írott és internetes sajtóban. A reakciókat alapvetően három kategóriába lehetett sorolni:

- A zöld civil szervezetek megkérdőjelezték a JRC függetlenségét és a riport szerzőinek pártatlanságát, követelték a riport javaslatainak figyelmen kívül hagyását.
- Az atomenergiát támogató szervezetek lelkesen fogadták a riport következtetéseit és az atomenergia taxonómiába történő gyors beemelése mellett kampányoltak.
- A mérvadó semleges szervezetek pozitív fejleményként értékelték, hogy „az EU végre visszatért a tudományon és tényeken alapuló döntéshozatali folyamathoz”.

A sokszor szélsőséges ellenvélemények ellenére az EB 2021 áprilisában bejelentette, hogy 2021 végéig egy felhatalmazáson alapuló kiegészítő rendeletet (CDA, Complementary Delegated Act) terjeszt be a 2020/852 EU Taxonómia Rendeletéhez, ami az atomenergia mellett a földgázt is tartalmazni fogja.

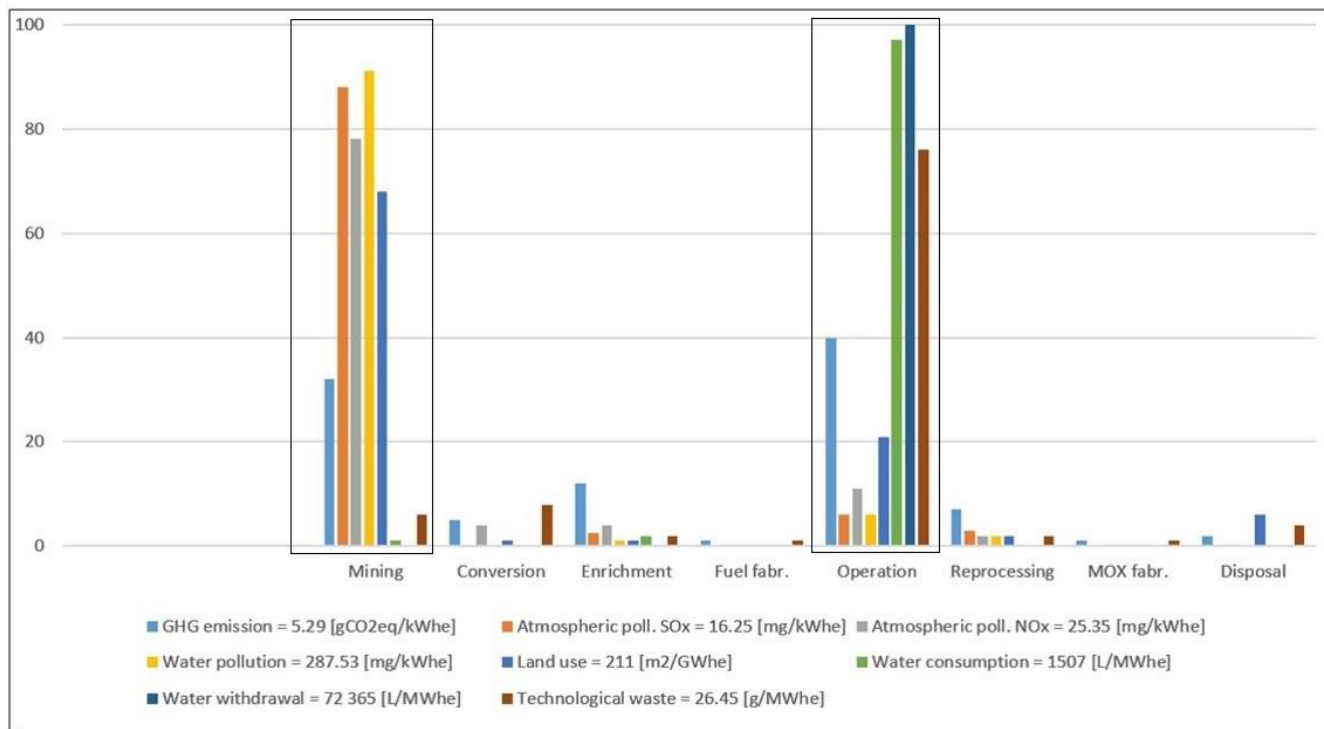
Az [1] JRC jelentést az EB hivatalos felkérésére két szakértői bizottság bírálta, amelyek az alábbi véleményeket fogalmazták meg:

- Az EURATOM szerződés 31. cikke szerinti szakértői csoport általános véleménye (lásd [19]) alapvetően pozitív

volt: a csoport egyetértett a JRC riport fő következtetéseivel, de számos javítást és pontosítást is javasolt. A bizottság egyetértett azzal, hogy az Euratom szerződés által létrehozott európai jogi és hatósági keretrendszer megfelelő védelmet biztosít a személyzet, a lakosság és a környezet számára, valamint képes a felmerülő kockázatok kezelésére úgy, hogy a fennmaradó kockázatok elfogadható mértékűek maradjanak.

- A SCHEER bizottság (Egészségügyi, Környezeti és Újonnan Felmerülő Kockázatok Tudományos Bizottsága)

véleménye szerint a JRC riportban leírt következtetések és javaslatok túlnyomó része kellően megalapozott és minden fontos részletre kiterjed (lásd [20]). Néhál további elemzéseket tartanak szükségesnek, és néhány hiányosságra is rámutattak. Például nem tartották elégségesnek a jól működő EU hatósági rendszerre való támaszkodást a TVK követelmények tekintetében utalva pl. az uránbányászatra, ahol a potenciális környezeti károk kizárólag Európán kívüli országokban jelentkeznek.



3. ábra: Az egyes atomenergia-életciklusfázisok relatív hozzájárulása (%) a nem-radioaktív-hatásmutatókhoz (TTC üzemanyag ciklus, forrás: [1])

Az EB által beterveztett kiegészítő rendelet tartalma

A taxonómiába bekerült, atomenergiához kapcsolódó tevékenységek

Az EB 2022 január elején terjesztette elő a JRC tanulmány fogadtatása és hivatalos bírálata alfejezetben említett kiegészítő rendelet (CDA) tervezetét, amely 2022 március elején jelent meg az EU hivatalos közlönyében (lásd a [2] dokumentumot, valamint Annex 1, 2 és 3 mellékleteit). A [2] kiegészítő rendelet a [7] EU Taxonómia Rendelet 8(4), 10(3) és 11(3) paragrafusában leírt felhatalmazásokon alapul, és kiegészíti a [7] rendeletet azokkal a Technikai Vizsgálati Kritériumokkal, amelyek bizonyos, földgázt vagy atomenergiát használó villamosenergia-termelési tevékenységeket szabályoznak. Jelen cikkben a földgázzal összefüggő kérdésekkel nem foglalkozunk.

Felmerül a kérdés, hogy mennyire különbözik a [2] rendelet TVK rendszere az [1] JRC riport 4. mellékletétől. A legfontosabb eltérések az alábbiak:

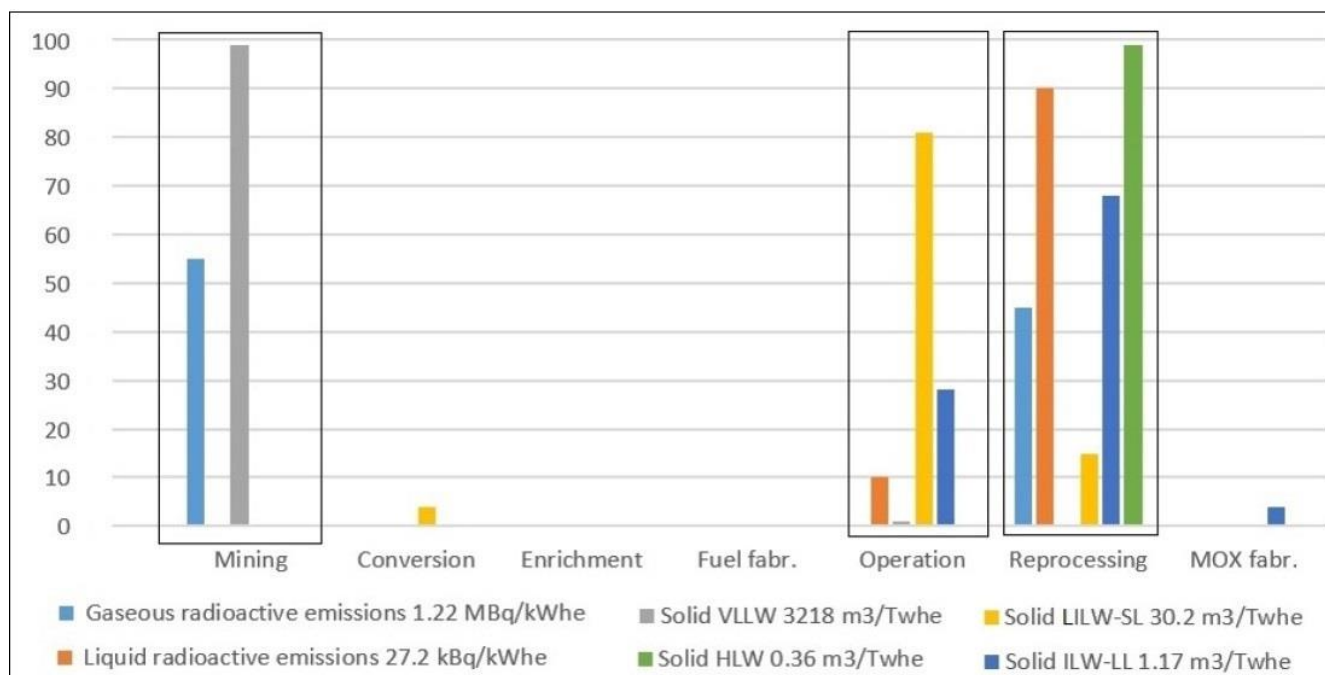
- Az atomenergia-életciklusfázisok közül lényegében csak az atomerőmű üzemeltetése szerepel a [2] rendeletben, de ezt a [2] dokumentum kettéválasztotta és külön kezelte az „új atomerőművek építése és üzemeltetése”, ill. az „atomerőművek üzemidejének meghosszabbítása” tevékenységeket. Bevezetett egy új tevékenységet is, amely nem szerepelt az [1] jelentésben, „zárt üzemanyagcikluson vagy önszaporító üzemanyag alapuló negyedik generációs reaktorok fejlesztése” néven. Az utóbbi olyan nukleáris folyamatokon alapuló, energiatermelésre szolgáló fejlett technológiák kereskedelmi hasznosítást megelőző fejlesztési szakaszait jelenti, melyeknél a nukleáris üzemanyagciklusban minimális mennyiségű hulladék képződik. A rendelet készítői ezzel nyilvánvalóan a „teljesen zárt” üzemanyag ciklust alkalmazó gyorsreaktoros technológiák fejlesztését kívánták támogatni.
- A nukleáris üzemanyagciklussal összefüggő tevékenységek (pl. uránbányászat, UO₂ vagy MOX üzemanyag gyártása, újrafeldolgozás) egyike sem került be a taxonómiába, még az ún. „lehetővé tevő” (enabling) technológiák közé sem.

- Az EU-n kívüli atomenergia beruházásokra nem vonatkozik a [2] rendelet, ellentétben az [1] jelentés javaslataival, amelyek azonos feltételeket írtak elő az EU-n kívül is.
- Az atomenergiát csak ún. átmeneti (transitional) tevékenységként ismerték el.
- A [7] rendelet szerint azok az ipari tevékenységek tekinthetők „átmenetinek”, amelyek kiváltására jelenleg még nem létezik technológiailag és gazdaságilag életképes alacsony CO₂ kibocsátású alternatíva, de a klímaváltozás hatásainak mérsékléséhez hatékonyan képesek hozzájárulni. Az atomipar képviselői sérelmezték ezt a szerintük indokolatlan besorolást (lásd [21]), mivel ma az atomenergia az alacsony CO₂ kibocsátású villamosenergia-termelés egy fontos szereplője.
- Az atomenergia „átmenetiségét” hangsúlyozva két – szakmai érvekkel nem indokolható – határidő is bekerült a rendeletbe. Új atomerőműveknél az építési engedélyt legkésőbb 2045-ig kell megszerezni, míg létező atomerőműveknél az üzemidő-hosszabbítási engedélyt legkésőbb 2040-ig kell a kompetens nukleáris hatóságnak kiadnia.
- Új követelmény a balesetálló üzemanyag (Accident Tolerant Fuel, ATF) használatának kötelező előírása 2025 után mind az új, mind az üzemidő-hosszabbításra készülő atomerőműveknél. Az ATF fejlesztések a 2011-es Fukushima baleset után ugyan felgyorsultak, de ilyen üzemanyag ma még kereskedelmi forgalomban nem kapható az összes reaktor típusra (részleteket lásd pl. a [22] jelentésben).
- A [2] tervezet előírja azt is, hogy a támogatott atomenergia-projektnek már induláskor rendelkezniük kell olyan részletes tervvel, mely biztosítja, hogy a nagy aktivitású radioaktív hulladékok végleges elhelyezésére szolgáló létesítmény 2050-re üzemképes legyen. Ilyen létesítményre egy 2030-as években induló új

atomerőműnek 2050-ben még nyilvánvalóan nincs szüksége, mivel a kiégett üzemanyag biztonságos tárolását évtizedekig meg lehet majd oldani átmeneti tárolókban (ahogyan az a mai gyakorlatban is történik).

Ha megvizsgáljuk a [2] rendeletben definiált TVK rendszert, akkor az alábbi fontos jellemzőket állapíthatjuk meg:

- Az új atomerőművek építése alapvetően a harmadik+ generációs (Gen III+) típusú reaktorok építését ösztönzi, beleértve a hőtermelésre és hidrogénfejlesztésre használt nukleáris létesítményeket is.
- A nukleáris biztonságra vonatkozó Technikai Vizsgálati Feltételek alapvetően a nemzeti (tagállami) nukleáris biztonsági szabályzatok, az EU Nuclear Safety Directive (2009/71 Euratom), a NAÜ biztonsági szabványok, valamint a WENRA előírások (a vonatkozó Biztonsági Referenciaszintek, SRL) teljesítését követelik meg.
- A kiégett üzemanyag biztonságos átmeneti tárolására megfelelő tárolót kell biztosítani a végleges elhelyezést megelőző időszakban.
- A kis és közepes aktivitású radioaktív hulladék végleges elhelyezésére az atomenergia-projektnek már induláskor megfelelő, működő létesítményekkel kell rendelkeznie.
- A negyedik generációs (Gen IV) reaktorok fejlesztése című tevékenység lehetőséget teremt olyan technológiák fejlesztésére és demonstrálására, amelyek minimalizálják a keletkező radioaktív hulladékok mennyiségét. Fontos körülmény, hogy nincs időkorlát az ilyen jellegű projektek megkezdésére és befejezésére.
- A nem-radioaktív kibocsátásokra vonatkozó TVK rendszer alapvetően azt követeli meg, hogy atomerőművek hagyományos kibocsátásai a nagy tüzelőberendezések elérhető legjobb technológiáihoz (BAT, Best Available Technology) rendelt kibocsátási korlátokat ne haladják meg.



4. ábra: Az egyes atomenergia-életciklusfázisok relatív hozzájárulása (%) a radioaktív-hatásmutatókhoz (TTC üzemanyag ciklus, forrás: [1])

Összefoglalva elmondható, hogy a [2] tervezet egy politikai alku végeredménye, ami az európai atomipar szempontjából nem optimális, de legalább létezik. Hatályba lépése után hasznosságát, alkalmazhatóságát a gyakorlat fogja majd eldönteni. Kérdéses, hogy az EU atomipara és a K+F+I intézmények mennyire lesznek majd képesek élni a lehetőségekkel, mivel a végső kialakítása során több vitatott elem is bekerült a tervezetbe (pl. az időkorlátok). Nem szabad azonban figyelmen kívül hagyni, hogy hosszú idő óta ez az első olyan EU szintű jogi aktus, amely ugyan szigorú feltételek mellett, de támogatja az atomenergia alkalmazását.

Az EB javaslat elfogadása

A 2022 március elején az EU hivatalos közlönyben megjelent rendelet megvételére négy hónap állt az Európai Parlament (EP) és az Európai Tanács rendelkezésére. Az Európai Tanács vétójához a 27 tagállam közül legalább 20-nak kellett volna elleneznie a tervezetet, de miután hétnél jóval több tagállam támogatja az atomenergia alkalmazását, így vétóra nem került sor. A [2] rendelettervezetről a végső döntés 2022. július 6-án született meg, ekkor szavazott az EP az elutasító határozatról. A szavazás során 33 tartózkodás mellett 278 EP képviselő támogatta az atomenergia és a földgáz kizárását a taxonómiából, míg 328 képviselő ellenezte az indítványt (lásd [23]). Így a sokat vitatott [2] Taxonomy Delegated Act 2023. január 1-én hatályba lépett, vagyis az EU zöld taxonómia 2023 elejétől kezdve tartalmazza az atomenergiát és a földgázt.

A történetnek azonban itt még nincs vége, mert 2022 szeptemberében a Greenpeace az Aarhusi Egyezmény [24] alapján azzal a kéréssel fordult az Európai Bizottsághoz, hogy egy belső felülvizsgálat keretében módosítsa a [2] rendeletet, és hagyja ki a taxonómiából a zöld szervezetek által vitatott atomenergiát és földgázt. Az EB 2023 februárjában adott részletes, de elutasító választ a Greenpeace beadványára. Válaszul a Greenpeace 2023 áprilisában pert indított az Európai Bíróságon (European Court of Justice) az EB ellen. Az ügyekkel túlterhelt Európai Bíróság átlagos határozathozatali ideje kb. másfél év, ezért nem várható, hogy a taxonómia ügyében 2025 előtt döntés szülessen.

Hol tartunk most az EU dekarbonizációs célkitűzéseinek képest?

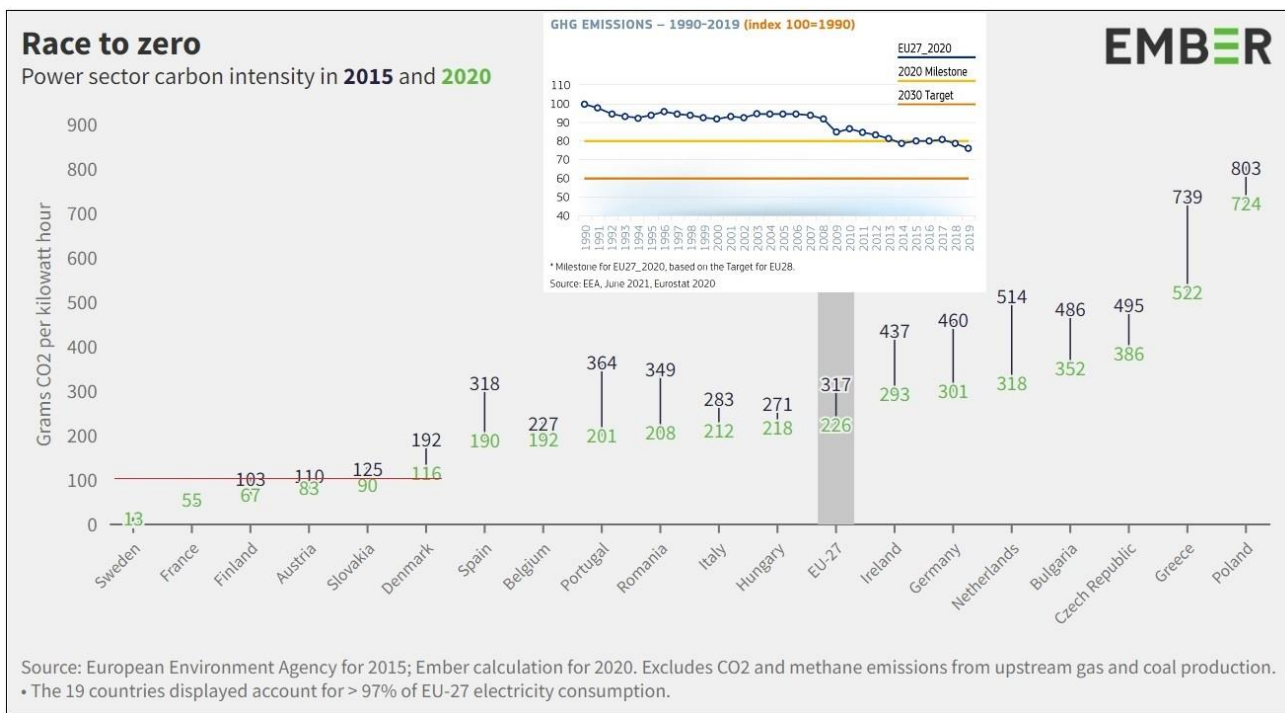
Az EU az 1990-es szinthez képest legalább 55%-os dekarbonizációt kíván 2030-ra elérni, a klímasemleges gazdaságot pedig 2050-ig kívánja megvalósítani. A villamosenergia-termelést tekintve, 2015 és 2020 között az EU jelentős dekarbonizációt ért el, a 27 EU tagállamra vett átlag közel 30%-al, 317 gCO₂/kWh értékről 226 gCO₂/kWh-ra csökkent, így a 2020-as dekarbonizációs cél teljesült (lásd az 5. ábrát).

2020-ban fordult elő először, hogy a megújulókat járuléka (38%) meghaladta a fosszilis alapú termelés járulékat (37%), miközben az atomenergia 25%-on állt. A tendencia várhatóan tovább folytatódik, mivel a leállítandó nagy szénterműveket sok EU tagállamban megújulókkal (szélenergiával és napelemekkel), Lengyelországban pedig atomerőművekkel kívánják pótolni.

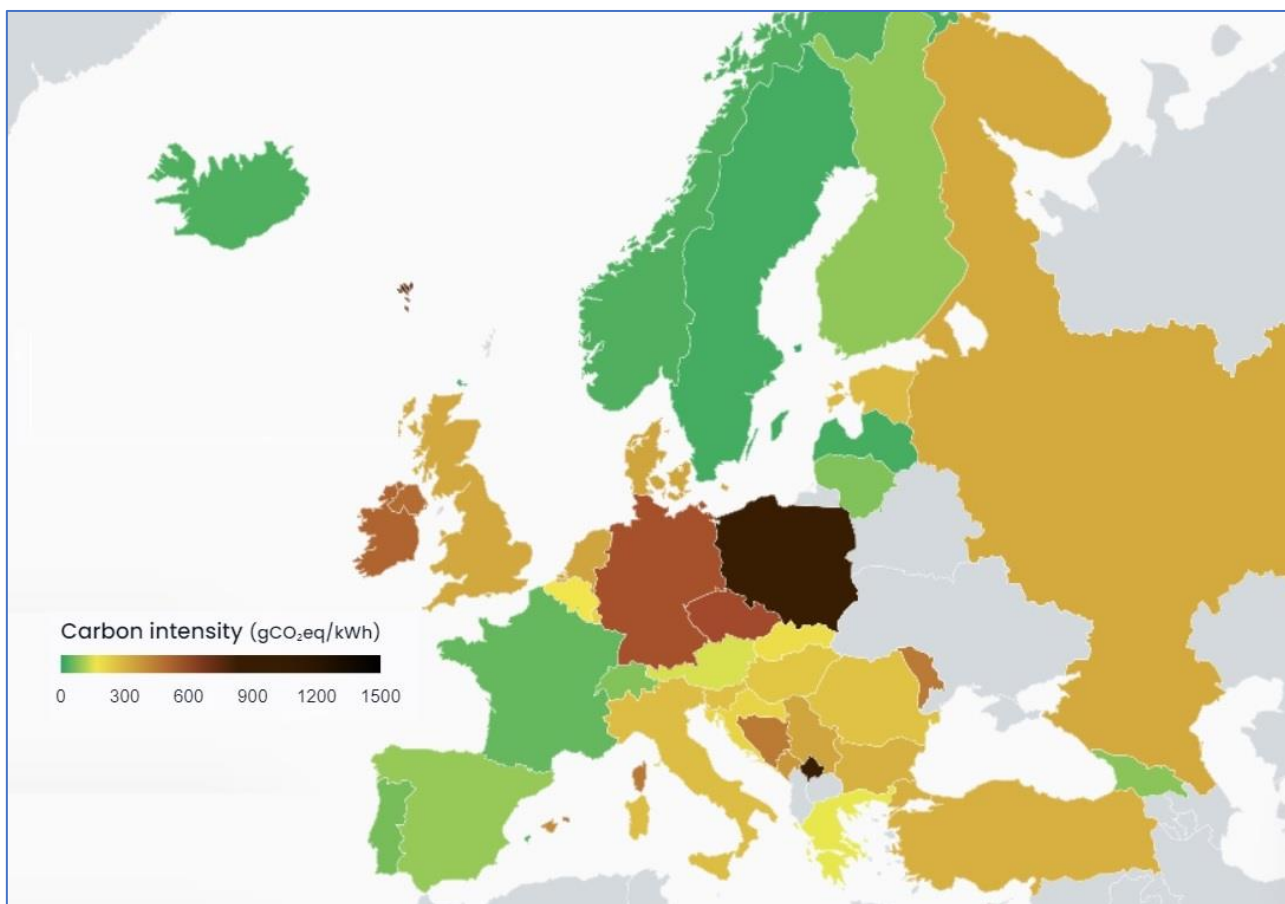
A 6. ábra az európai villamosenergia-termelés CO₂-intenzitásának országokénti térképét mutatja egy áprilisi péntek délelőtt. Látható, hogy a skandináv országok a sok vízenergia miatt jó „zöldek”, de Franciaország is az az atomenergia miatt. A sok megújuló miatt Spanyolország és Portugália is 100 gCO₂/kWh alatt van, míg a Benelux országok jóval felette. Az ábráról az is leolvasható, hogy Európa középső részén sok tennivaló van még a dekarbonizálás terén, mert ebben a régióban vannak „barna” (> 500 gCO₂/kWh, pl. Németország) és „sötétbarna” (> 800 gCO₂/kWh, pl. Lengyelország) régiók is.

Összefoglalás

Cikkemben végigkísértem az atomenergia EU taxonómiába történő beemelése irányuló többéves folyamatot, melynek egyik első fontos lépése az [1] JRC tanulmány kidolgozása volt. A JRC tanulmány az atomenergia DNSH elemzését végezte el és arra a következtetésre jutott, hogy az atomenergia beilleszthető az EU taxonómiába, mivel nem ellentétes a taxonómia környezeti célkitűzéseivel és alacsony ÜHG kibocsátású villamosenergia-termelő technológiaként hatékonyan képes támogatni a klímaváltozás mérséklését.



5. ábra: A villamosenergia-termelés CO₂-intenzitásának változása az EU-ban [2015-2020]
(Forrás: <https://ember-climate.org/insights/research/eu-power-sector-2020/>)



6. ábra: Az európai villamosenergia-termelés CO₂-intenzitásának térképe
(2023. április 14., 09:00 óra, forrás: <https://app.electricitymaps.com/map>)

Irodalomjegyzék

- [1] ABOUSAHL S, CARBOL P, FARRAR B, GERBELOVA H, KONINGS R, LUBOMIROVA K, MARTIN RAMOS M, MATUZAS V, NILSSON K, PEERANI P, PEINADOR VEIRA M, RONDINELLA V, VAN KALLEVEEN A, VAN WINCKEL S, VÉGH J, WASTIN F: Technical assessment of nuclear energy with respect to the “do no significant harm” criteria of Regulation (EU) 2020/852 (“Taxonomy Regulation”), *JRC Science for Policy Report, EUR 30777 EN (JRC125953)*, JRC Petten, European Commission, August 2021
- [2] Commission Delegated Regulation (EU) 2022/1214 of 9.3.2022 amending Delegated Regulation (EU) 2021/2139 as regards economic activities in certain energy sectors and Delegated Regulation (EU) 2021/2178 as regards specific public disclosures for those economic activities, C(2022) 631 final
- [3] <https://unfccc.int/process-and-meetings/the-paris-agreement/the-paris-agreement>
- [4] https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal_en
- [5] Regulation (EU) 2021/1119 of the European Parliament and of the Council of 30 June 2021 establishing the framework for achieving climate neutrality and amending Regulations (EC) No 401/2009 and (EU) 2018/1999 (‘European Climate Law’)
- [6] Sustainable Europe Investment Plan – European Green Deal Investment Plan, 14.1.2020, COM(2020) 21 final
- [7] Regulation (EU) 2020/852 of the European Parliament and of the Council of 18 June 2020 on the establishment of a framework to facilitate sustainable investment, and amending Regulation (EU) 2019/2088 (‘Taxonomy Regulation’)
- [8] Commission Delegated Regulation (EU) 2021/2178 of 6 July 2021 supplementing Regulation (EU) 2020/852 by specifying the content and presentation of information to be disclosed by undertakings subject to Articles 19a or 29a of Directive 2013/34/EU concerning environmentally sustainable economic activities, and specifying the methodology to comply with that disclosure obligation
- [9] Commission Delegated Regulation (EU) of 4.6.2021 supplementing Regulation (EU) 2020/852 by establishing the technical screening criteria for determining the conditions under which an economic activity qualifies as contributing substantially to climate change mitigation or climate change adaptation and for determining whether that economic activity causes no significant harm to any of the other environmental objectives
- [10] <http://www.unwatercoursesconvention.org/documents/UNWC-Fact-Sheet-5-No-Significant-Harm-Rule.pdf>
- [11] Taxonomy: Final report of the Technical Expert Group on Sustainable Finance, March 2020
- [12] Nuclear power in a clean energy system, International Energy Agency (IEA), May 2019
- [13] UNECE Technology Brief – Nuclear Power, United Nations Economic Commission for Europe, May 2021
- [14] Global warming of 1.5°C, An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C, Intergovernmental Panel on Climate Change, 2019
- [15] SEDEER EL-SHOWK: Final resting place, *Science*, 375 (6583), 25 February 2022 (<https://www.science.org/doi/10.1126/science.ada1392>)
- [16] The Swedish Government approves SKB’s final repository system (<https://www.skb.com/news/the-government-approves-skbs-final-repository-system/>)
- [17] Industrial Centre for Geological Disposal (CIG7EO) (<https://international.andra.fr/solutions-long-lived-waste/cigeo>)
- [18] CH. POINSSOT ET AL.: Assessment of the environmental footprint of nuclear energy systems. Comparison between closed and open fuel cycles, *Energy* 69 (2014) 199-211
- [19] https://ec.europa.eu/info/sites/default/files/business_economy_euro/banking_and_finance/documents/210630-nuclear-energy-jrc-review-article-31-report_en.pdf
- [20] https://ec.europa.eu/info/sites/default/files/business_economy_euro/banking_and_finance/documents/210629-nuclear-energy-jrc-review-scheer-report_en.pdf
- [21] A guide to the EU’s “green” taxonomy and nuclear’s place in it: World Nuclear News (<https://www.world-nuclear-news.org/>)
- [22] State-of-the-Art Report on Light Water Reactor Accident-Tolerant Fuels, NEA No. 7317, OECD NEA, 2018
- [23] <https://www.europarl.europa.eu/news/en/press-room/20220701IPR34365/taxonomy-meps-do-not-object-to-inclusion-of-gas-and-nuclear-activities>
- [24] Convention on Access to Information, Public Participation in Decision-Making and Access to Justice in Environmental Matters, Aarhus, Denmark, 25 June 1998