

Rausch Attila

ELTE Eötvös Loránd Tudományegyetem Neveléstudományi Intézet

Fenntartható-e a digitális oktatás a klímaváltozás árnyékában?

A digitális oktatás mára a mindennapjaink részét képezi. A tanítási-tanulási folyamat során a digitális technológiai eszközökön keresztül történő információszerzés a tanuló társakkal, pedagógusokkal, oktatókkal való kommunikáció és együttműködés, tartalomalkotás meghatározó része. Az elmúlt időszakban pedig a mesterséges intelligencia oktatásra gyakorolt hatása került a fókuszba. Mindezek mellett kevés szó esik e felgyorsult technológiai fejlődés környezetre gyakorolt hatásáról és arról, hogy egy ilyen dinamikájú digitális transzformáció az oktatásban miképp lehet fenntartható.

Digitális technológiai eszközök és megoldások környezetre gyakorolt hatásai

Az oktatásban egyre szélesebb körben jelenik meg digitális technológiai eszközök alkalmazása. Hazai környezetben az ezredforduló környékén tapasztalhattunk egy jelentős ugrást az iskolai és otthoni eszközpark terén a Sulinet program hatására (Könczöl, 2004), de azóta is folyamatosan zajlik (jellemzően EU-s forrásokból, pl. GINOP 6.1.2 Digitális Szakadék Csökkentése) a digitális eszközpark fejlesztése és elterjedése az oktatási-nevelési intézményekben. Ezzel párhuzamosan pedig mind a szélessávú internethasználat terén, mint a számítógépekhez, okostelefonokhoz való hozzáférésben felzárkóztunk a fejlett országokhoz, sőt egyes digitális infrastrukturális indikátorokban előzzük is az EU-átlagot a DESI jelentések szerint. Sajnos ezt egyelőre még nem követte le az állampolgárok digitális készségeinek fejlettsége (Európai Bizottság, 2022). A digitális technológiai eszközök sok oldalról és változatos formában tudják támogatni a tanítást és tanulást, de felmerül a kérdés: környezetre gyakorolt hatásaik összességében pozitív irányba billennek, vagy széles körű elterjedésük még inkább növeli a szén-dioxid-kibocsátást?

A digitális transzformáció pozitív környezeti hatásai az oktatásban

A digitális oktatási megoldásoknak több jól felismerhető és régóta hangoztatott közvetlen környezeti haszna van. A papíralapú tesztelésről technológialapú mérési rendszerekre való átállás mellett, az automatikus visszacsatoláson (Pásztor, 2017) túl, az egyik leggyakrabban felmerülő érv a mérések karbonlábnyomának csökkentése volt. Számítógépes tesztelést alkalmazva a felmérések nyomdai, logisztikai költségei, így azok elsődleges környezeti terhelései kiválthatók, mivel az iskolák eleve fel vannak szerelve erre alkalmas eszközparkkal (Csapó, Lőrincz és Molnár, 2012). A technológiai alapú mérés-értékeléshez hasonló funkciókra és lehetőségekre építő online tananyagok szintén

több oldalról hozzájárulhatnak a hagyományos papíralapú tananyagok, munka- és jegyzetfüzetek kiváltásával a környezeti terhelésének csökkentéséhez. A különböző online megoldások pedig a levelezős és távolléti oktatás tekintetében csökkenthetik az utazással járó kibocsátást. Amint azt Szalavetz Andrea (2018) összefoglalta a digitális transzformáció fenntarthatósági vonatkozásairól szóló szakirodalmi áttekintő tanulmányában, ha az új technológiai megoldások gazdasági hatékonyságán is túl nézzük azok környezeti fenntarthatóságra gyakorolt hatásait, összességében a digitális transzformáció kedvező környezeti hatásai nem csak kompenzálhatják, de meg is haladhatják a lehetséges negatív következményeket.

Ugyanakkor a 2020-as években eddig soha nem látott mértékben kezdett el terjedni a digitális technológia az oktatásban és tanulásban, amit a Covid-19 járványhelyzet digitális tanrendje, online oktatása csak tovább fokozott (Czifrusz, Misley és Horváth, 2020). Továbbá új technológiai eszközök megjelenése már túlmutat a hagyományos módszerek, eszközök és egy-egy rendszerszintű felmérés alkalmi jellegű kiváltásán.

Digitális eszközök életciklusa alatt felmerülő környezeti tényezők

Minden technológiai eszköz *gyártása* környezeti terheléssel és szén-dioxid-kibocsátással jár. A szükséges alapanyagok bányászatának, kitermelésének terhelését a gyártók képesek csökkenteni, amennyiben magasabb arányban dolgoznak újrahasznosított forrásokból (Jenkin, Webster és McShane, 2011). Ehhez szükséges a felhasználók tudatossága és közreműködése is az elektronikai hulladékok kezelésével és megfelelő helyen történő leadásával kapcsolatban. Ettől függetlenül minden újrahasznosítási és gyártási folyamat energiafogyasztással és így szén-dioxid-kibocsátással jár. E folyamat során a megújuló energiaforrásokra való fokozatos átállás hozhat kibocsátáscsökkenést, melyet az ESG (Environmental, Social, and Corporate Governance; Környezeti szempontból és társadalmilag felelős) szempontok nagyobb hangsúlya és a szabályozási környezet különböző ösztönzők beépítésével segíthet elő (pl. szén-dioxid-kvóták).

Az eszközök *szállítása* és értékesítése további fontos tényezőként jelenik meg ebben a láncban. A digitális eszközökhöz szükséges alkatrészeket, mint az akkumulátorok, félvezetők és kijelzők, a globális gyártási lánc részeként állítják elő (Onat és Kucukvar, 2020). Az összeszerelést követően a csomagolás, a legtöbbször sokezer kilométeres távú szállítás és raktározás is jelentős környezeti terheléssel jár. A vásárlást követően a futárszolgálattal történő házhoz szállítás tovább növeli az ökológiai lábnyomot, így fontos a fenntartható logisztikai megoldások kidolgozása és alkalmazása. Tehát fontos kiemelni, hogy már az eszközök első bekapcsolása előtt komoly környezeti terhelésnél járunk.

Az eszközök *használat*a során az eszköz saját energiaigénye mellett az internetes szolgáltatásokhoz való kapcsolódás, azok használata is jelentős, csak máshol (például szerverközpontokban) jelentkező energiafogyasztással jár (Mitchell és York, 2020), melyet a felhőalapú szolgáltatások környezeti tényezőiről szóló fejezetben fejtek ki részletesen. Itt mindössze annyit emelnék ki, hogy eszközeink élettartama nagy mértékben növelhető megfelelő karbantartással, javítással és egyes eszközök (pl. laptopok) esetében bizonyos idő elteltével a memória, háttértár kapacitása is növelhető, akár évekkel kitolva az eszközcsere szükségességét.

Fontos, hogy életciklusuk végén az eszközeinket az elektronikus hulladékokra vonatkozó szabályok szerint kezeljük, hiszen ezek az eszközök az akkumulátoron kívül más veszélyes anyagokat is tartalmazhatnak. Emellett, kis mennyiségben, de értékes alapanyagokat (pl. ritkaföldfémek) is rejtene, amelyeket ma már fejlettebb gyártástechnológiai megoldások révén akár több új eszköz legyártásához is fel tudnak használni, új alapanyagok bányászata helyett. Így azok *újrahasznosítása* rendkívül fontos szerepet tölt be a környezeti terhelés csökkentésében. Az értékesítés helyén, valamint az erre kijelölt

leadási pontokon is biztonsággal elhelyezhetjük a már nem használható eszközeinket, ami elősegíti a felelős hulladékkezelést.

Végül azt is érdemes kiemelni, hogy az az eszköz, amely már nem felel meg tulajdonosa mindennapi igényeinek, mások számára még értékes és használható lehet. Ezáltal, ha a már nem használt technológiai eszközt további tárolás vagy kidobás helyett értékesítjük, az egyre bővülő használt digitális eszközpiacot is elősegítjük. Ez nem csak a környezeti terhelés csökkentésében játszik fontos szerepet, de a gazdasági hatékonyságot és a társadalmi egyenlőséget is előmozdítja, lehetővé téve szélesebb körben is a digitális technológiához való hozzáférést. Ez a ciklikus gazdaság és a fenntartható fejlődés irányába tett lépés jelentős előrelépést jelent a környezettudatos fogyasztás és a természeti erőforrások hatékony felhasználása felé. És itt persze érdemes azt is megjegyezni, hogy új eszközök vásárlása helyett tanulási, iskolai célra számos gazdaságosan megvásárolható felújított laptop, tablet érhető el, amelyek új eszközök helyett történő beszerzésével a környezet szempontjából is pozitívan cselekedhetünk.

Felhőalapú digitális szolgáltatások környezeti tényezői

Az elmúlt években, különösen a Covid-19 világjárvány hatására, az online hívások és videokonferencia-platformok, mint az MS Teams és a Zoom, robbanásszerű terjedésnek indultak az oktatásban. A járványidőszakban ezek az eszközök lehetővé tették a tanárok és diákok számára, hogy a korlátozások ellenére is folytathassák a tanítási-tanulási tevékenységeket, így biztosítva az állandó kapcsolatot és interakciót a tanulási folyamat során. Bár időközben a köznevelésben már kevés szerep jut ezeknek, a felsőoktatásban és felnőttképzésben helyük továbbra is stabil (Chen és Hardy, 2023). Az online tananyagok, MOOC-ok (Massive Open Online Course) és az LMS (Learning Management System) rendszerek, mint a Canvas vagy a Google Classroom, szintén kiemelkedő szerepet kaptak ebben az időszakban. Ezek a platformok és rendszerek nem csak a hozzáférhetőséget és a rugalmasságot javították a tanulás terén, hanem a Covid-19 óta a digitális és online oktatás alapvető eszközeivé váltak, elősegítve a tananyagok széleskörű elérhetőségét (Veluvali és Suriseti, 2022). Viszont mindkét terület esetében elmondható, hogy az ilyen szolgáltatások használata ugyancsak növeli a szén-dioxid-kibocsátást, mivel mindegyik platform mögött szerverközpontok állnak, melyek energiafogyasztása és hűtése nem csekély mértékben terheli a környezetet (Mitchell és York, 2020).

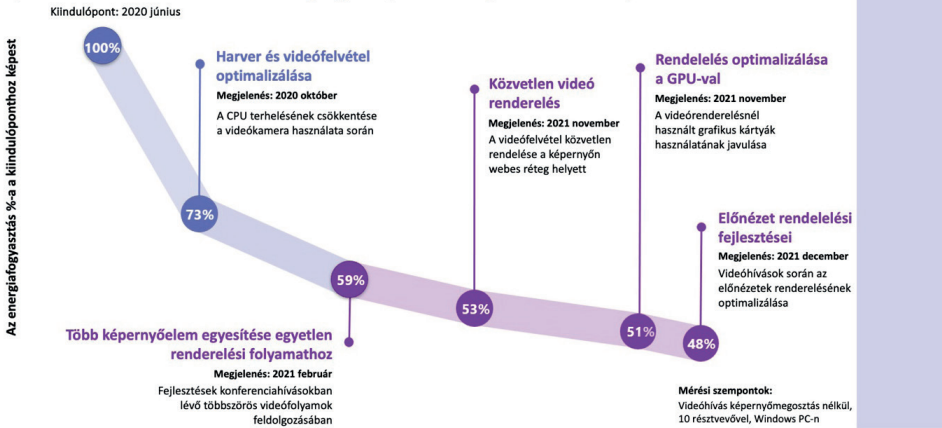
Az online értekezletek mellett elhangzó egyik érv, hogy azzal akár jelentősen csökkenthetjük a közlekedésünkből fakadó szén-dioxid-kibocsátást (Watson és mtsai, 2008; Jenkin, Webster és McShane, 2011), azonban ennél árnyaltabb a kép. Amíg az online videócsevegések mögött nem kizárólag megújuló energiaforrásból üzemelő szerverközpontok állnak, addig számos olyan eset előállhat, amikor az online hívásaink még nagyobb terhet rónak a környezetre, mint egy hagyományos találkozó. A legtöbb erre irányuló számítás mögött ugyanis legtöbbször (főként személygépkocsival történő utazással járó) munkahelyi találkozókat vetnek össze kiscsoportos online megbeszélésekkel (Ong, Moors és Sivaraman, 2014; Watson és mtsai, 2008), miközben egy személyes találkozóra kerékpárral, tömegközlekedéssel is érkezhetünk. Fontolóra vehető, hogy amikor egy diákot online, MS Teams felületén keresztül kapcsolunk be egy jelenléti órára, ez a digitális megoldás a pusztán környezeti szempontok figyelembevételével nem feltétlenül előnyös. Ennek oka, hogy a teljes csoport utazásával eleve nem csökkenthetjük a szén-dioxid-kibocsátást, míg az online hívásban töltött idő (kamerakép, képernyőmegosztás) is jelentős környezeti terheléssel jár. Persze eközben érvényesítettünk más, például szociális és gazdasági szempontokat, amikor kihasználtuk a technológiában rejlő lehetőségeket, tehát összetett a kérdés. Ugyanakkor számos olyan megoldás létezik, amivel ezeknek a digitális megoldásoknak mérsékelhető a kibocsátása. Ilyen például

a kamera kikapcsolása, amikor nem szükséges (Obringer és mtsai, 2021), de az elmúlt években a szolgáltatók is folyamatosan csökkentették az általuk fejlesztett videokonferencia-plattformok energiahatékonyágát. Az 1. ábrán például az MS Teams 2020–2022 közötti, energiahatékonyágát célzó szoftveres fejlesztései láthatók. Egyes intézmények, döntéshozók számára fontos lehet bizonyos technikai jellemzők mellett jobban előtérbe helyezni az egyes platformok szén-dioxid-kibocsátására vonatkozó mutatókat, amikor leszerződnek egy-egy szolgáltatóval.

A teljesítmény javítása

Folyamatos csökkenés a Microsoft Teams energiaigényében

A videó- és képernyőmegosztás kihívást jelenthet a hardveres feldolgozás és az energiafogyasztás szempontjából. A Teams folyamatos optimalizálása 2020 óta felére csökkentette az energiafogyasztást, lehetővé téve a jobb felhasználói élményt.



1. ábra. Az MS Team energiafelhasználásának javulása (Aichner, 2022 alapján)

Megjegyzés: Az ábrán többször megjelenő rendelés az a folyamat, amely során a szoftver újraalkotja a rögzített képkockákat, összeilleszti a hangot és a vizuális elemeket, hogy a végleges videó a kívánt minőségben és formátumban jelenjen meg.

Mesterséges intelligencia az oktatásban

Az elmúlt időszak a generatív mesterséges intelligencia köztudatba való berobbanásától volt hangos. A mesterségesintelligencia-rendszerek fejlesztésének etikai kérdéseihez szorosan hozzátartozik a fenntarthatóság is. Ahogyan más technológiai megoldások, digitális eszközök esetében is figyelembe kell vennünk a környezetvédelmi szempontokat, alapvető, hogy az oktatásban alkalmazott mesterséges intelligencia fejlesztésében és implementálásában is prioritást élvezzen a fenntarthatóság. Az MI-rendszerek összetettségének, kapacitásának és képességeinek fejlődésével párhuzamosan ezek energiaigénye is dinamikusan nő. Akárcsak más gyorsan terjedő technológiai rendszerek, például a kriptovaluták esetében, az ezek által használt energiát egyelőre jelentős mértékben nem megújuló forrásból nyerik, sőt csak a Bitcoin rendszerének kibocsátása felér egy kisebb országéval (Stoll, Klaaßen és Gellersdörfer, 2019). Mindezek felhasználókra lebontott karbonlábnyoma olyan mértékű, amit egy környezettudatos felhasználó személyesen nem tud ellensúlyozni. Egy egyszerű kép- vagy videógenerálással lenullázhatjuk a Földért tett aznapi jócselekedeteinket. De Vries (2023) számításai szerint egy egyszerű chatGPT-kérés átlagos energiaigénye ugyan 3W/óra-ra tehető, ezeknek a nyelvi modelleknek a kifejlesztése és betanítása azonban hatalmas energiafelhasználással járt. Az OpenAI nyelvi modelljei esetében a korábbi GPT3-nál ez 1,28 GWh, míg a GPT4 esetében egyes

számítások alapján ennek sokszorososa, 51,77-62,32 GWh volt (Numenta, 2023), utóbbi nagyjából 25 ezer magyar háztartás éves vilamos energiafogyasztását jelenti.

Nyilvánvalóan az MI esetében sem választható út a konnektor kihúzása, a rendszerszintű probléma megoldása elsősorban szabályozási oldalról közelíthető meg, ahogyan arra már anno a European Green Deal is kitért (Európai Bizottság, 2019). Már akkor körvonalazták, hogy az – oktatásban is használt – MI-rendszereket energiatakarékosabbá kell tenni, és csökkenteni kell azok környezeti hatását. Ha másért nem, költségeik csökkentése és a profit maximalizálása miatt ez az MI-rendszereket fejlesztő nagy technológiai vállalatoknak is érdekében áll, valamint szerencsére egyre nagyobb a befektetői nyomás is a vállalatok zöld átállása felé (Mallett és Michelson, 2010). Igaz, pusztán emiatt nem sokan fordulnak el egy ilyen gyorsan növekvő szektortól. A szabályozási környezet egyelőre még nem követi ezeket az elvárásokat, ugyanakkor a klímacélok


elérése nem valósulhat meg anélkül, hogy az MI-rendszerek fejlesztési és telepítési szakaszaiban is érvényesítsék ezeket a fenntarthatósági célokat. Sajnos nehezen feloldható az az ellentét, hogy az EU és az egyes országok gazdasági és biztonsági érdekeivel ellentétes lenne az MI-rendszerek terjedésének és állampolgári használatának korlátozása, miközben ezek alkalmazásának termelékenységre gyakorolt pozitív hatásai már jól érzékelhetők (Porsdam Mann és mtsai, 2023). Nem fér kétség ahhoz, hogy az MI-rendszereknek meghatározó szerepük lesz a jövő oktatásában, a nyelvi modelleket követően az egyénre szabott tutorálás, virtuális tanulási környezetek mind-mind számos új lehetőséget rejtenek, de nem mindegy, hogyan terjedneke ezek el az oktatásban (Horváth, 2023, 2024). Az MI-rendszereknél az oktatás területén is meghatározó a célirányos, tudatos és kompetens használat, ezen keresztül felhasználói oldalról is sokat tehetünk a környezeti terhelésük csökkentése érdekében. Ezeket bővebben a következő *Digitális kompetencia és fenntarthatóság* fejezetben mutatom be.

Az elmúlt időszak a generatív mesterséges intelligencia köztudatba való berobbanásától volt hangos. A mesterségesintelligencia-rendszerek fejlesztésének etikai kérdéseire szorosan hozzátartozik a fenntarthatóság is. Ahogyan más technológiai megoldások, digitális eszközök esetében is figyelembe kell vennünk a környezetvédelmi szempontokat, alapvető, hogy az oktatásban alkalmazott mesterséges intelligencia fejlesztésében és implementálásában is prioritást élvezzen a fenntarthatóság.

Digitális kompetencia és fenntarthatóság

A digitális kompetencia a technológiai eszközök karbantartásán, megőrzésén, ezáltal élettartamuk növelésén keresztül mindig is kapcsolódott a fenntarthatósághoz. A környezettudatos eszközhasználat szerves része a digitális technológia magabiztos, kritikus és felelős használatának a tanulás, munkavégzés és a hétköznapi élet terén, így tulajdonképp a digitális kompetencia meghatározó alkotóeleme. Nem véletlen, hogy az Európai Bizottság által több mint 10 éve kiadott első DigComp 1.0 állampolgári digitáliskompetencia-keretben is már külön kompetenciaelemként jelent meg a környezet védelme. Ez már akkor tartalmazta az energiahatékonysággal és az eszközök élettartamának növelésével kapcsolatos tudatos digitális eszköz-használatot (Ferrari, 2013). A környezet védelme a legfrissebb DigComp 2.2 keretben (Vuorikari, Kluzer és Punie, 2022) is megőrizte helyét

önálló elemként a *Biztonság* kompetenciaterületen belül, azonban mára annak tartalmát és jártassági szintjeit példákkal kiegészülve részletesebben is kidolgozták (ld. 3. ábra). Az ismeret jellegű tudás tekintetében ide tartozik az energiahatékonysággal kapcsolatos jelzések, paraméterek ismerete, ezzel is segítve a környezettudatosabb eszközválasztást, de legalább ilyen fontos annak világos megértése, hogy az energiafogyasztás nem csupán a saját készülékünkénél jelentkezik, hanem a felhőalapú szolgáltatások használata során is. A képesség terén fontos elemként jelenik meg e tudás gyakorlati alkalmazása, olyan „low-tech” beállítások és funkciók kiválasztása, amelyek összehangban vannak az energiahatékonysággal. Ilyen lehet az eszközök kikapcsolása alvó üzemmód helyett, de a wifi preferálása is a mobilkapcsolattal szemben, amikor az lehetséges. Jól kivethető, hogy e terület kapcsolatban áll az eszközök védelme kompetenciaelemmel, hiszen az eszközeink fizikai és szoftveres védelme, az akkumulátorok kímélése, a szoftverek frissítése mind hozzájárulnak a környezetünk védelméhez is. Ezekhez pedig olyan attitűd is tartozik, amellyel elősegíthető, hogy ne csupán saját magunk, hanem ismerőseink, családtagjaink környezettudatos eszközhasználatát is támogassuk (Vuorikari, Kluzer és Punie, 2022).

3. DIMENZIÓ • JÁRTASSÁGI SZINT		
	ALAPSZINT	<p>1 Alapszinten, segítséggel képesek vagyok</p> <p>• felismerni a digitális technológia és használatának egyszerű környezeti hatásait.</p>
		<p>2 Alapszinten, önállóan és ahol szükséges, megfelelő útmutatással képesek vagyok</p> <p>• felismerni a digitális technológia és használatának egyszerű környezeti hatásait.</p>
<p>1. DIMENZIÓ • KOMPETENCIATERÜLET</p> <p>4. BIZTONSÁG</p> <p>2. DIMENZIÓ • KOMPETENCIAELEM</p> <p>4.4 A KÖRNYEZET VÉDELME</p> <p>A digitális technológiák és használatuk környezeti hatásainak tudatosítása.</p>	KÖZÉPSZINT	<p>3 Önállóan, egyértelmű problémák megoldásakor képesek vagyok</p> <p>• megnevezni a digitális technológia jól meghatározott és gyakran tapasztalható környezeti hatásait.</p>
		<p>4 Önállóan, saját igényeim szerint, jól meghatározott, nem rutinszerű feladatok megoldásakor képesek vagyok</p> <p>• megvitálni, hogyan lehet megóvni a környezetet a digitális technológiák és használatuk hatásaitól.</p>
	HALADÓ SZINT	<p>5 Akár másokat is segítve képesek vagyok</p> <p>• bemutatni különböző módszereket, amelyek megvédik a környezetet a digitális technológia és használatának hatásaitól.</p>
		<p>6 Haladó szinten, saját igényeim és mások igényei szerint, komplex helyzetekben képesek vagyok</p> <p>• kiválasztani a legmegfelelőbb megoldásokat, amelyek megvédik a környezetet a digitális technológia és használatának hatásaitól.</p>
	MESTERSZINT	<p>7 Mesterszinten képesek vagyok</p> <p>• megoldásokat kidolgozni komplex, részleteiben nem teljesen meghatározott problémákra, amelyek kapcsolódnak a környezet megvédéséhez a digitális technológia és használatának hatásaitól,</p> <p>• megosztani a tudásomat, hogy hozzájáruljak a szakmai gyakorlathoz és ismeretekhez, és útmutatást adni másoknak a környezet védelme érdekében.</p>
		<p>8 A legmagasabb mesterszinten képesek vagyok</p> <p>• megoldást kidolgozni összetett, sok kölcsönható tényező által befolyásolt problémákra, amelyek kapcsolódnak a környezet megvédéséhez a digitális technológia és használatának hatásaitól,</p> <p>• az adott területet új ötletekkel és eljárásokkal gazdagítani.</p>

2. ábra. 4.4 A környezet védelme a DigComp 2.2. keretben (Vuorikari, Kluzer és Punie, 2022)

A digitális kompetencia által nyújtott lehetőségek kiaknázása az oktatás terén különösen fontos lehet a fenntarthatóság szempontjából. Az oktatási intézményekben történő digitális eszközök tudatos használata elősegítheti a diákok környezettudatos magatartásának kialakulását már korai életkoruktól kezdve, például a csap elzárásához, villany lekapcsolásához hasonló szokások kialakításával. A tanulók már általános iskolás korban

megismerhetik az energiahatékonyság alapelveit, a környezetbarát eszközhasználatot, és elsajátíthatják azokat a gyakorlati technikákat, amelyekkel csökkenthetik karbonlábnyomukat a későbbi eszközhasználatuk során. Az iskolákban szervezett projektek is támogathatják mindezt, középiskolás korosztályban e terület összekapcsolható a tanulók kritikus gondolkodásának fejlesztésével, és azt alkalmazzák a digitális technológia használatával kapcsolatban is. Megtanulhatják felismerni és értékelni azokat a digitális szolgáltatásokat, amelyek támogatják a fenntarthatóságot, például azokat, amelyek minimalizálják az adatközpontok által okozott környezeti terhelést. Elérhető kalkulátorokkal kiegészített javaslatok, amelyekkel egy-egy weboldal karbonlábnyoma csökkenthető (Yoast, 2023). Ezen kívül a diákok is képesek lehetnek annak felmérésére, hogy egy-egy digitális eszköz vagy szolgáltatás mekkora környezeti hatással jár, és tudatos döntéseket hozhatnak a használatukkal kapcsolatban. Ilyen megközelítések hozzájárulhatnak ahhoz is, hogy a jövő generációi felelősségteljes digitális állampolgárok legyenek, akik tisztában vannak a digitális technológia használatának környezeti következményeivel és aktívan részt vesznek a környezeti fenntarthatóság előmozdításában (Gnanasekaran, 2021).

A fenntarthatóságra nevelés és digitális kompetencia fejlesztésének metszetében egyre több program, módszer és eszköz jelenik meg, melyekkel zöld készségek (Sern, Zaimé és Foong, 2018) fejlesztése is megvalósulhat. Ilyen például a dolgok internete (IoT) oktatási alkalmazása STEM tárgyakban (Tabuenca és mtsai, 2023). IoT eszközökre építő gyakorlati foglalkozásokkal kiválóan fejleszthetők a 21. századi készségek is. A tanulók közösen építhetnek például okosvárost, okosfarmot, okosotthont (pl. Maker's Red Box, 2022), a különféle szenzorokat és vezérlőket hálózatba kapcsolva automatizálják ezek működését, aminél az energiahatékonyságot növelő megoldásokat lehet előtérbe helyezni. Ha a páratartalom átlépi az általuk beépített határértéket, bekapcsol a ventilátor, ha a fényerő megnő, lekapcsol a világítás. A feladatok megvalósítása közben kommunikálnak, együttműködnek, terveznek és beosztják a rendelkezésre álló erőforrásokat, problémákat oldanak meg és sajátítják el a technikai és programozási alapokat (Zeeshan, Hämäläinen és Neittaanamäki, 2022). Amennyiben a Fenntarthatósági Témahét (Mónus és mtsai, 2022) és egyéb fenntarthatósági nevelést célzó kezdeményezések (pl. Vadonleső.hu, szunoyogmonitor.hu) során megjelenik a digitális kompetencia és a zöld készségekhez kapcsolva a környezettudatos digitáliseszköz-használat főbb elemei, az

A jövőben nem csupán a fenntarthatósági szempontok érvényre juttatása, hanem az MI-használat terjedése miatt is szükséges lesz a hazai kerettantervek felülvizsgálata. Az egyébként megjelenésekor korszerűnek tekinthető digitális kultúra tantárgy digitális eszközök használata témakörén belül lehet megtalálni az előbb bemutatott digitális biztonság kompetenciaterület egyes elemeit. Ugyanakkor jelentőségükhöz képest minimális óraszámot rendeltek a terület mellé (5-10. évfolyamon évi 4 tanóra, 11. évfolyamon évi 2 tanóra). Eközben olyan, az MI által ma már kiváltható vagy egyszerűsíthető tevékenységekre, amiket a kerettanterv a számítógépes grafika, publikálás a világhálón, adatbázis-kezelés témaköreibe sorol, sokszoros javasolt óraszámokat találunk (Oktatási Hivatal, 2020).

segítheti e terület szélesebb megismerését a köznevelésben is. És a legtöbb fenntarthatósággal kapcsolatos tanulói program során ma már egyébként is megkerülhetetlen a kommunikáció és együttműködés támogatása digitális eszközökkel (Mathar, 2017).

Annak tudatosítása az oktatásban, hogy a digitális kompetencia nem csupán technológiai eszközök használatának képességét jelenti, hanem magában foglalja a környezettudatos és fenntartható digitálistechnológia-használatot, kulcsfontosságú lehet abban, hogy a jövő generációi képesek legyenek a digitális világban való hatékony, etikus és fenntartható módon való navigálásra.

Fenntartható digitális eszköz-használat a hazai kerettantervekben

A jövőben nem csupán a fenntarthatósági szempontok érvényre juttatása, hanem az MI-használat terjedése miatt is szükséges lesz a hazai kerettantervek felülvizsgálata. Az egyébként megjelenésekor korszerűnek tekinthető digitális kultúra tantárgy digitális eszközök használata témakörén belül lehet megtalálni az előbb bemutatott digitális biztonság kompetenciaterület egyes elemeit. Ugyanakkor jelentőségükhöz képest minimális óraszámot rendeltek a terület mellé (5-10. évfolyamokon évi 4 tanóra, 11. évfolyamon évi 2 tanóra). Eközben olyan, az MI által ma már kiváltható vagy egyszerűsíthető tevékenységekre, amiket a kerettanterv a számítógépes grafika, publikálás a világhálón, adatbázis-kezelés témaköreibe sorol, sokszoros javasolt óraszámokat találunk (Oktatási Hivatal, 2020). Miközben a digitális tartalomalkotás, kommunikáció és együttműködés fejlesztése várhatóan jól integrálható módon megjelenik más tantárgyak tanulási folyamatában, szinte biztosra vehető, hogy a digitális eszközök karbantartásához szükséges alaptudás, környezettudatos eszközhasználatra való felkészítés elsődlegesen a digitális kultúra tantárgy feladata marad, egyelőre kevés hangsúllyal.

Összefoglalás

Bízom benne, hogy a tanulmány segített rávilágítani a digitális oktatás fenntarthatósági vonatkozásaira és a környezettudatosabb digitális eszköz-használat főbb kérdéseire, ami egyaránt segítheti a döntéshozókat, pedagógusokat, diákokat és szülőket a 21. században általánossá váló digitális oktatás és az ezzel járó technológia-használat során. A címben feltett kérdésre pedig, miszerint fenntartható-e a digitális oktatás a klímaváltozás árnyékában, a válasz nyilvánvalóan összetett. Akkor tudjuk biztosítani a fenntarthatóságot e területen, ha a megfelelő szabályozási környezet, döntéshozók és technológiai cégek együttműködése és klímacélokra való megfelelése mellett a felhasználók is sokkal tudatosabban viszonyulnak a digitális technológiai eszközök beszerzéséhez, használatához. Írásommal arra akartam felhívni a figyelmet, hogy a környezettudatos digitális eszköz-használatra nagyobb hangsúlyt kell fektetni az oktatás és képzések során.

Irodalom

- Aichner, R. (2022). *Microsoft Teams performance improvements reduce power consumption in meetings by up to 50%*. Microsoft Teams Blog. <https://techcommunity.microsoft.com/t5/microsoft-teams-blog/microsoft-teams-performance-improvements-reduce-power/ba-p/3139910>
- Chen, Z. & Hardy, S. B. (2023). Snapshot of the present, glimpse into the future: impact of COVID-19 on higher education and adult training. *International Journal of Mobile Learning and Organisation*, 17(1–2), 76–92. DOI: [10.1504/IJMLO.2023.128350](https://doi.org/10.1504/IJMLO.2023.128350)
- Czifrusz, D., Mislej, H. & Horváth, L. (2020). A digitális munkarend tapasztalatai a magyar közoktatásban. *Opus et Educatio*, 7(3). DOI: [10.3311/ope.394](https://doi.org/10.3311/ope.394)

- Csapó, B., Lőrincz, A. & Molnár, G. (2012). Innovative assessment technologies in educational games designed for young students. In *Assessment in Game-Based Learning*. Springer. 235–254. DOI: [10.1007/978-1-4614-3546-4_13](https://doi.org/10.1007/978-1-4614-3546-4_13)
- De Vries, A. (2023). The growing energy footprint of artificial intelligence. *Joule*, 7(10), 2191–2194. DOI: [10.1016/j.joule.2023.09.004](https://doi.org/10.1016/j.joule.2023.09.004)
- Európai Bizottság (2022). *A digitális gazdaság és társadalom fejlettségét mérő mutató (DESI), 2022 Magyarország*. <https://ec.europa.eu/newsroom/dae/redirection/document/88750>
- Ferrari, A. (2013). *DigComp: A Framework for Developing and Understanding Digital Competence in Europe*. Publications Office of the European Union, 2013. DOI: [10.2788/52966](https://doi.org/10.2788/52966)
- Gnanasekaran, V., Fridtun, H. T., Hatlen, H., Langøy, M. M., Syrstad, A., Subramanian, S. & De Moor, K. (2021, November). Digital carbon footprint awareness among digital natives: an exploratory study. In *Norsk IKT-konferanse for forskning og utdanning*, (1), 99–112.
- Horváth, L. (2023). Feltáró szakirodalmi áttekintés a mesterséges intelligencia oktatási használatáról. *Pannon Digitális Pedagógia*, 3(1). DOI: [10.56665/PADIPE.2023.1.1](https://doi.org/10.56665/PADIPE.2023.1.1)
- Horváth, L. (2024). A mesterséges intelligencia lehetőségei és kihívásai a pedagógiai tervezés folyamatában. *Educatio*, 33(1). 34–45. DOI: [10.1556/2063.33.2024.1.4](https://doi.org/10.1556/2063.33.2024.1.4)
- Jenkin, T. A., Webster, J. & McShane, L. (2011). An agenda for 'Green' information technology and systems research. *Information and organization*, 21(1), 17–40. DOI: [10.1016/j.infoandorg.2010.09.003](https://doi.org/10.1016/j.infoandorg.2010.09.003)
- Könczöl, T. (2004). A Sulinet Digitális Tudásbázis program. *Iskolakultúra*, 14(12), 90–96.
- Maker's Red Box (2022). *Félelem helyett tettvagy: hogyan tanítsuk a klímaváltozást?* Maker's Red Box Blog. <https://makersredbox.com/hu/blog/felelem-helyett-tettvagy-hogyan-tanitsuk-a-klimavaltozast/>
- Mallett, J. E. & Michelson, S. (2010). Green investing: is it different from socially responsible investing? *International Journal of Business*, 15(4), 395.
- Mathar, R. (2017). *ICT in ESD, guidelines and experiences with the school campaign CO2nect*. <https://www.ensi.org/global/downloads/Publications/382/ICT-guidelines-Reiner.pdf>
- Mitchell, R. B. & York, R. (2020). Reducing the web's carbon footprint: Does improved electrical efficiency reduce webserver electricity use? *Energy Research & Social Science*, 65, 101474. DOI: [10.1016/j.erss.2020.101474](https://doi.org/10.1016/j.erss.2020.101474)
- Mónus, F., Bacskai, K., Varga, A., Berze, I. Z., Néder, K. & Düll, A. (2022). Általános-és középiskolás diákok környezettudatosságát meghatározó tényezők a Fenntarthatósági Témahét 2021-es nagymintás vizsgálata alapján. *Iskolakultúra*, 32(7), 47–68. DOI: [10.14232/ISKKULT.2022.7.47](https://doi.org/10.14232/ISKKULT.2022.7.47)
- Numenta (2023). *AI is harming our planet: addressing AI's staggering energy cost*. Numenta Blog. <https://www.numenta.com/blog/2023/08/10/ai-is-harming-our-planet-2023/>
- Obringer, R., Rachunok, B., Maia-Silva, D., Arbabzadeh, M., Nateghi, R. & Madani, K. (2021). The overlooked environmental footprint of increasing Internet use. *Resources, Conservation and Recycling*, 167, Art-Nr. DOI: [10.1016/j.resconrec.2020.105389](https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.105389)
- Oktatási Hivatal (2020). *A 2020-as NAT-hoz illeszkedő tartalmi szabályozók*. https://www.oktatasi.hu/koznevelés/kerettantervek/2020_nat
- Onat, N. C. & Kucukvar, M. (2020). Carbon footprint of construction industry: A global review and supply chain analysis. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 124, 109783. DOI: [10.1016/j.rser.2020.109783](https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.109783)
- Ong, D., Moors, T. & Sivaraman, V. (2014). Comparison of the energy, carbon and time costs of videoconferencing and in-person meetings. *Computer communications*, 50, 86–94. DOI: [10.1016/j.comcom.2014.02.009](https://doi.org/10.1016/j.comcom.2014.02.009)
- Pásztor, A. (2017). Tanulói szintű visszacsatolás és fejlesztés: technológia alapú mérések alkalmazási lehetőségei a mindennapi pedagógia gyakorlatban. In Hunyady, Gy., Csapó, B., Pusztai, G. & Szivák, J. (szerk.), *Az oktatás korproblémái*. ELTE Eötvös Kiadó. 202–212.
- Porsdam Mann, S., Earp, B. D., Möller, N., Vynn, S. & Savulescu, J. (2023). AUTOGEN: A personalized large language model for academic enhancement—Ethics and proof of principle. *The American Journal of Bioethics*, 23(10), 28–41. DOI: [10.1080/15265161.2023.2233356](https://doi.org/10.1080/15265161.2023.2233356)
- Sern, L. C., Zaima, A. F. & Foong, L. M. (2018, June). Green skills for green industry: A review of literature. In *Journal of Physics: Conference Series*, 1019(1), 012030. IOP Publishing. DOI: [10.1088/1742-6596/1019/1/012030](https://doi.org/10.1088/1742-6596/1019/1/012030)
- Stoll, C., Klaufen, L. & Gallersdörfer, U. (2019). The carbon footprint of bitcoin. *Joule*, 3(7), 1647–1661. DOI: [10.1016/j.joule.2019.05.012](https://doi.org/10.1016/j.joule.2019.05.012)
- Szalavetz, A. (2018). Digitális átalakulás és fenntarthatóság. *Közgazdasági Szemle*, 65(10), 1067–1088. DOI: [10.18414/KSZ.2018.10.1067](https://doi.org/10.18414/KSZ.2018.10.1067)
- Tabuenca, B., Moreno-Sancho, J. L., Arquero-Gallego, J., Greller, W. & Hernández-Leo, D. (2023). Generating an environmental awareness system for learning using IoT technology. *Internet of Things*, 22, 100756. DOI: [10.1016/j.iot.2023.100756](https://doi.org/10.1016/j.iot.2023.100756)
- Veluvali, P. & Suriseti, J. (2022). Learning management system for greater learner engagement in higher education—A review. *Higher Education for the Future*, 9(1), 107–121. DOI: [10.1177/23476311211049855](https://doi.org/10.1177/23476311211049855)

Vourikari, R., Kluzer, S. & Punie, Y. (2022). *Dig-Comp 2.2: The Digital Competence Framework for Citizens-With new examples of knowledge, skills and attitudes*. Publications Office of the European Union. DOI: [10.2760/115376](https://doi.org/10.2760/115376)

Watson, R. T., Boudreau, M. C., Chen, A. & Huber, M. (2008). Green IS: Building sustainable business practices. *Information systems*, 17.

Yoast (2022). *The carbon footprint of your website and how to reduce it*. Yoast SEO Blog. <https://yoast.com/carbon-footprint-of-website/>

Zeeshan, K., Hämäläinen, T. & Neittaanmäki, P. (2022). Internet of things for sustainable smart education: An overview. *Sustainability*, 14(7), 4293. DOI: [10.3390/su14074293](https://doi.org/10.3390/su14074293)

Absztrakt

A digitális oktatás mindennapjaink részét képezi, ma már a tanítási-tanulási folyamat során a digitális technológiai eszközökön keresztül történik az információszerzés, a tanulókkal, pedagógusokkal, oktatókkal való kommunikáció és együttműködés, tartalomalkotás meghatározó része. Az elmúlt időszakban pedig a mesterséges intelligencia oktatásra gyakorolt hatása került a fókuszba. Mindezek mellett kevés szó esik a felgyorsult technológiai fejlődés környezetre gyakorolt hatásáról és arról, hogy egy ilyen mértékű digitális transzformáció az oktatásban miképp lehet fenntartható. A tanulmányban áttekintem az oktatásban használt digitális eszközök és szolgáltatások környezetre gyakorolt hatásait, és bemutatom azokat a lehetőségeket, amelyekkel ezeket a hatásokat mérsékelni tudjuk, hogy a felhasználói oldalról is lépéseket tegyünk a digitális oktatás fenntarthatósága érdekében. Az oktatásnak és a digitális kompetencia fejlesztésének kulcsszerepe van az oktatási szféra fenntartható digitális transzformációjában, és fontos felhívni a figyelmet arra, hogy a környezettudatos digitális eszköz-használatra nagyobb hangsúlyt kell fektetni az oktatás és képzések során.

Kulcsszavak: digitális oktatás, digitális kompetencia, fenntarthatóság, környezettudatos magatartás