

SZAKDOLGOZAT

Tátrai Álmos
2020

BUDAPESTI GAZDASÁGI EGYETEM
KÜLKERESKEDELMI KAR

Nemzetközi Gazdálkodás szak
Levelező tagozat
Külgazdasági vállalkozás szakirány

Az online tartalomfogyasztási szokások környezeti hatása

Budapest, 2020

Tartalom

1. Bevezetés.....	5
1.1. A téma bemutatása.....	5
1.2. A témaválasztás háttere.....	5
1.3. A dolgozat célkitűzése.....	6
2. A media streaming története, működése és a tartalomszolgáltatás energaintenzitása.....	7
2.1. A media streaming kialakulása és fejlődése.....	7
2.2. Az audio streaming szolgáltatások jellemző adatátvitel.....	9
3. Az adatfolyam útja a hálózaton a forrástól a kliensig – a hálózati infrastruktúra elemei.....	12
3.1. Adatközpontok energiafogyasztása.....	13
3.2. Adatátviteli hálózatok.....	17
3.2.1. A gerinchálózat fogyasztása.....	17
3.2.2. A lakossági internethozzáférések típusai.....	17
3.2.3. A hozzáférési hálózatok energiafogyasztása.....	19
3.2.4. Mikrohullámú internethozzáférés.....	20
3.2.5. Lakossági eszközök energiafogyasztása.....	21
3.2.6. Szürkeenergia.....	21
3.2.7. A mobil adatátvitel energiafogyasztása.....	23
3.2.8. Az 5G mobil adatátviteli szabvány bevezetése.....	24
3.2.9. Javuló energiahatékonyság vs. növekvő fogyasztás.....	26
3.2.10. A Jevons paradoxon.....	28
4. A primer kutatás módszertana és eredményei.....	29
4.1. A primer kutatás módszertanának ismertetése.....	29
4.2. A kérdőív eredményeinek értékelése.....	30
4.3. A kérdőív korlátai.....	35
5. Az internet további nagyfogyasztói.....	37
5.1. Online video streaming.....	37
5.1.1. A YouTube.....	39
5.1.2. Felnőtt tartalom.....	40
5.1.3. A Netflix.....	40
5.2. Zombi szerverek.....	41
5.3. Távmunkavégzés, virtuális magánhálózatok.....	43
5.4. Bitcoin bányászat.....	44
5.5. Mikro adatközpontok és IoT – a dolgok internete.....	46
5.6. eSports.....	47

6.	Jövőbeli kilátások.....	49
6.1.	Quantum számítástechnika.....	49
6.2.	Fúziós energiatermelés.....	51
6.3.	A szén-dioxid-leválasztás és -tárolás	53
7.	Összefoglalás, záró gondolatok	54
8.	Irodalomjegyzék	56
9.	Függelék	64
10.	Szószeret	66

Ábrajegyzék:

1. ábra:	A világ audio streaming szolgáltatói piaci részesedés szerint (Statista, 2019).....	9
2. ábra:	Hop-ok száma a BGE és a Yahoo.com oldal között (képernyőkép, geotraceroute.com)	12
3. ábra:	A közvetlen kiszolgálást és a CDN sémát összehasonlító infografika (Malbasic, 2020)	13
4. ábra:	PUE szűk és kiterjesztett értelmezése	14
5. ábra:	Megtorpanó energiahatékonyság javulás	15
6. ábra:	Google adatközpont gépháza Taiwan-ban (Google, 2016).....	16
7. ábra:	Energiahatékonyság javulása a Google-nél (Google, 2019).....	16
8. ábra:	DSL, kábel TV és száloptikás internet GHG kibocsátása (IDATE Consulting and Research, 2009)	19
9. ábra:	GHG kibocsátás felhasználónként 1 Gbit adatátvitelre vetítve (Slavisa A. et al, 2011) .	19
10. ábra:	Vezetékes és vezeték nélküli internethozzáférések várható energiafogyasztása 2010-es bázisadatok alapján (Baliga, 2011).....	20
11. ábra:	Különböző csereciklusú hálózati eszközök energiafogyasztása	22
12. ábra:	Hálózati eszközök cseréjének energiamérlege.....	22
13. ábra:	Hálózati eszközök csereciklusának és energiafogyasztásának kumulált szimulációja	23
14. ábra:	Jevons paradoxon (Sketchplanations, 2018).....	28
15. ábra:	Válaszadók zenehallgatással töltött ideje heti átlagban (saját diagramm)	30
16. ábra:	60 perc rögzített video fájl mérete különböző formátumok esetén (Signiant, 2018)	38
17. ábra:	Mobilinternet forgalom előrejelzése alkalmazás kategóriánként (Ericsson, 2019).....	39
18. ábra -	Országok és a Bitcoin bányászat éves elektromos energiafogyasztásának összehasonlítása	45
19. ábra:	Játék PC-k fogyasztása az egyéb háztartási fogyasztók rangsorában (Berkley Lab, 2019)	47
20. ábra:	Az IBM Quantumszámítógépét -270 fokon tartó "cryostat" (IBM, 2018).....	49
21. ábra:	A nukleáris fúzió sematikus ábrája (Shutterstock)	51
22. ábra:	Plazmakisülés az Alcator C-Mod tokamak belsejében (MIT, 2010)	52
23. ábra:	A szén-dioxid leválasztás és tárolás folyamata (Europa.eu, 2018)	53

1. Bevezetés

1.1. A téma bemutatása

Szakedolgozatom témája az online tartalomfogyasztás környezeti hatása. Kevesen gondolnak arra, hogy az online tevékenység valójában mennyi erőforrást mozgósít. A téma kutatása során szeretném felmérni a környezetemben élők zenehallgatási szokásait, mivel ezen a területen gyűrűzött be elsőként az általam kiemelten vizsgált media streaming (multimédiás adatfolyam, később definiálom), egyúttal emblemikus példája a szórakozás céljából üzött és magas energiafogyasztással (lásd: mobilinternet c. rész) párosuló tartalomfogyasztásnak. A kérdőív eredményei alátámasztották a sejtésem, hogy a válaszadók jelentős része valamilyen formában hallgat online zenei streaming-et. Fontosnak tartom felhívni a figyelmet az online tevékenységünk elfelejtett vonzatára, hogy a háttérben dolgozó szerverek működése, hűtése és az adatok mindkét irányba történő továbbítása meghaladja az otthoni áramfogyasztásunkat és ezáltal terheli a környezetünket, szén-dioxidot juttat a légkörbe és végső soron részt vesz a globális klímaváltozásban. Ezek a hatások részben csökkenthetők tudatos tartalomfogyasztás révén és önmagában a szemléletmódunk formálódása is nagy változásokat hozhat etéren. Mindemellett azt sem tévesztetem szem elől, hogy a dolgozat alapvetően közgazdasági megközelítésű maradjon. Ez a közgazdasági megközelítés a fenntarthatóság középpontba helyezése, amely a jóléti fogyasztási modell világszintre bővülésével napjainkra halaszthatatlan prioritássá eszkalálódott.

1.2. A témaválasztás háttere

Dolgozatom ötletét egy 2019 áprilisában a The Herald-ban megjelent újságcikk¹ ihlette, amely napjaink médiafogyasztásának környezeti hatásait vetette össze a korábban használt adathordozók (bakelit lemez, kazetta, CD, stb.) környezeti hatásaival.

Az eredeti kutatást Dr Matt Brennan, a Glasgow-i Egyetem munkatársa és Dr Kyle Devine, az Oslo-i Egyetem professzora publikálták “The Cost of Music”² címmel, 2019. április 8-án.

¹ McArdle, H. (2019. április 8). Streaming and downloads causing 'highest music-related carbon emissions in history'. Letöltve: Március 9, 2020, URL: <https://www.heraldscotland.com/news/17556898.streaming-and-downloads-causing-highest-music-related-carbon-emissions-in-history/>

² Brennan, M. (2019. április 8). Music Consumption Has Unintended Economic And Environmental Costs. Letöltve: Március 9, 2020, URL: https://www.gla.ac.uk/news/archiveofnews/2019/április/headline_643297_en.html

A kutatás eredményei arra világítanak rá, hogy míg a zenei felvételek előállításának gazdasági költsége folyamatosan csökken, a zenehallgatás karbonemissziós vonzata mindeközben növekszik.

“From a carbon emissions perspective, however, the transition towards streaming recorded music from internet-connected devices has resulted in significantly higher carbon emissions than at any previous point in the history of music.” – Dr. Matt Brennan³

Tekintve, hogy a fenti kutatás kimerítően foglalkozott a címbeli témával, így dolgozatomban a media streaming energaintenzitását vizsgálom, és hogy ez tudatos tartalomfogyasztással miként mérsékelhető.

Időszerűnek találok előrebocsátani, hogy dolgozatom a téma természeténél fogva igen sok idegennyelvű- és szakkifejezést használ, ezek egy részét első megjelenésükkor definiálok. Emellett a dolgozat záró részében összegyűjtöttem őket egy szöszedetbe. Szintén a téma sajátossága, hogy nehéz hozzá szakirodalmat találni, ezért a szándékoltnál több forrásból gyűjtöttem anyagot és nagyobb arányban kellett internetes forrásokra támaszkodnom.

1.3. A dolgozat célkitűzése

Dolgozatom kutatási területe az internetes tartalomfogyasztás környezeti hatása, kiemelt tekintettel a streaming media-ra. Az internet elvontsága és immateriális jellege illúzióba ringatja a felhasználókat. Az internet előfizetést, az áramdíjat és esetleg néhány online szolgáltatás előfizetését rendezve a lakosság túlnyomó többsége nem társít további költségeket az internet fogyasztásához; egyfajta tévhitben élve azt “ingyenes” és korlátlanul rendelkezésre álló jószágként kezeli. Ilyenformán kevés a tudatos felhasználók száma, akikben felmerül az online zenehallgatás és egyéb internetes tevékenység által generált energiafogyasztás környezetterhelő hatása.

A szemléltetés kedvéért felidézek egy szélsőséges példát. Egy Glasgow-ban élő magyar rocker lány példáját, aki gyerekkorától fogva megszokta, hogy zajban alszik el. Esténként, amikor elbúcsúzik lakótársaitól, laptopján elindítja a youtube-ot és egész éjszaka szól a zene és egymást váltják a HD minőségű videoklippek a kijelzőn. A zene, amelyet az éjszaka folyamán már nem

³ “Ugyanakkor a szén-dioxid kibocsátás szempontjából az online zenehallgatás irányába történő átalakulás lényegesen nagyobb szén-dioxid kibocsátást eredményezett, mint a zenehallgatás történetének bármely korábbi időszakában.” – Brennan, 2019 – saját fordítás.

hallgat aktívan - és amely egy laptop hangszóróján akár 128 kbps minőséggel is tökéletesen ellátná funkcióját, óránként kb. 60 MB fogyasztással - így HD minőségű videóval társulva már 3500 és 7000 kbps közötti adatátvitelt vesz igénybe. Ez óránként elérheti a 2 GB, vagyis 33-szoros adatmennyiséget. Ha ehhez hozzávesszük a laptop és világító kijelzőjének többletfogyasztását (a játszott videók miatt) egy mobiltelefon fogyasztásához képest, a különbség végül több nagyságrendnyi is lehet.

Kutatásom során szembesültem vele, hogy a zene, és különösképpen a stream-elt video által generált adatforgalom mellett számos egyéb energianyelő nagyfogyasztó veszi ki részét az internet energiafogyasztásából, amelynek mértékét a svéd statisztikai hivatal a világ összenergiafogyasztásának hozzávetőlegesen a 10%-ára becsülte 2014-ben⁴.

2. A media streaming története, működése és a tartalomszolgáltatás energiaintenzitása

A streaming media fogalma⁵:

Tömörített multimédia (audio és video) tartalom internetes letöltéssel egyidejű, folyamatos lejátszása. A hagyományos multimédiás fájlokkal ellentétben a streamelt médiafájlok lejátszásához nem szükséges megvárni a teljes állomány letöltését, így élő adás streamelését is lehetővé teszi.

2.1. A media streaming kialakulása és fejlődése

Elsőként Guglielmo Marconi és Nikola Tesla, a nagytávolságú rádió feltalálói már az 1800-as évek végén kísérleteztek képek rádióhullámon történő átvitelével.

A vezetékes zenetovábbítással kapcsolatos első szabadalmat⁶ 1918-ban fogadták el. A feltaláló, George Owen Squier⁷ az akkoriban még átviteli problémákkal küzdő rádió alternatívájaként fejlesztette ki a kábelen történő hangátvitelt. Muzak⁸ néven indította el a szolgáltatást, mely az elektromos hálózaton keresztül továbbította a zenei tartalmakat, a fogyasztók pedig az

⁴ Corcoran, P. (2019. február 14). Internet drar 10% av världens elanvändning - och andelen stiger. Letöltve: Május 18, 2020, URL: <https://cornucopia.cornubot.se/2019/02/internet-drar-10-av-varldens.html>

⁵ Rouse, M. (2009. április 24). What is streaming media? - Definition URL: WhatIs.com. Letöltve: Március 9, 2020, URL: <https://whatis.techtarget.com/definition/streaming-media>

⁶ Owen Squier, G., 1918. *Electric Signaling*. US1281684A.

⁷ E. Kennelly, A., 1938. *Biographical memoir of George Owen Squier* [online] Nasonline.org. Letöltve: 10 Március, 2020, URL: <http://www.nasonline.org/publications/biographical-memoirs/memoir-pdfs/squier-george-o.pdf>

⁸ Muzak. (2003. november 28). Letöltve: Március 10, 2020, URL: <https://en.wikipedia.org/wiki/Muzak>

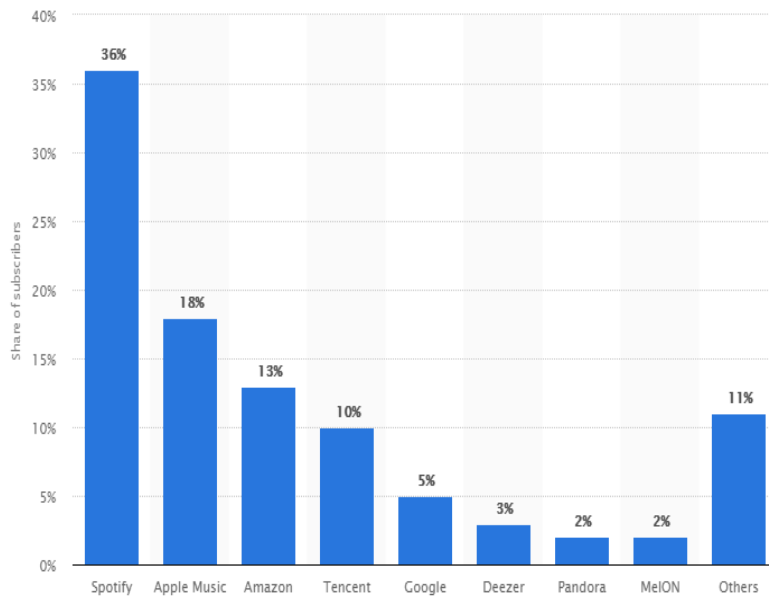
áramszámlán fizették az előfizetési díjat. A harmincas évekre népszerűvé váló rádió kiszorította a céget a lakossági piacról, de kereskedelmi szolgáltatásként tovább élt, hotelek és éttermek számára közvetítettek zenei műsorokat. A céget 1937-ben felvásárolta a Warner Brothers, de a legtöbb amerikai felvonóban a mai napig a Muzak rendszeren keresztül játszik a zenét⁹.

Az 1990-es évekre a személyi számítógépek teljesítménye alkalmassá vált tömörített adatfolyam valósidejű dekódolására. Az első audio streaming adásra 1995. szeptember 5-én került sor: az ESPN SportsZone élőben közvetítette több ezer előfizetője számára a Seattle Mariners és a New York Yankees baseball mérkőzését a seattle-i Progressive Networks internetes médiaszolgáltató technológiája segítségével. A Seattle Mariners 6:5-re legyőzte a Yankees-t.

A vállalat rövidesen RealNetworks-re változtatta a nevét és 1997-ben útjára indította a világ első streaming videó lejátszóját, a RealPlayer-t. A Microsoft 1999-ben integrálta streaming képes DirectShow plugin-ját a Windows Media Player-be és ugyanebben az évben az Apple kiadta a QuickTime-ot. Az online videó lejátszás még csak ezekkel a külső videólejátszókkal volt lehetséges. Az első beépülő lejátszó a Macromedia Flash volt, amely a 2000-es évek közepére átvette a vezető szerepet a video streaming területén. 2007-ben a Move Networks a korábbi UDP protokollal szakítva a legszélesebb körben használt HTTP internet protokollra épülő technológiát mutatott be. 2008-ra a Netflix is kijött a saját, video streaming-re optimalizált protokolljával és nagyjából 2010-re kialakult a streaming maihoz hasonló formája. Mára a jellemző sávszélesség elegendő a streaming stabil fenntartásához, emellett a használatos technológia már progresszív, vagyis alacsony adatátviteli sebességgel kezd és a kapcsolat sebességét diagnosztizálva optimális minőséget kér le a szerverről, vagyis a legmagasabb, még akadás nélkül lejátszható felbontást. A kép menet közben élesedik ki, vagy romlik vissza, a kapcsolat pillanatnyi sebességétől függően. A fejlődés nem áll meg; egyre újabb és újabb algoritmusok és kodekek látnak napvilágot, de a streaming kialakulásának megismeréséhez elégséges a fenti áttekintés.

⁹ History of Muzak: Where Did All The Elevator Music Go?: WQXR Blog. (2017. április 16). Letöltve: Március 10, 2020, URL: <https://www.wqxr.org/story/history-muzak-where-did-all-elevator-music-go/>

2.2. Az audio streaming szolgáltatások jellemző adatátvitele



1. ábra: A világ audio streaming szolgáltatói piaci részesedése szerint (Statista, 2019)

lesz szükség.

A Spotify¹¹, az Apple Music, az Amazon¹², a Google¹³ és a Deezer¹⁴, valamint zeneszerzők tulajdonában lévő TIDAL¹⁵ adathasználati paramétereit gyűjtöm össze az alábbi, saját készítésű táblázatba. A Tencent szolgáltatása jelenleg leginkább a távolkeleti régióra korlátozódik, a TIDAL viszont kivételes minőségével és a művészeknek juttatott legmagasabb összegű honoráriumával¹⁶ nyerte el a hallgatók rokonszenvét. A felső sorban a különböző minőségbeállítások találhatóak. Az elnevezések általánosak, a szolgáltatók eltérő elnevezéseket alkalmaznak. Az egymás alatti sorok a legfőbb zenei streaming szolgáltatók kategóriánkénti adatátviteli sebességét tartalmazzák. Az értékek kilobit per secundum mértékegységben értendők.

Ahhoz, hogy becsléni lehessen a zenei streaming által generált adatforgalmat, ismerni kell a különböző szolgáltatások jellemző paramétereit. Az alábbi ábra a legnépszerűbb on-demand (vagyis igény szerinti) zenei streaming szolgáltatások 2019-es piaci részesedését jeleníti meg¹⁰. A legnépszerűbb szolgáltatások közül hatnak megvizsgálom a jellemző adatátviteli sebességét, amelyre a fogyasztás becsléséhez

¹⁰ Watson, A. (2019. december 9). Music streaming market share. Letöltve: Március 11, 2020, URL: <https://www.statista.com/statistics/653926/music-streaming-service-subscriber-share/>

¹¹ Audio Settings - Spotify. (2020. január 17). Letöltve: Március 11, 2020, URL: <https://support.spotify.com/us/article/high-quality-streaming/>

¹² Bowe, T. (2019. október 24). This Simple Trick Will Boost the Audio Quality of Spotify and Apple Music. Letöltve: Március 11, 2020, URL: <https://gearpatrol.com/2019/10/24/how-to-get-best-audio-spotify-apple-music/>

¹³ What Hi-Fi? (2019. május 14). Best music streaming services 2020: free streams to hi-res audio. Letöltve: Március 11, 2020, URL: <https://www.whathifi.com/us/best-buys/streaming/best-music-streaming-services>

¹⁴ Deezer Support. (2018. július 17). Audio Quality. Letöltve: Március 12, 2020, URL: <https://support.deezer.com/hc/en-gb/articles/115003865685-Audio-Quality>

¹⁵ Tidal (service). (2015. április 13). Letöltve: Március 12, 2020, URL: [https://en.wikipedia.org/wiki/Tidal_\(service\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Tidal_(service))

¹⁶ Sanchez, D. (2019. január 2). What Streaming Music Services Pay (Updated for 2019). Letöltve: Március 27, 2020, URL: <https://www.digitalmusicnews.com/2018/12/25/streaming-music-services-pay-2019/>

Streaming szolgáltató	Minőségi szintek és a hozzájuk tartozó átlagos bitráták					
	Alacsony	Közepes	Jó	Kiváló	HD	Ultra HD
Spotify	24 kbps HE-AACv2	96 kbps OGG/128 kbps AAC*	160 kbps OGG	320 kbps OGG/256 kbps AAC*	-	-
Apple Music	n/a	128 kbps AAC	n/a	256 kbps AAC	-	-
Amazon	n/a	n/a	n/a	256 kbps	850 kbps FLAC	3730 kbps FLAC
Google	n/a	128 kbps mp3	256 kbps mp3	320 kbps mp3	-	-
Deezer	64 kbps mp3	128 kbps mp3	-	320 kbps mp3	1411 kbps FLAC	-
Tidal	-	n/a	n/a	320 kbps AAC	1000 kbps FLAC**	1000 kbps MQA

*A Spotify a széleskörű kompatibilitás miatt AAC formátumot használ a webplayer-ben
** A FLAC egy veszteségmentes tömörítési típus

1. Táblázat: Az on-demand audio streaming szolgáltatók tömörítési arányai az egyes minőségi beállítások függvényében (saját készítésű táblázat, Források: lásd fenti felsorolás hivatkozásai)

A szolgáltatók közül nem mindenki teszi hivatalosan elérhetővé a tömörítési eljárásait (bitráta, tömörítési formátum), így nem minden adat támaszkodik hivatalos weboldalra. Ezek az eljárások azonban lejátszás közben könnyen visszafejthetők, így a fent hivatkozott HiFi magazinok és szakmai weboldalak egybehangzó feltételezéseit hitelesnek ítélem meg.

Bitrátának vagy bitsűrűségnek nevezzük az időegység alatt átvitelre kerülő adatmennyiséget. SI szerinti mértékegysége a kilobit/secundum (kbps), ami nem keverendő a kilobyte/sec (kB/s) és a kibibyte/sec (KiB/s) mértékegységekkel.

Érdekességképpen jegyzem meg, hogy a bit alapvetően egy decimális mértékegység, vagyis 1 kb=1000 bit. A Byte (1 Byte=8 bit) ezzel szemben egyaránt lehet decimális és bináris, vagyis 1 kB (kilobyte)=1000 Byte, de 1 KiB (kibibyte)=1024 Byte. A fentiekből következik, hogy a “kibi”, “mebi”, “gibi” és “tebi” prefixek bevezetése (2004, IEEE Std 260.1) előtt 1 KB/s = 8,192 kbps-ot jelentett, mára viszont ugyanezen átváltás 8000 kbps-ként értendő.

A fájlformátumokról¹⁷ annyit érdemes tudni, hogy léteznek veszteséges tömörítési formátumok (mp3, wma, AAC, OGG, stb.), amelyek az átlagos fül számára túl finom vagy kevésbé hallható részletek leegyszerűsítésével vagy elhagyásával, a sztereó hangsáv megegyező részeinek összevonásával tömörítik a zenét. Minél alacsonyabb a bitráta, annál több részlet vész oda végérvényesen, cserébe kisebb és gyorsabban továbbítható állományt kapunk. A veszteségmentes tömörítések (wav, FLAC, ALAC, WMA lossless) ezzel szemben minden zenei információt megtartva, csupán optimalizált algoritmusokra támaszkodva rögzítik a CD minőségű, vagy annál is kiválóbb zenét. Ezek az állományok cserébe jóval nagyobbak.

A különböző bitráta közötti különbség az alábbi linken meghallgatható: <https://bit.ly/2IIXFv2>
Feltételezve, hogy a mobil szélessáv elterjedésével a lejátszók automatikus beállításon is igyekeznek kihasználni a rendelkezésre álló sáv szélességet, valamint a felhasználók is a jobb minőségű beállításokat választják, számolhatunk egy átlagos 256 kbps adatátviteli sebességgel, ami óránként megközelítőleg 120 MB adatátvitelt¹⁸ eredményez. Ezt az eredményt érdemes megjegyezni, később visszatérünk rá.

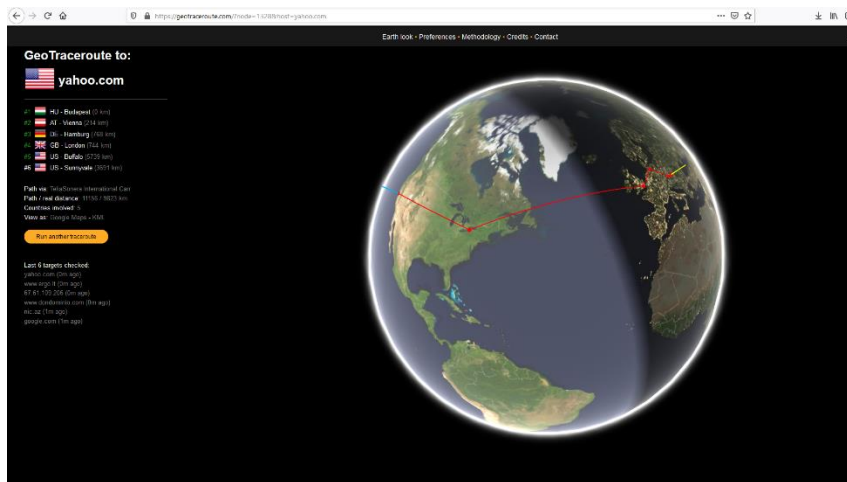
¹⁷ Calabrese, R. (2019. november 13). Ultimate Guide To Audio Bitrate & Audio Formats. Letöltve: Március 12, 2020, URL: <https://homedjstudio.com/audio-bitrates-formats>

¹⁸ Nbn Co. Ltd. (2018. június 8). How much data does music streaming use? (2018 edition). Letöltve: Március 12, 2020, URL: <https://www.nbnco.com.au/blog/entertainment/how-much-data-does-music-streaming-use>

3. Az adatfolyam útja a hálózaton a forrástól a kliensig – a hálózati infrastruktúra elemei

Most, hogy tudjuk, nagyjából 2 MB adatforgalmat generál egy perc online zenehallgatás, az energiafogyasztás becsléséhez tekintsük át az internet architektúráját, vagyis az adat útját a szervertől a felhasználóig.

A hagyományos modell szerint az internetes tartalmakat nagy adatközpontok központi szerverein tárolják, ahonnan nagyteljesítményű útvonalválasztók (router-ek és switch-ek) átlagosan 1500 KB méretű adatcsomagokban továbbítják üvegszálak gerinchálózatokon a felhasználó kontinensének, országának, városának címezve, mindig a legoptimálisabbnak tartott útvonalra törekedve, az internetszolgáltatójától a routeréig juttatva, végül rézkábelben, üvegszálon vagy vezeték nélkül eljuttatva a számítógépére.



2. ábra: Hop-ok száma a BGE és a Yahoo.com oldal között (képernyőkép, geotraceroute.com)

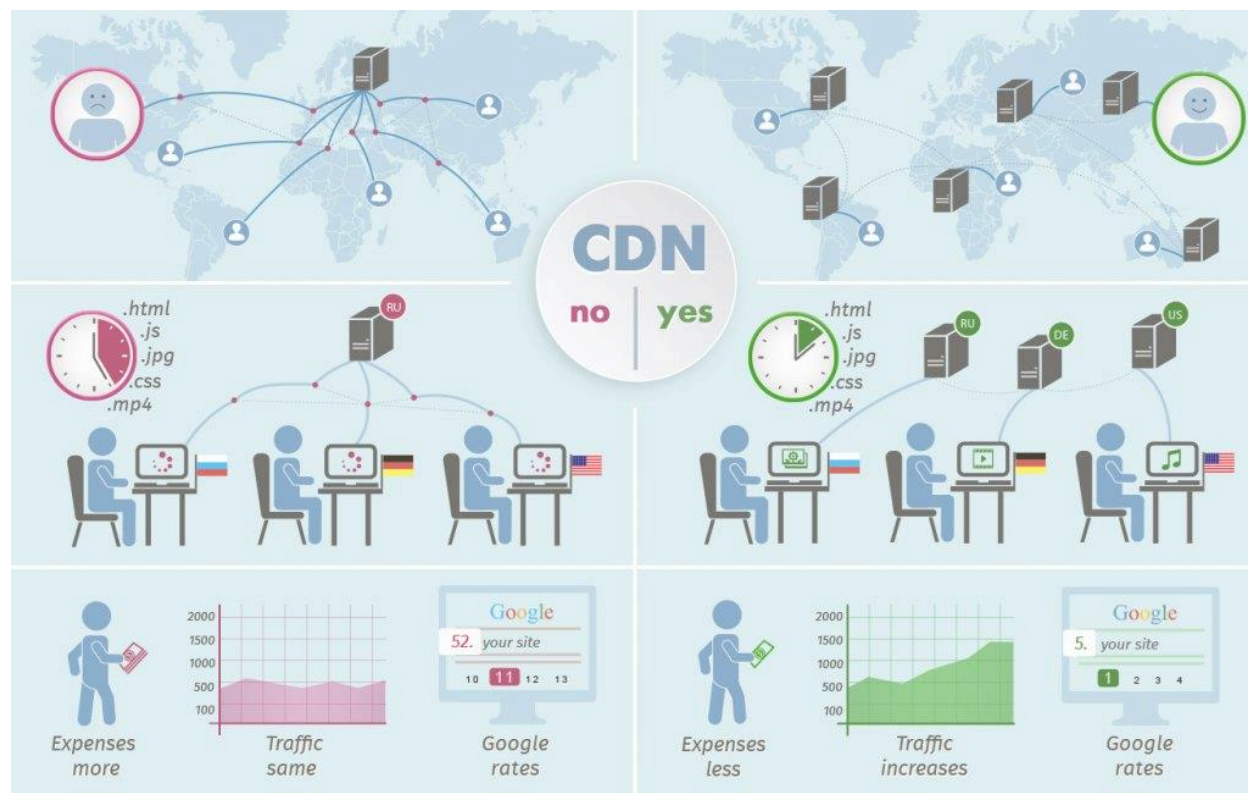
elsődleges mérőszámává vált, a legtöbb alkalmazásnál kívánatos, egyes alkalmazásoknál pedig létfontosságú (pl. online játékok).

A kilencvenes évek vége óta tartalom (zenei, video, közösségi és egyéb) közvetítés úgynevezett CDN-eken (Content Distribution Network)¹⁹ keresztül zajlik. Mint a legtöbb tartalomszolgáltató, a streaming szolgáltatók is a CDN-eket bízzák meg, hogy azok kiterjedt szerverhálózatukon keresztül juttassák el a digitális tartalmakat a felhasználókhöz. A CDN-ek világszerte megállapodásokat kötnek a helyi internet szolgáltatókkal (ISP) akik saját szervereiken tárolják a

Ezeket az állomásokat a szakzsargon “hop”-ként említi. Elvben minél kevesebb a hop-ok száma, annál rövidebb késlekedéssel (latency, milisekundum-ban mérjük) válaszol a hálózat a felhasználó számítógépének. A latency egy hálózati kapcsolat minőségének

¹⁹ Malbasic, D. B. (2020. január 26). What Is a CDN – Content Delivery Network? Letöltve: Március 24, 2020, URL: <http://www.seocompetitors.com/what-is-a-cdn-content-delivery-network>

tartalmak másolatait és közvetlenül tudják kiszolgálni a felhasználókat. Így a központi szerverek csúcsidején kívül, a legkisebb hálózati leterheltség időszakait kihasználva küldik szét a legújabb tartalmakat az ISP-k lokálisan elhelyezett szervereire. Ez a modell biztosítja a legrövidebb utat a felhasználókhoz, ezzel segítve a modern media streaming zökkenőmentes működését.



3. ábra: A közvetlen kiszolgálást és a CDN sémát összehasonlító infografika (Malbasic, 2020)

3.1. Adatközpontok energiafogyasztása

Az interneten elérhető adatok adatközpontok szerverein vannak eltárolva, jellemzően egyszerre több helyen a világban a gyors, lokális hozzáférés és az adatbiztonság érdekeit szem előtt tartva²⁰. Az adatközpontok fogyasztása az egyik legmagasabb a szolgáltatói oldalon. Az IEA (International Energy Agency – Nemzetközi energiaügynökség) 2019-es jelentése²¹ szerint az adatközpontok világszintű összesített energiaigénye 2018-ban 198 TWh (terrawattóra, 1 TWh=1.000.000.000.000

²⁰ Data protection under GDPR. (2018. október 2). Letöltve: Május 17, 2020, URL:

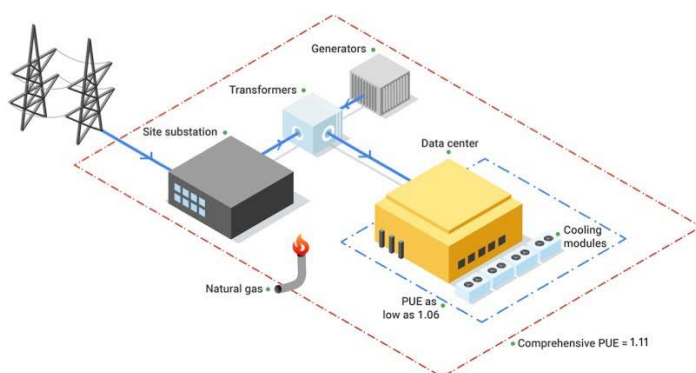
https://europa.eu/youreurope/business/dealing-with-customers/data-protection/data-protection-gdpr/index_en.htm

²¹ IEA. (2019. május 1). Data centres & networks - Fuels & Technologies. Letöltve: Március 30, 2020, URL:

<https://www.iea.org/fuels-and-technologies/data-centres-networks>

Wh), ami 2018-ban a világ teljes elektromos energiafogyasztásának (23.000 TWh)²² majdnem 1%-át az adatközpontok fogyasztása teszi ki.

Az adatközpont szervereinek energiafogyasztása nem egyenesen arányos a leterheltségével, ugyanis a szerverek készenléti állapotban is fogyasztanak energiát, a hűtésükről ha alacsony intenzitással is, de gondoskodni kell, valamint a körülvevő létesítmény üzemeltetése is energiafogyasztással jár. Ebből következik, hogy az adatközpont kihasználtságának növekedésével a produktív áramfogyasztás aránya is javul.²³



4. ábra: PUE szűk és kiterjesztett értelmezése

A statikus energiafogyasztás, vagy szaknyelven “overhead”²⁴ fogyasztás az adatközpont hűtésével, szünetmentes tápellátásával és üzemeltetésével kapcsolatos. Tágabb értelmezésben beletartoznak az adatközpontot kiszolgáló létesítmények is, mint a transzformátorállomás, a generátorok és a gázellátás. A statikus energiafogyasztás

zéró adatforgalom mellett is fennáll és csökkentése az energiahatékonysági fejlesztések középpontjában áll. A szigorodó környezetvédelmi irányelvek mellett az üzemeltető cégeknek jól felfogott gazdasági érdeke az energiahatékonyság növelése és ezáltal a költségeik leszorítása.

Az energiahatékonyság kifejezésére a The Green Grid²⁵ nevű, non-profit ipari testület alkotta meg a PUE (Power Usage Effectiveness)²⁶ hatásfok mérőszámot, amely a teljes adatközpont fogyasztásának és az informatikai berendezések fogyasztásának arányát kifejező természetes, vagy

²² IEA. (2019. március 26). Global energy demand rose by 2.3% in 2018, its fastest pace in the last decade - News. Letöltve: Március 30, 2020, URL: <https://www.iea.org/news/global-energy-demand-rose-by-23-in-2018-its-fastest-pace-in-the-last-decade>

²³ Fiandrino, C., Kliazovich, D., Bouvry, P., & Zomájusa, A. Y. (2015). Performance and Energy Efficiency Metrics for Communication Systems of Cloud Computing Data Centers. Letöltve: Április 6, 2020, URL: <https://ieeexplore.ieee.org/document/7090996/>

²⁴ Avgerinou, M., Bertoldi, P., & Castellazzi, L. (2017). Trends in Data Centre Energy Consumption under the European Code of Conduct for Data Centre Energy Efficiency. *Energies*, 10(10), 1470–1487. doi: [10.3390/en10101470](https://doi.org/10.3390/en10101470)

²⁵ What is The Green Grid? - Definition URL: Techopedia. (2011, November 14). Letöltve: Március 18, 2020, URL: <https://www.techopedia.com/definition/2121/the-green-grid>

²⁶ Chester, S. (2019. szeptember 5). What Is Power Usage Effectiveness (PUE)? Letöltve: Március 18, 2020, URL: <https://www.colocationamerica.com/blog/what-is-pue>

tizedes tört. Minél alacsonyabb ez a szám, annál magasabb a hatásfok. Az 1.0 jelentené a tökéletes hasznosulást, vagyis az összes energiafelvétel az IT berendezések teljesítményében hasznosul. A PUE az alábbi képlettel számítható ki:

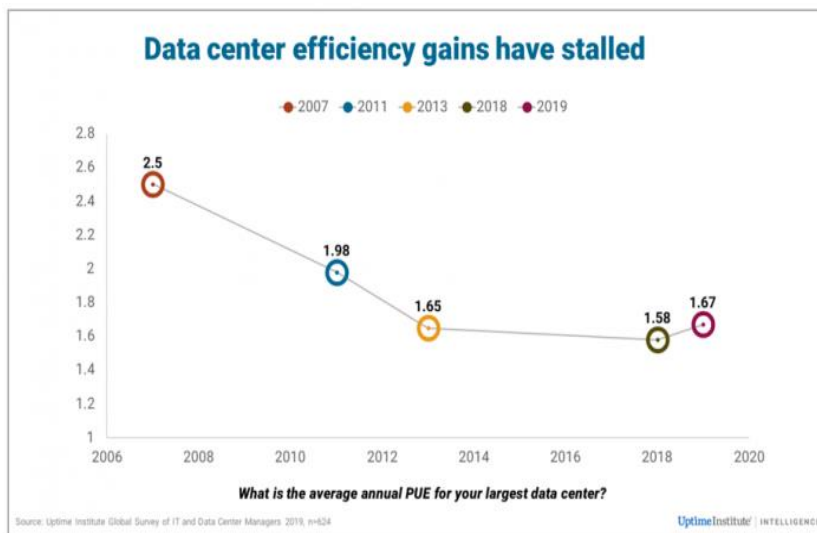
1. egyenlet – Adatközpontok energiahatékonysági együtthatója

$$PUE = \frac{\text{Total Facility Energy}}{\text{IT Equipment Energy}} = 1 + \frac{\text{Non IT Facility Energy}}{\text{IT Equipment Energy}}$$

A képlet számlálójában a teljes létesítmény fogyasztása áll (beleértve az informatikai berendezések fogyasztását is), a nevezőben pedig az informatikai berendezések áramfelvétele áll. A kettő hányadosából kapjuk meg az energiahatékonysági mutatót (PUE). Az energiahatékonyságra több összetevő van hatással: függ az adatközpont kihasználtságától, méretétől, földrajzi elhelyezkedésétől, technológiai színvonalától, valamint az időjárástól, évszakonkénti ingadozást mutat.

Az Uptime Institute 2019-es tanulmánya²⁷ szerint a 2000-es évek közepétől napjainkig a világátlag 2,5-ös értékről 1,58-as értékig javult, majd 2019-ben enyhe emelkedést mutatott (1,67).

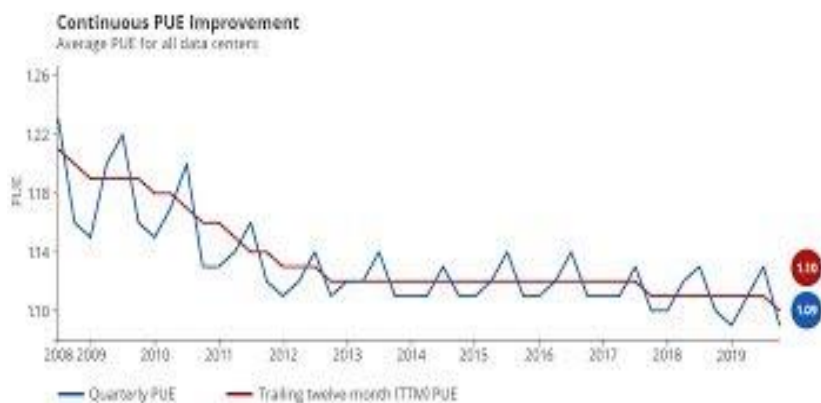
A grafikonon is jól kivehető a hatásfok javulásának egyre kisebb mértéke, mivel a leghatásosabb fogyasztáscsökkentési intézkedéseket 2007 és 2013 között a piac legnagyobb szereplői megvalósították. Elkülönítették a meleg és hideg levegőáramlást a



hűtőrendszerekben, emeltek a 5. ábra: Megtorpanó energiahatékonyság javulás
szerverek üzemi hőmérsékletén és dinamikusabban reagáló vezérlést valósítottak meg a hűtési és

²⁷ Lawrence, A. (2019. május 17). Is PUE actually going UP? Letöltve: Március 18, 2020, URL: <https://journal.uptimeinstitute.com/is-pue-actually-going-up>

energiaelosztási rendszerek számára. A Microsoft az erőművi energiatermelés veszteségeit igyekszik leszorítani annak beszerzésével saját üzemanyagcellás generátoregységeibe²⁸.



7. ábra: Energiahatékonyság javulása a Google-nél (Google, 2019)

A Google adatközpontjainak flottaátlaga²⁹ 1,1-es PUE hatásfokával a világ élvonalát képviseli. Ezt többek között úgy érték el, hogy mesterséges intelligencián alapuló öntanuló rendszereket vezettek be³⁰ a hűtési és energiaelosztási berendezések vezérlésénél,

amelyek a sok ezer különböző szenzor korábbi mérési adatait elemezve képesek példátlan pontossággal megjósolni a várható energiaigényt és annak megfelelően felkészíteni a hűtést a legoptimálisabb működésre. Mindezen fejlesztésekkel drasztikusan leszorították az adatközpontok állandó fogyasztását és sokat javult a statikus/dinamikus fogyasztás aránya is. Így amikor csökken a leterheltség, a rendszerek képesek időben reagálni és úgy csoportosítani a kapacitásokat, hogy akár teljes blokkokat is készenléti állapotba helyeznek, jelentősen redukálva az adott hűtési körbe irányított energiát.



6. ábra: Google adatközpont gépháza Taiwan-ban (Google, 2016)

²⁸ Kassner, M. (2014. július 16). Microsoft's unconventional approach to fuel-cell tech in data centers lowers PUE. Letöltve: Március 18, 2020, URL: <https://www.techrepublic.com/article/microsofts-unconventional-approach-to-fuel-cell-tech-in-data-centers-lowers-pue>

²⁹ Efficiency – Data Centers. (2011. szeptember 8). Letöltve: Március 18, 2020, URL: <https://www.google.com/about/datacenters/efficiency/>

³⁰ Roy, S. (2020. május 7). Has Google cracked the data center cooling problem with AI? Letöltve: Május 10, 2020, URL: <https://techwireasia.com/2020/05/has-google-cracked-the-data-centre-cooling-problem-with-ai/>

Az Uptime Institute cikke³¹ szerint azonban az 1,58-as, rekordalacsony energiafelhasználási hatások már olyan komoly megalkuvások árán érhető csak el globális szinten, hogy az a rendelkezésre-állási megbízhatóság rovására megy és nem számíthatunk további jelentős csökkenésre.

3.2. Adatátviteli hálózatok

A szerverparkokban tárolt, feldolgozott és továbbított adatok a gerinchálózatokon keresztül futnak be a regionális, állami és nemzetközi csomópontokba, ahol ipari teljesítményű útvonalválasztók irányítják őket a következő csomópontba, egészen a felhasználó internetszolgáltatójának központi szerveréig.

3.2.1. A gerinchálózat fogyasztása

A gerinchálózatok esetében folyamatos a korszerűsítés, a legjobb energiahatékonyságú üvegszál technológiát használják, valamint az adatátviteli kapacitásuk annyira magas, hogy az egy felhasználóra jutó energiafogyasztás az internet architektúrájának egészéhez képest elhanyagolható. A példa kedvéért: 2018-ban helyeztek üzembe egy új tengeralatti kábelt³² Hong Kong és Los Angeles között, melynek adatátviteli kapacitása 144 terabit/sec, ami több, mint 4700 DVD lemez maximális adattartalma egyetlen másodperc alatt!

3.2.2. A lakossági internethozzáférések típusai

Több szót érdemel az internetszolgáltató és a felhasználó közötti vezetékes hálózat, amelynek áteresztő képessége alacsonyabb és fogyasztása nagyban függ az alkalmazott technológiától. Időrendi sorrendben haladva a legrégebbi otthoni internethozzáférés a telefonvonalakon keresztül működő “dial-up”, vagyis betárcsázós internet a furcsán berregő, analóg faxmodemek segítségével. Ezek adatátviteli képessége meglehetősen korlátozott volt, 56 kbps³³ volt a felső

³¹ Smolaks, M. (2018. augusztus 8). Uptime Institute: Data centers are becoming more efficient, less reliable. Letöltve: Május 18, 2020, URL: <https://www.datacenterdynamics.com/en/news/uptime-institute-data-centers-sacrifice-reliability-for-efficiency/>

³² ITU. (2018. január 8). Submarine cable goes for record: 144,000 Gigabits URL: Hong Kong to L.A. in 1 Second. Letöltve: Május 23, 2020, URL: <https://news.itu.int/submarine-cable-hk-la/>

³³ Aspray, W. (2019). Historical studies in computing, information, and society: insights URL: the Flatiron lectures. Cham, Switzerland: Springer. doi: [10.1007/978-3-030-18955-6](https://doi.org/10.1007/978-3-030-18955-6)

elméleti határuk és a 90-es években voltak használatosak, amikor az internet még főként szöveges tartalmakat kínált.

Ezt váltotta fel az ISDN technológia, amely még mindig a telefonvonalak szűkös adatátviteli képességét aknázza ki, ám ez már digitális jeltovábbítással dolgozott. Adatátviteli sebessége 64 kbps-re nőtt. Mára ez a szabvány is teljesen kikopott az otthonokból.

Szélessávról a DSL kapcsolatok elterjedésével beszélhetünk, ezek már 24 Mbps (ADSL2+ szabvány) és 100 Mbps (VDSL2 szabvány) elméleti sebességhatárig tudták feltornáztatni a letöltési sebességet. Ugyanakkor ez a kapcsolat nagyon érzékeny a rézkábelekre jellemző zajra, így 2 km feletti távolság esetén drasztikusan csökken a sebesség. A DSL kapcsolatok még ma is működnek néhány háztartásban, energiafogyasztás tekintetében is kedvező képet mutatnak, erre rövidesen visszatérek egy összehasonlítás keretében.

A DSL technológiát a kábel TV koaxiális rézkábelére (HFC) való áttérés követi. Az árnyékolt kábelen jóval kedvezőbb a jel/zaj arány és az átviteli sebesség elérheti a 30 Mbps sebességet³⁴. A kábel TV-s internetkapcsolat csúcsidőben érezhetően lelassulhat az egy elosztóra kapcsolt lakások fogyasztásának függvényében.

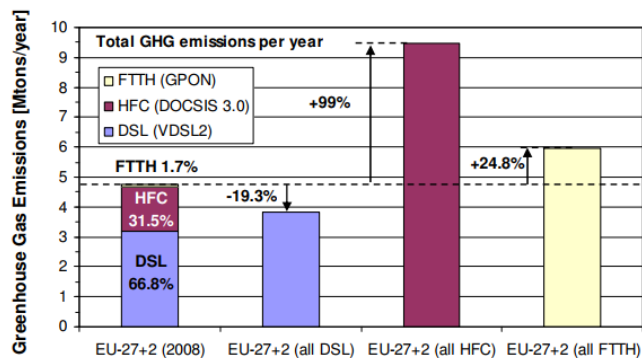
A legkorszerűbb és egyre szélesebb körben alkalmazott technológia a vezetékes hálózatok terén az üvegszálal internethozzáférés. Számos típusa létezik, jellemzően az üvegszál a háztömb elosztódobozáig megy (FTTN), és onnan már hagyományos rézvezetéken jut el a felhasználó modemjéig. Ennél fejlettebb rendszer, amikor egészen a felhasználó modeméig be van vezetve a száloptika (FTTH). Ebben az esetben az elméleti adatátviteli szélesség már a gigabites tartományba lép, nagy távolságok esetén is zajmentes marad a jelátvitel.

A költségek lezoritása végett egyelőre a PON (Passive Optical Network) típusú üvegszálal rendszerek az elterjedtebbek. Ezekben egy optikai jelsokszorosító (splitter – olyan, mint egy prizma, nem igényel áramot sem) osztja szét a beérkező fényt a háztömb lakói számára, így mindenkire eljutnak a jelek, de csak a címzett tudja dekódolni. A PON esetében a lakók osztoznak a sáv szélességen és nagyobb a letöltési sáv szélesség, mint a feltöltési. A PtP (Peer-to-peer) kapcsolat ezzel szemben minden háztartásnak saját, dedikált jelet küld, ami gyorsabb, rugalmasabb és könnyebben fejleszthető a későbbiekben. Ennek a rendszernek a kiépítése több és drágább komponenszt igényel, ezért jelenleg kevesebb van belőlük, mint a PON típusú hozzáférésekből.

³⁴ Li, Z.-N., Drew, M. S., & Liu, J. (2014). Network Services and Protocols for Multimedia Communications. Texts in Computer Science Fundamentals of Multimedia, 485–529. doi: [10.1007/978-3-319-05290-8_15](https://doi.org/10.1007/978-3-319-05290-8_15)

3.2.3. A hozzáférési hálózatok energiafogyasztása

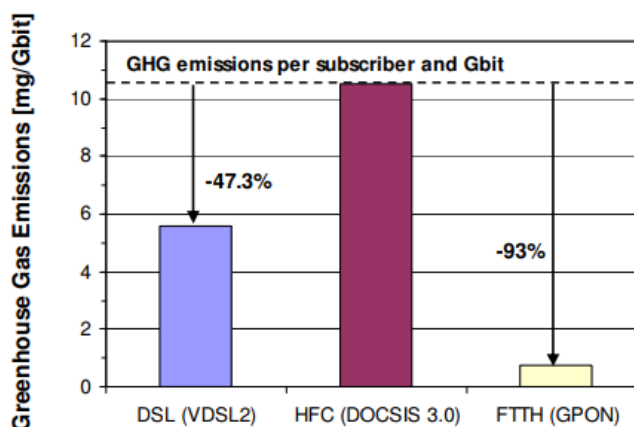
Egy 2011-es, bécsi tanulmány³⁵ megállapításai szerint a lakossági internet hozzáférések közül a abszolútértékben a DSL kapcsolat okozza a legkevesebb szén-dioxid kibocsátást, a HFC (kábel TV-s) pedig a legnagyobbat. Az ábrán az első oszlopon látható a DSL és HFC hozzáférések 2009-ben becsült üvegházhatású gázkibocsátásának (Greenhouse Gas – GHG) megoszlása az előfizetők



8. ábra: DSL, kábel TV és száloptikás internet GHG kibocsátása (IDATE Consulting and Research, 2009)

esetén is a negyedével magasabb.

A teljesebb perspektíva kedvéért ugyanebből a tanulmányból bemutatok egy olyan táblázatot is, amely az adatátvitel mértékét is figyelembe véve 1 Gb adatforgalom egy felhasználóra jutó kibocsátását illusztrálja, 10.000 csatlakozott felhasználót feltételezve. Az ábrát megfigyelve szembeötlő a változás a száloptikás internethozzáférés javára. A jóval magasabb adatátvitel is



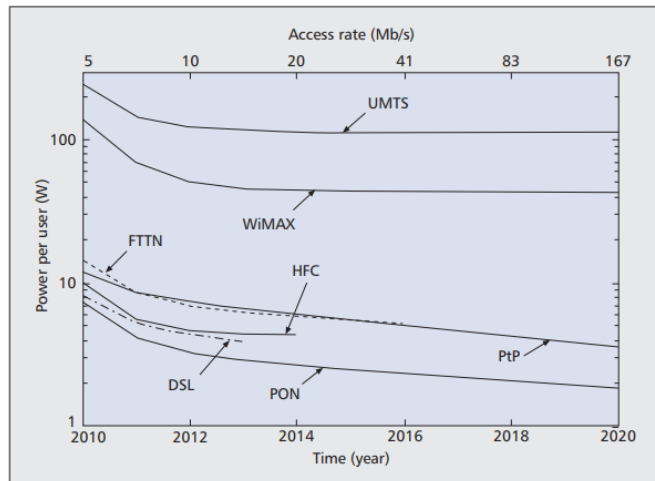
9. ábra: GHG kibocsátás felhasználónként 1 Gbit adatátvitelre vetítve (Slavisa A. et al, 2011)

figyelembevéve az üvegszálalás internetelérés 93%-kal alacsonyabb kibocsátást eredményez a kábel TV-s kapcsolatnál és az egyébként takarékos DSL-t is jócskán lekörözi.

³⁵ Aleksic, S., & Lovric, A. (2011). Energy Consumption and Environmental Implications of Wired Access Networks. American Journal of Engineering and Applied Sciences (AJEAS), 4(4), 531–539. doi: [10.3844/ajeassp.2011.531.539](https://doi.org/10.3844/ajeassp.2011.531.539)

3.2.4. Mikrohullámú internethozzáférés³⁶

Lakossági internetelérést nem csak vezetékes formában kínálnak a szolgáltatók. Olyan területeken, ahol nehezebb a vezetékes infrastruktúra kiépítése, vagy a várhatóan alacsonyabb kihasználtság miatt anyagilag nem éri meg a ráfordítást időnként mikrohullámú átjátszók használatával juttatják el az internetet az otthonokba. Ezt az IEEE 802.16 jelű, “WiMAX”-nek nevezett szabványcsomaggal kompatibilis eszközök képesek használni és legkorszerűbb verziója annyira kiforrott, hogy a 4G mobilkommunikációs szabványba is kevés híjján bekerült. 2 és 66 GHz közötti rádiófrekvencián működik és 5-125 Mbps sebességtartományban működik. Egy WiMAX adótorony elméletileg akár 30 mérföldre is képes jelet továbbítani, ezért az alacsony lélekszámú területeken is megfelelő alternatívája a vezetékes internet szolgáltatásnak.



10. ábra: Vezetékes és vezeték nélküli internethozzáférések várható energiafogyasztása 2010-es bázisadatok alapján (Baliga, 2011)

Fogyasztása azonban lényegesen meghaladja a vezetékes hozzáférések energiaigényét, amint azt a 8-as ábrán³⁷ megfigyelhetjük. Az ábrán a DSL, HFC, és üvegszál technológiák (PON, FTTN, PtP) mellett a WiMAX és 3G UMTS mobilinternet szabványok 2010-es és várható fogyasztási trendje hasonlítható össze felhasználónként. Látható, hogy a vezeték nélküli adatátvitel egy egész nagyságrenddel magasabb fogyasztást

generál a vezetékes hálózatokhoz képest.

³⁶ Seyedzadegan, Mojtaba & Othman, Mohamed. (2013). IEEE 802.16: WiMAX overview, WiMAX architecture. International Journal of Computer Theory and Engineering, 5. 784-787. doi: [10.7763/IJCTE.2013.V5.796](https://doi.org/10.7763/IJCTE.2013.V5.796)

³⁷ Baliga, Jayant & Ayre, Robert & Hinton, Kerry & Tucker, Rodney. (2011). Energy Consumption in Wired and Wireless Access Networks. Communications Magazine, IEEE, 49. 70 - 77. doi: [10.1109/MCOM.2011.5783987](https://doi.org/10.1109/MCOM.2011.5783987)

3.2.5. Lakossági eszközök energiafogyasztása

Prof. Stephan Pachnicke 2013-ban kiadott könyvében³⁸ rámutat, hogy a hálózati infrastruktúra egészét tekintve az energiafogyasztás 90%-a a hozzáférési hálózatokban, vagyis az internetszolgáltató és a végfelhasználó közötti szakaszon merül fel, ennek pedig 65%-át a felhasználó lakásában működő modem energiafogyasztása teszi ki. Véleménye szerint, az internet energiafogyasztása már nem fog rohamos mértékben növekedni, mivel szolgáltatói oldalról az egyre takarékosabb technológiák ellensúlyozzák az adatforgalom exponenciálishoz fogható növekedését, lakossági oldalon pedig már nem várható tömeges csatlakozás. Az IEEE Network magazin egy 2012-es cikkének³⁹ szerzői az optikai hálózati eszközök összehangolt “elalvás módba” lépésében látnak fejlődési lehetőséget. Ilyen elalvás mód már most is van a korszerű eszközökben, ami adatforgalom hiányában egy takarékosabb üzemmódba állítja a készüléket, melyet egy újonnan érkező adatlekérés vagy továbbítás megszakít és az eszköz “felébred”, majd “visszaalszik”. Itt milisekundum-os nagyságrendű alvásokról beszélünk, a felhasználó általában nem is észleli. Ez a folyamat viszont egyik irányba sem elég gyors, ezért ha sikerül kialakítani rá egy módszert, hogy az eszközök előre egyeztessék az adattovábbítás ütemezését, és csak “sürgős esetben” keltsék fel a túloldali eszközt, akkor a sávszélességet jobban kihasználva egyszerre cserélhetnének több adatot, két csere között pedig mindkét eszköz el mehetne aludni.

3.2.6. Szürkeenergia

Az “embodied”, vagyis megtestesült vagy magába foglalt energiafogyasztás viszonylag újkeletű fogalom. Egy termékbe beépített alapanyagok kibányászása, feldolgozása, a komponensek előállítás, összeszerelése, csomagolása, szállítása és telepítése során elfogyasztott energia összessége. A német és a francia nyelvben szürkeenergiának nevezi a szakirodalom, ezért a továbbiakban én is így fogok hivatkozni rá.

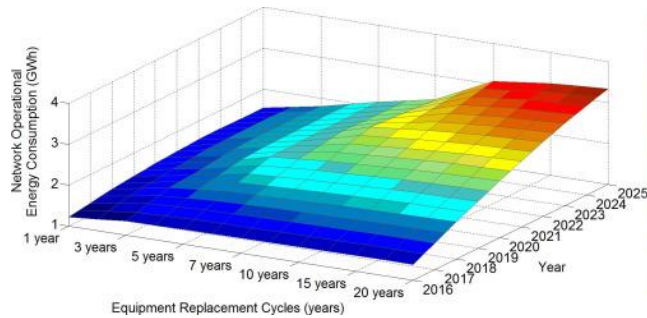
Az első vonatkozó tanulmányt⁴⁰ az Alcatel-Lucent (később Nokia), a Bell Labs és a Melbourne-i Egyetem közös finanszírozású kutatóintézete, a CEET (Centre for Energy-Efficient

³⁸ Pachnicke, S. (2013). Fiber-Optic Transmission Networks Efficient Design and Dynamic Operation. Berlin: Springer Berlin. doi: [10.1007/978-3-642-21055-6](https://doi.org/10.1007/978-3-642-21055-6)

³⁹ Shi, Lei & Mukherjee, Biswanath & Lee, Sang-Soo. (2012). Energy-Efficient PON with Sleep-Mode ONU: Progress, Challenges, and Solutions. IEEE Network - NETWORK. 26. 36-41. doi: [10.1109/MNET.2012.6172273](https://doi.org/10.1109/MNET.2012.6172273)

⁴⁰ Chan, C. A., Gyax, A. F., Leckie, C., Wong, E., Nirmalathas, A., & Hinton, K. (2016). Telecommunications energy and greenhouse gas emissions management for future network growth. Applied Energy, 166, 174–185. doi: [10.1016/j.apenergy.2016.01.007](https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2016.01.007)

Telecommunications) publikálta 2016-ban. Kutatásukban Monte-Carlo szimuláció segítségével szemléltették a kaliforniai adathálózat optimális csereciklusát az alábbiak szerint.

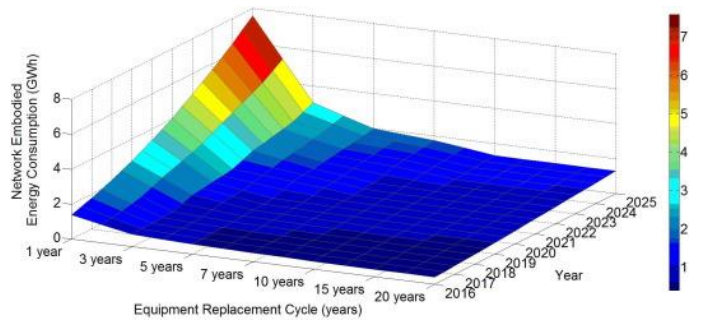


Az első diagramon a hálózati berendezések energiafogyasztását modellezték éves lebontásban, egyre növekvő igénybevétel és folyamatos technológiai fejlődést feltételezve. Azt látjuk, hogy a berendezések által elfogyasztott energia gyakori modernizáció (csere) mellett a legalacsonyabb és csere nélkül a legmagasabb.

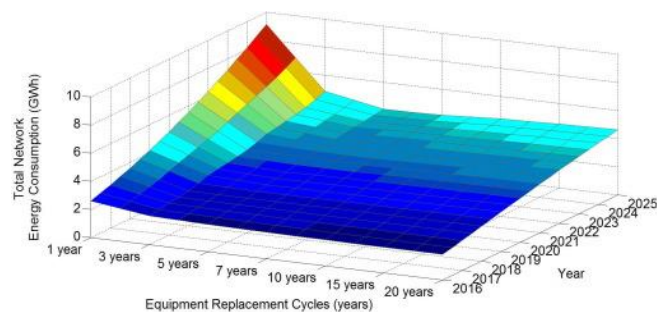
11. ábra: Különböző csereciklusú hálózati eszközök energiafogyasztása

Ha csak a fenti szimulációt vennénk alapul, logikusnak tűnne évente korszerűbb, takarékosabb modellre cserélni a hálózati infrastruktúra elemeit. A következő ábra azonban jelentősen árnyalja a helyzetet.

A második ábrán a lecserélt hardverelemek szürke energiáját modellezték, amelybe a nyersanyagok, a gyártás, a telepítés, valamint a selejtezés során elhasznált energiát számolták bele. Jól látszik, hogy az évente cserélt hardverelemek *szürke energiafogyasztása* több, mint kétszeresen meghaladná a 20 évig érintetlenül hagyott hálózati eszköz *üzemeltetési energiafogyasztását*. Tehát a gyakori csere több kárt okozna, mint a takarékoságból származó nyereség.



12. ábra: Hálózati eszközök cseréjének energiamérlege



Természetesen létezik egy optimális csereciklus, ahol a korszerűbb eszközök takarékosága kompenzálja a cseréjükből adódó ráfordítástöbbletet, amit a harmadik szimuláció szemléltet.

13. ábra: Hálózati eszközök csereciklusának és energiafogyasztásának kumulált szimulációja

Ezen az ábrán a két fenti diagramot összesítve megfigyelhető, hogy az adott

hálózati infrastruktúra gazdaságos csereciklusa 5 és 10 év közé tehető, az energiahatékonyság javulásának és az információmennyiség növekedésének jelenlegi trendje alapján.

Érdekességképpen idekíváncozik egy magyar kutató, Fülöp Attila munkáján alapuló eljárás meglévő üvegszál hálózatok radikális fejlesztésére. Fülöp Úr a göteborgi Chalmers technológiai egyetemen írta disszertációját⁴¹ 2018 áprilisában az üvegszál kommunikációban használható mikrorezonátoros frekvenciafésűről. Ez a mindössze 200 μm átmérőjű egység több tucat különböző frekvenciájú lézerdiódát képes kiváltani. A technológiával kísérletező ausztrál kutatók 2020. májusában egy már meglévő üvegszálkábelen tudtak 44,2 Tbit/sec adatátvitelt elérni⁴², ami igen előremutató és egyben takarékos megoldás. Segítségével meghosszabbítható a meglévő infrastruktúra élettartama, így jelentős megtakarítás érhető el a szürkeenergia terén.

3.2.7. A mobil adatátvitel energiafogyasztása

Az adatközpontok energiafogyasztása mellett elenyészőnek tűnt a vezetékes adatátviteli hálózatok energiafogyasztása. Egy kivételt azonban még nem tárgyaltunk, ez pedig a mobilhálózatokon keresztül továbbított adatok átvitelének energiaigénye.

A CEET 2013-as tanulmánya szerint⁴³ a mobilinternet a felhőszolgáltatások használata közben elfogyasztott energia 90%-áért felelősek, míg az adatközpontok összesen 9%-ot tesznek ki.

A mobil adatátvitelről általánosságban elmondható, hogy rádióhullámok útján jut el az adótól a vevőhöz, jellemzően a bázisállomástól a mobilkészülékhez és viszont. A rádióadók azonban jellegüknél fogva nagyobb területre sugározzák a jelet, mint amit a befogadó eszköz elfoglal, ennél fogva a sugárzásra fordított energia rendkívül csekély arányban hasznosul, tehát igen magas a veszteség. Minél nagyobb területet lát el egy bázisállomás, annál nagyobb az energiaveszteség.

⁴¹ Fülöp, A. (2018. április 9). Fiber-optic communications with microresonator frequency combs. Letöltve: Május 23, 2020, URL: <https://research.chalmers.se/en/publication/501179>

⁴² DeAngelis, M. (2020, Május 22). Researchers squeeze 44.2 Tbps through existing fiber optic cables. Letöltve: Május 23, 2020, URL: <https://www.engadget.com/44-tbps-internet-connection-154034760.html>

⁴³ Tucker, R. (2013. április). The Power of Wireless Cloud - University of Melbourne. Letöltve: Március 26, 2020, URL: <https://ceet.unimelb.edu.au/publications/ceet-white-paper-wireless-cloud.pdf>

A rádióhullámon történő adatátvitel másik aspektusa a sávszélesség. A rádióhullámok segítségével történő adatátvitel egyik alaptézise az ún. Shannon formula⁴⁴ értelmében a sávszélesség növelése a rádiófrekvencia növelésének függvénye. Ugyanakkor a magasabb frekvenciájú rádióhullámoknak sokkal kisebb a hatótávjuk, mivel könnyebben elnyelődnek.

A korábbi technológiák (2G, 3G) esetében a kedvezőbb hullámterjedésből eredő magasabb hatótáv miatt kevesebb bázisállomás telepítésére volt szükség. Ugyanakkor, a teljes energiafogyasztás lényegesen kisebb adatmennyiségre oszlott, így fajlagos fogyasztásuk egy 2018-as tanulmány⁴⁵ becslései szerint (2010-es forgalmi adatokból számítva) 2,9 kWh/GB a 3G és 37 kWh/GB a 2G esetén. Viszonyításképpen ugyanezen tanulmány 0,08 kWh/GB-ot állapít meg a vezetékes kapcsolatnál.

A fentiek alapján tehát megállapíthatjuk, hogy a mobiladatátvitel fogyasztása nagyságrendekkel meghaladja az összes többi vezetékes és vezeték nélküli adatátviteli mód energiaigényét. Emellett azt is megállapítottuk, hogy a tendencia ennek az átviteli módnak jósolja a legdinamikusabb térnyerését a jövőben.

3.2.8. Az 5G mobil adatátviteli szabvány bevezetése

Az 5G mobil adatátviteli szabvány kifejlesztésének célja a magasabb sávszélesség ígérete mellett a sokszorosán gyorsabb válaszidő (latency, lásd korábban) és az egyidőben csatlakoztatható eszközök számának megnövelése.

Az új szabvány bevezetésével lehetővé válik a dolgok internetének (IoT)⁴⁶ ugrásszerű elterjedése (mobilinternetre csatlakoztatott okosházak, szenzorokkal teli okosvárosok, mezőgazdasági hozambecslés érzékelők adatai alapján, stb).

Ide tartozik, mégis külön említést érdemelnek az önvezető járművek, melyek megbízható tájékozódásához, működéséhez, egymással és a forgalmi információs központtal történő kommunikációjához szintén szükséges a gyors, késlekedés nélküli mobiladat kapcsolat.

⁴⁴ Shannon, C. E. (1949). Communication in the Presence of Noise. Proceedings of the Institute of Radio Engineers, 37, 10–21.

⁴⁵ Pihkola, Hanna & Hongisto, Mikko & Apilo, Olli & Lasanen, Mika. (2018). Evaluating the Energy Consumption of Mobile Data Transfer—URL: Technology Development to Consumer Behaviour and Life Cycle Thinking. Sustainability. 10. 2494. doi: [10.3390/su10072494](https://doi.org/10.3390/su10072494)

⁴⁶ GSMA. (2019. november 16). Internet of Things in the 5G Era. Letöltve: Május 3, 2020, URL: <https://www.gsma.com/iot/wp-content/uploads/2019/11/201911-GSMA-IoT-Report-IoT-in-the-5G-Era.pdf>

Számos ember nélküli jármű, drón vezérlése is lehetővé válik az 5G által biztosított, rövid válaszidejű mobilinternet segítségével, ami jelentős megtakarítást jelenthet a precíziós mezőgazdaságban⁴⁷. A termés alaposabb megfigyelése és az adatok valós idejű rögzítése és feldolgozása révén lehetőség nyílik az egyedszintű permetezésre, a víztakarékos locsolásra, a vegyszermentes gyomirtásra, nyomkövethető a jószág mozgása és egészségi állapotuk és a távvezérelt traktorok akár napnyugta után is folytatni képesek a betakarítást.

A kiforrott 5G hálózat extrém rövid, akár 2 ms-os válaszideje révén a várakozások szerint képes lesz olyan precíziós eljárások távoli lebonyolítására is, mint pl. egy sebészeti beavatkozás. Ennek olyan esetekben van jelentősége, amikor a beteg nem szállítható nagy távolságra, vagy egy katasztrófa sújtotta övezetben kell orvosi segítséget nyújtani, a lehetséges legrövidebb időn belül. 2019-ben Kínában meg is történt az első, emberen végzett távoperáció⁴⁸, ahol a Parkinson-kóros páciens és az agyába orvosi implantátumot elhelyező sebészorvost több, mint 2000 km választotta el egymástól. A teljes adatátvitel, vagyis a két darab HD kamera képének valós idejű továbbítása és a robotkarok vezérlése is 5G mobiladatátviteli technológia segítségével történt. A műtét sikeres volt.

Az 5G támogatóinak kevésbé ismert ambíciója az otthoni internetszolgáltatás vezetékes módozatainak kiváltása mobilinternettel.

A virtuális valóság (VR)⁴⁹ – amikor egy fejre helyezhető sztereoszkopikus megjelenítővel háromdimenziós (mozgó-)képet látunk magunk körül, amelyben a fejünk mozgásával körül is nézhetünk – online működtetése a szélessávú adatkapcsolat mellett szintén a rövid válaszidő függvénye: ha a játékos hirtelen jobbra fordítja a fejét, de a kép „lemarad”, az illúzió szétesik, esetleg a lesből támadó játékos sikerrel jár.

Ahhoz, azonban, hogy a rendszer válaszideje ilyen radikálisan lecsökkenjen, a peremhálózati forgalmat lokálisan, minél közelebből kell kiszolgálni. A sebességérzékeny alkalmazások így a felhasználók közelében, az egyetemi kampusz, a kórház, a gyártóüzem vagy a farm saját miniszerverén futhatnak, ezzel tehermentesítve a gerinchálózatot a feldolgozatlan adattömeg

⁴⁷ Reisinger, D. (2020. március 2). How 5G promises to revolutionize farming. Letöltve: Május 9, 2020, URL: <https://fortune.com/2020/02/28/5g-farming/>

⁴⁸ 郭凯 . (2019. március 18). China performs first 5G-based remote surgery on human brain. Letöltve: Május 9, 2020, URL: <http://www.chinadaily.com.cn/a/201903/18/WS5c8f0528a3106c65c34ef2b6.html>

⁴⁹ Immersive Experiences. (2020. január 23). Letöltve: Május 3, 2020, URL: <https://www.nokia.com/networks/5g/use-cases/immersive-experiences>

továbbítása alól a nagy szerverfarmokig és vissza. Ez rengeteg új szerver kihelyezésével jár, ezek fogyasztása mind hozzáadódik az 5G hálózat fogyasztásához.

Az 5G továbbá a 30-300 Ghz-es frekvenciatartományt (angolul mmWave-nek is nevezik a miliméteres hullámhosszra utalva) is használatba veszi. Egy 2018-as tanulmány⁵⁰ szerint a városi falombozat akár 30 méteren képes olyan mértékben elnyelni a 26-38 GHz közötti hullámokat, hogy az adatátvitelt ellehetetlenítse. Ennek fényében hiába az egyre javuló fajlagos fogyasztás, lényegében minden sarokra cipősdoboz méretű átjátszóállomásokot kell telepíteni, hogy a városi környezetben is megfelelő lefedettséget tudjanak biztosítani.

A fentiek alapján tehát meglehetősen tetemes energiaigényt generál a rengeteg hardver legyártása, karbantartása és kihelyezése is. Kínában, ahol az 5G szolgáltatást elsőként vezették be széleskörűen, a mobilszolgáltatók csak most kezdenek ráébredni⁵¹, hogy az új szabvány milyen mértékű többletfogyasztással jár akár a 4G-hez képest. A megelőző 2G, 3G és 4G szabványok további támogatása mellett a párhuzamos adatátvitelt elősegítő MIMO technológia, valamint a magasfrekvenciájú adóvevők együttesen 300-350%-kal magasabb fogyasztást eredményeznek a 4G adótornyokhoz képest.

A fentebb felsorolt előnyök javarésze valódi előnyt jelent a társadalom számára és az okos megoldások révén hozzásegíthet az összfogyasztás optimalizálásához, az emberiség szén-dioxid kibocsátásának csökkentéséhez, vagy szintentartásához, várhatóan ellensúlyozva a megnövekedett fogyasztást.

3.2.9. Javuló energiahatékonyság vs. növekvő fogyasztás

Világszerte kezdeményezések indultak az internetet működtető adatközpontok energiahatékonyságának javítására. A technológiai fejlődés következtében egyre javul az energiahatékonyság, valamint a növekvő kihasználtság is elősegíti a rendszer fajlagos fogyasztásának csökkenését. Jonathan Koomey professzor 2010-ben 1,57 évben határozta meg az egy Joule energiából megvalósítható számítások duplázódásának gyakoriságát. Ezt nevezzük Koomey törvényének⁵². Optimista becslések szerint az okosrendszerek 2030-ra akár a saját

⁵⁰ Hindia, M. N., Al-Samman, A. M., Rahman, T. A., & Yazdani, T. M. (2018. február 15). Outdoor large-scale path loss characterization in an urban environment at 26, 28, 36, and 38 GHz. doi: [10.1016/j.phycom.2018.02.011](https://doi.org/10.1016/j.phycom.2018.02.011)

⁵¹ Clark, R. (2019. október 30). Operators Starting to Face Up to 5G Power Cost. Letöltve: Május 10, 2020, URL: <https://www.lightreading.com/asia-pacific/operators-starting-to-face-up-to-5g-power-cost-/d/d-id/755255>

⁵² Koomey's law. (2020, February 19). Wikipedia. Letöltve: Május 10, 2020, URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Koomey's_law

generált szén-dioxid kibocsátásuk 10-szeresét is megtakaríthatják⁵³. A fenti folyamatok alapján derülő jóslatok a globális fogyasztás csökkenését vagy stagnálását vetítették előre. A tapasztalat azonban mást mutat. Az internet bővülése mellett a felhasználókra eső adatforgalmazás is rohamos ütemben növekszik. Ennek egyik oka a tartalomfogyasztási szokások alkalmazkodása a felgyorsult adatátviteli sebességhez, másik oka azonban az egyre nagyobb sávszélességet használó szolgáltatások rohamos térnyerése. Ebben az előremenekülésben az elektronikai gyártók is ösztönzőleg hatnak a marketing szempontból hangzatos paraméter hajhászásukkal. Jó példa erre az okostelefonokban található fényképező szenzorok felbontás növekedése. Már 2015-ben elértük az optimálisnak tartott 12 megapixeles felbontást (4000×3000 képpont) az iPhone 7 megjelenésével, ami kinyomtatva még A3-as méretben is kiváló minőséget eredményez. Ráadásul ekkora felbontás mellett még a képszenzor egy pixelre jutó fény mennyisége is elegendő ahhoz, hogy gyengébb fényviszonyok között is lehessen vele zajmentes és részletgazdag fényképet készíteni. Ezzel szemben szakdolgozatom írásának idején jelent meg a Samsung legújabb csúcstelefonja az S20 Ultra, amelynek beépített kamerái 12, 40, 48 és 108 (!) megapixelesek. A fő kamera képei állítólag csökkenő megvilágítás mellett rohamosan veszítenek minőségükből, köszönhetően az összezsugorodott pixelek fénybocsátási korlátainak. Ami azonban nem zsugorodik, az a 108 megapixeles fénykép fájl mérete; szemben a 12 megapixeles kép 3 MB-os méretével egyetlen 108 megapixeles kép már 22 és 160 megabájt közötti adatmennyiséget is elfoglalhat. Ennek tárolása köszönhetően az egyre energiahatékonyabb memória chip-eknek nem okoz számottevő energiafogyasztást. Azonban napjainkban a fényképek többsége valamelyik közösségi oldalra kerül feltöltésre, nagyobb adatforgalmat és ezáltal fogyasztást generálva, többnyire öncélúan. De ha a telefonon be van állítva az automatikus szinkronizálás egy felhőtárhellyel, akkor az egyetlen, közösségi oldalra kiválasztott kép mellett a 8-10 kevésbé sikerült kép is feltöltésre kerül, nem ritkán a mobilinterneten keresztül.

"This is what's called digital hygiene," said Stobbe. "Do you really need to upload 25 images of the same thing to the cloud? Every photo, every video is constantly backed up, for safety reasons, and that consumes energy every time. If instead you delete a few things here and there, you can save energy." – Lutz Stobbe⁵⁴

⁵³ Morley, J. (2018. február 17). Digitalisation, energy and data demand: The impact of Internet traffic on overall and peak electricity consumption. Letöltve: Május 18, 2020, URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214629618301051>

⁵⁴ Welle, D. (2019. szeptember 11). Is Netflix Bad for the Environment? How Streaming Video Contributes to Climate Change. Letöltve: Feb 17, 2020, URL: https://www.ecowatch.com/netflix-bad-for-environment-2639174138.html?share_id=4736742

Tudatos felhasználóként egyfelől lemondhatunk a fölöslegesen magas felbontásról, ezzel vélhetően kedvezve a képminőségnek is, másrészt rászánhatunk egy fél percre arra is, hogy a kevésbé sikerült fényképeket azonnal töröljük készülékünkéről, így azok nem kerülnek továbbításra a felhőtárhelyre. Érdekes beállítani azt a lehetőséget is, hogy a felhővel való szinkronizálást wifi-re csatlakozva időzítse a telefon, így a mobilinternet magasabb energiafogyasztásának megtakarítása mellett a készülék is tovább üzemel egy feltöltéssel.

3.2.10. A Jevons paradoxon⁵⁵

A közgazdaságtanban Jevons paradoxon szerint hiába növeli a technológiai fejlődés egy erőforrás felhasználásának hatékonyságát, a fogyasztás ugyanis robbanásszerűen emelkedni kezd a növekvő kereslet hatására.

A Jevons paradoxont először William Stanley Jevons írta le 1865-ben a "The Coal Question" című könyvében. Megfigyelte, hogy Anglia szénfogyasztása megnövekedett, miután James Watt bemutatta gőzgépét, amely hatásfokát tekintve jelentős javulást mutatott Thomas Newcomen



korábbi modelljéhez 14. ábra: Jevons paradoxon (Sketchplanations, 2018)

képest. "Közkeletű tévedés arra következtetni, hogy az üzemanyag gazdaságos felhasználása egyet jelent a fogyasztás csökkenésével. Éppen ellenkezőleg" - írta Jevons könyvében.

„Ezt nevezzük digitális higiénének” – mondja Stobbe. „Tényleg szükséges ugyanarról a dologról mind a 25 képet feltölteni a felhőbe? Minden képről, minden videóról folyamatosan készül egy biztonsági mentés és minden alkalommal energiát fogyaszt. Ha ehelyett kitorölsz imitt-amott néhány dolgot, energiát takaríthatsz meg” – Stobbe, 2019 – saját fordítás.

⁵⁵ Alcott, B. (2005). Jevons paradox. *Ecological Economics*, 54(1), 9–21. doi: [10.1016/j.ecolecon.2005.03.020](https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2005.03.020)

4. A primer kutatás módszertana és eredményei

Primer kutatásom online kérdőíves formában indítottam Glasgow-ban, 2019 júniusában, angol nyelven. A kérdőív az eredeti koncepcióval összhangban az online zenehallgatási szokásokkal kapcsolatos kérdéseket, valamint demográfiai kérdéseket tartalmaz. A kérdőíves közvélemény-kutatás lebonyolítására korábbi kedvező tapasztalataimból kiindulva az eSurveyCreator weboldalt használtam.

4.1. A primer kutatás módszertanának ismertetése

Már az első kérdőívben is szerepelt adatkezelési nyilatkozat, melyet a résztvevők ráutaló magatartással, vagyis a kitöltés folytatásával fogadtak el. A magyar nyelvű változatban (lásd: függelék) az adatkezelés jóváhagyására külön jelölőnégyzetet iktattam be és a GDPR irányelvei alapján fogalmaztam meg az adatkezelési nyilatkozatot, melyben megadtam email elérhetőségem. A jognyilatkozat beépítése miatt 14 éven aluliak nem vehettek részt a felmérésben.

A kérdéseket változatlan formában, lehetőség szerint tükörfordítással vettem át az angol nyelvű kérdőívből, megtartva az eredeti válaszokat és sorrendjüket is, hogy a kérdőívek eredményei egyesíthetők legyenek a feldolgozáskor. A foglalkozások angol nyelvű listáját az IGI Global által 2010-ben kiadott “Web Technologies: Concepts, Applications, Trends and Research Issues” című, online elérhető⁵⁶ kiadvány által javasolt listából emeltem át, és amely részben átfedést mutat a NAICS (North American Industry Classification System) 2017-es foglalkozás listájával. Ez az oka annak, hogy a magyar nyelvű kérdőívben is kitarítottam emellett, az itthon használatos FEOR '08 használata helyett.

A kérdőívek elemzését megelőzően a weboldalról exportált nyers adatfájlokat megfelelő körültekintéssel közös adattáblába vezettem össze, az angol nyelvű válaszokat a magyar nyelvű megfelelőjükhöz cseréltem, a szabad szöveges mezők válaszait lefordítottam és a befejezetlen válaszokat eltávolítottam, kiküszöbölendő a torzítást.

Az így kapott táblázat eredményeit az alábbiakban ismertetem.

⁵⁶ Web Technologies: Concepts, Applications, Trends and Research Issues (2010). IGI Global. Letöltve: 19 Május, 2020, URL:: <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=edsqvr&AN=edsqcl.1339200010&lang=hu&site=eds-live>

4.2. A kérdőív eredményeinek értékelése

A kérdőív 11 zárt kérdést tartalmaz, melyek feleletválasztással gyorsan megválaszolhatók a minél magasabb kitöltési arány érdekében. Az angol nyelvű kérdőívet 28 fő töltötte ki, míg a magyar nyelvű kérdőívet 84 fő kezdte el és 79 fő válaszolt meg minden kérdést, ami 95% feletti megválaszolási arány. A kérdőívelhagyókat kiszűrve ez összesen 107 fő kitöltő, amely a statisztikai elemzés szempontjából kimeríti a nagy minta feltételeit.

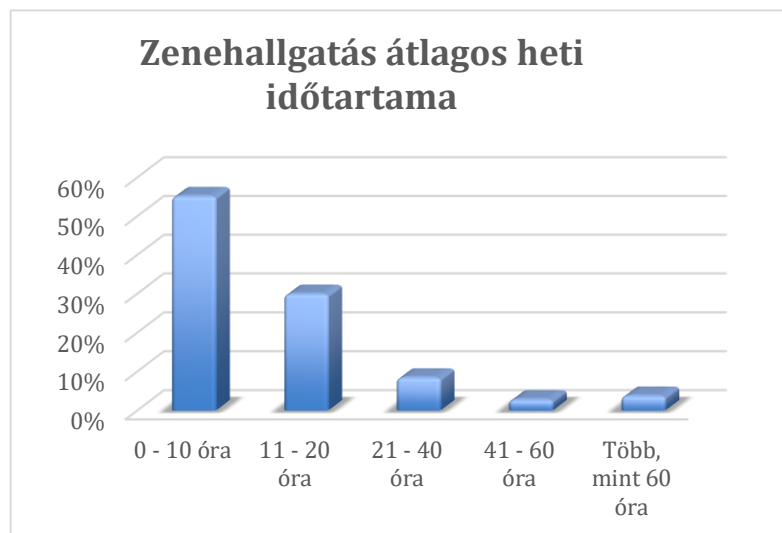
A kérdőívek megkezdését és befejezését dátum, óra, perc pontossággal rögzítette a rendszer. A legtöbb válaszadó 2 és 5 perc között töltötte ki a kérdőívet, de voltak visszatérők is, akiknél ez az időtartam 10-33 perc közötti szórást mutatott, egyetlen esetben 8 óra 13 perc telt el a kezdés és a befejezés között. A 20 percnél hosszabb kitöltési idejű válaszadókat figyelmen kívül hagyva 4 perc 10 másodpercet kaptam átlagul.

A kérdőív két részre tagolódik, az első részben zenehallgatási szokásokkal kapcsolatos kérdéseket tettem fel, a kapott válaszokat az alábbiakban ismertetem:

1) Átlagosan hány órát hallgat zenét egy hét alatt?

A válaszadók 55%-a 0-10 óra zenehallgatást jelölt meg egy hét alatt, 30%-a heti 11-20 órát, 8%-uk 21-40 órát, 3%-uk 41-60 órát és 4%-uk heti 60 óránál is többet.

Osztályközepek képzésével a válaszokat átlagolva, fejenként átlagosan heti 13 óra 47 perc (827 perc/fő/hét) zenehallgatást kaptam eredményül.



15. ábra: Válaszadók zenehallgatással töltött ideje heti átlagban (saját diagramm)

2) Általában milyen műfajú zenét hallgat?

Ez a kérdés jóformán “kötelező kelléke” egy zenehallgatási szokásokat feltáró kérdőívnek, valamint lehetőséget ad a válaszadóknak zenei ízlésük kifejezésére, ami véleményem szerint pozitív hatással lehet a válaszadási hajlandóságra.

A kérdésre 23 műfajkategóriából lehetett tetszőleges számú választ megjelölni, valamint tartalmazott egy szövegmezőt is az egyéni válaszok megadásához.

A popkultúra a válaszok alapján tovább él; a válaszadók 50%-a hallgat popzenét, 38% rockzenét, 31% hallgat alternatív zenét, ezt követik a dance és hip-hop/rap műfajok 27%-kal, a jazz és az R&B/soul 26%-kal, az elektronikus zenét a válaszadók 25%-a hallgat. A teljesség kedvéért a többi műfaj az alábbiak szerint alakul: klasszikus rock: 24%; easy listening ('60-as '70-es évek slágerei): 23%; világzene: 22%; örökzöldek: 21%; klasszikus/opera: 19%; latin zene: 18%; hard rock/heavy metal: 17%; blues: 16%; gyerekdalok: 11%; musical/színpadi: 11%; reggae: 11%; new age: 9%; country zene: 8%; népzene: 6%; gospel, kórus: 4%.

A zenei műfajokra adott válaszokat eredeti szándékom szerint összevettem volna a streamelési szokásokkal. A tervezettnél alacsonyabb számú résztvevő és a kedvezőtlen korcsoport eloszlás miatt azonban eltekintettem a sztochasztikus kapcsolat elemzésétől.

3) Miért hallgat zenét általában?

A zenehallgatás körülményeit vizsgáló kérdésre egynél több választ is meg lehetett jelölni. A 107 fő összesen 386 körülményt jelölt meg, vagyis a minta résztvevői átlagosan 3,6 esetet jelöltek meg fejenként.

A megkérdezettek 65%-a hallgat zenét utazás, ingázás közben, 50%-uk házimunka, 41% munka közben. Az összes 386 eset közül is az utazás vezet 18%-kal. A téma szempontjából ez kiemelt jelentőségű, mivel az utazás közben hallgatott zene bír a legmagasabb környezetterhelési potenciállal, köszönhetően a mobilinternet használatnak. Az utazás közben zenét hallgatók (70 fő) közül 58-an szoktak okostelefonon és/vagy tablet-en zenét hallgatni, 43 fő szokott zenét streamelni, de csak alig több, mint a felük hallgat időnként FM rádiót. MP3-at vagy más letöltött zenét csak 23-an szoktak hallgatni az utazók közül, klasszikus adathordozót pedig mindössze 6-an jelöltek meg, amely válaszcsoport ráadásul tartalmazhatja a bakelit lemezt is. Ez utóbbi nehezen fér össze az utazással.

A minta fenti válaszaiból kiindulva talán nem minden alapot nélkülöző feltételezés, hogy az utazás/ingázás közben zenét hallgatók számottevő hányada mobilinternet használatával stream-el audio és/vagy video tartalmat.

A fentiek alapján indokoltnak találtam megvizsgálni az utazás és a zenei streaming lehetséges kapcsolatát, ahol az utazás az ok (x) és a zenei streaming az okozat (y).

2. táblázat - Az utazás alatti zenehallgatás és az audio streaming közötti sztochasztikus kapcsolat

ÖSSZESÍTŐ TÁBLA		VAR. ANALÍZIS					
		<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>F szig.-ja</i>	
<i>Reg. statisztika</i>		Regresszió	1	0,4441	0,4441	1,9381	16,68%
r értéke	0,1346	Maradék	105	24,0606	0,2291		
r-négyzet	0,0181	Összesen	106	24,5047			
Korrigált r-négyzet	0,0088		<i>Koefficiensek</i>	<i>Standard hiba</i>	<i>t érték</i>	<i>p-érték</i>	
Standard hiba	0,4787	Tengelymetszet	0,5217	0,0998	5,2271	0,0000	
Megfigyelések	107	Utazás/ingázás	0,1568	0,1127	1,3922	0,1668	

Az “r” értéke 0,1346, ami a minta alapján statisztikailag gyenge kapcsolatot mutat az utazás/ingázás közbeni zenehallgatás és a zenei streaming között. A regresszió is hasonlóképpen mutat: 5%-os szignifikancia szinten az utazás közbeni zenehallgatás nincs hatással a zenei streaming használatára jelen mintánk alapján. Vagyis a feltételezésünket a vizsgált sokaság nem igazolja. Messzemenő konklúziót azonban nem érdemes levonni, ugyanis a legnagyobb streaming fogyasztók⁵⁷, a 24 évnél fiatalabb korosztály mindössze 7,5%-ban képviselteti magát, a mintabeli sokaság közel 60%-a 35 éves, vagy idősebb. Ebből kifolyólag a korcsoport szerinti eloszlás nem ideális, a minta ezért sem tekinthető reprezentatívnak.

Elalváshoz mindössze 7 fő (6,5%) tesz fel zenét, ami szerencsére elég alacsony arány, így feltehetően keveseknél szól egész éjszaka stream-elt zene.

⁵⁷ Johnson, J. (2019. szeptember 17). Listening to music online by age and platform UK 2018. Letöltve: Május 20, 2020, URL: <https://www.statista.com/statistics/301611/listening-to-music-by-age-and-platform-uk/>

4) Milyen készülék(ek)en hallgat zenét?

A kérdésre több választ is meg lehetett adni. A zenehallgatáshoz használt készülékeket tekintve a legtöbben okoseszközt használva hallgatnak zenét (79,4%), a lejátszóeszközökhöz 46,7%-ban vezeték nélküli hangszórót is párosítanak. Harmadik helyen az audio rendszerek állnak (35,5%), ebbe beletartozik az FM rádió, a CD lejátszó, a kazettás magnetofon és a hagyományos lemezjátszó is. Viszonylag magas a televíziók használati aránya (31,8%), amit feltételezhetően a zenecsatornák generálhatnak – itt a minta korcsoport szerinti eloszlása ismét torzítást okoz, hiszen a '80-as, '90-es évek fiataljai az MTV aranykorában nőttek fel, számukra nosztalgikus a TV-n nézni/hallgatni a videoklippeket. Hordozható (Notebook/Macbook) és asztali számítógépet (PC/Mac) egyaránt csak a megkérdezettek 17-18%-a használ zenehallgatásra, az MP3 lejátszók és iPod-ok 9,3%-kal lassanként kivonulnak a piacról (a skóciai válaszadók csupán 3,9%-a használt ilyet 2019 nyarán), míg az önálló internetkapcsolattal rendelkező digitális asszisztensek (Alexa, Google home, stb.) 7,5%-kal egyelőre a legkisebb szegmens.

5) Milyen csatornákon/adathordozókon keresztül hallgat zenét leginkább?

A zenehallgatási csatornákra/adathordozókra is több választ lehetett megadni. A kapott válaszok számomra alátámasztják kutatásom létjogosultságát: a video streaming (53,3%) és a zenei streaming (51,4%) aránya vette át a vezető szerepet, megelőzve ezzel a legenergiatakarékosabb FM rádióhallgatást (47,7%) és az MP3 vagy más, *letöltött* zenék előfordulási arányát is (33,6%). Internet rádiót kevesen (24,3%), és jellemzően munkahelyen hallgatnak (egyéni válaszokból származó megfigyelés), a felsorolás végére a hangkazetta/CD/bakelit lemez csoport maradt összesített 11,2%-kal.

A kérdőív második részében a válaszadók demográfiai adataira vonatkozó kérdéseket tettem fel. A korábbi gyakorlat alapján itt is törekedtem az eredeti angol megfogalmazáshoz hű maradni a fordítás során.

6) Az alábbiak közül melyik foglalkozás vagy ágazat jellemző leginkább az Ön szakmai előéletére?

Foglalkozás tekintetében az alábbi válaszok születtek:

Szállodaiipar és vendéglátás	13 fő	Pedagógus	3 fő
Tanuló	10 fő	Telekommunikáció	3 fő
Pénzügy, biztosításközvetítés	9 fő	Főiskolai vagy egyetemi tanár, felnőttképzés	3 fő
Szállítás és raktározás	8 fő	Egyéb oktatás	2 fő
Kormányhivatalnok, közszféra	7 fő	Szoftverfejlesztés, programozás	2 fő
Egészségügyi dolgozó, szociális munkás	5 fő	Jogász	2 fő
Építőipar	4 fő	Gyógyszeripar, vegyipar	2 fő
Tudományos vagy technikai szolgáltatások	4 fő	Műsorszórás, média (TV, rádió)	1 fő
Művészet, szórakoztatóipar, rekreáció	4 fő	Mezőgazdaság, erdőgazdálkodás, halászat, vadászat	1 fő
Kiskereskedelem	4 fő	Építésmérnök	1 fő
Média, marketing	4 fő	Információs szolgáltatás, adatfeldolgozás	1 fő
Egyéb gyártás	3 fő	Egyház, vallás	1 fő
Nagykereskedelem	3 fő	Számítástechnika és elektronika	1 fő
Nyugdíjas	3 fő		

A foglalkozások eloszlására is hatással volt ismeretségi köröm, így a skóciai kitöltők többsége a szállodaiiparban és vendéglátásban dolgozik, közülük többen tanulók és szakmai gyakorlaton dolgoztak a szállodában, itthoni barátikörömből pedig többen is szállítmányozók.

7) Mi az Ön legmagasabb iskolai végzettsége?

Főiskolai diplomát 25-en szereztek, BSc és MSc egyetemi diplomával 23-23 fő rendelkezik, 16-an középiskolát végeztek, 11-en valamilyen OKJ-s, vagy annak megfelelő szakképzést végeztek, 5 doktor és 3 egyéb végzettséggel rendelkező személy töltötte ki a kérdőívet.

8) A világ mely részén lakik?

101 válaszadó Európában él, 2 kanadai (mindketten kormánytisztviselő nők), 1 amerikai, 1 ázsiai, 1 közel-keleti és 1 óceániai kitöltő válaszolt.

9) Az alábbiak közül melyik a legjellemzőbb a lakhelyére?

A válaszadók közül 53 fő lakik fővárosban vagy megyeszékhelyen, 43 fő kisvárosban és 12 fő jelölt meg falut, községet lakóhelyéül.

10) Mely korcsoportba tartozik az alábbiak közül?

18 éven aluli: 2 fő, 18-24 év közötti: 6 fő, 25-34 év közötti: 35 fő, 35-44 év közötti: 30 fő, 45-54 év közötti: 19 fő, 55-65 év közötti: 13 fő, 65 évnél idősebb: 2 fő.

11) Mi az Ön neme?

A kérdőívre 48 férfi és 59 nő válaszolt.

Érdekességként megemlítem, hogy a liberálisabb genderszemléletű Egyesült Királyságban indokolt volt a Male/Female mezőkön túl egy "Other/non-binary" választási lehetőséget is feltüntetni. Tekintve, hogy az ottani válaszadók közül senki nem élt ezzel az opcióval így hazatérve jobbnak láttam kivenni a kérdőívől ezt a harmadik válaszlehetőséget.

4.3. A kérdőív korlátai

A kérdőívet a tervezettnél kevesebben töltötték ki, emellett a kitöltők korcsoport szerinti eloszlása is egyoldalú. Túl kevés a fiatal kitöltő, ami a választott téma objektív feldolgozása szempontjából nem ideális és félrevezető eredményt mutat.

A területi eloszlás szintén elég szűkös; Európán kívülről mindössze 6 fő válaszolt. Az összes válaszadó fele nagyvárosi, mindössze 12 fő jelölt meg falut vagy községet lakhelyéül, a többiek kisvárosokban laknak.

Az eredeti angol nyelvű kérdőív készítése során túlságosan törekedtem az angolszász kérdőívek standardjainak megtartására és nem voltam előrelátó a fordítás során felmerülő nehézségekre. Amennyiben legközelebb többnyelvű kérdőívet szerkesztek, már az első pillanattól fogva ügyelek a nyelvek közötti könnyebb átjárhatóságra és kevésbé tervezem ország/kultúra specifikusra a kérdőív felépítését, kérdéseit és a megadható válaszokat.

Feltételezésem szerint mindjárt a legelső kérdést többen is félreérthették, vagy elszámolták, mivel kiugróan magas a hetente 0-10 óra közötti időtartamban zenét hallgatók száma. Szerencsésebb lett volna napi lebontásban feltenni a kérdést. A kérdőív fordítása során már felmerült bennem, hogy napi óraszámra alakítsak ki hasonló osztályközöket, de ez esetben a legközelebbi megfeleltetéshez a 0-1,4 óra, 1,5-2,85 óra, stb. osztályközöket kellett volna képeznem, ami nem mutat jól és azzal a kockázattal jár, hogy néhányan esetleg nem is folytatták volna a válaszadást.

Apróbb hibák még előfordultak: a foglalkozások listájából kimaradt a marketing szakma, amit többen az “Egyéb” mezőben adtak meg, a zenehallgatásra használt eszközök felsorolásában nem szerepelt sem az autórádió, sem a fülhallgató.

Sajnos, a mobilinternet használatra semmilyen formában nem kérdeztem rá, pedig később nyilvánvalóvá vált a fontossága, minthogy önmagában véve akkora fogyasztást generál, mint a hálózat összes többi komponense együttesen, beleértve az adatközpontokat is.

5. Az internet további nagyfogyasztói

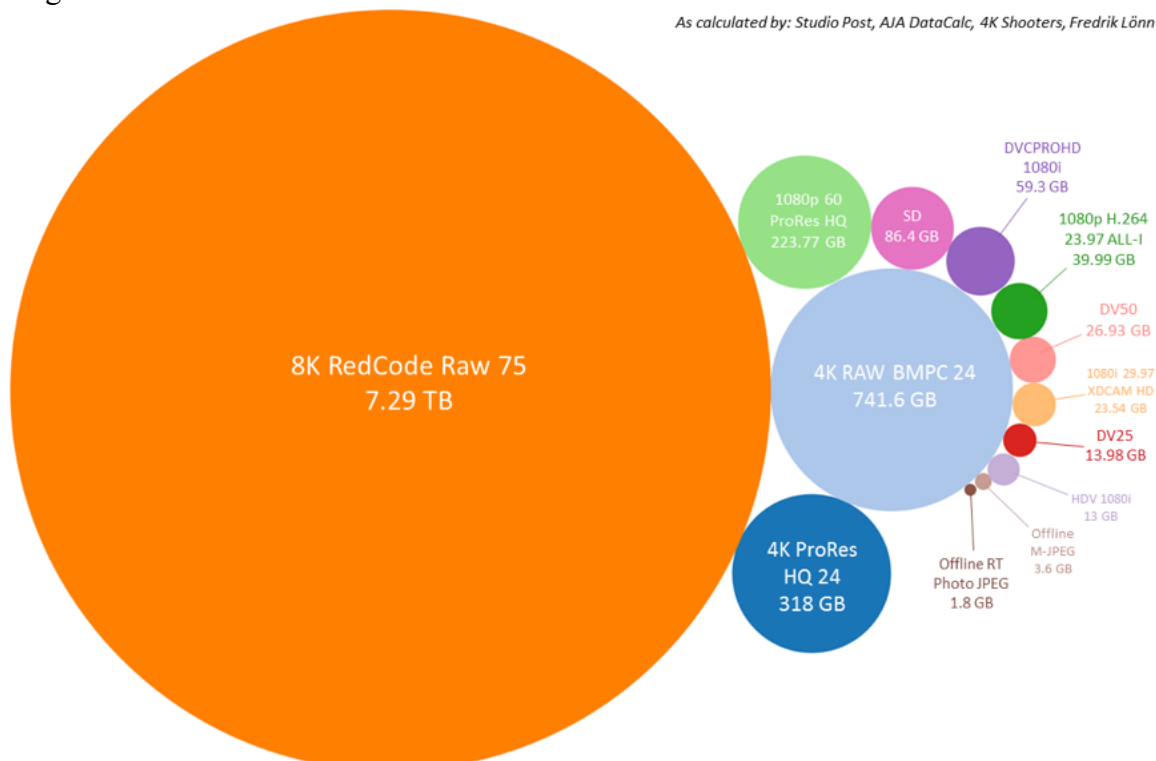
A médiafogyasztással kapcsolatos vizsgálódásaim során számos kapcsolódó és különböző természetű internetes nagyfogyasztóra bukkantam, melyek jelentősen hozzájárulnak az internet működtetése által generált szén-dioxid kibocsátáshoz. Mivel ez szervesen kapcsolódik az általam vizsgált témához, megragadtam az alkalmat, hogy ezekre is felhívjam az olvasó figyelmét.

5.1. Online video streaming

Az online video streaming nagyon hasonló a korábbiakban tárgyalt zenei streaming-hez, azzal a jelentős különbséggel, hogy az elsődleges információ itt a mozgókép és ahhoz társul a hangsáv. A korábban említett “pixelháború” a televízióknál is jellemző; a jelenlegi technológiai csúcsot az ún. “8K” képes TV-k képviselik, amelyek 7680×4320 pixeles felbontásban képesek megjeleníteni a videókat, ami a 16-szorosa a ma jellemző Full HD műsoroknak és 80-szorosa a régi PAL szabványú televíziók 720*576 képpontos felbontásának. Tagadhatatlanul lenyűgöző hatást váltanak ki az óriási TV képernyőkön megjelenő, extrém felbontású video-k és egy ilyen minőségben megtekintett mozifilm maradandó élményt jelent a nézőknek. Ugyanakkor a felbontás növelésével drasztikusan nő a fájlok mérete, amit a készüléknek, streamelt tartalom esetén pedig a hálózatnak is kezelnie kell. Az alábbi ábra⁵⁸ a különböző felbontású video-k fájl méretét illusztrálja. Egy DVD lemezen a második legkisebb, világosbarna körnek megfelelő adat fér el, a napjainkban használatos Blu-Ray lemezekon a sötétzöld körnek megfelelő adatmennyiség fér el. Jelen dolgozat írásakor a legnagyobb elérhető merevlemez mérete 16 TB, amin nagyjából 2 órányi tömörítetlen 8K felbontású video férne el. Az ára pillanatnyilag 200 ezer forint felett van és 6 Gbps elérési sebességével nem volna képes akadás nélkül lejátszani a filmet, amelynek minden

⁵⁸ Signiant. (2018. április 4). File Size Growth & The Bandwidth Conundrum. Letöltve: Május 24, 2020, URL: <https://www.signiant.com/articles/file-transfer/file-size-growth-bandwidth-conundrum/>

másodperce 2 GB tárhelyen fér el és ennek átviteléhez kb. 16 Gbps sebességű merevlemezre lenne szükség.



16. ábra: 60 perc rögzített video fájl mérete különböző formátumok esetén (Signiant, 2018)

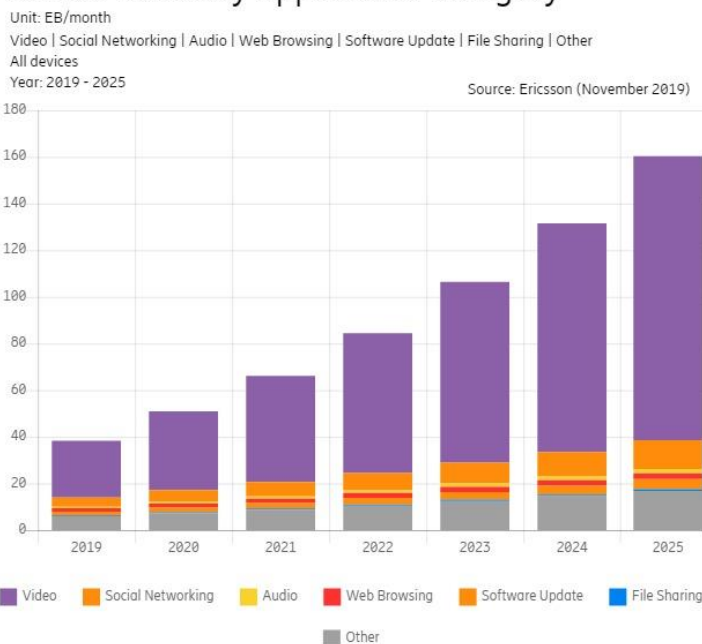
Tömörítetlen formában persze csak a filmstúdiók dolgoznak ekkora méretű filmekkel, de a jövő gyorsabban érkezik, mint vártuk. Az elterjedt HDMI szabvány legfrissebb verziója, a 2017. novemberében véglegesített HDMI 2.1 már fel van készülve az új kihívásokra: 48 Gbps az adatátviteli sebesség felső határa⁵⁹, ami másodpercenként 6 GB adat átvitelével egyenértékű. Márpedig amit egyszer szabványba foglaltak, azt rövidesen új, hangzatos reklámszlogenekkel el is fogják adni. Ilyen átvitel mellett már virtuális valóságban is élvezhetjük a 4K felbontást, 3D-ben, körös-körül, akár másodpercenként 60 képkocka sebességgel. Így a jó módú házimozirajongók teljes pompájában csodálhatják majd meg a tejútrendszer minden egyes csillagát otthonuk kényelmében. Innen már csak egy lépés, hogy a valamelyik streaming óriás lecsapjon rájuk egy Ultra HD csomaggal havi 80-100 dolláros előfizetési díjért cserébe. Amikor az internet forgalmának exponenciális ütemű növekedéséről beszélnek, akkor ehhez hasonló igények állnak a háttérben.

⁵⁹ Seng, N. C. (2020. január 4). Buying a 4K TV: What you need to know about HDCP 2.2, HDMI 2.0, HEVC & UHD. Letöltve: Május 25, 2020, URL: <https://www.hardwarezone.com.sg/feature-4k-tv-buying-guide-singapore>

5.1.1. A YouTube

Ha online video streaming-ről van szó, a YouTube is megérdemli, hogy az elsők között említsük. 2005-ös indulását követően hamar az internetes videofogyasztás meghatározó úttörőjévé vált. 2006 októberében a Google bejelentette felvásárlási szándékát, az oldal jogai 1,65 milliárd USD ellenében cseréltek gazdát. 2007-ben meg is jelentek az első reklámok a YouTube-on, 2010 májusára pedig az oldal látogatottsága elérte a napi 2 milliárd megtekintést⁶⁰. A hatalmas népszerűség komoly energiafogyasztással jár, egy 2019 májusában publikált kutatási cikk⁶¹ 10 Mt éves CO₂e (szén-dioxid ekvivalens, lásd: szószedet) kibocsátást becsült a YouTube-nak. Becslésük szerint ez a kibocsátás 100-500 Kt CO₂e-vel csökkenthető lenne, ha a YouTube-ot csupán hallgatók számára nem küldene video információt a szolgáltatás. A Bristol-i Egyetem becslése szerint 30.000⁶² egyesült királyság-beli otthon éves energiafogyasztásával egyenértékű. A szerzők szerint a YouTube saját adatközlése szerint⁶³ teljes forgalmának több, mint 70%-át mobileszközökön tekintik meg, vagy éppen hallgatják a felhasználók. Ha ezt az adatot összevetjük az alábbi ábrával, amelyen a lila szín mutatja a videotartalmak dominanciáját a mobil adatforgalomban, akkor érthető, hogy miért kulcsfontosságú a YouTube fajlagos energiafogyasztásának további mérséklése.

Mobile traffic by application category



17. ábra: Mobilinternet forgalom előrejelzése alkalmazás kategóriánként (Ericsson, 2019)

⁶⁰ 57 Fascinating and Incredible YouTube Statistics. (2019. február 12). Letöltve: Március 18, 2020, URL: <https://www.brandwatch.com/blog/youtube-stats/>

⁶¹ Preist, C., Schien, D., & Shabajee, P. (2019. május 6). Evaluating Sustainable Interaction Design of Digital Services: The Case of YouTube. doi: [10.1145/3290605.3300627](https://doi.org/10.1145/3290605.3300627)

⁶² University of Bristol. (2019. május 6). Rethinking digital service design could reduce their environmental impact. Letöltve: Március 18, 2020, URL: <http://www.bristol.ac.uk/news/2019/május/rethinking-digital-service-design-.html>

⁶³ Alphabet Inc. (2019. szeptember 4). YouTube About. Letöltve: Március 18, 2020, URL: <https://www.youtube.com/intl/en-GB/about/press/>

5.1.2. Felnőtt tartalom

Diszkréció övezi, de 2018-as becslésekkel alátámasztva állítják, hogy az online streamelt pornográfia még a YouTube népszerűségén is túlszár⁶⁴. A mérhetetlen energiafogyasztás környezetterhelő hatása mellett sokrétűen károsítja a társadalmi kapcsolatokat is⁶⁵. A tematikus weboldalak mára széles körben és ingyenesen elérhetővé tették a felnőtteknek szánt, de kiskorúak által is hozzáférhető tartalmakat. A képi erőszak, a résztvevők fölé- és alárendelő magatartásának megjelenítése nem csak fiatal korban torzíthatja a személyiséget, a párkapcsolatokra⁶⁶ és a társadalom egészére nézve is súlyos morális kockázatot jelent. Egy 2018-as cikk szerint az összes internetes letöltés 35%-ának van köze a pornográfiához.⁶⁷

5.1.3. A Netflix

A Netflix 2007-ben kezdte meg on-demand streaming video szolgáltatását. 2008-tól saját streaming protokollt használt és partnerségre lépett a legnagyobb elektronikai gyártócégekkel, így a játékkonzoloktól a Blu-ray lejátszókon át az iPhone-ig egyre több eszközön vált nézhetővé, 2010-ben piacra lépett Kanadában, 2012-ben megjelentek szolgáltatásukkal az Egyesült Királyságban, 2016-tól pedig Magyarországon is nézhető. A Netflix mára világjelenség, több, mint 21 nyelven érhető el a tartalmak, néhány ország kivételével bárhol a világon. Idei jelentésében⁶⁸ a Netflix 94.000 MWh saját energiafogyasztásról számolt be a 2019-es évre, valamint további 357.000 MWh indirekt fogyasztást becsültek, melyet CDN partnereik használtak fel a Netflix tartalmak szolgáltatása során. A 2018-as évről készült jelentésben⁶⁹ 51.000 MWh direkt és 194.000 MWh indirekt fogyasztást hoztak nyilvánosságra. Egyetlen év alatt nagyjából tehát 84%-ot növekedett a Netflix energiafogyasztása, miközben a regisztrált felhasználók száma 20%-kal

⁶⁴ "Climate crisis: The Unsustainable Use of Online Video": Our new report. (2019. december 16). Letöltve: Március 18, 2020, URL: <https://theshiftproject.org/en/article/unsustainable-use-online-video/>

⁶⁵ Stack, S., Wasserman, I., & Kern, R. (2004). Adult Social Bonds and Use of Internet Pornography. *Social Science Quarterly* (Wiley-Blackwell), 85(1), 75.

⁶⁶ Perry, S. L., & Schleifer, C. (2018. május 12). Till Porn Do Us Part? A Longitudinal Examination of Pornography Use and Divorce: Semantic Scholar. doi: [10.1080/00224499.2017.1317709](https://doi.org/10.1080/00224499.2017.1317709)

⁶⁷ Internet Pornography by the Numbers; A. (2018. szeptember 6). Letöltve: Március 18, 2020, URL:

<https://www.webroot.com/us/en/resources/tips-articles/internet-pornography-by-the-numbers>

⁶⁸ Netflix. (2020). 2019 Sustainability Accounting Standards Board (Sasb) Report. Environmental Social Governance. Letöltve: URL:

https://s22.q4cdn.com/959853165/files/doc_downloads/2020/02/0220_Netflix_EnvironmentalSocialGovernanceReport_FINAL.pdf

⁶⁹ Netflix. (2019. március 18). A renewable energy update URL: us. Letöltve: Március 18, 2020, URL:

<https://media.netflix.com/en/company-blog/a-renewable-energy-update-URL:-us>

gyarapodott, 167 millió főre. Sajnos a Netflix óriási fogyasztása mellett a megújuló energiák felhasználásában sem jeleskedik; a Greenpeace 2017-es “Click clean”⁷⁰ listáján “D” besorolást kapott a HBO GO-val és a Vimeo nevű video szolgáltatással együtt. A Facebook, a YouTube és az Apple-féle iTunes mind “A” kategóriások, de az Amazon Prime video is megkapta a “C”-t.

A Netflix egyébként 4 minőségi beállítást tesz lehetővé⁷¹. A legalacsonyabb minőségi beállításon 0,3 gigabájt adatot forgalmaz óránként, közepes minőségénél ez 0,7 GB, HD minőségben 3 GB, Ultra HD minőségben pedig 7 GB adatforgalmat generálnak az eszközök. Ha TV nem tud megjeleníteni HD felbontást, vagy a normál minőség is szépen mutat, érdemes ezt a beállítást böngészőből átállítani a weboldalon, így akár 75% adatmennyiséget is megtakaríthatunk, ezzel is visszafogva CO₂ kibocsátásunk. Emellett fontoljuk meg Wifi helyett a TV kábeles csatlakoztatását az internethálózathoz, csökkentve otthonunk elektromágneses szennyezettségét.

5.2. Zombi szerverek

Az IT-ben a “zombi szerver” kifejezés több jelentéssel bír. Egyrészt lehet olyan szerver, amit harmadik fél feltört és hatalmába kerített azzal a határozott céllal, hogy a segítségével további rendszerekben tegyen kárt. A másik értelemben vett zombi szerver csak ül tétlenül bekapcsolva és legalább fél éve nem csinál semmit. Első hallásra talán ártalmatlannak tűnhet, valójában jelentős problémáról van szó. Először egy 2008-as McKinsey jelentés⁷² hívta fel a figyelmet az adatközpontok szervereinek kihasználatlanságára. A jelentés szerint az adatközpontok szervereinek akár 30%-a is fogyaszthatja tétlenül az áramot, a teljes kihasználtság az egész adatközpontra vetítve pedig ritkán haladja meg a 6%-ot. Az Uptime Institute 2012 tavaszán tartott egy szerver hajtóvadászatot, melynek során a résztvevő adatközpontok együttesen 20.000 zombi szerverre bukkantak, amelyek együttes áramfogyasztását 5 MWh-ra becsülték. Lekapcsolásukkal további 4 MWh áramfogyasztást takarítottak meg a hűtőkörök fogyasztáscsökkentésével. De nem csak az áramról van szó; ezek a szerverek drágák és sokszor egy félbehagyott céges fejlesztés során szerzik be őket, majd amikor a projektet lefűjják, megfélekeznek róluk így haszontalanul

⁷⁰ Greenpeace. (2017. január 10). Greenpeace #ClickClean. Letöltve: Március 18, 2020, URL: <http://www.clickclean.org/international/en/>

⁷¹ Netflix. (2012. május 6). How can I control how much data Netflix uses? Letöltve: Március 18, 2020, URL: <https://help.netflix.com/en/node/87>

⁷² Kaplan, J. M., Forrest, W., & Kindler, N. (2008. július). Revolutionizing Data Center Energy Efficiency. Letöltve: Május 25, 2020, URL: https://sallan.org/pdf-docs/McKinsey_Data_Center_Efficiency.pdf

amortizálódnak, közben fűtenek, foglalják a kábelelosztókat, kábeleikkel akadályozzák a légáramlást a hasznos szerverek hűtéséhez és megnehezítik az élő kábelek beazonosítását. Sok cégnél a megnövekedett számítási igény hatására a szervereket nem egy szerverterem tömegére tervezett helyiségbe telepítik, hanem egy kiürített emeleti tárgyalóba. Itt nem csak a hely, de a fűdémterhelés is számít és a szerverek nehezek. A zombi szervereken drága programok lehetnek telepítve, melyek licenstdíjait kifizették és felhasználhatóak lennének a produktív szervereken, esetleg néhány szoftver előfizetése lemondhatóvá válna. Ugyanígy az is gond, ha a telepített biztonsági szoftverek, tűzfalak nem kapják meg a szükséges frissítéseket, hátsó ajtót kínálva ezzel a hackereknek a vállalati infrastruktúrába. Ezeknek a szervereknek a megléte menedzsmenten belüli hiányosságokra utal. A szervezeten belül nincs transzparencia, nem az hozza az IT döntéseket, aki a villanyszámlát fizeti. És ha mindez nem lenne elég, egy 2017-es tanulmány⁷³ rávilágított, hogy az egyébként üzemelő szervereken is futnak sorsukra hagyott virtuális gépek, amelyekből például egy távozó munkatárs elfelejtett kijelentkezni az utolsó munkanapján és azóta is ott várja egy sor megnyitott ablak és táblázat – talán még a kedvenc online rádiója is töretlenül streameli a zenét. A zombi szerverek azért sem szűrnak szemet, mert a korábban ismertetett PUE mutatóban az IT energiafogyasztást kifejező értékben bújnak meg, így egy adatközpont a számok szerint tűnhet rendkívül jó hatásfokúnak, közben mégis lehetséges, hogy szervereinek számottevő része haszontalanul üzemel. Nem könnyű felderíteni az ilyen szervereket és még ha sikerül is, gyakran akkor sem merik áramtalanítani, hátha egy kritikus fontosságú alkalmazás fut rajta valamelyik fontos ügyfélnek.

Szerencsére a fejlett adatközpont felügyeleti szoftverek már ki tudják szűrni az alacsony kihasználtságú gépeket és képesek figyelmeztetni a rendszergazdát, ám ezek elterjedése még időbe telik.

⁷³ Koomey, J., & Taylor, J. (2017. április 3). Zombie/Comatose Servers Redux. Letöltve: Május 25, 2020, URL: <https://www.anthesisgroup.com/wp-content/uploads/2019/11/Comatose-Servers-Redux-2017.pdf>

5.3. Távmunkavégzés, virtuális magánhálózatok⁷⁴

A globális koronavírus járvány során akik csak tehették, otthoni munkavégzésre álltak át. A céges hálózathoz való biztonságos kapcsolódás VPN-en keresztül történik. A virtual private network, vagyis virtuális magánhálózat elsődleges célja a felhasználó adatforgalmának titkosítása, biztonságos kapcsolódás távoli hálózatokhoz és a lokális korlátozások áthidalása külföldi szerveren keresztül történő internet csatlakozással. Aki élt már külföldön és próbált hozzáférni magyar hírportálokhoz vagy a TV műsorok online archívumához, az nagy valószínűséggel már találkozhatott régió korlátozást jelző hibaüzenettel. Kevésbé jóhiszemű magatartás kiszűrésére az ISP-knél bevett gyakorlat az illegális tartalmak letöltésére szakosodott torrent kiszolgálók lassítása vagy teljes blokkolása. Ha valaki mégis hozzáfér ilyen tartalmakhoz, könnyen meggyűlhet a baja a szoftverrendőrséggel vagy más bűnüldöző szervvel. Emellett a nyilvános hálózatokhoz való csatlakozáskor is indokolt a VPN használata a szellemi tulajdon és az üzleti titkok védelme érdekében.

A VPN a fenti esetekre jelent megoldást; titkosított csatornán keresztül kapcsolja össze a felhasználót egy általa előre megválasztott vagy munkahelyi szerverrel. A kiszolgálók nem látnak keresztül ezen a szerveren, így a felhasználó kilétére és tartózkodási helyére elvben nem derül fény.

A megvalósítás módjára egyre korszerűbb megoldások léteznek, melyek legfontosabb jellemzői a telepítés bonyolultsága, a kompatibilitás, a védelem foka, a stabilitás és a sebesség. Az első kettő összefügg, ugyanis a széles körben elterjedt szabványokat könnyebb beállítani, mint a legkorszerűbb, de még elterjedés előtt álló protokollokat. A védelem szintje a használt titkosítási módozattól és a rejtjelező kulcs átadásának biztonságától függ és hatással van a sebességre is. A sebesség a rejtjelező algoritmus számítási igényétől és az alapinformációkhoz szükségszerűen adott többlet adattól függ. A legkorszerűtlenebb, legkiszolgáltatótobb protokoll a Windows 98-cal bevezetett PPTP/MCHAP mára elavult, nem nyújt elég biztonságot (automatizált jelszópróbálgatással könnyen feltörhető), könnyen kiszűrhető a használata és instabil (vezetéknélküli) hálózatoknál lassan áll helyre. Ma már csak kényszermegoldásként lehet elfogadható. Helyette az L2TP/IPSec használata javasolt, melynek beállítása némileg

⁷⁴ Main, T. M. (2020, May 16). VPN protocols compared: Choose the best one for you!: VPNOverview. Letöltve: Május 9, 2020, URL: <https://vpnoverview.com/vpn-information/vpn-protocols-compared/>

körülményesebb. Az egyik legkorszerűbb, legbiztonságosabb és jó teljesítményt nyújtó megoldás. Sebesség és biztonság tekintetében az OpenVPN protokoll a legjobb elterjedt választás, ehhez azonban külön szoftver telepítése szükséges. Cserébe nagyon stabil kapcsolatot kínál gyengébb vételi körülmények között is, nem szakad meg könnyen és igen takarékosan csomagolja be a titkosított adatokat.

A távmunkavégzés azon internetes tevékenységek körébe tartozik, amely ugyan nagy forgalommal és aránylag magas energiafogyasztással jár, a nagyobb szennyezéssel járó munkába járást helyettesítve összességében véve mégis kedvező hatással van a környezetre.

5.4. Bitcoin bányászat

Az egyik legnagyobb fogyasztó⁷⁵ az utóbbi években igen nagy sajtóvisszhangot generáló blockchain technológia, ezen belül is kiemelten a Bitcoin bányászat és transzferek. A Bitcoin egy digitális kriptovaluta (BTC, ₿⁷⁶), amely népszerűségét hamisíthatatlanságának és anonimitásának köszönheti, valamint – decentralizáltsága révén – az államoktól és központi bankoktól való függetlenségének. A decentralizáltságot a sokezer önkéntes “bitcoin bányász” biztosítja a világ minden pontján, akik számítógépeikkel, vagy egyre inkább külön ecélra épített informatikai berendezéseikkel, díjjazásért cserébe részt vesznek a tranzakciók feldolgozásában.

A bitcoin fizetési rendszer működésének ugyanis az az alapelve, hogy az adásvételi tranzakciókat valós időben, nyilvánosan meghirdetik, és ezeket egy úgynevezett blokkláncba foglalják a bányászok. A blokklánc minden bányász számára hozzáférhető és valódisága többségi konszenzuson alapul. Így a lekönyvelt tranzakciókat utólag nem lehet megváltoztatni, mert a változtatás az utána következő összes ellenőrzőértéket (angolul hash) megváltoztatná, amit a már elfogadott láncsal összevetve a többi bányász eszköze nyomban érvénytelenítene.

A számítás egyre hatékonyabb eszközökkel és egyre sebesebben zajlik, ugyanakkor a bitcoint tervezésekor 21 millió egységben limitálták, hogy ugyanolyan véges legyen, mint a kibányászható aranyérc. Dolgozatom írásakor a 21 millió bitcoin 85%-át már kibányászták, és ennek egy része (kb. 4 millió BTC) örökre és visszafordíthatatlanul elveszett.

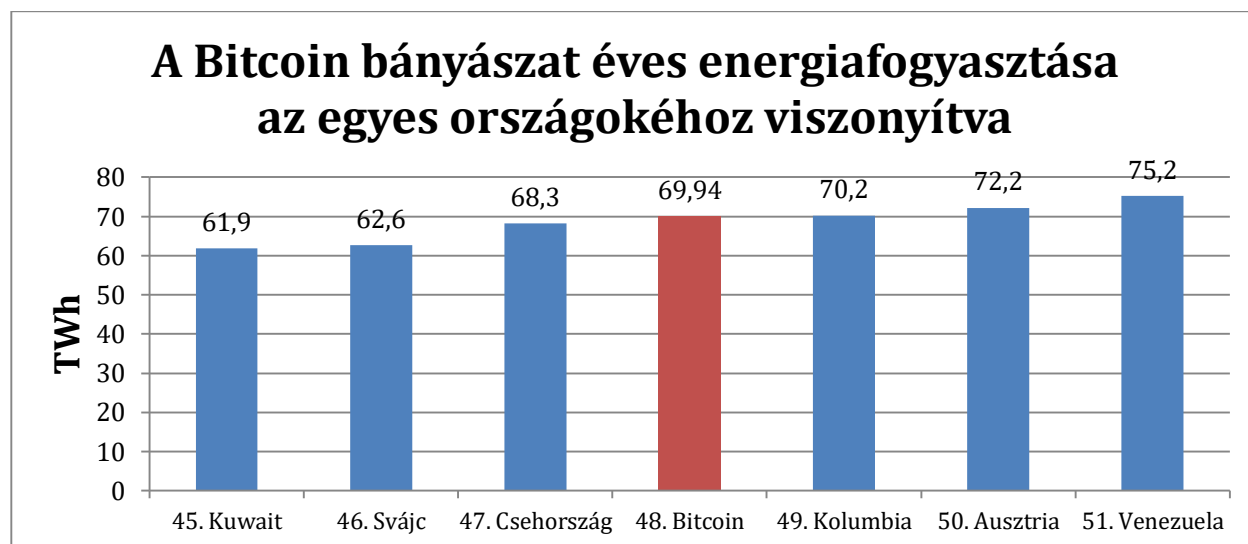
⁷⁵ Kamiya, G. (2019. július 5). Bitcoin energy use - mined the gap – Analysis. Letöltve: Április 1, 2020, URL: <https://www.iea.org/commentaries/bitcoin-energy-use-mined-the-gap>

⁷⁶ ₿ is for Bitcoin. (2014, Február 13). Letöltve: Március 30, 2020, URL: <https://bitcoinsymbol.org/>

A technológiai fejlődés és a növekvő népszerűség hatására egyre gyorsuló kitermelés visszafogására az egyébként rendkívül hatékony bányászatot mesterségesen bonyolítják⁷⁷, ami rengeteg fölösleges számításra készíti a jutalomért versengő eszközöket.

A digicomist.net becslése⁷⁸ szerint a Bitcoin bányászat éves energiafelhasználása 2020-ra elérhette a 70 TWh (70.000.000.000.000 Wh, vagyis 70 billió wattóra) éves áramfogyasztást.

Ez a 2017. februári adat hétszerese, másrészt az alábbi grafikonjuk illusztrálja, hogy Kolumbia és Csehország éves áramfogyasztása közé esik.



18. ábra - Országok és a Bitcoin bányászat éves elektromos energiafogyasztásának összehasonlítása⁷⁹

Ezt tetézi az a sajnálatos tendencia, hogy a bevétel esélyének csökkenésével, a néhány éves, csúcstechnológias célhardverek üzemeltetése gazdaságtalanná válik és – egyéb felhasználási lehetőség híján – rövidesen elektronikai hulladékként végzik⁸⁰. Korábban tárgyalt szürke energiájuk így példátlanul rövid életciklus miatt fajlagosan magas. A fentiek fényében nem tűnik hihetetlennek a Nature magazin azon állítása, mely szerint a bitcoin karbonemissziója önmagában képes lehet a globális felmelegedést 2 °C fölé tornáztatni három évtizedes időtávon belül⁸¹.

⁷⁷ Frankenfield, J. (2018. január 30). Cryptocurrency Difficulty. Letöltve: Március 31, 2020, URL: <https://www.investopedia.com/terms/d/difficulty-cryptocurrencies.asp>

⁷⁸ Bitcoin Energy Consumption Index. (2017. április 29). Letöltve: Március 30, 2020, URL: <https://digiconomist.net/bitcoin-energy-consumption>

⁷⁹ Energy consumption by country chart. (2017. április 29). Letöltve: Március 30, 2020, URL: <https://digiconomist.net/bitcoin-energy-consumption>

⁸⁰ Vries, A. de. (2019. március 14). Renewable Energy Will Not Solve Bitcoin's Sustainability Problem. Letöltve: Április 1, 2020, URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S254243511930087X>

⁸¹ Mora, C., Rollins, R. L., Taladay, K., Kantar, M. B., Chock, M. K., Shimada, M., & Franklin, E. C. (2018. október 29). Bitcoin emissions alone could push global warming above 2°C. Letöltve: Április 1, 2020, URL: <https://www.nature.com/articles/s41558-018-0321-8>

Nem teljesen reménytelen a helyzet, hiszen a bitcoin-nál jóformány csak takarékosabban bányászható kriptovaluták versenyeznek a bányász közösség figyelméért. 2020. május 11-én megtörtént a harmadik feleződés a bitcoin történetében, ami a sikeres bányászok honoráriumát 12,5 BTC-ről 6,25 BTC-re csökkentette. Nagyon sok bányász rögtön felhagyott a bitcoin keresésével és ezt érzékelve a rendszer nyomban engedett a bányászat bonyolultságából. Így néhány nap távlatából korai lenne pálcát törni a bitcoin jövője felett. Az viszont tény, hogy a bányászat fenntartását – és a rendszer biztonságos működtetését – a felezés után a tranzakciós díjak jelentős emelésével lehetett csak megoldani. Ez befektetői oldalról is megrendítheti az eszköz iránti lelkesedést, amit a kétheti mélypontra esett árfolyam is jelezhet.

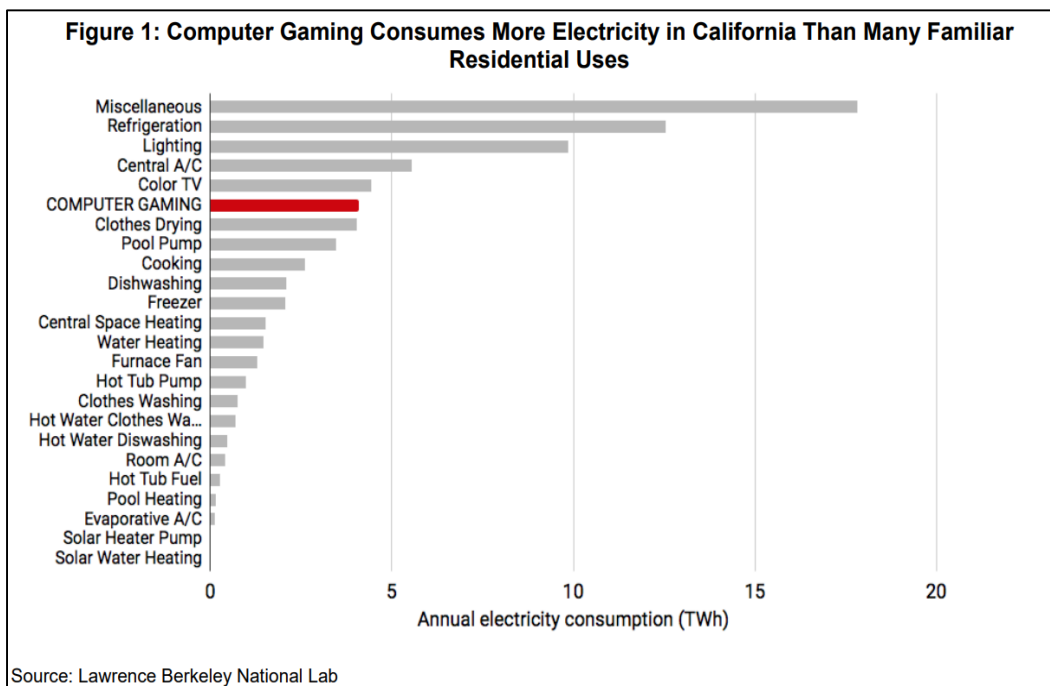
5.5. Mikro adatközpontok és IoT – a dolgok internete

A begyűrző új technológiák, mint az 5G mobiltávközlési szabvány, a dolgok internete (IoT) vagy a mesterséges intelligencia (AI) bevezetésével robbanásszerű keresletet jósolnak a mikro-adatközpontokra.⁸² Feladatuk a nagy adatmennyiséggel, számítási igénnyel rendelkező alkalmazások kiszolgálása lesz lokálisan, néhány kilométeres vonzaskörzetben, a hálózat “peremén” (innen az “Edge computing” kifejezés). Ez egyfelől tehermentesíti a gerinchálózatokat, másrészt villámgyors válaszidőt lehet vele elérni. Ezek az adatközpontok merőben más koncepció mentén lesznek megtervezve, és nem megépítik őket, hanem legyártják és telepítik őket. Tipikusan 50 kW és 400 kW-os teljesítményűek lesznek és számítani lehet rá, hogy idővel nagyon sok lesz belőlük. A fejlődést egyelőre visszatartó erő, hogy sem a szolgáltatók, de maguk a gyártók sem biztosak benne, hogy mennyi eszköz adataira számíthatnak, milyen alkalmazások futnak majd rajtuk és mekkora teljesítményre lesz szükség. Egy okos gyalogátkelőt még kiszolgál egy doboz a pőzna tetején, de az önvezető autók elnavigálásához és a jóslatok szerint pár éven belül pizzát szállító drónokhoz már komolyabb berendezés kell.

⁸² Lawrence, A. (2020. január 30). Micro data centers: An explosion in demand, in slow motion. Letöltve: Március 18, 2020, URL: <https://journal.uptimeinstitute.com/micro-data-centers-an-explosion-in-demand-in-slow-motion/>

5.6. eSports

A versenyszerű videojáték eredete egészen a 70-es évek elejéig nyúlik vissza⁸³. 1972-ben a Stamford Egyetemen rendeztek először videojátékosok közti vetélkedőt az Atarin futó Spacewar nevű videojátékkal. A fődíj akkor egy éves előfizetés volt a Rolling Stones magazinra. Azóta óriási előrelépés történt mind a játékok, mind pedig a hardver tekintetében. 2017-ben a legnagyobb fődíj értéke 24,6 millió USD volt és az egész eSport világ milliárd dolláros iparágga nőtte ki magát. Egy-egy bajnokság nézők tízezreit vonzza óriási stadionokat megtöltve, és további milliók követik az eseményeket online, nem kis célpontot kínálva a hirdetőknak, a játék- és hardvergyártóknak. A számítógépes játékok 2016-os energiafogyasztása egyedül Kaliforniában 4,1 TWh volt, ami az állam éves energiafogyasztásának hozzávetőlegesen 5%-át teszi ki az Energiaügyi Bizottság 2019-es jelentése⁸⁴ szerint. Ez 15 millió tonna CO₂e-nek felel meg, ami nagyságrendileg 10 millió új hűtőszekrény éves szén-dioxid ekvivalens kibocsátásának felel meg. Az alábbi ábra is a 2019-es jelentésből lett kiemelve és a játék PC-k fogyasztását helyezi kontextusba az egyéb lakossági fogyasztók rangsorában.



19. ábra: Játék PC-k fogyasztása az egyéb háztartási fogyasztók rangsorában (Berkley Lab, 2019)

⁸³ Gaming, B. (2018. január 11). The History and Evolution of Esports. Letöltve: Május 26, 2020, URL: <https://medium.com/@BountieGaming/the-history-and-evolution-of-esports-8ab6c1cf3257>

⁸⁴ Mills, E., et al. (2019. április 2). Final Project Report, A Plug-Loads Game Changer: Computer Gaming Energy Efficiency without Performance Compromise. Letöltve: Május 26, 2020, URL: <https://ww2.energy.ca.gov/2019publications/CEC-500-2019-042/CEC-500-2019-042.pdf>

A Lawrence Berkley National Lab 2015-ben publikált tanulmánya⁸⁵ szerint az összes PC konfiguráció mindössze 2,5%-a számít gamer PC-nek, ezek viszont 2012-ben világszinten 75 TWh energiafogyasztás generáltak, amely az összes PC, Notebook és játékkonzol fogyasztásának kb. 20%-a volt. Sajnos, a játékosokat a fenti statisztikák nem különösebben foglalkoztatják, pedig a legtöbbet ők tehetnének a takarékosabb működés érdekében. A grafikus processzor például a teljes játék PC fogyasztásának több, mint a felét is kiteheti, ezért ennek megválasztásakor érdemes helyesen felmérni a valós igényeket. A beállítások optimalizálása is sokat jelenthet a megtakarítás terén és a monitort, gépet érdemes kikapcsolni legalább a hosszabb szünetek idejére, hiszen a játékkolosszusok fogyasztása üresjáratban is magas.

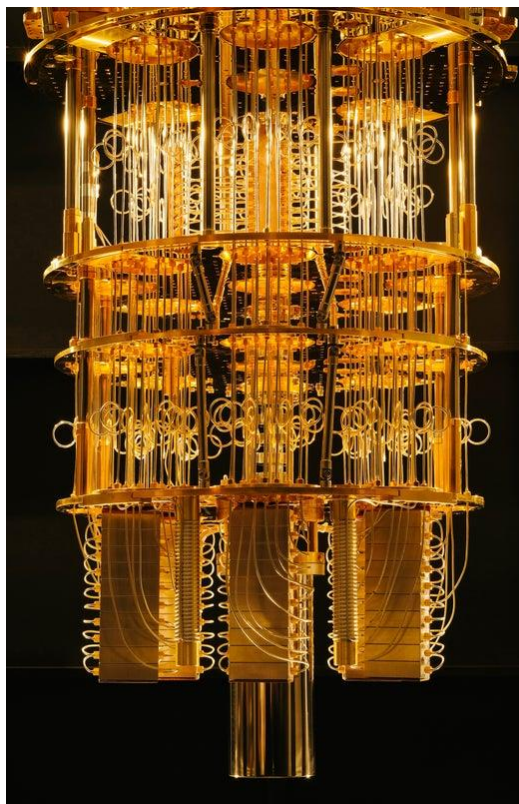
A kilátások szerencsére pozitívak: egyrészt a korszerű PC konfigurációk energiahatékonysága is javulást mutat, másrészt a piaci trendek a játék PC-k felől eltolódnak a takarékosabb játékkonzolok irányába, harmadrészt egyre nagyobb teret hódít a játék a felhőben (cloud gaming), ahol az energiaintenzív számítások javarészt nagyteljesítményű, de jobb energiahatásfokkal dolgozó szerverek veszik át.

⁸⁵ Mills, N., & Mills, E. (2015. június 20). Taming the energy use of gaming computers. doi: [10.1007/s12053-015-9371-1](https://doi.org/10.1007/s12053-015-9371-1)

6. Jövőbeli kilátások

6.1. Quantum számítástechnika⁸⁶

A számítástechnika egyik legígéretesebb fejlesztési iránya a Max Planck Nobel-díjas német elméleti fizikus 1900-as quantum hipotéziséből kifejlődött quantum mechanikán alapszik. A quantum mechanika lényegi sajátossága, hogy magas a bizonytalansági tényező, semmi sem fehér, vagy fekete. A quantum számítástechnika egyik legérdekesebb tulajdonsága is ebből származik, nevezetesen az itt alkalmazott "qubit"-ek képesek egy ún. szuperpozíció felvételére, amely során egynél több állapotot képesek egyidejűleg reprezentálni. Szemléltetés képpen vegyük a pénzfeldobást: amikor feldobunk egy érmét, az a levegőben pörögve egyszerre két lehetséges állapotot testesít meg és földet érésig eldöntetlen, hogy fej, vagy írás lesz-e az eredmény. A qubit szuperpozíciója a levegőben forgó érme bizonytalanságához hasonlít; vagyis a megfigyelés pillanatáig nem tudhatjuk



20. ábra: Az IBM Quantumszámítógépét -270 fokon tartó "cryostat" (IBM, 2018)

biztosan az állapotát. Aki hallott már Schrödinger macskájáról⁸⁷, annak ez a fajta probléma ismerős lehet. Van egy további szuperképessége a qubit-eknek, ez pedig az ún. quantum összefonódás (entanglement). Két qubit között létrehozható olyan kötés, amely a qubit-eket közös quantum állapotba hozza; ha az egyik qubit állapotát megváltoztatjuk, a másik qubit állapota is megváltozik. Ráadásul ez varázslatos módon egymástól távol létező qubit-eknél is működik. A quantum számítástechnika kihasználva a szuperpozicionálás és a quantum összefonódás együttes erejét nagyságrendekkel nagyobb teljesítményre képes, mint a hagyományos: míg 8 hagyományos bit 0 és 255 közötti számok valamelyikét képes kifejezni, addig 8 qubit képes a 0 és 255 közötti *összes szám* egyidejű kifejezésére, ezáltal minden hozzáadott qubit exponenciálisan növeli a rendszer

⁸⁶ Giles, M. (2020. április 2). Explainer: What is a quantum computer? Letöltve: Május 29, 2020, URL: <https://www.technologyreview.com/2019/01/29/66141/what-is-quantum-computing/>

⁸⁷ Wikipedia. (2019. február 11). Schrödinger macskája. Letöltve: Május 29, 2020, URL: https://hu.wikipedia.org/wiki/Schrödinger_macskája

számítási kapacitását. Quantum fölénynek (quantum supremacy) nevezik azt a pontot, amikor egy quantum számítógép képessé válik egy olyan feladat elvégzésére, amely a mindenkori legnagyobb teljesítményű hagyományos szuperszámítógép számára megoldhatatlan. A Google 2019 októberében tett bejelentése⁸⁸ szerint sikerült átlépniük ezt a mérföldkövet; quantum számítógépük Sycamore nevű chip-je 200 másodperc alatt elvégzett egy olyan összetett számítást, amelyet állításuk szerint a legkorszerűbb számítógépnek 10.000 évébe telne. Az IBM azonnal megcáfolta⁸⁹ az állítást, mondván, hogy helyes paraméterezéssel a számítás 2 és fél nap alatt lefuttatható hagyományos szuperszámítógépen is. A quantum számítógépek azonban még gyerekcipőben járnak. A legnagyobb megoldandó akadályt jelenleg a quantum állapot törékenysége jelenti: a legkisebb interferencia, rezgés, vagy hőmérsékletváltozás is kiugraszthatja a qubit-eket szuperpozíciójukból és a quantum összefonódás is könnyen megszakad, ez pedig számítási hibákhoz vezet. Jelenleg csak szupravezetők képesek fenntartani az állapotot, Kelvin nulla fok közelében, óriási vákuumkamrákban és a megbízhatóságuk így is alulmúlja a hagyományos technológiáét. Ezért sem valószínű, hogy ezek a gépek valaha is elterjednének a lakosság körében, nem érdemes várni az iPhone Q-ra.

Ipari felhasználásuk azonban elkezdődött, az optimalizálás, ideális útvonal számítás és mesterséges intelligencia a rengeteg lehetséges megoldás egyidőben történő összehasonlításának lehetőségéből profitál. Emellett a legígéretesebb területek a quantum tulajdonságoknak óriási hasznát élvező vegyipari és gyógyszeripari modellezés, ahol közvetlenül képesek a molekulák viselkedését tanulmányozni a qubit-ek viselkedésén át. Ez korszerűbb anyagok és gyógyszerek ígéretét hordozza, a tudósok bíznak benne, hogy az Alzheimer kórra is gyógyírt találhatnak⁹⁰.

⁸⁸ Arute, F., Arya, K., Babbush, R. et al. Quantum supremacy using a programmable superconducting processor. Nature 574, 505–510 (2019). doi: [10.1038/s41586-019-1666-5](https://doi.org/10.1038/s41586-019-1666-5)

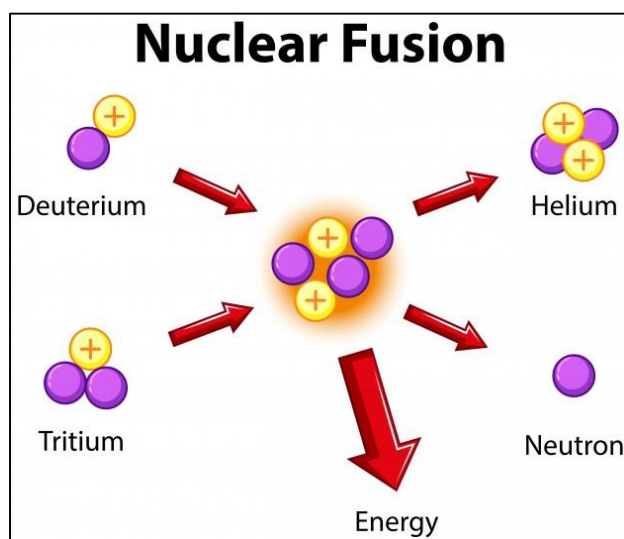
⁸⁹ Cho, A. et al. (2019. október 23). IBM casts doubt on Google's claims of quantum supremacy. Letöltve: Május 29, 2020, URL: <https://www.sciencemag.org/news/2019/10/ibm-casts-doubt-googles-claims-quantum-supremacy>

⁹⁰ Gangadas, S. (2019. július 29). The Quantum Theory of Entanglement and Alzheimer's. Letöltve: URL: [10.24966/AND-9608/100022](https://doi.org/10.24966/AND-9608/100022)

6.2. Fúziós energiatermelés⁹¹

Az első kísérletek a thermonukleáris fúzióval a második világháború idején kezdődtek. Hans Albrecht Bethe Nobel-díjas német-amerikai atomfizikust maga Oppenheimer választotta ki a Los Alamos-i Nemzeti Laboratórium elméleti atomkutatási csoportjának vezetésére. Bethe a hidrogénbomba előállításán dolgozott, de titkon végig remélte, hogy nem járnak sikerrel. Kutatásaik egészen az 1958-as Genf-i atomegyezményig bizalmasak voltak. 1967-ben Nobel-díjat kapott a csillagok fúziós energiatermelését ismertető munkásságáért (Energy production in Stars)⁹².

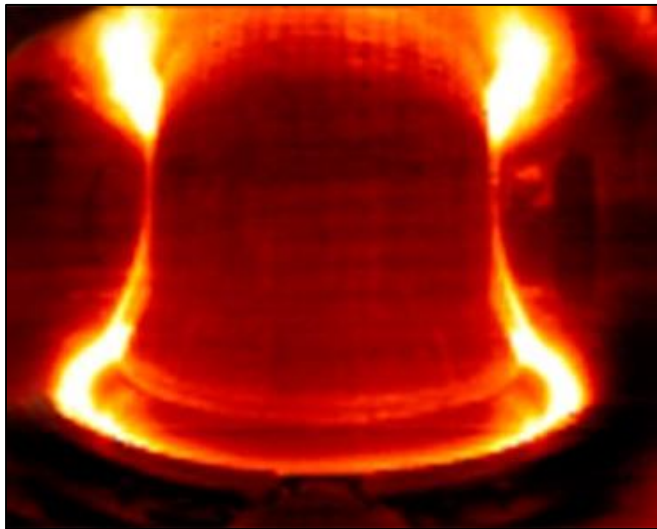
A fúziós energiatermelés a nap és a csillagok energiatermelésének elvén alapul. A napban a hidrogén atomok a rendkívüli hőmérséklet és gravitáció hatására plazmává válnak és tríciummal ütközve héliummá egyesülnek. Eközben az elszabaduló ionok egymással ütközve óriási nukleáris energiát szabadítanak fel. A gyakorlati megvalósítás sokáig elképzelhetetlen volt a kor technológiai színvonalán, mígnem a szovjetek áttörést értek



el a 60-as évek közepén. Tokamak (Tokamak – 21. ábra: A nukleáris fúzió sematikus ábrája (Shutterstock) toroidal magnetic field confinement, vagyis tórusz alakú mágneses mező tartja “fogságban” az áramló, izzó plazmát) típusú reaktoruk új lendületet adott a kutatásoknak a '70-es évektől, tucatnyi tokamak típusú reaktor épült és apránként megoldották a főbb technológiai akadályokat – egy kivétellel: az energiamérlegük sosem érte el a nullát. Egy ilyen reaktor ugyanis komoly energiamennyiséget igényel a működéshez. Fel kell izzítani az üzemanyagot több tízmillió celsius

⁹¹ World Nuclear Association. (2016. február 13). Nuclear Fusion Power. Letöltve: URL: <https://www.world-nuclear.org/information-library/current-and-future-generation/nuclear-fusion-power.aspx>

⁹² The Nobel Prize in Physics 1967. (2018. október 4). Letöltve: Május 29, 2020, URL: <https://www.nobelprize.org/prizes/physics/1967/bethe/biographical/>



22. ábra: Plazmakisülés az Alcator C-Mod tokamak belsejében (MIT, 2010)

fokra, mindezt óriási vákuumban és olyan erős mágneses tér kell az izzásban keringő plazma fogvatartásához, amire csak szupravezető mágnesek képesek, -273 celsius fok közelébe lehűtve – a milliófokos plazma közvetlen közelében. A '70-es évek közepére kiderült, hogy egy bizonyos méret és teljesítmény alatt nem tudják pozitívba fordítani az energiamérleget, márpedig a kutatások célja egy tiszta, biztonságos és magas hatásfokú erőmű prototípusának

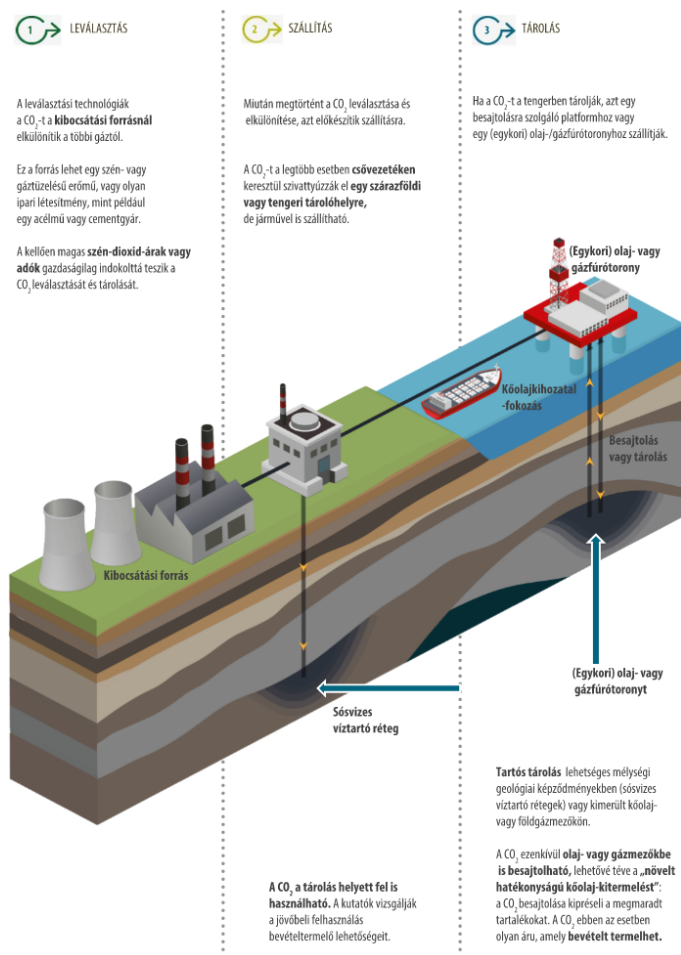
létrehozása. Ez a méret és teljesítmény ugyanakkor nagyságrendekkel többre került, mint amit egyetlen ország ráfordított volna a költségvetéséből, ezért 1985 novemberében Ronald Reagan felvetette egy közös erőfeszítés ötletét Mikhail Gorbachev Szovjet államfőnek és rákövetkező évben megszületett a megállapodás az USA, a Szovjetunió, az Európai Unió és Japán között egy közös, nemzetközi thermonukleáris kísérleti reaktor (International Thermonuclear Experimental Reactor – ITER⁹³) megépítésére. Azóta India, Kína és Dél-Korea is csatlakoztak a megállapodáshoz és a szükséges tőkeberuházás mellett az óriási alkatrészek legyártásával is hozzájárulnak a projekt megvalósulásához.

Az ITER a tervek szerint 50 MW hőenergia befektetésével 500 MW energiájú plazmafolyam előállítására és 20 percen keresztül fenntartására lesz képes, kísérleti reaktor lévén áramfejlesztő egység beépítése nélkül. Az építkezés 2005 óta zajlik Franciaország déli részén, az erőműben várhatóan 2025-ben kezdik meg a kísérleteket és 2035-ben kezdhet el üzemelni a tervezett deutérium-trícium üzemanyaggal. Amennyiben az eredmények meggyőzőek, a kiforrott technológia elérhető lesz a tagországoknak és 2050-re elkezdődhet a fúziós erőművek terjedése. Ezek az erőművek a számítások szerint korlátlanul rendelkezésre álló deutériumból és megtermelt GWh-onként nagyjából 70 kg trícium üzemanyagból egy éven át képesek teljes biztonságban üzemelni, minimális radioaktív melléktermékkel és szén-dioxid kibocsátása nélkül.

⁹³ What is ITER? (2015. november 21). Letöltve: Május 29, 2020, URL: <https://www.iter.org/proj/inafewlines>

6.3. A szén-dioxid-leválasztás és -tárolás⁹⁴

A szén-dioxid-leválasztás és -tárolás (angolul: Carbon Capture and Storage – CCS) újszerű megközelítés a nagy karbonemissziójú ipari tevékenységek, mint pl. a szénerőművi energiatermelés vagy az acélgyártás szén-dioxid kibocsátásának csökkentésére. Lényege, hogy a felszabaduló szén-dioxidot kémiai úton visszanyerik a füstgázból, majd gáz formájában, vagy vízbe keverve a földkéreg alá pumpálják. A gáz halmazállapotú szén-dioxid a nyomócsőből kiszabadulva a felszín irányába keres utat, ezért nagyon fontos, hogy a deponálás helyén jól zárjon a kőzetréteg, melyet utána is megfigyelés alatt kell tartani. Ezzel a módszerrel kezdetben kimerített földgáz- és kőolajmezőket töltenek fel, mivel ott már



23. ábra: A szén-dioxid leválasztás és tárolás folyamata (Europa.eu, 2018)

ismertek a geológiai és talajmechanikai paraméterek, valamint igazoltan jól zár a földgázt évmilliókon át csapdában tartó kőzet. A másik módszer, hogy a vízben oldott szén-dioxidot bazaltba, vagy más porózus kőzetrétegbe pumpálják, ahol kémiai reakció eredményeként, sókirkodás formájában beleköt a kőzet pórusaiba. A leválasztás történhet még oxigéndús égetés során, illetve biomasszát (pl. nagy szén-dioxid megkötő képességű telepített erdőt) elgázosítva. Utóbbinál értékes hidrogént és az erdő életciklusa során a légkörből kivont szén-dioxidot nyerik vissza és tárolják be a földkéregbe. A technológia Európában még nem terjedt el, de az USA-ban és Kanadában már alkalmazzák, a gazdaságos szállítás érdekében CO₂ vezeték is épült.

⁹⁴ CCS Association. (2011. december 1). What is CCS? Letöltve: Május 30, 2020, URL: <http://www.ccsassociation.org/what-is-ccs/>

7. Összefoglalás, záró gondolatok

Dolgozatomban bemutattam a media streaming működését és adatintenzitását mind audio, mind pedig video továbbítása esetén. Internetes források felkutatásával bemutattam, hogy a media streaming által generált energiafogyasztás és karbonemisszió sokösszetevős, ezért végigkövettem a folyamat állomásait a forrástól a felhasználóig. Az adatközpontok 2007 és 2013 közötti nagy léptékű fejlődésről számoltam be. Üzemeltetőiknek erős anyagi érdeke fűződik az fenntartási költségek leszorításához, ezért folyamatos korszerűsítéssel dolgoznak az energiahatékonyság javításán. A hálózati infrastruktúráról tanulmányok ismertetése révén megállapítottam, hogy a szélessávú vezetékes kapcsolati technológiák nagyságrendnyivel energiatakarékosabbak a vezeték nélküli technológiáknál, kiváltképpen a mobilinternetnél. Felmértem a lakossági eszközök számottevő részhányadát a fogyasztásban és jelentős fejlődési lehetőségre bukkantam az otthoni routerek energiagazdálkodásának optimalizálásán keresztül. Párhuzamot vontam a növekvő sáv szélesség által gerjesztett, kielégíthetetlennek tűnő adatéhség és az ipari forradalom időszakában, William S. Jevons által leírt “visszapattanó hatás” között; nevezetesen, hogy a javuló hatásfok nagyobb mértékben serkenti a fogyasztást, mint amit a megtakarítás ellensúlyozni képes. Online kérdőíves kutatást végeztem az ismerettségi körömben és feltártam a megkérdezettek zenehallgatási szokásait, melyből kiderült, hogy ténylegesen többen hallgatnak audio és video streaming-get, mint ahányan FM rádiót vagy letöltött zenét. A statisztikai elemzés ugyanakkor megcáfolta a feltételezésem, mely szerint az utazás közben zenét hallgatók és a streaming-et használók között jelentősebb kapcsolat lehetséges. A kérdőív eredményeinek elemzését követően számba vettem az internet további nagyfogyasztóit. A video streaming többet fogyaszt, mint a zenei, de a tartalomszolgáltatók optimalizált hálózatán keresztül ez egyre alacsonyabb fajlagos fogyasztást eredményez. Meglepő újdonság lehet, hogy a tapintatosan keveset tárgyalt felnőtt tartalom 2018-as adatok alapján nagyobb forgalmat generált, mint a YouTube. A zombi szerverekkel kapcsolatos kutakodásom révén az is kiderült, hogy napjainkban meglepően nagy számú kihasználatlanul üzemelő szerver észrevétlenül tartóztatja fel a hatásfok további javítását, a legújabb adatközpont menedzsment szoftverek azonban derűlátásra adnak okot. Írtam a távmunkát lehetővé tevő virtuális magánhálózatok közötti különbségekről és lerántottam a leplet az internet legbotrányosabb energiafalójáról, a rosszul megtervezett Bitcoin bányászatról, ami kis szerencsével rövidesen érdektelenségbe süllyed és korszerűbb, takarékosabb kriptovaluták lépnek a helyébe – bár a világjárvány új lendületet is adhat a Bitcoinnak. Írtam a hálózat peremére épülő

mikro adatközpontok várható trendjéről és megvizsgáltam a versenyszerű videojáték energiaéhségét, ahol szintén biztatók a kilátások, köszönhetően az energiatakarékosabb játékkonzolok térnyerésének. Áttekintést nyújtottam a nem túl távoli jövő legelőremutatóbb technológiáiról, mint a quantum számítástechnika amely képes nagyságrendekkel megnövelni az adatszámítási kapacitásokat, támogatva erőforrásaink optimálisabb felhasználását. Bemutattam a fúziós erőművek kutatását és fejlesztését, melyek karbonsemleges, korlátlanul rendelkezésre álló energia biztonságos előállításával kecsegtetnek. Végezetül betekintést nyertünk a karbon negatív ipart lehetővé tévő szén-dioxid leválasztás és -tárolás folyamatába, amely hozzájárulhat az egyébként magas kibocsátású tevékenységek fenntarthatóságához.

Kutatásom során alapfeltevésem több ízben megkérdőjeleződött és a kiindulást jelentő audio streaming-et már egyáltalán nem tartom veszélyesen pazarló felhasználásnak, főként, hogy a telefonok sokáig megtartják a gyakran hallgatott zenét, így nem minden alkalommal szükséges zajlik adatforgalmat kezdeményezni a hálózattal. Máskor elborzasztott a felismerés, hogy egyes internetes alkalmazások tervezésénél egyáltalán nem vették figyelembe az energiafogyasztást és a környezeti megfontolásokat. Ilyenek a Bitcoin kriptovaluta “bányászata” és a versenyszerű számítógépes játékok. Számomra talán a legnagyobb tanulság, hogy együttes összefogásra van szükség a fogyasztás optimalizálására: a programozók takarékosabb algoritmusok használatával és a pazarlás elkerülésével járulhatnak hozzá a sikerhez; a hardverfejlesztőknek összehangolt “alvás üzemmódú periódusok” betervezésével és alacsonyabb fogyasztású komponensek használatával tehetnek az ügyért; a marketingeseknek segíteniük kellene a környezetvédelem népszerűsítését a jelenlegi megapixel, 4K, 8K megalomán számháborúja helyett; nekünk fogyasztóknak pedig le kell mondanunk ezekről a pazarló túlzásokról és ki kell kapcsolni a számítógépet, routert, ha már nem használjuk. Az internet nincs ingyen, tanúsítsunk hát mértéktartó és józan magatartást! Együttes erővel gátat szabhatunk elharapódzó karbonkibocsátásunknak, amely üvegházhatást előidéző képességével komoly veszélybe sodorja Földünk klímaegyensúlyát.

8. Irodalomjegyzék

"Climate crisis: The Unsustainable Use of Online Video": Our new report. (2019. december 16). Letöltve: Március 18, 2020, URL: <https://theshiftproject.org/en/article/unsustainable-use-online-video/>

57 Fascinating and Incredible YouTube Statistics. (2019. február 12). Letöltve: Március 18, 2020, URL: <https://www.brandwatch.com/blog/youtube-stats/>

Alcott, B. (2005). Jevons paradox. *Ecological Economics*, 54(1), 9–21. doi: 10.1016/j.ecolecon.2005.03.020

Aleksic, S., & Lovric, A. (2011). Energy Consumption and Environmental Implications of Wired Access Networks. *American Journal of Engineering and Applied Sciences (AJEAS)*, 4(4), 531–539. doi: 10.3844/ajeassp.2011.531.539

Alphabet Inc. (2019. szeptember 4). YouTube About. Letöltve: Március 18, 2020, URL: <https://www.youtube.com/intl/en-GB/about/press/>

Arute, F., Arya, K., Babbush, R. et al. Quantum supremacy using a programmable superconducting processor. *Nature* 574, 505–510 (2019). doi: 10.1038/s41586-019-1666-5

Aspray, W. (2019). *Historical studies in computing, information, and society: insights* URL: the Flatiron lectures. Cham, Switzerland: Springer. doi: 10.1007/978-3-030-18955-6

Audio Settings - Spotify. (2020. január 17). Letöltve: Március 11, 2020, URL: <https://support.spotify.com/us/article/high-quality-streaming/>

Avgerinou, M., Bertoldi, P., & Castellazzi, L. (2017). Trends in Data Centre Energy Consumption under the European Code of Conduct for Data Centre Energy Efficiency. *Energies*, 10(10), 1470–1487. doi: 10.3390/en10101470

B is for Bitcoin. (2014, Február 13). Letöltve: Március 30, 2020, URL: <https://bitcoinsymbol.org/>

Baliga, Jayant & Ayre, Robert & Hinton, Kerry & Tucker, Rodney. (2011). Energy Consumption in Wired and Wireless Access Networks. *Communications Magazine, IEEE*. 49. 70 - 77. doi: 10.1109/MCOM.2011.5783987

Bitcoin Energy Consumption Index. (2017. április 29). Letöltve: Március 30, 2020, URL: <https://digiconomist.net/bitcoin-energy-consumption>

Bowe, T. (2019. október 24). This Simple Trick Will Boost the Audio Quality of Spotify and Apple Music. Letöltve: Március 11, 2020, URL: <https://gearpatrol.com/2019/10/24/how-to-get-best-audio-spotify-apple-music/>

Brennan, M. (2019. április 8). Music Consumption Has Unintended Economic And Environmental Costs. Letöltve: Március 9, 2020, URL: https://www.gla.ac.uk/news/archiveofnews/2019/április/headline_643297_en.html

Calabrese, R. (2019. november 13). Ultimate Guide To Audio Bitrate & Audio Formats. Letöltve: Március 12, 2020, URL: <https://homedjstudio.com/audio-bitrates-formats>

CCS Association. (2011. december 1). What is CCS? Letöltve: Május 30, 2020, URL: <http://www.ccsassociation.org/what-is-ccs/>

Chan, C. A., Gygax, A. F., Leckie, C., Wong, E., Nirmalathas, A., & Hinton, K. (2016). Telecommunications energy and greenhouse gas emissions management for future network growth. Applied Energy, 166, 174–185. doi: 10.1016/j.apenergy.2016.01.007

Chester, S. (2019. szeptember 5). What Is Power Usage Effectiveness (PUE)? Letöltve: Március 18, 2020, URL: <https://www.colocationamerica.com/blog/what-is-pue>

Clark, R. (2019. október 30). Operators Starting to Face Up to 5G Power Cost. Letöltve: Május 10, 2020, URL: <https://www.lightreading.com/asia-pacific/operators-starting-to-face-up-to-5g-power-cost-/d/d-id/755255>

Corcoran, P. (2019. február 14). Internet drar 10% av världens elanvändning - och andelen stiger. Letöltve: Május 18, 2020, URL: <https://cornucopia.cornubot.se/2019/02/internet-drar-10-av-varldens.html>

Data protection under GDPR. (2018. október 2). Letöltve: Május 17, 2020, URL: https://europa.eu/youreurope/business/dealing-with-customers/data-protection/data-protection-gdpr/index_en.htm

DeAngelis, M. (2020, Május 22). Researchers squeeze 44.2 Tbps through existing fiber optic cables. Letöltve: Május 23, 2020, URL: <https://www.engadget.com/44-tbps-internet-connection-154034760.html>

Deezer Support. (2018. július 17). Audio Quality. Letöltve: Március 12, 2020, URL: <https://support.deezer.com/hc/en-gb/articles/115003865685-Audio-Quality>

E. Kennelly, A., 1938. Biographical memoir of George Owen Squier [online] Nasonline.org. Letöltve: 10 Március, 2020, URL: <http://www.nasonline.org/publications/biographical-memoirs/memoir-pdfs/squier-george-o.pdf>

- Efficiency – Data Centers. (2011. szeptember 8). Letöltve: Március 18, 2020, URL: <https://www.google.com/about/datacenters/efficiency/>
- Energy consumption by country chart. (2017. április 29). Letöltve: Március 30, 2020, URL: <https://digiconomist.net/bitcoin-energy-consumption>
- Fiandrino, C., Kliazovich, D., Bouvry, P., & Zomájusa, A. Y. (2015). Performance and Energy Efficiency Metrics for Communication Systems of Cloud Computing Data Centers. Letöltve: Április 6, 2020, URL: <https://ieeexplore.ieee.org/document/7090996/>
- Frankenfield, J. (2018. január 30). Cryptocurrency Difficulty. Letöltve: Március 31, 2020, URL: <https://www.investopedia.com/terms/d/difficulty-cryptocurrencies.asp>
- Fülöp, A. (2018. április 9). Fiber-optic communications with microresonator frequency combs. Letöltve: Május 23, 2020, URL: <https://research.chalmers.se/en/publication/501179>
- Gaming, B. (2018. január 11). The History and Evolution of Esports. Letöltve: Május 26, 2020, URL: <https://medium.com/@BountieGaming/the-history-and-evolution-of-esports-8ab6c1cf3257>
- Giles, M. (2020. április 2). Explainer: What is a quantum computer? Letöltve: Május 29, 2020, URL: <https://www.technologyreview.com/2019/01/29/66141/what-is-quantum-computing/>
- Greenpeace. (2017. január 10). Greenpeace #ClickClean. Letöltve: Március 18, 2020, URL: <http://www.clickclean.org/international/en/>
- GSMA. (2019. november 16). Internet of Things in the 5G Era. Letöltve: Május 3, 2020, URL: <https://www.gsma.com/iot/wp-content/uploads/2019/11/201911-GSMA-IoT-Report-IoT-in-the-5G-Era.pdf>
- Hindia, M. N., Al-Samman, A. M., Rahman, T. A., & Yazdani, T. M. (2018. február 15). Outdoor large-scale path loss characterization in an urban environment at 26, 28, 36, and 38 GHz. doi: 10.1016/j.phycom.2018.02.011
- History of Muzak: Where Did All The Elevator Music Go?: WQXR Blog. (2017. április 16). Letöltve: Március 10, 2020, URL: <https://www.wqxr.org/story/history-muzak-where-did-all-elevator-music-go/>
- IEA. (2019. május 1). Data centres & networks - Fuels & Technologies. Letöltve: Március 30, 2020, URL: <https://www.iea.org/fuels-and-technologies/data-centres-networks>
- IEA. (2019. március 26). Global energy demand rose by 2.3% in 2018, its fastest pace in the last decade - News. Letöltve: Március 30, 2020, URL: <https://www.iea.org/news/global-energy-demand-rose-by-23-in-2018-its-fastest-pace-in-the-last-decade>

- Immersive Experiences. (2020. január 23). Letöltve: Május 3, 2020, URL: <https://www.nokia.com/networks/5g/use-cases/immersive-experiences>
- Internet Pornography by the Numbers; A. (2018. szeptember 6). Letöltve: Március 18, 2020, URL: <https://www.webroot.com/us/en/resources/tips-articles/internet-pornography-by-the-numbers>
- ITU. (2018. január 8). Submarine cable goes for record: 144,000 Gigabits URL: Hong Kong to L.A. in 1 Second. Letöltve: Május 23, 2020, URL: <https://news.itu.int/submarine-cable-hk-la/>
- Johnson, J. (2019. szeptember 17). Listening to music online by age and platform UK 2018. Letöltve: Május 20, 2020, URL: <https://www.statista.com/statistics/301611/listening-to-music-by-age-and-platform-uk/>
- Kamiya, G. (2019. július 5). Bitcoin energy use - mined the gap – Analysis. Letöltve: Április 1, 2020, URL: <https://www.iea.org/commentaries/bitcoin-energy-use-mined-the-gap>
- Kaplan, J. M., Forrest, W., & Kindler, N. (2008. július). Revolutionizing Data Center Energy Efficiency. Letöltve: Május 25, 2020, URL: https://sallan.org/pdf-docs/McKinsey_Data_Center_Efficiency.pdf
- Kassner, M. (2014. július 16). Microsoft's unconventional approach to fuel-cell tech in data centers lowers PUE. Letöltve: Március 18, 2020, URL: <https://www.techrepublic.com/article/microsofts-unconventional-approach-to-fuel-cell-tech-in-data-centers-lowers-pue>
- Koomey, J., & Taylor, J. (2017. április 3). Zombie/Comatose Servers Redux. Letöltve: Május 25, 2020, URL: <https://www.anthesisgroup.com/wp-content/uploads/2019/11/Comatose-Servers-Redux-2017.pdf>
- Koomey's law. (2020, February 19). Wikipedia. Letöltve: Május 10, 2020, URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Koomey's_law
- Lawrence, A. (2019. május 17). Is PUE actually going UP? Letöltve: Március 18, 2020, URL: <https://journal.uptimeinstitute.com/is-pue-actually-going-up>
- Lawrence, A. (2020. január 30). Micro data centers: An explosion in demand, in slow motion. Letöltve: Március 18, 2020, URL: <https://journal.uptimeinstitute.com/micro-data-centers-an-explosion-in-demand-in-slow-motion/>
- Li, Z.-N., Drew, M. S., & Liu, J. (2014). Network Services and Protocols for Multimedia Communications. Texts in Computer Science Fundamentals of Multimedia, 485–529. doi: 10.1007/978-3-319-05290-8_15

Main, T. M. (2020, May 16). VPN protocols compared: Choose the best one for you!: VPNOverview. Letöltve: Május 9, 2020, URL: <https://vpnoverview.com/vpn-information/vpn-protocols-compared/>

Malbasic, D. B. (2020. január 26). What Is a CDN – Content Delivery Network? Letöltve: Március 24, 2020, URL: <http://www.seocompetitors.com/what-is-a-cdn-content-delivery-network>

McArdle, H. (2019. április 8). Streaming and downloads causing 'highest music-related carbon emissions in history'. Letöltve: Március 9, 2020, URL: <https://www.heraldscotland.com/news/17556898.streaming-and-downloads-causing-highest-music-related-carbon-emissions-in-history/>

Mills, E., et al. (2019. április 2). Final Project Report, A Plug-Loads Game Changer: Computer Gaming Energy Efficiency without Performance Compromise. Letöltve: Május 26, 2020, URL: <https://ww2.energy.ca.gov/2019publications/CEC-500-2019-042/CEC-500-2019-042.pdf>

Mills, N., & Mills, E. (2015. június 20). Taming the energy use of gaming computers. doi: 10.1007/s12053-015-9371-1

Mora, C., Rollins, R. L., Taladay, K., Kantar, M. B., Chock, M. K., Shimada, M., & Franklin, E. C. (2018. október 29). Bitcoin emissions alone could push global warming above 2°C. Letöltve: Április 1, 2020, URL: <https://www.nature.com/articles/s41558-018-0321-8>

Morley, J. (2018. február 17). Digitalisation, energy and data demand: The impact of Internet traffic on overall and peak electricity consumption. Letöltve: Május 18, 2020, URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214629618301051>

Muzak. (2003. november 28). Letöltve: Március 10, 2020, URL: <https://en.wikipedia.org/wiki/Muzak>

Nbn Co. Ltd. (2018. június 8). How much data does music streaming use? (2018 edition). Letöltve: Március 12, 2020, URL: <https://www.nbnco.com.au/blog/entertainment/how-much-data-does-music-streaming-use>

Netflix. (2012. május 6). How can I control how much data Netflix uses? Letöltve: Március 18, 2020, URL: <https://help.netflix.com/en/node/87>

Netflix. (2019. március 18). A renewable energy update from us. Letöltve: Március 18, 2020, URL: <https://media.netflix.com/en/company-blog/a-renewable-energy-update-from-us>

Netflix. (2020). 2019 Sustainability Accounting Standards Board (Sasb) Report. Environmental Social Governance. Letöltve: URL:

https://s22.q4cdn.com/959853165/files/doc_downloads/2020/02/0220_Netflix_EnvironmentalSocialGovernanceReport_FINAL.pdf

Owen Squier, G., 1918. Electric Signaling. US1281684A.

Pachnicke, S. (2013). Fiber-Optic Transmission Networks Efficient Design and Dynamic Operation. Berlin: Springer Berlin. doi: 10.1007/978-3-642-21055-6

Perry, S. L., & Schleifer, C. (2018. május 12). Till Porn Do Us Part? A Longitudinal Examination of Pornography Use and Divorce: Semantic Scholar. doi: 10.1080/00224499.2017.1317709

Pihkola, Hanna & Hongisto, Mikko & Apilo, Olli & Lasanen, Mika. (2018). Evaluating the Energy Consumption of Mobile Data Transfer—URL: Technology Development to Consumer Behaviour and Life Cycle Thinking. Sustainability. 10. 2494. doi: 10.3390/su10072494

Preist, C., Schien, D., & Shabajee, P. (2019. május 6). Evaluating Sustainable Interaction Design of Digital Services: The Case of YouTube. doi: 10.1145/3290605.3300627

Reisinger, D. (2020. március 2). How 5G promises to revolutionize farming. Letöltve: Május 9, 2020, URL: <https://fortune.com/2020/02/28/5g-farming/>

Rouse, M. (2009. április 24). What is streaming media? - Definition URL: WhatIs.com. Letöltve: Március 9, 2020, URL: <https://whatis.techtarget.com/definition/streaming-media>

Roy, S. (2020. május 7). Has Google cracked the data center cooling problem with AI? Letöltve: Május 10, 2020, URL: <https://techwireasia.com/2020/05/has-google-cracked-the-data-centre-cooling-problem-with-ai/>

Sanchez, D. (2019. január 2). What Streaming Music Services Pay (Updated for 2019). Letöltve: Március 27, 2020, URL: <https://www.digitalmusicnews.com/2018/12/25/streaming-music-services-pay-2019/>

Seng, N. C. (2020. január 4). Buying a 4K TV: What you need to know about HDCP 2.2, HDMI 2.0, HEVC & UHD. Letöltve: Május 25, 2020, URL: <https://www.hardwarezone.com.sg/feature-4k-tv-buying-guide-singapore>

Seyedzadegan, Mojtaba & Othman, Mohamed. (2013). IEEE 802.16: WiMAX overview, WiMAX architecture. International Journal of Computer Theory and Engineering. 5. 784-787. doi: 10.7763/IJCTE.2013.V5.796

Shannon, C. E. (1949). Communication in the Presence of Noise. Proceedings of the Institute of Radio Engineers, 37, 10–21.

Shi, Lei & Mukherjee, Biswanath & Lee, Sang-Soo. (2012). Energy-Efficient PON with Sleep-Mode ONU: Progress, Challenges, and Solutions. IEEE Network - NETWORK. 26. 36-41. doi: 10.1109/MNET.2012.6172273

Signiant. (2018. április 4). File Size Growth & The Bandwidth Conundrum. Letöltve: Május 24, 2020, URL: <https://www.signiant.com/articles/file-transfer/file-size-growth-bandwidth-conundrum/>

Smolaks, M. (2018. augusztus 8). Uptime Institute: Data centers are becoming more efficient, less reliable. Letöltve: Március 18, 2020, URL: <https://www.datacenterdynamics.com/en/news/uptime-institute-data-centers-sacrifice-reliability-for-efficiency/>

Stack, S., Wasserman, I., & Kern, R. (2004). Adult Social Bonds and Use of Internet Pornography. Social Science Quarterly (Wiley-Blackwell), 85(1), 75.

Tidal (service). (2015. április 13). Letöltve: Március 12, 2020, URL: [https://en.wikipedia.org/wiki/Tidal_\(service\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Tidal_(service))

Tucker, R. (2013. április). The Power of Wireless Cloud - University of Melbourne. Letöltve: Március 26, 2020, URL: <https://ceet.unimelb.edu.au/publications/ceet-white-paper-wireless-cloud.pdf>

University of Bristol. (2019. május 6). Rethinking digital service design could reduce their environmental impact. Letöltve: Március 18, 2020, URL: <http://www.bristol.ac.uk/news/2019/május/rethinking-digital-service-design-.html>

Vries, A. de. (2019. március 14). Renewable Energy Will Not Solve Bitcoin's Sustainability Problem. Letöltve: Április 1, 2020, URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S254243511930087X>

Watson, A. (2019. december 9). Music streaming market share. Letöltve: Március 11, 2020, URL: <https://www.statista.com/statistics/653926/music-streaming-service-subscriber-share/>

Web Technologies: Concepts, Applications, Trends and Research Issues (2010). IGI Global. Letöltve: 19 Május, 2020, URL: <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=edsgvr&AN=edsgcl.1339200010&lang=hu&site=eds-live>

Welle, D. (2019. szeptember 11). Is Netflix Bad for the Environment? How Streaming Video Contributes to Climate Change. Letöltve: Feb 17, 2020, URL: https://www.ecowatch.com/netflix-bad-for-environment-2639174138.html?share_id=4736742

What Hi-Fi? (2019. május 14). Best music streaming services 2020: free streams to hi-res audio. Letöltve: Március 11, 2020, URL: <https://www.whathifi.com/us/best-buys/streaming/best-music-streaming-services>

What is The Green Grid? - Definition URL: Techopedia. (2011, November 14). Letöltve: Március 18, 2020, URL: <https://www.techopedia.com/definition/2121/the-green-grid>

Wikipedia. (2019. február 11). Schrödinger macskája. Letöltve: Május 29, 2020, URL: https://hu.wikipedia.org/wiki/Schrödinger_macskája

郭凯 . (2019. március 18). China performs first 5G-based remote surgery on human brain. Letöltve: Május 9, 2020, URL: <http://www.chinadaily.com.cn/a/201903/18/WS5c8f0528a3106c65c34ef2b6.html>

Cho, A. et al. (2019. október 23). IBM casts doubt on Google's claims of quantum supremacy. Letöltve: Május 29, 2020, URL: <https://www.sciencemag.org/news/2019/10/ibm-casts-doubt-googles-claims-quantum-supremacy>

Gangadas, S. (2019. július 29). The Quantum Theory of Entanglement and Alzheimer's. doi: 10.24966/AND-9608/100022

World Nuclear Association. (2016. február 13). Nuclear Fusion Power. Letöltve: URL: <https://www.world-nuclear.org/information-library/current-and-future-generation/nuclear-fusion-power.aspx>

The Nobel Prize in Physics 1967. (2018. október 4). Letöltve: Május 29, 2020, URL: <https://www.nobelprize.org/prizes/physics/1967/bethe/biographical/>

What is ITER? (2015. november 21). Letöltve: Május 29, 2020, URL: <https://www.iter.org/proj/inafewlines>

9. Függelék

Médiafogyasztási szokások kérdőív

1) Átlagosan hány órát hallgat zenét egy hét alatt?

- 0 - 10 órát
- 11 - 20 órát
- 21 - 40 órát
- 41 - 60 órát
- 60 óránál is többet

2) Általában milyen műfajú zenéket hallgat?

Alternatív	Gyerekdalok	Gospel
Dance	Elektronikus	New Age
Hip Hop/Rap	Latin zene	Világzene
Pop	R&B/Soul	Country
Blues	Klasszikus/Opera	Kemény Rock/Heavy Metal
Easy Listening ('60-as '70-es évek slágerei)	Népzene	Örökzöldek
Jazz	Musical/Színpad	Egyéb:
Reggae	Rock	
	Klasszikus Rock	

3) Miért hallgat zenét általában?

Háttérzajnak	Utazás/ingázás közben	Házimunka közben
Relaxálás céljából	Énekléshez	Elalváshoz
Munka közben	Sportoláskor	Egyéb:
A tánc kedvéért	Összejövetele	

4) Milyen készülék(ek)en hallgat zenét?

Okostelefon/Táblagép	Audio rendszer (FM rádió/CD lejátszó/Kazettás magnó/Lemezjátszó)
Vezetéknélküli hangszóró (Bluetooth/WIFI)	PC/Mac
Online hangszóró/Digitális asszisztens (Alexa, Google home, stb.) saját internetkapcsolattal	Televízió
MP3 lejátszó/iPod	Egyéb:
Notebook/Macbook	

5) Milyen csatornákon/adathordozókon keresztül hallgat zenét leginkább? *

- FM rádió
- Hangkazetta/CD/Bakelit
- MP3 vagy más letöltött zene
- Internet rádió
- Zenei streaming (Spotify, Apple Music, Deezer, Tidal, stb.)
- Videó streaming (YouTube)

6) Az alábbiak közül melyik foglalkozás vagy ágazat jellemző leginkább az Ön szakmai előéletére?

Mezőgazdaság, erdőgazdálkodás, halászat,
vadászat
Útépités
Közműépítés
Egyéb gyártás
Számítástechnika és elektronika
Kiskereskedelem
Nagykereskedelem
Újságírás
Szállítás és raktározás
Telekommunikáció
Szoftverfejlesztés, programozás
Információs szolgáltatás, adatfeldolgozás
Műsorszórás, média (TV, rádió)
Pénzügy, biztosításközvetítés
Egyéb hírközlés
Főiskolai vagy egyetemi tanár, felnőttképzés

Ingatlanközvetítés
Egyéb oktatás
Pedagógus
Művészet, szórakoztatóipar, rekreáció
Egészségügyi dolgozó, szociális munkás
Kormányhivatalnok, közsféra
Szállodaipar és vendéglátás
Tudományos vagy technikai szolgáltatások
Jogász
Katonaság
Építőipar
Nyugdíjas
Egyház, vallás
Munkanélküli
Bányászat
Tanuló
Egyéb:

7) Mi az Ön legmagasabb iskolai végzettsége?

8 általános
Középiskola
OKJ-s szakképzés
Főiskola
Egyetem (BSc)
Mesterszak (MSc)
Doktori fokozat
Egyéb, nem felsorolt

8) A világ mely részén lakik?

Afrika
Kanada
Antarktisz
Mexikó
Ázsia
Karib-térség
Óceánia (Ausztrália, Új-Zéland, stb.)
Dél-Amerika
Európa, Egyesült Királyság
Közél-Kelet, Öböl-menti országok
Amerikai Egyesült Államok (USA)

9) Az alábbiak közül melyik a legjellemzőbb a lakhelyére?

Főváros vagy megyeszékhely
Kisváros
Falu, község

10) Mely korcsoportba tartozik az alábbiak közül?

18 éven aluli	35-44 év közötti	65 évnél idősebb
18-24 év közötti	45-54 év közötti	
25-34 év közötti	55-65 év közötti	

11) Mi az Ön neme?

Férfi
Nő

10. Szószedet

AI	-	Artificial Intelligence, mesterséges intelligencia
algoritmus	-	programkód
bitráta	-	bit sebesség, bit sűrűség (az átvitt adat részletességét, felbontását jellemzi)
blockchain	-	kriptovalutáknál használt blokklánc
CDN	-	Content Delivery Network, tartalom kézbesítési hálózat – a felhasználók közelébe telepített szerverek felhasználásra népszerű tartalmak gyors kiszolgálására
CO ₂ e	-	CO ₂ ekvivalens: a különböző üvegházhatású gázok azonos mértékű hőelnyelésre képes szén-dioxid mennyiségben történő kifejezése
DSL	-	Digital Subscriber Line – digitális telefonvonalon internetelérés
Fax modem	-	Internet analóg telefonvonalon történő elérésének korai eszköze
FTTH	-	Fiber to the House, felhasználó otthonáig tartó üvegszálkapcsolat
GHG	-	Greenhouse Gas, üvegházhatású gázok gyűjtőneve
hash	-	ellenőrzőösszeg – tetszőleges terjedelmű és tartalmú adathalmazokból képezik algoritmus útján, a tartalom egyetlen karakternyi változtatása is megváltoztatja a hash-t
HFC	-	Hybrid Fiber Coaxial, kábel TV-hez használatos, internetszolgáltatásra is alkalmas koaxiális kábel
hop count	-	letöltött adatok átirányításainak száma a felhasználó és a szerver között
IoT	-	Internet of Things, a Dolgok internete, vagyis az egymással kommunikáló eszközök összeköttetése
ISDN	-	Integrated Services Digital Network – digitális adatkommunikációs szabvány
ISP	-	Internet Service Provider, internetszolgáltató
karbonemisszió	-	Szén-dioxid kibocsátás
kodek	-	adattömörítési szabvány kódkészletét tartalmazó programkód
Kriptovaluta	-	Anonim, állami és pénzügyi fennhatóság alól mentes, digitális készpénzhelyettesítő; rendkívül összetett algoritmusok futtatásával “bányásszák” nagyteljesítményű célszámítógépeken

latency	-	válaszidő, a hálózat késlekedését jelzi milisecundum-ban
media streaming	-	média adatfolyam lejátszása
MIMO	-	Multiple-input and multiple-output – az adatátvitel megsokszorozásának módszere hozzáadott és párhuzamosan működő antennák révén
mobilinternet	-	mobiltelefonok rádiófrekvenciáján keresztül biztosított internetelérés
multimédia	-	nem szöveges tartalom (zene, kép, videó)
on-demand media streaming	-	igény szerinti lejátszás (vagyis nem műsoridőhöz kötött)
online	-	interneten megtalálható
overhead energiafogyasztás protokoll	-	járulékos energiafogyasztás szaknyelven egyezmény, vagy szabvány, amely leírja, hogy a hálózat résztvevői miképp tudnak egymással kommunikálni
PAL, HD, Full HD, 4K, 8K szerver	-	különböző felbontású video szabványok
	-	speciális központi célszámítógép, amely kiszolgálja a felhasználók adatkéréseit
virtuális gép	-	központi szerveren futó, VPN-en keresztül elérhető számítógépes környezet
VPN	-	Virtual Private Network – virtuális magánhálózat: titkosítás révén magánhálózat biztonságával egyenértékű, zárt hálózatot létesít a nyílt interneten
VR	-	Virtual reality, virtuális valóság