

## Energiahatékony egyetemi blokklánc létrehozása

### Bálint Krisztián

adjunktus, Óbudai Egyetem, Keleti Károly Gazdasági Kar

balint.krisztian1@uni-obuda.hu

***Absztrakt** A tudományos világban sokat vitatott kérdés a blokklánc technológiával kapcsolatban, hogy a blokkláncok fenntarthatóságuk és működésük érdekében nagy mennyiségű elektromos energiát fogyasztanak, amely káros hatással van a környezetre. Kutatásom során arra keresem a választ, hogy milyen blokklánc-technológiák állnak rendelkezésre, amelyek kevesebb elektromos energiát fogyasztanak, illetve fenntartható-e a mai világban megújuló energiaforrások felhasználásával egy nagyobb villamosenergia-igényű blokklánc. A gyakorlati megvalósítás részeként egy privát egyetemi blokkláncot készítek adatok tárolására. Ezt követően kiszámítom, hogy mennyi elektromos energia szükséges a létrehozott blokklánc működtetéséhez. Meg fogom vizsgálni, hogy milyen napelemes megoldással csökkenthetem az általam létrehozott blokklánc működési költségeit. Kutatási célom, hogy javaslatot tegyek a blokkláncok „zöldebbé” tételére.*

*Kulcsszavak:* Blokklánc technológia, Adattárolás, Zöld energia

### Bevezető

A folyamatos fejlesztés és digitalizálás eredményeként naponta egyre több elektromos energiát fogyasztó készülék jelenik meg. A fejlődő országok magas gazdasági növekedési üteme növeli az energiafelhasználást, emiatt 2040-re 28%-kal nő a villamosenergia-igény. Felelőtlen a villamosenergia-igényt fosszilis energiával kielégíteni, ezért a megújuló energiákat előtérbe kell helyezni és azokat használni. A napenergia folyamatos átalakulásban van, az analóg napelemes megoldásokat digitális rendszerek váltották fel [1].

A blokklánc technológia megjelenésével egyre nagyobb az igény a tetőtéri úgynevezett PV rendszerekre [2], mivel a bányászati nehézségek folyamatosan növekszenek, amely miatt a blokkok előállításához szükséges energiafogyasztás is folyamatosan növekszik. A blokkok létrehozása során a cél a minél hatékonyabb megújuló energia alkalmazása. A blokklánc egy decentralizált rendszer, amely matematikai alapon működik, így a blokklánc által nyújtott bizalom könnyebben megalapozható, mint a központosított megoldás esetén. Az élet számos területén, így például az energiaszektorban is hatékonyan használható, hiszen átláthatóságot, megbízhatóságot és szükség esetén anonimitást biztosít a felek számára. A széndioxid-kibocsátás a kereskedelmi rendszer számára is előnyös, mivel elosztottá teszi az energiaszektor, és

így számos probléma megoldását igényli, mint például az elosztott tárolás, ellenőrzés, menedzsment, kereskedés. A hagyományos energiarendszerek nem tudják megoldani ezeket a problémákat, míg a blokklánc jellemzői megoldást nyújthatnak [3]. A blokkláncot ráadásul az élet számos más területén is nagy hatékonysággal alkalmazzák.

A napenergia felhasználása elengedhetetlen, de ennek kifizetése már összetett feladat, amelyhez a felek kétoldalú megállapodása, valamint szerződéskötés szükséges. Nyáron hosszabbak, télen rövidebbek a nappalok, amely befolyásolja a tetőtéri fotovoltai (PV) hatékonyságát, és ennek megfelelően az árak is változhatnak. Célszerű lenne mindkét fél számára előnyös feltételt megfogalmazni, és ennek betartására okos szerződést alkalmazni. A napenergiát értékesítő cégek nem azonnal, hanem 1-2 hónapos késéssel fizetnek ügyfeleiknek, amely akár negatív hatással is lehet az üzletmenetre [4]. A blokklánc alapú okosszerződés segítségével a napi energiaár-változások is automatikusan rögzíthetők, amely még pontosabb fizetési megoldást tesz lehetővé. Az ilyen típusú szerződések rögzítéséhez az alábbi intelligens szerződéses platformok közül célszerű választani:

- Az Ethereumban a felhasználói fiókok 160 bites címei nyilvános kulcsokból származnak, szerződéses fiókok esetén pedig a szerződés létrehozójának címéből és a nonce címből állnak, [5] amely egy biztonságos intelligens szerződéses platform.
- A Solana hálózat valós időben futtatja a matematikai függvényeket, amely megbízható intelligens szerződéseket is kínál az alkalmazásokhoz. Nagy előnye, hogy nem kell számítási erőforrásokat pazarolnia az idő szinkronizálásához, mivel az idő előre be van állítva. Amennyiben meg szeretnénk tudni a hash értékét, amikor az index 300, akkor ennek egyetlen módja az, hogy ezt az algoritmust 300-szor lefuttatjuk. Ez alapján a konkrét adatszerkezetből arra következtethetünk, hogy az okosszerződés folyamata valós időben zajlik [6].

A kutatás a következő struktúra szerint épül fel:

- A munkavégzés és a tét igazolásának konszenzusos vizsgálata, figyelembe véve az energiafogyasztási követelményeket,
- Óbudai Egyetem nevű adattárolásra alkalmas blokklánc létrehozása,
- Egyetemi adattárolásra alkalmas Óbudai Egyetem blokklánc napelemes villamos energia felhasználási igényének kiszámítása.

## 1 Proof-of-Work és a Proof-of-Stake konszenzus mechanizmusai

Ahogy az előző fejezetben elhangzott, a blokklánc technológiának nagyon fontos helye van a megújuló energia felhasználásában, illetve annak adminisztrációjában, még akkor is, ha maga a blokklánc működése sok energiát igényel. A blokkláncok többféle konszenzusmechanizmust használnak. A következő két mechanizmus a legelterjedtebb a kriptográfiai világban:

- Proof-of-Work (POW),

- Proof-of-Stake (POS).

A Bitcoin blokklánc hálózata Proof-of-work a konszenzust használ. Ez az egyik legkorábbi és leelterjedtebb megoldás a csomópontok számára a tranzakciók ellenőrzésére. Ez komoly számítást igényel [7]. A PoW mechanizmus működése során az algoritmus jutalmakat oszt ki a blokkokat előállító bányászoknak. Ennek az algoritmusnak az a lényege, hogy csak az tud új blokkokat létrehozni, akinek elegendő számítási kapacitása van. Bár a PoW algoritmust a legnagyobb kriptovaluták használják, ennek a módszernek vannak bizonyos hátrányai. A számítási feladatok megoldása sok időt és energiát igényel, így viszonylag költséges folyamat [8]. Ebből arra lehet következtetni, hogy a bányászati számítási kapacitás a teljesítményigénnyel egyenes arányban folyamatosan növekszik, mert minél nehezebb egy matematikai művelet, annál nagyobb teljesítményt igényel. Ezt prezentálja az első ábra.



Ábra 1

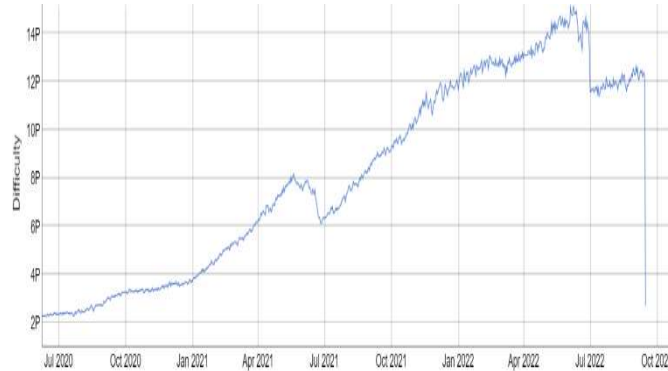
Bitcoin nehézségi történelmi diagram [9]

Mivel a blokkok számításánál drasztikusan megnő az elektromos energia igény, a bányászok megújuló energiaforrásokat alkalmaznak termelési költségeik csökkentése érdekében. A bányászati vállalatok globális fórumát képviselő Bitcoin Mining Council (BMC) megállapította, hogy 2022-ben a bányászat 59%-a használt megújuló energiaforrásokat. Az előző, 2021-es évben a megújuló energiaforrások mindössze 37%-át használták fel. Véleményük szerint az elkövetkező években az a céljuk, hogy még zöldőbbé tegyék a bányászatot [10].

A Proof-of-take algoritmus egy úgynevezett "véletlenszerű" kiválasztási folyamatot használ az érvényesítő kiválasztására a csomópontok készletéből. A rendszer több tényező kombinációját használja egyidejűleg, beleértve a tétidőt, a véletlenszerűség elemét és a csomópont gazdagságát. A Proof-of-Stake rendszerekben blokkokat állítanak elő bányászat nélkül. A bányászat kifejezést azonban gyakran használják ebben az esetben is. A véletlenszerű blokkkiválasztás módszerében a validátorok kiválasztása a legalacsonyabb hash értékkel és a legnagyobb tétkombinációval rendelkező csomópontok keresésével történik [11].

Az Ethereum blokklánc kezdetben POW-konszenzust használt, de 2022-ben a Merge nevű frissítés során átváltott a POS-mechanizmusra. A harmadik ábrán jól látható, hogy a bányászat nehézsége nem csökkent,

hanem eltűnt, mivel az Ethereumot már nem lehetett a továbbiakban bányászni. Ez a módszer zölddebbé tette a blokkláncot, mivel az energiafogyasztása drasztikusan csökkent. Ez látható a második ábrán.



Ábra 2

Ethereum nehézségi előzménydiagram [12]

Ezek alapján megállapítható, hogy a POS konszenzust alkalmazó blokkláncok sokkal kevesebb elektromos energiát használnak fel, mint a POW megoldást használók. Felesleges azt feltételezni, hogy a Bitcoin átáll POS konszenzusra, mivel a BTC volt a legelső kriptoblokklánc, így a működése ezen a szinten nem változik, mert akkor maga az eredeti Bitcoin blokklánc „sérülne”, ezzel elveszítené valódi állapotát. This is shown in the first table. Jelenleg a POW konszenzus használja a legtöbb elektromos energiát blokk bányászására. Ezt az alábbi első táblázat mutatja be. Ez az első táblázatban látható.

Táblázat 1 Kriptovaluták energiafogyasztása [13]

Blokklánc	Konzensus protokoll	Hash funkció	Energia fogyasztás
Bitcoin (BTC)	POW	SHA-256	Éves energiafogyasztás 160 TWh
Ethereum (ETH)	POW (2022-ig) POS (2022-től)	Ethash	Éves energiafogyasztás 74.6 TWh. 99.95% kevesebb energia a Merge után

## 2 Blokklánc létrehozása ÓUB néven (Óbudai Egyetemi Blokklánc)

A prioritizált készségek rendszere folyamatosan változik, ezért a felsőoktatási intézményeknek alkalmazkodniuk kell az új megoldásokhoz [14]. Az egyetemi adattárolásra használt blokklánc technológia egy olyan újdonság, amelyet kevés egyetem használ a mindennapi életben.

Az ÓUB nevű blokklánc egy adattárolásra alkalmas blokklánc. Felépítéséből adódóan az egyetemi adatokat blokkokban tudja tárolni, amelyek szorosan kapcsolódnak egymáshoz, így hozva létre a blokkláncot. Proof-of-Work helyett Proof-of-Stake megoldást használ, így kevesebb energiafogyasztást és magas fokú biztonságot biztosít. A blokklánc az érzékeny egyetemi adatokat is biztonságosabban tudja tárolni, mint egy felhő alapú központi adattár.

A blokklánc tápellátásának folyamatosnak kell lennie, azonban a PV (napelemes rendszer) termelékenységéje változó. A magyarországi szabályoknak megfelelően mérlegelszámolást kell alkalmazni. Ez azt jelenti, hogy a megtermelt többletenergíát a rendszer értékesíti, ha pedig nem elegendő a napenergia, villamos energiát kell vásárolni. A napelemes rendszer működésének lényege, hogy a mérlegelszámolás végén a kiadás ne legyen több a bevételnél.

A blokklánc létrehozása nem jár magas költségekkel. Kifejlesztéséhez és működtetéséhez egyetlen informatikusra van szükség, aki ellátja a blokklánc karbantartásának egyes folyamatait.

Az egyetemi privát blokklánc létrehozása lehetőséget ad arra, hogy a központosított adattárolás helyett biztonságosan elmentsük az egyetem érzékeny adatait a blokkláncba. A blokklánc létrehozásakor meg kell határozni annak működési feltételeit. Ezek a következők:

- Az optimális blokkméret kiválasztása. Abban az esetben ha a blokk túl nagy, akkor a blokklánc lassabban fog működni. Az egyetemi adatok tárolása esetén bőven elegendő 1 MB-os blokkméret.
- A blokkláncba való csatlakozás szabályait egyértelműen meg kell határozni, hogy azok könnyen érthetőek legyenek a hallgatók számára.
- A blokklánc működésére vonatkozó biztonsági szabályokat, előírásokat rögzíteni kell.
- A szerverhez való hozzáférést szigorúan korlátozni kell, abból kifolyólag, hogy illetéktelen személy ne férhessen hozzá [15].

A harmadik ábra az Óbudai Egyetemi Blokklánc (ÓUB) genesis blokk létrehozásának lépéseit mutatja. A genesis blokk létrehozása után a többi blokk automatikusan létrejön.

```
{
"config": { // the config block defines the settings for our custom chain and has certain attributes to create a private blockchain
"chainId": 987, // identifies ÓUB blockchain.
}
"homesteadBlock": 0, // Homestead version was released with a few backward-incompatible protocol changes, and therefore requires a hard fork. ÓUB chain however won't be hard-forking for these changes, so leave as 0
"eip155Block": 0, // Homestead version was released with a few backward-incompatible protocol changes, and therefore requires a hard fork. ÓUB chain however won't be hard-forking for these changes, so leave as 0
"eip158Block": 0
},
```

```
"difficulty": "0x400", // This value is used to control the Block generation time of a Blockchain. The higher the difficulty, the statistically more calculations a Miner must perform to discover a valid block.  
"gasLimit": "0x8000000",  
"alloc": {}  
}
```

Ábra 3

Genesis blokk létrehozása [15]

A blokkláncot úgy kell létrehozni, hogy képes legyen tárolni a küldő és a fogadó fél adatait és rögzítse is azokat. A blokklánc létrehozásának felépítését a negyedik ábra mutatja be.

```
Óbuda University Blockchain-util generate ÓUB  
the default settings would be used:  
/default ~ university chain/ ÓUB /chainsettings.dat  
chainsettings.dat include:  
Database addresses [receiver (cloud storage) IP address, sender (university) IP address],  
Database system addresses [receiver (university database) IP address, sender IP address],  
Terms of GDPR database.  
Next, the ÓUB blockchain would be initialized, and the genesis block would be created  
university blockchain ÓUB  
The server will be started in those few seconds after the genesis block has been found, then the node address needs to be connected:  
ÓUB@192.168.0.1:8008  
After these steps, the connection can be attempted from a second server:  
university blockchain ÓUB@192.168.0.1:8008  
After the message confirming the chain has been initialized, permission is not given for connection to the database.  
The address would be copied and pasted: 192.168.0.2  
finally, permission for connection would be granted:  
university blockchain ÓUB grant 192.168.0.2 connect.
```

Ábra 4

ÓUB blokklánc létrehozása [15; 16; 17]

A blokklánc létrehozása után megvizsgáltam a működéséhez szükséges elektromos energiát, melyet a következő fejezetben mutatok be.

### 3 Adattárolásra alkalmas Óbudai Egyetemi Blokklánc napelemes villamosenergia-igényének kiszámítása

A tiszta és intelligens technológiák, mint például a blokklánc alapú számítástechnika, megfelelően illeszkednek a zöld elvekhez, így a folyamatok zökkenőmentesen futnak anélkül, hogy sok áramot fogyasztanának [18]. Egy átlagos, hangszórókkal és nyomtatóval felszerelt asztali számítógép körülbelül 200 W elektromos energiát fogyaszt. Napi 8 óras üzemidőt feltételezve ez közel 600 kWh éves fogyasztást

jelent, ami 175 kg CO<sub>2</sub> kibocsátást eredményez. Laptop esetén 50-100 watt/óra energiafogyasztással kell számolni. Éves szinten napi 8 óra használattal számolva jóval alacsonyabb értéket, hozzávetőlegesen 150-300 kWh-t kapunk, ami évi 44-88 kg CO<sub>2</sub> kibocsátást eredményez. Gazdaságosság szempontjából minden bizonnyal a laptop a jobb választás [19].

Az egyetemi adattárolásra alkalmas decentralizált privát blokklánc futtatásához legalább 2 szerverszintű számítógépes kapacitásra van szükség, amelyek a blokklánc létrehozásakor kezdenek működni. Ezek a számítógépek nagyobb kapacitással rendelkeznek, mint a hagyományos asztali számítógépek, így a fogyasztásuk is nagyobb. Megközelítőleg 1000 W teljesítményt fogyasztanak. Mivel blokklánc fut rajtuk, egész nap be kell, hogy legyenek kapcsolva. Ez évi 9000 kWh fogyasztást jelent.

Napjainkban a 156 cellából álló monokristályos 460 Wp napelem a legelterjedtebb. Paramétereit és teljesítményét a második táblázat szemlélteti.

Táblázat 2 A JA Solar JAM72S20-460/MR monokristályos napelem jellemzői [20]

A napelem modul tulajdonságai		
Modul hatékonysága	20.6	
Tolerancia (W)	0	~ +5
Teszt környezet	STC: besugárzási teljesítmény 1000 W/m <sup>2</sup> , hőmérséklet 25°C, AM1,5	NOCT: besugárzás 800W/m <sup>2</sup> , környezeti hőmérséklet 20°C, szélsebesség 1m/s
Maximális teljesítmény P <sub>max</sub> (W)	460	348
Nyitási áramkörü feszültség U <sub>oc</sub> (V)	50.01	47.38
Rövidzárlati áram I <sub>sc</sub> (A)	11.45	9.33
Maximális teljesítmény feszültség U <sub>m</sub> (V)	42.13	39.68
Maximális teljesítményáram I <sub>m</sub> (A)	10.92	8.76
Működési hőmérséklet tartomány (°C)	-40	+85
Méret (mm)	2120×1052×40	

Súly (kg)	25
-----------	----

A fenti második táblázat alapján, figyelembe véve a napelem modul teljesítményét és a két blokklánc szerver kapacitását, kiszámítottam a szükséges napelem beruházás nagyságát. A számításaim alapján az alábbi eredményeket kaptam, amelyek egy lapos egyetemi tetőszerkezetre vonatkoznak:

- A rendszer mérete 7,44 kWp,
- 19 panel szükséges,
- 6 kW-os invertert szükséges beszerezni, valamint
- 38 m<sup>2</sup> lapostető terület felület szükséges.

Ha az egyetem ferde tetővel rendelkezik, akkor a szükséges tetőterület felületi mérete is megváltozik. Magyarországon Budapest földrajzi elhelyezkedését figyelembe véve a kapott számítási adatok a következők, amelyet a harmadik táblázatban mutatok be.

Táblázat 3 Szükséges napelem telepítési számítás ferde tetőkhöz

Ferde tető	A rendszer mérete	Napelem száma	Inverter	Szükséges tetőterület
Kelet	9.56 kWp	24	8 kW	48 m <sup>2</sup>
Délkelet	7.92 kWp	20	8 kW	40 m <sup>2</sup>
Dél	7.45 kWp	19	6 kW	38 m <sup>2</sup>
Délnyugat	8.01 kWp	20	8 kW	40 m <sup>2</sup>
Nyugat	9.72 kWp	24	8 kW	48 m <sup>2</sup>

### Összefoglalás

A blokklánc technológia fejlődése megállíthatatlan. Napról napra egyre több blokklánc jelenik meg, amelyek számos informatikai problémára nyújt megoldást.

A blokkláncok működéséhez azonban elektromos energiára van szükség. A hosszú távú fenntarthatóság érdekében célszerű megújuló energiaforrást használni. A technológia már elérhető közelségbe került, hiszen az elmúlt években jelentősen csökkent az árak és nőtt a hatékonyságuk.

Napelemek telepítésével alacsony tartható a blokklánc működésének költsége, amely a jövő szempontjából előnyös tulajdonság.

A megújuló energiaforrások felhasználása mellett javaslatként egy olyan modern számítógép beszerzése ajánlható, amelyek kevesebb elektromos energiát használnak, ezáltal kevesebb elektromos energiára lesz szükség a blokklánc működtetéséhez.

### Források



- [1] N. Taşaltın, "Digitalization of solar energy: a perspective," *Journal of Scientific Perspectives* 3.1, pp. 41-46, 2019.
- [2] J. Lin, M. Pipattanasomporn, S. Rahman, "Comparative analysis of blockchain-based smart contracts for solar electricity exchanges," In 2019 IEEE Power & Energy Society Innovative Smart Grid Technologies Conference (ISGT) (pp. 1-5). IEEE. 2019.
- [3] J. Bao, D. He, M. Luo, K. K. R. Choo, "A survey of blockchain applications in the energy sector," *IEEE Systems Journal*, 15(3), pp. 3370-3381, 2020
- [4] M. Themistocleous, K. Stefanou, E. Iosif, "Blockchain in solar energy," *Cyprus review*, 30(2), pp. 203-212. 2018.
- [5] S. Tikhomirov, "Ethereum: state of knowledge and research perspectives," In *Foundations and Practice of Security: 10th International Symposium, FPS, Nancy, France, Revised Selected Papers*, Springer International Publishing, pp. 206-221, 2018.
- [6] X. Li, X. Wang, T. Kong, J. Zheng, M. Luo, "From bitcoin to solana innovating blockchain towards enterprise applications In Blockchain," *ICBC 2021: 4th International Conference, Held as Part of the Services Conference Federation, SCF 2021, Virtual Event, Cham, Springer International Publishing*, pp. 74-100, 2022.
- [7] D. Vujičić, D. Jagodić, S. Randić, "Blockchain technology, bitcoin, and Ethereum: A brief overview," In 2018 17th international symposium infotech-jahorina, infotech, pp. 1-6, IEEE, 2018.
- [8] Cryptofalka, "Proof of work and Proof of stake," (accessed: 2023.06.12), <https://cryptofalka.hu/proof-of-work-proof-of-stake/> 2023.
- [9] Bitcoincharts, "Bitcoin Difficulty historical chart," (accessed: 2023.06.12), <https://bitinfocharts.com/comparison/bitcoin-difficulty.html#3y>, 2023.
- [10] M. Asset, "Bitcoin Mining Is Set to Turn Greener," (accessed: 2023.06.12) <https://www.globalxetfs.com/bitcoin-mining-is-set-to-turn-greener/> 2023.
- [11] B. Academy, "Mi az a Proof of Stake (PoS), " (accessed: 2023.06.12) <https://academy.binance.com/hu/articles/proof-of-stake-explained> 2018.
- [12] Bitcoincharts, "Ethereum Difficulty historical chart," (accessed: 2023.06.12) <https://bitinfocharts.com/comparison/ethereum-difficulty.html#3y>, 2023.
- [13] Adan, "Blockchain protocols and their energy footprint," (accessed: 2023.06.12) <https://www.adan.eu/en/publication/blockchain-protocols-and-their-energy-footprint/> 2022.
- [14] M.Garai-Fodor, "The Impact of the Coronavirus on Competence, from a Generation-Specific Perspective," *Acta Polytechnica Hungarica* 19.8 (2022): 111-125.
- [15] K. Bálint "Creation of a Unified University Blockchain for the Purpose of Storing the University's Teaching Materials," *IEEE 17th International Symposium on Applied Computational Intelligence and Informatics SACI 2023: Proceedings Budapest, Magyarország : Óbudai Egyetem, IEEE Hungary Section*, 818 p. pp. 159-164. , 6 p, 2023.
- [16] K. Bálint, "The connection of a Blockchain with Students' Attendance Register based on Security Cameras," *IEEE 19th International Symposium on Intelligent Systems and Informatics (SISY 2021)*, Subotica, Serbia, 191 p. pp. 67-70, 4 p, 2021.
- [17] K. Bálint, "Data Security Structure of a Students' Attendance Register Based on Security Cameras and Blockchain Technology," *IEEE Joint 22nd International Symposium on Computational*

INTELLIGENCE and Informatics and 8th International Conference on Recent Achievements in Mechatronics, Automation, Computer Science and Robotics (CINTI-MACRo 2022) : Proceedings Budapest, Magyarország 418 p. pp. 185-189. , 6 p, 2022

- [18] P. R. Bhagat, F. Naz, R. Magda, "Role of Industry 4.0 Technologies in enhancing sustainable firm performance and green practices," Acta Polytechnica Hungarica, (2022) 198, 229-248.
- [19] Berek, "Mennyit fogyaszt a laptop vagy az asztali számítógép," (accessed: 2023.06.12) <https://berek.hu/2022/11/14/mennyit-fogyaszt-a-laptop-vagy-az-asztali-szamitogep/> 2022.
- [20] Tiszaenergia, "JA Solar JAM72S20-460MR napelem panel - 460Wp," (accessed: 2023.06.12) [https://tiszaenergia.hu/termek/JA-Solar-napelem-panel/6271?ref=dt\\_hp\\_rp](https://tiszaenergia.hu/termek/JA-Solar-napelem-panel/6271?ref=dt_hp_rp) 2023.