

A szuperszámítástechnika mint európai stratégiai ágazat

Máray Tamás

ORCID: [0009-0007-8032-939X](https://orcid.org/0009-0007-8032-939X)

maray@sztaki.hu

Absztrakt

A szuperszámítástechnika a tudomány és innováció megkerülhetetlen eszközévé vált. Ezért világszerte kiemelt figyelem övezi, és a fejlett országokban komoly programok keretében fejlesztik az infrastruktúrát, bővítik a felhasználást. Bár Európa ezen a területen is lemaradt Amerikához és Ázsiához képest, az utóbbi években megindult egy erőteljes felzárkózás. A cikk bemutatja, hogy hol tart ez a globális versengés ma, és mi a helyzete ebben hazánknak.

Kulcsszavak: HPC, szuperszámítógép, PRACE, EuroHPC, kvantum számítógép

Abstract

Supercomputing has become an indispensable tool for science and innovation. It has therefore attracted worldwide attention, with major programmes in developed countries to develop infrastructure and expand its use. Although Europe has lagged behind America and Asia in this area, it has started to catch up strongly in recent years. The article describes where this global competition is today and where Hungary stands.

Keywords: HPC, supercomputer, PRACE, EuroHPC, quantum computer

A szuperszámítástechnika (HPC¹) a szuperszámítógépek építésének és alkalmazásának összefoglaló neve. Bár a HPC nem új, tulajdonképpen egyidős az elektronikus számítógépek történetével (hiszen mindig az adott kor legnagyobb teljesítményű számítógépeit tekinthetjük szuperszámítógépnek), mégis, mint a számítástechnika egyik különleges részterülete, az utóbbi 2 évtizedben kapott egészen kiemelt figyelmet és a jelentősége ugrásszerűen megnőtt. Sok oka van ennek, az adatforradalomtól kezdve a digitalizáció terjedésén át a tudományos módszerek és a high-tech iparágak gyorsuló fejlődéséig. Mindenesetre az széles körben nyilvánvalóvá és bizonyítottá is vált, hogy az innovációs- és versenyképesség szintje és a szuperszámítástechnika alkalmazásának mértéke között direkt összefüggés van. Miután ezt sok fejlett gazdaságban felismerték, megindult az egyre gyorsuló verseny a világ vezető országai között a szuperszámítógépek fejlesztése és alkalmazása terén. „*To compete, you must compute!*” hangzik a jól ismert szlogen, melynek érvényessége ma már nem kérdés. Bár a szuperszámítógépek mind a mai napig elsősorban kutatási infrastruktúrát jelentenek, a legkülönbébb ipari és gazdasági termelőfolyamatok és szolgáltatások produkciós fázisaiban is jelen vannak már. Nemzetközileg is versenyképes tudományos/kutatási tevékenység alig képzelhető el szuperszámítógépes háttér nélkül, hiszen az egyre pontosabb és összetettebb szimulációk, adatbányászat vagy akár mesterséges intelligencia alapú eljárások más módon nem kezelhetők hatékonyan. A szuperszámítógépek segítségével számtalan olyan kérdés vizsgálható ami másképp nem lenne lehetséges. Természetesen, aki a legújabb tudományos eredményeket birtokolja, az az innovációt és fejlődést is meghatározza és így versenyelőnyre tesz szert. Ezért olyan komoly az erőfeszítés a világ összes fejlett régiójában a szuperszámítástechnika területén.

1 HPC – High Performance Computing

Alkalmazás oldalról napjainkban a szuperszámítástechnika fejlesztésének egyik legfontosabb ösztönzője a mesterséges intelligencia. Technológiai szempontból pedig a fejlődést a tranzisztorok további méret csökkenése (már a 3nm-es tartományról van szó!), a GPU-k intenzív alkalmazása és az új hűtési módszerek teszik lehetővé (talán meglepő, de a szuperszámítógépek fejlődésének egyik legnagyobb technológiai kihívása a hatékony hűtési megoldások megtalálása). És közben egyre fontosabbá válnak a még mindig kísérletinek számító kvantum informatikai módszerek is. A kvantum számítógépek jelentik a HPC fejlődésének egyik legígéretesebb irányát.

Mára tehát nagyon éles, globális verseny alakult ki a világ legfejlettebb és legerősebb gazdasági/tudományos régiói között a szuperszámítógépek fejlesztését, építését és felhasználását illetően. A három pólus Észak-Amerika, Távol-Kelet és Európa. Ez a felsorolás a jelenlegi helyezések sorrendjét is tükrözi.

A világban üzembe helyezett szuperszámítógépek rangsorolására 1993-ban létrejött *top500.org* lista féléves frissítésekkel publikálja az 500 legnagyobb teljesítményű gép főbb jellemzőit, szemléletesen mutatva a trendeket és azt, hogy melyik ország vagy régió éppen hol áll ezen a területen. Szimbolikus, hogy az aktuális lista első három helyezettje éppen a fenti sorrendben egy-egy amerikai, ázsiai és európai szuperszámítógép.

Rank	System	Cores	Rmax (PFlop/s)	Rpeak (PFlop/s)	Power (kW)
1	Frontier - HPE Cray EX235a, AMD Optimized 3rd Generation EPYC 64C 2GHz, AMD Instinct MI250X, Slingshot-11, HPE DOE/SC/Oak Ridge National Laboratory United States	8,730,112	1,102.00	1,685.65	21,100
2	Supercomputer Fugaku - Supercomputer Fugaku, A64FX 48C 2.2GHz, Tofu interconnect D, Fujitsu RIKEN Center for Computational Science Japan	7,630,848	442.01	537.21	29,899
3	LUMI - HPE Cray EX235a, AMD Optimized 3rd Generation EPYC 64C 2GHz, AMD Instinct MI250X, Slingshot-11, HPE EuroHPC/CSC Finland	2,220,288	309.10	428.70	6,016

1. ábra A 2022 novemberi top500 lista első három helyezettje (forrás: top500.org)

Bár Európa a régiók versenyében még mindig csak a 3., a lemaradásának mértéke pár évvel ezelőtt sokkal jelentősebb volt. Ez javult az utóbbi időszakban azáltal, hogy az EU döntéshozói felismerték az ágazat stratégiai jelentőségét, és komoly, össz-európai programot indítottak a felzárkóztatásra. Ennek első eredményei már láthatók. Az európai szintű összefogásra azért van szükség, mert a HPC rendkívül erőforrás igényes, ezért az egyes európai országoknak önállóan kevés esélyük van felvenni a versenyt pl. az USA-val vagy Kínával.

Észak-Amerika

A globális vezető szerep hagyományosan az Amerikai Egyesült Államoké, amely több száz szuperszámítógéppel, a világ teljes HPC kapacitásának legalább a felével rendelkezik. Az USA a hardver és szoftver technológia fejlesztésében, a HPC gyártók tekintetében, a

kiépített infrastruktúrában és a HPC alkalmazás mértékében is az élen jár. A Fehér Ház által még 2015-ben elfogadott NSCI (National Strategic Computing Initiative) [1][2] új lendületet adott a fejlődésnek és kitűzte az akkor még szinte utópisztikusnak tűnő célt, az exaflop határ áttörését. 1 Eflop/s = 10^{18} matematikai művelet másodpercenként. Nehéz felfogni, hogy ez milyen óriási szám. Akkora, hogy a Földön élő 8 milliárd ember mindegyikére másodpercenként több, mint 137 millió számítási művelet jut. A legnagyobb technológiai kihívást az jelentette, hogy hogyan lehet a fajlagos energiaigényt olyan mértékben leszorítani, hogy még egy ekkora gép is táplálható és hűthető maradjon. Bár az üzemterv szerint az exaflop határt 2020-ra kellett volna elérni, végül csak 2022-re sikerült, amikor üzembe helyezték az Oak Ridge National Laboratory-ban a világ első, 1 Eflop/s feletti teljesítményű szuperszámítógépét, a Frontiert. (2. ábra)



2. ábra: Frontier (Forrás: Oak Ridge National Laboratory, U.S. Dept. of Energy)

A Cray technológiát használó, közvetlen folyadék hűtésű, HPE-Cray által épített Frontier csúcs szuperszámítógép mért teljesítménye: 1,1 Eflop/s.

Elméleti teljesítmény	$R_{\text{peak}} > 1,5$ Eflop/s
Mért teljesítmény	$R_{\text{max}} = 1,102$ Eflop/s
CPU	9472 db AMD Epyc Milan (606,708 core)
GPU	37888 db Radeon Instinct MI250X (8,335,360 core)
Interconnect technológia	Slingshot
Memória	9,2 Pbyte
Háttértár	700 Pbyte
Operációs rendszer	HPE Cray OS (Linux)
Fizikai helyszükséglet	680 m ²
Energiaigény	21 MW (Green500 no.1)

1. táblázat: Frontier technikai paraméterei

A Frontier az amerikai energiaügyi tárca egyik kiemelt kutatóintézetében kapott helyet, de felhasználása széleskörű és általános célú, a tudományos kutatás minden területét támogatja (anyagtudomány, űrkutatás, biotechnológia, klímakutatás, szoftver technológia, mesterséges intelligencia, lézerfizika, plazmafizika, stb.)

A Frontier teljesítménye elképesztő, de ez sem elegendő. A tudománynak még sokkal többre van szüksége. Így Amerikában hamarosan (a tervek szerint még 2023-ban) átadásra kerül további két, még nagyobb szuperszámítógép, az Aurora és az El Capitan, melyek külön-külön is meg fogják haladni a 2 Eflop/s teljesítményt. Mindeközben a fejlesztés és a gyártás erősen konszolidálódott, a gyártók száma lecsökkent. Az IBM kiszállt a hagyományos szuperszámítógépek piacáról, az SGI és a Cray a HPE-be olvadt.

A hagyományos szuperszámítógépek mellett ugyanakkor a kvantum számítógépek fejlesztése is gyors ütemben zajlik, ezen a területen az IBM vezető szerepet játszik. A kvantum informatika területén Kanada is nagyon jelentős szereplő.

Ázsia

Ázsia két vezető szuperszámítógép hatalma Japán és Kína. Természetesen más országokban (pl. Dél-Korea vagy India) is gyors a fejlődés, de a globális versenyben Japán és Kína a meghatározók. Japánban nagy hagyománya van a HPC-nek és az ország többször is elfoglalta a TOP500 lista első helyezését saját gyártmányú rendszereivel. Jelenleg a vezető Japán gép, a Fujitsu által épített Fugaku (442 Pflop/s) a TOP500 második helyezett, de a listán további 30 japán rendszer is található.

Kína csak az elmúlt két évtizedben kapcsolódott a versenybe, de a fejlődés nagyon erős. Érdekeség: ugyan abban az évben került Kína először a TOP500 listára (egy IBM gép beszerzésével) amikor Magyarország is: 2000-ben. Mára Kína birtokolja a TOP500 szuperszámítógépek kb. felét, a kapacitás kb. 1/3-át. Kína nemcsak alkalmazza a HPC technológiát, hanem fejleszti is, így a kínai szuperszámítógép gyártók (Inspur, Sugon, Lenovo, Huawei) az amerikaiak legerősebb versenyfelei. Kína legnagyobb szuperszámítógépe a, Sunway TaihuLight a legfrissebb TOP500 listán jelenleg a 7. helyet foglalja el, de a gyártás évében (2016) az első helyen állt. Érdekeség, hogy ez a szuperszámítógép kínai fejlesztésű processzorra épül. Operációs rendszere azonban szintén Linux alapú. Kína is törekszik az exaflop tartomány elérésére, és várható, hogy ez hamarosan meg is történik.

Európa

Nem meglepő módon az európai országok között a gazdaságilag legerősebbek a legaktívabbak a HPC alkalmazásban. Németország, az Egyesült Királyság, Franciaország, Olaszország, Spanyolország, Svájc vezetik a listát. Bár az 1980-as 90-es években Európa nem állt rosszul a globális versenyben, 2000 után fokozatosan lemaradt. Míg Észak-Amerikában és Ázsiában korán felismerték a HPC növekvő fontosságát, mindez Európában csak késve következett be, ráadásul az európai országok külön-külön akkora investíciót sem tudtak végrehajtani. Az EU az első jelentősebb, európai összefogásra építő HPC programot (DEISA) 2005-ben indította, majd ezt követte 25 ország együttműködésével a PRACE (Partnership for Advanced Computing in Europe) [3] 2010-től, amelyekhez kapcsolódva számos HPC K+F projekt is indult. Bár e programok sikeresek voltak az egyre gyorsuló globális versenytársakhoz való felzárkózásra nem bizonyultak elegendőnek.

A tanulságokat leszűrve az EU 2019-ben stratégiai fontosságú fejlesztési területnek nyilvánította a szuperszámítástechnikát [4] és 1 mrd EUR induló forrással létrehozta az EuroHPC Joint Undertaking (EuroHPC Közös Vállalkozás) nevű programot. [5] Ez deklaráltan egy felzárkóztatási program, széles körű európai összefogással, a tagországok saját forrásainak mobilizálásával, a teljes HPC ökoszisztéma felölelésével (infrastruktúra beruházások, hardver és szoftver fejlesztés, alkalmazások, szolgáltatások, képzés), az európai HPC „ipar” megerősítésével. Az EuroHPC is célul tűzte ki az exaflop tartomány elérését, de az ehhez vezető úton először petaflop és pre-exa kategóriájú gépeket épít. Az EuroHPC-hez 28 ország csatlakozott, köztük Magyarország is. Az EuroHPC első, petaflops kategóriájú szuperszámítógépei Szlovéniában, Luxemburgban, Csehországban, Bulgáriában és Portugáliában épültek. E gépek teljesítménye 4,5 - 13 Pflop/s közé esik, így a TOP500 felső ötödében található. Az első – és egyben legnagyobb - EuroHPC pre-exa kategóriájú szuperszámítógép, a Lumi, Finnországban került telepítésre, 10 ország összefogásával. A Lumit 2022-ben adták át, jelenleg a világ 3. legerősebb szuperszámítógépe. A Lumi is HPE/Cray gyártmányú, és technológiája szinte teljes egészében egyezik a Frontier technológiájával. A gép messze északon, olyan környezetben épült fel, ahol egész évben megújuló energiával és természetes hűtéssel (free cooling) működtethető.



4. ábra: Lumi (Forrás: CSC, Finnország)

Elméleti teljesítmény	$R_{\text{peak}} > 420$ Pflop/s
Mért teljesítmény	$R_{\text{max}} = 309,1$ Pflop/s
CPU	5632 db AMD Epyc
GPU	10240 db Radeon Instinct MI250X
Interconnect technológia	Slingshot
Háttértár	117 Pbyte
Operációs rendszer	HPE Cray OS (Linux)
Fizikai helyszükséglet	150 m ²
Energiaigény	8,5 MW (Green500 no.1)

2. táblázat: a Lumi technikai paraméterei

A Lumi után 2022-ben átadásra került az olaszországi Bolognában az EuroHPC második pre-exa szuperszámítógépe is, a 174 Pflop/s teljesítményű Leonardo. A Leonardot az európai Atos/Bull cég építette, Intel processzorokat és Nvidia GPU gyorsítókártyákat tartalmaz. A Leonardo a világ 4. legerősebb szuperszámítógépe.

A Leonardo után a 3. európai pre-exa szuperszámítógép a 2023-ban Barcelonában épülő MareNostrum 5 lesz.

Az új tervezési ciklusban már 8 mrdEUR forrásból gazdálkodó EuroHPC program időközben az első európai exaflop szuperszámítógép (Jupiter) megépítését is bejelentette, ami Németországban, a Jülichi Szuperszámítógép Központban (JSC) valósul meg 2024-re. És további, legalább ~20 Pflops/s teljesítményű kisebb rendszerek is épülnek, Görögországban, Írországon és Lengyelországban.

Az EuroHPC program a kvantum technológiára kiemelt figyelmet fordít. Komoly forrásokkal támogatja kvantum számítógépek beszerzését és a technológia fejlesztését.

A fejlődés tehát Európában is nagyon felgyorsult. Az előretörés a TOP500 listán is szembeötlő. Fontos, hogy az EuroHPC nemcsak az infrastruktúra fejlődésében hoz látványos eredményeket, hanem a felhasználás, az alkalmazás és algoritmus fejlesztések, illetve a szakember képzés területén is előre lép. Érdekesség, hogy Európa saját processzor fejlesztésbe is kezdett, hogy csökkentse technológiai függőségét. A 2015-ben indult EPI (European Processor Initiative) célkitűzése, hogy olyan processzort fejlesszen ki, amely a jövő európai szuperszámítógépeinek motorja lehet. A fejlesztés ARM és RISC-V alapokra épít. A megvalósításra létrehozott vállalkozás (SiPearl) éppen 2023-ra ígéri az első működőképes változat megjelenését.

Magyarország

Magyarországon az első valódi, tudományos célú szuperszámítógépet 2001-ben adták át az NIIF Program keretében. A gép 60 Gflops/s teljesítményével rögtön a TOP500 listára került és hamar népszerűvé vált a kutatók között. A gépet és utódait az egyetemeken és kutató intézetekben sok száz tudományos kutatási projektben használták, sok esetben kiemelkedő sikerrel, nemzetközileg is elismert eredményeket produkálva. Az infrastruktúra az NIIF Program keretében folyamatosan megújult és fejlődött technológiában és kapacitásban egyaránt.



5. ábra: Az első hazai szuperszámítógép (forrás: a szerző)

2015-ben az NIIF már 8 szuperszámítógépet működtetett, 0,5 Pflop/s aggregált kapacitással, köztük az első, GPU gyorsítókkal ellátott Leo nevű gépet, amely a Debreceni Egyetem campusán épített új, korszerű NIIF HPC központban kapott elhelyezést és 2022 év végéig a legnagyobb hazai szuperszámítógép volt.

Az NIIF jogutódja a KIFÜ által üzembe helyezett Komondor 2023-ban váltotta a kiöregedő Leot. 3,09 Pflop/s teljesítménnyel ez a rendszer a TOP500 lista 199. helyére került. Bár e gép teljesítményét tekintve a világ legnagyobb szuperszámítógépének alig 1/300-ada, technológiájában hasonlít ahhoz. Szintén a HPE/Cray építette, melegvizes hűtésű, AMD Epyc processzorokat és Nvidia A100 GPU-kat, valamint Slingshot interconnect technológiát tartalmaz.

2022-ben Magyarország elnyerte az EuroHPC 35%-os pénzügyi támogatását egy új, 20 Pflop/s nagyságú szuperszámítógép építésére és üzemeltetésére, a projekt azonban máig nem kezdődött el. Enélkül azonban a hazai tudományos-kutatási tevékenység nemzetközi szinten versenyhátrányba kerül, és Magyarország kimarad sok olyan lehetőségből – köztük pl. a kvantumszámítástechnika korai alkalmazása – amelyeket az EU jelentős forrásokkal támogat és amelyek a HPC területén előttünk járó környező országok (pl. Csehország, Lengyelország, Szlovénia, sőt Bulgária is) számára nyitva állnak. Mindez a magyar innovációs és versenyképességet hátrányosan érinti.

Felhasznált irodalom:

- [1] Creating a National Strategic Computing Initiative: lekérdezve: 2023.02.28. <https://www.whitehouse.gov/the-press-office/2015/07/29/executive-order-creating-national-strategic-computing-initiative>
- [2] Advancing U.S. Leadership in High-Performance Computing: lekérdezve: 2023.02.28. <https://www.whitehouse.gov/blog/2015/07/29/advancing-us-leadership-high-performance-computing>
- [3] Partnership for advanced computing in Europe: lekérdezve: 2023.02.28. <https://prace-ri.eu/>
- [4] The European strategy for High Performance Computing: lekérdezve: 2023.02.28. <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/library/european-strategy-high-performance-computing>
- [5] The European High Performance Computing Joint Undertaking: lekérdezve: 2023.02.28. https://eurohpc-ju.europa.eu/index_en

The background is a complex digital artwork. It features a grid of squares, each containing a different texture or color, ranging from warm oranges and yellows on the left to cool blues and teals on the right. A bright, glowing light source is positioned in the center, creating a lens flare effect that radiates across the grid. The overall composition is symmetrical and has a high-tech, futuristic feel.

ÚJ TECHNOLÓGIÁKKAL,
ÚJ TARTALMAKKAL A JÖVŐ DIGITÁLIS
TRANSZFORMÁCIÓJA FELÉ

32. Networkshop: országos konferencia

2023. április 12–14.

Pannon Egyetem, Veszprém

ÚJ TECHNOLÓGIÁKKAL, ÚJ TARTALMAKKAL A JÖVŐ DIGITÁLIS TRANSZFORMÁCIÓJA FELÉ

32. Networkshop: országos konferencia

2023. április 12–14.
Pannon Egyetem, Veszprém

Szerkesztette: Tick József, Kokas Károly, Holl András

HUNGARNET Egyesület
Budapest, 2023



Szerkesztette: Tick József, Kokas Károly, Holl András

Tipográfia és tördelés: Vas Viktória

Workshop

2023. április 12–14. Pannon Egyetem, Veszprém konferencia előadásainak közleményei

ISBN 978-615-82243-1-4

DOI: [10.31915/NWS.2023](https://doi.org/10.31915/NWS.2023)

Kiadja a HUNGARNET Egyesület
az MTA Könyvtár és Információs Központ közreműködésével

Budapest

2023

Borítókép: [freepik.com](https://www.freepik.com)

TARTALOMJEGYZÉK

Előszó.....	5
Király Sándor, Balla Tamás: Flipped classroom az sqlsuli.hu-ban.....	7
Wirágh András: Abaújszántótól Zombolyáig. Megjegyzések egy új sajtóadatbázishoz	14
Albert Ágota Katalin: Az EGT-tagállamok adatvédelmi felügyeleti hatóságainak szankcionálási gyakorlata az oktatási szektorban a GDPR alkalmazása óta	19
Simon András: Digitális dokumentumok gyűjteménykezelési gyakorlatának támogatása a digitális tartalmak számossága, mérete és féleségeik vizsgálatával	24
Bódog András: Az Annif gépi tárgyszavazó rendszer magyarországi adaptációjának feltételei és lehetőségei	31
Dezső Krisztina: A Pécsi Egyetemtörténeti Gyűjtemény online adatbázisai és digitális gyűjteményei	36
Ungváry Rudolf, Király Péter: Nemzeti könyvtárak és az OSZK MARC21 állományainak összehasonlító elemzése néhány adatmező alapján	42
Szemes-Révész Enikő Evelin: Kapocs a tudáshoz – A könyvtár szerepe a civilek és a tudomány kapcsolatában	50
Tóth Zoltán: Az RO-Crate alapú kutatási objektum csomagolás keretrendszere az ELKH ARP platformban	54
Király Roland, Király Sándor, Palotai Martin Marcell: Neurális hálózatok oktatási alkalmazását támogató keretrendszer Virtual (VR) és Augmented Reality (AR) eszközökkel	60
T. Nagy László: Mesterséges intelligencia, multimédia, tanulástámogatás	69
Horváth Péter: Egy automatikusan generált rímshótár fejlesztése és a magyar kanonikus költészet rímshavainak néhány jellemzője	77
Héjja Balázs, Tóth-Jávorka Brigitta, Tóth Máté: Digitális tartalomfejlesztés közkönyvtári környezetben	85
Koczka Ferenc: Szemelvények egy felsőoktatási rendszer informatikai védelmének tapasztalataiból	91
Bolya Mátyás: A digitális gyűjtésrekonstrukció lehetőségei: az Ethiofolk projekt	99
Dobás Kata, Sidó Zsuzsa, Szabó-Reznek Eszter: A Kolozsvári Állami Magyar Színház jelmezterveinek digitalizációja és felvitele az ITldata adatbázisba	108
Köpösdí Zsuzsa: H5P-ben létrehozható interaktív és adaptív tananyagok	116
Fülöp Tiffany, Molnár Tamás, Hoczopán Szabolcs: Komplex kutatástámogató szolgáltatási portfólió az SZTE Klebelsberg Könyvtárban	122
Vass Johanna: Az Open Science könyvtári vonatkozásai	129
Antal Péter, Czeglédi László: A digitális oktatás módszertana a gyakorlatban	135
Máray Tamás: A szuperszámítástechnika mint európai stratégiai ágazat	143
Frankó Máté, Zeller Rozália: Szoftveres Cutter-keresés az SZTE Klebelsberg Könyvtárban	151
Zsiborács Judit, Dési Ádám Dániel, Nagy Attila Árpád, Urbán Katalin: Tudományometriai műhely könyvtári környezetben	157



Palkó Gábor, Szekrényes István, Bobák Barbara: A Digitális Örökség Nemzeti Laboratórium webszolgáltatásai automatikus kézírás-felismertetéshez	164
Szűcs Kata Ágnes: Adatvizualizációs lehetőségek a bölcsészettudományban	170
Leitgéb Mária: A BME Építészettörténeti és Műemléki Tanszék repozitóriuma	178
Mihály Eszter, Micsik András: Szerkesztői környezet TEI-alapú szövegkiadásokhoz	186
Dobás Kata, Fellegi Zsófia, Palkó Gábor: A kis gömböc meséje - az ITIdata irodalomtudományos adatbázis fejlesztése 2022–2023-ban	192
Alföldi István, Szemigán Dorottya Henrietta, Palkó Gábor, Fellegi Zsófia: Kutatói e-mail hagyaték archiválása és feldolgozása	199