

# Mészáros Szabolcs MTA doktori értekezésének bírálata

dr. Szabó Róbert  
HUN-REN Csillagászati és Földtudományi Kutatóközpont  
Konkoly Thege Miklós Csillagászati Intézet

## Bevezetés

Mészáros Szabolcs **kutatási területe** a gömbhalmazokban található óriáscsillagok légkörének kémiai elemgyakoriság analízise, ehhez nagy nemzetközi spektroszkópai égboltfelmérések (elsősorban az SDSS – Sloan Digital Sky Survey) adatait használja. Az SDSS team-nek oszlopos tagja, a csillagok légköri elemgyakoriságát meghatározó szoftvercsomag kifejlesztője. Ezen a területen végzett kutatásai nemzetközi jelentőségűek, kutatási eredményeit magas impakt faktorú folyóiratokban közölte. Az általa publikált eredményeknek nemzetközi szinten is nagy visszhangja volt. Több alkalommal tartott tudományos előadást nemzetközi és hazai konferenciákon. **Szcientometriai mutatói** – részben, de nem kizárólag a nagy nemzetközi kollaborációban való részvételének köszönhetően – **kimagaslóak**. Fontos megemlíteni, hogy Mészáros Szabolcs 2021-től az MTA-ELTE A Tejútrendszer Kémiai Feltérképezése **Lendület-kutatócsoport** vezetője, valamint kétszer nyert Bolyai-ösztöndíjat (2015-16, 2019-20).

A jelölt doktori pályázatából egy kiváló kutató képe rajzolódik ki, akinek a publikációi és a rá kapott hivatkozások többszörösen meghaladják a Magyar Tudományos Akadémia Fizikai Tudományok Osztálya által megkövetelt doktori feltételeket.

## Az MTA doktori dolgozat

A 157 oldal terjedelmű, magyar nyelven írt dolgozat címe: **Csillagok kémiai analízise: út a gömbhalmazok többszörös csillagpopulációinak megértéséhez**. Egy rövid, mindössze két oldalas bevezetést követően (ami tulajdonképpen egy előszó) 6 további fejezetre oszlik, melyekben egy csillaglégkörök modellezését tárgyaló elméleti fejezet után a jelölt tudományos eredményeit ismerteti. A dolgozatot Köszönetnyilvánítás és egy 265 tételt tartalmazó Irodalomjegyzék zárja.

Az egyes fejezetek:

### 2. fejezet

#### Elméleti spektroszkópia

Ebben a fejezetben a jelölt az APOGEE égboltfelmérő programhoz fejlesztett modellatmoszféra-adatbázis létrehozásához szükséges fejlesztéseket, és a James Webb űrteleszkóp műszereinek fluxuskalibrációjához fejlesztett BOSZ spektrumadatbázist, valamint ezek elméleti hátterét és technikai lépéseit mutatja be.

### 3. fejezet

#### Az APOGEE atmoszferikus paramétereinek kalibrálása

Itt az SDSS/APOGEE égboltfelmérés ASPCAP nevű pipeline-jához használt interpolációs és kalibrációs eljárásokról esik szó.

#### 4. fejezet

##### **Többszörös csillagpopulációk az északi gömbhalmazokban**

Ebben a fejezetben a jelölt tíz északi gömbhalmaz többszörös csillagpopulációinak első homogén spektroszkópiai analízisét mutatja be a kémiai elemgyakoriságok, valamint azok szórásának és (anti)korrelációinak vizsgálata révén.

#### 5. fejezet

##### **A gömbhalmazok HRD-jének és kémiai összetételének kapcsolata**

Ebben a részben a gömbhalmazbeli többszörös populációk fotometriai kimutathatóságáról esik szó földi teleszkópok és a Hubble-űrtávcsővel történt megfigyelések tükrében.

#### 6. fejezet

##### **Gömbhalmazok kémiai összetételének legkiterjedtebb felmérése**

Az egyik legfajsúlyosabb fejezet, melyben 31 galaktikus gömbhalmaz 2283 csillagának átfogó és nagyon részletes kémiai elemgyakoriság analízisét, és az abból levont következtetéseket találjuk.

#### 7. fejezet

##### **Az omega Centauri többszörös csillagpopulációinak vizsgálata**

A fejezet az omega Centauri, a Tejútrendszer legnagyobb tömegű, és valószínűleg nagyon komplex fejlődési utat bejáró gömbhalmaza többszörös csillagpopulációinak kémiai elemgyakoriság elemzésével foglalkozik. Továbbá itt kapott helyet az objektum más tejútrendszerbeli gömbhalmazokkal történő összehasonlítását tárgyaló alfejezet is.

A dolgozat könnyen olvasható, alapos, esztétikus, a magyar (szak)nyelv szabályait követi, kitűnő alapot jelent a témával ismerkedő hallgatóknak, de más területen dolgozó szakembereknek is. A mű minden kétséget kizáróan **egy sokrétű és impresszív munka kitűnő összefoglalása. A szerző mindenhol példamutatóan, gondosan kiemeli a saját hozzájárulását az eredményekhez, illetve azt is jelzi, ha egy kisebb vagy nagyobb nemzetközi kollaborációban az adott eredmény elsősorban más nevéhez fűződik.** Mindezeket figyelembe véve a jelölt saját munkája meghatározó, az esetek többségében domináns, és a nemzetközi beágyazottságot is jelzi. Az irodalomjegyzék kiterjedt, alapos, fontos munkákat említ, emellett megfelel a tudományterület formai követelményeinek is.

**A dolgozat megfelel a doktori követelményeknek. Mindemellett alátámasztja, hogy a jelölt a csillagászat/asztrofizika területén széleskörű áttekintéssel és korszerű tudományos szakismeretekkel rendelkezik.**

##### **Néhány kritika és javaslat a doktori dolgozattal kapcsolatban:**

- Azon ábrák esetében, melyek feliratot tartalmaznak: ezek a feliratok minden esetben angol nyelvűek maradtak – nyilván az eredeti publikációból átemelve. Ezeket szerencsés lett volna (az ábraalírásokhoz hasonlóan) magyar nyelvre átültetni, már csak a magyar szaknyelv ápolása és a konzisztencia okán is.

- A rövid, két oldalas **Bevezetés** c. fejezetet – ami a dolgozatot kontextusba helyezi és a jelölt kapcsolódási pontjait rögzíti a témához – átneveztem volna **Előszó**vá, és a mostani 1. Fejezetet, aminek a címe: *A csillagok kémiai analízisének alapjai* logikusabbnak érezném Bevezetésként elnevezni, annál is inkább, mert az 1.1 alfejezettel szemben (A csillagszínképek keletkezésének elmélete) az 1.2 (Az APOGEE spektroszkópiai égboltfelmérő program) és az 1.3 (Többszörös csillagpopulációk gömbhalmazokban) alfejezetek már nem igazán illeszkednek a főcímmel.

- Bár a tudományos eredményeket tárgyaló fejezetek végén minden esetben van egy rövid (egy-, maximum kétoldalas) összefoglaló, ami a legtöbb esetben tényleg ez: rövid összefoglalása a fejezetnek és a téziseknek, néhány esetben megemlítve az eredmények alkalmazását, alkalmazhatóságát is, a dolgozat végéről mégis hiányoltam egy **Kitekintés** c. fejezetet, amiben a jelölt kifejthette volna, hogy hogyan látja a terület jövőjét, perspektíváit, különös tekintettel a futó vagy tervezett nagy földi égboltfelmérő programok (WEAVE, LSST, Maunakea Spectroscopic Explorer – MSE, Wide Field Spectroscopic Telescope – WST), óriástávcsövek (pl. ELT) és űrteleszkópok (pl. James Webb) által nyújtott lehetőségek fényében.

- Az „elemgyakoriság” kifejezést két értelemben is használja a szerző a dolgozatban: egyrészt az egyes kémiai elemek gyakoriságának vagy gyakoriságarányának jelzésére (ennek definícióját az 1.1.3 fejezetben adja), másrészt a „kémiai összetétel” vagy „több kémiai elem gyakoriság kombinációja vagy gyakoriság eloszlása” fogalomra. Ez utóbbit jó lett volna következetesen „kémiai összetételnek” hívni, elkerülve így a pongyola fogalmazás okozta esetleges félreértéseket.

#### **Elütések, kisebb hibák a dolgozatban:**

13. oldal közepe „vizsgálta1” (felesleges „1”-es karakter)

14. oldal „... míg a halmaz második generáció keletkezésekor jelen lévő csillagközi anyag már az előző generáció által termelt kémiai elemekkel szennyezett.” (míg a halmaz második generációjának keletkezésekor)

36. oldal MA-interpoláció: itt szerepel először a rövidítés, de nincs feloldva, csak a szöveggörnyezetből derül ki, hogy modellatmoszféra-interpolációról van szó

74. old. „A C esetben sajnos a mérési pontosság szinte minden halmazban nagyobb volt, mint a [C/Fe] szórása, ezért a többszörös populációk miatt várt alacsony C-szórást nem tudtam kimutatni.” Itt gondolom, hogy a *mérési pontatlanság* volt nagyobb, vagy a *mérés hibája*, és nem a pontossága.

99. old „... az átlagos radiális sebességekhez és sebességdiszperzióhoz Baumgardt & Hilker (2018) *Gaia* DR2 katalógusát használtam.” Ez valószínűleg a Baumgardt, Hilker et al. (2019) cikk akart lenni (amit néhány sorral korábban hivatkozott is a jelölt), mert a Baumgardt & Hilker (2018) munka archív ESO/VLT és Keck spektrum-adatokat használ, Gaia-adatokat nem.

#### **A tézisek**

A dolgozat és a tézisek asztrofizikai témái időszerűek, nagy nemzetközi együttműködéshez (SDSS) kötődnek. A dolgozatban használt tudományos **vizsgálati módszerek korszerűek és színvonalasak**. A jelölt a módszereket azok használhatósági tartományain belül, az esetleges hibaforrásokat is gondosan mérlegelve alkalmazza. **Emellett az asztrofizikai-csillagászati kérdésfeltevések és az azokra adott válaszok is adekvátak és színvonalasak**.

A téziseket a jelölt 6 fő pont köré – melyek a dolgozat felépítését követik – rendezve további alpontokban mutatja be. Az egyes főbb témakörökhöz rendre 2,3,6,2,5 és 4 alpontot rendelt. A tézisekhez 12 publikáció kapcsolódik, ezek közül 7 első szerzős. A tézisekhez kapcsolódó publikációkra e sorok írásáig 2079 hivatkozást kapott, ebből 611-et a az első szerzős művekre. Az SDSS 10. adatkiadását ismertető cikk önmagában 900-nál is több hivatkozással bír. **A tézisek mindegyikét a jelölt saját tudományos eredményeként ismerem el.**

### **A pályázó tudományos eredményei**

**Mészáros Szabolcs gömbhalmazpopulációkkal kapcsolatos, illetve a gömbhalmazbeli (óriás)csillagok kémiai elemgyakoriságával kapcsolatos vizsgálatai nagyon jelentősek, sőt meghatározóak az adott szakterületen.** Az SDSS égboltfelmérés homogén mintája korábban elérhetetlennek tűnő vizsgálatokat tett lehetővé, és részletesen vizsgálhatóvá váltak az időközben fotometriai úton is felfedezett – a korábban egységes populációnak hitt és úgy is kezelt – különböző gömbhalmazpopulációk, elsősorban légköri kémiai elemgyakoriságok elemzésével. A doktori pályázatból egyértelműen kiderül, **hogy a jelölt az adott tématerület nemzetközileg elismert, vezető kutatója.**

Mészáros Szabolcs **publikációs teljesítménye** és az arra kapott hivatkozások a fokozatszerzés után az SDSS-hez való csatlakozással egyidőben ugrásszerűen, nagyságrendi változást mutatnak. Publikációinak és az arra kapott hivatkozások túlnyomó részét a PhD megszerzése (2010) utánra datálhatjuk. Munkáit az MTMT szerint 115 (az Astrophysical Data System mértékadó forrás szerint 122) tudományos publikációban jelentette meg (a folyóiratok impakt faktora jellemzően 4 és 6 közötti), amire e sorok írásáig 10034 független hivatkozást kapott az MTMT szerint. Mészáros Szabolcs összes hivatkozásainak száma az ADS szerint 19708. Hirsch-indexe – annak eredeti definíciója szerint – 55. Mészáros Szabolcs tehát **az MTA Fizikai Tudományok Osztálya által megállapított küszöbfeltételeket sokszorosán teljesíti.**

Ezek alapján kijelenthető, hogy a jelölt folyamatosan magas szintű, önálló tudományos, alkotó tevékenységet folytatott, a nemzetközi tudományos életben is közzétett és elismert új tudományos eredményekkel, **meghatározó mértékben járult hozzá a gömbhalmazok csillagairól, azok különböző populációról és kémiai fejlődéséről, közvetve a Tejútrendszer kialakulásáról alkotott ismereteink fejlesztéséhez.**

Mészáros Szabolcs tudományos munkásságának megítéléséhez fontos adalék, hogy **több sikeresen elnyert** – hazai – **tudományos pályázat** fűződik a nevéhez: MTA Prémium posztdok pályázat (2016-2019), NKFIH „K-OTKA” pályázat (2016-2020). A legkiemelkedőbb pedig a 2021-ben elnyert Magyar Tudományos Akadémia Lendület-pályázata (2021-2026).

A jelölt tudományos eredményeit nemzetközi konferenciákon, előadás formájában is ismertette. Több évet töltött külföldi kutatóhelyeken is posztdoktori kutatóként. Mészáros Szabolcs több egyetemen is (Szegedi Tudományegyetem, ELTE) 2003-tól kezdve **15 szemeszternyi kurzust** (nagyobb részben előadást, kisebb részben gyakorlatot) tartott és tart. A kurzusok tematikája általános csillagászati, asztrofizikai, de az űrkutatásra is kiterjed. Az általa vezetett PhD-munkák száma: 2, egyikük már a védésen is túl van. Négy TDK-dolgozat (ezek között OTDK 1., 2. helyezett és dicséret is előfordul), 3 lezárt és 2 futó diplomamunka (BSc és MSc) témavezetése fűződik Mészáros Szabolcshoz.

Mészáros Szabolcs tudományos eredményei, SDSS-V tagsága, nemzetközi munkacsoport vezetése, valamint együttműködése a Space Telescope Science Institute-tal világosan mutatják **nemzetközi tudományos életben** való aktív részvételét. Dokumentált oktatási és témavezetési tevékenysége, pályázati sikerei és elismerései pedig maximálisan alátámasztják **a hazai tudományos életben való részvételét is.**

#### **Kérdéseim a dolgozattal kapcsolatban:**

**1.** A jelölt több lehetséges mechanizmust is említett a dolgozatában a gömbhalmazok többszörös populációinak kialakulására. A legújabb ismeretek és eredményének – és az omega Centauri komplex esetének – fényében a jelölt véleménye szerint melyik, vagy melyek kombinációja tűnik jelenleg a legjobb magyarázatnak?

**2.** Volt-e már próbálkozás, illetve lehetséges lesz-e a közeli jövőben a Tejútrendszerünkbe éppen beolvadó galaktikus csillagáramok (streakok) csillagaira a dolgozatban ismerttetthez hasonlóan részletes kémiai elemgyakorosság vizsgálat vagy éppen többszörös csillagpopulációk kimutatása?

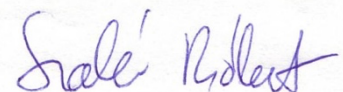
**3.** A 100. oldalon – az északi és déli gömbhalmazok homogén vizsgálatánál – azt írja a jelölt, hogy a vizsgálatból kihagyta azokat a csillagokat, ahol a jel/zaj viszony 70-nél kisebb volt. Mennyire önkényes ez a választás? Arra kérem a jelöltet, hogy néhány csillag spektrumán keresztül – vagy akár számítással – indokolja, hogy miért itt húzta meg a határt. Mennyiben függenek az adott fejezetben taglalt főbb összefüggések és következtetések a határ pontos értékétől?

**4.** Kérem a jelöltet, hogy ismertesse, hogy a már működő James Webb Űrteleszkóp és az ESO tervezett és jó ütemben épülő ELT (Extremely Large Telescope) óriástávcsöve milyen lehetőségeket hordoznak a gömbhalmazokban található csillagpopulációk kémiai összetételének vizsgálatának továbbvitelében.

#### **Összegző vélemény:**

A tézisek mindegyikét a jelölt saját tudományos eredményeként ismerem el. A doktori munka tudományos eredményeit elegendőnek tartom az MTA doktori cím megszerzéséhez. Javaslom a védés nyilvános kitűzését.

Budapest, 2024. július 4.



dr. Szabó Róbert