

DOKTORI (PhD) ÉRTEKEZÉS TÉZISEI

**KŐOLAJIPARI CÉLOKRA ELŐÁLLÍTOTT
TENZIDKOMPOZÍCIÓK VIZSGÁLATA**

**Készült a Pannon Egyetem Vegyészmérnöki- és Anyagtudományok Doktori
Iskola keretében**

KÉSZÍTETTE:

HARTYÁNYI MÁTÉ

OKLEVELES VEGYÉSZMÉRNÖK

TÉMAVEZETŐ:

DR. NAGY ROLAND

TUDOMÁNYOS FŐMUNKATÁRS

PANNON EGYETEM

MÉRNÖKI KAR

BIO-, KÖRNYEZET- ÉS VEGYÉSZMÉRNÖKI KUTATÓ-FEJLESZTŐ KÖZPONT

MOL- ÁSVÁNYOLAJ ÉS SZÉNTÉCHNOLÓGIAI INTÉZETI TANSZÉK

VESZPRÉM

2025

1 Bevezetés és célkitűzés

Napjainkban egyre nagyobb hangsúlyt fektetnek a megújuló és megújítható energiaforrások kutatására és azon cél elérésére, hogy a fosszilis energiahordozók felhasználásának arányát csökkentsék, azonban a kőolaj, mint energia és alapanyag forrás feltehetően az elkövetkező években továbbra is jelentős szereppel bír majd. Mivel a kőolaj véges energiaforrás és nyersanyag, ezért mennyiségének csökkenésével a kitermelés hatékonyságát növelő kutatások és módszerek előtérbe kerülnek, mint például a tenzides és tenzid-polimeres elárasztásos telep művelési technikák. Ezek alkalmazása szükségessé válik olyan egyre nehezedő réteg körülmények mellett is, mint például a nagy sótartalmú rétegvizek, vagy magas hőmérsékletű tárolók.

A tenzidek és tenzidkompozíciók alkalmazhatóságát nehezítik a folyamatosan szigorodó környezetvédelmi szabályozások, melyek a korábban eredményesen alkalmazható felületaktív anyagok helyett új környezetbarát és zöld alapanyagokból előállítható tenzidek fejlesztésének irányát teszik szükségessé, melyek alkalmazhatósági tartománya jellemzően szűkebb. A tenzidek választékának bővülésével és a szélsőséges tárolói körülmények miatt, korábban nem tapasztalt, új jelenségek és kihívások kerülnek napvilágra, ami a tenzidkompozíciók egyedi fejlesztését teszi szükségessé. Ezen új megoldások és kihívások a korábban alkalmazott fejlesztési folyamat és a mérési módszerek felülvizsgálatát is szükségessé teszik.

PhD cselekményem céljával a tenzidek és tenzidkompozíciók fejlesztésében, valamint szelekciójában alkalmazott vizsgálati módszerek felülvizsgálatát és továbbfejlesztését tűztem ki. Azon vizsgálati módszerek esetén, ahol a fejlesztés szükséges, javítani kívánom a vizsgálatok megbízhatóságát és/vagy csökkenteni szeretném az egészségügyi- és biztonsági kockázatokat a vizsgálat kivitelezése során. Továbbá célom a tenzidkompozíciók fejlesztését elősegítő összefüggések feltárása, oly módon, hogy vizsgálom a tenzidkompozíció összetételében történő módosítások befolyását a hatásvizsgálati jellemzőkre.

2 Kísérleti tevékenység

Kísérleti munkám első részében három, a tenzid fejlesztésben alkalmazott vizsgálati módszer továbbfejlesztését hajtottam végre. A vízszám a tenzidek hidofil-lipofil egyensúlyával kapcsolatba hozható tulajdonság. Ennek vizsgálatához ciklohexán és 1,4-dioxán

szerves oldószerek elegyére van szükség. Munkám során utóbbi komponens cseréjét hajtottam végre, hogy a vizsgálat egészségügyi kockázatát csökkentsem.

A tenzidek és tenzidkompozíciók olajkimosó hatásának vizsgálatára alkalmazott módszer egy gyors és egyszerű vizsgálat, mely a tenzidkompozíciók előszelekciójának egyik eszköze. A módszer során a közetréteg kialakítása kloroform oldószer felhasználásával történik. Ezen vizsgálat hátránya, hogy az így kialakított közetréteg sérülékeny. A PhD cselekményem során a vizsgálat során alkalmazott közetréteg geometriájának megváltoztatásával továbbfejlesztettem a módszert. Az új metódus során a közetréteg kialakítása egy üvegapilláris belsejében történik, így az kevésbé sérülékeny. A módszer további előnye, hogy a réteg előkészítéshez nem szükséges szerves oldószer, ezáltal a vizsgálat költsége és egészségügyi kockázata csökkenthető.

A harmadik vizsgálati módszer, melynek fejlesztését szükségesnek tartottam az emulgeáló hatásvizsgálat volt. Ezen vizsgálat az egész világon elterjedt, azonban kisebb nagyobb eltérések vannak a kivitelezés módjában, ami nem teszi lehetővé a különböző kutatóhelyek eredményeinek összehasonlíthatóságát. Munkám során megvizsgáltam és bebizonyítottam, hogy a keverés intenzitása kulcsfontosságú tényező ezen vizsgálat kivitelezésekor, és ezen paraméter helyes megválasztásával a mérések hibája csökkenthető.

Kísérleti munkám második felében megvizsgáltam a tenzidkompozíció összetételének változása, mint a tenzidkompozíció alkotóinak aránya és új komponensek alkalmazása által okozott hatásokat a tenzidkompozíciók oldhatóságának és kőolajjal szembeni határfelületi feszültség vizsgálatainak eredményeire nagy sótartalmú rétegvízben való alkalmazása esetén.

Továbbá oxo-alkohol típusú oldószerek különböző arányú alkalmazásának hatásait vizsgáltam az olajkimosó és emulgeáló hatás, továbbá a határfelületi feszültség vizsgálatok eredményeire a tenzidkompozíciót önmagában és folyási tulajdonságot módosító polimereket együtt alkalmazva.

Végezetül egy korábban már sikeresen alkalmazott tenzidkompozícióhoz újabb tenzid komponenst adva vizsgáltam a tenzidkompozíciók oldatainak reológiai tulajdonságait, valamint annak változását folyási tulajdonságot módosító polimerrel történő együttes alkalmazás esetén.

3 Új tudományos eredmények

1. Emulgeáló hatás vizsgálatára alkalmas módszer kifejlesztése

A harmadlagos kőolaj kitermelésben alkalmazott tenzidkompozíciók szelekciójára az egyik legelterjedtebben alkalmazott vizsgálati módszer az emulgeáló hatás vizsgálata. Munkám során a nátrium-lauril-éter-szulfát és kókuszszírsav-dietanol-amin tenzidek és ezek alkotta tenzidkompozíciók 15 g/l hatóanyag koncentrációjú, RV-(6) jelű rétegvizes oldatainak emulgeáló hatását vizsgáltam KO-1 jelű kőolajjal különböző keverési paraméterek (keverési idő [5-600 sec] és keverési sebesség [500-1500 rpm]) változtatása esetén 25 °C hőmérsékleten.

- a. *A tejtermékek és a finomított kőolaj termékek vízelvállásának szabványos vizsgálatára alkalmas berendezés (ADEM) használható kőolaj-rétegvíz emulziók vizsgálatára.*
- b. *A keverési időt és vagy a keverési sebességet növelve a vizsgált körülményekre jellemző emulziós fázis mennyiség alakul ki és a keverési intenzitás további növelése jelentős változást nem eredményez.*
- c. *Összehasonlító vizsgálatokat végeztem kézi emulgeáló hatás vizsgálatokkal, ami alapján megállapítottam, hogy az automata berendezéssel végzett emulgeáló hatás vizsgálatok a megfelelő keverési paraméterek megválasztásával javítható a módszer megbízhatósága a hagyományos módon végzett emulgeáló hatás vizsgálatokhoz képest.*
- d. *A módszer megbízhatóságának vizsgálata során megállapítottam, hogy adott paraméterek mellett a párhuzamos vizsgálatok relatív szórása 3% alatti, amely az eddigi módszernél pontosabb.*

2. Olajkimosó hatás vizsgálatára alkalmas módszer továbbfejlesztése

Az olajkimosó hatás meghatározása a kőolajkitermelésben alkalmazott tenzidkompozíciók egyik gyors szelekciós módszere, amely során a kőolaj, rétegvíz és a közet is befolyásoló hatással van a vizsgálat eredményére. A korábban alkalmazott olajkimosó hatás vizsgálat során a porított közetmag alkotta réteg kialakítása üveglapon kloroform oldószer felhasználásával történt. Munkám során felülvizsgáltam az olajkimosó hatás vizsgálat módszerét és továbbfejlesztettem azt.

- a. *Az olajkimosó hatás vizsgálat elvégezhető üveg kapillárisban, kloroform (vagy egyéb oldószer) felhasználása nélkül kialakított porított közet alkotta fázison.*
- b. *A módszer megbízhatóság vizsgálatának eredményei alapján a módszer relatív szórását 10 % alattinak határoztam meg, amely megegyezik az eredeti módszer relatív szórásával.*

- c. *Összehasonlító vizsgálatok alapján megállapítottam, hogy a két vizsgálati módszerrel meghatározott olajkimosó hatás vizsgálatok eredményei között a korrelációs faktor 0,9907, ami alapján a két módszerrel mért eredményeket összehasonlíthatónak ítélem meg.*
- d. *Megvizsgáltam az üveg kapillárisban végzett mérések esetén az álló fázis (porított közet) sűrűségének hatását a kapott eredményekre. A vizsgált paraméterek mellett a töltet sűrűségének 1,490-2,656 g/cm³ tartományban való változása nincs hatással az eredményekre.*

3. Vízsám meghatározására alkalmas módszer továbbfejlesztése

Tenzidek hidrofil-lipofil jellegének jellemzésére alkalmas vizsgálati módszer a vízsám meghatározás, amely során a tenzidet ciklohexán és 1,4-dioxán elegye alkotta oldószerben kell feloldani. Munkám során az 1,4-dioxán komponens cseréjét végeztem el a kőolajiparban használt különböző tenzidek (anionos, nemionos és amfoter) esetén HLB (7,5-17) érték tartományban.

- a. *A vízsám meghatározására oldószerként használt ciklohexán:1,4-dioxán elegy 1,4-dioxán komponense acetonnal helyettesíthető a vizsgált tenzidek esetén.*
- b. *A módszer megbízhatóságának meghatározása során megállapítottam, hogy az egyes tenzidek esetén az aceton felhasználásával végzett mérések eredményeinek relatív szórása kisebb az eredeti (1,4-dioxán) oldószer eleggyel végzett vizsgálatok esetén meghatározott eredményekhez képest.*
- c. *A szakirodalmi értékek alapján számolt vízsám értékekkel való összehasonlítás során megállapítottam, hogy az aceton felhasználásával mért vízsám értékek relatív hibája kisebb, mint az 1,4-dioxánnal végzett vizsgálatoké.*

4. Tenzidkompozíciók vízben való oldhatóságának vizsgálata nagy sótartalmú rétegvízben tenzidkompozíció fejlesztés céljából

A kőolajkitermelés fokozására alkalmazott tenzidkompozíciókkal szembeni egyik nagy kihívás a nagy sótartalmú szénhidrogén tárolókban történő alkalmazásuk. Munkám során megvizsgáltam különböző, kis sótartalmú rétegvizekben korábban már bizonyított, tenzidek oldhatóságát nagy sótartalmú RV-(245) rétegvízben 25 °C hőmérsékleten 1 g/l koncentrációban alkalmazva. Továbbá teszteltem ezen tenzidek felhasználásával előállított tenzidkompozíciók oldhatóságát és KO-3 jelű kőolajjal szembeni határfelületi feszültségüket.

- a. Rétegvízben való oldhatóság vizsgálata során megállapítottam, hogy a nátrium-lauril-éter-szulfát és Komad-710, Komad-711, Disponil ALS33 jelű tenzidek közül egyedül a nátrium-lauril-éter-szulfát anionos tenzid képes jól oldódni a vizsgált körülmények mellett. Ezen tenzidek és 2-butoxietanol koszolvens tenzidkompozíciókban történő társítása esetén azonban önmagukban nem, vagy csak rosszul oldódó tenzidek is oldatba vihetők a vizsgált körülmények mellett.
- b. Az azonos szisztéma alapján formulázott tenzidkompozíciók oldatainak turbiditása és a kőolajjal szembeni határfelületi feszültség értékei között, a tenzidkompozíció formulázást elősegítő, lineáris összefüggést állapítottam meg.

5. Oxo-alkohol típusú vegyületek koszolvensként való alkalmazásának vizsgálata tenzidkompozíció fejlesztés céljából

Megvizsgáltam a 2-butoxietanol és a 2-fenoxietanol hatását 1-15 m/m% arányban alkalmazva kókuszszírsav-dietanol-amin és Hostapur OS jelű tenzidek alkotta 90/10 m/m% arányú tenzidkompozícióban folyási tulajdonságot módosító polimer alkalmazása nélkül és 1 g/l POL-1 jelű polimert alkalmazva. Munkám során vizsgáltam az emulgeáló hatást 80 °C hőmérsékleten 24 óra ülepedési idő után, KO-1 jelű kőolaj és RV-(6) jelű rétegvíz 50-50 V/V%-os arányát alkalmazva. Továbbá ezen anyagokat felhasználva meghatároztam a kőolaj-rétegvíz közti határfelületi feszültség értékeket 40 °C hőmérsékleten és elvégeztem az olajkimosó hatás vizsgálatokat algyői porított homokkövön, 80 °C hőmérsékleten.

- a. A kókuszszírsav-dietanol-amin és Hostapur OS jelű tenzidek alkotta 90/10 m/m% arányú tenzidkompozícióban a 2-butoxietanol és a 2-fenoxietanol alkalmazása csökkenti az emulgeáló hatást mértékét.
- b. A vizsgált körülmények között a 2-butoxietanol és a 2-fenoxietanol alkalmazása javítja az olajkimosó hatást és csökkenti a kőolaj és a rétegvíz közötti határfelületi feszültséget.
- c. Megállapítottam, hogy 1 g/l POL-1 jelű folyási tulajdonságot módosító polimer alkalmazása során a 2-butoxietanol 1-3 m/m% arányú, valamint a 2-fenoxietanol 1-10 m/m% arányú alkalmazása növeli a határfelületi feszültséget. A koszolvens arányának növelésével a tenzidkompozícióban azonban csökkenthető a határfelületi feszültség érték a koszolvens alkalmazása nélkül végzett vizsgálatok eredményeihez viszonyítva.

6. Tenzid-polimer oldatok reológiai tulajdonságának vizsgálata tenzidkompozíció fejlesztés céljából

A harmadlagos kőolaj kitermelési eljárások során tenzidkompozíciók és folyási tulajdonságot módosító polimerek elkülönített szelekciója mellett azok együttes vizsgálata is szükséges. Korábbi vizsgálatok alapján kiválasztott KOMAD-711 jelű anionos- és KOMAD-710 jelű nemionos tenzid 70/30 m/m% arányú keverékéből létrehozott tenzidkompozíció 15 g/l koncentrációjú oldatának viszkozitás változását vizsgáltam a nyírási sebesség függvényében. A tenzidkompozícióhoz nátrium-lauril-éter-szulfát anionos tenzidet adtam 25 m/m% arányban, valamint a rétegvizes oldatban különböző molekulatömegű folyásmódosító polimereket alkalmaztam 1 g/l koncentrációban.

- a. A KOMAD-711 jelű és KOMAD-710 jelű tenzidek alkotta tenzidkompozíciót a folyási tulajdonságot módosító polimerrel együtt alkalmazva RV-(6) jelű rétegvízben az oldat viszkozitását tekintve 1-1000 1/s nyírási sebesség tartományban 25 °C hőmérsékleten a tenzidkompozíció és a polimer között, cEOR szempontból kedvező kölcsönhatás jön létre.*
- b. A KOMAD-711 jelű anionos tenzid és KOMAD-710 jelű nemionos tenzid alkotta tenzidkompozícióhoz 25 m/m% arányban nátrium-lauril-éter-szulfát anionos tenzidet adva a tenzidkompozíció rétegvizes oldatának viszkozitása növelhető.*
- c. A KOMAD-710; KOMAD-711 és nátrium-lauril-éter-szulfát alkotta tenzidkompozíció és a folyási tulajdonságot módosító polimer között csak a vizsgált nyírási tartomány egy részében alakul ki előnyös kölcsönhatás.*

4 Eredmények ipari alkalmazhatósága

PhD cselekményem során ipari ösztöndíjban részesültem ezért munkám során folyamatosan részt vettem az aktuális ipari projektekből, kutatási- és fejlesztési munkálatokban. Ezen időszak alatt több mint 10 kőolajmező rezervoár-geológiai, fluidum fizikai-kémiai paramétereire alapján végeztünk tenzid szelekciós vizsgálatokat. A dolgozatom főbb kutatási irányát az aktuális ipari problémák indukálták és a vizsgálati eredményeim felhasználásra kerültek az ipari alkalmazás során.

Az emulgeáló hatás vizsgálatának továbbfejlesztését a vizsgálatokban résztvevő kutatóhelyek eredményei közötti eltérések indukálták. Munkám során arra a következtetésre jutottam, hogy az eltérő eredmények okai az eddig alkalmazott vizsgálati módszerben (bottle test vagy kézi módszer), azon belül is a keverés intenzitásának eltérésében keresendő. Az általam kifejlesztett módszer alapján a MOL-LUB Kft. a minősítő laboratóriuma beszerzett a vizsgálatra alkalmas berendezést és az általuk gyártott tenzidek és tenzidkompozíciók minősítésének folyamatába beépítette a vizsgálati módszert.

Az olajkimosó hatás vizsgálati módszerfejlesztésének két fő hajtóereje volt. Egyrészt a módszer során használt kloroform oldószer alkalmazása napjainkban a biztonságtechnikai és jogszabályi előírásnak nem felel meg. Másrészt az eredeti módszer nem alkalmazható magas kvarc tartalmú porított kőzetek esetén, mivel a kőzet vékonyréteg nem marad meg az üveglap felületén. A továbbfejlesztett módszerrel a kloroform okozta probléma nem okoz gondot, mivel szerves oldószer alkalmazása nélkül kerül kialakításra a kőzet modell. Az új módszer geometriájából adódóan sikerült kiküszöbölni a kvarchomok használata során tapasztalt problémát és a Pannon Egyetem munkatársai sikeresen hajtották végre tenzidek szelekcióját tiszta kvarc homok alapú porított kőzetanyag felhasználásával is.

A tenzidkompozíciók fejlesztésének jelenlegi legnagyobb kihívása a magas sótartalmú rétegvizekben történő alkalmazásuk. Korábban alacsony sótartalmú körülmények között már sikeresen használt tenzidek nem, vagy csak részlegesen oldódnak ezekben a rétegvizekben, ennél fogva hatékonyságuk is csökkent. Munkám során vizsgáltam a tenzidkompozíciók alkalmazhatóságát nagy sótartalmú rétegvizekben. Eredményeim felhasználásra kerültek több kőolajmező paramétereire alapján végzett tenzidkompozíció fejlesztésénél. A méretnövelési kísérletek követően a MOL Nyrt szakemberei az így megalkotott tenzidkompozíciókat beépítették a két újonnan piacra került, kereskedelmi forgalomban kapható (KOMAD-6241SD és KOMAD-6241SE) tenzidkompozíciók a portfóliójába és a gyártási folyamatba.

A MOL Nyrt. portfóliójában levő tenzidkompozíciók közül többnek is komponense a 2-butoxietanol. Ennek az oldószernek a zárttéri lobbaspontja viszonylag alacsony (67 °C), ami megnehezíti a gyártást, szállítást és felhasználást főleg a nyári hónapokban és a melegebb éghajlati viszonyok között. Munkám során alternatív oldószerek alkalmazását vizsgáltam, melynek eredményeként a MOL Nyrt új, mediterrán tenzid termékcsalád kifejlesztésébe kezdett.

5 A doktori dolgozat témaköréhez tartozó közlemények

5.1 A PhD dolgozat alapját képező közlemények

Idegen nyelvű, külföldi folyóiratban megjelent közlemény:

1. **Hartyányi, M.**, Nagy, R., Bejczy, R., Bartha, L., & Puskás, S. (2025). The Impact of Salt Concentration on the Screening of Surfactant Packages for EOR Applications. *Energy Science & Engineering*. [Q2; IF: 3,5]
2. **Hartyányi, M.**, Nagy, R., Bartha, L., & Puskás, S. (2024). Study on Emulsification Effect of Crude Oil in Brine Emulsions by Automated Demulsibility Tester. *Energies*, 17(10), 2438. [Q1; IF: 3,0]
3. Nagy, R., **Hartyányi, M.**, Bartha, L., & Puskás, S. (2024). Study On Surfactants Based On Vegetable Oil By Emulsification Effect. *Chemical Engineering Transactions*, 110, 133-138. [Q3]
4. **Hartyányi, M.**, Bejczy, R., Nagy, R., Demcsák, N., Bartha, L., & Puskás, S. (2024). An improved method for determining the water number for surfactants. *MethodsX*, 12, 102671. [Q2; IF: 1,7]
5. **Hartyányi, M.**, Nagy, R., Bartha, L., & Puskás, S. (2024). Investigation the Solubility of Vegetable Oil-based Nonionic Surfactants for the Petroleum Industry. *Chemical Engineering Transactions*, 110, 127-132. [Q3]
6. Nagy, R., **Hartyányi, M.**, Bejczy, R., Bartha, L., & Puskás, S. (2025). Recent aspects of chemical enhanced oil recovery. *Chemical Papers*, 1-22. [Q2; IF: 2,0]
7. Nagy, R., **Hartyányi, M.**, Bartha, L., & Puskás, S. (2024). Investigation of Interaction Between Viscosity-modifier Polymers and Surfactants Based on Vegetable Oil for Chemical Enhanced Oil Recovery. *Chemical Engineering Transactions*, 109, 307-312. [Q3]

Magyar nyelvű folyóiratban megjelent közlemények

1. **Hartyányi M.**, Nagy R., Bartha L., Puskás S., (2023), Tenzidek emulgeáló hatásának meghatározására alkalmazott módszerek összehasonlító vizsgálata, *Anyagvizsgálók lapja*, 2023/1, 13-16.

Nemzetközi, idegen nyelvű konferencia előadás teljes szövegű megjelenéssel:

1. **Hartyányi, M.**, Nagy, R., Bartha, L., & Puskás, S. Investigation the Solubility of Vegetable Oil-based Nonionic Surfactants for the Petroleum Industry; *Industrial Biotechnology International Conference* (Bologna, Olaszország); 2024.06.30-07.04.
2. Nagy, R., **Hartyányi, M.**, Bartha, L., & Puskás, S. (2024). Investigation of Interaction Between Viscosity-modifier Polymers and Surfactants Based on Vegetable Oil for Chemical Enhanced Oil Recovery; *International Conference on BIOMASS* (Palermo, Olaszország) 2024.05. 19-22.
3. Nagy, R., **Hartyányi, M.**, Bartha, L., & Puskás, S. (2024). Study On Surfactants Based On Vegetable Oil By Emulsification Effect. *Industrial Biotechnology International Conference* (Bologna, Olaszország); 2024.06.30-07.04.

Nemzetközi, idegen nyelvű konferencia előadás kivonatos megjelenéssel:

1. **Hartyányi, M.**, Nagy, R., Bartha, L., Puskás, S.; Rheological study on surfactant packages and polymers for chemical enhanced oil recovery; *13. International Colloid Conference* (Sitges, (Barcelona), Spanyolország); 2024.06.09-12.
2. Bejczy, R., **Hartyányi, M.**, Nagy, R., Demcsák, N., Bartha, L., Puskás, S.; Development of Determination Method for the Water Number of Surfactants; *13. International Colloid Conference* (Sitges, (Barcelona), Spanyolország); 2024.06.09-12.
3. Nagy, R., **Hartyányi, M.**, Bartha, L., Puskás, S.; Investigation of stability of surfactant solution for CEOR (Chemical Enhanced Oil Recovery); *13. International Colloid Conference* (Sitges, (Barcelona), Spanyolország); 2024.06.09-12.
4. Nagy, R., **Hartyányi, M.**, Bartha, L., Puskás, S.; Study on the interaction between flow-modifier polymers and surfactants mixtures in chemical enhanced oil recovery; *12th. International Colloid Conference* (Palma de Mallorca, Spanyolország); 2023.05.11-14.

Magyar nyelvű konferencia előadás kivonatos megjelenéssel:

1. **Hartyányi, M.**, Nagy, R., Bartha, L., Puskás, S.; Kőolajipari célokra előállított tenzidkompozíciók rétegvízben való oldhatóságának vizsgálata; *XXIX. Nemzetközi Vegyészkonferencia* (Marosvásárhely, Románia); 2023.10.25-28.
2. **Hartyányi, M.**, Nagy, R., Bartha, L., Puskás, S.; Kókuszszírsav-dietanolamid emulgeáló hatásának vizsgálata a keverés intenzitásának függvényében kőolaj-rétegvíz rendszer esetén; *XXVII. Nemzetközi Vegyészkonferencia* (Online); 2021.10.29.
3. **Hartyányi, M.**, Nagy, R., Bartha, L., Puskás, S.; Emulgeáló képesség összehasonlító vizsgálata; *Műszaki Kémiai Nap 2021* (Veszprém; Online); 2021.04.21.

5.2 A PhD dolgozat tématerületét érintő közlemények

Idegen nyelvű, külföldi folyóiratban megjelent közlemény:

1. **Hartyányi, M.**, Nagy, R., Bejczy, R., Bartha, L., & Puskás, S. (2025). Estimation of the hydrodynamic diameter of mobility-controlling polymers for chemical enhanced oil recovery based on dynamic viscosity. *Heliyon*, 11(13), e43709. [Q1; IF: 3,6]
2. **Hartyányi, M.**, Nagy, R., Bartha, L., & Puskas, S. (2024). Investigation of Vegetable Oil-based Nonionic Surfactants for the Petroleum Industry. *Chemical Engineering Transactions*, 109, 163-168. [Q3]
3. **Hartyányi, M.**, Nagy, R., Bartha, L., & Puskás, S. (2022). Selection Method of Flow Modifier Polymers for Chemical Enhanced Oil Recovery. *Acta Materialia Transylvanica (EN)*, 5(1), 14-17.
4. Nagy, R., Kothencz, R., **Hartyányi, M.**, Bartha, L. (2022). Relationship between some Colloidal properties of non-ionic-anionic surfactant mixtures. *Processes*, 10(6), 1136. [Q2; IF: 3,5]
5. Nagy, R., Elekes, A., Bartha, L., **Hartyányi, M.**, Puskás, S. (2021). Study on the dynamic viscosity of crude oil-in-water emulsions. *Petroleum Science and Technology*, 39(19-20), 896-907. [Q3; IF: 1,695]
6. Nagy, R., **Hartyányi, M.**, Nagy, B., Varga, C. (2020). Determination of free Diethanolamine content. *Papers on Technical Science*, 13, 158-161.

Nemzetközi, idegen nyelvű konferencia előadás teljes szövegű megjelenéssel:

1. **Hartyányi, M.**, Nagy, R., Bartha, L., & Puskas, S. (2024). Investigation of Vegetable Oil-based Nonionic Surfactants for the Petroleum Industry. *International Conference on BIOMASS* (Palermo, Olaszország) 2024.05. 19-22.

Nemzetközi, idegen nyelvű konferencia előadás kivonatos megjelenéssel:

1. **Hartyányi, M.**, Nagy, R., Bartha, L., Puskás, S.; New selection method of flow-modifying polymers for chemical enhanced oil recovery; *12th. International Colloid Conference* (Palma de Mallorca, Spanyolország); 2023.05.11-14.

Magyar nyelvű konferencia előadás teljes szövegű megjelenéssel:

1. **Hartyányi, M.**, Nagy, R., Bartha, L., & Puskás, S. (2022). Selection Method of Flow Modifier Polymers for Chemical Enhanced Oil Recovery. *Acta Materialia Transylvanica (EN)*, 5(1), 14-17.
2. Nagy, R., **Hartyányi, M.**, Nagy, B., Varga, C. (2020). Determination of free Diethanolamine content. *Papers on Technical Science*, 13, 158-161.

Magyar nyelvű konferencia előadás kivonatos megjelenéssel:

1. **Hartyányi, M.**, Nagy, R., Bartha, L., Puskás, S.; cEOR célú polimerek előszelekciós módszere (Pre-selection method for cEOR polymers); *XXVIII. Nemzetközi Vegyészkonferencia* (Nagyvárad, Románia); 2022.10.27-29.

2. **Hartyányi, M.**, Nagy, R., Bartha, L., Puskás, S.; cEOR célú mozgékonyág szabályzó polimerek hidrodinamikai átmérőjének becslése dinamikai viszkozitás alapján; *II. FKF Szimpózium* (Online); 2021.06.16-18.
3. Puskás Sándor, Törő Mária, Vágó Árpád, Ördög Tibor, Tóth Marianna, Kálmán Gyula, Mátrai Andrea, Nagy Roland, Bartha László, **Hartyányi Máté**, Lakatos István, Szentes Gabriella, Dékány Imre, Janovák László, Geiger János; *Surfactant-Polymer Enhanced Oil Recovery Project at Algyő Field = Tenzides-Polimeres EOR Projekt Algyő mezőben; Országos Bányászati Konferencia* (Herceghalom); 2023.11.08-10.
4. Nagy, R., **Hartyányi, M.**, Bartha, L., Puskás, S.; Harmadlagos kőolajkitermelésben alkalmazható vízzeloldható polimerek vizsgálata gélikromatográfiás módszerrel; *XXIX. Nemzetközi Vegyészkonferencia* (Marosvásárhely, Románia); 2023.10.25-28.

6 Tudománymetriai adatok

A PhD dolgozat alapját képező közlemények száma:	8
összesített hatástényező:	10,2
A PhD dolgozat téma területét érintő közlemények száma:	6
összesített hatástényező:	8,795
Összes közlemények száma:	14
Közlemények összes hatástényezője:	18,995
Független hivatkozások száma (Scopus alapján):	8
H-index:	2

Veszprém, 2025. augusztus