

# Numerična raziskava izboljšanja prenosa toplote pri nizekotlačnem toku nanofluida $\text{Al}_2\text{O}_3$ -zrak v pravokotni kotanji z dvema rebroma na vroči steni

Wael Al-Kouz<sup>1,\*</sup> – Suhil Kiwan<sup>2</sup> – Ammar Alkhalidi<sup>3</sup> – Ma'en Sari<sup>4</sup> – Aiman Alshare<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Nemško-jordanska univerza, Oddelek za mehatroniko, Jordanija

<sup>2</sup> Jordanska znanstveno-tehniška univerza, Oddelek za strojništvo, Jordanija

<sup>3</sup> Nemško-jordanska univerza, Oddelek za energetiko, Jordanija

<sup>4</sup> Nemško-jordanska univerza, Oddelek za strojništvo in vzdrževanje, Jordanija

V članku je predstavljena numerična raziskava stacionarnega dvodimenzionalnega laminarnega prenosa toplote z naravno konvekcijo pri toku plinastega nizekotlačnega nanofluida skozi pravokotno kotanjo dolžine  $L$  z dvema polnima rebroma na vroči steni. Takšni tokovi se pojavljajo pri mnogih tehničnih aplikacijah, kot so denimo jedrski reaktorji in naprave za hlajenje elektronske opreme.

V študiji so bile uporabljene fizikalne veličine v naslednjem razponu:  $0 \leq Kn \leq 0.1$ ,  $10^3 \leq Ra \leq 10^6$ ,  $0 \leq \phi \leq 0.2$ ,  $L_F/L = 0,5$ ,  $H_F = 0,25$  do  $0,75$ . Razpon Knudsenovega števila je bil izbran tako, da pokriva režim zveznega in drsečega toka, medtem ko razpon Rayleighovega števila pokriva vse režime prenosa toplote, od prevladujočega prevoda do prevladujoče konvekcije.

Za simulacijo je bila uporabljena tehnika končnih volumnov z adaptivno mrežo. Opravljen je bil tudi preskus neodvisnosti mreže za ugotavljanje vpliva števila elementov v mreži na rezultate. Koda, ki je bila uporabljena za vse simulacije, je bila validirana na več primerih iz literature in rezultati simulacij se odlično ujemajo s podatki iz literature.

Rezultati simulacij kažejo, da je Nusseltovo število sorazmerno z Rayleighovim številom in obratno sorazmerno s Knudsenovim številom. Ugotovljeno je bilo tudi, da se prenos toplote izboljša z razpršitvijo nanodelcev  $\text{Al}_2\text{O}_3$  v osnovnem nizekotlačnem plinastem toku. V razponu volumskih deležev, ki je bil obravnavan v študiji, se je izkazalo, da se Nusseltovo število povečuje z volumskim deležem nanodelcev. Določena sta bila tudi hitrostni in temperaturni profil vzdolž središčnice kotanje pri različnih Knudsenovih in Rayleighovih številih za prikaz drsenja in temperaturnega skoka na mejah. Izrisane so tudi tokovnice in izoterme za različne vrednosti Knudsenovega števila in volumskega deleža nanodelcev. Končno je podana še funkcijska zveza med vsemi obravnavanimi veličinami in Nusseltovim številom:  $Nu = 0,2196 Ra^{0,0829} Kn^{-0,511} \phi^{0,104}$ . Ta zveza predstavlja prispevek na področju znanosti prenosa toplote v nanofluidih in bo v pomoč inženirjem pri projektiranju termodinamičnih sistemov s tovrstnimi tokovi. Šibka odvisnost Nusseltovega števila od Rayleighovega števila v funkcijski zvezi izhaja iz obravnavanega razpona Rayleighovega števila. Na podlagi predlagane zveze je mogoče izrisati več glavnih krivulj za prikaz vpliva preučevanih veličin na Nusseltovo število. Prikazana je ena glavna krivulja.

V prihodnjih študijah bi bilo mogoče razširiti razpon fizikalnih veličin in tako pokriti širši razpon volumskega deleža nanodelcev in Rayleighovega števila za režim prenosa toplote s prevladujočo konvekcijo. Preučiti bi bilo mogoče tudi različne lokacije reber in vpliv kota nagiba na Nusseltovo število. Ena od možnih raziskovalnih tem je tudi vpliv porznosti reber.

**Ključne besede:** naravna konvekcija, prenos toplote, nizek tlak, kotanja, nanofluid, rebro