

4. REZULTATI

U svrhu testiranja matematičkog modela procesa u ložištu generatora pare, postavljenog u ovome i prethodnim radovima [52, 54-55, 73, 76, 94-96, 111, 116-124], izgrađen je programski paket ZONAL. Program je pisan u programskom jeziku C, te obuhvaća 20500 linija koda. Razvijan je za više kompjuterskih platformi. Na PC-u se program može izvoditi kao 16-bitna DOS i konzolna Windows aplikacija, te kao 32-bitna konzolna Windows aplikacija. Na radnim stanicama koje rade pod Unix operacionim sustavom program je izvođen na sljedećim konfiguracijama: Alpha 2000, Sun Ultra, Sun 10, Prime EXL-7030, SGI Indigo. Prilikom programiranja vođeno je računa o automatskoj prenosivosti koda na sve te platforme. Uglavnom se pokazalo da je prilagođavanje koda novoj platformi jednostavno, ukoliko se prilikom pisanja koda vodi računa o korištenju standardnih ANSI C funkcijskih biblioteka. Interaktivni grafički paket je međutim pisan u neprenosivom kodu, tako da radi samo na 16-bitnom DOS platformi. Također, postprocesorska aplikacija DRAW kojom su obrađivani rezultati u ovome radu, napravljena uz programski paket ZONAL, može se koristiti samo pod DOS-om.

Matematički model procesa u ložištu generatora pare rješavan je na različitim mrežama. Bez uvođenja detaljnog kinetičkog modela izgaranja najveće primijenjene mreže su iznosile do 65000 kontrolnih volumena, a s njegovom primjenom do 10000 kontrolnih volumena.

Model prijenosa topline i mase testiran je na različitim problemima. Modeliranje prirodne konvekcije u šupljini, često primjenjivanog testa u numeričkoj dinamici fluida, prikazano je u [120, 52]. Model turbulencije provjeren je u [124]. Model koji obuhvaća zonalnu metodu proračuna izmjene topline zračenjem i globalni model izgaranja mazuta, izgrađen prema [125], uspoređen je s rezultatima mjerenja dobivenim na eksperimentalnom ložištu u Ijmuidenu [3] u radovima [121, 52]. Isti je model uspoređen s normativnim proračunom [2] na realnom objektu, TE Sisak, u [119, 123-124, 52]. Globalni model izgaranja plinskog goriva uspoređen je s rezultatima dobivenim normativnim proračunom na oba objekta u [76]. Model prijenosa topline zračenjem računat metodom Monte Carlo testiran je u [94, 96], a uključivo model ostalih procesa u ložištu u [73, 111, 116, 119]. U ovom se radu pretpostavlja da model prijenosa topline i mase sa svim svojim modulima daje za sebe zadovoljavajuće rezultate.

Detaljni kinetički model izgaranja plina je testiran na jednostavnom primjeru izgaranja smjese vodika i zraka za koji postoje rezultati objavljeni u literaturi [126]. Takav je model (model kemijskog reaktora) osim toga primijenjen i na izgaranje smjese vodika i kisika, metana i zraka, te prirodnog plina i zraka što je prikazano u glavi 2.2.

U sljedeća je dva primjera testirana sprega između kinetičkog modela i modela prijenosa topline i mase s rezultatima normativnog proračuna vertikalnog ložišta TE SISAK i s rezultatima mjerenja dobivenim na eksperimentalnom ložištu u Ijmuidenu [3].

4.1. IZGARANJE U SISTEMU H₂-ZRAK

Radhakrishnan [126] je usporedio različite numeričke metode integracije na primjeru izgaranja vodika u zraku s početnom temperaturom od 1500 K i tlakom od 2 bar. U tablici 4.1 dani su početni molarni udjeli svih kemijskih vrsta koje su uzete u obzir. To je isti primjer obrađen u poglavlju 2.2.8. Osim kemijskih vrsta koje sudjeluju u izgaranju vodika u kisiku (tab. 2.1) uzeti su još u obzir i dušikovi spojevi prema tablici 2.3. Primijenjen je mehanizam reakcija prikazan na slikama 2.1 i 2.4, te s pripadnim koeficijentima reakcija danim pod rednim brojevima 1-37 u tablici 2.6. Rezultat simulacije tog sistema je prikazan na slici 2.5.

Tablica 4.1. Početni molarni udjeli kemijskih vrsta

kemijska vrsta	početna vrijednost [kmol/kmol]
H	0.0000
H ₂	0.2951
O	0.0000
O ₂	0.1480
OH	0.0000
H ₂ O	0.0000
HO ₂	0.0000
H ₂ O ₂	0.0000
N	0.0000
N ₂	0.5501
NO	0.0000
N ₂ O	0.0000
NO ₂	0.0000
CO ₂	0.0002
Ar	0.0066
temperatura	1500 K

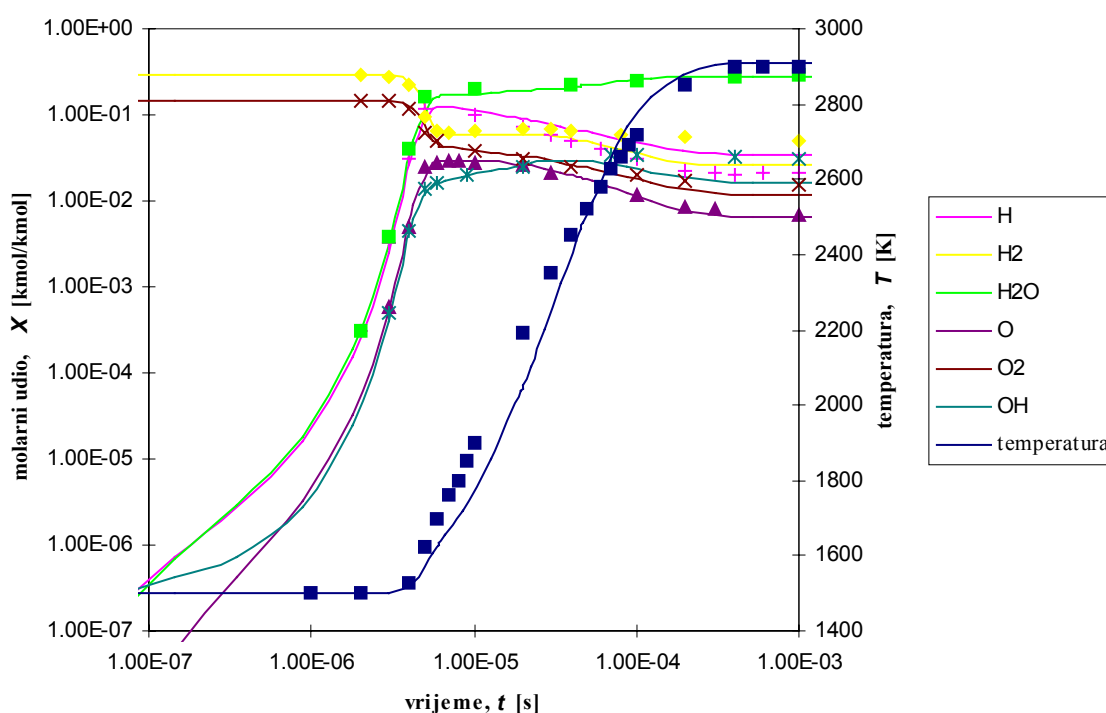
Na slici 4.1 prikazana je usporedba s rezultatima u [126] za temperaturu i za molarne udjele najvažnijih kemijskih vrsta. Primjećuje se uglavnom vrlo dobro slaganje među rezultatima. Kontinuiranom linijom su prikazani rezultati simulacije, a s oznakama (u pripadnoj boji) rezultati prema [126]. Može se smatrati da je nakon vremena od $5 \cdot 10^{-4}$ s postignuto ravnotežno stanje, tj. da nakon toga vremena nema više promjene u molarnim udjelima kemijskih vrsta i temperature.

Tablica 4.2. Ravnotežni molarni udjeli dušikovih spojeva

kemijska vrsta	ovaj model [kmol/kmol]	lit. [126] [kmol/kmol]
N ₂	$6.12 \cdot 10^{-1}$	$6.08 \cdot 10^{-1}$
NO	$6.91 \cdot 10^{-3}$	$9.75 \cdot 10^{-3}$
N ₂ O	$3.88 \cdot 10^{-7}$	$6.35 \cdot 10^{-7}$
NO ₂	$1.98 \cdot 10^{-6}$	$1.97 \cdot 10^{-6}$

Slaganje ravnotežnih vrijednosti je vrlo dobro za temperaturu i za molarne udjele atomarnog i molekularnog kisika, dok je očit mali višak molekularnog, a manjak atomarnog vodika. Što se tiče dušičnih oksida (tabl. 4.2) slaganje za ravnotežne molarne udjele dušik (IV) oksida je odlično, dok su za dušik (II) oksid i dušik (I) oksid vrijednosti proračunate ovim modelom nešto podcijenjene u odnosu na vrijednosti objavljene u [126]. Kao objašnjenje razlika se može navesti da je korišten nešto različit sistem reakcija nego u [126], preuzet iz novije literature.

Slaganje rezultata tijekom izgaranja je vrlo dobro, osim što temperaturna krivulja u jednom periodu malo "kasni". Za molarne udjele kemijskih vrsta slaganje je odlično, naročito u području velikih gradijenata, što upućuje na dobar odabir sistema reakcija i postupka integracije.



Slika 4.1. Usporedba rezultata dobivenih simulacijom sistema reakcija vodik-zrak prema tablici 2.6, reakcije 1-37, prikazanih kontinuiranom linijom, s podacima prema [126], prikazanih oznakama (u pripadnoj boji)