Originalni naučni rad
https://doi.org/10.24094/ptk.026.1.283

Ključne reči:
tehničar grejanja i klimatizacije; procesna industrija; energetska efikasnost; digitalizacija; upravljanje kvalitetom

MODERNIZACIJA OBRAZOVNOG PROFILA „TEHNIČAR GREJANJA I KLIMATIZACIJE" U SKLADU SA ZAHTEVIMA PROCESNE INDUSTRIJE

Key words:
heating and air conditioning technician; process industry; energy efficiency; digitalization; quality management

MODERNIZATION OF THE EDUCATIONAL PROFILE "HEATING AND AIR CONDITIONING TECHNICIAN" IN ACCORDANCE WITH THE REQUIREMENTS OF THE PROCESS INDUSTRY

Milica GERASIMOVIĆ*
** mgerasimovic@politehnika.edu.rs*
Akademija strukovnih studija Politehnika, Beograd
ORCID: 0009-0005-8094-761X
Snežana BEĆIRIĆ
Zavod za unapređivanje obrazovanja i vaspitanja, Beograd
ORCID: 0009-0007-9784-8284

U radu je urađena analiza postojećeg standarda kvalifikacije Tehničar grejanja i klimatizacije, sa ciljem da se istakne neusklađenost između važećeg standarda i onoga što zahteva moderna industrija, posebno u oblastima kao što su digitalizacija, energetska efikasnost, održivi razvoj i upravljanje kvalitetom. Neophodnost navedenog, sadržana je u činjenici da savremeni razvoj procesne indrustrije zahteva stalno unapređenje obrazovnih profila u stručnom obrazovanju, jer su društvu sve potrebniji stručnjaci sa tehničkim, digitalnim i održivim kompetencijama.

U radu se predlaže model unapređenja kroz jačanje veza između obrazovanja i industrije, kao i primena dualnog modela obrazovanja, koji omogućava učenicima da steknu praktična iskustva u realnim industrijskim uslovima rada.

Modernizovane oblasti kompetencija, učenicima bi pružile mogućnost da ovladaju veštinama koje industrija prepoznaje kao ključne, uključujući upotrebu digitalnih i automatizovanih sistema, energetski optimizovana rešenja, i principe održivog razvoja.

Realno je očekivati da bi implementacija ovih promena dovela do lakšeg pronalaženja posla i profesionalnog razvoja, i podigla kvalitet kadrova koji su spremni za rad u digitalizovanim, energetski efikasnim i održivim procesnim postrojenjima.

The paper analyzes the existing qualification standard Heating and Air Conditioning Technician, with the aim of highlighting the mismatch between the current standard and what modern industry requires, especially in areas such as digitalization, energy efficiency, sustainable development and quality management. The necessity of the above lies in the fact that the modern development of industrial processes requires constant improvement of educational profiles in vocational education, because society needs specialists with technical, digital and sustainable competencies.

The paper proposes a model of improvement through strengthening the links between education and industry, as well as the application of a dual model of education, which allows students to gain practical experience in real industrial working conditions.

Modernized competency areas would provide students with the opportunity to master skills recognized by industry as key, including the use of digital and automated systems, energy-optimized solutions, and principles of sustainable development.

It is realistic to expect that the implementation of these changes would lead to easier job finding and professional development, and raise the quality of personnel who are ready to work in digitized, energy-efficient and sustainable process plants.

1. Uvod

Procesna industrija predstavlja jedan od ključnih sektora savremene privrede, zasnovan na složenim procesima prenosa mase i energije, čija efikasnost direktno određuje ekonomičnost, bezbednost i posledice po životnu sredinu (Towler & Sinnott, 2013; Smith, 2016). Savremeni razvoj ovog sektora karakterišu povećani zahtevi u oblasti energetske efikasnosti, smanjenja emisija i primene digitalnih tehnologija upravljanja procesima (IEA, 2023).

U takvim uslovima, srednje stručno obrazovanje ima značajnu ulogu u razvoju kadrova osposobljenih za rad u savremenim industrijskim sistemima. Obrazovni profil Tehničar grejanja i klimatizacije posebno je relevantan, jer obuhvata znanja iz oblasti energetike, procesnih sistema i upravljanja tehničkim postrojenjima, uz izraženu vezu između teorije i prakse.

Međutim, ubrzani tehnološki razvoj i rastući značaj održivog razvoja ukazuju na potrebu za modernizacijom kompetencija obrazovnog profila. Postojeće kompetencije ne obuhvataju u dovoljnoj meri principe digitalizacije, energetske efikasnosti i upravljanja kvalitetom, što ograničava usklađenost sa zahtevima savremene procesne industrije (Hermann et al., 2016; CEDEFOP, 2020).

Cilj ovog rada je analiza usklađenosti obrazovnog profila Tehničar grejanja i klimatizacije sa savremenim industrijskim zahtevima, kao i definisanje pravaca njegovog unapređenja kroz integraciju principa održivosti, digitalizacije i upravljanja kvalitetom.

2. Metodologija

U ovom radu primenjen je analitičko-deskriptivni i komparativni istraživački pristup sa ciljem procene usklađenosti postojećeg standarda kvalifikacije Tehničar grejanja i klimatizacije sa savremenim zahtevima procesne industrije. Istraživanje je zasnovano na kvalitativnoj analizi obrazovnih dokumenata, relevantne stručne literature i međunarodnih standarda koji definišu savremene trendove u oblasti energetike, digitalizacije i industrijskih sistema.

U prvoj fazi istraživanja izvršena je detaljna analiza važećeg standarda kvalifikacije, pri čemu su razmatrani ishodi učenja i ključne stručne kompetencije. Fokus analize bio je usmeren na identifikovanje sadržaja koji se odnose na tehničke sisteme grejanja i klimatizacije, kao i na utvrđivanje prisustva elemenata koji se odnose na savremene tehnološke i industrijske zahteve.

U narednoj fazi sprovedeno je komparativno upoređivanje dobijenih rezultata analize sa savremenim industrijskim zahtevima koji proizilaze iz koncepta Industrije 4.0, energetskih politika i standarda upravljanja energijom i kvalitetom. Ova poređenja su omogućila identifikaciju razlika između postojećih obrazovnih ishoda i kompetencija koje su neophodne u modernim procesnim sistemima, posebno u oblastima digitalizacije, energetske efikasnosti i održivog razvoja.

Na osnovu uočenih razlika razvijen je konceptualni predlog modela unapređenja standarda kvalifikacije, koji predstavlja polaznu tačku za osavremenjivanje kurikuluma. Formulisani su primeri savremenih nastavnih sadržaja i ishoda učenja kao ilustracija mogućih pravaca modernizacije kurikuluma. Model je formulisan tako da odražava potrebu jačanja povezanosti obrazovanja i industrije, kao i integracije savremenih tehnologija i principa održivosti u obrazovni proces, uz poseban akcenat na razvoj digitalnih i automatizovanih kompetencija učenika.

3. Zahtevi savremene procesne industrije

Savremena procesna industrija razvija se u pravcu visoko digitalizovanih, automatizovanih i energetski optimizovanih sistema, pri čemu se kao dominantni okvir razvoja nameće koncept Industrije 4.0. Ovakav razvoj podrazumeva integraciju fizičkih procesa sa digitalnim tehnologijama, što omogućava povećanje efikasnosti, pouzdanosti i fleksibilnosti industrijskih postrojenja, uz istovremeno smanjenje negativnog uticaja na životnu sredinu (Hermann et al., 2016; Kagermann et al., 2013).

Energetska efikasnost predstavlja jedan od ključnih strateških zahteva savremene industrije, posebno u kontekstu evropskih energetskih politika i standarda upravljanja energijom. Optimizacija potrošnje energije u procesnim i termotehničkim sistemima, uključujući sisteme grejanja, ventilacije i klimatizacije, postaje neophodna za smanjenje operativnih troškova i emisija gasova sa efektom staklene bašte (IEA, 2023; ISO 50001:2018). U tom smislu, savremeni HVAC sistemi se sve više projektuju kao visoko efikasni i adaptivni sistemi sa mogućnošću dinamičkog upravljanja energetskim tokovima.

Digitalizacija industrijskih procesa predstavlja centralni element transformacije savremene proizvodnje. Primena industrijskih IoT sistema, senzorskih mreža, SCADA sistema i naprednih softverskih platformi omogućava kontinuirano praćenje procesa u realnom vremenu, kao i optimizaciju rada postrojenja na osnovu prikupljenih podataka. Time se značajno unapređuje preciznost upravljanja, smanjuje verovatnoća sistemskih grešaka i povećava ukupna pouzdanost industrijskih sistema.

Održivost se u savremenoj procesnoj industriji posmatra kao integrisani razvojni princip koji obuhvata racionalno korišćenje resursa, primenu obnovljivih izvora energije i smanjenje ekološkog otiska industrijskih postrojenja. Poseban značaj ima tranzicija ka ekološki prihvatljivim rashladnim i radnim fluidima, kao i implementacija rešenja koja podržavaju dekarbonizaciju industrijskih sistema u skladu sa evropskim zelenim politikama.

Upravljanje kvalitetom i standardizacija predstavljaju osnovu pouzdanog i bezbednog funkcionisanja procesnih sistema. Implementacija međunarodnih standarda omogućava sistematičnu kontrolu procesa, ujednačavanje tehničkih procedura i povećanje nivoa sigurnosti u radu. Time se obezbeđuje ne samo tehnička pouzdanost, već i konkurentska prednost industrijskih sistema na globalnom tržištu.

Svi navedeni aspekti ukazuju na potrebu za razvojem savremenih tehničkih kompetencija koje obuhvataju kombinaciju inženjerskog znanja, digitalnih veština i razumevanja principa održivog razvoja. Navedeni zahtevi predstavljaju direktan izazov za sistem srednjeg stručnog obrazovanja, koji mora biti prilagođen potrebama savremene, digitalizovane i energetski efikasne industrije.

4. Standard kvalifikacije tehničar grejanja i klimatizacije

U obrazovnom sistemu Republike Srbije u oblasti mašinstva i obrade metala na niovou 4 postoji standard kvalifikacije i obrazovni profil tehničar grejanja i klimatizacije („Službeni glasnik RS – Prosvetni glasnik“ br. 1/2018.).

Analizom važećeg standarda kvalifikacije Tehničar grejanja i klimatizacije može se uočiti da je u značajnoj meri zasnovan na tradicionalnim tehničkim kompetencijama, pre svega u oblasti izvođenja, montaže i održavanja sistema. Iako standard prepoznaje pojedine savremene aspekte, kao što su energetska efikasnost, upotreba softvera i praćenje tehnoloških inovacija, uočavaju se određena ograničenja u pogledu usklađenosti sa aktuelnim zahtevima procesne industrije.

Princip energetske efikasnosti je prepoznat u okviru više kompetencija, ali nije dovoljno razrađen na nivou konkretnih znanja i veština. Nedostaje sistemski pristup koji bi obuhvatio integraciju

obnovljivih izvora energije (npr. toplotne pumpe, solarni sistemi), izradu jednostavnijih energetskih bilansa, kao i participiranje u procesu optimizacije energetskih tokova. Postojeći standard je više orijentisan na eksploataciju sistema, a manje na njihovu energetsku optimizaciju, što je jedan od ključnih zahteva savremene industrije.

U oblasti digitalizacije uočava se da je upotreba „aplikativnih softvera“ navedena, ali nedovoljno precizirana i ograničena je na osnovni nivo. Nedostaju kompetencije koje se odnose na rad sa senzorima i regulatorima, primenu sistema automatskog upravljanja uz poznavanje osnova PLC i SCADA sistema, „pametnih“ HVAC sistema i IoT koncepta.

Iako standard uključuje mere zaštite životne sredine, pristup je pretežno normativan i usmeren na poštovanje propisa. Nedostaje širi koncept održivosti koji podrazumeva procenu uticaja sistema na životnu sredinu, primenu ekološki prihvatljivih rashladnih fluida, razumevanje značaja smanjenja emisije i ugljeničnog otiska, primenu principa reupotrebe i reciklaže komponenti.

Kompetencije zastupljene u postojećem standardu su uglavnom usmerene na izvršenje zadataka, a manje na upravljanje kvaliteteom procesa.

Opšte zapažanje je da postojeći standard kvalifikacije obezbeđuje solidnu osnovu za sticanje stručnih znanja u oblasti grejanja, ventilacije i klimatizacije, ali nije u potpunosti usklađen sa savremenim zahtevima procesne industrije. Ključni nedostaci odnose se na nedovoljnu zastupljenost energetske optimizacije, digitalizacije, održivog razvoja i upravljanja kvalitetom, što ukazuje na potrebu za njegovim daljim unapređenjem.

5. Predlog unapređenja standarda kvalifikacije i kurikuluma

Uporedna analiza postojećih i modernizovanih oblasti kompetencija, prikazana u tabeli 1, jasno pokazuje konkretne pravce unapređenja. Dok trenutni standard naglašava osnovne tehničke i organizacione veštine, modernizovana verzija uključuje dodatne kompetencije koje odgovaraju zahtevima savremene procesne industrije, kao što su primena digitalnih i automatizovanih sistema, energetska efikasnost, održivost, standardizacija i upravljanje kvalitetom. Ovakva struktura kompetencija omogućava da program obrazovanja ne samo da prati tehnološki razvoj industrije, već i aktivno doprinosi stvaranju kvalifikovanih stručnjaka spremnih za rad u modernim, digitalizovanim i održivim procesnim postrojenjima.

Na osnovu analize postojećeg standarda kvalifikacije za Tehničara grejanja i klimatizacije, neophodno je pristupiti njegovom unapređenju kroz integraciju savremenih zahteva procesne industrije. Prvi i ključni korak u ovom procesu jeste povezivanje obrazovanja sa privredom. Primena različitih tehnika, kao što su ankete među poslodavcima, fokus grupe, stručne radionice i analiza tržišta rada, omogućava razvoj nacrta modernog profila zanimanja. Ovaj profil treba da definiše konkretna znanja, veštine i kompetencije koje savremena industrija prepoznaje kao relevantne. U sledećoj fazi vrši se modernizacija standarda kvalifikacije Tehničar grejanja i klimatizacije, a zatim izrada kurikuluma, tj. plana i programa nastave i učenja u školi i kompaniji.

Drugi segment unapređenja odnosi se na dualni model obrazovanja, koji uključuje aktivnu saradnju sa kompanijama iz oblasti grejanja, ventilacije i klimatizacije. Učenici kroz praktično osposobljavanje u realnim industrijskim uslovima stiču iskustvo i veštine koje se ne mogu u potpunosti razviti u školskoj radionici. Takav pristup omogućava kontinuirano povezivanje teorijskog znanja sa praksom, osposobljava učenike za rad u skladu sa savremenim standardima i unapređuje njihovu zapošljivost.

Tabela 1Uporedna analiza oblasti kompetencija (Autori, 2026)

Postojeće oblasti kompetencija	Modernizovane oblasti kompetencija (savremena procesna industrija)	Dodata vrednost
Planira i organizuje rad	Planiranje, organizacija i optimizacija rada u procesnoj industriji	Uključuje digitalne alate, optimizaciju energetskih tokova, standardizaciju i upravljanje kvalitetom
Izvodi instalacije sistema grejanja	Instalacija i upravljanje sistemima grejanja, ventilacije i klimatizacije u skladu sa digitalizacijom i automatizacijom	Integracija senzora, PLC/SCADA sistema, smart HVAC, balansiranje i nadzor sistema
Izvodi instalacije sistema ventilacije i klimatizacije		
Održava sisteme grejanja, ventilacije i klimatizacije	Održavanje i unapređenje sistema sa principima održivosti i energetske efikasnosti	Ekološki prihvatljivi materijali, reciklaža, analiza kvarova digitalnim alatima, cirkularna ekonomija
Vodi evidenciju i tehničku dokumentaciju	Upravljanje kvalitetom, standardizacija i bezbednost u procesnoj industriji	Kontrola kvaliteta, ISO standardi, vođenje dokumentacije, praćenje performansi sa naglaskom na savremene standarde zaštite zdravlja, životne sredine i bezbednosti
Primena bezbednosnih, zdravstvenih i ekoloških mera		
	Digitalna pismenost i analiza podataka u radu sistema	Prikupljanje i analiza podataka sa senzora, monitoring i optimizacija procesa
	Komunikacija, timski rad i inovacije	Rad u multidisciplinarnim timovima, profesionalni razvoj, predlaganje inovacija

5.1. Primeri modernizovanih nastavnih sadržaja i ishoda učenja

U cilju konkretnijeg prikaza pravaca modernizacije obrazovnog profila Tehničar grejanja i klimatizacije, u tabeli 2 prikazani su primeri savremenih nastavnih sadržaja i odgovarajućih ishoda učenja koji bi mogli biti integrisani u kurikulum.

Tabela 2 Primeri modernizovanih nastavnih sadržaja i ishoda učenja (Autori, 2026)

Oblast	Modernizovani nastavni sadržaji	Primer ishoda učenja
Digitalizacija HVAC sistema	Osnove PLC i SCADA sistema, senzori i aktuatori, smart HVAC sistemi	Učenik povezuje i podešava osnovne senzore temperature i pritiska i prati parametre rada sistema putem softverskog interfejsa
Energetska efikasnost	Energetski bilans objekta, optimizacija rada HVAC sistema, toplotne pumpe	Učenik analizira potrošnju energije HVAC sistema i predlaže mere za povećanje energetske efikasnosti
Održivi razvoj	Ekološki rashladni fluidi, reciklaža komponenti, smanjenje emisije CO_2	Učenik razlikuje ekološki prihvatljive rashladne fluide i primenjuje procedure bezbednog rukovanja i reciklaže
Upravljanje kvalitetom	ISO standardi, tehnička dokumentacija, kontrola kvaliteta procesa	Učenik vodi tehničku dokumentaciju i primenjuje osnovne procedure kontrole kvaliteta pri održavanju sistema
Analiza podataka i monitoring	Prikupljanje podataka sa senzora, osnovna analiza performansi sistema	Učenik prati rad HVAC sistema na osnovu očitanih parametara i identifikuje odstupanja u radu sistema

Pored modernizacije nastavnih sadržaja, značajno je unaprediti i način realizacije nastave kroz projektnu nastavu, studije slučaja i praktičan rad u kompanijama. Na primer, učenici bi mogli realizovati projekte koji uključuju analizu energetske efikasnosti školskog objekta, izradu jednostavnog sistema automatskog upravljanja ventilacijom ili praćenje rada HVAC sistema putem senzora i softverskih alata. Na taj način učenici bi razvijali ne samo stručne kompetencije, već i digitalne veštine,

sposobnost rešavanja problema, timski rad i razumevanje principa održivog razvoja, što predstavlja ključni zahtev savremene procesne industrije.

Integracija ova dva segmenta — industrijske analize i dualnog obrazovanja — predstavlja osnovu za modernizaciju programa srednjeg stručnog obrazovanja. Time se ne samo unapređuje tehnička i praktična osposobljenost učenika, već se razvijaju i kompetencije u oblasti inovacija, digitalnog upravljanja sistemima, energetske optimizacije i principa održivosti, što direktno odgovara zahtevima savremene procesne industrije.

6. Zaključak

U ovom radu izvršena je analiza usklađenosti postojećeg standarda kvalifikacije Tehničar grejanja i klimatizacije sa savremenim zahtevima procesne industrije, koja se ubrzano razvija u pravcu digitalizacije, energetske efikasnosti i održivog razvoja. Polazeći od savremenih industrijskih trendova i koncepta Industrije 4.0, uočeno je da postojeći obrazovni profil u velikoj meri obezbeđuje osnovne tehničke kompetencije, ali da nije u potpunosti prilagođen aktuelnim tehnološkim i organizacionim promenama u industrijskom okruženju.

Rezultati analize ukazuju da su najizraženija odstupanja prisutna u oblastima digitalnih tehnologija, energetske optimizacije i integrisanog upravljanja kvalitetom. Iako su određeni elementi ovih oblasti zastupljeni u okviru postojećeg standarda, njihov nivo razrade i praktične primenljivosti nije dovoljan za potrebe savremenih procesnih sistema, posebno u kontekstu primene automatizacije, IoT rešenja i naprednih sistema upravljanja HVAC procesima.

Na osnovu identifikovanih nedostataka, razvijen je konceptualni model unapređenja obrazovnog profila, koji se zasniva na jačanju povezanosti obrazovanja i industrije, kao i na primeni dualnog modela obrazovanja. Poseban akcenat stavljen je na integraciju digitalnih i automatizovanih sistema, unapređenje kompetencija iz oblasti energetske efikasnosti i održivosti, kao i na uvođenje savremenih principa upravljanja kvalitetom u obrazovni proces. Poseban doprinos predloženog modela ogleda se u definisanju konkretnih primera modernizovanih nastavnih sadržaja i ishoda učenja usklađenih sa zahtevima Industrije 4.0.

Može se zaključiti da modernizacija ovog standard kvalifikacije predstavlja neophodan korak ka usklađivanju sistema srednjeg stručnog obrazovanja sa zahtevima savremene industrije. Implementacija predloženih unapređenja doprinela bi povećanju zapošljivosti učenika, njihovoj boljoj pripremljenosti za rad u digitalizovanim i energetski efikasnim sistemima, kao i jačanju konkurentnosti obrazovnog sistema.

7. Reference

[1] **R. Towler and G. Sinnott**, *Chemical Engineering Design: Principles, Practice and Economics of Plant and Process Design*. Oxford, UK: Elsevier, 2013.

[2] **R. H. Perry and D. W. Green**, *Perry's Chemical Engineers' Handbook*, 8th ed. New York, NY, USA: McGraw-Hill, 2008.

[3] **R. Smith,** *Chemical Process Design and Integration.* Chichester, UK: Wiley, 2016.

[4] **W. F. Stoecker**, *Refrigeration and Air Conditioning*, 2nd ed. New York, NY, USA: McGraw-Hill, 2011.

[5] **F. C. McQuiston, J. D. Parker, and J. D. Spitler**, Heating, Ventilating, and Air Conditioning: Analysis and Design, 6th ed. New York, NY, USA: Wiley, 2005.

[6] *** International Energy Agency (IEA), *Energy Efficiency 2023*. Paris, France: IEA, 2023.

[7] *** ISO, *ISO 50001:2018 – Energy Management Systems — Requirements with Guidance for Use*. Geneva, Switzerland: International Organization for Standardization, 2018.

[8] *** European Union, "Directive (EU) 2018/844 on the energy performance of buildings," Official Journal of the European Union, 2018.

[9] **H. Kagermann, W. Wahlster, and J. Helbig**, *Recommendations for Implementing Industry 4.0*. Frankfurt, Germany: acatech, 2013.

[10] **M. Hermann, T. Pentek, and B. Otto**, "Design principles for Industrie 4.0 scenarios," in *Proc. 49th Hawaii Int. Conf. Syst. Sci.*, 2016, pp. 3928–3937.

[11] **H. Lasi, P. Fettke, H.-G. Kemper, T. Feld, and M. Hoffmann**, "Industry 4.0," Business & Information Systems Engineering, vol. 6, no. 4, pp. 239–242, 2014.

[12] *** CEDEFOP, Vocational Education and Training in Europe. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2020.