



# 03 UPORABNA INFORMATIKA

2023 < ŠTEVILKA 3 < LETNIK XXXI < ISSN 1318-1882

# U P O R A B N A I N F O R M A T I K A

2023 ŠTEVILKA 3 JUL/AVG/SEP LETNIK XXXI ISSN 1318-1882

## Znanstveni prispevki

Rok Bojanc, Andreja Pucihar, Gregor Lenart  
**Razvoj uporabe e-računov v Sloveniji** 111

Pia Pičulin, Anja Žnidaršič, Marjeta Marolt  
**Digitalne kompetence slovenskih študentov** 128

## Kratki znanstveni prispevek

Peter Mlakar, Janko Merše, Jana Faganeli Pucer  
**ANET1: Poprocesiranje ansambelskih vremenskih napovedi s pomočjo nevronske mreže** 145

## Strokovni prispevki

Saša Divjak  
**Sodelavne, večuporabniške spletne simulacije na področju poučevanja kibernetike varnosti** 152

## Informacije

**Iz Islovarja** 163

#### Ustanovitelj in izdajatelj

Slovensko društvo INFORMATIKA  
Litostrojska cesta 54, 1000 Ljubljana

#### Predstavniki

Niko Schlamberger

#### Odgovorni urednik

Mirjana Kljajić Borštnar

#### Uredniški odbor

Saša Divjak, Vladislav Rajkovič, Andrej Kovačič, Mirko Vintar, Tatjana Welzer Družovec, Vida Groznik, Lili Nemec Zlatolas, Marko Hölbl, Evelin Krnac, Mirjana Kljajić Borštnar, Jan von Knop, Jan Mendling, Pedro Simões Coelho, John Taylor, Miodrag Popović, Sjaak Brinkkemper, Vesna Bosilj-Vukšić

#### Recenzentski odbor

Aleksander Sadikov, Alenka Baggia, Alenka Brezavšček, Aljaž Košmerlj, Andrej Brodnik, Andrej Kovačič, Anton Manfreda, Blaž Rodič, Borut Batagelj, Borut Werber, Boštjan Šumak, Božidar Potočnik, Branko Kavšek, Branko Šter, Ciril Bohak, Damjan Fujs, Damjan Strnad, David Jelenc, Dejan Lavbič, Denis Trček, Domen Mongus, Drago Bokal, Eva Jereb, Evelin Krnac, Inna Novalija, Irena Nančovska Šerbec, Ivan Gerlič, Jernej Vičič, Jure Žabkar, Jurij Mihelič, Lovro Šubelj, Luka Pavlič, Luka Tomat, Marina Trkman, Marjeta Marolt, Marko Bajec, Marko Hölbl, Marko Robnik Šikonja, Martin Šavc, Matej Klemen, Matjaž Divjak, Mirjana Kljajić Borštnar, Mladen Borovič, Muhamed Turkanovič, Niko Schlamberger, Nikola Ljubešić, Patricio Bulić, Polona Rus, Robert Leskover, Sandi Gec, Saša Divjak, Slavko Žitnik, Tatjana Welzer Družovec, Tomaž Hovelja, Uroš Rajkovič, Vida Groznik, Vladislav Rajkovič, Živa Rant

#### Tehnični urednik

Slavko Žitnik

#### Lektoriranje angleških izvlečkov

Marvelingua (angl.)

#### Oblikovanje

KOFEIN DIZAJN, d. o. o.

#### Prelom in tisk

Boex DTP, d. o. o., Ljubljana

#### Naklada

110 izvodov

#### Naslov uredništva

Slovensko društvo INFORMATIKA  
Uredništvo revije Uporabna informatika  
Litostrojska cesta 54, 1000 Ljubljana  
www.uporabna-informatika.si

Revija izhaja četrtletno. Cena posamezne številke je 20,00 EUR. Letna naročnina za podjetja 85,00 EUR, za vsak nadaljnji izvod 60,00 EUR, za posameznike 35,00 EUR, za študente in seniorje 15,00 EUR. V ceno je vključen DDV.

Revija Uporabna informatika je od številke 4/VII vključena v mednarodno bazo INSPEC.

Revija Uporabna informatika je pod zaporedno številko 666 vpisana v razvid medijev, ki ga vodi Ministrstvo za kulturo RS.

Revija Uporabna informatika je vključena v Digitalno knjižnico Slovenije (dLib.si).

Izid publikacije je finančno podprla Javna agencija za znanstvenoraziskovalno in inovacijsko dejavnost Republike Slovenije.

© Slovensko društvo INFORMATIKA

## Vabilo avtorjem

V reviji Uporabna informatika objavljamo kakovostne izvirne prispevke domačih in tujih avtorjev z najširšega področja informatike, ki se nanašajo tako na poslovanju podjetij, javno upravo, družbo in posameznika. Prispevki so lahko znanstvene, strokovne ali informativne narave, še posebno spodbujamo objavo interdisciplinarnih prispevkov. Zato vabimo avtorje, da prispevke, ki ustrezajo omenjenim usmeritvam, pošljejo uredništvu revije po elektronski pošti na naslov [ui@društvo-informatika.si](mailto:ui@društvo-informatika.si).

Avtorje prosimo, da pri pripravi prispevka upoštevajo navodila, ki so objavljena na naslovu <http://www.uporabna-informatika.si>.

Za kakovost prispevkov skrbi mednarodni uredniški odbor. Prispevki so anonimno recenzirani, o objavi pa na podlagi recenzij samostojno odloča uredniški odbor. Recenzenti lahko zahtevajo, da avtorji besedilo spremenijo v skladu s priporočili in da popravljeni prispevek ponovno prejmejo v pregled. Sprejeti prispevki so pred izidom revije objavljeni na spletni strani revije (predobjava), še prej pa končno verzijo prispevka avtorji dobijo v pregled in potrditev. Uredništvo lahko še pred recenzijo zavrne objavo prispevka, če njegova vsebina ne ustreza vsebinski usmeritvi revije ali če prispevek ne ustreza kriterijem za objavo v reviji.

Pred objavo prispevka mora avtor podpisati izjavo o avtorstvu, s katero potrjuje originalnost prispevka in dovoljuje prenos materialnih avtorskih pravic. Avtorji prejmejo enoletno naročnino na revijo Uporabna informatika, ki vključuje avtorski izvod revije in še nadaljnje tri zaporedne številke. S svojim prispevkom v reviji Uporabna informatika boste pomagali k širjenju znanja na področju informatike. Želimo si čim več prispevkov z raznoliko in zanimivo tematiko in se jih že vnaprej veselimo

Uredništvo revije

## Navodila avtorjem člankov

Članke objavljamo praviloma v slovenščini, članke tujih avtorjev pa v angleščini. Besedilo naj bo jezikovno skrbno pripravljeno. Priporočamo zmernost pri uporabi tujk in, kjer je mogoče, njihovo zamenjavo s slovenskimi izrazi. V pomoč pri iskanju slovenskih ustreznih priporočamo uporabo spletnega terminološkega slovarja Slovenskega društva Informatika, Islovar ([www.islovar.org](http://www.islovar.org)).

Znanstveni prispevek naj obsega največ 40.000 znakov, kratki znanstveni prispevek do 10.000 znakov, strokovni članki do 30.000 znakov, obvestila in poročila pa do 8.000 znakov.

Prispevek naj bo predložen v urejevalniku besedil Word (\*.doc ali \*.docx) v enojnem razmaku, brez posebnih znakov ali poudarjenih črk. Za ločilom na koncu stavka napravite samo en presledek, pri odstavkih ne uporabljajte zamika.

Naslovu prispevka naj sledi polno ime vsakega avtorja, ustanova, v kateri je zaposlen, naslov in elektronski naslov. Sledi naj povzetek v slovenščini v obsegu 8 do 10 vrstic in seznam od 5 do 8 ključnih besed, ki najbolje opredeljujejo vsebinski okvir prispevka. Sledi naj prevod naslova povzetka in ključnih besed v angleškem jeziku. V primeru, da oddajate prispevek v angleškem jeziku, velja obratno. Razdelki naj bodo naslovljeni in oštevilčeni z arabskimi številkami.

Slike in tabele vključite v besedilo. Opremite jih z naslovom in oštevilčite z arabskimi številkami. Na vsako sliko in tabelo se morate v besedilu prispevka sklicevati in jo pojasniti. Če v prispevku uporabljate slike ali tabele drugih avtorjev, navedite vir pod sliko oz. tabelo. Revijo tiskamo v črno-beli tehniki, zato barvne slike ali fotografije kot original niso primerne. Slikam zaslonov se v prispevku izogibajte, razen če so nujno potrebne za razumevanje besedila. Slike, grafikoni, organizacijske sheme ipd. naj imajo belo podlago. Enačbe oštevilčite v oklepajih desno od enačbe.

V besedilu se sklicujte na navedeno literaturo skladno s pravili sistema IEEE navajanja bibliografskih referenc, v besedilu to pomeni zaporedna številka navajenega vira v oglatem oklepaju (npr. [1]). Na koncu prispevka navedite samo v prispevku uporabljeno literaturo in vire v enotnem seznamu, urejeno po zaporedni številki vira, prav tako v skladu s pravili IEEE. Več o sistemu IEEE, katerega uporabo omogoča tudi urejevalnik besedil Word 2007, najdete na strani [https://owl.purdue.edu/owl/research\\_and\\_citation/ieee\\_style/ieee\\_general\\_format.html](https://owl.purdue.edu/owl/research_and_citation/ieee_style/ieee_general_format.html).

Prispevku dodajte kratek življenjepis vsakega avtorja v obsegu do 8 vrstic, v katerem poudarite predvsem strokovne dosežke.

# Razvoj uporabe E-računov v Sloveniji

Rok Bojanc<sup>1</sup>, Andreja Pucihar<sup>2</sup>, Gregor Lenart<sup>2</sup>

<sup>1</sup> ZZI, Pot k sejmišču 33, 1231 Ljubljana - Črnuče

<sup>2</sup> Univerza v Mariboru, Fakulteta za organizacijske vede, Kidričeva cesta 55a, 4000 Kranj

rok.bojanc@zzi.si, andreja.pucihar@um.si, gregor.lenart@um.si

## Izveček

V prispevku podajamo pregled razvoja uporabe e-računov v organizacijah v Sloveniji. Prikazali smo razvoj področja od posameznih pobud do razvoja standarda eSLOG ter pomembnih regulativ in zakonodaj ter vloge različnih deležnikov, ki so bili vpeti v dogajanje. Osrednji del prispevka predstavljajo rezultati raziskave o uporabi e-računov med organizacijami v Sloveniji. Kljub temu, da je izmenjava e-računov s proračunskimi uporabniki obvezna od leta 2015, razširjene uporabe e-računov in drugih poslovnih e-dokumentov, ki bi si jih izmenjevale organizacije v praksi še ne opazimo. Ugotovitve raziskave podajajo pomembne informacije za odločevalce in zakonodajalce, ki bodo lahko na podlagi tega sprejeli ustrezne politike, spodbude in podporne ukrepe za razširitev digitalizacije organizacij v Sloveniji. S tem bodo vzpostavljeni temelji za digitalno preobrazbo organizacij in s tem njihovo večjo konkurenčnost.

**Ključne besede:** e-računi, razvoj, uporaba, organizacije, digitalizacija, digitizacija

## Development of E-invoicing in Slovenia

### Abstract

In this paper, we provide an overview of the development of electronic invoicing in organizations in Slovenia. We have shown the evolution of the field from individual initiatives, through the development of the eSLOG standard, to important regulations and legislation, as well as the role of the various stakeholders involved in this process. The main contribution of the paper is constituted by the results of a survey on e-invoicing conducted among organizations in Slovenia. Although the exchange of electronic invoices between and with public entities has been mandatory since 2015, the results show that e-invoicing and the exchange of other electronic documents between organizations is not yet widespread. The results of the survey represent important information for decision-makers and legislators, who will be able to adopt appropriate policies, incentives and support measures to expand the digitalization of organizations in Slovenia. This will lay the foundation for the digital transformation of organizations and thereby increase of their competitiveness.

**Keywords:** E-invoice, development, use, organizations, digitalization, digitization

### 1 UVOD

Današnje tržne razmere, ki jih zaznamujejo pojavi kot so vse večja konkurenca, globalizacija, tržna negotovost in hitra rast novih podjetij z vse bolj digitalizirano vrednostjo in poslovnimi modeli, vodijo organizacije v digitalno preobrazbo [1]–[3], ki je odraz strateške rabe digitalnih tehnologij in organizacijskih zmogljivosti, ki omogočajo njihovo učinkovito izrabo [4]–[6].

Na poti digitalne preobrazbe je eden izmed prvih korakov digitizacija poslovnih dokumentov in digi-

talizacija poslovnih procesov [7]. Poslovni dokumenti so povezani s procesi nabave, prodaje, pošiljanja in prevzemanja blaga, izvajanja storitev ter prejemanja in izdajanja računov in plačil ter z vsemi povezanimi povratnimi sporočili. Vpliv digitizacije in digitalizacije se kaže v optimizaciji stroškov v materialnem in operativnem smislu [8]. Digitizacija poslovnih dokumentov (takrat imenovana računalniško izmenjevanje podatkov) se je pričela že v 80. letih 20. stoletja. Takrat so mnoga podjetja v Sloveniji, ki so delovala



v mednarodnih verigah (na primer dobavitelji v avtomobilski industriji), bila primorana vzpostaviti računalniško izmenjevanje podatkov za izmenjavo poslovnih dokumentov, saj so to od njih zahtevali veliki kupci (na primer proizvajalci v nemški avtomobilski industriji). Računalniško izmenjevanje podatkov se je nato hitro razmahnilo tudi v velikih trgovskih verigah v Sloveniji, saj so te zaradi velike količine sodelujočih podjetij in izmenjanih dokumentov med prvimi prepoznale prednosti izmenjevanja poslovnih dokumentov v standardizirani računalniški obliki [9]. Med prednosti štejemo predvsem hitrejšo izvedbo procesov, manjše število napak, dostopnost dokumentov in nižje stroške poslovanja [9], [10].

Zaradi prepoznanih pozitivnih učinkov digitalizacije poslovanja in vse večje potrebe po učinkovitosti v visoko konkurenčnem poslovnem okolju, postaja izdajanje in prejemanje elektronskih računov (v nadaljevanju e-računov) med podjetji, javno upravo in posamezniki čedalje bolj uveljavljen način izmenjave podatkov in nadomešča tradicionalno izdajanje računov v papirni obliki. Pri tem se za e-račun upošteva račun, ki je bil izdan, poslan in prejet v strukturirani elektronski obliki (npr. XML) in kot tak omogoča avtomatizacijo priprave, pošiljanja, prenosa, prejemanja in obdelave računa z uporabo ustreznih informacijskih sistemov in tehnologij [11].

Prednosti izmenjave e-računov je prepoznala tudi Evropska komisija. Po mnenju Direktorata za informatiko pri Evropski komisiji (DG DIGIT) lahko uporaba e-računov v javnem sektorju pomembno prispeva h gospodarski blaginji [12]. Uporaba e-računov podpira prednostne naloge javne politike, kot so zmanjševanje primanjkljaja javnega sektorja, finančna preglednost in spodbujanje trajnostnega razvoja. Pomembno prispeva tudi k zmanjševanju stroškov in učinkovitosti v javnem sektorju. Koristi tudi ponudnikom v zasebnem sektorju in ustvarja priložnosti, da javni sektor deluje kot katalizator za širše uvajanje digitalnih procesov, ki so skupni zasebnemu sektorju [13]. Kvantitativne ocene Evropske iniciative za elektronsko fakturiranje navajajo na področju elektronskih računov potencialnih 243 milijard evrov prihrankov v šestletnem obdobju ob upoštevanju, da se na področju Evropske unije izda in izmenja 30 milijard računov letno [14]. Pomembne so tudi okoljske koristi, saj lahko EU z zmanjšanjem porabe papirja in stroškov energije za prevoz zmanjša emisije CO<sub>2</sub> za milijon ton na leto. Evropska komisija je zato leta

2010 objavila sporočilo z naslovom »Izkoriščanje prednosti elektronskega izdajanja računov v Evropi«. Sledila je direktiva 2014/55/EU o elektronskem izdajanju računov pri javnem naročanju [15]. Države članice EU so pristopile k obveznemu izmenjevanju e-računov med podjetji in javnim sektorjem. Omeniti velja, da je prva e-račune uvedla Danska in sicer že leta 2005.

Da bi pospešila prehod na elektronsko poslovanje, je Slovenija v letu 2001 v okviru projekta Elektronsko poslovanje slovenskega gospodarstva pričela s pripravo nacionalnih standardov za izmenjavo elektronskih poslovnih dokumentov – eSLOG. Leta 2003 je bil pripravljen standard eSLOG 1.3 za e-račun, ki se je skozi leta nadgrajeval skladno z zakonodajo in usmeritvami drugih standardov [16]. V letu 2005, je bila na podlagi iniciative E-Središča (na Fakulteti za organizacijske vede Univerze v Mariboru) vzpostavljena pobuda za vzpostavitev projekta »Izdajanje in prejemanje e-računov v e-regiji: pobuda za vzpostavitev projekta v Sloveniji« [17]. Slovenija je k obvezni uporabi e-računov med podjetji in proračunskimi uporabniki pristopila s 1.1.2015 in sicer z uporabo nacionalnega standarda eSLOG 1.6 [18]. Danes je v veljavi že različica eSLOG 2.0. V pripravi je tudi zakon, ki bo predpisoval obvezno uporabo e-računov tudi med podjetji [19].

Kljub prepoznanim pozitivnim učinkom uporabe digitalnih tehnologij in digitalizacije, mnoge organizacije še ne dosegajo zelenih rezultatov. To nakazuje tudi digitalni indeks, ki ga merijo države članice EU v okviru nacionalnih Statističnih uradov. V Sloveniji je v letu 2022 imelo največ podjetij z 10 ali več zaposlenimi in samozaposlenimi nizek digitalni indeks (35 %) [20]. E-račune v standardizirani strukturirani obliki je v letu 2022 pošiljalo približno 60 % podjetij z 10 ali več zaposlenimi, oziroma 57 % malih, 74 % srednje velikih in 86 % velikih podjetij.

Po uvedbi obvezne uporabe e-računov med podjetji in proračunskimi uporabniki so bila s strani različnih deležnikov pričakovana, da se bo vsesplošna uporaba e-računov enostavno razširila tudi na področje poslovanja med podjetji. Podjetja, ki izdajajo e-račune proračunskimi uporabnikom, imajo ustrezne programske rešitve za pripravo in izdajo e-računov, njihovi zaposleni pa so pridobili ustrezna znanja in kompetence za izvajanje teh postopkov. Izdaja e-računov drugim podjetjem poteka na enak način in z enakimi programskimi rešitvami, zato je veliko

presenečenje, da uporaba e-računov med podjetji ni zaživel, obseg pa se je v zadnjih letih le malenkost povečal. Večinoma so k uporabi e-računov med podjetji pristopila nekatera večja podjetja, ki so svoje dobavitelje ali kupce direktno pozvala k uporabi e-računov.

S to raziskavo želimo v prvi vrsti pridobiti vpogled v stanje na področju uporabe e-računov v Sloveniji, obenem pa želimo tudi ugotoviti, zaradi katerih razlogov se uporaba e-računov med podjetji ni bolj razširila in kaj bi bilo potrebno narediti, da se njihova uporaba poveča. V ta namen smo v sodelovanju med Centrom za e-poslovanje Gospodarske zbornice Slovenije, IKT horizontalno mrežo, Digitalnim inovacijskim stičiščem Slovenije in Fakulteto za organizacijske vede Univerze v Mariboru pripravili spletni anketni vprašalnik, na katerega je odgovorilo 284 podjetij. V prispevku poleg pregleda literature na področju e-računov in metodologije, na podlagi katere smo izvedli raziskavo, prikazujemo tudi rezultate raziskave, ki vključujejo prepoznane ovire, ki preprečujejo bolj množično uporabo e-računov med podjetji. Rezultati raziskave so lahko koristen vir informacij v luči priprav na zakonsko obvezno uporabo e-računov med podjetji, da se lahko še pred zakonsko uvedbo razreši katere od problemov, ki bi se sicer lahko pojavili kasneje.

## 2 PREGLED LITERATURE

### 2.1 Digitizacija, digitalizacija in digitalna preobrazba

Poznamo več stopenj uporabe digitalnih tehnologij na poti digitalne preobrazbe in sicer: digitizacija, digitalizacija in digitalna preobrazba [7]. Digitizacija se nanaša na spremembo analognih podatkov in informacij v digitalno obliko [21], [22]. Nekateri avtorji digitizacijo opredeljujejo tudi kot spremembo analognih v digitalne naloge [23], [24] ali kot integracijo informacijskih tehnologij (IT) v obstoječe naloge, kar pripomore k stroškovno učinkovitejši izrabi virov z uporabo IT [25], [26]. Poenostavljeno, digitizacija se nanaša na proces digitizacije notranjih in zunanjih dokumentov, vendar pa ne pripomore k ustvarjanju nove vrednosti [7].

Digitalizacija je naslednja stopnja na poti digitalne preobrazbe organizacij. Opredeljuje uporabo IT oziroma digitalnih tehnologij za preobrazbo obstoječih načinov izvajanja poslovnih procesov [24]. Med

te aktivnosti lahko na primer štejemo tudi vzpostavljanje novih spletnih in mobilnih kanalov za komunikacijo s strankami. Takšne spremembe so možne le z uporabo digitalnih tehnologij. Digitalne tehnologije so v takih primerih ključni spodbujevalci za doseganje novih poslovnih priložnosti in sicer s spreminjanjem obstoječih poslovnih procesov kot na primer komunikacije, prodaje, distribucije ali drugih oblik poslovanja in sodelovanja [7]. Poleg optimizacije in učinkovitejše koordinacije med procesi (zmanjšanje stroškov poslovanja), digitalizacija omogoča oblikovanje nove vrednosti za stranke in posledično tudi izboljšuje njihove izkušnje [27].

Najvišja stopnja uporabe digitalnih tehnologij vodi v digitalno preobrazbo organizacij. Digitalna preobrazba je odraz uporabe (kombinacije) digitalnih tehnologij, ki na novo definirajo organizacijske zmogljivosti. Z uporabo kombinacije digitalnih tehnologij poenostavljamo in spreminjamo ustaljene načine poslovanja, povečujemo učinkovitost in spreminjamo izvajanje poslovnih procesov, spreminjamo načine dela in sodelovanja zaposlenih, ustvarjamo nove načine sodelovanja s kupci, dobavitelji in partnerji v verigah vrednosti, digitaliziramo izdelke, ustvarjamo nove izdelke in storitve ter spreminjamo ali ustvarjamo nove poslovne modele [3]–[5], [28]–[31].

Računalniško izmenjevanje standardiziranih strukturiranih elektronskih dokumentov se umešča v prvi dve stopnji. V prvi vrsti gre za digitizacijo dokumentov. Če pri tem uporabljamo strukturirane (standardizirane) oblike, omogočimo tudi avtomatizacijo procesov in sicer od nastanka do izmenjave in nadaljnega obdelovanja dokumentov in njihovega arhiviranja. Pri tem uporabljamo informacijske tehnologije tako zunanjih ponudnikov kot poslovne informacijske sisteme organizacij. S tem preidemo na stopnjo digitalizacije.

### 2.2 Opredelitev e-računov in učinkov njihove uporabe

Kot uvodoma zapisano, se za e-račun upošteva račun, ki je bil izdan, poslan in prejet v strukturirani elektronski obliki (npr. XML) in kot tak omogoča avtomatizacijo priprave, pošiljanja, prenosa, prejemanja in obdelave računa z uporabo ustreznih informacijskih sistemov in tehnologij [11].

Nekatera podjetja namesto e-računov v strukturirani obliki uporabljajo vizualizirane elektronske oblike računa v formatih kot so PDF, JPG, HTML [15],

[32], [33]. Tovrstne oblike dokumentov se ne štejejo za e-račun. Izmenjava vizualnih elektronskih oblik dokumentov predstavljajo za podjetja zgolj prihranke pri tiskanju, poštnini, usmerjanju znotraj organizacije in arhiviranju, ne omogočajo pa avtomatizacije postopkov in procesov.

Prednost uporabe strukturiranih e-računov je ravno možnost popolne avtomatizacije procesov in integrirane obdelave [34]. V praksi to pomeni hitrejše izvajanje postopkov, zmanjšanje količine potrebnega ročnega dela in preprečevanje napak ter s tem povečanje učinkovitosti ter zmanjševanje stroškov [32], [34]–[39]. Dodatne koristi in pozitivni učinki vključujejo dostopnost, saj so e-računi dostopni praktično kjer koli in kadar koli, možnost poročanja v realnem času, pozitiven vpliv na ugled podjetja, sledenje in beleženje dogodkov, večjo geografsko neodvisnost in boljšo podporo pri odločanju [32], [40]–[42].

Različne študije ocenjujejo prihranke v višini tudi do 64 % pri prehodu na e-račune [33]. V teh ocenah so upoštevane zgolj finančne koristi e-računov, ob upoštevanju nefinančnih koristi pa se glede na število prejetih in izdanih e-računov dodatni prihranki še pomnožijo. V poročilu Billentis so za posamezne evropske države objavljeni potencialni prihranki zaradi prehoda na izdajanje e-računov [33]. Ocene za Slovenijo sicer niso navedene, so pa za manjše države, kot sta Avstrija in Švica, prikazani potencialni prihranki približno 600-700 milijonov EUR na leto, za Nemčijo pa so ocenjeni prihranki 6.500 milijonov EUR na leto. Izračuni ocen so narejeni ob dveh omejitvah. Prva je scenarij, kjer se le 60 % računov izmenja kot e-račun (XML oblika), preostalih 40 % pa v vizualiziranih elektronskih oblikah (PDF oblika). Ob popolnem prehodu posamezne države na e-račune bi bili možni prihranki še večji. Druga omejitev pri oceni pa je, da vključujejo podatke samo za javni sektor.

Vendar izkušnje iz Italije kažejo, da so prihranki na tem področju lahko bistveno večji [43], [44]. Italija je kot prva država EU s 1. januarjem 2019 uvedla obvezno izdajanje e-računov med podjetji ter med podjetji in potrošniki.[43], [44][43], [44][40], [41][35], [36] [34], [35] Po podatkih italijanskega ministrstva za finance je bilo v prvih 12 mesecih izdanih 2,1 milijarde e-računov s strani 3,6 milijona pravnih oseb, od tega 54 % med podjetji, 44 % med podjetji in potrošniki in 2 % med podjetji in javno upravo. Pred uvedbo je bilo ocenjeno, da bo uvedba samo na področju davčnih plačil prinesla dodatnih 1,4 milijarde EUR na leto.

Po uvedbi obveznih e-računov je razlika v davčnih plačilih v letu 2019 povečala za 3,5 milijarde EUR. Ta znesek predstavlja korist za državo, upoštevati pa je treba tudi prihranke za posamezna podjetja.

## 2.3 E-računi v Evropi

Evropska komisija je leta 2010 objavila sporočilo z naslovom »Izkoriščanje prednosti elektronskega izdajanja računov v Evropi«, v katerem je države članice pozvala, naj uvedejo e-račune in odpravijo težave, ki izhajajo iz pomanjkanja interoperabilnosti obstoječih sistemov poslovanja z e-računi [14]. Evropska komisija si je ob tem zastavila cilj, da bi e-računi postali prevladujoč način izdajanja računov do leta 2020. Področje e-računov je Evropska komisija umestila kot enega izmed osnovnih gradnikov (angl. building block) v preteklem programu CEF (Connecting Europe Facility) in v novem programu Digital [45].

Posledično se je v državah članicah EU v zadnjih desetih letih začelo pospešeno uvajanje e-računov za transakcije z organizacijami javnega sektorja (med podjetji in javno upravo ter med organi javne uprave) in transakcije med podjetji. Posamezne države, pogosto pa tudi posamezne panoge, so v preteklosti uvedle različne svetovne, regionalne in panožne standarde e-računov, kar je privedlo do tega, da se v Evropi uporablja več kot 350 različnih oblik e-računov z nacionalnimi in panožnimi specifikacijami, ki večinoma med seboj niso interoperabilni [46].

Za odpravo tržnih in trgovinskih ovir, ki so posledica različnih nacionalnih pravil in tehničnih standardov, je bila sprejeta Evropska direktiva 2014/55/EU o elektronskem izdajanju računov pri javnem naročanju [15]. Poleg zmanjšanja transakcij v papirni obliki ter poenostavitve, racionalizacije in avtomatizacije elektronskega poslovanja je bil glavni cilj direktive uvesti enoten evropski standard za e-račune, ki ga je pripravil CEN [47]. Evropski standard za e-račune EN 16931 zagotavlja interoperabilnost poslovanja z e-računi med različnimi državami članicami in podpira čezmejno javno naročanje in e-poslovanje. V skladu z direktivo morajo proračunski uporabniki in izvajalci javnih naročil sprejeti račun za javno naročilo, če je izdan v elektronski obliki v evropskem standardu.

Direktiva velik poudarek namenja interoperabilnosti, katere cilj je omogočiti, da se podatki in informacije navajajo in obdelujejo dosledno v vseh poslovnih informacijskih sistemih, ne glede na njihovo

tehnologijo, uporabo ali platformo. Gre za zmožnost nemotenega izvajanja poslovnih procesov preko organizacijskih meja, ki se doseže z razumevanjem, kako se lahko medsebojno poveže poslovne procese v različnih podjetjih. Da se to omogoči, je potrebno standardizirati izmenjane podatke in informacije, in sicer z vidika vsebine računa (semantike), oblike (sintakse) in načina pošiljanja. To pomeni, da e-račun vsebuje določeno količino potrebnih podatkov in informacij ter da se ohrani točen pomen izmenjanih podatkov in informacij, ki se nedvoumno razumejo, ne glede na to, kako so fizično navedene ali poslane [48]. Obenem so podatkovni elementi e-računa navedeni v obliki, ki omogoča neposredno izmenjavo med pošiljateljem in prejemnikom ter samodejno obdelavo. To se lahko zagotovi na dva načina, in sicer z uporabo skupne sintakse ali s preslikovanjem med različnimi sintaksami [15].

Med državami Evropske unije je na račun Direktive 2014/55/EU poslovanje z e-računi postala običajna praksa [45]. Večina držav ima obvezen prejem za organizacije javne uprave, nekatere države za javni sektor predpisujejo tudi obvezno izdajo e-računov. Kljub temu je stopnja uvedbe e-računov pri podjetjih počasna in trenutno uporablja e-račune le majhen odstotek podjetij v Evropi. Vendar se bo to v bližnji prihodnosti verjetno spremenilo, saj vse več evropskih držav napoveduje uvedbo obveznega e-izdajanja računov za vsa podjetja. Za leto 2024 so obvezne e-račune na področju poslovanja med podjetji zakonsko predpisale Francija, Belgija, Poljska in Španija [49].

Evropska komisija je decembra 2022 objavila svoj dolgo pričakovani predlog zakonodajnih sprememb v zvezi s pobudo »DDV v digitalni dobi« (angl. VAT in Digital Age - ViDA) [50], pri čemer gre za enega najpomembnejših korakov davčne reforme EU, ki ne vpliva le na evropska podjetja, temveč tudi na podjetja izven EU, ki poslujejo z EU. Predlog ViDA vključuje obvezno e-poročanje in poslovanje z e-računi za transakcije znotraj EU, oziroma komercialne transakcije med različnimi državami Evropske unije. Predlog zahteva spremembo Direktive o DDV 2006/112/ES, izvedbene uredbe 282/2011 in Uredbe 904/2010 o upravnem sodelovanju in boju proti goljufijam na področju DDV [50][50][47][42][41].

Predlog ViDA obravnava tri ločena področja: obveznosti digitalnega poročanja o DDV in izdajanja e-računov, obravnavanje DDV za modele digitalnih

platform ter uvedbo enotne registracije za DDV v vseh državah članicah. Na področju e-računov so spremembe usmerjene v enostavnejše in bolj usklajeno poslovanje z e-računi. S predlogom ViDA e-računi postajajo privzeti način za izdajo računov. Nestrukturirane elektronske oblike, kot je PDF, se tudi z davčnega vidika ne bodo več štete za elektronske račune. Pomembna sprememba je tudi ukinitve zbirnih računov, ki so v Sloveniji precej razširjeni. Za vse transakcije med podjetji znotraj EU bo obvezno digitalno poročanje, pri čemer se bodo podatki poročali centralni zbirki podatkov. Ker številne države članice že razmišljajo o uvedbi stalnega nadzora nad transakcijami (CTC) in so z uvedbo čakale na ta predlog Evropske komisije, bo zanimivo spremljati ali bodo države počakale do sprejema končne verzije EU zakonodaje ali bodo svoje uvedbe nadaljevale na podlagi določitev v tem predlogu zakonodaje.

## 2.4 E-računi v Sloveniji

Slovenija je v zadnjih letih naredila velik napredek in je ena najnaprednejših držav v Evropi pri uporabi e-računov. Po indeksu DESI 2022 (The Digital Economy and Society Index), ki ga meri Evropska komisija, je Slovenija v kategoriji e-računov na četrtem mestu med državami članicami [51]. DESI je indeks, ki povzema pomembne kazalnike o razvoju digitalizacije v državah članicah EU in njihovi digitalni konkurenčnosti. Indeks za indikator e-računi, ki je leta 2015 za Slovenijo znašal le 2,33 %, je leta 2022 poskočil na 58,4 %. Odlični rezultati so posledica poenotene uporabe standardov, široke podpore e-računom v informacijskih rešitvah, izmenjave e-računov preko ponudnikov e-poti ter široke vključenosti različnih deležnikov.

Začetki standardizacije poslovnih elektronskih dokumentov v Sloveniji segajo v leto 2001, ko je Gospodarska zbornica Slovenije na pobudo podjetij začela izvajati projekt eSLOG »Elektronsko poslovanje slovenskega gospodarstva« [52]. V projektu so sodelovali strokovnjaki iz več kot 90 podjetij, cilj projekta pa je bil pripraviti in uveljaviti standardne poslovne elektronske dokumente za podjetja, ki vključujejo naročilnico, dobavnico in račun v XML obliki. eSLOG poslovni elektronski dokumenti so danes v Sloveniji vsesplošno razširjeni in uporabljeni ter vključujejo poleg že omenjenih tipov dokumentov še opomin in izpis odprtih postavk (IOP). Za današnjo vsesplošno uporabo in razširjenost eSLOG dokumentov je ključ-



nega pomena to, da so množično podprti in uporabljeni tako s strani države kot gospodarskih družb.

Izmed eSLOG dokumentov so se najbolj vsesplošno uveljavili e-računi. Najprej so jih začela uporabljati podjetja, ki množično izdajajo račune, kot so komunikacijski operaterji, energetska podjetja in podjetja v trgovskih verigah. Leta 2010 je Uprava Republike Slovenije za javna plačila (UJP) uvedla izmenjavo e-računov med proračunskimi uporabniki, od leta 2012 pa omogočila izmenjavo med proračunskimi uporabniki, poslovnimi subjekti in fizičnimi osebami, tako da je v izmenjavo e-računov vključila medbančni sistem prek Bankarta in v nadaljevanju tudi prek drugih ponudnikov e-poti [46].

Ključni korak pri razširjenosti uporabe e-računov v Sloveniji je bil od 1.1.2015 z obveznim izdajanjem e-računov proračunskemu uporabniku. Izdajatelj je dolžan proračunskemu uporabniku izstaviti račun v eSLOG obliki, zraven pa lahko priloži še vizualizacijo računa v PDF ali drugi obliki ter priloge. Izmenjava e-računov s proračunskimi uporabniki poteka izključno prek enotne vstopne in izstopne točke Uprave Republike Slovenije za javna plačila. Izdajatelj lahko za pošiljanje izberejo ponudnika e-poti, ki ima z UJP sklenjeno pogodbo o izmenjavi e-računov ali bančni sistem, manjši izdajatelji pa lahko račune vnesejo ročno na spletnem portalu UJP [53].

Med leti 2017 in 2020 sta Gospodarska zbornica Slovenije in Uprava Republike Slovenije za javna plačila skupaj s partnerji izvedla ambiciozna projekta ROSE (»Readiness Of Slovenian E-invoicing«) in ROSE 2. Rezultati projektov so bili podpora direktivi 2014/55/EU v slovenskem prostoru, uvedba evropskega standarda za e-račun, uvedba registra prejemnikov e-računov, vključitev Slovenije v evropsko omrežje Peppol za izmenjavo poslovnih elektronskih dokumentov, nadgradnja tehnološkega okolja za izmenjavo e-računov, dvig zavedanja in uporabniških kompetenc za uporabo e-računov ter nadgradnja eSLOG dokumentov naročilo, dobavnica in račun na verzijo 2.0 (Bojanc in drugi, 2020).

K razširjeni uporabi e-računov je veliko pripomoglo to, da so ponudniki poslovnih programskih rešitev množično podprli eSLOG dokumente v svojih programskih rešitvah (ERP rešitve, računovodski programi in druge programske rešitve). To je uporabnikom omogočilo enostavno uporabo e-računov in drugih poslovnih elektronskih dokumentov v obstoječih programskih rešitvah brez potrebe po upo-

rabi dodatnih namenskih programskih rešitev.

Izziv, kako zagotoviti zanesljiv in varen prenos e-računov in drugih poslovnih elektronskih dokumentov od izdajatelja do prejemnika, rešujejo ponudniki e-poti. Za Slovenijo je še posebej pozitivno, da se je pri delovanju ponudnikov e-poti uveljavil model izmenjave s štirimi koti (angl. 4-corner model) (Slika 1), v katerem lahko izdajatelj in prejemnik uporabljata storitve različnih ponudnikov e-poti, ponudniki pa poskrbijo za medsebojno povezavo in zagotavljanje interoperabilnosti [55]. Ponudniki lahko poleg izmenjave dokumentov svojim uporabnikom zagotavljajo različne storitve z dodano vrednostjo, kot so na primer preverjanje pravilnosti dokumenta še pred dostavo prejemniku in pretvorba dokumenta med različnimi sintaksami in standardi, v primeru, ko izdajatelj in prejemnik ne uporabljata iste sintakse elektronskih dokumentov, kar se pogosto dogaja v primeru čezmejne izmenjave e-računov.

Ključna prednost slovenskega ekosistema e-računov je v tem, da so ponudniki programskih rešitev v svoje rešitve integrirali storitve izmenjave e-računov, ki jih ponujajo ponudniki e-poti. Tako njihovi končni uporabniki pošiljanje in prejemanje e-računov in drugih poslovnih elektronskih dokumentov izvajajo prek obstoječih programskih rešitev, ki jih že uporabljajo v podjetju, kar jim omogoča popolno avtomatizacijo procesov. Pri tem odpade potreba po uporabi dodatnih programskih rešitev, v katere bi ročno kopirali, uvažali ali izvažali e-račune in druge dokumente. Tak način še posebej malim in srednje velikim podjetjem močno poenostavlja in olajša uporabo e-računov.

Pomemben deležnik v slovenskem ekosistemu e-računov je Nacionalni forum za e-račune. Evropska komisija je z namenom spodbujanja uporabe e-izdajanja računov v EU ustanovila Evropski forum za e-račune, v katerega je povabila tudi predstavnike nacionalnih forumov. Leta 2012 sta Gospodarska zbornica Slovenije in Uprava Republike Slovenije za javna plačila na pobudo Evropske komisije ustanovili Nacionalni forum za e-račune z namenom, da prevzame aktivno vodilno in usklajevalno vlogo pri popularizaciji in uvajanju pozitivnih učinkov e-računov. Glavna dva cilja Nacionalnega foruma za e-račune sta spodbujanje uporabe e-računov in doseganje kritične mase uporabnikov v procesu izmenjave e-računov, ki bodo prilagojeni sodobnejšemu in poenostavljenemu načinu poslovanja. Nacionalni forum združuje več

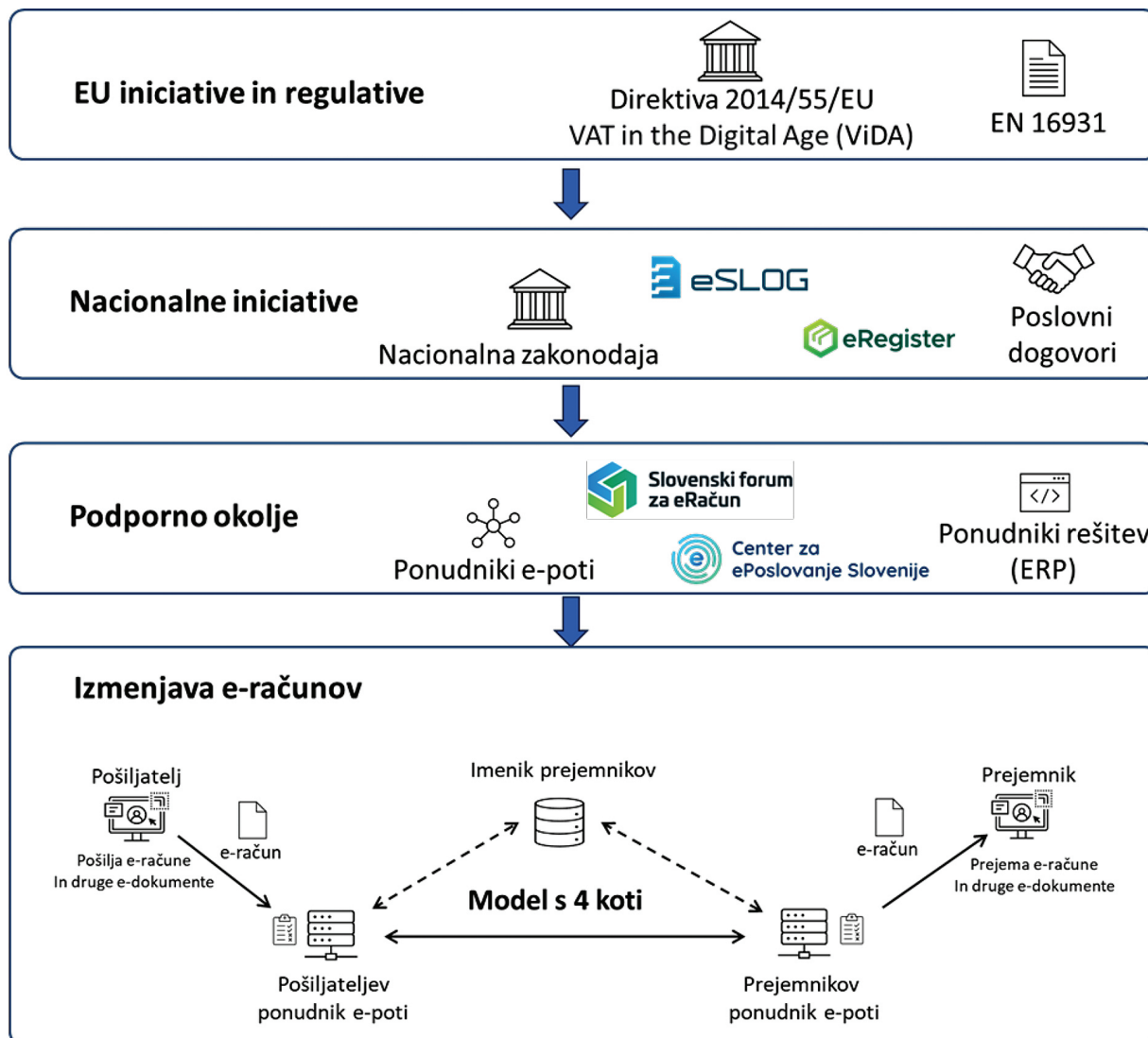


Figure 1: Ekosistem poslovanja z e-računi.

kot 170 strokovnjakov iz gospodarstva, javne uprave, univerzitetnega okolja in bančnega sektorja [56].

Leta 2019 je pod okriljem Gospodarske zbornice Slovenije začel delovati Center za e-poslovanje Slovenije (EPOS), ki podjetjem, drugim organizacijam in posameznikom nudi na enem mestu zbrane vse pomembne informacije in pomoč za uvedbo in učinkovito izvajanje e-poslovanja. Center za e-poslovanje ima postavljen ambiciozen cilj, da Slovenija ostane med vodilnimi državami v EU na področju elektronskega poslovanja. Cilj se podpira z uvajanjem standardov e-poslovanja ter učinkovito podporo in promocijo v gospodarstvu [57].

Kljub vsem navedenim dosežkom, pozitivnim rezultatom delovanja ekosistema e-računov v Slove-

niji, ki omogoča enostavno izdajo, pošiljanje, izmenjavo, prejem in obdelavo e-računov, pa je uporaba e-računov med poslovnimi subjekti še vedno nižja od pričakovanj. Zato so člani Nacionalnega foruma za e-račun na letnem srečanju 2019 predlagali, da se zakonsko uredi obvezna izmenjava e-računov med vsemi pravnimi subjekti. Na osnovi te pobude je Uprava Republike Slovenije za javna plačila pripravila predlog Zakona o izmenjavi e-računov in drugih e-dokumentov, ki bo predpisal obvezno izmenjavo e-računov za vse poslovne subjekte. Priprava zakona sledi dogajanju v različnih drugih evropskih državah, ki so že uvedle obvezno izmenjavo e-računov med podjetji ali pa se na to obveznost pripravljajo.

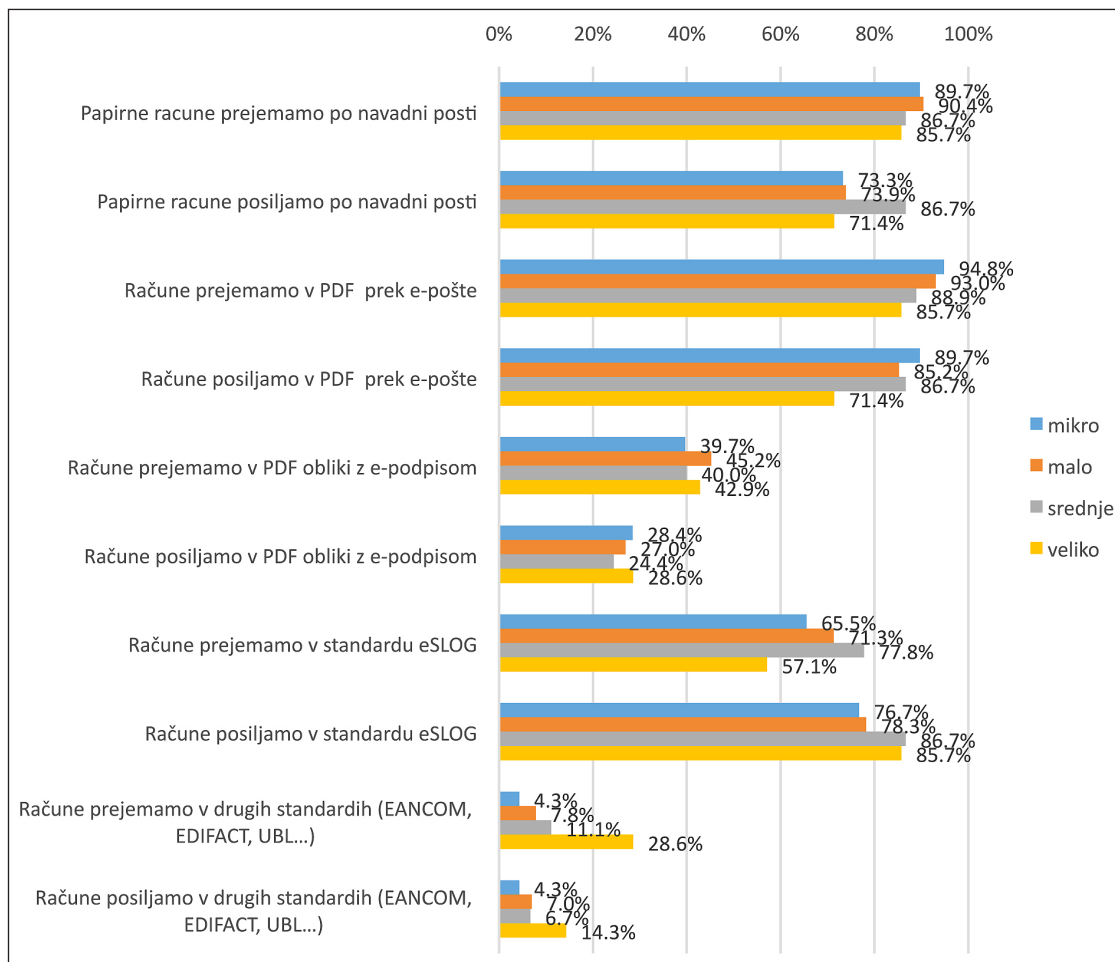
### 3 METODOLOGIJA RAZISKAVE

Za analizo razvoja uporabe e-računov v Sloveniji smo v sodelovanju med Centrom za e-poslovanje Gospodarske zbornice Slovenije, IKT Horizontalno mrežo, Digitalnim inovacijskim stičiščem Slovenije in Fakulteto za organizacijske vede Univerze v Mariboru pripravili anketni vprašalnik. Anketni vprašalnik je bil pripravljen na podlagi pregleda literature, sodelovanja domenskih ekspertov na področju e-računov in vzpostavljanja nacionalnih standardov eSLOG in strokovnjakov na področju digitalnega poslovanja in digitalne preobrazbe.

Ker smo želeli zajeti in pridobiti mnenja širše množice podjetij, smo izbrali metodo anketiranja. Odločili smo se za izvedbo spletnega anketiranja, ki omogoča v relativno kratkem času in na ekonomičen način zajeti in pridobiti mnenja širše populacije [58]. Poleg tega tak način zajemanja podatkov omogoča hitrejšo in enostavnejšo pripravo podatkov za kasnejše izvajanje analiz [59].

Anketni vprašalnik je obsegal 22 vprašanj, ki so bili razdeljeni na 4 sklope: demografski podatki organizacije, uporaba e-računov, zaznane prednosti ter ovire uporabe e-računov in demografski podatki respondenta. Vprašalnik je bil zasnovan na podlagi pregleda literature proučevanega področja in sorodnih predhodnih raziskav (poglavje 2). Prav tako je bilo uporabljeno znanje ekspertov, ki izhaja iz poznavanja področja v EU in Sloveniji.

K sodelovanju v anketi so bili povabljeni organizacije, ki uporabljajo e-račune v Sloveniji preko različnih ponudnikov storitev, in organizacije, ki so vključene v različna združenja, ki izvajajo podporne dejavnosti pri digitalizaciji poslovanja (DIHS, GZS). Povabilo za sodelovanje je bilo naslovljeno na kontakte, ki so jih podala podjetja ob vključevanju v združenja. V raziskavi smo uporabili definicijo velikost podjetja skladno s predpisi Evropske komisije mikro podjetja: 1-9 zaposlenih, malo podjetje 10-49



Graf 1: Prejemanje in pošiljanje računov glede na pojavno obliko in velikost organizacije



zaposlenih, srednje podjetje 50-249 zaposlenih in veliko podjetje več kot 250 zaposlenih.

Anketa je bila izvedena preko spletnega portala 1ka.arnes.si med 18.4. in 2.5. 2023. Na anketo se je odzvalo 1638 respondentov, od katerih jih je 901 začelo anketo izpolnjevati. V celoti je anketo izpolnilo 284 (17 %) respondentov.

Zbrani podatki so bili prenešeni v programsko rešitev SPSS 20. Za predstavitev razširjenosti uporabe e-računov, smo v prispevku prikazali rezultate opisne statistike.

## 4 REZULTATI

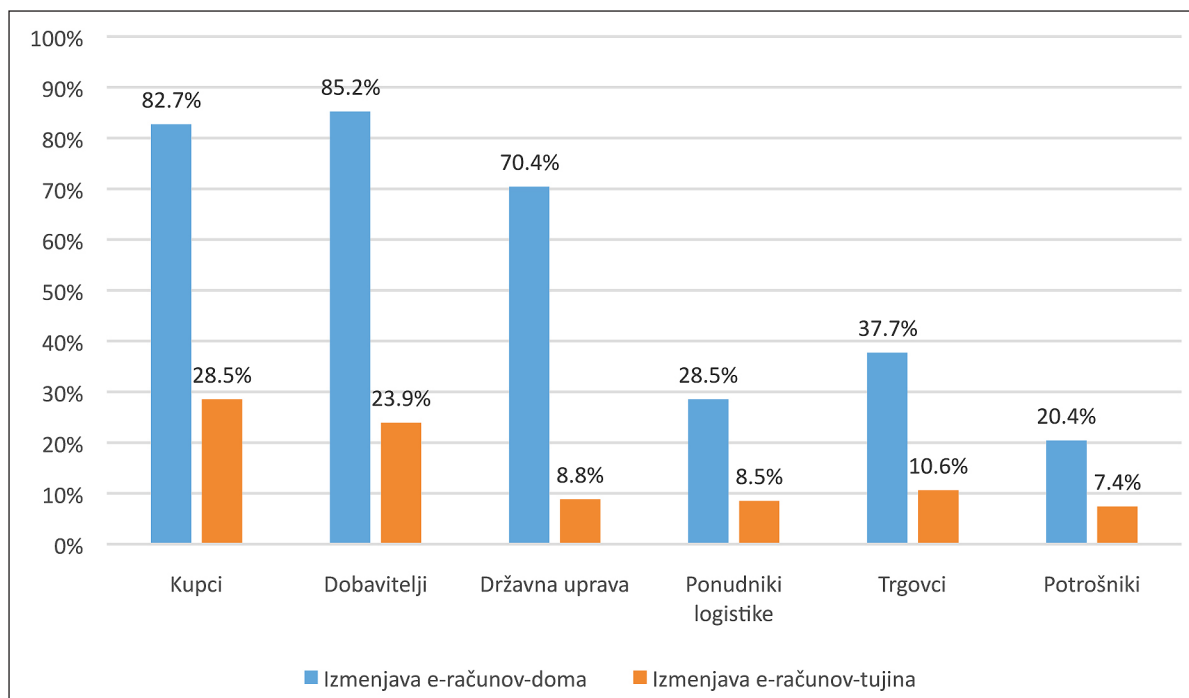
Vzorec za potrebe raziskave obsega 284 podjetij iz 75 različnih slovenskih krajev in iz 19 različnih dejavnosti. Struktura vzorca sodelujočih organizacij glede na velikost po številu zaposlenih je bila 117 (41,2 %) mikro, 115 malih (40,5 %), 45 srednje velikih (15,8 %) in 7 (2,5 %) velikih podjetij oziroma organizacij. Respondenti v anketi so bili zaposleni na naslednjih delovnih mestih: 62 (22,2%) direktor, 26 (9,2 %) direktor financ, 12 (4,2 %) direktor informatike, 51 (18 %) vodja računovodstva, 31 (10,9 %) vodja drugega poslovnega področja, 18 (6,3 %) informatik in 77 (27,1 %) zaposleni na drugih delovnih mestih.

Analiza prejemanja in pošiljanja računov glede na pojavno obliko računov in velikost podjetja (Graf

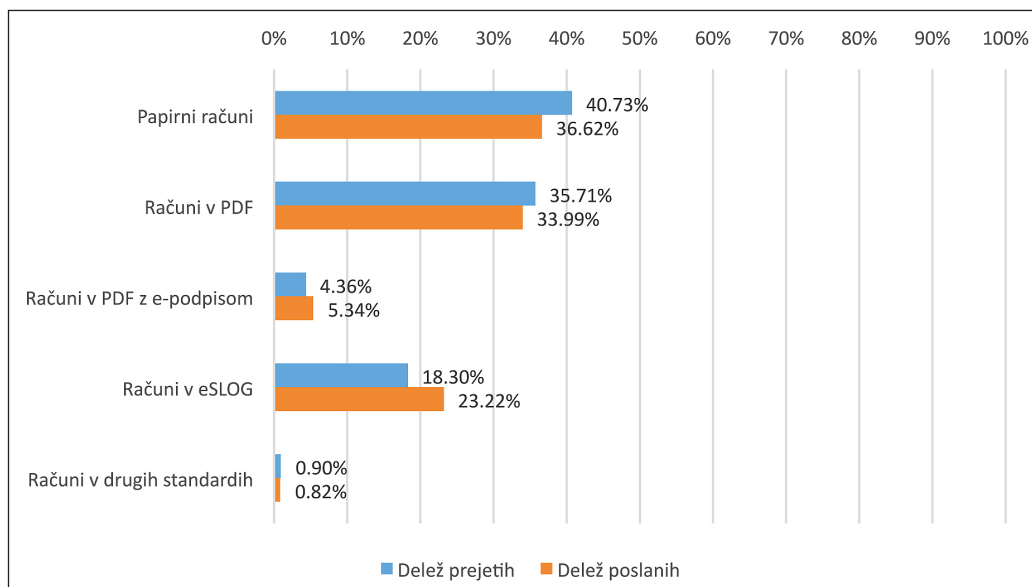
1) je pokazala, da večina tako mikro (89,7 %), malih (90,4 %), srednje velikih (86,7 %) in velikih (85,7 %) organizacij še vedno prejema račune po navadni pošti. Nekoliko manjši delež mikro 73,3 %, malih 73,9 %, srednje velikih 86,7 % in velikih 71,4 % organizacij tudi še vedno pošilja račune po navadni pošti. Iz Grafa 1 je razvidno, da je podoben delež organizacij, ki prejemajo in pošiljajo račune po navadni pošti le te pošiljajo in sprejemajo v PDF obliki preko e-pošte. Precej manjši delež organizacij prejema in pošilja račune v obliki PDF z e-podpisom in sicer mikro 39,7 % ter 28,4 %, malih 45,2 % ter 27 %, srednje velikih 40 % ter 24,4 % in velikih organizacij 42,9 % ter 28,6 %.

Najbolj pogosto uporabljen standard za e-račune je eSLOG, ki ga uporablja za prejemanje in pošiljanje 65,5 % ter 76,7 % mikro, 71,3 % ter 78,3 % malih, 77,8 % ter 86,7 % srednje velikih in 57,1 % ter 85,7 % velikih organizacij. Ostali standardi za e-račune kot so EANCOM, EDIFACT, UBL se uporabljajo v manjšem obsegu in še to bolj v velikih organizacijah za prejemanje 28,6 % in 14,3 % za pošiljanje e-računov.

Analiza pošiljanja in prejemanja e-računov glede na partnerje (Graf 2) je pokazala, da si organizacije največ izmenjujejo e-račune z dobavitelji (85,2 %) in kupci (82,7 %). Nekoliko manjši je delež izmenjevanje e-računov z državno upravo (70,4 %). Manj intenzivna je izmenjava e-računov s ponudniki logistike (28,5 %), trgovci (37,7 %) in potrošniki (20,4 %).



Graf 2: Obseg izmenjave e-računov glede na partnerja doma in v tujini



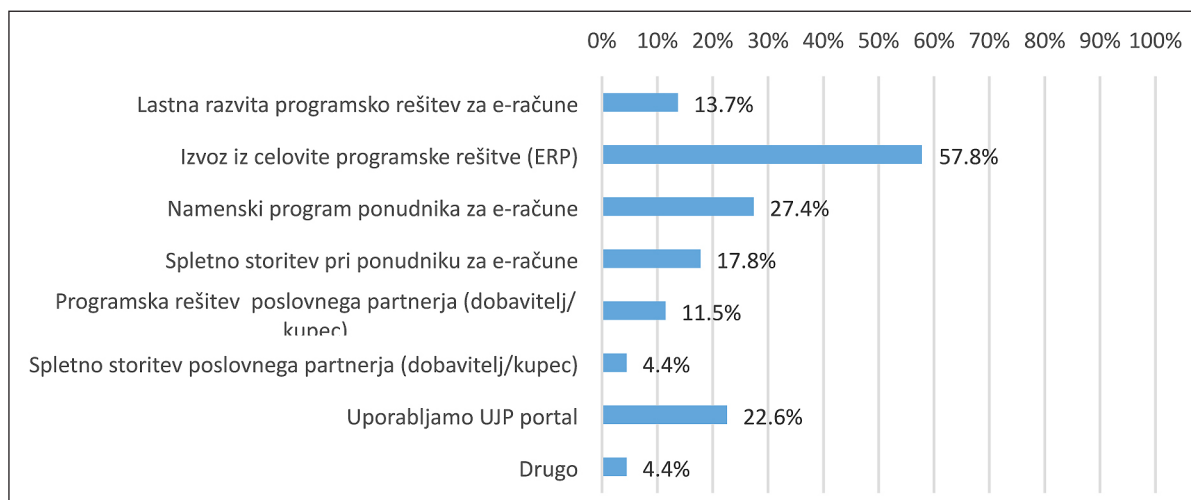
Graf 3: Deleži prejetih in poslanih računov glede na pojavno obliko

trgovci (37,7 %) in potrošniki (20,4 %). Nadaljnja analiza pošiljanja in prejemanja e-računov glede na partnerje doma in v tujini (Graf 2) je pokazala, da organizacije v precej večji meri izmenjujejo e-račune z domačimi partnerji v primerjavi z izmenjavo s tujimi partnerji.

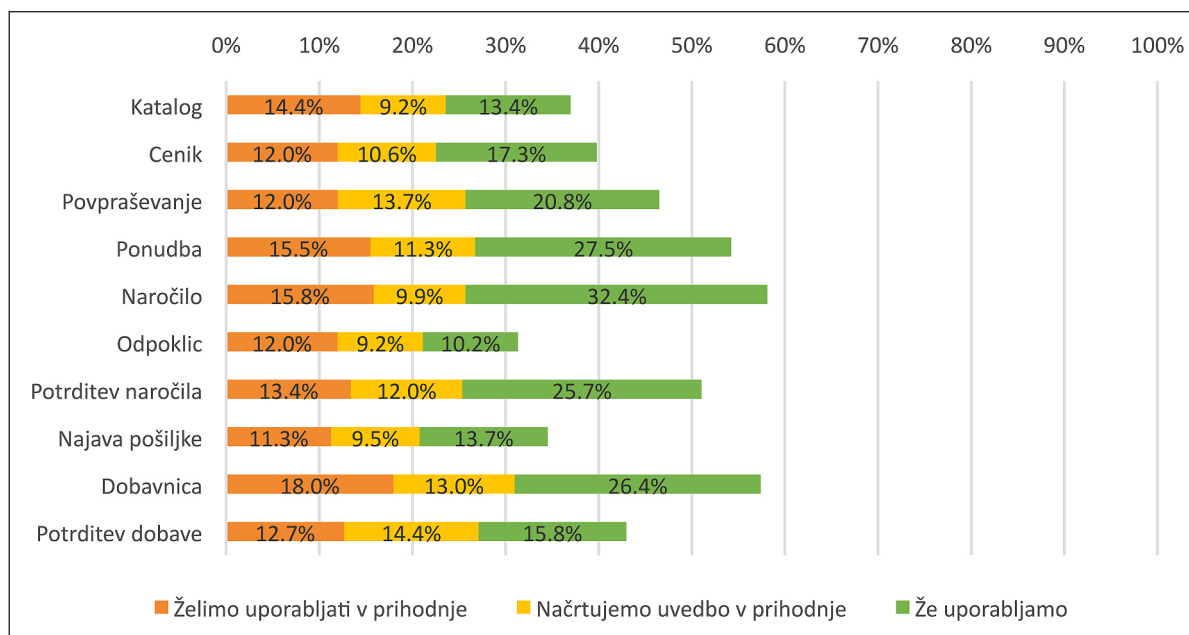
Za analizo stopnje razvitosti uporabe e-računov smo analizirali, kakšen je delež prejetih in poslanih e-računov v primerjavi z drugimi pojavnimi oblikami računov (Graf 3). Rezultati so pokazali, da organizacije v povprečju prejemajo 18,3 % in pošiljajo 23,22 % računov v obliki eSLOG ter prejemajo samo 0,9 % in pošiljajo 0,82 % e-računov v drugih standardih za

e-račune. V povprečju je največ računov, tako prejetih (40,73 %) kot poslanih (36,62 %), v papirni obliki. Nadalje je povprečni delež prejetih 4,36 % in poslanih računov 5,34 % v obliki PDF z e-podpisom. Podjetja v povprečju prejemajo 35,71 % in pošiljajo 33,99 % računov v obliki PDF.

Nadalje smo izvedli analizo načinov priprave e-računov (Graf 4), tako da smo organizacije vprašali, na kakšen način in s kakšnimi programskimi rešitvami pripravljajo e-račune. Največ anketiranih organizacij uporablja izvoz iz celovite poslovne programske rešitve (ERP – Enterprise Resource Planning) in sicer je takih 57,8 %, 27,4% organizacij uporablja



Graf 4: Načini priprave e-računov



Graf 5: Uporaba in razvojni načrti za e-izmenjavo drugih poslovnih dokumentov

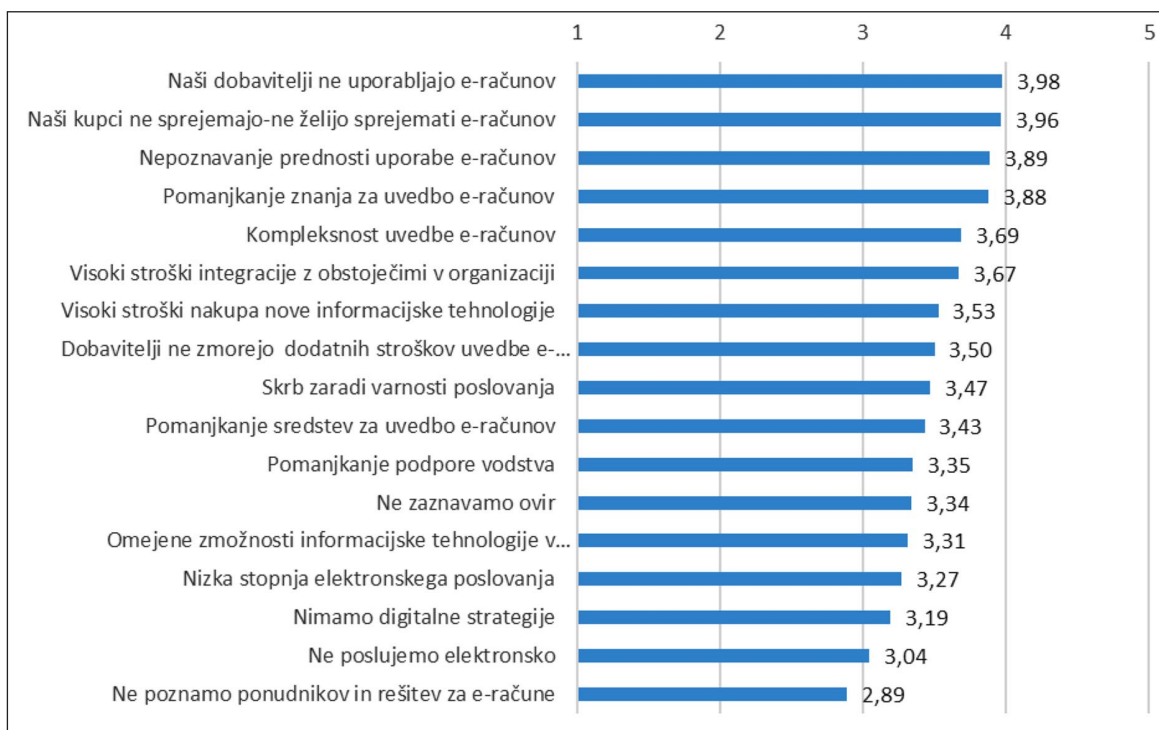
namenski program ponudnika za prejemanje in pošiljanje e-računov, 22,6 % organizacij uporablja UJP portal, 17,8 % organizacij uporablja spletno storitev pri ponudniku za e-račune, 13,5 % organizacij je razvilo lastno programsko rešitev za e-račune, 11,5 % organizacij uporablja programsko rešitev poslovnega partnerja in 4,4 % organizacij uporablja spletno storitev poslovnega partnerja.

Za razumevanje, kako je uporaba e-računov povezana z e-izmenjavo drugih poslovnih dokumentov, smo organizacije vprašali, katere poslovne dokumente poleg e-računov že uporabljajo, ali načrtujejo njihovo uporabo ali jih želijo v prihodnje uporabljati (Graf 5). Največji delež organizacij si e-izmenjuje naročilo in sicer je takih 32,39 %, sledi e-izmenjevanje ponudbe (27,46 % organizacij), dobavnice (26,41 % organizacij) in potrditev naročila (25,70 % organizacij). Najmanjši delež organizacij izmenjuje odpoklic (10,21 %), najavo pošiljke (13,73 %) in katalog (13,38 %). Poleg odstotka organizacij, ki že e-izmenjujejo posamezne poslovne dokumente Graf 5 prikazuje tudi odstotek organizacij, ki želijo uporabljati ali načrtujejo uvedbo e-izmenjevanja posameznih poslovnih dokumentov v prihodnje.

Iz analize na grafu 5 lahko ugotovimo, da si anketirane organizacije poleg e-računov najbolj pogosto e-izmenjujejo naročilo (32,69 %), dobavnico (26,41 %) in ponudbo (27,46 %).

Da bi analizirali vzroke, ki ovirajo uporabo e-računov v organizacijah smo v anketi vprašali v kolikšni meri se anketiranci strinjajo (1 se sploh ne strinjam – 5 se popolnoma strinjam) z vzroki, ki vplivajo na manjši obseg uporabe e-računov (Graf 6). Analiza zbranih podatkov je pokazala, da anketirane organizacije v največji meri vidijo oviro v tem, da dobavitelji ne uporabljajo e-računov (povprečna ocena 3,98), nato da kupci ne sprejemajo e-računov (povprečna ocena 3,96), nepoznavanje prednosti uporabe e-računov (povprečna ocena 3,89), pomanjkanje znanja za uvedbo e-računov (povprečna ocena 3,88), kompleksnost in visoki stroški integracije z obstoječimi informacijskimi sistemi in rešitvami v organizacijah (povprečna ocena 3,68). Respondenti so se v najmanjši meri strinjali z oviro, da ne poznajo ponudnikov in rešitev za e-račune (povprečna ocena 2,89).

Na koncu smo naredili še analizo spodbud za uvajanje e-računov, ki je prikazana na Grafu 7. Analiza prikazuje, v kakšni meri se anketirane organizacije strinjajo (1 se sploh ne strinjam – 5 se popolnoma strinjam) s podanimi spodbudami za uvajanje e-računov. Analiza je pokazala, da bi organizacije pri uvajanju e-računov najbolj spodbudilo naslednje: manjši začetni stroški uvajanja e-računov (povprečna ocena 4,35), večje poznavanje prednosti e-računov (povprečna ocena 4,31), ponudniki poslovnih programskih rešitev integrirajo e-račune v svoje programske

Graf 6: **Ovire za manjši obseg uporabe e-računov**

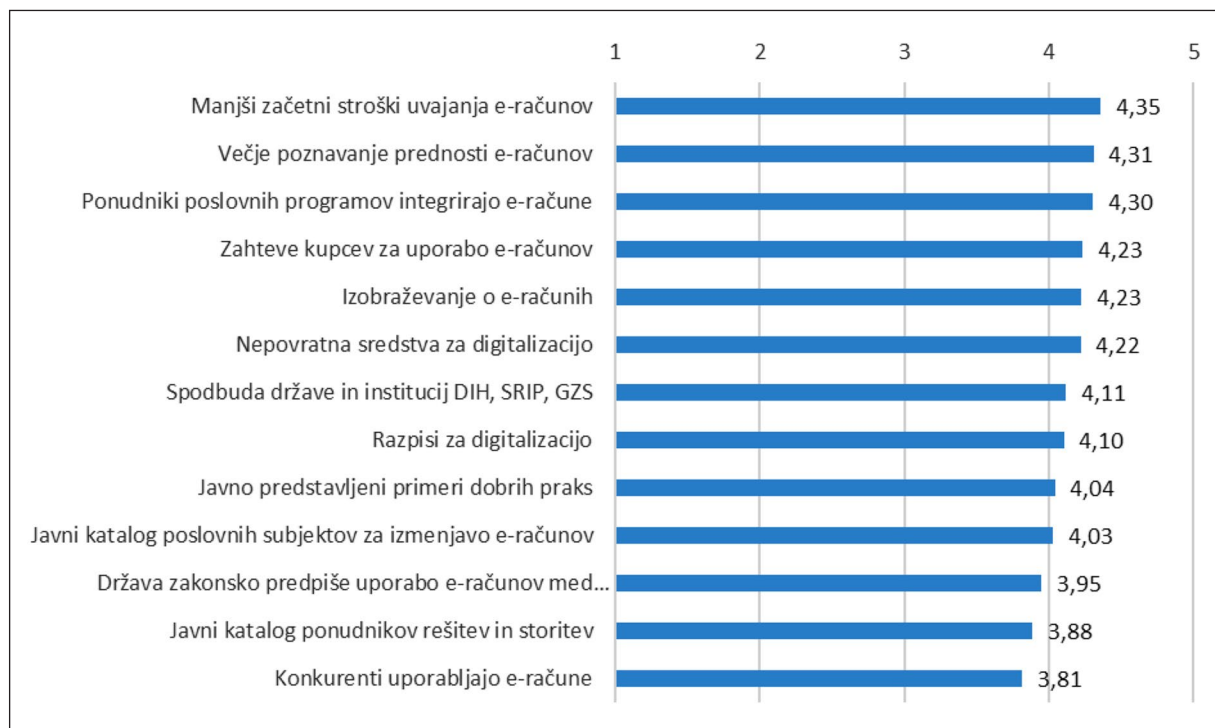
rešitve (povprečna ocena 4,30), zahteve kupcev za uporabo e-računov (povprečna ocena 4,23), izobraževanje o e-računih (povprečna ocena 4,23) in nepovratna sredstva za digitalizacijo podjetij (povprečna ocena 4,22). Respondenti so vse predlagane spodbude za uvajanje e-računov ocenili kot smotrne, saj je bila najmanjša povprečna ocena spodbude 3,81 (na lestvici od 1 do 5) in sicer gre za uporabo e-računov s strani konkurentov.

## 5 DISKUSIJA

V raziskavi so sodelujoči anketiranci navedli, na kakšen način prejemajo in pošiljajo račune (graf 1). S tem smo dobili informacijo o tem, kolikšen delež anketiranih organizacij uporablja določeno obliko računa pri svojem poslovanju. Kot se je izkazalo so razlike med deleži pri prejemu računa večje kot pri pošiljanju. Če primerjamo zgolj tri najbolj razširjene oblike (papirna oblika, PDF račun in račun v strukturirani eSLOG obliki) pri prejemu računa prevladujeta papirna ali PDF oblika računa, ki ju uporablja 89,4 % oziroma 92,9 % sodelujočih organizacij. Organizacij, ki prejemajo račune v eSLOG strukturirani elektronski obliki, je občutno manj in sicer je med anketiranimi organizacijami takih le 69,6 %. Pri pošiljanju pa so razlike med temi tremi oblikami precej manjše in

sicer 75,6 % za papirne račune, 87 % za račune v PDF obliki in 79,2 % za račune v eSLOG obliki. Razlog je najverjetneje v tem, da veliko organizacij pošilja e-račune v eSLOG obliki proračunskim uporabnikom, sami pa e-računov ne prejemajo. Pri anketiranih mikro in malih organizacijah preseneča tudi precej nižji delež organizacij, ki pošiljajo e-račune (okoli 73 %) od deleža organizacij, ki prejemajo papirne račune (okoli 90 %). Vzrok za tako razliko vidimo v profilu sodelujočih organizacij, ki so bolj vajene digitalnega poslovanja in posledično manj izdajajo račune v papirni obliki.

Po podatkih Statističnega urada RS za leto 2022, 89,8 % podjetij pošilja račune v papirni obliki, 80,4 % v PDF obliki in 60,5 % v elektronski strukturirani obliki. Primerjava podatkov v naši raziskavi s podatki Statističnega urada nakazuje, da se delež organizacij, ki pošiljajo račune v PDF obliki ujema, dejanska stopnja uporabe e-računov v širši populaciji organizacij pa je nižja, kot je izkazana na vzorcu sodelujočih organizacij v naši raziskavi, medtem ko je delež poslanih papirnih računov v širši populaciji večji. Tudi tu so vzroki za takšne rezultate deloma v tem, da so v raziskavi sodelovale aktivne organizacije, ki spremljajo področje digitalnega poslovanja in digitalne preobrazbe in so v tej smeri že naredile določene korake.



Graf 7: Vzpodbude za uvajanje e-računov

Na podatkih iz vzorca je opazno, da se z velikostjo organizacije zmanjšuje delež organizacij, ki prejemajo papirne račune in račune v PDF obliki. Največ papirnih in PDF računov prejemajo mikro in mala podjetja, najmanj pa srednje velika in velika podjetja. Ravno obratna situacija je pri računih v strukturirani obliki (eSLOG, EANCOM, EDIFACT, UBL in drugi standardi), kjer največ e-računov prejmejo srednje velika in velika podjetja, najmanj pa mikro in mala podjetja. Ta razporeditev je pričakovana, saj imajo srednje velika in večja podjetja praviloma informacijsko boljše podprt prejem e-računov, marsikatera manjša podjetja in še posebej mikro podjetja, pa nimajo ustrezne informacijske rešitve in tudi znanja za poslovanje z e-računi.

V raziskavi je ugotovljeno, da je PDF prevladujoča oblika za izmenjavo računov. Kar 39,3 % računov je namreč poslanih v PDF obliki, 36,6 % je poslanih v papirni obliki, 24 % pa je poslanih v strukturirani elektronski obliki (graf 3). Ta razporeditev je skladna tudi z ugotovitvami v Billentis poročilih, kjer sta PDF in papirna oblika prevladujoči. Pri e-računih v eSLOG obliki je opazen tudi znatno večji delež poslanih kot prejetih računov. Razlog vidimo v tem, da kar 70,4 % anketiranih organizacij izmenjuje račune s proračunskimi uporabniki (graf 2), ki pa morajo biti

v eSLOG obliki. Zato je pri organizacijah delež poslanih računov v eSLOG obliki večji od deleža prejetih računov.

Le 13 % vseh PDF računov anketiranih organizacij je elektronsko podpisanih. Razlog je najbrž v tem, da zakonodaja ne zahteva podpisa računa in je njegova uporaba prepuščena odločitvi posameznikov. Čeprav elektronski podpis zakonsko ni obvezen, je lahko njegova uporaba smiselna, saj je elektronski podpis učinkovit mehanizem za zagotavljanje pristnosti izvora in celovitosti vsebine računa, kar pa organizacija mora zagotavljati. Elektronski podpis je lahko tudi vključen v strukturirani eSLOG račun, njegova uporaba pa je neobvezna.

Pričakovano je med strukturiranimi oblikami e-računov daleč najbolj razširjena eSLOG oblika, saj je zakonsko predpisana za izmenjavo s proračunskimi uporabniki, široko podprta v različnih poslovnih programskih rešitvah in s strani ponudnikov e-poti (graf 3). Ostale strukturirane oblike (npr. EANCOM in EDIFACT) predstavljajo skupaj manj kot 1 % vseh izmenjanih računov, največ pa se uporabljajo predvsem na področju trgovine in oskrbovalnih verig. To se opazi tudi na grafu 1, kjer je delež organizacij, ki prejemajo druge strukturirane oblike računa daleč največji pri velikih organizacijah. Po drugi strani pa



imajo velike organizacije najmanjši delež med vsemi organizacijami pri prejemu računov v eSLOG standardu.

Kar 28 % v raziskavi sodelujočih organizacij pošilja e-račune svojim kupcem v tujini (graf 2). Glede na to, da je le 97 % vseh poslanih e-računov v eSLOG obliki (graf 3), ki je nacionalni standard in ga v tujini ne uporabljajo, pripisujemo ponudnikom e-poti velik pomen pri zagotavljanju čezmejne interoperabilnosti. Glede na dominantno uporabo eSLOG standarda pri pošiljanju e-računov, je potrebno eSLOG račun prevesti v enega izmed mednarodnih standardov, ki ga uporablja tuji kupec. Taka prevajanja med različnimi standardi pa večinoma izvajajo ponudniki e-poti. Podobno velja tudi za tuje dobavitelje, ki izstavljajo račune slovenskim organizacijam (takih organizacij je v raziskavi 23,9 %), le da tu ponudniki storitev prevedejo prejeti račun iz mednarodnega standarda v eSLOG standard in ga nato posredujejo slovenski organizaciji. Kar 8,8 % anketiranih organizacij izmenjuje e-račune s tujimi državnimi organi. Tu gre najverjetneje v večji meri za izmenjavo e-računov z Italijo in Hrvaško. Tudi v tem primeru so vključeni ponudniki e-poti, ki zagotavljajo izmenjavo z državnimi organi v drugih državah in obenem prevajajo račune iz eSLOG standarda v FatturaPA standard za Italijansko in UBL standard za Hrvaško državno upravo.

Organizacije, ki so sodelovale v raziskavi, največ e-računov pripravljajo v celovitih poslovnih programskih rešitvah (ERP), kot so SAP, Dynamics NAV, Datalab Pantheon, Vasco, SAOP in druge (graf 4). To je pričakovano, saj so ponudniki ERP rešitev izdajo e-računov množično podprli. To pomeni, da skoraj vsaka organizacija, ki pri poslovanju uporablja ERP rešitev, lahko izdaja e-račune. Dodaten razlog za množično pripravo e-računov v ERP rešitvah je tudi v tem, da so vsi večji slovenski ponudniki ERP poslovnih programskih rešitev v svojih rešitvah omogočili avtomatizacijo pošiljanja in prejema e-računov preko integracije s storitvami ponudnikov e-poti. S tem so svojim končnim uporabnikom omogočili, da celotno poslovanje z e-računi izvajajo znotraj ene programske rešitve brez odvečnega ročnega kopiranja, uvažanja ali shranjevanja dokumentov.

Manjšim izdajateljem, ki račune izdajajo le občasno, so za pripravo e-računov na voljo različni spletni portali. Za mikro in male organizacije je pri uvajanju e-računov potrebno upoštevati njihovo

stroškovno občutljivost ter to, da imajo na voljo manj osebja in finančnih virov. Za izdajanje e-računov proračunskim uporabnikom omogoča Uprava RS za javna plačila brezplačni UJP portal, ki ga za pripravo računov uporablja skoraj četrtnina anketiranih. Ker je število izdanih računov preko UJP portala omejeno na sto računov na leto, je ta način na voljo predvsem za manjše izdajatelje, oziroma tiste organizacije, ki nimajo druge programske rešitve za pripravo e-računov. Čeprav je bilo pričakovano, da bodo UJP portal uporabljale večinoma mikro in male organizacije, se je v sklopu raziskave pokazalo, da je največji delež uporabe UJP portala med srednje velikimi organizacijami, sledijo male in mikro organizacije. Razlog je v tem, da najverjetneje le manjši delež mikro in malih organizacij posluje s proračunskimi uporabniki. Če bi želele organizacije, ki uporabljajo UJP portal, izdajati e-račune tudi drugim organizacijam, bi morale za to uporabljati drugo programsko rešitev ali storitev, saj lahko preko UJP portala organizacije izdajajo e-račune zgolj proračunskim uporabnikom.

Pri uporabi drugih elektronskih poslovnih dokumentov pri anketiranih organizacijah prevladujejo naročilo, potrditev naročila, dobavnica in ponudba (graf 5). Interes za uvedbo elektronskih poslovnih dokumentov je dokaj enakomeren za vse dokumente, navedene v anketi, saj je pri vseh dokumentih več kot 20 % anketiranih izrazilo, da želijo uvedbo e-dokumenta, ali jo že načrtujejo. Največji potencial za uvedbo ima dobavnica, ki jo želi ali načrtuje uvesti več kot 30 % anketiranih. Pozitiven signal digitalizaciji je tudi to, da je več kot 30 % sodelujočih navedlo, da si želi uporabljati ali pa že uporablja vse navedene poslovne elektronske dokumente. Najmanjši interes za uvedbo je za elektronski dokument odpoklic, ki pa je vezan na proizvodna podjetja oziroma oskrbovalno verigo in se ne uporablja širše.

## 6 ZAKLJUČEK

V prispevku prikazujemo vpogled v več kot dve desetletji razvoja področja uporabe e-računov v organizacijah v Sloveniji. Predstavili smo prizadevanja različnih deležnikov, ki so se zavzemali in pomembno prispevali pri vzpostavitvi in razširitvi izmenjevanja e-računov v slovenskem prostoru. V teoretičnem delu prispevka opisujemo tudi pomembne regulative, zakonodajo in usmeritve tako v Sloveniji kot v EU, ki imajo pomemben vpliv na obravnavano področje. Prikazali smo tudi pomembne prednosti iz-

menjave elektronskih dokumentov in sicer ne samo pri ustvarjanju velikih časovnih in finančnih prihrankov temveč tudi zmanjšanemu obremenilnemu vplivu na okolje.

V osrednjem delu prispevka prikazujemo rezultate raziskave o razvoju uporabe e-računov med organizacijami v Sloveniji. V raziskavi je sodelovalo 284 organizacij, katerih predstavniki so v celoti odgovorili na spletni anketni vprašalnik. Ugotovitev raziskave je, da se kljub zakonski ureditvi izmenjave e-računov s proračunskimi uporabniki, le ta še ni široko razširila na večino drugih poslovnih subjektov (obseg izmenjave e-računov), ki si še vedno v veliki meri izmenjavajo račune v papirni in PDF obliki.

Da bi spodbudili nadaljnjo digitalizacijo poslovnih procesov in digitalno preobrazbo organizacij ugotavljamo potrebo po zakonski ureditvi obvezne izmenjave e-računov v standardizirani obliki in sicer za vse poslovne subjekte. Tovrstna zakonska ureditev obvezne izmenjave e-računov med organizacijami so uvedle tudi že nekatere države v Evropi (Italija, Srbija), nekaj držav pa se pripravljajo na uvedbo le-te (Francija, Belgija, Poljska in Španija). To ureditev v kratkem pričakujemo tudi v Sloveniji. S tem bomo lahko zagotovili široko uporabo e-računov in iz tega izhajajoče prednosti in povečano konkurenčnost organizacij.

Široka uporaba e-računov med organizacijami je tudi osnova in potencial za nadaljnji razvoj digitalizacije in digitalne preobrazbe podjetij. Več kot 50 % organizacij, ki so sodelovale v raziskavi, že uporabljajo, načrtujejo ali pa si želijo izmenjavati poleg e-računa tudi druge poslovne dokumente (ponudba, naročilo, potrditev naročila in dobavnica) v elektronski obliki. S celovito digitalizacijo vseh poslovnih dokumentov se lahko digitalizirajo tudi povezani poslovni procesi. Nata način se lahko poveča produktivnost in s tem konkurenčnost ne samo posamezne organizacije temveč celotnega gospodarstva v Sloveniji. Pomembno vlogo pri tem bo imel tudi enotni nacionalni register prejemnikov e-računov, ki je bil vzpostavljen v aprilu 2018 v okviru ukrepa Readiness of Slovenian e-invoicing (ROSE), v skladu z evropsko direktivo 2014/55/EU. Register vsebuje strukturirane podatke o načinu prejema e-računov v sistemu. Trenutno je skrbnik registra center za e-poslovanje, ki deluje v okviru GZS, vendar bi bilo smiselno, da bi register zaživel na nacionalnem nivoju in bil na ta način tudi vzpostavljen in vzdrževan.

Pri uvajanju digitalizacije in digitalne preobrazbe bodo še naprej pomembno vlogo igrale tako izobraževalne institucije (univerze, inštituti) kot tudi različna združenja, ki podpirajo razvoj in digitalizacijo malih in srednje velikih podjetij (na primer DIHS, E-DIH, GZS, IKT HM, SRIP). Ključnega pomena bo zagotoviti ustrezno sofinanciranje in primerne rešitve za različne vrste organizacij. Pri tem so še posebej občutljive mikro in male organizacije.

Raziskava prikazuje pomembne informacije o razvoju področja uporabe e-računov in o priložnostih za nadaljnji razvoj elektronske izmenjave poslovnih dokumentov. Podaja pomembne informacije za odločevalce in državno upravo, ki lahko na podlagi tega sprejemajo ustrezne ukrepe in spodbude v ekosistemu. Kot vsaka raziskava pa ima tudi ta določene omejitve. V prispevku smo za prikaz razširjenosti uporabe e-računov prikazali rezultate opisne statistike. Največja omejitev raziskave izhaja iz načina vzorčenja, saj so v raziskavi sodelovale organizacije, ki so že storile določene korake na področju digitalizacije. Za uravnoteženje smo rezultate primerjali z nacionalnimi rezultati o digitalizaciji, ki jih letno izvaja SURS. Kljub temu večjih odstopanj nismo zaznali, kjer pa so ta bila zaznana, smo jih skušali tudi pojasniti.

## LITERATURA

- [1] S. Nadkarni and R. Prügl, »Digital transformation: a review, synthesis and opportunities for future research,« *Manag. Rev. Q.*, 2020.
- [2] R. F. Zammuto, T. L. Griffith, A. Majchrzak, D. J. Dougherty, and S. Faraj, »Information Technology and the Changing Fabric of Organization,« *Organ. Sci.*, vol. 18, no. 5, pp. 749–762, Oct. 2007.
- [3] A. Pucihar, K. Mohar Bastar, and G. Lenart, »Organizacije v Sloveniji na poti digitalne preobrazbe,« in *Znanstveno-raziskovalni izzivi na poti digitalne preobrazbe*, M. Kljajić Borštnar and A. Pucihar, Eds. 2022, pp. 1–20.
- [4] G. Vial, »Understanding digital transformation: A review and a research agenda,« *J. Strateg. Inf. Syst.*, vol. 28, no. 2, Jun. 2019.
- [5] A. Pucihar, M. Marolt, G. Lenart, and D. Vidmar, »Digitalna preobrazba in njeno stanje v organizacijah v Sloveniji,« in *Znanstveno-raziskovalni izzivi na poti digitalne preobrazbe*, U. Rajkovič and A. Baggia, Eds. University of Maribor, University Press, 2021.
- [6] M. Kljajić Borštnar and A. Pucihar, »Multi-Attribute Assessment of Digital Maturity of SMEs,« *Electronics*, vol. 10, no. 8, Apr. 2021.
- [7] P. C. Verhoef *et al.*, »Digital transformation: A multidisciplinary reflection and research agenda,« *J. Bus. Res.*, vol. 122, no. July 2018, pp. 889–901, 2021.
- [8] W. Li, K. Liu, M. Belitski, A. Ghobadian, and N. O'Regan, »e-Leadership through strategic alignment: An empirical study



- of small- and medium-sized enterprises in the digital age,« *J. Inf. Technol.*, vol. 31, no. 2, 2016.
- [9] M. Marolt, G. Lenart, D. Vidmar, and A. Pucihar, »Uporaba e-računov v Sloveniji,« in *40th International Conference on Organizational Science Development Values Competencies and Changes in Organizations*, 2021, pp. 603–616.
- [10] J. Horák, J. Bokšová, and J. Strouhal, »Electronic Invoicing Adoption within the European Union,« *International Advances in Economic Research*, vol. 26, no. 4. Springer, pp. 449–450, Sep-2020.
- [11] European Parliament, »Directive 2014/55/EU of the European Parliament and of the Council of 16 April 2014 on electronic invoicing in public procurement,« 2014.
- [12] Connecting Europe Facility Stakeholder Management Office, »D05.01 eInvoicing Benefits' Analysis,« 2019.
- [13] European Commission, »What are the benefits of eInvoicing.« [Online]. Available: <https://ec.europa.eu/digital-building-blocks/wikis/display/DIGITAL/What+are+the+benefits+of+e+Invoicing>. [Accessed: 02-Jun-2023].
- [14] European Commission, »Reaping the benefits of electronic invoicing for Europe,« 2010.
- [15] European Commission, *Directive 2014/55/EU of the European Parliament and of the Council of 16 April 2014 on electronic invoicing in public procurement*. 2014.
- [16] D. Zupančič *et al.*, »Priporočila za uporabo standarda GZS eSlog 1.6.1 za enostavni račun,« *verzija 2016/1*. pp. 1–85, 2016.
- [17] B. Bjelica *et al.*, »Izdajanje in prejemanje e-računov v e-regiji: pobuda za vzpostavitev projekta v Sloveniji,« 2005.
- [18] U. list RS, *Zakon o opravljanju plačilnih storitev za proračunske uporabnike (ZOPSPU-1)*. 2016.
- [19] U. list RS, *Zakon o izmenjavi elektronskih računov in drugih elektronskih dokumentov*. 2021.
- [20] Statistični urad Republike Slovenije, »Digitalno podjetništvo, podrobni podatki. Digitalno preobrazbo poslovanja podjetij ovira pomanjkanje ustreznega kadra ali znanja,« 2022.
- [21] C. Loebbecke and A. Picot, »Reflections on societal and business model transformation arising from digitization and big data analytics: A research agenda,« *J. Strateg. Inf. Syst.*, vol. 24, no. 3, pp. 149–157, Sep. 2015.
- [22] V. Venkatraman, *The Digital Matrix. New rules for business transformation through technology*, vol. 8, no. 1. LifeTree, 2017.
- [23] I. M. Sebastian, K. G. Moloney, J. W. Ross, N. O. Fonstad, C. Beath, and M. Mocker, »How big old companies navigate digital transformation,« *MIS Q. Exec.*, vol. 16, no. 3, pp. 197–213, 2017.
- [24] F. Li, A. Nucciarelli, S. Roden, and G. Graham, »How smart cities transform operations models: a new research agenda for operations management in the digital economy,« *Prod. Plan. Control*, vol. 27, no. 6, pp. 514–528, Apr. 2016.
- [25] K. Lai, C. W. Y. Wong, and T. C. E. Cheng, »Bundling digitized logistics activities and its performance implications,« *Ind. Mark. Manag.*, vol. 39, no. 2, pp. 273–286, Feb. 2010.
- [26] F. Vendrell-Herrero, O. F. Bustinza, G. Parry, and N. Georantzis, »Servitization, digitization and supply chain interdependency,« *Ind. Mark. Manag.*, vol. 60, pp. 69–81, Jan. 2017.
- [27] M. Paganì and C. Pardo, »The impact of digital technology on relationships in a business network,« *Ind. Mark. Manag.*, vol. 67, pp. 185–192, Nov. 2017.
- [28] J. Jeansson and K. Bredmar, »Digital Transformation of SMEs: Capturing Complexity,« in *32nd Bled eConference. Humanizing technology for a sustainable society*, 2019, pp. 523–541.
- [29] Z. Van Veldhoven and J. Vanthienen, »Digital transformation as an interaction-driven perspective between business, society, and technology,« *Electron. Mark.*, 2021.
- [30] A. Pucihar, »The digital transformation journey: content analysis of Electronic Markets articles and Bled eConference proceedings from 2012 to 2019,« *Electron. Mark.*, vol. 30, no. 1, 2020.
- [31] K. S. R. Warner and M. Wäger, »Building dynamic capabilities for digital transformation: An ongoing process of strategic renewal,« *Long Range Plann.*, vol. 52, no. 3, pp. 326–349, 2019.
- [32] B. Koch Billentis, »The e-invoicing journey 2019-2025,« 2019.
- [33] B. Koch Billentis, »E-Invoicing / E-Billing Digitisation & Automation 2016,« 2016.
- [34] K. Poel, W. Marneffe, and W. Vanlaer, »Assessing the electronic invoicing potential for private sector firms in Belgium,« *Int. J. Digit. Account. Res.*, vol. 16, pp. 1–34, 2016.
- [35] M. Bellon, E. Dabla-Norris, S. Khalid, and F. Lima, »Digitalization to improve tax compliance: Evidence from VAT e-Invoicing in Peru,« *J. Public Econ.*, vol. 210, p. 104661, Jun. 2022.
- [36] E. Hagsten and M. T. Falk, »Use and intensity of electronic invoices in firms: The example of Sweden,« *J. Clean. Prod.*, vol. 262, p. 121291, Jul. 2020.
- [37] A. Moretto and F. Caniato, »Can Supply Chain Finance help mitigate the financial disruption brought by Covid-19?,« *J. Purch. Supply Manag.*, vol. 27, no. 4, p. 100713, Oct. 2021.
- [38] Y. Qi and A. Che Azmi, »Factors affecting electronic invoice adoption and tax compliance process efficiency,« *Transform. Gov. People, Process Policy*, vol. 15, no. 1, pp. 150–168, 2021.
- [39] A. W. H. Yip and N. M. P. Bocken, »Sustainable business model archetypes for the banking industry,« *J. Clean. Prod.*, vol. 174, pp. 150–169, Feb. 2018.
- [40] L. Veselá and M. Radiměšský, »The Development of Electronic Document Exchange,« *Procedia Econ. Financ.*, vol. 12, pp. 743–751, Jan. 2014.
- [41] O. Korkman, K. Storbacka Kaj, and B. Harald, »Practices as markets: Value co-creation in e-invoicing,« *Australas. Mark. J.*, vol. 18, no. 4, pp. 236–247, Nov. 2010.
- [42] S. Keifer, »E-invoicing: The catalyst for financial supply chain efficiencies,« *J. Payments Strateg. Syst.*, Mar. 2011.
- [43] Viry Christophe, »Assessing the implementation of the Clearance model in Italy,« 08-Oct-2019. [Online]. Available: <https://www.generixgroup.com/en/blog/clearance-model-italy>. [Accessed: 02-Jun-2023].
- [44] D. Haack, »Two Years of Mandatory E-Invoicing in Italy,« 10-Mar-2021. [Online]. Available: <https://www.xsuite.com/en/blog/mandatory-e-invoicing-in-italy/>. [Accessed: 02-Jun-2023].
- [45] European Commission, »DIGITAL - eInvoicing,« 2023. [Online]. Available: <https://ec.europa.eu/digital-building-blocks/wikis/display/DIGITAL/eInvoicing>. [Accessed: 25-Apr-2023].
- [46] R. Bojanc, D. Zupančič, A. Miklavčič, D. A. Piliš, J. Bertalaní, and Anka Zorko, »e-Invoicing in Slovenia,« 2018.
- [47] CEN, »EN 16931-1:2017, Electronic invoicing - Part 1: Semantic data model of the core elements of an electronic invoice.« 2017.
- [48] I. European Commission. Directorate-General for Internal Market, *Interoperability in end-to-end eProcurement*. 2020.
- [49] VAT Update, »Worldwide Upcoming E-Invoicing mandates, implementations and changes – Chronological,« 2023. [Online]. Available: <https://www.vatupdate.com/2023/04/14/worldwide-upcoming-e-invoicing-mandates-implementation-and-changes-chronological-2-2-2/>. [Accessed: 25-Apr-2023].

- [50] *Proposal for a COUNCIL DIRECTIVE amending Directive 2006/112/EC as regards VAT rules for the digital age.* 2022.
- [51] European Commission, »DESI by components – Digital Scoreboard - Data & Indicators,« 2021. [Online]. Available: [https://digital-agenda-data.eu/charts/desi-components#chart=%7B%22indicator%22:%22desi%22,%22breakdown-group%22:%22desi%22,%22unit-measure%22:%22egov\\_score%22,%22time-period%22:%222020%22%7D](https://digital-agenda-data.eu/charts/desi-components#chart=%7B%22indicator%22:%22desi%22,%22breakdown-group%22:%22desi%22,%22unit-measure%22:%22egov_score%22,%22time-period%22:%222020%22%7D). [Accessed: 25-Apr-2023].
- [52] Slovenian National eBusiness Centre., »eSLOG,« 2023. [Online]. Available: <https://www.epos.si/en/eslog>. [Accessed: 25-Apr-2023].
- [53] Uprava Republike Slovenije za javna plačila, »Pošiljanje e-računov in e-dokumentov proračunskim uporabnikom,« 2023. [Online]. Available: <https://www.gov.si/zbirke/storitve/posiljanje-eracunov/>. [Accessed: 25-Apr-2023].
- [54] R. Bojanc *et al.*, »Digitalization of business from order to payment,« 2020. [Online]. Available: [https://www.epos.si/assets/docs/ROSE\\_Zbornik2020\\_SLO\\_Web.pdf](https://www.epos.si/assets/docs/ROSE_Zbornik2020_SLO_Web.pdf). [Accessed: 25-Apr-2023].
- [55] European Multi-Stakeholder Forum on E-Invoicing (EMSFEI), »Report on interoperability and transmission of e-invoices with a special focus on the needs of Small and Medium-sized Enterprises (SMEs),« 2018.
- [56] Slovenian National eBusiness Centre, »Slovenian National eInvoicing Forum,« 2023. [Online]. Available: <https://epos.si/en/slovenian-national-einvoicing-forum>. [Accessed: 25-Apr-2023].
- [57] Slovenian National eBusiness Centre, »Slovenian National eBusiness Centre,« 2023. [Online]. Available: <https://epos.si/en>. [Accessed: 25-Apr-2023].
- [58] S. Lefever, M. Dal, and Á. Matthíasdóttir, »Online data collection in academic research: advantages and limitations,« *Br. J. Educ. Technol.*, vol. 38, no. 4, pp. 574–582, Jul. 2007.
- [59] A. Bakla, A. Çekiç, and O. Köksal, »Web-based surveys in educational research,« *Int. J. Acad. Res. Part B*, vol. 5, no. 1, pp. 5–13, 2013.

■

**Rok Bojanc** je docent za področje računalništva in informatike. Zaposlen je v podjetju ZZI, kjer deluje na področjih elektronskega poslovanja, informacijske varnosti in standardizacije poslovanja. Sodeluje v več mednarodnih in nacionalnih združenjih s področja standardizacije in interoperabilnosti.

■

**Andreja Pucihar** je redna profesorica na področju informacijskih sistemov na Fakulteti za organizacijske vede Univerze v Mariboru in vodja doktorskega in magistrskega študijskega programa organizacija in management informacijskih sistemov. Je tudi vodja laboratorija za digitalno poslovanje - eCenter. Raziskovanje usmerja v inovacije na področju informacijskih sistemov, predvsem v digitalno preobrazbo in digitalne poslovne modele. Raziskovalne dosežke redno objavlja v domačih in mednarodnih revijah in na konferencah. Ima preko 20 let izkušenj z industrijskimi in mednarodnimi evropskimi projekti, ki so bili in so prevladujoče usmerjeni v digitalizacijo, digitalno preobrazbo in podporo malim in srednje velikim podjetjem. Od leta 2009 je vodja uveljavljene mednarodne konference o digitalnem poslovanju – Bled eConference, ki na tem področju deluje že vse od leta 1988. Je tudi so-urednica revij s faktorjem vpliva »Electronic Markets - The International Journal on Networked Business« in »Journal of Theoretical and Applied Electronic Commerce Research«.

■

**Gregor Lenart** je docent za področje informacijskih sistemov na Fakulteti za organizacijske vede Univerze v Mariboru. Njegova osnovna področja raziskovanja so poslovni informacijski sistemi, upravljanje poslovnih procesov, e-poslovanje, digitalna transformacija in inoviranje poslovnih modelov. V okviru raziskovalnega dela je sodeloval v več evropskih raziskovalnih projektih, ki so bili večinoma usmerjeni v inoviranje in digitalizacijo poslovanja malih in srednje velikih podjetij.

# ☒ Digitalne kompetence slovenskih študentov

Pia Pičulin, Anja Žnidaršič, Marjeta Marolt  
 Univerza v Mariboru, Fakulteta za organizacijske vede, Kidričeva c. 55a, 4000  
 pia.piculin@student.um.si, anja.znidarsic@um.si, marjeta.marolt@um.si

## Izvleček

Digitalne kompetence študentov so bistvene za njihov uspeh v visokošolskem izobraževanju in pozneje na trgu dela. Vendar je bilo doslej le malo raziskav, ki bi proučevale digitalne kompetence študentov. Nadalje ugotavljamo, da so si rezultati raziskav, ki so proučevale pomen socialno-demografskih dejavnikov pri razvoju digitalnih kompetenc študentov, nasprotujoči. Poleg tega je malo znane-ga o tem, kako je pandemija Covid-19 vplivala na digitalne kompetence študentov. Zato smo v okviru te raziskave oblikovali vprašal-nik v skladu z okvirjem digitalnih kompetenc ter ga razdelili med slovenske študente. Rezultati samoocene študentov kažejo, da so najbolj kompetentni pri sporazumevanju in sodelovanju z uporabo informacijske in komunikacijske tehnologije ter brskanju, iskanju, ocenjevanju, shranjevanju in obdelavi informacij, nekoliko manj pa pri zaščiti svojih naprav in osebnih podatkov, najmanj kompetentni pa so pri razvoju, umeščanju in poustvarjanju digitalne vsebine ter pri reševanju tehničnih problemov z uporabo informacijske in komunikacijske tehnologije. Nadalje ugotavljamo, da se njihove digitalne kompetence bistveno ne razlikujejo glede na spol, starost in stopnjo študija, ter da se njihove digitalne kompetence, zaradi situacije povezana s Covid-19, niso bistveno izboljšale.

**Ključne besede:** digitalne kompetence študentov, pandemija Covid-19, slovenski študenti, socio-demografske značilnosti

## Digital competences of Slovenian students

### Abstract

Students' digital competences are essential for their success in higher education and later in the labour market. However, there has been little research on students' digital competences. Moreover, we note that the results of recent studies that have shown the importance of socio-demographic factors in the development of students' digital competences are inconsistent. In addition, little is known about how the Covid-19 pandemic has affected students' digital competences. Therefore, a questionnaire based on the digital competence framework has been developed and distributed to Slovenian students. The results of the students' self-assessment show that they are most competent when it comes to communicating and collaborating using information and communication technology, as well as browsing, searching, evaluating, storing and processing information, and are somewhat less competent when it comes to protecting their devices and personal data, and least competent in developing, positioning and recreating digital content and in solving technical problems using information and communication technology. In addition, their digital competences do not differ by gender, age or education level, and the Covid-19 situation has not significantly improved their digital competences.

**Keywords:** Digital competences of students, Covid-19 pandemic, Slovenian students, socio-demographic characteristics

## 1 UVOD

Pojem digitalne kompetence je v Priporočilu Evropskega parlamenta in sveta opredeljena kot »samoza-vestno in kritično uporabo tehnologije informacijske družbe za delo, prosti čas in komunikacijo« (Euro-pean Parliament and the Council, 2006, p. 6). Pri tem se za osnovne veščine smatra uporaba računalnika

in drugih digitalnih naprav za pridobivanje, kritično vrednotenje, shranjevanje, pripravo, predstavitev in izmenjavo informacij ter komuniciranje in sodelova-nje preko interneta. Torej digitalne kompetence niso le zmožnost uporabe strojne in programske opre-me, ampak vključujejo tudi kognitivne, družbene ter kritične in analitične sposobnosti (Reddy et al., 1

C.E.; Walton, 2016; Zhao et al., 2021). Pojem digitalne kompetence je pogosto omenjen v različnih političnih razpravah, zadnjih nekaj desetletjih se obravnava skupaj z digitalno pismenostjo (Zhao et al., 2021).

Na področju digitalnih kompetenc v šolstvu lahko v zadnjih letih zasledimo vedno več raziskav. V večini obstoječih prispevkov so digitalne kompetence opredeljene zelo splošno, za njeno ocenjevanje pa se uporabljajo različni inštrumenti (npr. European Commission's Digital Competence Framework (Dig-Comp) in European Digital Competence Framework for Educators (DigCompEdu)). Ti inštrumenti so običajno sestavljeni iz več sklopov (dimenzij), ki vsebinsko združujejo podobne kompetence. Obstoječe raziskave so predvsem osredotočene na študente (Rodríguez-Moreno et al., 2021; Tejedor et al., 2020), le malo je takih, ki obravnavajo samo učitelje (Portillo et al., 2020) ali pa obe skupini hkrati, torej tako študente kot tudi učitelje (Guillén-Gámez & Mayorga-Fernández, 2020). Najpogosteje uporabljeno raziskovalno orodje v prispevkih, ki so osredotočeni na študente, je anketni vprašalnik, s katerim se ugotavlja stopnjo digitalnih kompetenc posameznika (Zhao et al., 2021). Lahko se uporabi tudi objektivnejši pristop, in sicer analiza digitalnih nalog za merjenje stopnje digitalnih kompetenc posameznika, vendar je ta metoda zahtevnejša in neprimerna za proučevanje velike populacije (Juvan et al., 2016).

Digitalne kompetence študentov se največkrat ocenjujejo s samoevalvacijskim vprašalnikom. Raziskave, ki so uporabile tak pristop, so prišle do različnih spoznanj. Na primer, (Llorent-Vaquero et al., 2020) so raziskovali komunikacijske in sodelovalne kompetence študentov v Španiji in Italiji ter ugotovili, da so na dokaj visokem nivoju. Podobno raziskavo so naredili tudi na Portugalskem, kjer so ugotovili, da študenti slabše poznajo bistvene koncepte IKT, izkazujejo pa zelo pozitiven odnos do digitalnih naprav, orodij in storitev, ki jih vsakodnevno uporabljajo (Cabezas González et al., 2017). V Turčiji so ugotovili, da imajo študenti ustrezne digitalne kompetence, so se pa med pandemijo Covid-19 soočali predvsem s pomanjkanjem IKT in imeli težave s prilagajanjem na nov način učenja (Karagul et al., 2021). Ena zadnjih raziskav v Sloveniji pa je bila osredotočena na digitalno zdravstveno pismenost v času pandemije Covid-19. Čeprav je raziskava proučevala le nekatere vidike digitalnih kompetenc, rezultati kažejo, da so digitalne zdravstvene kompetence pri večini stu-

dentov zadostne, največ težav imajo z ocenjevanjem zanesljivosti informacij (Vrdelja et al., 2022).

Potrebno je omeniti, da imajo študenti digitalne kompetence na različnih ravneh (Karagul et al., 2021). Na to lahko vplivajo številni dejavniki, kot sta na primer spol in starost. Starost so v preteklih sorodnih raziskavah uporabili v različnih kontekstih in prišli do zanimivih spoznanj. Med drugim ugotavljajo, da imajo študenti, starejši od 30 let, višji nivo digitalnih kompetenc kot pa mlajši, ki spadajo v generacijo Z oz. net generacija, ki naj bi bili iznajdljivi v svetu komunikacije, večji klikanja, všečkanja in brskanja po internetu itd. (Poláková & Klímová, 2019). (Eshet-Alkalai & Chajut, 2010) pojasnjujejo, da predpostavka »mlajši so bolj spretni pri uporabi digitalne tehnologije« ne velja vedno, saj pri tem veliko vlogo igrajo tudi izkušnje. Nasprotujoče si rezultate najdemo tudi v raziskavah, ki proučujejo digitalne kompetence v povezavi s spolom. Medtem ko nekatere raziskave ugotavljajo, da so moški bolj digitalno spretni (Zhong, 2011), druge izpostavljajo, da ni pomembnih razlik med spoloma (Jan, 2018; Siddiq et al., 2017). Starost in spol sta najpogosteje obravnavana v raziskavah, pogosto pa se omenja, da bi bilo potrebno upoštevati tudi druge spremenljivke, npr. stopnjo študija (Jan, 2018).

Pandemija Covid-19 je imela velik vpliv na izobraževalni sistem. Sprejeti so bili različni ukrepi, npr. zapiranje šol in vzpostavitev socialne distance (Adnan & Anwar, 2020), zato so šole na vseh ravneh poskušale s pomočjo razpoložljive informacijske in komunikacijske tehnologije (IKT) v zelo kratkem času vzpostaviti izobraževanje na daljavo (Crawford et al., 2020). Pri tem so se soočale s številnimi težavami, npr. v Afriki so imeli težave s povezljivostjo, slabo infrastrukturo in velikimi stroški s prenosom podatkov, v Indiji in na Kitajskem so jih omejevali različni predpisi, digitalni razkorak in kulturne razlike, medtem ko so imeli v Evropi predvsem težave z motivacijo in samoorganizacijo študentov za delo v spletnem okolju (Marolt et al., 2022; Tasci, 2021). Kljub temu, da je digitalna tehnologija v šolstvu že dolgo prisotna, pa so se pri popolnem študiju na daljavo s težavami soočali tudi študenti. To je bila za njih drastična sprememba (Babatunde Adedoyin & Soykan, 2020), saj so se morali prilagoditi novemu načinu študija, ki je od njih zahteval dodaten napor in uporabo digitalne tehnologije.

Na podlagi predstavljenega stanja raziskav na tem področju in dejstva, da je pandemija Covid-19



vplivala na pogostejšo uporabo digitalne tehnologije med študenti, ta prispevek skuša odgovoriti na sledeča raziskovalna vprašanja:

RV1: Kako študenti samoocenjujejo svoje digitalne kompetence?

RV2: Ali se samoocena digitalnih kompetenc študentov razlikuje glede na

a. spol?

b. starost?

c. stopnjo študija?

RV3: Kakšno je mnenje študentov glede dviga digitalnih kompetenc zaradi pandemije Covid-19?

Preostanek prispevka je predstavljen v štirih poglavjih. Poglavje, ki sledi uvodnemu poglavju, predstavlja raziskovalni pristop, ciljno populacijo ter metode zbiranja in analiziranja podatkov. V tretjem poglavju so predstavljeni rezultati analiz, medtem ko se v četrtem poglavju razpravlja o rezultatih. V zadnjem, sklepnem, poglavju so podani zaključki, omejitve raziskave in priložnosti za nadaljnje delo.

## 2 METODE

Da bi dosegli zastavljene cilje, smo si za raziskovalno strategijo izbrali anketno raziskavo, saj smo želeli doseči čim večje število slovenskih študentov. Za ta namen smo pripravili vprašalnik ter določili metodo zbiranja podatkov.

### 2.1 Vprašalnik

Pri pripravi vprašalnika smo izhajali iz Evropskega kompetenčnega okvira za razvijanje in razumevanje digitalnih kompetenc (DigComp). Okvir DigComp sestavlja pet dimenzij oz. kompetenčnih področij, in sicer informacijska pismenost, komunikacije in sodelovanje, izdelovanje digitalnih vsebin, varnost in reševanje problemov (Ferrari et al., 2014). Ker Tzafilkou et al. (2022) in Mattar et al. (2022) izpostavljajo, da se vse različice DigComp okvira premalo osredotočajo na digitalne kompetence študentov in ne vključujejo kombiniranega učenja in izobraževanja na daljavo, smo se odločili, da pripravimo vprašalnik, ki upošteva prej omenjene pomanjkljivosti obstoječih vprašalnikov in je prilagojen trenutnemu stanju v visokem šolstvu. Pri tem smo še vedno upoštevali vseh pet kompetenčnih področij okvira DigComp. Za vsako kompetenčno področje smo pripravili oz. prilagodili

pet trditvev. Pri tem smo si pomagali z že obstoječim vprašalnikom (Nemec, 2016), ki je bil prav tako razvit iz okvirja DigComp in prilagojen za študente. Dodali smo trditve, s katerimi smo želeli pridobiti mnenje študentov o vplivu pandemije Covid-19 na dvig njihovih digitalnih kompetenc. Tudi pri teh trditvah smo bili pozorni, da smo zajeli vseh pet kompetenčnih področij okvira DigComp.

V prvem delu vprašalnika je nekaj vprašanj o uporabi digitalnih tehnologij za študij na daljavo, sledijo trditve o digitalnih kompetencah po posameznih kompetenčnih področjih, mnenju študentov o vplivu pandemije Covid-19 na dvig njihovih digitalnih kompetenc ter njihovih izkušnjah s študijem na daljavo. Pri teh trditvah je bila uporabljena 5-stopenjska lestvica Likertovega tipa. Na koncu je dodanih še nekaj demografskih vprašanj (starost, spol, stopnja študija, način študija, itd.). Vprašalnik smo izdelali v spletnem orodju 1KA in je del priloge (Priloga A).

### 2.2 Populacija in vzorec

Ciljno populacijo predstavljajo slovenski študenti, tako na dodiplomskem kot tudi na podiplomskem študiju. Pri vzorčenju smo uporabili metodo neverjetnostnega vzorčenja (Vehovar et al., 2016). Odločili smo se za namensko vzorčenje, saj smo želeli v kratkem času dobiti mnenje naše ciljne populacije. Izbrali smo vzorčenje na podlagi snežne kepe (Biernacki & Waldorf, 2016). Vprašalnik smo delili s pomočjo elektronske pošte, družbenih omrežij (Facebook in Instagram), objavili smo ga tudi na forumu. Vse, ki so vprašalnik izpolnili, smo prosili, da ga posredujejo naprej svojim sošolcem in znancem, ki študirajo.

Mnenja smo zbirali konec leta 2021 in v začetku leta 2022. Prejeli smo 81 v celoti izpolnjenih vprašalnikov. Slabšo odzivnost oziroma razlog za visok delež nedokončanih vprašalnikov pripisujemo kompleksnosti vprašalnika. Pridobljene podatke smo obdelali s statističnim programom IBM SPSS Statistics, verzija 22.

Sodelujoči študenti predstavljajo različne starostne skupine in stopnje študija. Struktura vzorca je predstavljena v tabeli 1. Potrebno je omeniti, da sodelujoči študenti prihajajo z različnih univerz. Več kot polovica anketiranih študentov (51 %) obiskuje Univerzo v Ljubljani, 31 % obiskuje Univerzo v Mariboru, 7 % obiskuje Univerzo na Primorskem, sledita Nova univerza in Univerza v Novi Gorici.

Tabela 1: Struktura anketirancev glede na spol, starost in stopnjo študija

	Spol		Starost			Stopnja študija	
	M	Ž	18-20	21-24	25+	dodiplomski	podiplomski
f	31	51	18	54	10	54	27
%	38	62	22	66	12	67	33

Sodelujoči študenti uporabljajo IKT na dnevni ravni, predvsem je to pametni telefon (94 %) in namizni oziroma prenosni računalnik (91 %). Pametni telefon uporablja kar 68 % sodelujočih študentov več kot 3 ure dnevno, medtem ko namizni oziroma prenosni računalnik uporablja več kot tri ure skoraj polovica sodelujočih študentov (48 %). Večina (92 %) jim ima tudi širokopasovni dostop do interneta. Kljub temu pa je kar 21 % sodelujočih študentov navedlo, da ni imelo na voljo vse potrebne IKT za vključitev v študij na daljavo. Med platformami za komunikacijo z učitelji so največ uporabljali Zoom (52 %), sledita MS Teams (42 %) in Skype (1 %). 5 % sodelujočih študentov je uporabljalo druge platforme za komunikacijo in sicer BigBlueButton in Google Meet.

### 3 REZULTATI

S pomočjo statističnih analiz bomo odgovorili na zastavljena raziskovalna vprašanja. V povezavi s prvim raziskovalnim vprašanjem »Kako študenti samoocenjujejo svoje digitalne kompetence?« smo najprej pripravili opisno statistično analizo po sklopih oz. kompetenčnih področjih. Vsako od petih kompetenčnih področij je izračunano kot povprečje trditvev posameznega področja. Iz tabele 2 je razvidno, da sodelujoči študenti samoocenjujejo, da so najbolj kompetentni pri sporazumevanju in sodelovanju z uporabo IKT ( $x_{\square} = 4,18$ ) ter brskanju, iskanju, ocenjevanju, shranjevanju in obdelavi informacij ( $x_{\square} = 4,05$ ), nekoliko manj pa pri zaščiti svojih naprav in osebnih podatkov ( $x_{\square} = 3,90$ ). Najslabše so svoje kompetence ocenili pri razvoju, umeščanju in poustvarjanju digitalne

vsebine ( $x_{\square} = 3,58$ ) ter pri reševanju tehničnih problemov z uporabo IKT ( $x_{\square} = 3,47$ ).

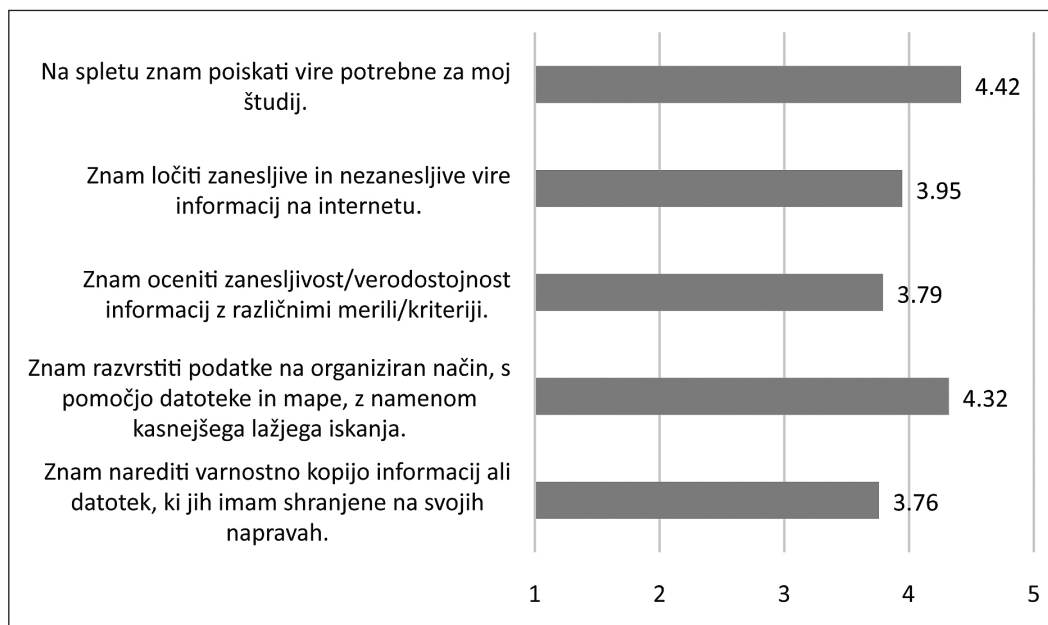
Na nivoju posameznih kompetenc lahko opazimo, da se na kompetenčnem področju informacijske pismenosti sodelujoči študenti najbolj strinjajo s trditvami, da znajo na spletu poiskati vire, potrebne za njihov študij ( $x_{\square} = 4,42$ ) in da znajo razvrstiti podatke na organiziran način, s pomočjo datotek in map, z namenom kasnejšega lažjega iskanja ( $x_{\square} = 4,32$ ). Najmanj pa se strinjajo s trditvijo, da znajo narediti varnostno kopijo podatkov na svojih napravah ( $x_{\square} = 3,76$ ) (slika 1).

Na kompetenčnem področju komunikacije in sodelovanja se sodelujoči študenti najbolj strinjajo s trditvami, da za komunikacijo še vedno najpogosteje uporabljajo e-pošto ( $x_{\square} = 4,66$ ), nekoliko manj druge spletne aplikacije, ki omogočajo medsebojno komuniciranje (Skype, WhatsApp, Viber, WeChat, ...) ( $x_{\square} = 4,21$ ) in da imajo dovolj digitalnih kompetenc za kvalitetno komunikacijo med študijem na daljavo ( $x_{\square} = 4,46$ ). Najmanj pa se strinjajo s trditvijo, da znajo uporabljati spletna orodja za deljenje vsebin ( $x_{\square} = 3,53$ ) (slika 2).

Na kompetenčnem področju izdelave digitalnih vsebin je zaznati nižjo stopnjo strinjanja sodelujočih študentov z danimi trditvami (slika 3). Sodelujoči študenti se najbolj strinjajo s trditvijo, da znajo uporabljati programe pisarniškega paketa Office ( $x_{\square} = 4,42$ ), najmanj pa, da jih zanima in so seznanjeni z novostmi v zvezi z IKT rešitvami za načrtovanje in ustvarjanje vsebin.

Tabela 2: Opisne statistike po kompetenčnih področjih

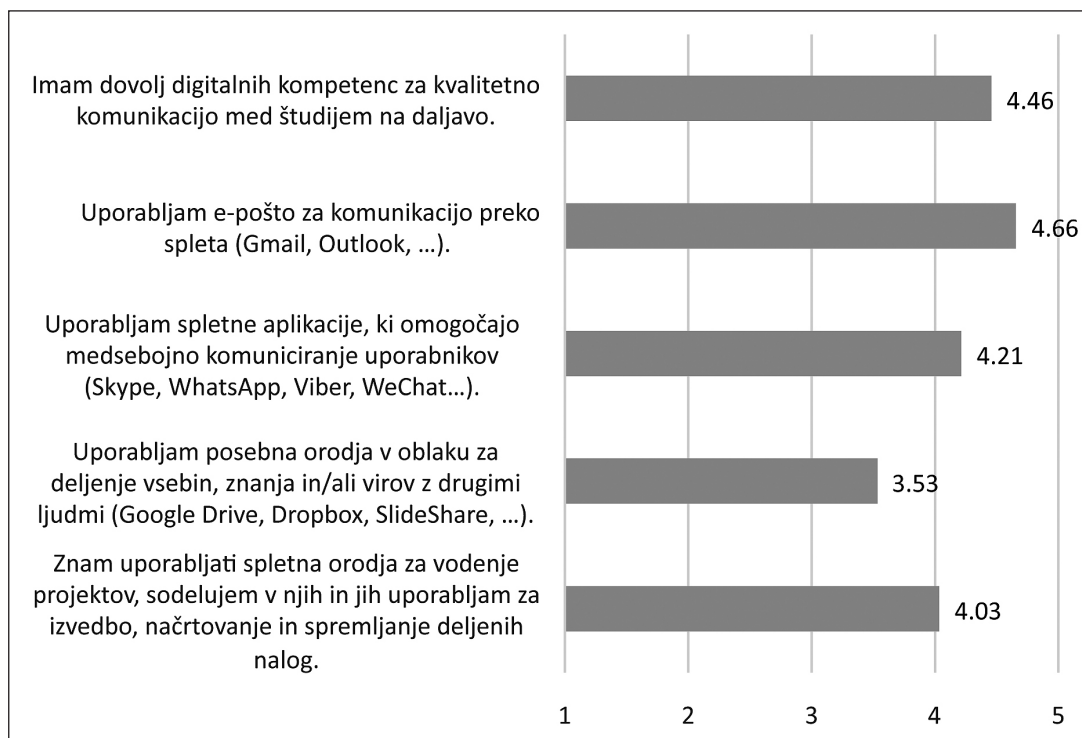
Kompetenčna področja	Min	Max	Povprečje	Standardni odklon
Informacijska pismenost	2,40	5,00	4,05	0,68
Komunikacije in sodelovanje	2,40	5,00	4,18	0,68
Izdelovanje digitalnih vsebin	1,40	5,00	3,58	0,87
Varnost	1,80	5,00	3,90	0,71
Reševanje problemov	2,20	5,00	3,47	0,70



Slika 1: Povprečno strinjanje s posameznimi kompetencami študentov na kompetenčnem področju informacijska pismenost

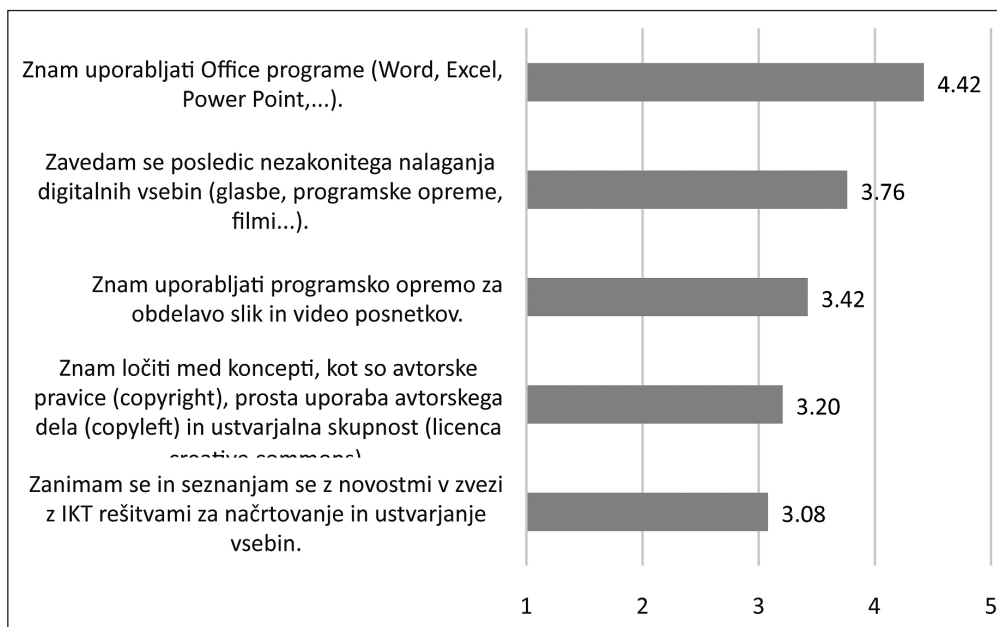
Na kompetenčnem področju varnosti se sodelujoči študenti najbolj strinjajo s trditvami, da imajo računalnik zaščiten z varnostnim programom ( $\bar{x} = 4,05$ ) in da se zavedajo vpliva IKT na njihovo zdravje ( $\bar{x} =$

4,15) ter vsakdanje življenje in okolje ( $\bar{x} = 4,02$ ). Da imajo zapletena in različna gesla za različne spletne strani, je trditev, s katero se sodelujoči študenti najmanj strinjajo ( $\bar{x} = 3,24$ ) (slika 4).



Slika 2: Povprečno strinjanje s posameznimi kompetencami študentov na kompetenčnem področju komunikacije in sodelovanje



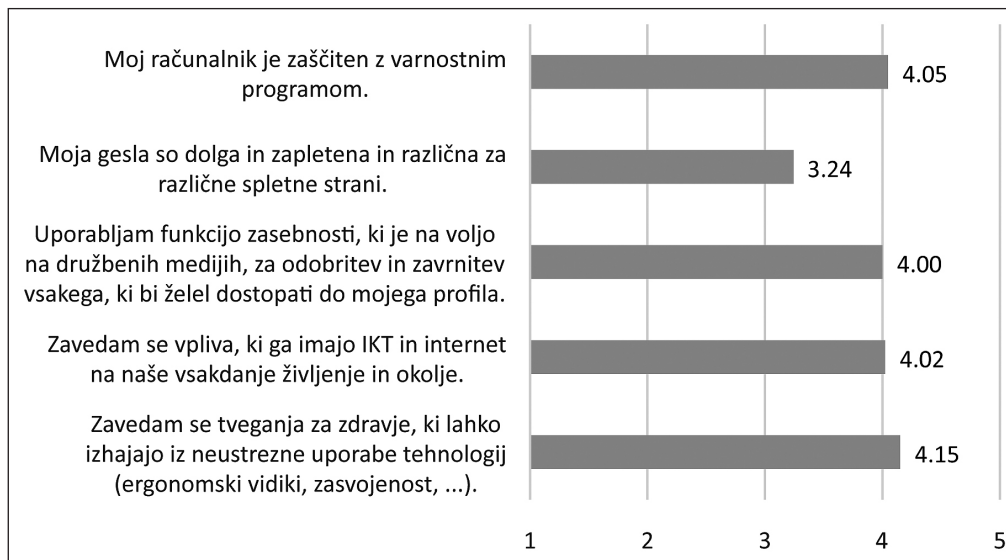


Slika 3: Povprečno strinjanje s posameznimi kompetencami študentov na kompetenčnem področju izdelave digitalnih vsebin

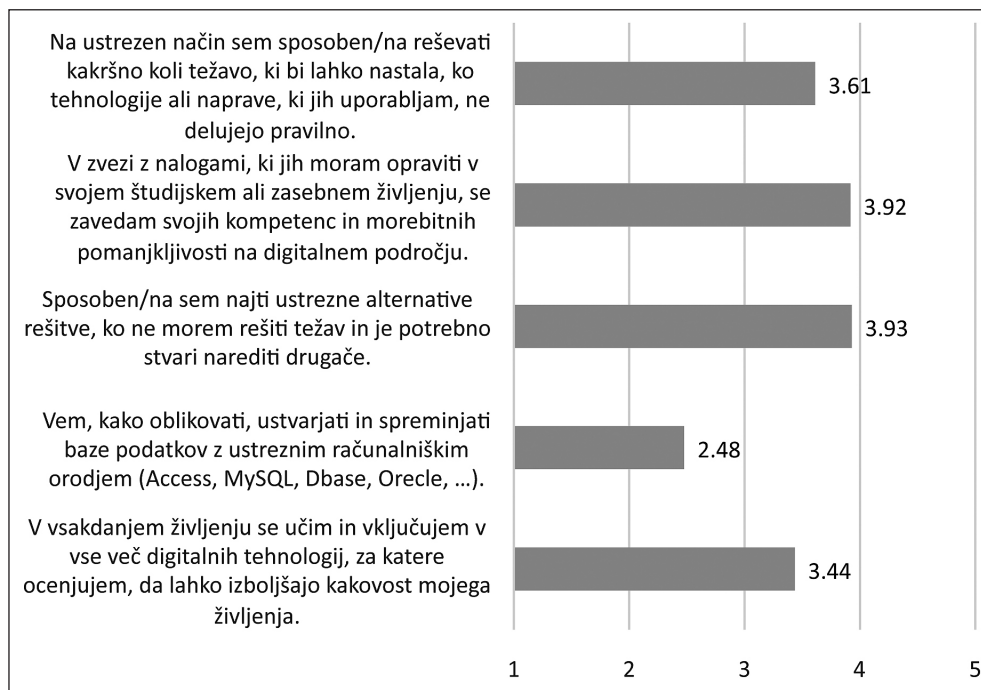
Sodelujoči študenti se najmanj strinjajo s trditvami na kompetenčnem področju reševanja problemov z uporabo IKT. Slika 5 prikazuje povprečja strinjanja študentov s posamezno trditvijo.

V povezavi z drugim raziskovalnim vprašanjem o razlikah v digitalnih kompetencah med študenti glede na spol, starost oz. stopnjo študija, smo za statistično analizo uporabili t-test za neodvisna vzorca in analizo variance (ANOVA).

Najprej smo ugotavljali razlike na nivoju kompetenčnih področjih glede na spol. Slika 6 prikazuje primerjavo skupnih povprečnih ocen za vseh pet kompetenčnih področij, rezultati t-testov pa ne kažejo statistično pomembnih razlik pri 5 % stopnji pomembnosti (podrobni rezultati niso predstavljeni zaradi omejitve obsega prispevka).



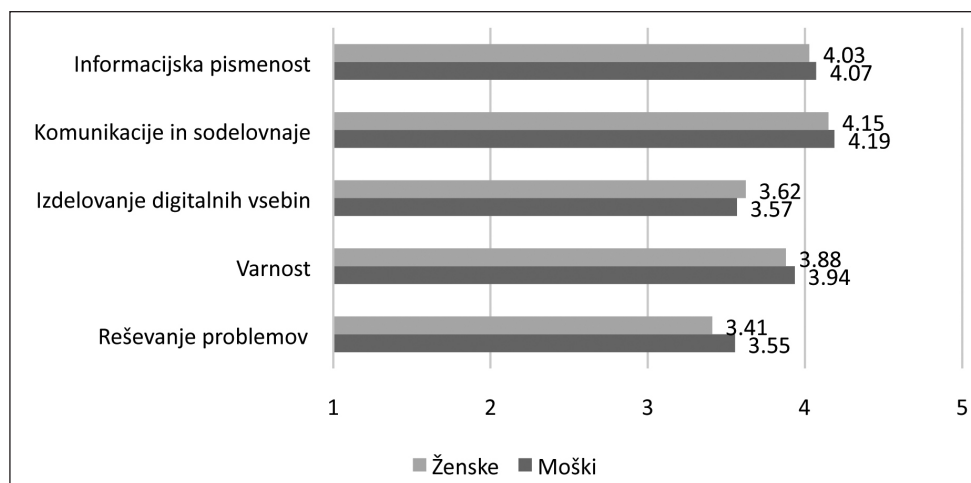
Slika 4: Povprečno strinjanje s posameznimi kompetencami študentov na kompetenčnem področju varnosti



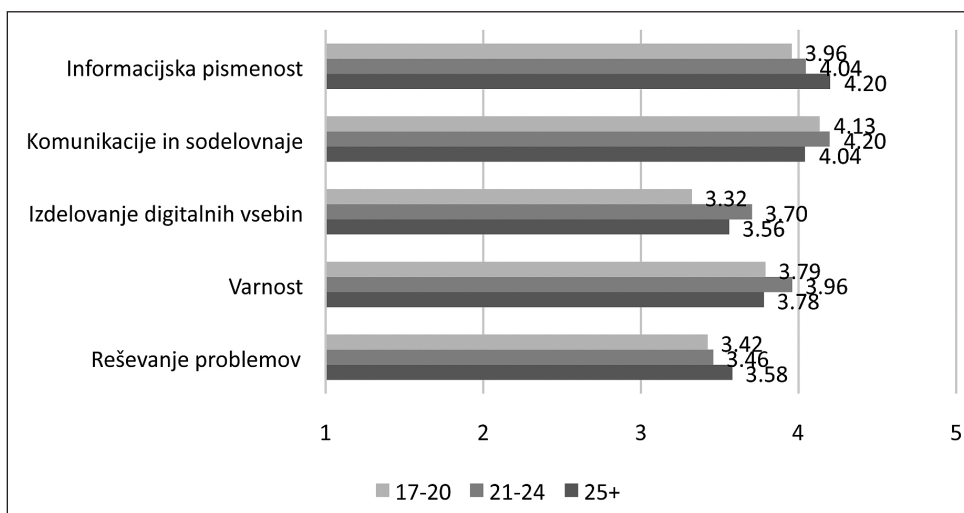
Slika 5: Povprečno strinjanje s posameznimi kompetencami študentov na kompetenčnem področju reševanja problemov

Ker na nivoju kompetenčnih področij nismo ugotovili statistično pomembnih razlik med spoloma, nas je zanimalo, ali le-te obstajajo na nivoju posameznih kompetenc (znotraj kompetenčnih področij). Izkazalo se je, da obstajajo statistično pomembne razlike pri nekaterih posameznih kompetencah, in sicer pri vseh kompetenčnih področjih, razen pri izdelovanju digitalne vsebine. V nadaljevanju podajamo le tiste rezultate, kjer smo ugotovili, da obstajajo statistično značilne razlike pri 5 % stopnji pomembnosti. Tako

pri kompetenčnem področju informacijske pismenosti obstaja statistično pomembna razlika pri 5 % stopnji pomembnosti pri kompetenci »Znam narediti varnostno kopijo informacij ali datotek, ki jih imam shranjene na svojih napravah« ( $p = 0,019 < 0,05$ ,  $t_{sp=80} = 2,114$ ). Pri kompetenčnem področju komunikacije in sodelovanja obstaja statistično pomembna razlika pri kompetenci »Uporabljam e-pošto za komunikacijo preko spleta (Gmail, Outlook, ...)« ( $p = 0,049 < 0,05$ ,  $t_{sp=80} = -1,682$ ). Pri kompetenčnem področju varnosti



Slika 6: Skupna povprečja strinjanj na posameznih kompetenčnih področjih glede na spol študentov



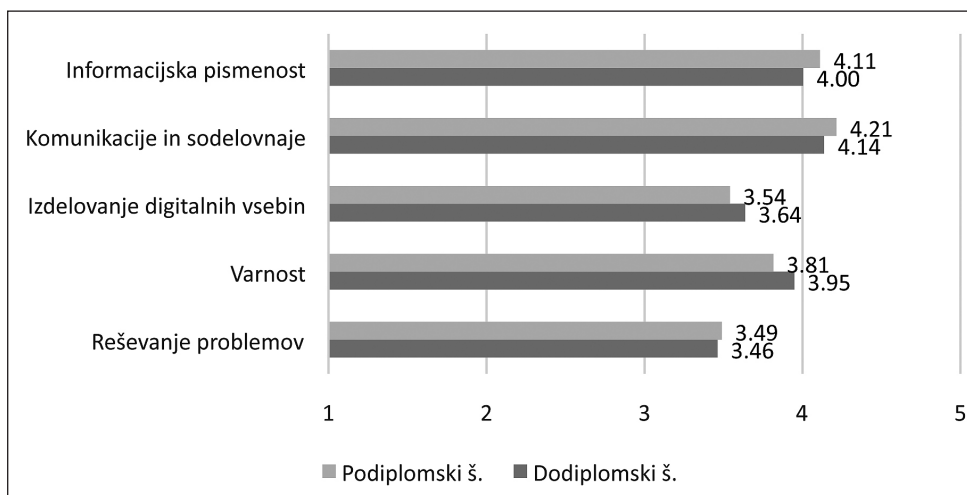
Slika 7: Skupna povprečja strinjanj na posameznih kompetenčnih področjih glede na starostno skupino študentov

obstajata statistično pomembni razliki pri kompetencah »Moja gesla so dolga in zapletena in različna za različne spletne strani« ( $p = 0,031 < 0,05$ ,  $t_{sp=80} = 1,876$ ) ter »Zavedam se tveganj za zdravje, ki lahko izhajajo iz neustrezne uporabe tehnologije (ergonomski vidiki, zasvojenost, ... )« ( $p = 0,047 < 0,05$ ,  $t_{sp=80} = -1,704$ ). Pri kompetenčnem področju reševanja problemov obstaja statistično pomembna razlika pri kompetenci »V vsakdanjem življenju se učim in vključujem vse več digitalnih tehnologij, za katerem ocenjujem, da lahko izboljšajo kakovost mojega življenja« ( $p = 0,015 < 0,05$ ,  $t_{sp=80} = 2,199$ ).

V drugem raziskovalnem vprašanju smo iskali razlike na nivoju kompetenčnih področij glede na tri starostne skupine. Slika 7 prikazuje primerjavo

skupnih povprečnih ocen za vseh pet kompetenčnih področij, rezultati analize variance pa ne kažejo statistično pomembnih razlik pri 5 % stopnji pomembnosti.

Ker na nivoju kompetenčnih področij nismo ugotovili statistično pomembnih razlik med tremi starostnimi skupinami, nas je zanimalo, ali le-te obstajajo na nivoju posameznih kompetenc znotraj kompetenčnih področij. Izkazalo se je, da obstaja statistično pomembna razlika pri 5 % stopnji pomembnosti le pri dveh kompetenčnih področjih. Bolj natančno, pri kompetenčnem področju komunikacije in sodelovanja obstaja statistično pomembna razlika pri kompetenci »Imam dovolj digitalnih kompetenc za kvalitetno komunikacijo med študijem na daljavo«



Slika 8: Skupna povprečja strinjanj na posameznih kompetenčnih področjih glede na stopnjo študija

( $F = 2,688$ ,  $p = 0,037 < 0,05$ ), kjer obstajajo statistično pomembne razlike med sodelujočimi študenti, starimi med 18 in 20 let, ter med 21 in 25 let ( $p = 0,014 < 0,05$ ). Pri kompetenčnem področju ustvarjanja vsebin obstajajo statistično pomembne razlike pri kompetenci »Znam uporabljati programsko opremo za obdelavo slik in video posnetkov« ( $F = 3,206$ ,  $p = 0,027 < 0,05$ ), in sicer med sodelujočimi študenti, starimi med 18 in 20 let, ter med 21 in 25 let ( $p = 0,042 < 0,05$ ).

Prav tako smo v povezavi s stopnjo študija sodelujočih študentov najprej ugotavljali razlike na nivoju kompetenčnih področij. Slika 8 prikazuje primerjavo skupnih povprečnih ocen za vseh pet kompetenčnih področij, rezultati t-testov za neodvisna vzorca pa ne kažejo statistično pomembnih razlik pri 5 % stopnji pomembnosti. Dodatno se je izkazalo tudi, da na nivoju posameznih kompetenc ne obstajajo statistično pomembne razlike pri nobeni od trditvev.

Če povzamemo, rezultati kažejo, da na nivoju posameznih kompetenčnih področij ni statistično pomembnih razlik, razlike so le pri nekaterih trditvah na nivoju posameznih kompetenc. Tako lahko sklenemo, da pri posameznih kompetenčnih področjih ni razlik glede na tri socio-demografske značilnosti, ki smo jih proučevali. V povezavi s tretjim raziskovalnim vprašanjem »Kakšno je mnenje študentov glede dviga digitalnih kompetenc zaradi pandemije Covid-19?« smo pripravili opisne statistike za posamezne trditve, vezane na vseh pet kompetenčnih področij. Rezultati so predstavljeni v tabeli 3. Sodelujoči študenti se najbolj strinjajo s trditvijo, da imajo zaradi pandemije Covid-19 manj težav s komunikacijo preko interneta ( $\bar{x} = 4,35$ ). Za ostale trditve je njihovo povprečno strinjanje nižje od 4 (na 5-stopenjski lestvici Likertovega tipa). Iz tega lahko sklenemo, da je pandemija Covid-19 le do določene mere vplivala na dvig digitalnih kompetenc študentov.

Tabela 3: Opisne statistike za trditve glede dviga digitalne kompetence zaradi pandemije Covid-19

Kompetenčna področja	Mnenje študentov o vplivu Covid-19 na dvig digitalnih kompetenc	Min	Max	Povprečje	Standardni odklon
Informacijska pismenost	Hitreje poiščem in dostopam do želenih informacij na spletu.	1	5	3,82	1,00
	Bolje znam ovrednotiti informacije, ki jih najdem na spletu.	1	5	3,66	1,02
	Gradivo, ki ga najdem na spletu, znam bolje urediti za kasnejšo uporabo.	1	5	3,79	1,05
Komunikacija in sodelovanje	Komunikacija preko interneta mi več ne predstavlja težav.	1	5	4,35	0,98
Izdelovanje digitalnih vsebin	Pri pripravi digitalnih vsebin znam sedaj uporabiti različna digitalna sredstva (grafika, diagrami itd.).	1	5	3,65	1,05
	Bolje se zavedam avtorskih pravic in upoštevam licence.	1	5	3,14	1,17
Varnost	Bolje znam poskrbeti za svojo varnost in zasebnost na internetu.	1	5	3,80	1,00
Reševanje problemov	Vse težave z informacijsko in komunikacijsko tehnologijo sedaj rešujem sam.	1	5	3,35	1,13
	Sledim najnovejšim trendom razvoja digitalnih tehnologij in jih vključujem v vsakdanje življenje.	1	5	3,44	1,14

Preverili smo tudi, ali obstajajo razlike med sodelujočimi študenti (spol, starost, stopnja študija) glede njihovih mnenj o vplivu pandemije Covid-19 na dvig njihovih digitalnih kompetenc. Rezultati ne kažejo statistično pomembnih razlik pri 5 % tveganju.

#### 4 RAZPRAVA

Pandemija Covid-19 je močno zaznamovala šolski sistem. Večina izobraževalnih institucij je imelo ustrezno infrastrukturo in platforme za izvedbo izobraževanja na daljavo, vendar za učinkovit proces poučevanja in učenja to ni bilo dovolj. Med ključnimi elementi se pogosto omenja digitalne kompetence tako učiteljev kot tudi študentov. Naša raziskava se usmerja v proučevanje digitalnih kompetenc študentov in njihovega mnenja glede vpliva pandemije Covid-19 na dvig digitalnih kompetenc. Pri tem nas je zanimalo, ali med študenti obstajajo statistično pomembne razlike v samooceni digitalnih kompetenc glede na različne socio-demografske spremenljivke.

Najprej smo na podlagi samoocen sodelujočih študentov ugotovili, da se imajo za najbolj kompetentne pri sporazumevanju in sodelovanju ter brskanju, iskanju, shranjevanju in obdelavi informacij, najmanj pa pri razvoju, umeščanju in poustvarjanju digitalne vsebine ter pri reševanju tehničnih problemov z uporabo IKT. To nakazuje, da študenti kompetence, ki niso potrebne samo za študij, ampak jih pogosto potrebujejo tudi v prostem času, samoocenjujejo višje oziroma boljše. Morda je to povezano z dejstvom, da so v raziskavi sodelovali večinoma študenti iz generacije Z oz. net generacije, ki je rasla z IKT (Prensky, 2001) in je zato dobro tehnično podkovan (Poláková & Klímová, 2019), večinoma komunicira preko različnih naprav (Turner, 2015) in je zelo vizualno naravnana (Rothman, 2016).

Nato smo primerjali samoocene digitalnih kompetenc sodelujočih študentov glede na spol, starost in stopnjo študija. Na nivoju kompetenčnih področij nismo ugotovili pomembnih statističnih razlik za omenjene spremenljivke, našli smo jih le na nivoju posameznih kompetenc. V povezavi s spolom smo našli statistično pomembne razlike pri petih od 25 trditvev, v povezavi s starostjo pa pri dveh od 25 trditvev, medtem ko v povezavi s stopnjo študija nobene. Iz tega lahko sklepamo, da med sodelujočimi študenti ni bistvenih razlik glede samoocen digitalnih kompetenc, če jih primerjamo po spolu, starosti in stopnji študija. Lahko pa izpostavimo, da samoocena stu-

dentk kaže, da statistično značilno pogosteje uporabljajo e-pošto za komunikacijo in se bolj zavedajo tveganja za zdravje, ki lahko izhaja iz neustrezne uporabe tehnologije, medtem ko samoocena študentov kaže, da so statistično značilno boljši pri izdelavi varnostnih kopij, uporabljajo daljša, bolj zapletena in različna gesla ter v vsakdanje življenje pogosteje vključujejo digitalno tehnologijo za izboljšanje kakovosti življenja. Enega izmed možnih razlogov za omenjene razlike lahko pripisujemo različnim dejavnikom, kot so večje zanimanje moških za mobilne aplikacije, želja po študiju in poklicu, ki je povezan z računalništvom in informatiko itd. (Karagul et al., 2021). Na tem mestu bi izpostavili še razlike glede starosti; med študenti, starimi med 21 in 25 let, v primerjavi s študenti, starimi med 17 in 20 let, obstajajo statistično značilne razlike pri samooceni digitalnih kompetenc za kvalitetno komunikacijo med študijem na daljavo ter uporabo programske opreme za obdelavo slik in video posnetkov. To nakazuje, da imajo študenti na začetku študija, takoj po končani srednji šoli, več težav s komunikacijo. Ena izmed možnih razlag je, da v srednji šoli niso bili vajeni takega načina komunikacije z učitelji in zato ne poznajo orodij (Kennedy et al., 2013). Poleg tega na začetku študija ne poznajo svojih sošolcev in imajo zato več težav pri vzpostavitvi komunikacije (Marolt et al., 2022). Glede uporabe programske opreme za obdelavo slik in videoposnetkov pa je lahko ena izmed možnih razlag, da so se starejši študenti s tem že srečali med študijem ali v okviru študentskega dela in so si tako pridobili te spretnosti (Eshet-Alkalai & Chajut, 2010).

Nazadnje smo raziskali mnenje študentov glede vpliva pandemije Covid-19 na dvig digitalnih kompetenc. Povprečja pri vseh trditvah kažejo, da svojih digitalnih kompetenc zaradi situacije, povezane s pandemijo Covid-19, niso bistveno izboljšali. Najbolj se strinjajo, da so se jim izboljšale digitalne kompetence na kompetenčnih področjih komunikacije in sodelovanja, informacijske pismenosti ter varnosti, najmanj pa na kompetenčnih področjih izdelovanja digitalnih vsebin in reševanja problemov. Morda je to rezultat študija na daljavo, ki je zahteval od študentov, da se sporazumevajo in sodelujejo s profesorji in med sabo, ter iščejo, shranjujejo in obdelujejo informacije, hkrati pa tudi skrbijo za zaščito svojih naprav in osebnih podatkov. Zanimivo je, da se sodelujoči študenti najmanj strinjajo s trditvijo, da se pri pripravi digitalnih vsebin zavedajo in upoštevajo avtorske

pravice. Morda je prav zaradi tega plagiatorstvo najpogostejša težava, ko pišejo svoja raziskovalna dela (Jereb et al., 2018).

## 5 SKLEP

Novi digitalni trendi in tehnologije spreminjajo način dela, komuniciranja in učenja, zato so digitalne kompetence ena izmed ključnih vseživljenjskih veščin prebivalstva. Prehod na kombiniran način študija in študij na daljavo je močno odvisen od digitalnih kompetenc posameznikov. Vsled tega je ocenjevanje digitalnih kompetenc študentov in učiteljev lahko praktično koristno za izobraževalne ustanove in odločevalce na področju izobraževanja pri oblikovanju učinkovitih strategij študija. Čeprav so nedavne študije ovrednotile uporabnost izobraževalnih tehnologij za študij na daljavo (Bond et al., 2021), so raziskave o digitalnih kompetencah ali spletni pripravljenosti študentov še vedno omejene. Situacija, ki jo je povzročila pandemija Covid-19, je pokazala, da bi lahko bile digitalne kompetence na višjem nivoju (Tejedor et al., 2020). Naša raziskava je prišla do podobnih zaključkov in nadalje izpostavlja, da Covid-19 ni bistveno vplival na dvig digitalnih kompetenc študentov, ki so sodelovali v raziskavi.

Kar zadeva učno okolje, ugotavljamo, da so študenti sposobni dobro komunicirati v izobraževalnem okolju in hitro najti informacije v spletnih virih, vendar jim manjka sposobnost kritične presoje veljavnosti informacij, kar je skladno s spoznanji preteklih raziskav (Shatto & Erwin, 2016). Podobno ugotavljajo tudi Kennedy et al. (2013), ki trdijo, da kljub raznoliki uporabi tehnologij študentov za osebne namene in zabavo, le-ti niso vedno digitalno kompetentni za uporabo IKT za podporo učenju. Nadalje raziskava Univerze v Barceloni izpostavlja, da ni nujno, da Z generacija bolje uporablja IKT pri študiju, temveč na to vpliva predvsem model poučevanja (Romero et al., 2013). Z drugimi besedami, veliko študentov, ki danes vstopajo na univerzo, je močno izpostavljenih digitalnemu svetu, vendar se zdi, da niso pripravljeni prestopiti mosta med osebno in akademsko uporabo digitalne tehnologije. Zato je bistveno, da visokošolske ustanove spodbujajo digitalne strategije opismen-

njevanja, ki združujejo optimizacijo kompetenc tako študentov, kot tudi učiteljev (Santos & Serpa, 2017).

Ko že omenjamo učitelje, bi na tem mestu izpostavili, da krepitev njihovih digitalnih kompetenc lahko vpliva na razvoj novih metod poučevanja (Tejedor et al., 2020), kar lahko pripomore k boljšemu uspehu študentov (Malaeb-Khaddage et al., 2018). Poleg tega je potrebno upoštevati tudi generacije študentov, ki so trenutno v pedagoškem procesu in tiste, ki šele prihajajo. Generacija Z se, na primer, najraje uči sama, predvsem preko spletnih vsebin, kar je potrebno upoštevati pri oblikovanju izobraževalnih vsebin. Potrebno pa je tudi, da izobraževalni sistem kar se da dosledno sledi tempu razvoja IKT in jo čim bolje implementira v izobraževalni proces.

Za konec bi radi izpostavili še pomanjkljivosti obstoječe raziskave in priložnosti za nadaljnje delo. V raziskavi smo uporabili samoevalvacijski vprašalnik, ki mu mnogi pripisujejo subjektivne rezultate, vendar so druge metode zamudne in neprimerne za proučevanje velike populacije. Poleg tega smo za namen raziskave pripravili dokaj kompleksen vprašalnik, kar je močno vplivalo na visok delež nedokončanih vprašalnikov. Prav zaradi tega smo uspeli zbrati le 81 v celoti izpolnjenih vprašalnikov. Potrebno je omeniti, da je vprašalnik temeljil na preteklih raziskavah in bil prilagojen za potrebe te raziskave, vendar kljub temu ugotavljamo priložnosti za izboljšave le-tega, npr. vključitev novejših/dodatnih kompetenc (EU Science Hub, 2020), večjo jasnost trditev itd. Smiselne bi bile nadaljnje raziskave, ki bi primerjale študente glede na predhodno izobrazbo, delovne izkušnje itd. Seveda bi s tem razvili še kompleksnejši vprašalnik, zato bi bilo potrebno premišljeno pristopiti k zbiranju podatkov.

## Priloga A – Vprašalnik

### Q1 – Katere informacijske in komunikacijske naprave uporabljate? (več možnih odgovorov)

Možnih je več odgovorov

- Namizni/prenosni računalnik
- Tablični računalnik
- Pametni telefon



**Q2 – Koliko časa v povprečju na dan uporabljate:**

	Manj kot 1 ura	1-2 uri	2-3 ure	3-4 ure	4-6 ur	6-8 ur	Več kot 8 ur
Namizni/prenosni računalnik	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Tablični računalnik	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Pametni telefon	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**Q3 - Imate širokopasovno internetno povezavo?** Da Ne**Q4 - Katero orodje ste največ uporabljali oz. največ uporabljate v času predavanj na daljavo?** Zoom MS Teams Skype Drugo:**Q5 - Kako bi ocenili primernost orodja, ki ste ga izbrali pri prejšnjem vprašanju, za uspešen študij? 1 - neprimeren, 5 - zelo primeren** 1  2  3  4  5**Q6 - Ste imeli doma na voljo vso strojno in programsko opremo, ki je bila potrebna za študij na daljavo?** Da Ne**Q7 – Informacije: Na lestvici od 1 do 5, kjer 1 pomeni »Sploh ne znam« in 5 pomeni »Zelo dobro znam«, ocenite spodaj navedene trditve povezane z iskanjem in uporabo informacij:**

	1	2	3	4	5
Na spletu znam poiskati vire potrebne za moj študij.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Znam ločiti zanesljive in nezanesljive vire informacij na internetu.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Znam oceniti zanesljivost/verodostojnost informacij z različnimi merili/kriteriji.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Znam razvrstiti podatke na organiziran način, s pomočjo datoteke in mape, z namenom kasnejšega lažjega iskanja.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Znam narediti varnostno kopijo informacij ali datotek, ki jih imam shranjene na svojih napravah.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>



**Q8 – Komunikacija: Na lestvici od 1 do 5, kjer 1 pomeni »Sploh ne drži zame« in 5 pomeni »Povsem drži zame«, ocenite spodaj navedene trditve povezane s komunikacijo**

	1	2	3	4	5
Imam dovolj digitalnih kompetenc za kvalitetno komunikacijo med študijem na daljavo.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Uporabljam e-pošto za komunikacijo preko spleta (Gmail, Outlook, ...).	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Uporabljam spletne aplikacije, ki omogočajo medsebojno komuniciranje uporabnikov (Skype, WhatsApp, Viber, WeChat...).	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Uporabljam posebna orodja v oblaku za deljenje vsebin, znanja in/ali virov z drugimi ljudmi (predstavitve, fotografije, videoposnetki...): Google Drive, Dropbox, SlideShare, ...)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Znam uporabljati spletna orodja za vodenje projektov, sodelujem v njih in jih uporabljam za izvedbo, načrtovanje in spremljanje deljenih nalog.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**Q9 – Ustvarjanje vsebin: Na lestvici od 1 do 5, kjer 1 pomeni »Sploh ne drži zame« in 5 pomeni »Povsem drži zame«, ocenite spodaj navedene trditve povezane z ustvarjanjem vsebin:**

	1	2	3	4	5
Znam uporabljati Office programe (Word, Excel, Power Point,...).	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Zavedam se posledic nezakonitega nalaganja digitalnih vsebin (glasbe, programske opreme, filmi...).	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Znam uporabljati programsko opremo za obdelavo slik in video posnetkov.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Znam ločiti med koncepti, kot so avtorske pravice (copyright), prosta uporaba avtorskega dela (copyleft) in ustvarjalna skupnost (licenca creative commons).	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Zanimam se in seznanjam se z novostmi v zvezi z IKT rešitvami za načrtovanje in ustvarjanje vsebin.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**Q10 – Varnost: Na lestvici od 1 do 5, kjer 1 pomeni »Sploh ne drži zame« in 5 pomeni »Povsem drži zame«, ocenite spodaj navedene trditve povezane z varnostjo.**

	1	2	3	4	5
Moj računalnik je zaščiten z varnostnim programom.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Moja gesla so dolga in zapletena in različna za različne spletne strani.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Uporabljam funkcijo zasebnosti, ki je na voljo na družbenih medijih, za odobritev in zavrnitev vsakega, ki bi želel dostopati do mojega profila.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Zavedam se vpliva, ki ga imajo IKT in internet v našem vsakdanjem življenju na spletni nakup in okolje.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Zavedam se tveganja za zdravje, ki lahko izhajajo iz neustrezne uporabe tehnologij (ergonomski vidiki, zasvojenost, ...).	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**Q11 – Reševanje problemov: Na lestvici od 1 do 5, kjer 1 pomeni »Sploh ne drži zame« in 5 pomeni »Povsem drži zame«, ocenite spodaj navedene trditve povezane z reševanjem problemov.**

	1	2	3	4	5
Na ustrezen način sem sposoben/na reševati kakršno koli težavo, ki bi lahko nastala, ko tehnologije ali naprave, ki jih uporabljam, ne delujejo pravilno.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
V zvezi z nalogami, ki jih moram opraviti v svojem delovnem, študijskem ali zasebnem življenju, se zavedam svojih kompetenc in morebitnih pomanjkljivosti na digitalnem področju.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Sposoben sem najti ustrezne alternative, ko ne morem rešiti težav in je potrebno stvari narediti drugače.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Vem, kako oblikovati, ustvarjati in spreminjati baze podatkov z ustreznim računalniškim orodjem (Access, MySQL, Dbase, Oracle, ...).	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
V vsakdanjem življenju se učim in vključujem v vse več digitalnih naprav/instrumentov/tehnologij, za katere ocenjujem, da lahko izboljšajo kakovost mojega življenja.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**Q12 – Na lestvici od 1 do 5, kjer 1 pomeni »Sploh ne drži zame« in 5 pomeni »Povsem drži zame«, ocenite vpliv pandemije COVID-19 na dvig vaših digitalnih kompetenc:**

	1	2	3	4	5
Hitreje poiščem in dostopam do zelenih informacij na spletu.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Bolje znam ovrednotiti informacije, ki jih najdem na spletu.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Gradivo, ki ga najdem na spletu, znam bolje urediti za kasnejšo uporabo.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Komunikacija preko interneta mi ne predstavlja težav.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Pri pripravi digitalnih vsebin znam uporabiti različna digitalna sredstva (grafika, diagrami itd.).	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Bolje se zavedam avtorskih pravic in upoštevam licence.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Bolje znam poskrbeti za svojo varnost in zasebnost na internetu.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Vse težave z informacijsko in komunikacijsko tehnologijo sedaj rešujem sam.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Sledim najnovejšim trendom razvoja digitalnih tehnologij in jih vključujem v vsakdanje življenje.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**Q12 – Na lestvici od 1 do 5, kjer 1 pomeni »Sploh ne drži zame« in 5 pomeni »Povsem drži zame«, ocenite, ali spodaj navedene trditve ustrezajo vaši osebni izkušnji ali ne:**

	1	2	3	4	5
Veliko lažje sledim predavanjem v živo kot na daljavo.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Imel sem premalo samomotivacije med študijem na daljavo.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Menim, da se študij na daljavo glede na kvaliteto, ne more primerjati s študijem, ko je celoten proces potekal na fakulteti.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**Q13 – Spol:**

- M  
 Ž

**Q14 – Starost:**

Vpišite število let

\_\_\_\_\_ let

**Q15 - V kateri regiji prebivate?**

- Pomurska regija  
Podravska regija  
Koroška regija  
Savinjska regija  
Zasavska regija  
Posavska regija  
Jugovzhodna Slovenija  
Osrednjeslovenska regija  
Gorenjska regija  
Primorsko-notranjska regija  
Goriška regija  
Obalno-kraška regija

**Q16 – Katero univerzo obiskujete?**

- Univerza v Ljubljani  
Univerza v Mariboru  
Univerza na Primorskem  
Univerza v Novi Gorici  
Univerza v Novem mestu  
Nova univerza  
Drugo:

**Q17 – Katero fakulteto obiskujete?**

- Biotehniška fakulteta  
Ekonomska fakulteta  
Fakulteta za arhitekturo  
Fakulteta za družbene vede  
Fakulteta za elektrotehniko  
Fakulteta za farmacijo  
Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo  
Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo  
Fakulteta za matematiko in fiziko  
Fakulteta za pomorstvo in promet Portorož  
Fakulteta za računalništvo in informatiko  
Fakulteta za socialno delo  
Fakulteta za strojništvo  
Fakulteta za šport  
Fakulteta za upravo  
Filozofska fakulteta  
Medicinska fakulteta

- Naravoslovnotehniška fakulteta  
Pedagoška fakulteta  
Pravna fakulteta  
Teološka fakulteta  
Veterinarska fakulteta  
Zdravstvena fakulteta  
Drugo:

**Q18 – Katero fakulteto obiskujete?**

- Ekonomsko-poslovna fakulteta (EPF)  
Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko (FERI)  
Fakulteta za energetiko (FE, v Krškem, enota v Velenju)  
Fakulteta za gradbeništvo, prometno inženirstvo in arhitekturo (FGPA)  
Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo (FKKT)  
Fakulteta za kmetijstvo in biosistemske vede (FKBV) (prostora ima v prenovljenem gradu Hompoš v vasi Pivola nedaleč od Maribora)  
Fakulteta za logistiko (FL, v Celju, enota v Krškem)  
Fakulteta za naravoslovje in matematiko (FNM)  
Fakulteta za organizacijske vede (FOV, v Kranju)  
Fakulteta za varnostne vede (FVV, v Ljubljani)  
Fakulteta za strojništvo (FS)  
Fakulteta za zdravstvene vede (FZV)  
Filozofska fakulteta (FF)  
Medicinska fakulteta (MF)  
Pedagoška fakulteta (PeF)  
Pravna fakulteta (PF)  
Fakulteta za turizem (v Brežicah)  
Drugo:

**Q19 – Katero fakulteto obiskujete?**

- Fakulteta za humanistične študije (UP FHŠ)  
Fakulteta za management (UP FM)  
Fakulteta za matematiko, naravoslovje in informacijske tehnologije (UP FAMNIT)  
Pedagoška fakulteta (UP PEF)  
Fakulteta za turistične študije Portorož-Turistica (UP FTŠ Turistica) (sedež v Portorožu)  
Fakulteta za vede o zdravju (UP FVZ) (sedež v Izoli, z enoto v Novi Gorici)  
Fakulteta za dizajn iz Ljubljane (UP FD)[1] (sedež v Ljubljani)  
Inštitut Andrej Marušič (UP IAM)  
Drugo:

**Q20 – Katero fakulteto obiskujete?**

- Fakulteta za naravoslovje  
Fakulteta za humanistiko

Fakulteta za znanosti o okolju  
Poslovno-tehniška fakulteta  
Fakulteta za vinogradništvo in vinarstvo  
Akademija umetnosti  
Fakulteta za podiplomski študij  
Drugo:

#### Q21 – katero fakulteto obiskujete?

Fakulteta za ekonomijo in informatiko  
Fakulteta za poslovne in upravne vede  
Fakulteta za strojništvo  
Fakulteta za zdravstvene vede  
Drugo:

#### Q22 – katero fakulteto obiskujete?

Evropska pravna fakulteta  
Fakulteta za državne in evropske študije  
Fakulteta za slovenske in mednarodne študije  
European School of Law and Government  
Visoka šola za gradbeno inženirstvo Kranj  
Visokošolski zavod Fizioterapevtika  
Visoka šola za regionalni management  
Drugo:

#### Q23 – katero stopnjo študija obiskujete?

- Dodiplomski študij  
 Podiplomski študij

#### Q24 – kateri letnik obiskujete?

- 1.letnik  
 2.letnik  
 3.letnik  
 4.letnik  
 5.letnik  
 6.letnik  
 absolvent/ka

#### Q25 – kateri letnik obiskujete?

- 1.letnik  
 2.letnik  
 absolvent/ka

#### Q26 – način študija:

- Redni  
 Izredni

### LITERATURA

[1] Biernacki, P., & Waldorf, D. (2016). Snowball Sampling: Problems and Techniques of Chain Referral Sampling: [Http://Dx.Doi.Org/10.1177/004912418101000205](http://Dx.Doi.Org/10.1177/004912418101000205), 10(2), 141–163. <https://doi.org/10.1177/004912418101000205>

- [2] Bond, M., Bedenlier, S., Marín, V. I., & Händel, M. (2021). Emergency remote teaching in higher education: Mapping the first global online semester. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 18(1), 50. <https://doi.org/10.1186/s41239-021-00282-x>
- [3] Cabezas González, M., Casillas Martín, S., Sanches-Ferreira, M., & Teixeira Diogo, F. L. (2017). Do Gender and Age Affect the Level of Digital Competence? A Study with University Students. *Fonseca, Journal of Communication*, 15(15), 109. <https://doi.org/10.14201/FJC201715109125>
- [4] Eshet-Alkalai, Y., & Chajut, E. (2010). You Can Teach Old Dogs New Tricks: The Factors That Affect Changes over Time in Digital Literacy. *Journal of Information Technology Education: Research*, 9, 173–181. <https://doi.org/10.28945/1186>
- [5] EU Science Hub. (2020). *Upskilling for life after the pandemic: Commission launches new digital competence guidelines*. [https://joint-research-centre.ec.europa.eu/jrc-news/upskilling-life-after-pandemic-commission-launches-new-digital-competence-guidelines-2020-07-13\\_en](https://joint-research-centre.ec.europa.eu/jrc-news/upskilling-life-after-pandemic-commission-launches-new-digital-competence-guidelines-2020-07-13_en)
- [6] European Parliament and the Council. (2006). *Recommendation of the European Parliament and of the Council of 18 December 2006 on key competences for lifelong learning*.
- [7] Ferrari, A., Brecko, B., & Punie, Y. (2014). *DIGCOMP: a Framework for Developing and Understanding Digital Competence in Europe* (p. 14). <http://www.openeducationeuropa.eu/en/article/DIGCOMP%3A-a-Framework-for-Developing-and-Understanding-Digital-Competence-in-Europe>
- [8] Guillén-Gámez, F. D., & Mayorga-Fernández, M. <sup>a</sup>J. (2020). Quantitative-comparative research on digital competence in students, graduates and professors of faculty education: An analysis with ANOVA. *Education and Information Technologies*, 25(5), 4157–4174. <https://doi.org/10.1007/S10639-020-10160-0/TABLES/7>
- [9] Jan, S. (2018). Gender, school and class wise differences in level of Digital literacy among secondary school students in Pakistan. *Issues and Trends in Educational Technology*, 6(2). [https://doi.org/10.2458/AZU\\_ITET\\_V6I2\\_JAN](https://doi.org/10.2458/AZU_ITET_V6I2_JAN)
- [10] Jereb, E., Urh, M., Jerebic, J., & Šprajc, P. (2018). Gender differences and the awareness of plagiarism in higher education. *Social Psychology of Education*, 21(2), 409–426. <https://doi.org/10.1007/S11218-017-9421-Y/TABLES/8>
- [11] Juvan, N., Nančovska Šerbec, I., & Žirovnik, A. (2016). Modeliranje dimenzij digitalne kompetence študentov prvega letnika izbranih pedagoških smeri. *Andragoška Spoznanja*, 22(4), 29–42. <https://doi.org/10.4312/AS.22.4.29-42>
- [12] Karagul, B. I., Seker, M., & Aykut, C. (2021). Investigating Students' Digital Literacy Levels during Online Education Due to COVID-19 Pandemic. *Sustainability 2021, Vol. 13, Page 11878*, 13(21), 11878. <https://doi.org/10.3390/SU132111878>
- [13] Kennedy, D., Kennedy, D., & Fox, R. (2013). 'Digital natives': An Asian perspective for using learning technologies. *International Journal of Education and Development Using ICT*, 9(1), 65–79.
- [14] Llorent-Vaquero, M., Tallón-Rosales, S., & Monastero, B. de las H. (2020). Use of Information and Communication Technologies (ICTs) in Communication and Collaboration: A Comparative Study between University Students from Spain and Italy. *Sustainability 2020, Vol. 12, Page 3969*, 12(10), 3969. <https://doi.org/10.3390/SU12103969>
- [15] Malaeb-Khaddage, F., Malaeb-Khaddage, F., & Crompton, H. (2018). Transforming Teacher Preparation: Assessing Digital Learners' Needs for... *Society for Information Technology & Teacher Education International Conference*, 2018(1), 1682–1689.

- [16] Marolt, M., Pucihar, A., Lenart, G., Vidmar, D., Gašperlin, B., & Borštnar, M. K. (2022). COVID-19-Related Challenges in Business Information Systems Education: Experiences from Slovenia. *Lecture Notes in Business Information Processing*, 444 LNBIIP, 73–78. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-04216-4\\_7/COVER](https://doi.org/10.1007/978-3-031-04216-4_7/COVER)
- [17] Mattar, J., Santos, C. C., & Cuque, L. M. (2022). Analysis and Comparison of International Digital Competence Frameworks for Education. *Education Sciences*, 12(12), Article 12. <https://doi.org/10.3390/educsci12120932>
- [18] Nemeč, M. (2016). *Študij družboslovne informatike in digitalne kompetence* [Magistrsko delo]. Fakulteta za družbene vede. Pridobljeno s [http://dk.fdv.uni-lj.si/magistrska\\_dela\\_2/pdfs/mb22\\_nemec-mihaela.pdf](http://dk.fdv.uni-lj.si/magistrska_dela_2/pdfs/mb22_nemec-mihaela.pdf).
- [19] Poláková, P., & Klímová, B. (2019). Mobile Technology and Generation Z in the English Language Classroom—A Preliminary Study. *Education Sciences* 2019, Vol. 9, Page 203, 9(3), 203. <https://doi.org/10.3390/EDUCSCI9030203>
- [20] Portillo, J., Garay, U., Tejada, E., & Bilbao, N. (2020). Self-Perception of the Digital Competence of Educators during the COVID-19 Pandemic: A Cross-Analysis of Different Educational Stages. *Sustainability* 2020, Vol. 12, Page 10128, 12(23), 10128. <https://doi.org/10.3390/SU122310128>
- [21] Prensky, M. (2001). Digital Natives, Digital Immigrants Part 2: Do They Really Think Differently? *On the Horizon*, 9(6), 1–6. <https://doi.org/10.1108/10748120110424843/FULL/PDF>
- [22] Reddy, P., Sharma, B., & Chaudhary, K. (1 C.E.). Digital Literacy: A Review of Literature. [https://Services.Igi-Global.Com/Resolvedoi/Resolve.aspx?Doi=10.4018/IJT.20200701.Oa1,11\(2\),65-94](https://Services.Igi-Global.Com/Resolvedoi/Resolve.aspx?Doi=10.4018/IJT.20200701.Oa1,11(2),65-94). <https://doi.org/10.4018/IJT.20200701.OA1>
- [23] Rodríguez-Moreno, J., Ortiz-Colón, A. M., Córdón-Pozo, E., & Agreda-Montoro, M. (2021). The Influence of Digital Tools and Social Networks on the Digital Competence of University Students during COVID-19 Pandemic. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(6), 1–18. <https://doi.org/10.3390/IJERPH18062835>
- [24] Romero, M., Guitert, M., Sangrà, A., & Bullen, M. (2013). Do UOC students fit in the net generation profile? An approach to their habits in ICT use. *International Review of Research in Open and Distance Learning*, 14(3), 158–181. <https://doi.org/10.19173/IRRODL.V14I3.1422>
- [25] Rothman, D. (2016). *A Tsunami of learners called Generation Z*.
- [26] Santos, A. I., & Serpa, S. (2017). The Importance of Promoting Digital Literacy in Higher Education. *International Journal of Social Science Studies*, 5(6), 90. <https://doi.org/10.11114/IJSS.V5I6.2330>
- [27] Shatto, B., & Erwin, K. (2016). Moving on From Millennials: Preparing for Generation Z. *Journal of Continuing Education in Nursing*, 47(6), 253–254. <https://doi.org/10.3928/00220124-20160518-05>
- [28] Siddiq, F., Gochyyev, P., & Wilson, M. (2017). Learning in Digital Networks – ICT literacy: A novel assessment of students' 21st century skills. *Computers & Education*, 109, 11–37. <https://doi.org/10.1016/J.COMPEDU.2017.01.014>
- [29] Tejedor, S., Cervi, L., Pérez-Escoda, A., & Jumbo, F. T. (2020). Digital Literacy and Higher Education during COVID-19 Lockdown: Spain, Italy, and Ecuador. *Publications* 2020, Vol. 8, Page 48, 8(4), 48. <https://doi.org/10.3390/PUBLICATIONS8040048>
- [30] Turner, A. (2015). Generation Z: Technology and Social Interest. *The Journal of Individual Psychology*, 71(2), 103–113. <https://doi.org/10.1353/JIP.2015.0021>
- [31] Tzafilikou, K., Perifanou, M., & Economides, A. A. (2022). Development and validation of students' digital competence scale (SDiCoS). *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 19(1), 30. <https://doi.org/10.1186/s41239-022-00330-0>
- [32] Vehovar, V., Toepoel, V., & Steinmetz, S. (2016). Non-probability sampling. In *The Sage handbook of survey methods* (pp. 329–345).
- [33] Vrdelja, M., Vrbovšek, S., Klopčič, V., Berzelak, J., & Štemberger Kolnik, T. (2022). *Digitalna zdravstvena pismenost študentov v Sloveniji v času pandemije COVIDA-19*. Nacionalni inštitut za javno zdravje. <https://www.dlib.si/details/URN:NBN:SI:DOC-JT5VKZ2Y/?query=%27keywords%3DSlovenija%27&language=slv&pageSize=100&sortDir=DESC&sort=date&language=slo>
- [34] Walton, G. (2016). »Digital Literacy« (DL): Establishing the Boundaries and Identifying the Partners. [http://Dx.Doi.Org/10.1080/13614533.2015.1137466,22\(1\),1-4](http://Dx.Doi.Org/10.1080/13614533.2015.1137466,22(1),1-4). <https://doi.org/10.1080/13614533.2015.1137466>
- [35] Zhao, Y., Pinto Llorente, A. M., & Sánchez Gómez, M. C. (2021). Digital competence in higher education research: A systematic literature review. *Computers & Education*, 168, 104212. <https://doi.org/10.1016/J.COMPEDU.2021.104212>
- [36] Zhong, Z. J. (2011). From access to usage: The divide of self-reported digital skills among adolescents. *Computers & Education*, 56(3), 736–746. <https://doi.org/10.1016/J.COMPEDU.2010.10.016>

**Pia Pičulin** je zaključila študij na Fakulteti za organizacijske vede Univerze v Mariboru. Njeno raziskovanje je usmerjeno na razvoj digitalnih kompetenc.

**Marjeta Marolt** je docentka za področje informacijskih sistemov na Fakulteti za organizacijske vede Univerze v Mariboru. Področje njenega raziskovanja je v zadnjih letih predvsem usmerjeno na digitalno preobrazbo, inoviranje poslovnih modelov in poslovno inteligenco. Aktivno sodeluje na domačin in mednarodnih projektih. Rezultate raziskovalnega dela objavlja v znanstvenih revijah in na konferencah.

**Anja Žnidaršič** je izredna profesorica za področje kvantitativnih metod v organizacijskih vedah na Fakulteti za organizacijske vede Univerze v Mariboru. Področja njenega raziskovanja so manjkajoči podatki v omrežjih, dosežki študentov pri metodoloških predmetih, sprejetost zelenih IS ter sprejetost podkožnih mikročipov. Rezultate raziskovalnega dela objavlja v znanstvenih revijah in na konferencah.



# ANET1: poprocesiranje ansambelskih vremenskih napovedi s pomočjo nevronske mreže

Peter Mlakar<sup>1, 2</sup>, Janko Merše<sup>1</sup>, Jana Faganeli Pucer<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Agencija Republike Slovenije za okolje, Vojkova cesta 1b, 1000 Ljubljana

<sup>2</sup>Univerza v Ljubljani, Fakulteta za računalništvo in informatiko, Večna pot 113, 1000 Ljubljana  
peter.mlakar@gov.si, janko.merse@gov.si, jana.faganeli@fri.uni-lj.si

## Izvleček

Poprocesiranje ansambelskih napovedi igra ključno vlogo pri tvorjenju natančnejših verjetnostnih napovedi vremena. Pogosto uporabljene metode za poprocesiranje verjetnostne napovedi ustvarjajo ločeno za vsako lokacijo ali časovno obdobje. V tem delu predlagamo nov pristop, imenovan ANET1, ki temelji na nevronske mreže, ki združno tvori verjetnostne napovedi za vse lokacije in časovna obdobja. ANET1 posamično poprocesira člane ansambelske napovedi ter te uporabi za oceno parametrov normalne porazdelitve. Za učenje ter evalvacijo naše metode smo uporabili podatkovno zbirko napovedi temperatur, EUPPBench. Rezultati nakazujejo, da ANET1 izboljša delovanje obstoječih metod, predvsem v zahtevnih gorskih regijah. Prav tako zmanjša variabilnost napake napovedi tekom dnevnega hoda. V primerjavi z dvema drugim najboljšima pristopoma, EMOS in DVQR, ANET1 prinaša opazne izboljšave v umerjenosti porazdelitve napovedi glede na več evalvacijskih kriterijev.

**Ključne besede:** strojno učenje, umetna inteligenca, ansambelska vremenska napoved, poprocesiranje

## ANET1: Post-processing of ensemble weather forecasts using neural networks

### Abstract

Ensemble forecast post-processing plays a crucial role in generating more accurate probabilistic weather forecasts. Traditional methods estimate parameters of a parametric distribution separately for each location or lead time while assuming the target distribution of the post-processed weather variable. We propose a novel, neural network-based approach, denoted as ANET1, that produces forecasts jointly for all locations and lead times. Our model post-processes individual ensemble members and uses their latent encodings to estimate the parameters of a predictive normal distribution. To evaluate our method, we conduct temperature forecast post-processing for stations in a sub-region of western Europe using the EUPPBench benchmark. Our results demonstrate that ANET1 showcases state-of-the-art performance, improving upon existing methods in challenging mountainous regions. Compared to the two best methods, EMOS and DVQR, ANET1 exhibits better continuous ranked probability score and quantile loss, resulting in tangible improvements in the calibration of the forecast.

**Keywords:** Machine learning, artificial intelligence, ensemble weather forecast, post-processing

### 1 UVOD

Poprocesiranje vremenskih napovedi je ključno pri tvorjenju natančnejših vremenskih napovedi, saj numerične vremenske napovedi (NWP) vsebujejo napake. Te napake so posledica približkov v začetnih atmosferskih pogojih in računskih poenostavitvah [1, 28, 12]. S povečanjem časa napovedi se napake dodatno akumulirajo ter povzročajo vse bolj netoč-

ne napovedi. Zaradi teh omejitev je vremenska napoved po naravi vse bolj negotova. Centri za napovedovanje vremena, kot je npr. Evropski center za srednjeročne vremenske napovedi (ECMWF) [7], za ocenjevanje te negotovosti, napovedi izdajajo v obliki ansamblov. Ansambelska napoved je tako sestavljena iz mnogih različnih vremenskih napovedi, kjer vsaka izraža potencialno edinstveno prihodnjo vremensko

situacijo. Žal pa so napake v napovedi prisotne tudi v ansamblih.

Z namenom, da bi omilili te napake in tako tvorili bolj umerjene napovedne porazdelitve vremena [8], ponudniki vremenskih napovedi pogosto uporabljajo tehnike poprocesiranja ansambelskih napovedi [28]. Metode za poprocesiranje so lahko preproste ali kompleksne, toge [10, 22, 25, 21] ali pa prilagodljive [16, 14, 20, 27] in obsegajo širok spekter statističnih pristopov [28].

Pred kratkim so se na področju poprocesiranja začeli uporabljati pristopi, ki temeljijo na nevronske mrežah [18, 17, 3, 26, 29, 2, 11, 24, 23, 6, 9]. Algoritem opisan v [23] je pokazal zelo dobre rezultate pri napovedovanju temperatur v Nemčiji v primerjavi s konvencionalnimi tehnikami poprocesiranja. S pomočjo povprečja in variance ansambla napovedi ter v kombinaciji z opisniki lokacij so [23] ustvarili nevronske mreže, ki ocenijo parametre normalne porazdelitve za vsak čas napovedi (termini napovedi v prihodnosti, od zagona modela). Negativna lastnost tega pristopa je, da je potrebno implementirati nov model za vsak čas napovedi, kar drastično poveča potrebno število modelov. Podoben pristop lahko opazimo v [2], kjer s pomočjo nevronske mreže, osnovane na [23], avtorji ocenijo koeficiente Bernsteinovih polinomov, s katerimi tvorijo porazdelitev napovedane količine (npr. temperature). Število potrebnih modelov tako pogosto narašča s številom lokacij ter časov napovedi [28]. Napovedovanje po posameznih lokacijah in časih predstavlja omejitev učenja modela saj ne izkorišča informacij iz drugih lokacij.

V našem delu predlagamo nov pristop, Atmosphere Network 1 (ANET1). ANET1 je osnovan na nevronske mrežah in je zmožen hkratnega verjetnostnega napovedovanja vremena za vse lokacije ter čase napovedi. Ravno slednja lastnost ga dodatno razlikuje od ostalih metod poprocesiranja [5]. ANET1 je v primerjavi z drugimi pristopi pokazal zelo dobre rezultate na podatkovni zbirki EUPPBench [5].

V nadaljevanju v poglavju 2 predstavimo model ANET1 ter opišemo njegovo delovanje ter učni proces. Temu sledijo rezultati evalvacije (poglavju 3) na podatkovni zbirki [5]. Primerjamo ANET1 z metodo ansambelskih statistik (EMOS) [10] ter metodo kvantilne regresije s pomočjo D-vine kopul (DVQR) [20]. Ključne ugotovitve povzamemo v poglavju 4.

## 2 ANET1

### 2.1 ANET1: arhitektura mreže

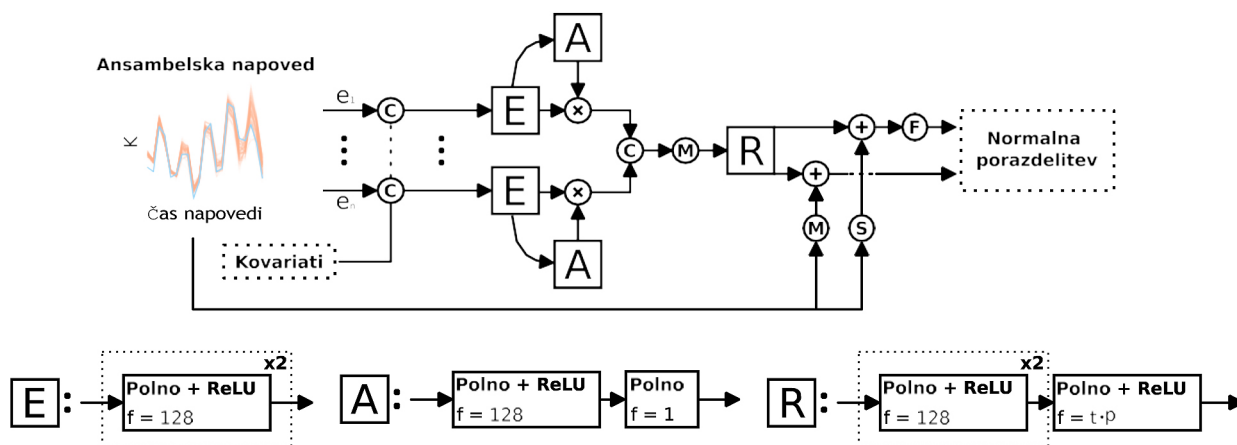
ANET1 je algoritem za poprocesiranje ansambelskih vremenskih napovedi, ki temelji na nevronske mrežah. Za oceno parametrov normalne porazdelitve, s katero nato napove verjetnost vremenskih dogodkov, uporabi arhitekturo, ki je prikazana na sliki 1.

Arhitektura ANET1 je prilagojena obdelavi ansambelskih napovedi z različnimi števili članov ansambla. Število teh se lahko v praksi razlikuje v odvisnosti od NWP. ANET1 tako sprva posamezne napovedi v ansamblu transformira s skupno kodirno strukturo, ki je na sliki 1 označena s simbolom E. Pred tem vsaki ansambelski napovedi doda kovariate, ki opisujejo značilnosti posameznih lokacij, za katere napovedujemo vreme. Ti kovariati vključujejo podatke o nadmorski višini, lokaciji (geografsko dolžino in širino) in modelske napovedi ter rabo zemljišča, poleg tega pa še kodiranje dneva v letu, ko je bila napoved izdana. Kodirna struktura E posamezne napovedi iz ansambla ter njihove kovariate pretvori v visoko dimenzionalne vektorje. Te ANET1 uteži z dinamičnim blokom „pozornosti“ in nato povpreči v en sam vektor, ki predstavlja vremensko stanje ansambla. Naloga mehanizma pozornosti je ta, da dodatno poudari pomembnost bolj zanesljivih članov ansambla v specifičnih vremenskih situacijah.

Povprečni vektor na koncu transformiramo s pomočjo regresijskega bloka (označen z **R** na sliki 1), katerega izhod je korekcijski člen za ansambelsko povprečno napoved ter standardni odklon, za vsak posamezen čas napovedi. Z drugimi besedami: izhod nevronske mreže ANET1 prišteje povprečni napovedi ter odklonu ansambla napovedi. Popravljen povprečje in standardni odklon nato uporabimo kot parametra napovedne normalne porazdelitve, ki tvori končni izhod ANET1. ANET1 tako pretvori ansambelsko vremensko napoved v verjetnostno porazdelitev, ki bolje opisuje prihodnjo vremensko situacijo ter njeno negotovost.

### 2.2 Učni postopek

Za učenje ter evalvacijo ANET1 smo uporabili temperaturne napovedi za 229 lokacij v zahodni Evropi. Te so zbrane v podatkovni zbirki EUPPBench [5]. EUPPBench vsebuje dva podatkovna niza. Prvi po-



Slika 1: Oris arhitekture nevronske mreže ANET1. Simboli  $e_i$  označujejo posamezno napoved iz ansambla. Okrogli simboli C, M, S, F označujejo operacije konkatencije, povprečenja, računanja standardnega odklona ter aktivacijsko funkcijo softplus. Kvadratni elementi E, A, R označujejo blok skupne kodirne strukture, blok dinamične pozornosti ter regresijski blok. S simbolom  $f$  je označeno število neuronov znotraj posamezne polno povezane plasti. Simbol  $t$  označuje število časov napovedi ter  $p$  število parametrov, potrebnih za opis napovedne porazdelitve (v primeru normalne porazdelitve sta to dva parametra: povprečje ter standardni odklon).

datkovni niz, označen z  $D_{11}$ , vsebuje 20-letne pretekle vremenske napovedi [5] za leti 2017, 2018. Za vsako izmed let je na voljo 209 časov zagona modela, kjer vsak zagon vsebuje 21 časov napovedi (termini vremenskih napovedi v prihodnosti glede na čas zagona modela). Ansambel za ta podatkovni niz vsebuje 11 članov. Niz  $D_{11}$  smo uporabili za učenje ANET1. Tekom učenja smo uporabili učno serijo velikosti 256 vzorcev.

Drugi podatkovni niz, označen kot  $D_{51}$ , vključuje napovedi za leti 2017, 2018, s 730 časi zagona modela in 21 časi napovedi. Ansambel za ta podatkovni niz šteje 51 članov.  $D_{51}$  smo uporabili za testiranje ANET1 modela po zaključenem učenju.

Uspešnost ANET1 tekem učenja smo ocenjevali s pomočjo validacijskega podatkovnega niza. Ta je vseboval 20 odstotkov naključno izbranih napovedi iz niza  $D_{11}$ . Napovedi so naključno izbrane iz vseh časovnih obdobji, ki jih obsega niz  $D_{11}$ . Različico ANET1, ki je tekem učenja dosegla najnižjo napako (negativni logaritem verjetnosti) na validacijskem nizu, smo uporabili v nadaljnji evalvaciji. Prav tako, če se napaka na validacijskem nizu tekem učenja ni izboljšala v 20 zaporednih epohah, smo učenje predčasno ustavili. Za minimizacijo napake smo uporabili postopek gradientnega spusta skupaj z optimizacijskim algoritmom Adam [15] v ogrodju PyTorch, s hitrostjo učenja  $10^{-3}$  in propadom uteži enakim  $10^{-9}$ . V primeru, da se napaka na validacijskem nizu ni izboljšala v 10 epohah, smo zmanjšali hitrosti učenja za faktor 0.9, da bi pospešili konvergenco.

### 3 REZULTATI

V tem poglavju bomo predstavili evalvacijo naše metode ANET1 in jo primerjali s pristopoma EMOS in DVQR na testnem nizu  $D_{51}$ . Uspešnost metod smo ocenjevali z uporabo zvezne rangirane verjetnostne spretnosti (CRPS) [8], kvantilno napako (QL) in kvantilno spretnostjo (QSS) [2], pristranskostjo in rang histogrami [13].

Metodi EMOS ter DVQR smo izbrali zato, ker sta bili, poleg ANET1, najboljši metodi poprocesiranja v pilotni študiji EUPPBench podatkovne zbirke [5]. Poprocesirane napovedi obeh metod za niz  $D_{51}$  smo pridobili na [4].

#### 3.1 Umerjenost verjetnostnih napovedi

Rezultati CRPS in QL za vse tri metode so prikazani na sliki 2. Tu so vrednosti kriterijev povprečene čez celoten podatkovni niz in prikazane za posamezen čas napovedi. V prvi vrstici slike 2 lahko razberemo, da ANET1 v povprečju deluje bolje od preostalih dveh metod za večino časov napovedi. Napaki EMOS ter DVQR korelirata, z večjimi nihaji v dnevno nočnem ciklu (razviden iz skokov napake vsake 24 ur). Ravno te napake ANET1 odpravi, saj poprocesira napovedi za celoten čas napovedi naenkrat. Za odpravo napake ob določenem času izkoristi tudi informacije iz preostalih časov napovedi [19]. Za najpoznejše čase napovedi vse tri metode dosegajo podoben CRPS saj ne uspejo razbrati zadostnih informacij iz vhodne vremenske napovedi.

Do podobnega zaključka nas privede tudi QSS (desno v zgornji vrstici v sliki 2), kjer smo metodo DVQR uporabili kot referenčno. Vidimo lahko, da ANET1 prekaša preostali metodi v vseh kvantilih, le v najnižjih se približa metodi DVQR. Metoda EMOS, ki prav tako napovedi tvori s pomočjo normalne porazdelitve, deluje mnogo slabše od ANET1. Razlog za tem je, da EMOS parametre normalne porazdelitve izračuna kot linearno kombinacijo ansamblov vhodne napovedi. ANET1 pa te oceni s pomočjo nevronske mreže in je tako zmožen opisati mnogo bolj kompleksne relacije med kovariati ter opazovanji.

V spodnji vrstici slike 2 lahko vidimo histogram rangov posameznih metod. Prikazujejo stopnjo umerjenosti napovednih verjetnostnih porazdelitev. Bolj kot je histogram uniformen, bolj umerjena je načeloma napoved. Med metodama ANET1 ter EMOS lahko opazimo podobnost. Obe izkazujeta izstopajočo pristranskost na intervalu med 20. ter 40. kvantilom. To je verjetno posledica uporabe normalne porazdelitve v obeh pristopih. DVQR močno zmanjša pristranskost na intervalu med 20. in 40 kvantilom. Hkrati pa tvori preozko porazdelitev pri nižjih kvantilih ter preširoko na najvišjih, zaradi katere premajhen ali prevelik delež napovedi pade izven pričakovanega

obsega porazdelitve. Podoben vzorec je prisoten pri veliki večini metod [5]. Metodi DVQR ter ANET1 tako tvorita najbolj uniformne histograme, metoda EMOS pa najmanj, z bolj izrazitimi pristranskostmi.

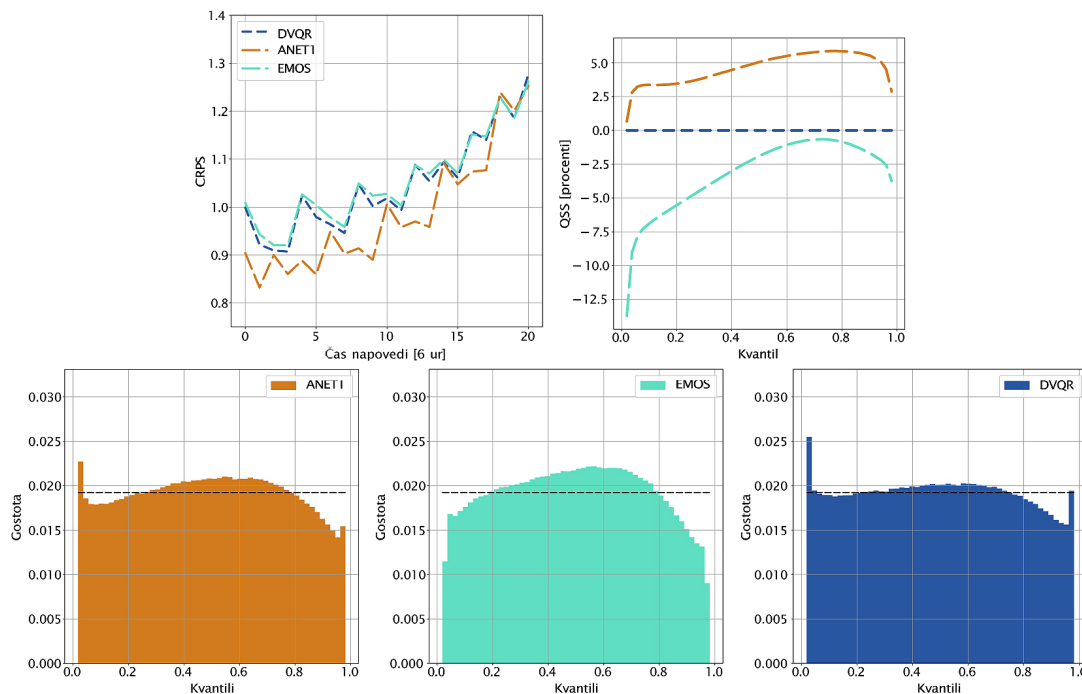
Povprečne vrednosti CRPS, QL ter pristranskosti vseh metod, čez celoten niz  $D_{51}$  so prikazane v tabeli 1. ANET1 je najboljša metoda tako v CRPS kot QL. Za metodo EMOS zaostaja samo v pristranskosti. ANET1 dosega 0.94 ter 0.92 krat manjši CRPS in QL kot EMOS, in 0.94 ter 0.95 krat manjši CRPS in QL kot DVQR.

Tabela 1: Povprečni CRPS, pristranskost ter QL za vse tri metode, čez celoten niz  $D_{51}$ . Manjša CRPS in QL prikazujeta boljše delovanje, pristranskost bližje nič je prav tako zaželena.

	CRPS	Pristranskost	QL
EMOS	1.056	<b>0.074</b>	0.419
DVQR	1.047	0.096	0.408
ANET1	<b>0.988</b>	0.092	<b>0.386</b>

### 3.2 Napaka napovedi glede na posamezno lokacijo ter nadmorsko višino

Oglejmo si še primerjavo vseh treh metod glede na posamezno lokacijo ter nadmorske višine lokacij. Na sliki 3 so prikazani QSS, agregirani glede na tri inter-



Slika 2: (Zgornja vrstica:) CRPS ter QSS izračunana za vse tri metode, za posamezen čas napovedi in posamezen kvantil. DVQR služi kot referenčna metoda za QSS. Pozitiven QSS nakazuje boljše delovanje kot referenca. (Spodnja vrstica:) Rang histogrami za vse tri metode, izračunani na 51 kvantilih. Uniformen histogram (črna črtna črta) zaznamuje optimalno verjetnostno napoved.

vale nadmorskih višin lokacij, ter CRPS za posamezne lokacije in vse nadmorske višine lokacij.

Opazimo lahko, da ANET1 deluje bolje od obeh preostalih metod glede na CRPS za lokacije na vseh intervalih nadmorskih višin. Le v lokacijah na nižjih nadmorskih višinah se CRPS ANET1 približa ostalima metodama.

Podoben zaključek lahko razberemo, če rangiramo metode glede na CRPS za posamezne lokacije (desna slika, zgornja vrstica 3). Opazimo lahko, da je ANET1 najboljša metoda na 151 lokacijah od 229. Največja razlika je ravno v visokogorju na jugu Nemčije ter v Švici, kjer v večini lokacij ANET1 deluje najbolje. Zaključimo lahko, da je ANET1 najboljša metoda za poprocesiranje napovedi v razgibanem terenu.

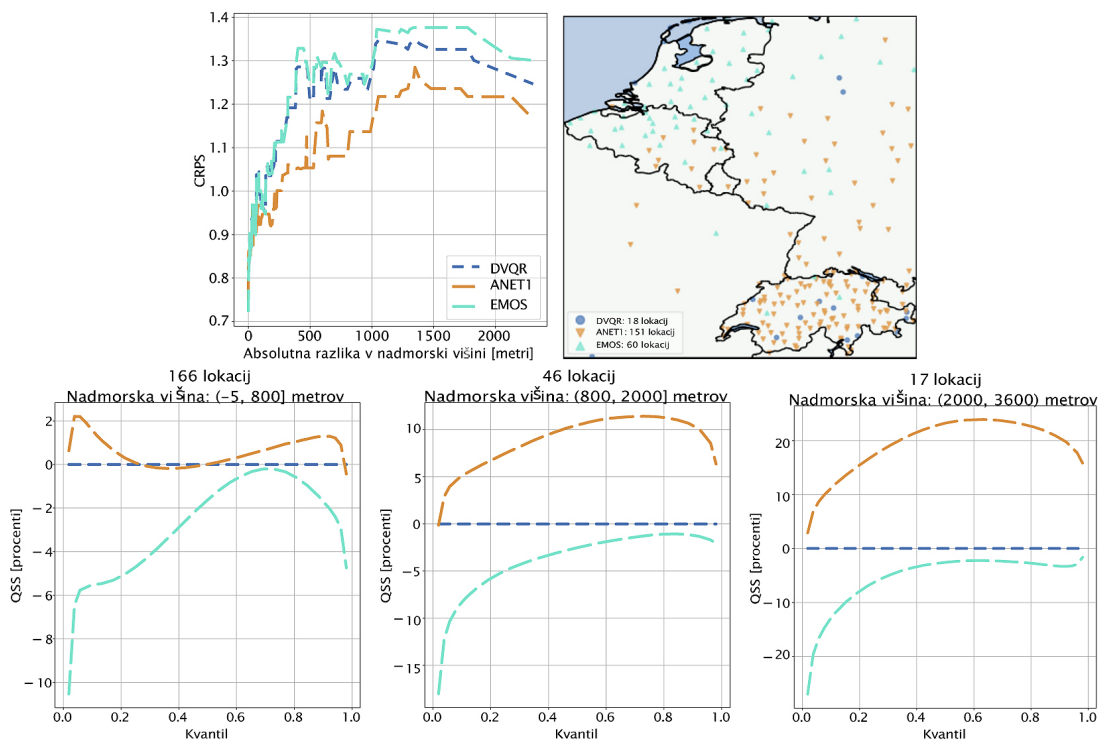
V priobalnih regijah Belgije in Nizozemske deluje bolje EMOS, ki je najboljša metoda v 60 lokacijah izmed 229. Vse metode so si blizu glede na CRPS ravno na območjih z nizko nadmorsko višino, saj je poprocesiranje temperature na teh lokacijah lažje kot v primeru bolj razgibanega terena. Ker je EMOS model ustvarjen za vsako lokacijo posebej se je ta lažje prilagodil enostavnejšim lokacijam. ANET1, ki poprocesira napovedi vseh lokacij hkrati, večji delež para-

metrov modela nameni kompleksnejšim vremenskih situacijam v goratem ter hribovitem svetu.

QSS (spodnja vrstica slike 3) nakazuje na podoben zaključek, saj je ANET1 boljši od preostalih dveh metod v vseh kvantilih. Edina izjema je QSS postaj z nižjimi nadmorskimi višinami, kjer se ANET1 približa DVQR metodi in na določeni podmnožici kvantilov deluje slabše kot DVQR. Z naraščanjem nadmorske višine se razlika med ANET1 in preostalima metodama povečuje, kar je skladno s prej opisanimi rezultati.

#### 4 SKLEP

V našem delu smo predstavili novo metodo ANET1 za verjetnostno poprocesiranje ansambelskih vremenskih napovedi. ANET1 temelji na nevronske mreže, ki omogočajo opisovanje kompleksnih razmerji med vremenskimi napovedmi ter meritvami. Naš pristop se razlikuje od konvencionalnih po tem, da ANET1 tvori en sam model za vse napovedne lokacije in čase napovedi, saj mnogi konkurenčni pristopi tvorijo posamezne modele za specifične čase napovedi ter lokacije [5]. ANET1 verjetnostno napoved ustvari z uporabo predpostavke normalne porazdelitve.



Slika 3: (Zgornja vrstica:) CRPS vseh metod glede na nadmorsko višino lokacij ter rangiranje metod za posamezno lokacijo glede na CRPS. (Spodnja vrstica:) QSS vseh metod, agregiran na tri intervale nadmorske višine lokacij. DVQR služi kot referenčna metoda za QSS. Pozitiven QSS nakazuje boljše delovanje kot referenca.



ANET1 smo primerjali z dvema drugima najboljšima metodama, EMOS ter DVQR, na podatkovni množici EUPPBench [5]. ANET1 se je glede na več kriterijev izkazala kot najboljša metoda za poprocesiranje napovedi temperature za glavnino lokacij ter časov napovedi. ANET1 tako doseže 0.94 ter 0.92 krat manjši CRPS in QL kot EMOS in 0.94 ter 0.95 krat manjši CRPS in QL kot DVQR v povprečju čez celotno podatkovno zbirko.

Šibkost metode ANET1 je zaenkrat poprocesiranje napovedi v nižinskih lokacijah, kjer ga prehiteta metoda EMOS glede na CRPS. Prav tako ANET1 zaostaja za metodo EMOS v pristranskosti napovedi.

Klub temu menimo, da ANET1 predstavlja pomemben napredek na področju poprocesiranja vremenskih napovedi. Z napovedovanjem za vse čase napovedi hkrati smo izrazito zmanjšali variabilnost napake v dnevno-nočnem ciklu, kar ni uspelo nobeni drugi metodi [5]. Upamo, da bo pristop, ki smo ga razvili, koristil drugim raziskovalcem pri razvoju novih ter nadgradnji obstoječih metod za tvorjenje bolj natančnih ter uporabnih vremenskih napovedi.

## ZAHVALA

Avtorji tega dela se zahvaljujemo konzorciju EUMETNET za zagotovitev potrebnih sredstev, ki so omogočila oblikovanje podatkovne zbirke EUPPBench, in našim sodelavcem, ki so s svojim predanim delom pripomogli k njegovi realizaciji. Prav tako se zahvaljujemo agenciji MétéoSuisse, l'Office fédéral de météorologie et de climatologie, za priskrbo postajskih meritev na območju Švice.

Poleg tega je bilo to delo podprto s sredstvi Agencije za raziskovalno dejavnost Republike Slovenije (ARRS) za raziskovalno jedro P2-0209 (Jana Faganeli Pucer).

## LITERATURA

- [1] Peter Bauer, Alan Thorpe, and Gilbert Brunet. The quiet revolution of numerical weather prediction. *Nature*, 525(7567):47–55, September 2015.
- [2] John Bjørnar Bremnes. Ensemble postprocessing using quantile function regression based on neural networks and Bernstein polynomials. *Monthly Weather Review*, 148(1):403–414, 2020. Publisher: American Meteorological Society.
- [3] William E Chapman, Luca Delle Monache, Stefano Alessandri, Aneesh C Subramanian, F Martin Ralph, Shang-Ping Xie, Sebastian Lerch, and Negin Hayatbini. Probabilistic predictions from deterministic atmospheric river forecasts with deep learning. *Monthly Weather Review*, 150(1):215–234, 2022.
- [4] Jieyu Chen, Markus Dabernig, Jonathan Demaeyer, Gavin Evans, Jana Faganeli Pucer, Ben Hooper, Nina Horat, David Jobst, Sebastian Lerch, Peter Mlakar, Annette Möller, Janko Merše, and Zied Ben Bouallègue. Essd benchmark output data, April 2023.
- [5] J. Demaeyer, S. Lerch, C. Primo, B. Van Schaeybroeck, A. Atencia, Z. Ben Bouallègue, J. Chen, M. Dabernig, G. Evans, J. Faganeli Pucer, B. Hooper, N. Horat, D. Jobst, J. Merše, P. Mlakar, A. Möller, O. Mestre, M. Taillardat, and S. Vannitsem. The EUPPBench postprocessing benchmark dataset v1.0. *Earth System Science Data Discussions*, 2023:1–25, 2023.
- [6] Florian Dupuy, Olivier Mestre, Mathieu Serrurier, Valentin Kivachuk Burdá, Michaël Zamo, Naty Citlali Cabrera-Gutiérrez, Mohamed Chafik Bakkay, Jean-Christophe Jouhaud, Maud-Alix Mader, and Guillaume Oller. ARPEGE Cloud Cover Forecast Postprocessing with Convolutional Neural Network. *Weather and Forecasting*, 36(2):567–586, 2021. Place: Boston MA, USA Publisher: American Meteorological Society.
- [7] ECMWF. <https://www.ecmwf.int/en/forecasts>, 2022.
- [8] Tilmann Gneiting, Fadoua Balabdaoui, and Adrian E. Raftery. Probabilistic forecasts, calibration and sharpness. *Journal of the Royal Statistical Society. Series B: Statistical Methodology*, 69(2), 2007.
- [9] Tilmann Gneiting, Sebastian Lerch, and Benedikt Schulz. Probabilistic solar forecasting: Benchmarks, post-processing, verification. *Solar Energy*, 252:72–80, 2023.
- [10] Tilmann Gneiting, Adrian E. Raftery, Anton H. Westveld, and Tom Goldman. Calibrated probabilistic forecasting using ensemble model output statistics and minimum CRPS estimation. *Monthly Weather Review*, 133(5), 2005.
- [11] Peter Grönquist, Chengyuan Yao, Tal Ben-Nun, Nikoli Dryden, Peter Dueben, Shigang Li, and Torsten Hoefler. Deep learning for post-processing ensemble weather forecasts. *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 379(2194):20200092, February 2021. Publisher: Royal Society.
- [12] G.J. Hakim and J. Patoux. *Weather: A Concise Introduction*. Cambridge University Press, 2017.
- [13] Thomas M. Hamill. Interpretation of Rank Histograms for Verifying Ensemble Forecasts. *Monthly Weather Review*, 129(3):550–560, 2001. Place: Boston MA, USA Publisher: American Meteorological Society.
- [14] Timothy David Hewson and Fatima Maria Pillosu. A low-cost post-processing technique improves weather forecasts around the world. *Communications Earth & Environment*, 2(1):132, 2021. Publisher: Nature Publishing Group UK London.
- [15] Diederik P. Kingma and Jimmy Ba. Adam: A Method for Stochastic Optimization. *arXiv preprint arXiv:1412.6980*, 2017.
- [16] Charlie Kirkwood, Theo Economou, Henry Odbert, and Nicolas Pugeault. A framework for probabilistic weather forecast post-processing across models and lead times using machine learning. *Philosophical Transactions of the Royal Society A*, 379(2194):20200099, 2021. Publisher: The Royal Society Publishing.
- [17] Sebastian Lerch and Kai L Polsterer. Convolutional autoencoders for spatially-informed ensemble post-processing. *arXiv preprint arXiv:2204.05102*, 2022.
- [18] Amy McGovern, Kimberly L. Elmore, David John Gagne, Sue Ellen Haupt, Christopher D. Karstens, Ryan Lagerquist, Travis Smith, and John K. Williams. Using Artificial Intelligence to Improve Real-Time Decision-Making for High-Impact Weather. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 98(10):2073–2090, 2017. Place: Boston MA, USA Publisher: American Meteorological Society.

- [19] Peter Mlakar, Janko Merše, and Jana Faganeli Pucer. Ensemble weather forecast post-processing with a flexible probabilistic neural network approach, 2023.
- [20] Annette Möller, Ludovica Spazzini, Daniel Kraus, Thomas Nagler, and Claudia Czado. Vine copula based post-processing of ensemble forecasts for temperature. *arXiv preprint arXiv:1811.02255*, 2018.
- [21] Kaleb Phipps, Sebastian Lerch, Maria Andersson, Ralf Mikut, Veit Hagenmeyer, and Nicole Ludwig. Evaluating ensemble post-processing for wind power forecasts. *Wind Energy*, 25(8):1379–1405, 2022. Publisher: Wiley Online Library.
- [22] Adrian E. Raftery, Tilmann Gneiting, Fadoua Balabdaoui, and Michael Polakowski. Using Bayesian model averaging to calibrate forecast ensembles. *Monthly Weather Review*, 133(5), 2005.
- [23] Stephan Rasp and Sebastian Lerch. Neural networks for post-processing ensemble weather forecasts. *Monthly Weather Review*, 146(11):3885–3900, 2018. Publisher: American Meteorological Society.
- [24] Michael Scheuerer, Matthew B Switanek, Rochelle P Worsnop, and Thomas M Hamill. Using artificial neural networks for generating probabilistic subseasonal precipitation forecasts over California. *Monthly Weather Review*, 148(8):3489–3506, 2020. Publisher: American Meteorological Society.
- [25] Benedikt Schulz, Mehrez El Ayari, Sebastian Lerch, and Sándor Baran. Post-processing numerical weather prediction ensembles for probabilistic solar irradiance forecasting. *Solar Energy*, 220:1016–1031, 2021.
- [26] Benedikt Schulz and Sebastian Lerch. Machine Learning Methods for Postprocessing Ensemble Forecasts of Wind Gusts: A Systematic Comparison. *Monthly Weather Review*, 150(1):235–257, January 2022. Place: Boston MA, USA Publisher: American Meteorological Society.
- [27] Bert Van Schaeybroeck and Stéphane Vannitsem. Ensemble post-processing using member-by-member approaches: theoretical aspects. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 141(688):807–818, 2015. Publisher: Wiley Online Library.
- [28] Stéphane Vannitsem, John Bjørnar Bremnes, Jonathan Demeyer, Gavin R. Evans, Jonathan Flowerdew, Stephan Hemri, Sebastian Lerch, Nigel Roberts, Susanne Theis, Aitor Atencia, Zied Ben Bouallègue, Jonas Bhend, Markus Dabernig, Lesley de Cruz, Leila Hieta, Olivier Mestre, Lionel Moret, Iris Odak Plenković, Maurice Schmeits, Maxime Taillardat, Joris van den Bergh, Bert van Schaeybroeck, Kirien Whan, and Jussi Ylhäisi. Statistical postprocessing for weather forecasts review, challenges, and avenues in a big data world. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 102(3), 2021.
- [29] Simon Veldkamp, Kirien Whan, Sjoerd Dirksen, and Maurice Schmeits. Statistical postprocessing of wind speed forecasts using convolutional neural networks. *Monthly Weather Review*, 149(4):1141–1152, 2021.

▪

**Peter Mlakar** je doktorski študent na Univerzi v Ljubljani, Fakulteti za računalništvo in informatiko. Zaposlen je na Agenciji Republike Slovenije za okolje in se raziskovalno ukvarja z izboljšanjem vremenske napovedi s pomočjo strojnega učenja, s poudarkom na metodah globokega učenja.

▪

**Janko Merše** je univerzitetni diplomirani fizik meteorološke smeri in na Agenciji Republike Slovenije za okolje vodi Oddelek za meteorološke, hidrološke in oceanografske izdelke.

▪

**Jana Faganeli Pucer** je docentka na Fakulteti za računalništvo in informatiko. Njeno raziskovalno delo je osredotočeno na strojno učenje, predvsem na aplikaciji metod strojnega učenja v okoljskih znanostih. Več let sodeluje z Agencijo Republike Slovenije za okolje na področju kakovosti zraka.

# ▣ Sodelavne večuporabniške spletne simulacije na področju poučevanja kibernetске varnosti

Saša Divjak

Fakulteta za računalništvo in informatiko, Večna pot 13, Ljubljana

sasa.divjak@fri.uni-lj.si

## Izveček

Prispevek je posvečen popestritvi predavanj s področja kibernetске varnosti in v bistvu predstavlja nadgradnjo kiberletov - računalniških simulacij s tega področja. Uvaja zamisel o večuporabniških spletnih aplikacijah, pri katerih v simulirani varovani objekt vstopajo napadalci in branilci vsak s svoje spletne strani. Izhodišče je znani pristop z rdečo in modro ekipo, ki raziskujeta varovani objekt s stališča njegove ranljivosti. Po pregledu nekaterih obstoječih rešitev opiše večuporabniško spletno aplikacijo, ki je sicer namenjena didaktiki, vsebuje pa tudi elemente poigritve.

**Ključne besede:** Kibernetска varnost, računalniške simulacije, poigritve, izobraževanje.

## Collaborative, multi-user online simulations for teaching cybersecurity

### Abstract

The paper is dedicated to enriching lectures in the field of cyber security and is basically an upgrade of cyberlets – computer simulations in this field. It introduces the idea of multi-user web applications, where attackers and defenders enter the simulated protected object, each from their own web page. The starting point is the well-known approach with the red and blue teams exploring the protected object from the point-of-view of its vulnerability. After reviewing a number of existing solutions, it describes a multi-user web application, which, although intended for didactics, also contains elements of gamification.

**Keywords:** Cyber security, computer simulations, gamifications, education

## 1 UVOD

Ker uporaba računalniških omrežij narašča, postaja kibernetска varnost vse bolj pomembna. To delo temelji na potrebi po testiranju orodij za situacijsko zavedanje oziroma za odkrivanje in analizo napadov na računalniška omrežja. Izvajanje poskusov s kibernetскими napadi na resničnih računalniških sistemih, ki vsebujejo kritične podatke, je zelo nezaželeno. Ena od možnih alternativ je postavitve fizičnega računalniškega omrežja brez kritičnih podatkov in izvajanje kibernetских napadov na omrežje ter zbiranje podatkov iz sistemov za zaznavanje vdorov. Druga možnost je ustvarjanje sintetičnih podatkov z uporabo simulacije. Ta prispevek je v bistvu nadalje-

vanje razprave, ki smo jo podali v članku »Popestritev predavanj o kibernetски varnosti z interaktivnimi računalniškimi simulacijami« [1], vendar je usmerjen v večuporabniške spletne simulacije, morda tudi v izobraževalne igre.

## 2 O DIDAKTIČNEM SMISLU VEČUPORABNIŠKIH SIMULACIJ

Večuporabniške simulacije imajo v didaktičnem smislu številne prednosti. Gre za interaktivna virtualna okolja, v katerih se udeleženci lahko učijo in pridobivajo izkušnje na simuliran način. Te simulacije se lahko uporabljajo v različnih izobraževalnih kontekstih, vključno z visokošolskim izobraževanjem, poklicnim

usposabljanjem, vojaškim izobraževanjem, poslovnimi treningi in drugimi področji.

Naštejmo nekaj prednosti večuporabniških simulacij v didaktičnem kontekstu:

- **Realistično učenje:** Večuporabniške simulacije posnemajo resnične situacije, kar omogoča udeležencem, da se naučijo in pridobivajo izkušnje na realističen način. To je zlasti pomembno pri poklicnem usposabljanju, kjer udeleženci lahko simulirajo naloge, ki jih bodo izvajali v svojem dejanskem poklicu.
- **Aktivno sodelovanje:** Udeleženci simulacije aktivno sodelujejo in se vključujejo v dogajanje. To spodbuja njihovo angažiranost, motivacijo in boljše razumevanje obravnavane tematike. Sodelovanje med udeleženci omogoča tudi interakcijo in izmenjavo znanja ter izkušenj med različnimi udeleženci.
- **Napake kot učna priložnost:** Simulacije omogočajo udeležencem, da se naučijo iz napak brez resničnih posledic. S tem se spodbuja refleksija, analiza in izboljšanje prihodnjega delovanja. Udeleženci lahko preizkušajo različne pristope, ocenjujejo rezultate in se učijo iz svojih napak.
- **Individualno prilagajanje:** Večuporabniške simulacije omogočajo prilagajanje glede na posameznikove potrebe in stopnjo znanja. Udeleženci lahko napredujejo v svojem tempu in se osredotočajo na specifične vidike, ki jih morajo izboljšati. To zagotavlja bolj posebej izkušnjo učenja.
- **Timsko delo:** Simulacije spodbujajo timsko delo in sodelovanje med udeleženci. To je pomembno za razvoj komunikacijskih veščin, reševanje problemov in skupinsko odločanje. Udeleženci se naučijo, kako se učinkovito povezati in delovati skupaj v simuliranem okolju.
- **Prilagodljivost:** Simulacije omogočajo ponavljanje in eksperimentiranje v nadzorovanih pogojih. Udeleženci lahko preizkusijo različne scenarije, strategije in pristope ter preučijo njihove učinke. S tem se spodbuja kritično razmišljanje, raziskovanje in ustvarjalnost.
- **Globalni dostop:** Večuporabniške simulacije omogočajo učenje na daljavo in omogočajo udeležbo udeležencev iz različnih delov sveta. To odpira možnosti za mednarodno sodelovanje, izmenjavo idej in kulture ter bogati izkušnjo udeležencev.

Večuporabniške simulacije imajo velik potencial v didaktičnem okolju, saj spodbujajo interaktivno, realistično in sodelovalno učenje. Omogočajo udeležencem, da se aktivno vključujejo, pridobivajo izkušnje ter razvijajo ključne veščine in znanja na interaktiven način.

### 3 KIBERNETSKA VARNOST IN MODRA TER RDEČA EKIPA

V kontekstu kibernetske varnosti se izraza »modra ekipa« in »rdeča ekipa« nanašata na dve različni vrsti ekspertov, ki sodelujejo pri testiranju in izboljševanju varnostnih sistemov organizacij.

Modra ekipa predstavlja obrambno stran kibernetske varnosti. Naloga modre ekipe je odkrivanje ranljivosti in zagotavljanje varnosti omrežij, sistemov in podatkov organizacije. Delujejo znotraj organizacije in se osredotočajo na preprečevanje, zaznavanje in odzivanje na varnostne incidente. Modra ekipa izvaja redne varnostne preglede, izvaja penetracijska testiranja, vzdržuje in nadzira varnostne sisteme ter gradi obrambne strategije za zaščito organizacije pred napadi.

Glavni cilj modre ekipe je zagotoviti, da so varnostni sistemi organizacije učinkoviti, da so zaščiteni pred napadi ter da se organizacija hitro odzove na morebitne varnostne incidente. Prav tako si prizadevajo za stalno izboljšanje varnostnih mehanizmov.

Rdeča ekipa je zunanja skupina strokovnjakov za kibernetsko varnost, ki se ukvarja z izvajanjem napadov na organizacijo. Njihova naloga je simuliranje resničnih kibernetskih napadov, da bi preizkusili učinkovitost varnostnih sistemov organizacije. Rdeča ekipa uporablja različne taktike, tehnike in orodja, ki jih uporabljajo pravi napadalci, in s tem identificira morebitne ranljivosti, ki bi jih morala modra ekipa rešiti. Cilj rdeče ekipe ni povzročiti škodo, ampak pomagati organizaciji pri izboljšanju njihovega obrambnega sistema. Glavni namen rdeče ekipe je identifikacija morebitnih pomanjkljivosti v varnostnih sistemih organizacije ter pomoč pri izboljšanju kibernetske varnosti z razkrivanjem ranljivosti, testiranjem obrambnih mehanizmov ter s povečanjem zavedanja o varnostnih tveganjih med člani organizacije.

Skupno delovanje modre in rdeče ekipe je učinkovit pristop k izboljšanju kibernetske varnosti organizacije. Sodelovanje med obema ekipama omogoča odkrivanje ranljivosti, testiranje varnostnih postopkov ter izmenjavo znanja in izkušenj med obrambno



in napadalno stranjo, kar pripomore k celovitemu izboljšanju varnostnih sistemov organizacije.

Rdeča ekipa ima naslednje naloge pri izvajanju varnostnega preizkusa:

- **Posnemanje napadov:** Glavna naloga rdeče ekipe je izvajanje simuliranih kibernetских napadov na organizacijo. To vključuje uporabo različnih taktik, tehnik in orodij, ki jih uporabljajo dejanski napadalci. Cilj je preizkusiti varnostne postopke organizacije in preveriti, kako dobro so pripravljeni na različne vrste napadov.
- **Identifikacija ranljivosti:** Rdeča ekipa išče ranljivosti v varnostnih sistemih organizacije. To vključuje iskanje pomanjkljivosti v omrežjih, aplikacijah, operacijskih sistemih, varnostnih politikah in drugih komponentah organizacije, ki bi lahko bile izkoriščene s strani napadalcev.
- **Preizkus sistema zaznavanja in odziva:** Rdeča ekipa preizkuša sposobnost organizacije za zaznavanje in odzivanje na varnostne incidente. S ciljanimi napadi preverja, ali organizacija učinkovito zazna napadalne dejavnosti, pravilno reagira na incidente ter izvaja ustrezne ukrepe za njihovo obvladovanje.
- **Poročanje o ugotovitvah:** Rdeča ekipa pripravi podrobno poročilo o ugotovitvah in priporočilih za organizacijo. V poročilu opisujejo identificirane ranljivosti, uspešnost napadov, ugotovljene pomanjkljivosti v varnostnih postopkih ter predlagane izboljšave za okrepitev kibernetске varnosti.
- **Sodelovanje z modro ekipo:** Rdeča ekipa sicer tesno sodeluje z modro ekipo organizacije. Skupaj analizirata ugotovitve, izmenjujeta informacije o varnostnih taktikah in strategijah ter skupaj oblikujeta načrte za izboljšanje varnostnih sistemov organizacije.

Modra ekipa v kibernetски varnosti izvaja naslednje naloge:

- **Zaščita in obramba:** Glavna naloga modre ekipe je zagotavljanje varnosti omrežij, sistemov in podatkov organizacije. Skrbi za vzpostavitev in vzdrževanje varnostnih mehanizmov ter politik, ki ščitijo organizacijo pred kibernetскими napadi. To vključuje konfiguriranje požarnih pregrad, sistemov zaznavanja napadov, varnostnih protokolov in drugih varnostnih rešitev.
- **Zaznavanje in nadzor:** Modra ekipa spremlja omrežja in sisteme organizacije ter zaznava mo-

rebitne varnostne incidente. Uporablja različna orodja in tehnologije za zaznavanje nepravilnosti, sumljivega prometa ali napadov. Njena naloga je hitro prepoznati in analizirati morebitne varnostne grožnje ter ukrepati v skladu z ustreznimi postopki.

- **Preiskovanje varnostnih incidentov:** Ko se zgodi varnostni incident, modra ekipa prevzame vlogo preiskovalcev. Raziskujejo napade, ugotavljajo izvor in obseg vdora ter ocenjujejo škodo. Pomembno je, da modra ekipa razume, kako se je napad zgodil, ter sprejme ustrezne ukrepe za odpravo ranljivosti in preprečevanje podobnih incidentov v prihodnosti.
- **Izvajanje varnostnih pregledov:** Modra ekipa izvaja redne varnostne preglede in ocene organizacije. To vključuje ocenjevanje varnostnih politik, protokolov in postopkov ter izvajanje tehničnih pregledov omrežij, aplikacij in sistemov. Namen teh pregledov je identifikacija morebitnih ranljivosti, pomanjkljivosti ali nepravilnosti v varnostnih postopkih ter priprava načrtov za njihovo odpravo.
- **Usposabljanje in ozaveščanje:** Modra ekipa ima tudi nalogo izobraževanja zaposlenih v organizaciji glede varnostnih praks in postopkov. Organizira usposabljanja, delavnice in ozaveščevalne kampanje, s katerimi povečuje zavedanje o kibernetски varnosti med člani organizacije. S tem pomaga zmanjšati tveganje za napade, ki jih lahko povzročijo nevednost ali malomarnost zaposlenih.

#### 4 POMEN RAČUNALNIŠKIH SIMULACIJ

Obstaja več (ne vedno računalniških) simulacij, ki posnemajo sodelovanje med modro in rdečo ekipo ter pomagajo organizacijam izboljšati svoje varnostne postopke. Nekatere tovrstne simulacije so:

**Portal ThreatGEN® Red vs. Blue [2]** omogoča dostop do platforme za simulacijo kibernetске varnosti, tečajev na zahtevo, laboratorijev in scenarijev. Vsak tečaj je serija kratkih video lekcij, ki pokrivajo specifične koncepte kibernetске varnosti, ki se utrjujejo z laboratoriji in scenariji v obliki simulacije kibernetске varnosti in strateške igre. Učenci še izboljšajo svoje učenje z igranjem tekem proti računalniškemu nasprotniku ali na spletu proti drugim študentom ali kolegom. Organizacije lahko olajšajo dogodke s turnirskimi načini, lestvico najboljših in namiznimi načini vadbe. Študenti in dogodki, podatki, statistika



in zgodovinski trendi se spremljajo prek analitične nadzorne plošče in poročil.

**Cobalt Strike [3]** je komercialno orodje za testiranje penetracije, ki preizkuševalcem varnosti omogoča dostop do široke palete zmožnosti napada. Cobalt Strike se lahko uporablja za lažno predstavljanje in pridobitev nepooblaščenega dostopa do sistemov ter lahko posnema različne zlonamerne programske opreme in druge napredne taktike groženj.

**Crisis Simulation podjetja Immersive Labs [4]** je spletna aplikacija, ki v realnem času pelje branilce v kibernetike krize. Sistem izziva ekipe, da sprejmejo kritične odločitve, ko se ukvarjajo z nastajajočimi incidenti, kot so izbruhi izsiljevalske programske opreme, grožnje notranjih informacij, kršitve podatkov in napadi lažnega predstavljanja.

**Capture the Flag (CTF) [5]:** To je vrsta simulacije, pri kateri se modra ekipa bori proti rdeči ekipi v boju za nadzor nad določenimi viri ali sistemom. Modra ekipa poskuša zaščititi svoje vire, medtem ko rdeča ekipa izvaja napade in poskuša pridobiti dostop do teh virov. Tekmovanja tipa CTF (Capture the Flag) so priljubljena oblika simulacij, ki ponujajo realistične scenarije napadov in obrambe. Capture the Flag (CTF) v računalniški varnosti je vaja, pri kateri so »zastavice« na skrivaj skrite v namerno ranljivih programih ali spletnih mestih. Lahko je to v tekmovalne ali v izobraževalne namene. Tekmovalci kradejo zastave drugim tekmovalcem (CTF v slogu napada/obrambe) ali organizatorjem (izzivi v slogu nevarnosti).

**OWASP WebGoat [6]** je namerno nezanesljiva aplikacija, ki omogoča preizkušanje ranljivosti, ki se pogosto pojavljajo v javanskih aplikacijah, ki uporabljajo običajne in priljubljene odprtokodne komponente. Glavni cilj je preprost: ustvariti dejansko interaktivno učno okolje za varnost spletnih aplikacij. Med izvajanjem tega programa bo naš računalnik izjemno ranljiv za napade. Med uporabo tega programa moramo zato prekiniti povezavo z internetom in tako zmanjšati izpostavljenost.

**OWASP Juice Shop [7]** je sodobna nezanesljiva spletna aplikacija. Uporablja se lahko pri varnostnih usposabljanjih, demonstracijah ozaveščanja in kot poskusni zajček za varnostna orodja. Juice Shop zajema ranljivosti skupaj s številnimi drugimi varnostnimi pomankljivostmi, ki jih najdemo v resničnih aplikacijah.

**CyberStart [8]** je spletna platforma, namenjena učenju in razvijanju kibernetike varnostnih veščin. Učencem nudi zanimivo izobraževanje o kibernetiki

varnosti s pomočjo praktičnega učenja v obliki igre. Rešujemo skrivnostne kibernetike zločine, odkrivamo nove primere in pridobivamo spretnosti s področja kibernetike varnosti, medtem ko se podajamo skozi razburljive zgodbe in napredujemo kot kibernetiki agent. Z iskanjem zastavic pridobivamo točke, na voljo imamo namige.

Nekatere spletne večuporabniške simulacije omogočajo interaktivno sodelovanje med takoimenovano modro in rdečo ekipo prek spleta. Sodelujoči lahko rešujejo izzive, preizkušajo svoje veščine, odkrivajo ranljivosti in se učijo o kibernetiki varnosti na praktičen način. Take simulacije ponujajo realistične okoliščine, v katerih modra in rdeča ekipa sodelujeta pri odkrivanju ranljivosti, preizkušanju varnostnih sistemov in izboljševanju skupnega delovanja. Uporaba takšnih simulacij je koristna pri pripravi organizacije na morebitne kibernetike napade in izboljšanju njihove obrambne strategije.

## 5 DIDAKTIČNE SIMULACIJE IN MODRA TER RDEČA EKIPA

Didaktične simulacije modre in rdeče ekipe so zelo koristne pri usposabljanju in ozaveščanju glede kibernetike varnosti. Omogočajo praktično učenje, razvijanje veščin prepoznavanja ranljivosti, odzivanja na incidente ter izboljšanje celotne obrambne strategije organizacije.

Take simulacije omogočajo udeležencem, da se vživijo v vloge modre in rdeče ekipe ter pridobijo praktične izkušnje in znanje.

Didaktične simulacije modre in rdeče ekipe pogosto vključujejo naslednje elemente:

- **Scenariji napadov:** Simulacije ponujajo realistične scenarije napadov, ki jih je treba reševati. To vključuje simulirane napade, kot so poskusi vdora v omrežja, izkoriščanje ranljivosti, socialno inženirstvo, napadi z zlonamerno kodo in podobno. Cilj je, da modra ekipa prepozna in prepreči napade, medtem ko rdeča ekipa poskuša izkoristiti ranljivosti in pridobiti neupravičen dostop.
- **Upravljanje incidentov:** Simulacije ponujajo priložnost za učenje upravljanja varnostnih incidentov. Udeleženci se učijo, kako identificirati, analizirati in odpraviti varnostne incidente, medtem ko delujejo v skladu s postopki modre ekipe. Hkrati se rdeča ekipa trudi izkoristiti ranljivosti in povzročiti varnostne incidente, ki jih je treba zaznati in obvladati.

- **Sodelovanje in timsko delo:** Simulacije spodbujajo sodelovanje in timsko delo med udeleženci. Modra ekipa mora sodelovati in usklajevati svoje aktivnosti za učinkovito obrambo, medtem ko rdeča ekipa sodeluje pri izvajanju napadov. To poudarja pomen komunikacije, koordinacije in deljenja informacij med ekipami.
- **Analiza in izboljšave:** Po zaključku simulacije se izvede analiza rezultatov in izboljšav. Udeleženci se pogovorijo o ugotovitvah, ocenijo uspešnost modre ekipe pri preprečevanju napadov ter identificirajo možnosti izboljšav varnostnih postopkov. To pomaga pri učenju iz izkušenj ter pripravi na prihodnje izzive v kibernetски varnosti.

## 6 KIBERLETI IN SIMULACIJA MODRE IN RDEČE EKIP

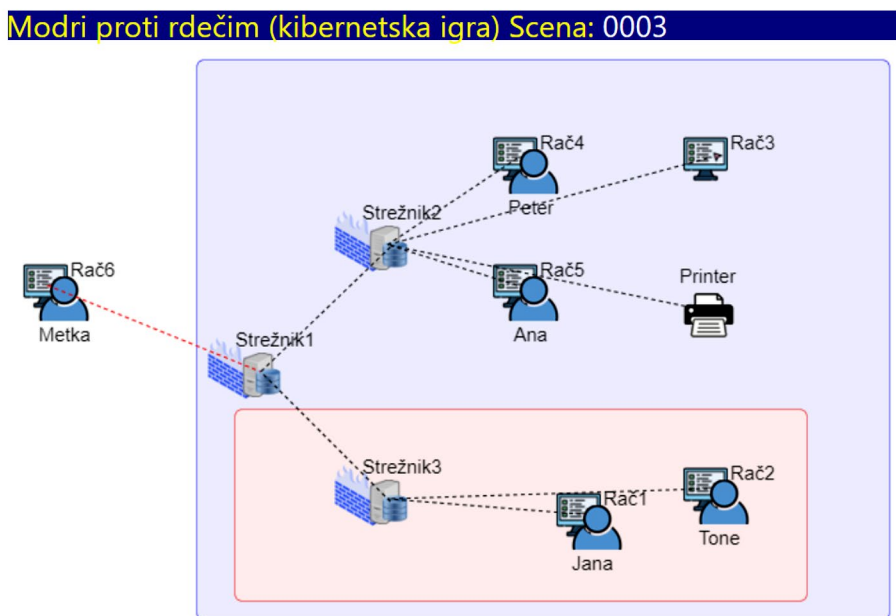
**Kiberleti** [9] so skupina računalniških simulacij s področja računalniške varnosti. Ime, deloma pa tudi programersko ozadje so dobili po analogiji s fizletii [10], ki so preproste simulacije na področju fizike. Ideja takih simulacij je konceptualno poučevanje znanosti, ki temelji na tem, da upoštevamo pri enostavnih (didaktično bolj razumljivih) primerih osnovne zakonitosti, kot sicer veljajo za resnične, kompleksne sisteme

Simulacije tipično kažejo vnaprej konfigurirano mrežo strežnikov, delovnih postaj (uporabniških

računalnikov, notesnikov ipd) in napadalcev. Delovne postaje med seboj komunicirajo s sporočili.

Posebnost strežnikov je, da na vsako prejeto sporočilo (zahtevek) pošljejo odgovor (izvedejo storitev, svoje sporočilo). Napadalci so tudi računalniki, ki pa le pošiljajo sporočila, ne morejo pa jih prejemati (so napadenim neznani). Računalniki se lahko okužijo, lahko jih tudi razkujimo in lahko jim dodajamo protivirusno zaščito. Računalnike lahko tudi vklopimo (privzeto) ali izklopimo. Mrežo lahko (tudi med potekom simulacije) poljubno širimo. Računalnike lahko izberemo s klikom miške in jih predstavljamo po zaslonu, morda zaradi boljšega pregleda.

Večina kiberletov so preproste računalniške simulacije, saj je njihov namen izobraževalni in vsaka taka simulacija ponazaruje predvsem določen koncept. Med bolj kompleksnimi simulacijami pa zasledimo večuporabniško spletno simulacijo »Modri proti rdečim«, ki je v bistvu spletna kibernetска igra. Scenarij predvideva uporabo simulacije v razredu tako, da predavatelj na svojem računalniku odpre sceno (objekt varovanja) in jo projicira na zaslon oziroma platno. Vsaka scena dobi svojo številčno kodo. Drugi udeleženci na svojih računalnikih poženejo vsak svojo spletno stran in (poleg svojega vzdevek) vpišejo kodo scene in se tako prijavijo v njej. Po dogovoru vstopajo v sceno kot člani modre ali rdeče ekipe.



Slika 1: Primer začetne scene simulacije »Modri proti rdečim«.

**Seznam oseb:**

Oseba
Jana
Tone
Peter
Ana
Metka

**Podatki o osebi Peter:**

Parameter	Status
Delovno mesto	zaposlen
Lokacija	
Strokovnost	0
IT znanje	0
Dovoljenja	
Vplivnost	10
Admin opreme	Rač4
Zadovoljstvo	1

**Seznam naprav:**

Ime	Tip
Rač1	postaja
Rač2	postaja
Rač3	postaja
Rač4	postaja
Rač5	postaja
Rač6	postaja
Printer	tiskalnik
Strežnik1	strežnik
Strežnik2	strežnik
Strežnik3	strežnik

**Podatki o napravi Strežnik3:**

Parameter	Status
Tip	strežnik
Povezano	<input checked="" type="checkbox"/>
IP	1.1.0.0
Požarni zid	<input checked="" type="checkbox"/>
Črni seznam IP	
Zaklep. v odsotnosti	<input type="checkbox"/>
Blok zamenljivih med.	<input type="checkbox"/>
Sam spreminja HW	<input checked="" type="checkbox"/>
Sam spreminja SW	<input type="checkbox"/>
Antivirusni program	<input type="checkbox"/>
Antivirus posodobljen	<input checked="" type="checkbox"/>
Vplivnost	10

**Zaščita pisarne:**

Parameter	Stanje
Lokalna avtentikacija	<input checked="" type="checkbox"/>
2 faktorska avtentikacija	<input type="checkbox"/>
Oddaljena avtentikacija	<input checked="" type="checkbox"/>
Šifrirani kanali	<input type="checkbox"/>
Požarni zid	<input checked="" type="checkbox"/>
Segmentirana mreža	<input checked="" type="checkbox"/>
IDS (IPS)	<input type="checkbox"/>
Varnostnik	<input type="checkbox"/>
Spremljavo obiskovalcev	<input type="checkbox"/>
Video nadzor	<input type="checkbox"/>

**Ranljivost**

**Stopnja zaščite**

**Zaupnost**

**Celovitost**

**Razpoložljivost**

Prikaz zastavic

Slika 2: Prikaz lastnosti oseb in naprav v varovanem objektu.

Spodnja slika prikazuje primer scene varovanega objekta, na začetku še brez članov modre in rdeče ekipe:

V varovanem objektu so že uvedli segmentirano notranjo mrežo in na strežnike namestili požarne pregrade. Ena od oseb dela »od doma«, na daljavo, niso pa še uvedli šifriranih komunikacijskih kanalov.

Na istem zaslonu (projiciranem na platno oziroma veliki zaslon) lahko spremljamo še karakteristike oseb in naprav v varovanem objektu in jih tudi lahko spreminjamo, Slika 2. kaže posnetek takega prikaza.

Nastavljanje teh lastnosti kot tudi varnostne politike v taki pisarni vplivajo na njeno ranljivost in stopnjo zaščite, po nastopu kakšnega varnostnega incidenta pa se primerno spreminja stopnja zaupnosti, celovitosti in razpoložljivosti.

Udeleženci simulacije (dijaki, študenti,..) vstopajo v sceno preko svojih računalnikov, lahko tudi tablic ali pametnih telefonov. Spodnje slike kažejo posnetek vstopne strani in posnetka strani člana modre oziroma rdeče ekipe.

### Modri proti rdečim (kibernetika igra)

Za vstop vpiši kodo scene, svoj vzdevek in izberi ekipo.

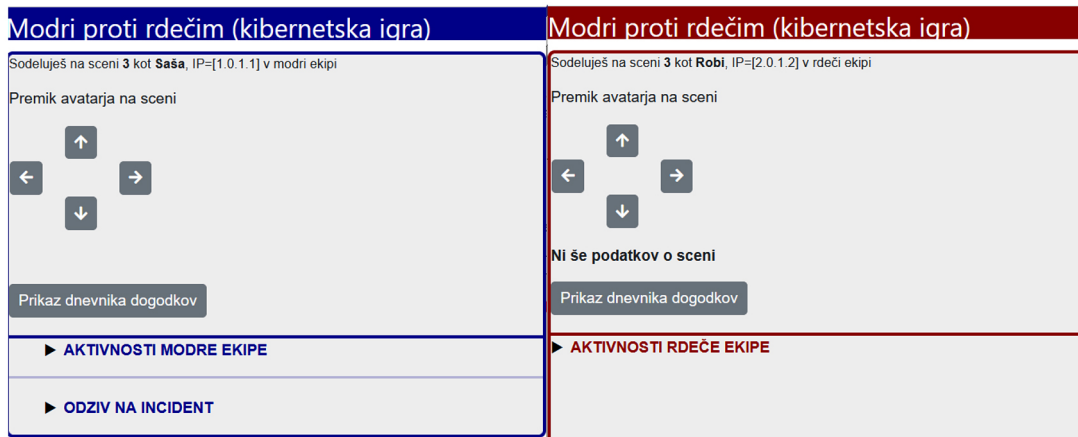
Scena:

Vzdevek:

Vstopi v rdečo ekipo

Vstopi v modro ekipo

Slika 3: Vstopna stran za udeležence simulacije



Slika 4: Spletni strani udeležencev modre oziroma rdeče ekipe

Vsak od udeležencev dobi na projicirani sceni svojo ikono - avatarja, ki jo lahko po sceni tudi premika s smernimi gumbi na svoji spletni strani. Bolj pomembno pa je, kaj vidi na svojem zaslonu.

Spodnja slika kaže sceno, v katero so vstopili 3 člani rdeče in 2 člana modre ekipe.

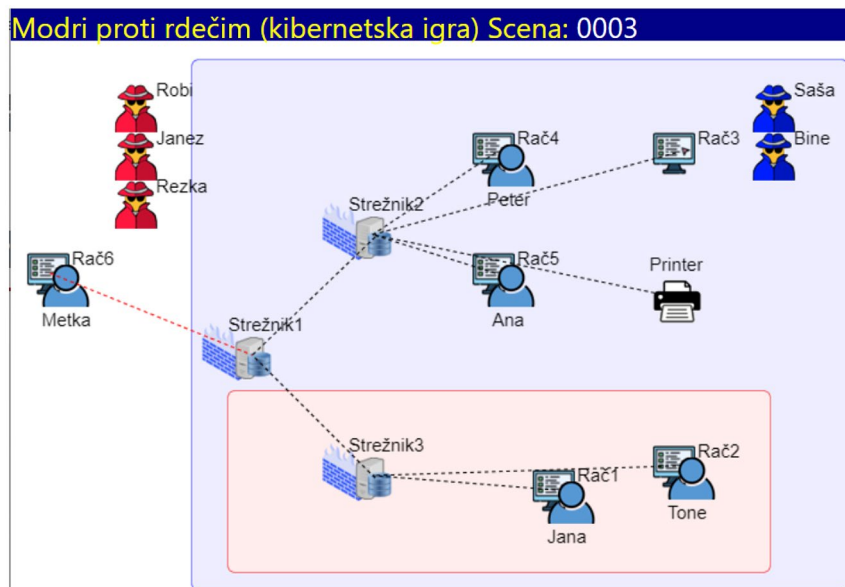
Člani rdeče ekipe so (vsaj v začetku) izven varovanega objekta, ki ga morajo najprej raziskati. Člani modre ekipe pa so že takoj znotraj varovanega objekta in so jim na voljo vse razpoložljive informacije. Seveda pa lahko vsak udeleženec s smernimi gumbi na svoji spletni strani poljubno premika svojega avatarja po prostoru. Člani rdeče ekipe lahko tako simulirajo fizični vdor v varovani prostor.

Posamezni člani rdeče in modre ekipe izbirajo med aktivnostmi., kot prikazujeta spodnji sliki.

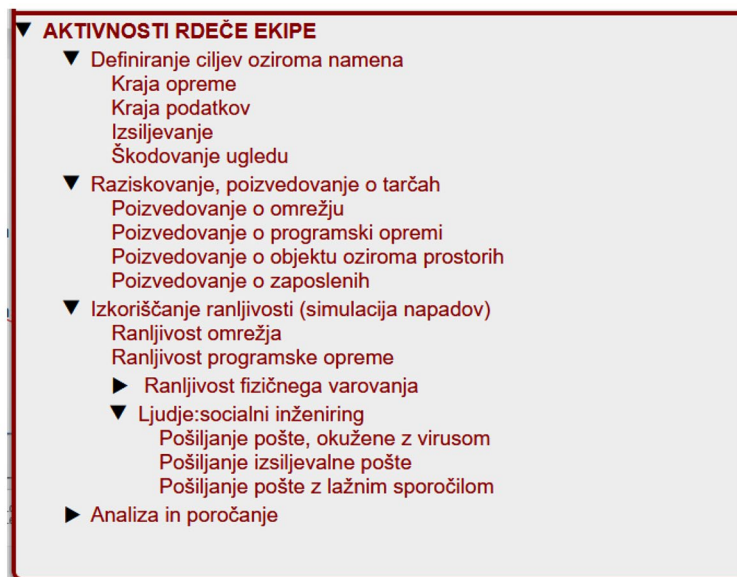
Člani rdeče ekipe morajo najprej opraviti poizvedbo oziroma raziskovanje o napadanem objektu. Šele nato začnejo izkoriščati ranljivosti in sprožajo različne napade.

Člani modre ekipe pa lahko vzpostavljajo različne obrambne mehanizme, v primeru ugotovitve incidenta pa lahko najprej opravijo forenzično raziskavo, nato pa izbirajo ukrepe za odpravo težav.

Tako člani rdeče kot člani modre ekipe lahko preklopijo na prikaz dnevnika svojih aktivnosti oziroma dogodkov. Spodnja slika na primer kaže v takem dnevniku, da je član rdeče ekipe najprej opravil poi-



Slika 5: Scena z avatarji članov modre oziroma rdeče ekipe

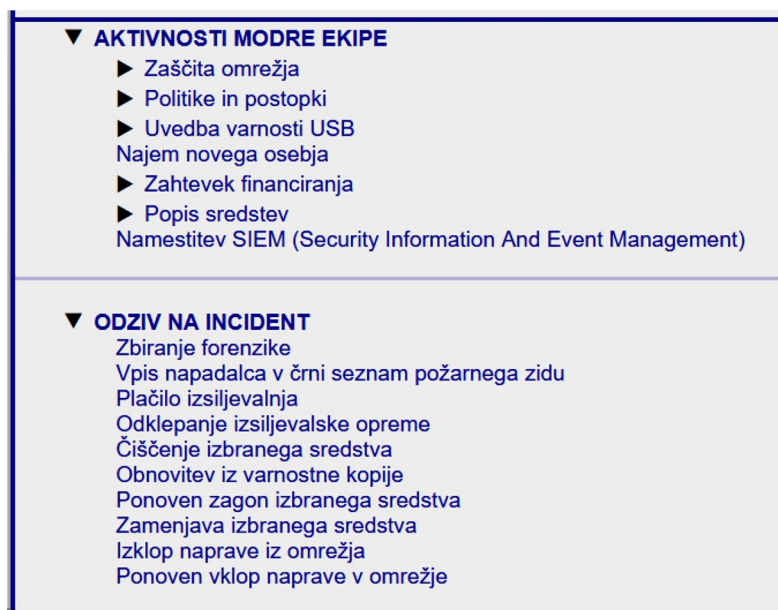


Slika 6: Izbiranje aktivnosti člana rdeče ekipe

zvedovanje ranljivosti, nato pa poslal pošto, okuženo z virusom, in pošto z lažnim sporočilom. Končno mu je uspel tudi fizični vdor v objekt s ciljem kraje podatkov ali opreme.

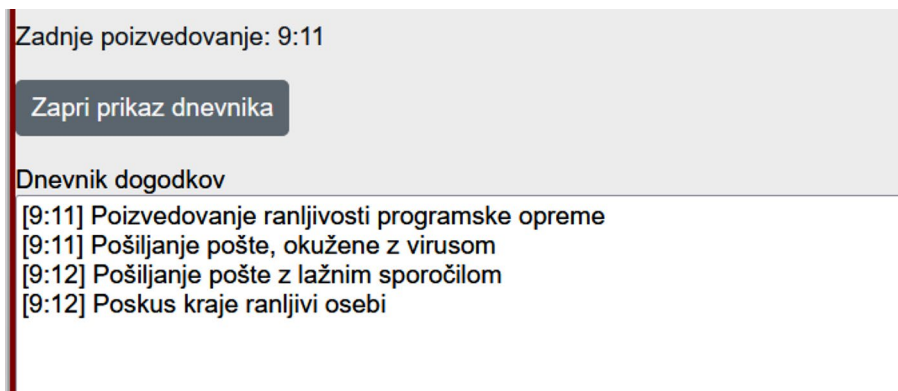
Član modre ekipe pa je najprej opravil forenzično raziskavo in rezultate pogledal v svojem dnevniku dogodkov, kot to kaže spodnja slika:

Iz dnevnika lahko ugotovi, kateri IP je pošiljal komu sporočila z virusom ali lažna sporočila in kdaj je bil zaznan poskus fizičnega vdora. Slednje lahko ugotovi le, če je bil kot varnostni ukrep nameščen varnostnik ali pa je bil uveden video nadzor objekta. Forenzična raziskava tudi omogoči vpis napadalca v črni seznam v požarne zidove varovanega objekta.



Slika 7: Izbiranje aktivnosti člana modre ekipe





Slika 8: Primer dnevnika dogodkov oziroma aktivnosti danega člana rdeče ekipe

V simulacijo lahko vpletemo tudi koncept zavzema zastavic (Capture the flag), kakršno srečujemo tudi v tekmovanjih iz kibernetске varnosti. Tako bi lahko simulirali krajo podatkov ali opreme.

Slika10 prikazuje sceno z varovanim objektom in zastavice pri posamernih objektih.

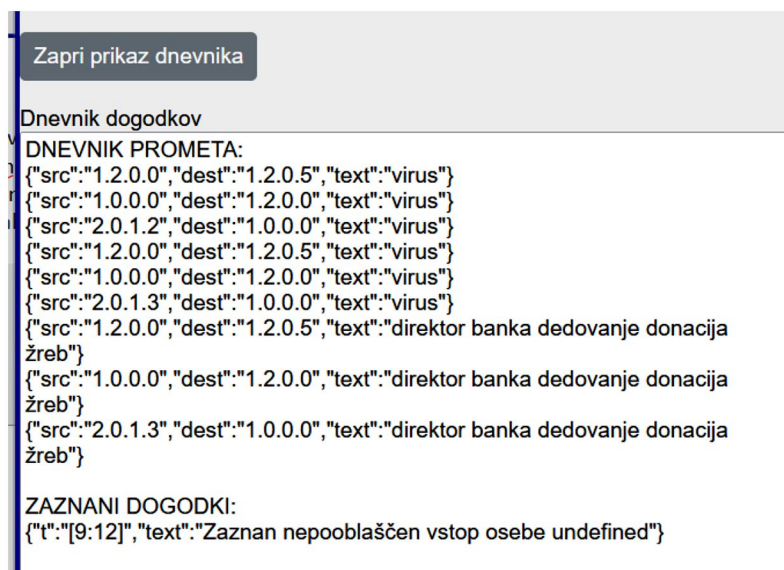
Komentar: Modra ekipa je vzpostavila video nadzor, nastavila varnostnika, segmentirala interno omrežje in namestila požarne zidove na strežnike in tako izboljšala zaščito varovanega objekta.

Vendar je kljub temu prišlo do kraje zastavice, ki jo je z enega obiskanega računalnika vzel nepridi-

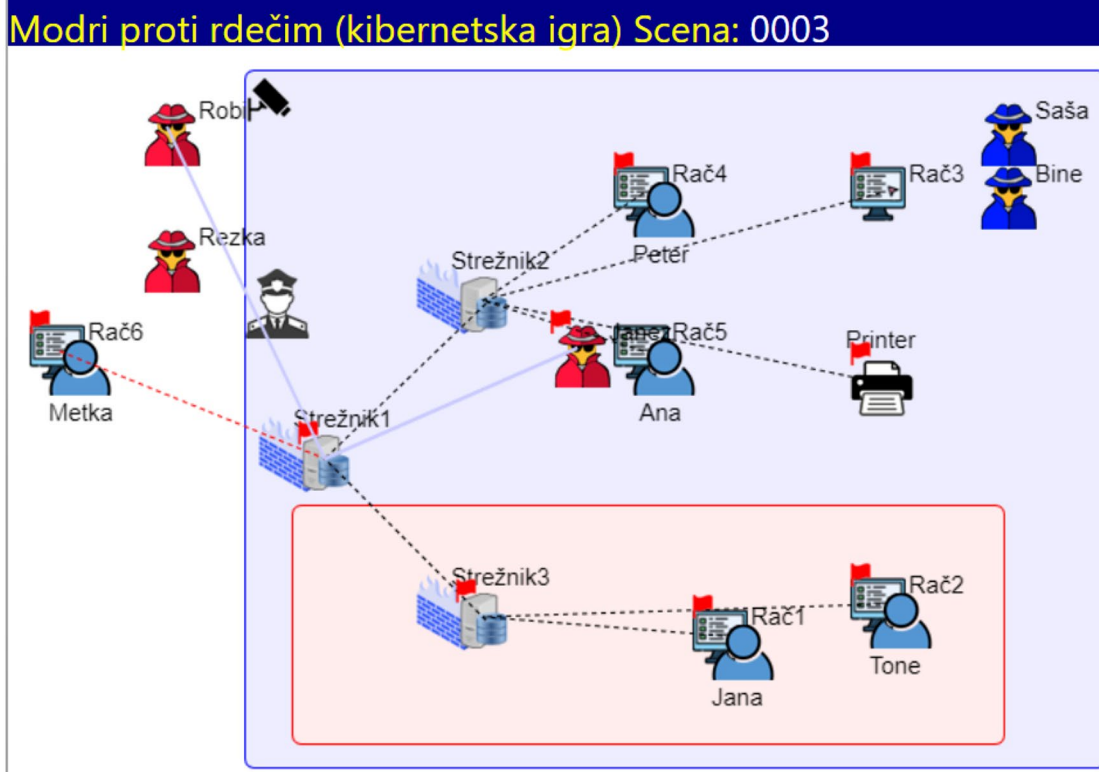
prav (član rdeče ekipe) in tako simuliral krajo podatkov ali (dela) opreme. Morda sta bila uvedba video nadzora scene ali namestitve varnostnika prepozna. Seveda lahko do kraje pride tudi ob prisotnosti video nadzora in varnostnika, a bi v tem primeru modra ekipa imela na voljo vsaj forenzične podatke.

## 7 PROGRAMERSKO OZADJE SIMULACIJE

Ker je obravnavana simulacija večuporabniška, teče na strežnem računalniku strežni program, napisan v Javi. Tako simulacija scene kot simulacija članov obeh ekip je pisana v JavaScript, medsebojna komu-



Slika 9: Primer dnevnika dogodkov danega člana modre ekipe



Slika 10: Scena z varovanim objektom, avatarji in zastavice pri posamernih objektih

nikacija pa poteka preko WebSockets. Celotna aplikacija je tako kot ostali kiberleti pisana odprtokodno in brezplačno z licenco »CopyLeft«. To pomeni, da je na voljo komurkoli in brez kakršnihkoli omejitev.

## 8 RAZPRAVA

Predstavljena simulacija ni prava računalniška igra, saj je v običajnem scenariju modre in rdeče ekipe mišljeno, da imata skupni cilj - ugotavljanje ranljivosti varovanega objekta in njeno zmanjševanje. Zato naj bi rdeča ekipa o ugotovljenih ranljivostih vsaj na koncu poročala in o tem obvestila tudi modro ekipo. Podano večuporabniško spletno aplikacijo bi lahko dopolnili s sodobnimi komunikacijskimi metodami, morda v obliki klepetalnice. Ne nazadnje taka aplikacija temelji na enakih ali podobnih tehnologijah, v našem primeru WebSockets. Po drugi strani pa zasledimo elemente igre - skrivanje in pobiranje zastavic. V smislu poigritve bi lahko bolj upoštevali element reakcijskega časa, potrebnega za odzive na incidente. Ne nazadnje bi lahko upoštevali tudi nasprotujoče si dejavnike, kar bi vodilo v iskanje kompromisov pri odločanju. Na primer, marsikatera uvedba varnostnih mehanizmov tudi nekaj stane (namestitve do-

datne opreme, zaposlitev dodatnega osebja,...) in tako zmanjšuje finančno uspešnost organizacije. Aplikacija ponuja možnost tudi dodatne nadgradnje, na primer z uvedbo filtriranja prejemanje pošte glede na njeno vsebino, torej izločanja neželene pošte (spam). Poigritveno atraktivnost aplikacije pa bi lahko povečali z uvedbo 3D prikaza scene, kakršno zasledimo oziroma lahko vklopimo pri kiberletu »Varnost v pisarni«.

Podana spletna aplikacija je prvenstveno mišljena za uporabo v razredu oziroma predavalnici, saj za pogled na sceno (varovani objekt) uporabljamo projekcijo predavatelja na platno ali večji zaslon. Predvideva torej prisotnost vseh udeležencev v istem prostoru. Vendar bi lahko aplikacijo uporabljali tudi videokonferenčno (na primer z uporabo Zoom) tako, da bi predavatelj svoj zaslon delil tudi ostalim udeležencem.

## 9 ZAKLJUČKI

Osnovna naloga te simulacije je didaktični prikaz koncepta rdeče in modre ekipe in je namenjena, tako kot drugi kiberleti, predvsem popestritvi pouka. V razliko od ostalih simulacij pa je bolj kompleksna in

se poraja vprašanje, kje je konec didaktike in vodi la »KISS« (Keep it small and simple). Program se da še bolj nadgrajevati, a lahko postane prekompleksen za uporabo pri predavanjih. Glede na to, da so vsi kiberletni in tudi ta večuporabniška aplikacija odprtokodni, pa lahko predstavlja izhodišče za raziskovalno in razvojno delo morda boljših študentov pri spreminjanju, izboljševanju in morda celo nadgrajevanju v skladu z lastnimi zamislimi. Tudi pri takem ustvarjalnem delu se učimo.

## LITERATURA

- [1] Jain, N. & Sharma, L. S. (2016). An Ontology based on the Methodology Proposed by Ushold and King. *International Journal of Synthetic Emotions (IJSE)*, 7(1), 13-26.
- [1] S.Divjak, Popestritev predavanj o kibernetiki varnosti z interaktivnimi računalniškimi simulacijami, *Uporabna informatika, Letn. 31 Št. 1 (2023)*
- [2] ThreatGEN® Red vs. Blue, <https://threatgen.com/>, zadnji dostop 24. 6. 2023
- [3] Cobalt Strike: <https://www.cobaltstrike.com/>, zadnji dostop 24. 6. 2023
- [4] Immersive Labs-CrisisSimulator, <https://www.immersivelabs.com/platform/cyber-crisis-simulator/>, zadnji dostop 6. 7. 2023
- [5] Capture the Flag (CTF): The game for developers to learn information security, <https://nulab.com/learn/software-development/capture-the-flag-ctf-game-developers-learn-information-security/>, zadnji dostop 26.6.2023
- [6] OWASP WebGoat, <https://owasp.org/www-project-webgoat/>, zadnji dostop 4. 7. 2023
- [7] OWASP Juice Shop, <https://owasp.org/www-project-juice-shop/>, zadnji dostop 4. 7. 2023
- [8] CyberStart, <https://cyberstart.com/>, zadnji dostop 6. 7. 2023
- [9] Kibernetiski napadi, <http://sasa.musiclab.si/KIBERLETI/>, zadnji dostop 30. 9. 2023
- [10] Fizika s fizletni, <http://sasa.musiclab.si/fizletni/>, zadnji dostop 6. 7. 2023

■

**Saša Divjak** je zaslužni profesor Univerze v Ljubljani, Fakultete za računalništvo in informatiko. Bil je vodja Odseka za avtomatiko, robotiko in biokibernetiko in kasneje načelnik Oddelka za elektroniko na Ins titutu Jo žef Stefan, pomočnik direktorja Iskre Delte, prodekan za raziskovalno delo na Fakulteti za elektrotehniko in računalništvo, prodekan za raziskovalno delo na Fakulteti za računalništvo in informatiko, dekan na Fakulteti za računalništvo in informatiko Univerze v Ljubljani, gostujoči profesor na Fakulteti za informatiko Univerze v Vidmu, Predstojnik Katedre za programsko opremo na Fakulteti za računalništvo in informatiko v Ljubljani. Predsednik Slovenske sekcije IEEE. Predstojnik Laboratorija za računalniško grafiko in multimedije na Fakulteti za računalništvo in informatiko, odgovoren za več projektov s področja multimedijskih tehnologij, Predsednik računalniške sekcije v sklopu slovenskega društva IEEE, član Izvršnega odbor ACM Slovenija, član Izvršnega odbora Slovenskega društva INFORMATIKA, Urednik revije *Uporabna informatika*, Senior member IEEE. Predsednik mednarodnega združenja CoLoS (Conceptual learning of Science). Predsednik generalne skupščine mednarodnega združenja HSci (Hands on Science), član predsed stva in predsednik Evropske akademije znanosti ([www.eurasc.org](http://www.eurasc.org)). Nosilec več projektov, predvsem s področja simulacije in avtomatizacije različnih tehnoloških procesov. Koavtor programske opreme prvih slovenskih robotov, sodelavec na italijanskem izobraževalnem projektu »Tovarne prihodnosti«. Nosilec več domačih in mednarodnih projektov s področja multimedijskih tehnologij v izobraževanju.

# Iz Islovarja

Islovar je spletni terminološki slovar informatike, ki ga že več kot 20 let ureja jezikovna sekcija Slovenskega društva INFORMATIKA. Slovar je javno dostopen za vpoglede in vnašanje novih izrazov na naslovu <http://www.islovar.org>

**dezinformiranje -a s** (*angl. disinformation*)

zlonamerno, namensko širjenje lažnih informacij; sredstev ali dejavnosti, ki vplivajo na delovanje družbe; prim. napačno informiranje

**infodemija -e ž** (*angl. infodemic*)

hitro in daljnosežno razširjanje različnih, pravičnih in napačnih informacij

**kibernétska odpórnost -e -i ž** (*angl. cyber resilience*)

lastnost, ki omogoča delovanje kljub kibernetiskim napadom

**kibernétska várnost -e -i ž** (*angl. cyber security*)

zaščita informacijskega sistema, omrežja in storitev pred kibernetiskimi napadi

**kibernétski napád -ega -a m** (*angl. cyber attack*)

napad v kibernetickem prostoru z namenom zlorabe podatkov, oškodovanja opreme, onemogočanja storitev, pridobitve nepooblaščenega dostopa ali nedovoljene uporabe računalniške opreme; prim. hekerski napad

**kibernétsko tvéganje -ega -a s** (*angl. cybersecurity risk*)

ocenitev verjetnosti varnostnega incidenta in ovrednotenje škode, ki lahko ob incidentu nastane

**napáčno informiranje -ega -a s** (*angl. misinformation*)

širjenje napačnih, netočnih informacij; prim. dezinformiranje

**várnost gêsla -i -- ž** (*angl. password strength*)

merilo učinkovitosti gesla proti razkritju, ki se navadno doseže z uporabo daljšega niza velikih in malih črk, števil in posebnih znakov; sin. moč gesla



# STE PRIPRAVLJENI NA KIBERNETSKE GROŽNJE?

V TELEKOMU SLOVENIJE POSKRIBIMO ZA NAJVIŠJO STOPNJO VARNOSTI V KIBERNETSKEM PROSTORU



Operativni center kibernetneke varnosti

Obveščanje o kibernetnekih grožnjah

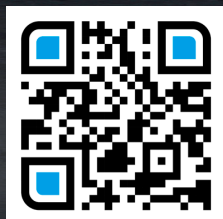
Varen poslovni splet

Testi socialnega inženiringa

Varnostni pregledi in penetracijski testi

Varna poslovna mobilnost

POSLUJTE VARNO. POSLUJTE DIGITALNO.



TelekomSlovenije





# SOPHOS

Cybersecurity delivered.



## Sophos Managed Threat Response

DRUGI SE USTAVIJO SAMO PRI OBVESTILU O GROŽNJI.

**SOPHOS MTR STROKOVNJAKI  
GROŽNJO TUDI ODSTRANIJO - 24/7!**

Distributer: Sophos d.o.o., [www.sophos.si](http://www.sophos.si), [slovenija@sophos.si](mailto:slovenija@sophos.si), T: 07/39 35 600

**AKCIJA**

**ZA BRALCE REVIEJE**

**ŽIVLJENJE IN TEHNIKA**

Prejmite sveže novice iz sveta računalništva vsakih 14 dni v vaš poštni nabiralnik!



Letna naročnina na revijo Računalniške novice (21 števil) skupaj z darilom za samo

**33,50 €**

IZBIRATE LAHKO MED:

Ključavnica Masterlock 8391  
(90 cm)



USB ključ Apacer 3.1  
128 GB



Kalkulator Casio  
DJ-120D Plus



**T: 01 620 88 00**

**M: [narocnine@stromboli.si](mailto:narocnine@stromboli.si)**



Fakulteta za  
informacijske študije  
Faculty of information studies

# ŠTUDIJ PRIHODNOSTI

## na Fakulteti za informacijske študije

### MAGISTRSKI ŠTUDIJ

- INFORMATIKA V SODOBNI DRUŽBI - povežite družboslovje z informatiko.
- RAČUNALNIŠTVO IN SPLETNE TEHNOLOGIJE - razvijte napredne programske rešitve.
- PODATKOVNE ZNANOSTI - odkrijte velike skrivnosti v velikih podatkih.
- KIBERNETSKA VARNOST - z najnovejšimi znanji proti kibernetским grožnjam.

### DOKTORSKI ŠTUDIJ

- INFORMACIJSKA DRUŽBA - ustvarite novo znanje s področja informacijske družbe.

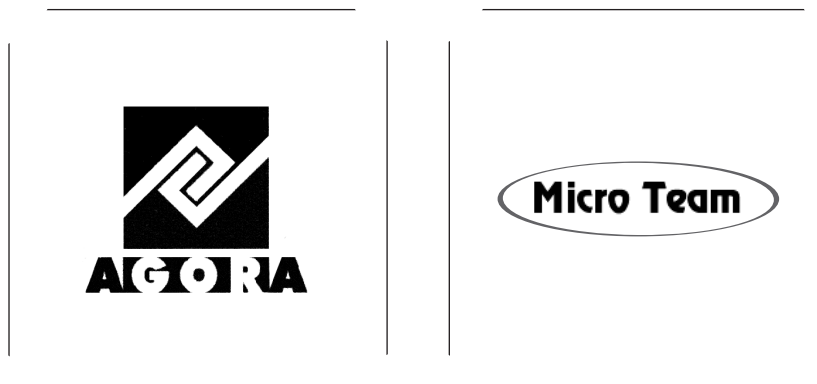
Sodelujte na predavanjih  
in vajah tudi VIRTUALNO!



Fakulteta za informacijske študije v Novem mestu (FIŠ)  
Ljubljanska cesta 31a, 8000 Novo mesto, 07 37 37 870, vpis@fis.unm.si

# Izpitni centri ECDL

**ECDL** (European Computer Driving License), ki ga v Sloveniji imenujemo evropsko računalniško spričevalo, je standardni program usposabljanja uporabnikov, ki da zaposlenim potrebno znanje za delo s standardnimi računalniškimi programi na informatiziranem delovnem mestu, delodajalcem pa pomeni dokazilo o usposobljenosti. V Evropi je za uvajanje, usposabljanje in nadzor izvajanja ECDL pooblaščen ustanova ECDL Fundation, v Sloveniji pa je kot član CEPIS (Council of European Professional Informatics) to pravico pridobilo Slovensko društvo INFORMATIKA. V državah Evropske unije so pri uvajanju ECDL močno angažirane srednje in visoke šole, aktivni pa so tudi različni vladni resorji. Posebno pomembno je, da velja spričevalo v 148 državah, ki so vključene v program ECDL. Doslej je bilo v svetu v program certificiranja ECDL vključenih že preko 16 milijonov oseb, ki so uspešno opravile preko 80 milijonov izpitov in pridobile ustrezne certificate. V Sloveniji je bilo doslej v program certificiranja ECDL vključenih več kot 18.000 oseb in opravljenih več kot 92.000 izpitov. V Sloveniji sta akreditirana dva izpitna centra ECDL, ki imata izpostave po vsej državi.



# Znanstveni prispevki

Rok Bojanc, Andreja Pucihar, Gregor Lenart  
RAZVOJ UPORABE E-RAČUNOV V SLOVENIJI

Pia Pičulin, Anja Žnidaršič, Marjeta Marolt  
DIGITALNE KOMPETENCE SLOVENSКИH ŠTUDENTOV

# Kratki znanstveni prispevek

Peter Mlakar, Janko Merše, Jana Faganelli Pucer  
ANET1: POPROCESIRANJE ANSAMBELSKIH VREMENSKIH  
NAPOVEDI S POMOČJO NEVRONSKIH MREŽ

# Strokovni prispevki

Saša Divjak  
SODELAVNE, VEČUPORABNIŠKE SPLETNE SIMULACIJE  
NA PODROČJU POUČEVANJA KIBERNETSKE VARNOSTI

# Informacije

IZ ISLOVARJA

ISSN 1318-1882



9 771318 188001