

Znanstvena monografija Visoke šole za trajnostni razvoj  
E-izdaja

**Urednica: Tjaša Urankar Dornik**

**INTEGRACIJA OBNOVLJIVIH VIROV IN KROŽNEGA GOSPODARSTVA V TRAJNOSTNI  
RAZVOJ**

Založila: Visoka šola za trajnostni razvoj, Kranj

Za založnika: mag. Branko Lotrič, dekan

Uredniški odbor: mag. Brane Lotrič, Kaja Kramar, dr. Metka Kralj, Urška Dimnik, Boštjan Paušer, Tjaša Urankar Dornik

Avtorji: doc. dr. Drago Papler (poglavji 1,5), Ljupka Vrteva (poglavje 2), mag. Vesna Kolar Planinšič (poglavje 3), dr. Nikola Holeček (poglavje 4), mag. Mojca Žitnik (poglavje 6), mag. Muharem Husić (poglavji 7, 9), dr. Darko Siuka (poglavje 7), mag. Viktor Jemec (poglavje 8), doc. dr. Damjan Maletič (poglavje 8), Urška Mikec (poglavje 9), dr. Rok Mencej (poglavje 10)

Recenzenti: dr. Nikola Holeček, dr. Metka Kralj, doc. dr. Drago Papler

Lektorica: prof. Kristina Hočevnar

Oblikovna zasnova naslovnice: Kaja Kramar

Priprava spletne izdaje: Tjaša Urankar Dornik

Leto izida: Kranj, 2025

Brezplačna monografija.

**Monografija je v PDF dostopna na spletni strani: XX**

**CIP - Kataložni zapis o publikaciji**

**Narodna in univerzitetna knjižnica, Ljubljana**

## KAZALO

|          |                                                                                                                                 |           |
|----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1</b> | <b>SODOBNI PRISTOPI OSKRBE Z ELEKTRIČNO ENERGIJO.....</b>                                                                       | <b>2</b>  |
|          | <b>S FOTOVOLTAIČNIMI ELEKTRARNAMI.....</b>                                                                                      | <b>2</b>  |
| 1.1      | UVOD .....                                                                                                                      | 3         |
| 1.2      | PREGLED LITERATURE .....                                                                                                        | 3         |
| 1.2.1    | Elementi sončne elektrarne.....                                                                                                 | 4         |
| 1.2.2    | Rast vlaganj v fotovoltaične elektrarne .....                                                                                   | 4         |
| 1.2.3    | Razvoj novih tehnologij .....                                                                                                   | 5         |
| 1.3      | MATERIALI IN METODE DELO.....                                                                                                   | 7         |
| 1.4      | REZULTATI.....                                                                                                                  | 8         |
| 1.4.1    | Fotovoltaični trg v Sloveniji.....                                                                                              | 8         |
| 1.4.2    | Investicije v fotovoltaične elektrarne in subvencije .....                                                                      | 8         |
| 1.4.3    | Analiza cen električne energije in podpore za proizvodnjo iz sončnih elektrarn .....                                            | 9         |
| 1.4.4    | Tehnična izvedba.....                                                                                                           | 10        |
| 1.5      | RAZPRAVA .....                                                                                                                  | 13        |
| 1.6      | ZAKLJUČEK.....                                                                                                                  | 14        |
| <b>2</b> | <b>NAPOVED RABE TOPLOTNE ENERGIJE, POTREBNE ZA DOGREVANJE ZRAKA V MEHANSKEM PREZRAČEVALNEM SISTEMU .....</b>                    | <b>17</b> |
| 2.1      | UVOD .....                                                                                                                      | 17        |
| 2.2      | MEHANSKO PREZRAČEVANJE STAVBE.....                                                                                              | 18        |
| 2.2.1    | Mehansko prezračevanje z izkoriščanjem zavržene toplote.....                                                                    | 18        |
| 2.3      | IZDELAVA RAČUNALNIŠKEGA PROGRAMA .....                                                                                          | 19        |
| 2.3.1    | Splošni podatki o stavbi .....                                                                                                  | 19        |
| 2.3.2    | Vhodni podatki.....                                                                                                             | 19        |
| 2.3.3    | Potek izdelave računalniškega programa za napoved potrebne toplote za dogrevanje zraka v mehanskem prezračevalnem sistemu ..... | 19        |
| 2.3.4    | Validacija računalniškega programa .....                                                                                        | 22        |
| 2.3.5    | Podatki o izbrani stavbi .....                                                                                                  | 22        |
| 2.4      | REZULTATI.....                                                                                                                  | 24        |
| 2.4.1    | Rezultati izračunane temperaturne učinkovitosti regeneratorskega .....                                                          | 24        |
| 2.4.2    | Rezultati izračunanih temperatur zraka po izkoriščanju zavržene toplote .....                                                   | 24        |
| 2.4.3    | Rezultati izračunanih temperatur zavrženega zraka .....                                                                         | 25        |
| 2.4.4    | Rezultati napovedane in izračunane potrebne toplote za dogrevanje zraka v mehanskem prezračevalnem sistemu .....                | 26        |
| 2.5      | ZAKLJUČEK.....                                                                                                                  | 27        |

|          |                                                                                                                                 |           |
|----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>3</b> | <b>UČINKI SODOBNIH PRISTOPOV MEDNARODNEGA SODELOVANJA PRI ČEZMEJNIH PRESOJAH VPLIVOV NA OKOLJE ZA ENERGIJE PRIHODNOSTI.....</b> | <b>29</b> |
| 3.1      | UVOD .....                                                                                                                      | 30        |
| 3.2      | RAZISKOVALNI IZZIV .....                                                                                                        | 31        |
| 3.3      | METODA.....                                                                                                                     | 31        |
| 3.4      | VERJETNOST POMEMBNEGA VPLIVA .....                                                                                              | 34        |
| 3.5      | VREDNOTENJE VSEBINSKE UČINKOVITOSTI.....                                                                                        | 34        |
| 3.5.1    | Državni prostorski načrt Brežice .....                                                                                          | 36        |
| 3.5.2    | Državni prostorski načrt Mokrice.....                                                                                           | 37        |
| 3.5.3    | Državni prostorski načrt za vetrno polje Ojstrica.....                                                                          | 38        |
| 3.5.4    | Projekt vetrno polje Lavamund .....                                                                                             | 38        |
| 3.5.5    | Podaljšanje življenjske dobe za jedrsko elektrarno Krško .....                                                                  | 40        |
| 3.6      | REZULTATI.....                                                                                                                  | 40        |
| 3.7      | SKLEPNA OCENA .....                                                                                                             | 42        |
| 3.8      | ZAKLJUČEK.....                                                                                                                  | 42        |
| <b>4</b> | <b>RAZPOZNAVANJE NIZKOFREKVENČNEGA HRUPA.....</b>                                                                               | <b>47</b> |
| 4.1      | UVOD .....                                                                                                                      | 48        |
| 4.2      | TRANSMISIJA HRUPA NA VELIKE RAZDALJE .....                                                                                      | 48        |
| 4.2.1    | Geometrijska divergenca .....                                                                                                   | 49        |
| 4.2.2    | Atmosferska absorpcija .....                                                                                                    | 50        |
| 4.2.3    | Ojačenje nizkih frekvenc v prostorih zaradi interference.....                                                                   | 50        |
| 4.3      | OCENJEVANJE HRUPA Z MOČNO ZASTOPANOSTJO NFK.....                                                                                | 51        |
| 4.3.1    | Osnovne fizikalni kazalniki za opis zvoka .....                                                                                 | 51        |
| 4.4      | IDENTIFIKACIJA NIZKOFREKVENČNEGA HRUPA NA PRIMERU IZ PRAKSE .....                                                               | 51        |
| 4.4.1    | Rezultati meritev .....                                                                                                         | 53        |
| 4.4.2    | Komentar meritev .....                                                                                                          | 56        |
| 4.5      | ZAKLJUČEK.....                                                                                                                  | 57        |
| <b>5</b> | <b>MODEL EFQM ZA SAMOOCENO POSLOVNE ODLIČNOSTI IN PRILOŽNOSTI ZA IZBOLJŠAVE POSLOVNIH PROCESOV.....</b>                         | <b>59</b> |
| 5.1      | UVOD .....                                                                                                                      | 59        |
| 5.2      | PREGLED LITERATURE .....                                                                                                        | 60        |
| 5.3      | MATERIALI IN METODE DELA.....                                                                                                   | 61        |
| 5.4      | REZULTATI.....                                                                                                                  | 63        |
| 5.4.1    | Voditeljstvo .....                                                                                                              | 63        |
| 5.4.2    | Strategija.....                                                                                                                 | 63        |
| 5.4.3    | Zaposleni .....                                                                                                                 | 64        |
| 5.4.4    | Partnerstva in viri .....                                                                                                       | 65        |

|          |                                                                                                                     |            |
|----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 5.4.5    | Procesi, proizvodi in storitve.....                                                                                 | 66         |
| 5.4.6    | Rezultati v zvezi z odjemalci.....                                                                                  | 67         |
| 5.4.7    | Rezultati v zvezi z zaposlenimi .....                                                                               | 67         |
| 5.4.8    | Rezultati v zvezi z organizacijo.....                                                                               | 68         |
| 5.4.9    | Ključni rezultati poslovanja.....                                                                                   | 69         |
| 5.5      | RAZPRAVA .....                                                                                                      | 72         |
| 5.6      | ZAKLJUČEK.....                                                                                                      | 74         |
| <b>6</b> | <b>EKSPERIMENTALNA VZPOSTAVITEV SPREMLJANJA UPORABE SEKUNDARNIH SUROVIN IN STRANSKIH PROIZVODOV .....</b>           | <b>76</b>  |
| 6.1      | UVOD .....                                                                                                          | 77         |
| 6.2      | METODOLOŠKI PRISTOP .....                                                                                           | 77         |
| 6.2.1    | Priprava metodološkega okvira.....                                                                                  | 77         |
| 6.2.2    | Viri podatkov.....                                                                                                  | 78         |
| 6.2.3    | Seznam sekundarnih surovin in stranskih proizvodov .....                                                            | 78         |
| 6.3      | REZULTATI.....                                                                                                      | 79         |
| 6.3.1    | Nastajanje sekundarnih surovin in stranskih proizvodov .....                                                        | 79         |
| 6.3.2    | Ponovna uporaba sekundarnih surovin in stranskih proizvodov .....                                                   | 83         |
| 6.4      | ZAKLJUČEK.....                                                                                                      | 84         |
| <b>7</b> | <b>MIKROPLASTIKA – NJEN IZVOR, VRSTE, VPLIV NA OKOLJE IN ZDRAVJE TER UKREPI ZA ZMANJŠEVANJE ONESNAŽEVANJA .....</b> | <b>86</b>  |
| 7.1      | UVOD .....                                                                                                          | 87         |
| 7.2      | ZAKONODAJA V EVROPSKI UNIJI IN SLOVENIJI .....                                                                      | 87         |
| 7.3      | PROIZVODNJA PLASTIKE.....                                                                                           | 88         |
| 7.4      | MIKROPLASTIKA .....                                                                                                 | 89         |
| 7.4.1    | Izvor primarne mikroplastike .....                                                                                  | 90         |
| 7.4.2    | Zrnca in zastirke na športnih igriščih .....                                                                        | 91         |
| 7.4.3    | Življenjski cikel mikroplastike v okolju.....                                                                       | 92         |
| 7.4.4    | Vplivi mikroplastike na okolje .....                                                                                | 92         |
| 7.4.5    | Načini izpostavljenosti mikroplastiki in nanoplastiki in vpliv na naše zdravje.....                                 | 93         |
| 7.5      | BIORAZGRADLJIVA PLASTIKA .....                                                                                      | 95         |
| 7.6      | PREDLOG MOŽNIH REŠITEV EVROPSKE UNIJE ZA OBDOBJE 2024–2029 .....                                                    | 95         |
| 7.7      | PRIMERI DOBRE PRAKSE.....                                                                                           | 96         |
| 7.8      | ZAKLJUČEK.....                                                                                                      | 96         |
| <b>8</b> | <b>VKLJUČITEV OBVLADOVANJA PREMOŽENJA V KROŽNO GOSPODARSTVO .....</b>                                               | <b>100</b> |
| 8.1      | UVOD .....                                                                                                          | 100        |
| 8.2      | TEORETIČNO OZADJE KROŽNEGA GOSPODARSTVA IN UPRAVLJANJA PREMOŽENJA ....                                              | 101        |
| 8.2.1    | Krožno gospodarstvo.....                                                                                            | 101        |

|           |                                                                                                             |            |
|-----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 8.2.2     | Obvladovanje premoženja .....                                                                               | 102        |
| 8.3       | METODOLOGIJA PREGLEDA LITERATURE .....                                                                      | 103        |
| 8.3.1     | Pregled literature .....                                                                                    | 104        |
| 8.4       | MEJE UPORABE SREDSTEV .....                                                                                 | 105        |
| 8.4.1     | Ustvarjanje vrednosti iz krožnega gospodarstva s sistemskim razmišljanjem .....                             | 106        |
| 8.5       | ZAKLJUČEK .....                                                                                             | 108        |
| <b>9</b>  | <b>KROŽNO GOSPODARSTVO – IZRAČUN OGLJIČNEGA ODTISA ZA ELEKTRO LJUBLJANA, D. D.</b>                          | <b>111</b> |
| 9.1       | UVOD .....                                                                                                  | 111        |
| 9.2       | ZAKONODAJA V EVROPSKI UNIJI IN SLOVENIJI .....                                                              | 112        |
| 9.2.1     | Zakonodaja v Evropski uniji .....                                                                           | 112        |
| 9.2.2     | Zakonodaja v Sloveniji.....                                                                                 | 112        |
| 9.3       | Teoretični okvir in opredelitev osnovnih pojmov .....                                                       | 113        |
| 9.3.1     | Krožno gospodarstvo.....                                                                                    | 113        |
| 9.3.2     | Ogljični odtis .....                                                                                        | 114        |
| 9.4       | ZASNOVA RAZISKAVE .....                                                                                     | 115        |
| 9.4.1     | Metode zbiranja podatkov .....                                                                              | 115        |
| 9.5       | RAČUNSKI PRISTOP.....                                                                                       | 115        |
| 9.6       | TEHNIKE ANALIZE PODATKOV .....                                                                              | 115        |
| 9.7       | REZULTATI.....                                                                                              | 116        |
| 9.7.1     | Izračun neposrednih emisij.....                                                                             | 116        |
| 9.7.2     | Izračun posrednih emisij.....                                                                               | 116        |
| 9.7.3     | Izračun posrednih emisij, ki nastajajo kot posledica aktivnosti podjetja.....                               | 117        |
| 9.8       | SKUPNI IZRAČUN OGLJIČNEGA ODTISA PODJETJA ELEKTRO LJUBLJANA .....                                           | 117        |
| 9.8.1     | Raven vključenosti dejavnosti v obsege.....                                                                 | 117        |
| 9.9       | DISKUSIJA.....                                                                                              | 118        |
| 9.9.1     | Interpretacija rezultatov.....                                                                              | 118        |
| 9.9.2     | Prispevek Elektra Ljubljana d. d. k ciljem zmanjšanja emisij ogljičnega odtisa.....                         | 118        |
| 9.10      | ZAKLJUČEK.....                                                                                              | 119        |
| <b>10</b> | <b>TRAJNOSTNI IN MNOŽIČNI TURIZEM V GORSKEM HABITATU, POSLEDICE IN UČINKI TER RAZVOJNE PERSPEKTIVE.....</b> | <b>121</b> |
| 10.1      | UVOD V GORSKI TURIZEM.....                                                                                  | 122        |
| 10.1.1    | Raziskovalni problem, namen in cilji, znanstvena področja raziskovanja ter teoretična izhodišča .           | 122        |
| 10.1.2    | Cilji:.....                                                                                                 | 122        |
| 10.2      | ZGODOVINSKI RAZVOJ GORSKEGA TURIZMA .....                                                                   | 123        |
| 10.3      | IZZIVI GORSKEGA TURIZMA .....                                                                               | 125        |
| 10.4      | DVOJNA NARAVA GORSKEGA TURIZMA .....                                                                        | 126        |

|       |                                                                   |     |
|-------|-------------------------------------------------------------------|-----|
| 10.5  | LOKALNI VIDIKI GORSKEGA TURIZMA IN STRUKTURNA TVEGANJA.....       | 126 |
| 10.6  | DINAMIKA STRUKTURNIH SPREMEMB V GORSKEM TURIZMU .....             | 126 |
| 10.7  | ZRELOST GORSKEGA TURIZMA NA GLAVNIH TURISTIČNIH TRGIH .....       | 127 |
| 10.8  | NOVE TRŽNE RAZMERE V GORSKEM TURIZMU .....                        | 127 |
| 10.9  | METODOLOGIJA IN KVALITATIVNI DEL RAZISKAVE.....                   | 127 |
| 10.10 | PREDLOGI ZA ODPRavo NEGATIVNIH UČINKOV MNOŽIČNEGA TURIZMA V GORAH | 129 |
| 10.11 | ZAKLJUČEK.....                                                    | 130 |

## KAZALO SLIK\*

|                                                                                                                                                                                                                                     |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Slika 1.1: Skupna moč in proizvedena električna energija iz fotovoltaičnih elektrarn v Sloveniji .....                                                                                                                              | 9  |
| Slika 1.2: Gibanje cen električne energije za gospodinjstvo in podpora za sončne elektrarne v Sloveniji v obdobju 2009–2023 .....                                                                                                   | 10 |
| Slika 1.3: Montaža fotovoltaičnih modulov izvajalcev Elektro Požun (levo) in montaža razsmernikov in merilnega mesta (desno).....                                                                                                   | 10 |
| Slika 2.1: Poenostavljen shematski prikaz mehanskega prezračevanja .....                                                                                                                                                            | 18 |
| Slika 2.2: Predstavitev algoritma z diagramom poteka .....                                                                                                                                                                          | 20 |
| Slika 2.3: Prikaz mehanskega prezračevalnega sistema s prenosnikom toplote za izkoriščanje zavržene toplote ....                                                                                                                    | 21 |
| Slika 2.4: Vpisani robni pogoji o načrtovani temperaturi notranjega zraka in vpihanega zraka.....                                                                                                                                   | 23 |
| Slika 2.5: Vpisani robni pogoji o izbranem prostoru ter izračunan pretok zraka.....                                                                                                                                                 | 23 |
| Slika 2.6: Izračunani mesečni povprečni temperaturni učinkovitosti regeneratorskega (a) z računalniškim programom (b) v realnem okolju .....                                                                                        | 24 |
| Slika 2.7: Izračunane mesečne povprečne temperaturne zraka po izkoriščanju zavržene toplote (a) z računalniškim programom (b) v realnem okolju.....                                                                                 | 25 |
| Slika 2.8: Izračunane mesečne povprečne temperaturne zavrženega zraka (a) z računalniškim programom (b) v realnem okolju.....                                                                                                       | 26 |
| Slika 2.9: Izračunana in napovedana letna potrebna toplota za dogrevanje zraka. ....                                                                                                                                                | 26 |
| Slika 3.1: Metoda dela.....                                                                                                                                                                                                         | 32 |
| Slika 3.2: Prikaz lokacije državnega prostorskega načrta in projekta hidroelektrarne Brežice, ki je 13 km od državne meje z Republiko Hrvaško in lokacije državnega prostorskega načrta Mokrice, ki je 0,5 km od državne meje. .... | 37 |
| Slika 3.3: Prikaz območja za zadrževanje poplavnih voda po državnem prostorskem načrtu Brežice .....                                                                                                                                | 37 |
| Slika 3.4: Lokacija vetrne elektrarne Lavamund severno od državne meje Slovenija-Avstrija. ....                                                                                                                                     | 39 |
| Slika 3.5 Lokacija dodanih omilitvenih ukrepov za projekt vetrnih elektrarn Lavamund severno od državne meje Slovenija-Avstrija. ....                                                                                               | 40 |
| Slika 4. 1: Slabljenje hrupa zaradi geometrijske divergence .....                                                                                                                                                                   | 49 |
| Slika 4. 2: Primerjava hrupa v notranjosti objekta s mejnimi vrednostmi v DIN 45 680. ....                                                                                                                                          | 53 |
| Slika 4. 3: NFH izražen kot $L_{Z_{max}}$ na posameznih tercah v intervalu 6,3 – 250 Hz, vse merilne pozicije 1. –12. ....                                                                                                          | 53 |
| Slika 4. 4: Primerjava meritve 1 in 12. NFH izražen kot $L_{Z_{max}}$ na posameznih tercah v intervalu 6,3 – 250 Hz. ....                                                                                                           | 54 |
| Slika 4. 5: Meritev 1, 2, 3 in 12. NFH izražen kot $L_{Z_{max}}$ na posameznih tercah v intervalu 6,3 – 250 Hz. ....                                                                                                                | 54 |
| Slika 4. 6: Meritev 1, 4, 5 in 12. NFH izražen kot $L_{Z_{max}}$ na posameznih tercah v intervalu 6,3 – 250 Hz. ....                                                                                                                | 55 |
| Slika 4. 7: Meritev 1, 6, 7 in 12. NFH izražen kot $L_{Z_{max}}$ na posameznih tercah v intervalu 6,3 – 250 Hz. ....                                                                                                                | 55 |
| Slika 4. 8: Meritev 1, 8, 9 in 12. NFH izražen kot $L_{Z_{max}}$ na posameznih tercah v intervalu 6,3 – 250 Hz. ....                                                                                                                | 56 |
| Slika 4. 9: Meritev 1, 10, 11 in 12. NFH izražen kot $L_{Z_{max}}$ na posameznih tercah v intervalu 6,3 – 250 Hz. ....                                                                                                              | 56 |
| Slika 5.1: Temeljna načela odličnosti .....                                                                                                                                                                                         | 61 |
| Slika 5.2: Model EFQM .....                                                                                                                                                                                                         | 62 |
| Slika 5.3: Čisti prihodki od prodaje (EUR).....                                                                                                                                                                                     | 69 |
| Slika 5.4: Poraba investicijskih sredstev (%).....                                                                                                                                                                                  | 69 |
| Slika 5.5: Primerjava poslovnega izida pred obrestmi in davki (EBIT) .....                                                                                                                                                          | 70 |
| Slika 5.6: Čista dobičkonosnost kapitala (ROE) med organizacijami .....                                                                                                                                                             | 70 |
| Slika 5.7: Krožni tok procesov gospodarjenja .....                                                                                                                                                                                  | 73 |
| Slika 5.8: Nov EFQM model (2020) vključuje trajnostno vrednost .....                                                                                                                                                                | 74 |
| Slika 6.1: Točka vračanja sekundarnih surovin in stranskih proizvodov nazaj v proizvodni proces, Slovenija, 2020 .....                                                                                                              | 80 |
| Slika 6.2: Nastajanje sekundarnih surovin in stranskih proizvodov po kraju izvora, Slovenija, 2020 .....                                                                                                                            | 80 |
| Slika 6.3: Vrste nastalih sekundarnih surovin in stranskih proizvodov, Slovenija, 2020 .....                                                                                                                                        | 81 |
| Slika 6.4: Mineralne snovi kot sekundarne surovine po vrstah, Slovenija, 2020 .....                                                                                                                                                 | 81 |
| Slika 6.5: Kovine kot sekundarne surovine po vrstah, Slovenija, 2020.....                                                                                                                                                           | 82 |
| Slika 6.6: Pridobivanje sekundarnih surovin in stranskih proizvodov po gospodarskih dejavnostih (SKD 2008), .....                                                                                                                   |    |

|                                                                                                                   |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <i>Slovenija, 2020</i> .....                                                                                      | 83  |
| <i>Slika 6.7: Ponovna uporaba sekundarnih surovin in stranskih proizvodov, Slovenija, 2020</i> .....              | 84  |
| <i>Slika 7.1: Polimerizacija monomera v polimer</i> .....                                                         | 88  |
| <i>Slika 7.2: Plastika za enkratno uporabo – zmanjševanje odpadkov v morju</i> .....                              | 89  |
| <i>Slika 7.3: 10 plastičnih proizvodov za enkratno uporabo, ki jih najpogosteje najdemo na plažah EU</i> .....    | 90  |
| <i>Slika 7.4: Različne klasifikacije mikroplastike</i> .....                                                      | 90  |
| <i>Slika 7.5: Zrnca in zastirke na športnih igriščih</i> .....                                                    | 91  |
| <i>Slika 7.6: Kopenski in oceanski viri mikroplastike</i> .....                                                   | 91  |
| <i>Slika 7.7: Življenjski cikel mikroplastike v okolju</i> .....                                                  | 92  |
| <i>Slika 7.8: Načini izpostavljenosti mikroplastiki in nanoplastiki</i> .....                                     | 93  |
| <i>Slika 7.9: Škodljivi učinki sproščene mikroplastike v ozračje</i> .....                                        | 94  |
| <i>Slika 7.10: Škodljivi učinki mikroplastike pri zaužitju na zdravje ljudi in toksični mehanizmi</i> .....       | 94  |
| <i>Slika 8.1: Konceptualni okvir s prikazom osnov AM</i> .....                                                    | 103 |
| <i>Slika 8.2: Meja uporabe virov sredstev pri obvladovanju premoženja v zaprtem krožnem ekonomskem modelu</i> ... | 106 |
| <i>Slika 8.3: Usklajenost krožnega gospodarstva s konceptnim modelom upravljanja sredstev IAM</i> .....           | 107 |
| <i>Slika 9.1: Prikaz linearnega in krožnega gospodarstva</i> .....                                                | 113 |

\*opomba: vrstni red oz. označba slik sledi številki poglavja, znotraj katerega se slika nahaja.

Npr. slika 1.3 = slika št. 3 v 1. poglavju. V kolikor slike znotraj poglavja ni, tudi ni označbe.

## KAZALO TABEL\*

|                                                                                                                                       |            |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <i>Tabela 1.1: Vrste in tehnologije izdelave fotovoltaičnih celic .....</i>                                                           | <i>5</i>   |
| <i>Tabela 1.2: Podatki o fotovoltaičnem trgu v Sloveniji leta 2023 .....</i>                                                          | <i>8</i>   |
| <i>Tabela 1.3.: Dimenzioniranje fotovoltaične elektrarne .....</i>                                                                    | <i>11</i>  |
| <i>Tabela 1.4: Vhodni podatki investicije.....</i>                                                                                    | <i>11</i>  |
| <i>Tabela 1.5: Ekonomski kazalniki investicije: normalno stanje, tveganja, Cost Benefit analiza 1 .....</i>                           | <i>12</i>  |
| <i>Tabela 1.6: Ekonomski kazalniki investicije: Cost Benefit analiza 2, 3, 4.....</i>                                                 | <i>13</i>  |
| <i>Tabela 3.1: Kazalniki za izboljšanje okoljske učinkovitosti hidroenergije .....</i>                                                | <i>35</i>  |
| <i>Tabela 3.2: Okoljske izboljšave planov in projektov različnih virov energije v čezmejnem posvetovanju med leti 2004 –2024.....</i> | <i>36</i>  |
| <i>Tabela 3.3: Prikaz skupnih rezultatov čezmejnih posvetovanj .....</i>                                                              | <i>42</i>  |
| <i>Tabela 4. 1: Koeфициent atmosferskega slabljenja zvoka zaradi atmosfere <math>\alpha</math> za oktavne pasove hrupa .....</i>      | <i>50</i>  |
| <i>Tabela 4. 2: Opis merilnih pozicij 1. -12.....</i>                                                                                 | <i>52</i>  |
| <i>Tabela 4. 3: SPL kot <math>L_{z\max}</math> v dB po posameznih tercah v frekvenčnem intervalu od 6,3 Hz do 250 Hz .....</i>        | <i>52</i>  |
| <i>Tabela 4. 4: Mejne vrednosti NFH v nočnem času v skladu z DIN 45680.....</i>                                                       | <i>53</i>  |
| <i>Tabela 5.1: Ukrepi za izboljšave na področju poglavja »Voditeljstvo.....</i>                                                       | <i>63</i>  |
| <i>Tabela 5.2: Razvoj kakovosti.....</i>                                                                                              | <i>64</i>  |
| <i>Tabela 5.3: Ukrepi za izboljšave na področju poglavja »Strategija« .....</i>                                                       | <i>64</i>  |
| <i>Tabela 5.4: Struktura izobrazbe zaposlenih na dan 31.12. ....</i>                                                                  | <i>65</i>  |
| <i>Tabela 5.5: Ukrepi za izboljšave na področju poglavja »Zaposleni« .....</i>                                                        | <i>65</i>  |
| <i>Tabela 5.6: Ukrepi za izboljšave na področju poglavja »Partnerstva in viri« .....</i>                                              | <i>66</i>  |
| <i>Tabela 5.7: Metode za spremljanje zadovoljstva kupcev proizvodov .....</i>                                                         | <i>66</i>  |
| <i>Tabela 5.8: Ukrepi za izboljšave na področju poglavja »Procesi, proizvodi in storitve« .....</i>                                   | <i>67</i>  |
| <i>Tabela 5.9: Ukrepi za izboljšave na področju poglavja »Rezultati v zvezi z odjemalci« .....</i>                                    | <i>67</i>  |
| <i>Tabela 5.10: Ukrepi za izboljšave na področju poglavja »Rezultati v zvezi z zaposlenimi« .....</i>                                 | <i>68</i>  |
| <i>Tabela 5.11: Ukrepi za izboljšave na področju poglavja »Rezultati v zvezi z družbo« .....</i>                                      | <i>68</i>  |
| <i>Tabela 5.12: Gospodarnost poslovanja organizacij .....</i>                                                                         | <i>71</i>  |
| <i>Tabela 5.13: Prihodki na zaposlenega s primerljivimi organizacijami (EUR).....</i>                                                 | <i>71</i>  |
| <i>Tabela 5.14: Opredmetena osnovna sredstva na zaposlenega v primerjavi s konkurenco (EUR) .....</i>                                 | <i>72</i>  |
| <i>Tabela 5.15: Dodana vrednost na zaposlenega s primerljivimi organizacijami (EUR) .....</i>                                         | <i>72</i>  |
| <i>Tabela 6.1: Seznam sekundarnih surovin in stranskih proizvodov .....</i>                                                           | <i>79</i>  |
| <i>Tabela 9.1: Podatki za izračun ogljičnega odtisa .....</i>                                                                         | <i>117</i> |

\*opomba: vrstni red oz. označba tabel sledi številki poglavja, znotraj katerega se tabela nahaja.

Npr. Tabela 1.3 = slika št. 3 v 1. poglavju. V kolikor tabele znotraj poglavja ni, tudi ni označbe.

## SPREMNA BESEDA

Trajnostni razvoj ni več zgolj koncept ali dolgoročni cilj – postal je nujnost, ki oblikuje sodobno družbo in njene prihodnje smernice. Znanost, tehnologija in inovacije igrajo ključno vlogo pri preoblikovanju naših sistemov v bolj trajnostne, učinkovite in odporne na izzive sodobnega sveta. Pred vami je znanstvena monografija, ki se posveča ključnim izzivom trajnostnega razvoja na področju energije prihodnosti in krožnega gospodarstva, dveh temeljnih stebrov prehoda v nizkoogljično družbo.

V zadnjih desetletjih smo priča intenzivnemu tehnološkemu napredku in spremembam v proizvodnji ter rabi energije. V ospredje prihajajo obnovljivi viri, učinkovita raba energije in sistemi, ki temeljijo na digitalizaciji ter decentralizaciji energetskega sektorja. Sončna, vetrna, geotermalna in vodna energija s tehnologijami za pretvarjanje v električno energijo ponujajo rešitve za zmanjšanje emisij toplogrednih plinov ter energetske neodvisnosti. Toda tehnološki napredek mora spremljati premišljena zakonodajna in ekonomska podpora, ki bo omogočala dolgoročno stabilnost in konkurenčnost trajnostnih rešitev.

Krožno gospodarstvo pa predstavlja premik od linearnega modela postindustrijske družbe "vzemi-izdelaj-odvrzi" k modelu, ki temelji na podaljševanju življenjskega cikla izdelkov, ponovni uporabi surovin in zmanjšanju odpadkov. Ključno vprašanje ostaja, kako oblikovati systemske pristope, ki bodo omogočili prehod k bolj trajnostnemu načinu proizvodnje in potrošnje, ne da bi pri tem ogrozili gospodarsko rast in razvoj. Evropska unija je s strategijo krožnega gospodarstva postavila jasne cilje za prihodnost, vendar njihovo uresničevanje zahteva interdisciplinaren pristop, inovacije in sodelovanje med akademsko sfero, industrijo in oblikovalci politik.

Znanstveni prispevki v tej monografiji ponujajo dragocene vpoglede v različne aspekte trajnostnega razvoja. Obsegajo tako analizo sodobnih energetske pristopov kot tudi raziskave o implementaciji modelov krožnega gospodarstva v različnih sektorjih. Avtorji s svojimi raziskavami prispevajo k širjenju razumevanja kompleksnosti teh izzivov in podajajo konkretne predloge za njihovo reševanje.

Upam, da bo ta monografija služila kot navdih raziskovalcem, odločevalcem in vsem, ki se ukvarjate s trajnostnimi rešitvami za prihodnost. Naj nam bo vsem v opomin, da so spremembe nujne in izvedljive, zanje pa smo odgovorni prav vsi.

Visoka šola za trajnostni razvoj, Kranj  
Mag. Brane Lotrič, dekan

# 1 SODOBNI PRISTOPI OSKRBE Z ELEKTRIČNO ENERGIJO S FOTOVOLTAIČNIMI ELEKTRARNAMI

**Doc. dr. Drago Papler**, Biotehniški center Naklo in Univerza v Novi Gorici, Poslovno-tehniška fakulteta

## **Povzetek**

*Do konca leta 2023 je bilo v Sloveniji 48.021 fotovoltaičnih elektrarn s skupno instalirano močjo 1.121,7 megavatov. Glede na izdana soglasja bo do konca leta 2024 priklopljeno še 70.000 samooskrbnih sončnih elektrarn, kar je 8 % delež od vseh 870.000 gospodinjstev. V preteklosti so bili zelo donosni modeli odkupnih cen proizvedene električne energije iz fotovoltaičnih elektrarn z zagotovljenim odkupom ali obratovalno podporo, potem pa so se z nižanjem odkupnih cen investicije začele zmanjševati. Spodbujati se je začela lastna proizvodnja s samooskrbnimi sončnimi elektrarnami po sistemu letnega obračuna (Net-metering), ki je imela dobro promocijsko podporo. Z analizo obratovalne sheme 2009–2023 smo ugotovili, da je v Sloveniji uveljavljena spodbudna politika za investicije v fotovoltaike. Leta 2022 je bilo za 32,7 % delež proizvedene električne energije iz obnovljivih virov energije izplačano 55,5 % vseh podpor, leta 2023 pa za 30,6 % delež proizvedene električne energije iz obnovljivih virov energije izplačano 37 % vseh podpor. Cena za zagotovljen odkup električne energije iz fotovoltaičnih elektrarn se je v obdobju 2022–2023 izenačila s ceno energije za gospodinjstvo iz javnega omrežja, zato se širi rast investicij.*

*Predstavljamo razvoj novih tehnologij v fotovoltaični industriji, pregled fotovoltaičnega trga v Sloveniji, spreminjajoči regulatorni vidik pri podporah za investicije. Pomembni so svetovanje pri odločitvi za investicijo, kvalitetna tehnična izvedba in odzivnost izvajalca pri vzdrževanju. Izdelali smo ekonomsko analizo upravičenosti vlaganj v izgradnjo fotovoltaične elektrarne, kjer smo upoštevali tehnični, ekonomski in okoljski vidik. S pomočjo ekonomskih metod neto sedanje vrednosti investicije, interne stopnje donosnosti ter statičnih in dinamičnih kazalnikov učinkovitosti in uspešnosti projekta smo ugotovili ekonomske učinke v normalnih pogojih ter pri različnih stanjih z vidika tveganja in z upoštevanjem dodatnih koristi s Cost Benefit analize.*

*Ključne besede: sončna elektrarna, fotovoltaika, tveganja, statistična analiza, ekonomska analiza, ekonomski kazalniki, Cost Benefit analiza*

## **MODERN APPROACHES TO ELECTRICITY SUPPLY WITH PHOTOVOLTAIC POWER PLANTS**

### **Abstract**

*By the end of 2023, there were 48,021 photovoltaic power plants in Slovenia with a total installed capacity of 1,121.7 megawatts. According to the consents granted, another 70,000 self-supplying solar power plants will be connected by the end of 2024, representing an 8% share of the total 870,000 households. In the past, feed-in tariffs for PV power generation with guaranteed buy-back or operational support were very profitable, but then as feed-in tariffs fell, investments started to decline. Self-generation by self-sustaining solar plants under the annual billing system (Net-metering) was promoted and well supported by promotional incentives. The analysis of the 2009-2023 operating scheme has shown that there is an incentive policy in place for PV investment in Slovenia. In 2022, 55.5% of total support was paid for the 32.7% share of electricity produced from renewable energy sources, and in 2023, 37.9% of total support was paid for the 30.6% share of electricity produced from renewable energy sources. The price for the guaranteed purchase of electricity from PV power plants has been brought on a par with the price of electricity for households from the public grid in the period 2022–2023, so the growth of investments is expanding. We present the development of new technologies in the photovoltaic industry, an overview of the photovoltaic market in Slovenia, and the changing regulatory*

*aspect of investment support. The importance of investment advice, quality technical implementation and the responsiveness of the contractor in maintenance. We have carried out an economic analysis of the viability of investing in the construction of a PV power plant, taking into account technical, economic and environmental aspects. Using the economic methods of net present value of the investment, internal rate of return and static and dynamic indicators of project efficiency and effectiveness, we have established the economic effects under normal conditions and under different risk conditions, taking into account the additional benefits of the Cost Benefit Analysis.*

*Keywords: solar power plant, photovoltaics, risks, statistical analysis, economic analysis, economic indicators, Cost Benefit Analysis*

## 1.1 UVOD

Slovenija se je v nacionalnem cilju rabe obnovljivih virov (OVE) do leta 2030 zavezala, da bo dosegla najmanj 27 % delež OVE v končni bruto rabi energije. Skladno z Nacionalnim energetske in podnebni načrtom (NEPN) (Vlada RS 2020) so bili določeni tudi sektorski ciljni deleži za sektor toploto in hlajenje 41,4 %, za sektor električna energija 43,3 % in za sektor promet 20,8 % (delež biogoriv je vsak 11 %) (Energetika-portal.si, 2024). Načini proizvodnje električne energije iz obnovljivih virov so: hidroelektrarne, fotovoltaika – sončne elektrarne, vetrne elektrarne, bioplinarne, elektrarne na lesno biomaso in podobno. Za gospodinjstva je najbolj zanimiva možnost sončna elektrarna za samooskrbo. Temu je bila naklonjena tudi zakonodaja.

Izgradnja sončnih elektrarn je bila pred 16 leti finančno zahtevna, saj je bila cena naložbe šestkrat višja in je leta 2008 dosegala 6.000 EUR na instaliran kW moči. S politiko spodbujanja izgradnje takrat maloštevilnih sončnih elektrarn je država z zagotovljenim odkupom električne energije iz obnovljivih virov energije zagotovila višje odkupne cene za 15-letno obdobje. Sredstva za subvencionirano proizvedeno električno energijo so se zbirala z uvedenim prispevkom za obnovljive vire energije (OVE) in soproizvodnjo toplote in elektrike (SPTE) na vseh računih odjemalcev. Zaradi eksponentne rasti izgradnje sončnih elektrarn je obstajala bojazen, da bo teh sredstev začelo primanjkovati. Zato je Vlada RS sprejela rigorozno zniževanje zagotovljenih odkupnih cen električne energije iz sončnih elektrarn v letu 2012, kar je posledično vplivalo na številčno izgradnjo in po mejnem datumu 30. 6. 2012 občutno zmanjšanje gradnje fotovoltaičnih elektrarn. Sledila so leta stagnacije do sprejetja novega modela spodbujanja izgradnje fotovoltaičnih elektrarn z »Net-meteringom« (samooskrbo) leta 2017, ki je z letnim obračunom trajal do konca leta 2023.

## 1.2 PREGLED LITERATURE

Fotovoltaika ni samo razvoj sončnih celic in modulov, temveč obsega zelo širok industrijski spekter od razvoja materialov, tehnologij, gradnikov, industrijskih procesov, inženiringa, konstruiranja, montaže, logistike, bančnih in zavarovalniških storitev do varovanja in vzdrževanja. Na začetku, ko je strošek fotovoltaičnih (PV) modulov znašal več kot polovico investicije, je bila glavnina razvoja namenjena izboljševanju učinkovitosti sončnih celic in zniževanju stroškov proizvodnje PV-modulov. Danes je njihov strošek v investiciji sončne elektrarne le še četrtinski, zaradi česar se optimizacija in zniževanje stroškov preusmerja na področje razsmernikov in druge podporne in varnostne elektronske opreme (Borzen, 2016).

### 1.2.1 Elementi sončne elektrarne

Sončna elektrarna je zgrajena iz treh glavnih sklopov gradnikov: PV-moduli, razsmerniki in druga oprema. PV-moduli so generatorji enosmerne električne moči, razsmerniki pa pretvarjajo enosmerno moč v izmenično in skrbijo, da sončna elektrarna deluje čim bolj učinkovito in zanesljivo. Proizvodnja razsmernikov se podobno kot proizvodnja PV-modulov počasi seli v Azijo, kljub temu pa glavni proizvajalci še vedno ostajajo v Evropi in Ameriki. Poleg klasičnih razsmernikov so se v zadnjih letih na trgu pojavili tako imenovani mikrorazsmerniki, ki se namestijo na vsak PV-modul posebej. Mikrorazsmerniki so namenjeni predvsem manjšim fotovoltaičnim sistemom in sistemom, kjer se proizvodnja med moduli, zaradi senčenja ali konfiguracije elektrarne, razlikuje oziroma čez dan časovno spreminja (Borzen, 2016).

Med drugo opremo sodijo vsa zaščita (strelovodna, nadtokovna, prenapetostna), proizvodnja vodnikov in podporne konstrukcije. Predvsem razvoj zaščitnih elementov je za nemoteno in varno delovanje sistemov izrednega pomena (Obnovljivi viri energije v Sloveniji, 2016).

Poznamo različne tehnologije izdelave ter več vrst fotonapetostnih modulov. Mednje uvrščamo: klasične debeloslojne module, tankoslojne module, koncentratorske module ter ostale. Primerov uporabe fotovoltaičnih sistemov je v svetu zelo veliko, zato naj omenimo le nekatere. Julija 2010 je bila v južnem tropskem delu Indije, na javno električno omrežje priključena nova sončna elektrarna. Ta zagotavlja električno energijo za pogon vodnih črpalk, ki služijo za namakanje okrog 485 hektarov polj v sušnem obdobju. Zgrajena je bila z namenom, da olajša življenje lokalnim, pretežno kmečkim prebivalcem.

Elektrarno sestavlja dve sončni polji, kateri sta postavljeni na nerazvitem območju. Vsako izmed njih ima približno 3 MW nominalne moči letno. To je največja sončna elektrarna, ki trenutno stoji na vzhodnem območju pod ekvatorjem. Skupni stroški postavitve celotnega sončnega sistema so bili ocenjeni na znesek med devetimi in enajstimi milijardami evrov (Beneking, 2010a).

### 1.2.2 Rast vlaganj v fotovoltaične elektrarne

Nemci so v manjšem češkem mestu Stibro financirali ter zgradili sončno elektrarno z močjo 13,6 MW na leto. Elektrarna je sestavljena iz fotonapetostnih modulov ter ostalih pripadajočih elementov, ki so bili izdelani na Kitajskem. Konec septembra leta 2009 je bila elektrarna priključena na javno omrežje, celoten projekt zasnove in postavitve pa je stal 50 milijonov evrov.

Zanimivost tega projekta je, da je elektrarna zgrajena na bivšem vojaškem območju, ki je uničeno in kot tako za kmetijstvo neuporabno (Beneking, 2010).

Avstralija ima odlične pogoje za izkoriščanje sončne energije, zato bi lahko proizvedla med 1.200 in 1.800 kWh elektrike na letni ravni. Zaradi teh dejstev je avstralska vlada v letih 2008 in 2009 v program za spodbujanje posameznikov, da vlagajo v lastne fotonapetostne sisteme, vložila zelo veliko denarja. Finančna sredstva so ponujali v obliki ugodnih posojil, dolgotrajno subvencionirane odkupne cene elektrike in drugače. Posameznim gospodinjstvom so takrat ponujali kar 7.300 \$ (5.697 €) za 1 kW pridobljene moči.

Zaradi take aktivne politike zvezne vlade ter vlad posameznih dežel Avstralije se je trg z elektriko, pridobljeno s pomočjo fotonapetostnih sistemov v letu 2010 izjemno povečal. K temu uspehu je veliko pripomogla tudi stranka zelenih, namreč kot edina politična stranka v tej državi spodbuja državno pomoč posameznikom, ki se odločajo za izrabo sončne energije. Stranka je

namreč na parlamentarnih volitvah leta 2010 prejela veliko število glasov. Zato se je s stranko laburistov, ki so takrat sestavljali zvezno vlado dogovorila, da v zameno za njihovo podporo vlada nameni več denarnih sredstev za vzpodbujanje svojih državljanov, da ti začnejo bolj vlagati in uporabljati fotovoltaike, kot obnovljiv vir energije. Prav zaradi tega v Avstraliji velja načelo, da če na strehi svojega domovanja nimaš nameščenega lastnega fotonapetostnega sistema, preprosto zaostajaš za drugimi (Hering, 2010).

V Sloveniji sledimo tem trendom, saj je izgradnja sončnih elektrarn presegla vsa pričakovanja. Po uradnih podatkih je bilo do 26. marca 2012 registrirano kar 1.551 sončnih elektrarn, s skupno inštalirano močjo 105,243 MW (Papler, 2012). Konec leta 2023 je bilo v Sloveniji 48.021 fotovoltaičnih elektrarn z instalirano močjo 1.121,7 MW.

Na območju gorenjske regije, ki predstavlja 10 % slovenskega območja in 10 % po številu prebivalstva je bilo do konca leta 2018 zgrajeno 616 sončnih elektrarn s skupno instalirano močjo 27.045 kW, so se v obdobju 2016-2018 razširile samooskrbne sončne elektrarne. Konec leta 2018 je bilo na Gorenjskem 260 samooskrbnih sončnih elektrarn s skupno instalirano močjo 2.413 kW.

Pri samooskrbnih sistemih sta sončna elektrarna in toplotna črpalka najboljša kombinacija pri poslovnem modelu neto meritev, ki se poračunava na letnem nivoju (Papler, 2019).

### 1.2.3 Razvoj novih tehnologij

Fotovoltaične celice se izdelujejo iz različnih polprevodnih materialov. Glavna lastnost, po katerih jih ločujemo med seboj, je njihova sposobnost pretvorbe energije sonca v električno energijo. V glavnem ločimo naslednje vrste fotovoltaičnih celic: celice, ki so izdelane iz kristalnega silicija, tankoslojne sončne celice, hibridne sončne celice in nanostrukturne sončne celice (Papler, 2012).

Podrobnejši pregled posameznih vrst in tehnologij izdelave sončnih celic ter njihovih izkoristkov je prikazan v tabeli 1.1.

*Tabela 1.1: Vrste in tehnologije izdelave fotovoltaičnih celic*

| <b>Vrste in tehnologije izdelave sončnih celic</b> |                                    | <b>Izkoristek sončne celice (%)</b> |                              |
|----------------------------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|------------------------------|
|                                                    |                                    | <b>Laboratorijske izvedbe</b>       | <b>Komerencialne izvedbe</b> |
| <b>Iz kristalnega silicija</b>                     | monokristalne                      | 22,7                                | 16,0                         |
|                                                    | polikristalne                      | 20,3                                | 16,0                         |
|                                                    | polikristalne v obliki traku (EFG) | 19,7                                | 13,1                         |
| <b>Tankoslojne</b>                                 | iz amorfne silicija (*)            | 13,2                                | 7,5                          |
|                                                    | iz baker-indijevega diselenida     | 19,9                                | 12,3                         |
|                                                    | iz kadmijevega telurida (CdTe)     | 16,5                                | 11,0                         |
|                                                    | mikrokristalne                     | 15,2                                | 7,6                          |
|                                                    | mikroamorfne (*)                   | 13,0                                | 11,2                         |
| <b>Hibridne (HIT)</b>                              |                                    | 23,0                                | 17,4                         |
| <b>Nanostrukturne</b>                              | iz baker-indijevega diselenida     | 14,0                                | 10,0                         |
|                                                    | senzibilizirane z barvo (Gratzel)  | 12,0                                | 5,0 (**)                     |
|                                                    | polimerne                          | 7,9                                 | 1,7                          |

Vir: Papler, 2012

Opombe: (\*) podatki veljajo za stabilizirano stanje, (\*\*) celice se izdelujejo v omejenih serijah

V tabeli 1.1 vidimo, da imajo sončne celice, ki so narejene iz monokristalnega silicija, sorazmerno visok izkoristek, saj lahko izkoriščajo energijo sonca tudi pri difuzni svetlobi. Ker je silicij v naravi široko dostopen, je tehnologija izdelave teh celic močno razvita. To je tudi glavni razlog za njihovo veliko razširjenost v praksi. Žal je cena končnega izdelka precej visoka, predvsem zaradi velike porabe energije in kar polovičnih izgub materiala, ki nastajajo pri rezanju silicijevih ingotov.

Fotovoltaične celice izdelane iz polikristalnega silicija ter polikristalne celice v obliki traku imajo nekaj manjše izkoristke v primerjavi s predhodnimi. Zaradi enostavnejšega postopka izdelave ter manjše porabe energije in materiala je njihova končna cena nižja od monokristalnih sončnih celic.

V svetu se veliko naporov vlaga v t. i. tankoplastne tehnologije. Vzrok za to je v zniževanju stroškov izdelave fotonapetostnih modulov. Da se pokrije energija, ki je potrebna za izdelavo enega modula, mora ta delovati dve do tri leta. Svetovni tržni delež tankoplastnih tehnologij znaša okrog 20 odstotkov, proizvodni stroški pa so skoraj trikrat nižji od klasičnih. Tehnologija ima tudi nekaj težav kot so: degradacija moči, zahtevnejše ožičenje itn., zaradi česar se težje uveljavlja v praksi (Lebar, 2011).

Amorfne sončne celice imajo nižje izkoristke, so pa zato cenejše od kristalnih, ker je postopek izdelave enostavnejši in je poraba energije manjša. Celice so precej neodporne na sončno svetlobo, zato se njihov izkoristek s časom zmanjšuje vse tja do štirih odstotkov. Življenjska doba teh celic je krajša.

Celice izdelane iz baker indijevega diselenida (CIS) sodijo med tankoslojne sončne celice. So tanjše od amorfnih celic in imajo precej visok izkoristek. Uporabljajo se pretežno v laboratorijih in še niso v komercialni prodaji. Njihova slaba stran je, da je indija v naravi malo ter da se za njihovo izdelavo uporablja vodikov selenid, ki je zelo strupen in zdravju škodljiv. V to skupino lahko štejemo tudi celice izdelane iz kadmijevega telurida, saj sta obe spojini zelo strupeni ter nevarni za ljudi in okolje.

Mikrokristalne celice se izdelujejo z nanosom tanke plasti silicija na osnovni material pri temperaturah 900-1000 °C, zato nastanejo mikrostrukture. Pri makroamornih celicah pa se silicij nanaša pri nižjih temperaturah med 200-500 °C, kar omogoča uporabo cenejših osnovnih materialov (Papler, 2012).

Posebnost hibridnih sončnih celic (HIT) je t. i. heterospoj. Take celice imajo sicer precej visok izkoristek, vendar se v praksi manj uporabljajo. V zadnjem času se pojavljajo nove, naprednejše tehnologije izdelave sončnih celic. Mednje zagotovo sodijo tudi nanostrukturne celice.

Nanostrukturne ali Gratzlove sončne celice, ki so senzibilizirane z barvo, bi lahko predstavljale celice prihodnosti. Celice posnemajo pretvorbo sončne energije v rastlinskih celicah. Narejene so iz titanovega dioksida z dodatkom ustreznega barvila. Njihovi glavni prednosti sta nestrupenost uporabljenih materialov in cena, zato veljajo za veliko konkurenco klasičnim sončnim celicam (Papler, 2012).

Treba je poudariti, da se z uporabo vedno novih materialov in sodobnejših tehnologij izdelave izkoristki sončnih celic iz leta v leto povečujejo. Najnovejša tehnologija za izdelavo sončnih celic, ki se trenutno razvija v svetu, je uporaba polimerov. Uporaba teh materialov je lahko z gospodarskega in sociološkega vidika zelo pomembna, saj z enostavnejšimi postopki izdelave in cenejšimi materiali znatno znižamo stroške izdelave. Na tak način bistveno pocenimo končni izdelek ter povečamo njegovo dostopnost na tržišču. S povečanim povpraševanjem po teh izdelkih se ob hkratni skrbi za naše okolje ustvarjajo nova in prepotrebna delovna mesta.

Na Univerzi UCLA v Kaliforniji (ZDA) so tamkajšnji raziskovalci izdelali novo generacijo polimernih sončnih celic, ki so sestavljene iz dveh slojev. Prva plast proizvaja električno energijo iz vidne, druga pa iz infrardeče svetlobe. Celice v nasprotju s predhodnimi, ki so dosegale 8,6-odstotni izkoristek, danes pretvorijo kar 10,6 odstotka sončne svetlobe v električno energijo. Prednost teh celic je, da so zelo lahke, elastične in prilagodljive. Njihova izdelava pa je poceni in dokaj preprosta, saj se dajo natisniti. Žal je še vedno njihova največja pomanjkljivost nizek izkoristek, če jih primerjamo s klasičnimi silicijevimi celicami. Glavni cilj strokovnjakov na tej univerzi je poiskati način, kako sestaviti polimerno sončno celico, da bo konkurenčna tankim silicijevim celicam. Pri svojem delu se soočajo z velikimi težavami, ki nastajajo pri spajanju več plasti med seboj (Tavčar, 2012).

Do sedaj so se v glavnem izdelovale sončne celice iz kristalnega silicija. Zaradi rezanja ingotov na zelo tanke rezine prihaja do skoraj polovičnega izmeta materiala. Poleg tega so rezine zelo krhke, zato zelo rade pokajo. Vse navedeno predstavlja izdelovalcu velike težave in pomeni visoke stroške, kar se močno odraža v končni ceni izdelka na tržišču. Opisane težave je odpravilo mlado podjetje Twin Creeks iz ZDA, katerega strokovnjaki so razvili novo tehnologijo izdelave silicijevih rezin s pomočjo ionskega topa, poimenovanega Hiperion. Po tem postopku lahko izdelajo desetkrat tanjše in prilagodljive sončne celice ter tako prepolovijo dosedanje ceno izdelave klasičnih sončnih celic.

Proces izdelave teh celic poteka v posebnem pospeševalniku delcev in v peči. Pospeševalnik bombardira silicijeve rezine z vodikovimi ioni. Zaradi natančno nadzorovane napetosti pospeševalnika se na površino vsake od teh rezin nakopiči točno 20 mikrometrov debela plast ionov. Nato robotska roka odnese več rezin hkrati v peč, kjer se ioni razpustijo v vodikov plin. Tako nastanejo 20 mikrometrov debele rezine silicija. Kasneje te rezine zapečejo na kovinsko podlogo, da jih tako utrdijo. Preostanek tri milimetrске rezine gre pozneje ponovno v obdelavo in tako se začne nov proizvodni cikel izdelave sončnih celic.

Zaradi manjše debeline rezin in manj odpadnega materiala so v podjetju Twin Creeks občutno znižali stroške proizvodnje. Pospeševalnik, ki je desetkrat močnejši od ostalih na tržišču, so morali razviti posebej v ta namen. Cena enega vata moči tako izdelane sončne celice naj bi znašala okrog 40 centov. To je približno pol ceneje od cene celic, ki jih trenutno izdelujejo na Kitajskem (Gorjup, 2012, E-svet–Poslovni svet, 2012).

### 1.3 MATERIALI IN METODE DELA

**Statistična analiza:** ključne značilnosti podatkov so izražene s pomočjo metod opisne statistike. Za primerjanje in analizo količinskih podatkov instalirane moči in proizvodnje električne energije v časovni vrsti izračunamo indekse, povprečne vrednosti in deleže (%).

**Merjenje upravičenosti investicijskih vlaganj:** investicijske odločitve je treba presoati z vidika, ali so denarni prilivi večji od denarnih odlivov (razen v nekaterih izjemnih primerih, ko na primer analiziramo okoljevarstvene naložbe, kjer so stroški običajno višji od koristi). V literaturi zasledimo različne razvrstitve sodil za ugotavljanje uspešnosti naložbe (Bizjak 1996; 2004). Običajno se uporablja delitev na statične in dinamične metode ocenjevanja. Osnovni kriterij za delitev je vključevanje časovne dimenzije denarja v presojo investicije. Statični kriteriji povsem zanemarijajo časovno komponento ali jo upoštevajo le delno, pri dinamičnih metodah pa z diskontiranjem bodočih denarnih tokov na začetni trenutek naredimo zneske primerljive (Papler, Bojnec, 2012).

**Ekonomsko vrednotenje** smo izvedli z vidika načrtovanih stroškov in prihodkov ter ekonomskih učinkov, ki jih merimo s kazalci. Ocenili smo tveganja in odstopanja glede na spremenjene vhodne parametre (stroški, prihodki, prihranki). Uporabili smo primerjalno analizo ekonomskih metod in kazalnikov v normalnih pogojih pri tveganjih in koristih (Cost Benefit analiza). Investicijo smo ocenili z ekonomskimi metodami interno stopnjo donosnosti (ISD), neto sedanjo vrednostjo (NSV), dobo vračanja naložbe ( $EDV=t$ ) ter kazalniki učinkovitosti in uspešnosti: kazalnik gospodarnosti ali ekonomičnosti (E), kazalnik donosnosti ali rentabilnost naložb (D) in kazalnik donosnosti odhodkov ali rentabilnost vseh sredstev (Do).

## 1.4 REZULTATI

### 1.4.1 Fotovoltaični trg v Sloveniji

Leta 2023 je bila na območju Slovenije presežena meja 1 gigavat (GW) inštaliranih moči postavljenih fotovoltaičnih elektrarn. S tako rastjo je bila Slovenija dejansko ena izmed vodilnih držav v Evropski uniji glede na kazalec postavljene kapacitete fotovoltaičnih elektrarn na prebivalca. Podatki o fotovoltaičnem trgu v Sloveniji za leto 2023 so v tabeli 1.3.

V letu 2024 bo tudi proizvodnja električne energije iz sonca presegla 1 teravatno uro (TWh), pri čemer lasten odjem električne energije pri samooskrbi ni upoštevan, saj gre za notranjo porabo. Številni akterji so prepoznali pomen in prednosti zelenega prehoda, zato se pričakuje podobna rast izgradnje fotovoltaičnih elektrarn tudi v prihodnjih letih.

Do leta 2030 bo v Sloveniji po napovedi ambicioznih ciljev Nacionalnega energetskega in podnebne načrta (NEPN) obratovalo približno 3500 MW fotovoltaičnih elektrarn.

*Tabela 1.2: Podatki o fotovoltaičnem trgu v Sloveniji leta 2023*

|                                                                            |                        |
|----------------------------------------------------------------------------|------------------------|
| Število novih fotovoltaičnih elektrarn                                     | 17.228                 |
| Skupna moč fotovoltaičnih elektrarn v letu 2023                            | 486,4 MW               |
| Število vseh fotovoltaičnih elektrarn                                      | 48.021                 |
| Skupna moč vseh fotovoltaičnih elektrarn                                   | 1.121,7 MW             |
| Proizvedena električna energija iz fotovoltaičnih elektrarn l. 2023        | 598 GWh                |
| Delež proizvedene električne energije iz fotovoltaičnih elektrarn          | 4,1 %                  |
| Primerjava deleža iz fotovoltaičnih elektrarn 2023/2022 (5 %)              | -0,9 odstotne točke    |
| Letni prihranek emisij CO <sub>2</sub> pri proizvodnji električne energije | 394 kt CO <sub>2</sub> |
| Število zaposlenih ljudi na področju fotovoltaike                          | >2000                  |
| Število podjetij                                                           | >200                   |
| Število raziskovalcev na področju fotovoltaike                             | >30                    |
| Letni promet                                                               | >500 mio EUR           |
| Delež letnega prometa, ki se nameni za raziskave                           | 0,1 – 10 %             |
| Povprečje moči fotovoltaičnih elektrarn                                    | 534 W/preb.            |

Vir: PV portal, 2024

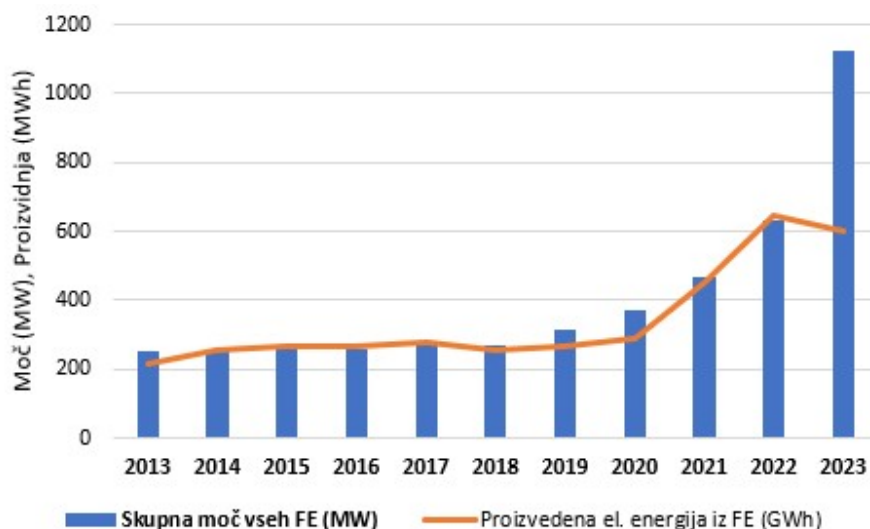
### 1.4.2 Investicije v fotovoltaične elektrarne in subvencije

Fotovoltaične elektrarne, ki so v letih spodbujanja vključile v podporno shemo, so pridobile

subvencije za zagotovljen odkup ali obratovalno podporo proizvedene električne energije za dobo 15 let. Rast skupne instalirane moči in proizvedene električne energije iz fotovoltaičnih elektrarn v obdobju 2013–2023 je prikazana na sliki 1.1.

Fotovoltaične elektrarne so leta 2022 proizvedle 261,5 GWh električne energije (32,7 % delež) za kar je bilo izplačano 52,6 milijona EUR (55,5% podpor). Leta 2023 so proizvedle 206,9 GWh električne energije (30,6 % delež) za kar je bilo izplačano 40,7 milijona EUR (37,9 % podpor).

*Slika 1.1: Skupna moč in proizvedena električna energija iz fotovoltaičnih elektrarn v Sloveniji v obdobju 2013–2023*

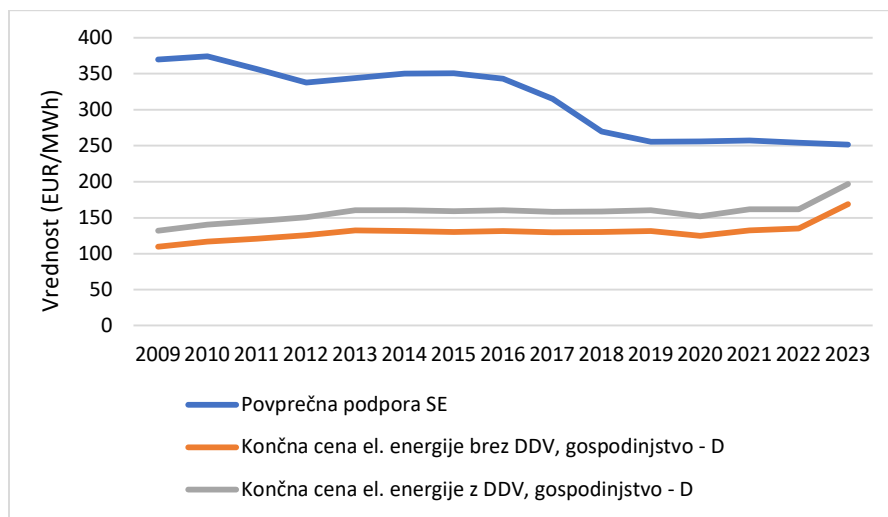


Vir: PV portal, 2024; lastni izris

### 1.4.3 Analiza cen električne energije in podpore za proizvodnjo iz sončnih elektrarn

Povprečna podpora proizvodnje električne energije iz fotovoltaičnih elektrarn se je od leta 2009 s ceno 369,80 EUR/MWh z vstopom novih fotovoltaičnih elektrarn z nižjimi subvencijami do leta 2023 znižala za 32 % na 251,74 EUR/MWh (slika 1.2). Tej višini se približuje povprečna končna cena električne energije za gospodinjstvo (skupina D), ki je leta 2023 znašala 196,97 EUR/MWh (slika 1.3). Na dolgi rok, ko se bodo cene električne energije še zviševale, bodo finančni prihranki še višji.

Slika 1.2: Gibanje cen električne energije za gospodinjstvo in podpora za sončne elektrarne v Sloveniji v obdobju 2009–2023



Vir: Borzen, 2024, SURS, 2024; lasten izris

#### 1.4.4 Tehnična izvedba

*Solarni modul:* monokristalni in polikristalni, transparentni in antirefleksni.

*Življenjska doba:* med 30 in 50 leti; skoraj 80 % PV modulov traja dlje od časa trajanja njihove garancije.

*Čiščenje:* na vsake 3 do 4 leta; izkoristek večji za 10 %; daljša življenjska doba PV modulov; znižana možnost vročih točk.

*Sestava:* PV moduli, optimizatorji, razsmernik, električna omarica, AC obremenitve, števec in javno omrežje.

Slika 1.3: Montaža fotovoltaičnih modulov izvajalcev Elektro Požun (levo) in montaža razsmernikov in merilnega mesta (desno)



Vir: Drago Papler, 2024

**Tabela 1.3.: Dimenzioniranje fotovoltaične elektrarne**

| <i>Specifični podatki</i>                | <i>Količine</i>                                                                                                                         |
|------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Površina strehe za namestitev PV modulov | 230 m <sup>2</sup>                                                                                                                      |
| Nazivna moč elektrarne                   | 34,9 kW                                                                                                                                 |
| Naklon strehe                            | 35 stopinj                                                                                                                              |
| Število modulov                          | 120, Luxor Solar P60/275 W                                                                                                              |
| Razsmernik                               | KACO Powador 36.0 TL3                                                                                                                   |
| Specifična letna proizvodnja             | 1.030 kWh/kW                                                                                                                            |
| Letna proizvodnja                        | 36.003 kWh                                                                                                                              |
| Življenjska doba elektrarne              | 25 – 30 let                                                                                                                             |
| Življenjska doba razsmernikov            | 15 let                                                                                                                                  |
| Moč modulov zaradi starosti upada        | za 1 % na leto do 20. leta – 80 %                                                                                                       |
| Dejavniki tveganja                       | nihanje sončnega sevanja, ekstremni vremenski pojavi, nihanja v ceni el. energije, zahtevno vzdrževanje, požarna varnost in zavarovanje |

Lastni vir, 2024

Vhodni podatki za investicijo so prikazani v tabeli 1.3 in 1.4.

**Tabela 1.4: Vhodni podatki investicije**

| <i>Elementi</i>       | <i>Enota</i> | <i>Normalno stanje</i> | <i>Tveganje<br/>+10 % N, +10 % So,<br/>-10 % Sd</i> | <i>CBA 1<br/>Cena CO<sub>2</sub><br/>31,4 EUR/t</i> |
|-----------------------|--------------|------------------------|-----------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|
| Investicija (N)       | EUR          | 51.000                 | 56.100                                              | 51.000                                              |
| Letni prihodki        | EUR          | 5.768                  | 5.191                                               | 6.345                                               |
| Letni odhodki         | EUR          | 520                    | 572                                                 | 520                                                 |
| Letni donos (d)       | EUR          | 5.248                  | 4.619                                               | 5.825                                               |
| Celotni prihodki (Sd) | EUR          | 127.473                | 114.726                                             | 140.231                                             |
| Celotni stroški (So)  | EUR          | 70.000                 | 76.400                                              | 70.000                                              |
| Proizvodnja (Q)       | kWh          | 36.050                 | 32.445                                              | 36.050                                              |

Lastni vir, 2024

Denarni tokovi so ključni koncept v ekonomiji, ki se nanaša na gibanje denarnih sredstev ali gotovine v podjetju, organizaciji ali pri projektu. Denarni tokovi analizirajo vpliv različnih dejavnikov na prihodke in izdatke ter omogočajo oceno finančnega stanja in donosnosti.

Skupni denarni tok je celoten denarni prihodek in denarni odliv v določenem obdobju. Skupni denarni tok zajema vse prihodke in izdatke, ki jih je projekt ustvaril v nekem obdobju. Pri analizi skupnih denarnih tokov proučujemo, ali je neto rezultat pozitiven (več prihodka od naložbe kot odhodka) ali negativen (več odhodkov kot prihodkov).

Realni denarni tok je celoten denarni prihodek in denarni odliv v določenem obdobju s stališča investitorja. Na podlagi realnega denarnega toka izračunamo ekonomske kazalnike (tabela 1.5).

*Tabela 1.5: Ekonomski kazalniki investicije: normalno stanje, tveganja, Cost Benefit analiza 1*

| <i>Ekonomske metode in kazalniki</i>                             | <i>Enota</i> | <i>Normalno stanje</i> | <i>Tveganje<br/>+10 % N, +10 % So,<br/>-10 % Sd</i> | <i>CBA 1<br/>Cena CO<sub>2</sub><br/>31,4 EUR/t</i> |
|------------------------------------------------------------------|--------------|------------------------|-----------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|
| Enostavna soba vračanja sredstev – EVS                           | leto         | 9,72                   | 12,14                                               | 8,75                                                |
| Neto sedanja vrednost – NSV                                      | EUR          | 30.572                 | 14.994                                              | 40.099                                              |
| Finančna diskontna stopnja – r za NSV                            | %            | 2,5                    | 2,5                                                 | 2,5                                                 |
| Relativna neto sedanja vrednost – RNS                            | 0            | 0,60                   | 0,27                                                | 0,79                                                |
| Interna stopnja donosnosti – ISD                                 | %            | 7,59                   | 4,90                                                | 8,98                                                |
| Kazalnik gospodarnosti ali ekonomičnosti – E                     | -            | 1,47                   | 1,21                                                | 1,62                                                |
| Kazalnik donosnosti ali rentabilnosti naložb – D                 | %            | 59,9                   | 26,7                                                | 78,6                                                |
| Kazalnik donosnosti odhodkov ali rentabilnost vseh sredstev – Do | %            | 47,3                   | 21,2                                                | 62,1                                                |

Lastni vir, 2024

Ekonomski kazalci investicije so izračunani v tabeli 1.5 za normalno stanje in tveganje pri 10 % višji naložbi, 10 % višjih stroškov in 10 % nižjih donosih (prihrankih) ter Cost Benefit analiza, ki upošteva ceno emisijskih kuponov 31,4 EUR/t.

V tabeli 1.6 so rezultati za več variant, ko se je spreminjala cena emisijskih kuponov: 24,3 EUR/t, 52,89 EUR/t in na 80 EUR/t (MOP 2021, 2022, 2023; MOPE 2024).

Enostavna doba vračanja investicije je v normalnem stanju 9,72 let, pri tveganjih 12,14 let, pri simulaciji dodatnih družbenih koristi zelenega prehoda pa se znižuje.

Interna stopnja donosnosti investicije v normalnih pogojih je 7,59 %, pri tveganjih pri scenariju (+10 % N, +10 % So, -10 % Sd) se zniža za 2,69 odstotne točke na 4,90 %, kar je še vedno sprejemljivo za investitorja, saj je za 2,4-odstotne točke več od diskontne stopnje 2,5 %. Pri Cost Benefit analizi se interna stopnja donosnosti poveča glede na cene emisijskih kuponov od 1,39 do 3,11 odstotne točke.

*Tabela 1.6: Ekonomski kazalniki investicije: Cost Benefit analiza 2, 3, 4*

| <i>Ekonomske metode in kazalniki</i>                             | <i>Enota</i> | <i>CBA 2<br/>Cena CO<sub>2</sub><br/>24,3 EUR/t</i> | <i>CBA 3<br/>Cena CO<sub>2</sub><br/>52,89 EUR/t</i> | <i>CBA 4<br/>Cena CO<sub>2</sub><br/>80 EUR/t</i> |
|------------------------------------------------------------------|--------------|-----------------------------------------------------|------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|
| Enostavna soba vračanja sredstev – EVS                           | leto         | 8,96                                                | 8,0                                                  | 7,59                                              |
| Neto sedanja vrednost – NSV                                      | EUR          | 37.948                                              | 46.620                                               | 54.846                                            |
| Finančna diskontna stopnja – r za NSV                            | %            | 2,5                                                 | 2,5                                                  | 2,5                                               |
| Relativna neto sedanja vrednost – RNS                            | 0            | 0,74                                                | 0,91                                                 | 1,08                                              |
| Interna stopna donosnosti – ISD                                  | %            | 8,68                                                | 9,80                                                 | 10,70                                             |
| Kazalnik gospodarnosti ali ekonomičnosti – E                     | –            | 1,59                                                | 1,72                                                 | 1,85                                              |
| Kazalnik donosnosti ali rentabilnosti naložb – D                 | %            | 74,4                                                | 91,4                                                 | 107,5                                             |
| Kazalnik donosnosti odhodkov ali rentabilnost vseh sredstev – Do | %            | 58,7                                                | 72,1                                                 | 84,9                                              |

Lastni vir, 2024

## 1.5 RAZPRAVA

V Sloveniji se rast fotovoltaičnih elektrarn povečuje. Leta 2022 je bilo skupno število 30.557 fotovoltaičnih elektrarn z instalirano močjo 631,9 MW, leta 2023 pa skupno število 48.021 fotovoltaičnih elektrarn s skupno instalirano močjo 1.121,7 MW.

Odziv investorjev na javni razpis OVE v obdobju 2020–2023 je bil dober. Odobreno je bilo 93 individualnih projektov; povprečna ponujena cena je bila od 75,71 do 81 EUR/MWh.

Delež proizvedene električne energije iz fotovoltaičnih elektrarn je 2,9 % (oz. 3,5 % brez hrvaškega dela NEK) od porabe 16 TWh električne energije.

Letni prihranek pri proizvodnji električne energije je 70 kt ekvivalenta emisij CO<sub>2</sub> (2020) do 394 kt ekvivalenta emisij CO<sub>2</sub> (2023).

Trgovanje s pravicami do emisije toplogrednih plinov je pomemben temelj strategije Evropske unije in njenih članic pri zmanjševanju emisij toplogrednih plinov. Sistem trgovanja poteka v sektorjih industrije, energetike, pomorstva in letalstva in vključuje 11.000 podjetij (upravljalcev naprav, ki povzročajo emisije toplogrednih plinov). Osnovna enota trgovanja je tako emisijska pravica, ki predstavlja tono ekvivalenta ogljikovega dioksida (CO<sub>2</sub> ekv) (GOV.SI,2024).

Leta 2020 je bilo brezplačno razdeljeno 1.611.271 emisijskih kuponov za industrijo, porabljeno 6.095.593 emisijskih kuponov, manjkajoči kuponi so bili kupljeni na trgu. Rast cen emisijskih kuponov je bila od 15 EUR/t (leta 2020), 35 EUR/t (leta 2021) do 80 EUR/t (leta 2022, 2024).

Fotovoltaična industrija v Sloveniji se razvija. Ustvari letni promet 100 milijonov EUR, od tega za raziskave 0,1 do 10 %. Imamo podjetja Bisol Group d.o.o., ETI Elektroelement d.d., Metrel d.o.o. Na področju inštalacij in zdrževanja sončnih elektrarn deluje GEN-I. Na področju fotovoltaike je 200–300 zaposlenih ter 30 raziskovalcev.

Slovenija je dosegla 21,66 % delež OVE (2017), 21,38 % delež OVE (2018), 21,97 % delež OVE (2019), 24,1 % delež OVE (2020). V letih 2020–2022 je bil izveden nakup oz. statistični prenos energije iz OVE od Češke in Hrvaške za doseganje 25 % deleža OVE v bruto končni porabi energije. Slovenija je leta 2023 presegla cilj s 25,3 % deleža OVE. Cilj je doseči 27 % delež OVE v bruto končni rabi energije leta 2027.

## 1.6 ZAKLJUČEK

Fotovoltaika je vse bolj dostopna čista, trajnostna in za vzdrževanje enostavna energetska tehnologija. V Sloveniji bo leta 2024 glede na izdana soglasja 70.000 samooskrbnih fotovoltaičnih elektrarn, kar je 8 % delež od vseh 870.000 gospodinjstev.

Investicija v fotovoltaično elektrarno je smiselna in ekonomsko upravičena ob upoštevanju pravilne izbire tehničnih, ekonomskih in okoljskih parametrov. Preverili smo ključne pogoje, ki vplivajo na donosnost sončnih projektov, tveganja, omejitve in finančne predpostavke.

Najvišje donose dosegajo fotovoltaične elektrarne zgrajene pred leti z zagotovljenim odkupom električne energije ali obratovalno podporo in elektrarne z internim priklopom po shemi PX3. Novejša oblika so samooskrbne fotovoltaične elektrarne, ki so zanimive za investitorje, ki porabijo večje količine električne energije na mestu proizvodnje (prehod na elektromobilnost, uporaba toplotnih črpalk ...). Za razvoj trajnostnega sistema bo treba zmanjšati lasten ekološki odtis.

Na rast cen električne energije vplivajo energetski substituti, kot je zemeljski plin, uvoz in kuponi emisij CO<sub>2</sub>.

## Literatura in viri

- Bizjak, F. (1996). *Tehnološki in projektni management*. Nova Gorica: Grafika Soča.
- Bizjak, F. (2004). *Osnove ekonomike za inženirje: teorija, uporaba, primeri, naloge*. Ljubljana: Fakulteta za strojništvo.
- Borzen (2016). *Obnovljivi viri energije v Sloveniji: prerez časa in prostora*. Ljubljana: Borzen, organizator trga z električno energijo, d.o.o., [www.borzen.si](http://www.borzen.si).
- Borzen (2024). *Poročila Centra za podpore*. Obdobja poročila 2012–2023. Dostopno na naslovu: <https://www.borzen.si/sl/Domov/menu2/Center-za-podpore-proizvodnji-zelene-energije/Poro%C4%8Dila-in-podatki/Poro%C4%8Dila> (24.10.2024)
- Beneking, A. (2010a). Multi-megawatt system in Europe. *Photon International*, September 2010. Dostopno na naslovu: <http://www.photon.magazine.com> (5. 11. 2024)
- Beneking, A. (2010b). Multi-megawatt system in Asia-Pacific. *Photon International*, October 2010. Dostopno na naslovu: <http://www.photon.magazine.com>.
- E-svet–Poslovni svet (2012). *Prihajajo za polovico cenejšje sončne celice?* Dostopno na naslovu: <http://www.caranduser.com/sl/tehnika/novice/izdelava-cenejšjih-sončnih-celic-s-pomočjo-ionskega-topa.html> (23. 10. 2024)
- Energetika-portal.si (2024). Celoviti nacionalni energetske in podnebni načrt. Dostopno na naslovu: <https://www.energetika-portal.si/dokumenti/strateski-razvojni-dokumenti/nacionalni-energetski-in-podnebni-nacrt/predstavitev-nepn/> (3. 11. 2024)
- Energetski zakon (EZ-1). (2019). *Uradni list RS*, št. 60/19, 65/20, 158/20 – ZURE, 172/21 – ZOEE, 204/21 – ZOP, 44/22 – ZOTDS in 38/204 – EZ-2.
- Gorjup, T. (2012). *Izdelava cenejšjih sončnih celic s pomočjo ionskega topa*. Dostopno na naslovu: <http://www.caranduser.com/sl/tehnika/novice/izdelava-cenejšjih-sončnih-celic-s-pomočjo-ionskega-topa.html> (25. 10. 2024)
- Hering, G. (2010). Sunnydays. *Photon International*, September 2010. Dostopno na naslovu: <http://www.photon.magazine.com> (25. 10. 2024)
- Lebar, Brane (2011). *Izdelava cenejšjih sončnih celic s pomočjo ionskega topa*. Dostopno na naslovu: <http://www.caranduser.com/sl/tehnika/novice/izdelava-cenejšjih-sončnih-celic-s-pomočjo-ionskega-topa.html> (4. 11. 2024)
- MOP (2021). *Sklep o povprečni ceni emisijskih kuponov v letu 2020*. Dostopno na naslovu: <https://www.gov.si/assets/ministrstva/MOP/Dokumenti/Podnebne-spremembe/Sklep-o-povprecni-ceni-emisijskih-kuponov.pdf> (27. 1. 2021)
- MOP (2022). *Sklep o povprečni ceni emisijskih kuponov v letu 2021*. Dostopno na naslovu: [https://www.gov.si/assets/ministrstva/MOP/Dokumenti/Podnebne-spremembe/sklep\\_o\\_povprecni\\_ceni\\_emisijskih\\_kuponov\\_2021.pdf](https://www.gov.si/assets/ministrstva/MOP/Dokumenti/Podnebne-spremembe/sklep_o_povprecni_ceni_emisijskih_kuponov_2021.pdf) (11. 11. 2023)
- MOP (2023). *Sklep o povprečni ceni emisijskih kuponov v letu 2022*. Dostopno na naslovu: [https://www.gov.si/assets/ministrstva/MOPE/Okolje/Podnebne-spremembe/sklep\\_o\\_povprecni\\_ceni\\_emisijskih\\_kuponov\\_2022.pdf](https://www.gov.si/assets/ministrstva/MOPE/Okolje/Podnebne-spremembe/sklep_o_povprecni_ceni_emisijskih_kuponov_2022.pdf) (10. 1. 2023)
- MOPE (2024). *Sklep o povprečni ceni emisijskih kuponov v letu 2023*. . Dostopno na naslovu: <https://www.gov.si/assets/ministrstva/MOPE/Okolje/Podnebne-spremembe/Sklep-o-povprecni-ceni-emisijskih-kuponov-v-2023.pdf> (9. 1. 2024)
- MZI (2024). *Subvencionirana proizvodnja električne energije iz obnovljivih virov in v soprodukciji z visokim izkoristkom, Slovenija, letno*. Dostopno na naslovu: <https://www.energetika-portal.si/statistika/statisticna-podrocja/subvencije-v-energetiki/> (17. 10. 2024)
- Papler, D. (2012). *Osnove uporabe solarnih toplotnih in fotonapetostnih sistemov*. Ljubljana: Energetika Marketing d.o.o., strani 197–213.
- Papler, D. (2019). Mikroomrežja s samooskrbnimi proizvodnimi viri kot prepoznana priložnost za elektroenergetski trg. *14. konferenca slovenskih elektroenergetikov*, CIGRE ŠK C5-09, Laško, maj 2019. Ljubljana: Slovensko združenje elektroenergetikov CIGRE-CIRED.
- Papler, D. in Bojnec, Š. (2012). *Naložbe v trajnostni razvoj energetike*. Dostopno na naslovu: <https://www.fm-kp.si/zalozba/ISBN/978-961-266-128-1.pdf> (3. 11. 2024)
- PV portal (2024). *Slovenski portal za fotovoltaike*. Dostopno na naslovu: <http://pv.fe.uni-lj.si/sl/podatki/porocila/> (3. 11. 2024).
- Portal GOV.SI (2024). *Trgovanje s pravicami do emisije v industriji, energetiki, pomorstvu in letalstvu*. Dostopno na naslovu: <https://www.gov.si teme/trgovanje-s-pravicami-do-emisije-v-industriji-energetiki-pomorstvu-in-letalstvu/> (3. 11. 2024)

- SURS (2024). Statistični urad ReS. *Podatkovna baza SI-STAT*. Cene električne energije za gospodinske odjemalce (EUR/kWh), Slovenija, letno. Dostopno na naslovu: <https://pxweb.stat.si/SiStatData/pxweb/sl/Data/Data/1817902S.px/table/tableViewLayout2/> (31. 11. 2024)
- Tavčar, Borut (2012). Plastične sončne celice vse boljše. *Delo*, št. 51, leto 54, 2. 3. 2012, stran 15.
- UL RS (2019). *Uredba o samooskrbi z električno energijo iz obnovljivih virov energije* (Ur. list RS št. 17/2019).
- UL RS (2021). *Zakon o spodbujanju rabe obnovljivih virov energije – ZSROVE* (Ur. list RS št. 121/21, 189/21).
- UL RS (2022). *Akt o metodologiji za obračunavanje omrežnine za elektrooperaterje* (Ur. list RS št. 146/22).
- UL RS (2022). *Uredba o spremembah Uredbe o samooskrbi z električno energijo iz obnovljivih virov energije* (Ur. list RS 197/2020, 43/2022).
- Vlada RS (2020). *Celoviti nacionalni energetski in podnebni načrt Republike Slovenije (NEPN)*. Dostopno na naslovu: [https://www.energetika-portal.si/fileadmin/dokumenti/publikacije/nepn/dokumenti/nepn\\_5.0\\_final\\_feb-2020.pdf](https://www.energetika-portal.si/fileadmin/dokumenti/publikacije/nepn/dokumenti/nepn_5.0_final_feb-2020.pdf) (4. 10. 2024)

**Doc. dr. Drago Papler** je docent za ekonomijo in znanstveno-raziskovalni sodelavec ter zunanji član Katedre za ekonomijo na Fakulteti za management Univerze na Primorskem. Kot predavatelj ekonomije, strateškega managementa, energetskih in proizvodnih sistemov, obnovljivih virov energije ter učinkovite rabe energije je vključen v pedagoško delo v magistrskem programu Gospodarski inženiring na Poslovno-tehniški fakulteti Univerze v Novi Gorici ter v diplomskem programu Varstvo okolja na Visoki šoli za trajnostni razvoj, Ljubljana. Sodeluje v programih Višje strokovne šole B&B in Višje strokovne šole Biotehniškega centra Naklo. Izkušnje ima iz strokovne kariere v gospodarstvu. Zaposlen je bil v Elektru Gorenjska na področju tehnične komercialne investicij distribucijskega omrežja, marketinga in trga z električno energijo. V Gorenjskih elektrarnah je bil vodja investicij, razvoja in projektive ter svetovalec direktorja za raziskave in razvoj ter predstavnik vodstva za kakovost in upravljanje z energijo. Od leta 2021 je vodja Medpodjetniškega izobraževalnega centra Biotehniškega centra Naklo. Njegova raziskovalna področja so: interdisciplinarne študije, ekonomika, management, podjetništvo, kakovost, energetika, obnovljivi viri energije, agroekonomija, turizem. Sodeluje v strokovnih združenjih ter kot predavatelj na konferencah, vodi projekte trajnostnega razvoja in sodeluje v znanstveno-raziskovalnih projektih. Zaključuje drugi doktorat znanosti.

## 2 NAPOVED RABE TOPLOTNE ENERGIJE, POTREBNE ZA DOGREVANJE ZRAKA V MEHANSKEM PREZRAČEVALNEM SISTEMU

Ljupka Vrteva, Petrol d.d., Fakulteta za strojništvo, Univerza v Ljubljani

### **Povzetek**

*V tem prispevku je predstavljena izdelava računalniškega programa za napovedovanje potrebne toplote za dogrevanje zraka v mehanskem prezračevalnem sistemu. Prikazan je postopek izdelave računalniškega programa, ki temelji na urnem spreminjanju temperature zunanega zraka in urniku obratovanja prezračevalne naprave. Pri izdelavi programa smo upoštevali zahteve relativnih tehničnih predpisov in standardov notranjega okolja. Na izbranem mehanskem prezračevalnem sistemu smo opravili meritve in izmerili parametre, ki vplivajo na potrebno toploto za dogrevanje vtočnega zraka. Na podlagi meritev in izračunanih rezultatov potrebne dodatne toplote smo naredili validacijo prototipa računalniškega programa ter numerično in grafično prikazali razloge za morebitna odstopanja. Ugotovili smo, kateri parametri vplivajo na potrebno toploto za dogrevanje zraka v mehanskem prezračevalnem sistemu ter kako zagotavljamo toplotno ugodje v prostoru s čim manjšo rabo energije.*

*Ključne besede: mehansko prezračevanje, dogrevanje vtočnega zraka, napovedovanje potrebne toplote, kakovost zraka, notranje okolje.*

### **PREDICTION OF THE USE OF HEAT ENERGY REQUIRED FOR REHEATING THE AIR IN THE MECHANICAL VENTILATION SYSTEM**

#### **Abstract**

*In this article, we present the creation of a computer program for predicting the required heat for air reheating in a mechanical ventilation system. The process of creating a computer program is shown, which is based on the hourly change of the outside air temperature and the operating schedule of the ventilation device. When developing the program, we took into account the requirements of relative technical regulations and standards of the internal environment. We performed measurements on the selected mechanical ventilation system and measured the parameters that affect the heat required to reheat the incoming air. Based on the measurements and calculated results of the necessary additional heat, we validated the prototype of the computer program and numerically and graphically showed the reasons for any deviations. We found out which parameters affect the heat required to reheat the air in the mechanical ventilation system and how to ensure thermal comfort in the room with as little energy consumption as possible.*

*Keywords: mechanical ventilation, preheating of supply air, prediction of required heat, air quality, internal environment.*

### **2.1 UVOD**

Kakovost zraka v notranjem okolju je eden od temeljnih pogojev za zdravje in ugodje uporabnikov prostorov. Kakovost zraka v notranjem okolju zagotavljamo s prezračevanjem prostorov, torej z zamenjavo notranjega onesnaženega zraka s svežim zunanjim zrakom. Nedvomno se na tej točki pojavi tudi vprašanje o potrebni toploti in strošku za ponovno ogrevanje zunanjega zraka, ki ga s pomočjo prezračevalnih sistemov dovajamo v prostor.

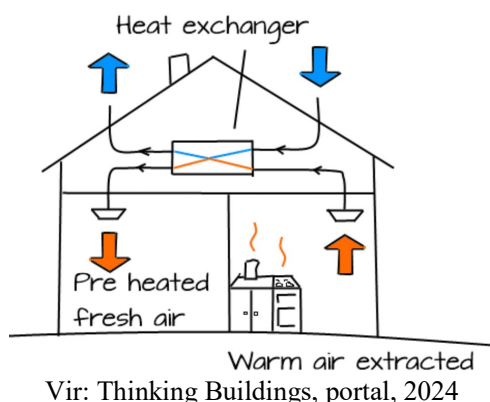
V tem prispevku se osredotočamo na napovedovanje dodatne potrebne toplote za dogrevanje

vtočnega zraka že v fazi investicijskega projekta. Tako določamo referenčno rabo toplote za potrebe prezračevanja stavbe. Na podlagi relativnih tehničnih predpisov in standardov smo izdelali prototip računalniškega programa, ki bo omogočil napoved potrebne toplote za dogrevanje vtočnega zraka, ki bo temeljila na urnem spreminjanju temperatur zraka in urniku obratovanja prezračevalne naprave. V realnem okolju na izbrani stavbi smo izmerili parametre, ki vplivajo na potrebno toploto za dogrevanje vtočnega zraka, ter naredili validacijo prototipa računalniškega programa.

## 2.2 MEHANSKO PREZRAČEVANJE STAVBE

Temperatura zraka v prezračevalni coni in temperatura zraka, ki ga vpihujemo v prostor, običajno nista enaki, zato je v skladu z energijskimi zahtevami in v odvisnosti od namembnosti prostora definirana notranja temperatura v bivalni coni. V prostor dovajamo svež zrak določene temperature, ki ga zagotovimo s prezračevalnim sistemom. Na sliki 2.1 je prikazan poenostavljen shematski prikaz mehanskega prezračevanja stavbe.

Slika 2.1: Poenostavljen shematski prikaz mehanskega prezračevanja



Mehansko prezračevanje temelji na prisilnem nadtlačnem toku zraka v prostor, saj gibanje zračnih tokov v prezračevalni coni dosežemo z uporabo ventilatorjev. Tako se zagotovi zadostno zamenjavo zraka v prezračevalni coni v odvisnosti od namembnosti prostora. Če je temperatura zunanjega zraka višja od načrtovane temperature vtočnega zraka v prezračevalni coni, se vtočni zrak preko hladilnega elementa sistema ohladi na želeno temperaturo. Če je temperatura zunanjega zraka nižja od načrtovane temperature vtočnega zraka v bivalni coni, se vtočni zrak, ki gre skozi sistem, segreje na želeno temperaturo s pomočjo grelne enote oziroma lamelnega prenosnika toplote.

### 2.2.1 Mehansko prezračevanje z izkoriščanjem zavržene toplote

Mehansko prezračevanje z izkoriščanjem zavržene toplote zavrženega zraka je ena od najbolj učinkovitih in energijsko varčnih tehnologij; njena uporaba je danes obvezna. Ta tehnologija omogoča bistveno zmanjšanje rabe energije. Svež zunanji zrak, ki ga dovajamo v prostore stavbe, moramo pogosto najprej segreti ali ohladiti na želeno temperaturo in tako zagotoviti toplotno ugodje v prostoru. Zavrženi zrak oziroma odtočni zrak, ki zapušča prostor, ima temperaturni nivo, ki se lahko izkoristi za dogrevanje vtočnega zraka, če je temperatura zunanjega svežega zraka nižja od želene temperature vtočnega zraka v prostoru. Za ta namen se uporabljajo prenosniki toplote, ki lahko prenesejo le toploto ali hkrati tudi vlago. Najbolj

uporabljen prenosnik toplote za izkoriščanje zavržene toplote v klimatski tehniki sta rekuperator in regeneratorski sistem.

## 2.3 IZDELAVA RAČUNALNIŠKEGA PROGRAMA

V idejni zasnovi projekta smo opazili pomanjkljivosti pri izračunu prihrankov energije in dejanski rabi dodatne toplote za dogrevanje vtočnega zraka. V ta namen smo izdelali (prototip) računalniškega programa v excelu za izračun potrebne dodatne toplote za dogrevanje vtočnega zraka. Program se osredotoča na urne spremembe temperature zraka, odvisno od lokacije stavbe in predvidenega urnika obratovanja prezračevalnih naprav. Pri izdelavi programa smo upoštevali tehnične predpise in standarde.

### 2.3.1 Splošni podatki o stavbi

Splošni podatki o stavbi so pomembni za klasifikacijo stavbe in povezovanje s pravilnikom o prezračevanju in klimatizaciji stavb ter ostalimi standardi, ki definirajo kakovost zraka in toplotno ugodje v prostoru. Pod osnovni podatki o stavbi definiramo:

- naslov stavbe – predstavlja ime obravnavane stavbe,
- lokacija obravnavane stavbe – predstavlja geografske koordinate stavbe, ki so pomembne za določanje zunanjih klimatskih pogojev,
- vrsta obravnavane stavbe, v katero je vgrajen mehanski prezračevalni sistem – je podatek, ki je povezan s pretokom svežega zraka v prostoru.

### 2.3.2 Vhodni podatki

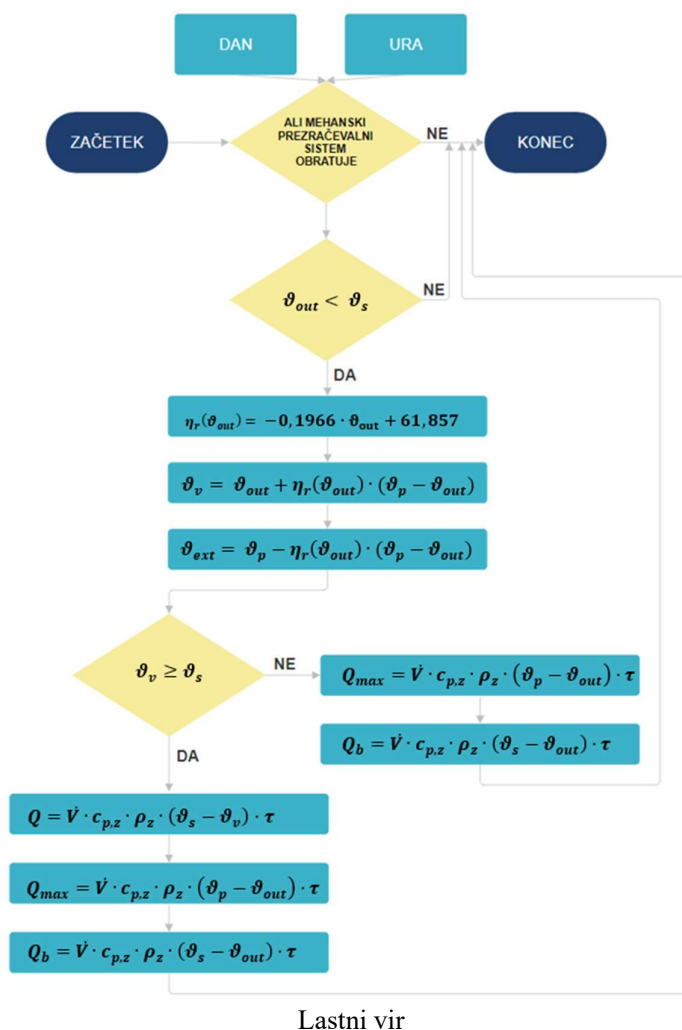
S pomočjo vhodnih podatkov definiramo obravnavani prostor in želeno toplotno okolje v obravnavanem prostoru. Na podlagi definiranih robnih pogojev poteka izračun potrebne toplote za dogrevanje zraka po izkoriščanju zavržene toplote v mehanskem prezračevalnem sistemu. Za natančnejši izračun je treba definirati tudi čas obratovanja mehanskega prezračevalnega sistema. Pod vhodni podatki o stavbi definiramo:

- temperaturo notranjega zraka,
- temperaturo vtočnega zraka,
- podatke o prostoru in potrebnem toku zraka v prostor,
- obratovalne ure mehanskega prezračevalnega sistema,
- temperaturo zunanjega zraka.

### 2.3.3 Potek izdelave računalniškega programa za napoved potrebne toplote za dogrevanje zraka v mehanskem prezračevalnem sistemu

Računalniški program je izdelan tako, da avtomatsko bere postavljene robne pogoje za obravnavano stavbo. Najprej se definira obdobje, za katerega bodo upoštewane zunanje temperature zraka. Za boljše predstavitev ozadja računalniškega programa in principa delovanja ter branja robnih pogojev smo algoritem programa prikazali z diagramom poteka, ki je prikazan na sliki 2.2.

Slika 2.2: Predstavitev algoritma z diagramom poteka



V prvem koraku poteka branje dni in ur, nato se pa postavi vprašanje, ali mehanski prezračevalni sistem v tem trenutku obratuje. Če sistem ne obratuje, se proces konča. Če mehanski prezračevalni sistem obratuje, se proces nadaljuje na naslednjem koraku in se ustavi na novo postavljenem pogoju. V tem koraku je pomembno, ali je temperatura zunanega zraka nižja od nastavljene temperature vtočnega zraka. Če pogoj ni izpolnjen, se proces konča; če pa je pogoj izpolnjen, se proces nadaljuje. Naslednji trije koraki so računanje temperature učinkovitosti regenerotorja na podlagi spremembe temperatur zunanega zraka, računanje temperature zraka po izkoriščanju zavržene toplote in računanje temperature zavrženega zraka. V naslednjem koraku pridemo do novega pogoja, in sicer ali je temperatura zraka po izkoriščanju zavržene toplote višja od temperature vtočnega zraka ali enaka tej temperaturi. Če ta pogoj ni izpolnjen, se računata le maksimalna senzibilna toplota in potrebna toplota za dogrevanje zraka brez izkoriščanja zavržene toplote. Nato sledi konec procesa. Če je postavljeni pogoj izpolnjen, sledi računanje potrebne toplote za dogrevanje zraka po izkoriščanju zavržene toplote, maksimalne senzibilne toplote in potrebne toplote za dogrevanje zraka brez izkoriščanja zavržene toplote. Nato sledi konec procesa.

### ➤ Določitev tipa urnika v odvisnosti od dneva v tednu

Prvi korak pri izdelavi računalniškega programa je povezovanje dneva z že postavljenimi robnimi pogoji o tipu urnika za vsak dan v tednu posebej. Ta funkcija v računalniškem programu je zmodelirana tako, da računalniški program za določen dan v tednu poišče tip urnika, ki je bil postavljen kot robni pogoj za ta dan v tednu. Nato se izpiše številka urnika obratovanja mehanskega prezračevalnega sistema za vsak dan posebej v določenem časovnem obdobju.

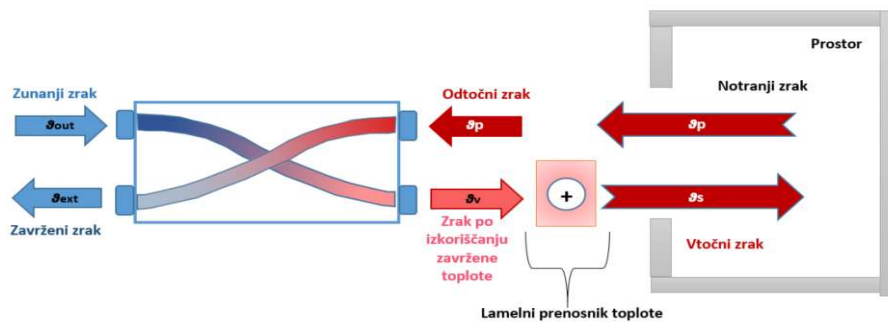
### ➤ Določitev časa delovanja mehanskega prezračevalnega sistema

Po določitvi tipa urnika obratovanja mehanskega prezračevalnega sistema mora računalniški program odčitati ure obratovanja prezračevalnega sistema za vsak mesec v obravnavanem časovnem obdobju. Za dni, ki obratujejo po urniku tipa ena, računalniški program upošteva definirane urne robne pogoje za ta tip urnika. Za dni, ki obratujejo po urniku tipa dva, računalniški program upošteva urne robne pogoje, ki so podani za urnik tipa dva.

### ➤ Definiranje parametrov

Računani so trije parametri, ki vplivajo na napovedovanje potrebne toplote za dogrevanje zraka po izkoriščanju zavržene toplote. Na sliki 2.3 je prikazan mehanski prezračevalni sistem s prenosnikom toplote zrak-zrak za izkoriščanje zavržene toplote ter vstopnimi in izstopnimi zračnimi tokovi. Vsi parametri, prikazani na sliki 2.3, se uporabljajo za izračun potrebne toplote za dogrevanje zraka po izkoriščanju zavržene toplote in se določajo na podlagi teoretičnih osnov.

Slika 2.3: Prikaz mehanskega prezračevalnega sistema s prenosnikom toplote za izkoriščanje zavržene toplote



Vir: Računalniški program za napoved rabe energije

### ➤ Izračun temperaturne učinkovitosti prenosnika toplote zrak-zrak

Temperaturna učinkovitost prenosnika toplote zrak-zrak smo lahko določili na podlagi matematičnega modela. Temperaturna učinkovitost prenosnika toplote se je spreminjal s spreminjanjem temperature zunanjega zraka.

### ➤ Izračun temperature zavrženega zraka

Pogoj pri računanju temperature zavrženega zraka je podani robni pogoj za obratovanje mehanskega prezračevalnega sistema. Če prezračevalni sistem obratuje in če je temperatura zunanjega zraka nižja od načrtovane temperature vtočnega zraka v prostoru, se proces nadaljuje in sledi izpis rezultata o izračunani temperaturi zavrženega zraka. V nasprotnem primeru se računanje ustavi.

➤ **Izračun temperature zraka po izkoriščanju zavržene toplote**

Prvi pogoj pri izračunu temperature vtočnega zraka po rekuperaciji ali regeneraciji toplote je, da prezračevalni sistem obratuje. Nato sledi preverjanje temperature zunanjega zraka ob določeni uri, ki mora biti nižja od načrtovane temperature vtočnega zraka v prostoru stavbe. Če so vsi pogoji zagotovljeni, se proces nadaljuje in sledi izpis rezultata o izračunani temperaturi vtočnega zraka po izkoriščanju zavržene toplote.

➤ **Izračun toplote za ogrevanje zunanjega zraka na želeni temperaturi vtočnega zraka v času obratovanja mehanskega prezračevalnega sistema**

Če mehanski prezračevalni sistem obratuje brez rekuperativne ali regenerativne enote, se lahko izračuna skupna potrebna toplota za ogrevanje zunanjega zraka na želeni temperaturi vtočnega zraka. To pomeni, da kot pogoj vzamemo obratovanje prezračevalnega sistema in robni pogoj, da je temperatura zunanjega zraka nižja od načrtovane temperature vtočnega zraka. V tem primeru se zunanji zrak dogreva s pomočjo lamelnega prenosnika toplote za dogrevanje zraka. Če sta oba pogoja izpolnjena, računalniški program določi urno vrednost toplote za ogrevanje zunanjega zraka na želeni temperaturi vtočnega zraka v prostoru.

➤ **Izračun potrebne toplote za dogrevanje zraka po izkoriščanju zavržene toplote**

Prvi pogoj je, da prezračevalni sistem obratuje, drugi pogoj, da je temperatura zunanjega zraka nižja kot načrtovana vtočna temperatura v prostoru stavbe, in tretji pogoj, da je temperatura zraka po izkoriščanju zavržene toplote višja od načrtovane temperature vtočnega zraka ali enaka tej temperaturi. Nato se izračuna potrebna toplota za dogrevanje zraka po izkoriščanju zavržene toplote. Če so vsi pogoji izpolnjeni, računalniški program izračuna toploto za dogrevanje zraka v določenem času obratovanja mehanskega prezračevalnega sistema.

### **2.3.4 Validacija računalniškega programa**

Izdelani računalniški program za napovedovanje potrebne toplote za dogrevanje zraka v mehanskem prezračevalnem sistemu se uporablja za vse vrste rekuperatorjev in regenerativnih toplote, in sicer neodvisno od tega, kje se nahaja obravnavana stavba. Z upoštevanjem urnega spreminjanja temperature zunanjega zraka in s pravilnim nastavljanjem obratovalnih ur prezračevalnega sistema v odvisnosti od namembnosti prostora se približamo realni rabi energije stavbe. Za kalibracijo računalniškega programa je bilo smiselno narediti več meritev na različnih mehanskih prezračevalnih sistemih z različnimi tipi prenosnikov toplote zrak-zrak. Po opravljenih meritvah bi bilo treba postaviti matematični model aproksimacije meritev za vsak mehanski prezračevalni sistem, ki bo izražen s trendno črto in enačbo.

### **2.3.5 Podatki o izbrani stavbi**

Najprej je treba definirati parametre, povezane z izbrano stavbo, ki se prezračuje z mehanskim prezračevalnim sistemom z vgrajenim prenosnikom toplote zrak-zrak.

➤ **Splošni podatki o izbrani stavbi**

Za testiranje oziroma validacijo računalniškega programa za napovedovanje toplote za dogrevanje zraka v mehanskem prezračevalnem sistemu smo obravnavali primer mehanskega prezračevalnega sistema, ki že obratuje in se nadzoruje. Izbrali smo mehanski prezračevalni sistem za prezračevanje športne dvorane v Osnovni šoli Majšperk v Majšperku.

### ➤ Vhodni podatki o izbrani stavbi

V računalniškem programu smo definirali vhodne podatke na podlagi že izbranega mehanskega prezračevalnega sistema. Pri definiranju robnih pogojev obratovanja smo upoštevali predpisani standard o notranjem okolju. Definirali smo minimalne in maksimalne dovoljene temperature v prostoru v odvisnosti od namembnosti prostora. Glede na to, da je obravnavani objekt športna dvorana, smo upoštevali drugo kategorijo prostora in minimalno dovoljeno temperaturo notranjega zraka, ki je enaka 16 °C, ter maksimalno temperaturo zraka, ki je enaka 25 °C. Upoštevali smo, da se v prostor vpihuje zrak s temperaturo 19 °C. Ko je temperatura zunanjega zraka enaka kot nastavljena temperatura vtočnega zraka, poteka le zamenjava zraka. Za določitev priporočene temperature notranjega zraka smo na podlagi zunanje temperature zraka odčitali priporočeno temperaturo notranjega zraka, ki je bila 21,3 °C. Na sliki 2.4 so prikazani vpisani robni pogoji o načrtovani temperaturi notranjega zraka in načrtovani temperaturi vtočnega zraka v prostor.

Slika 2.4: Vpisani robni pogoji o načrtovani temperaturi notranjega zraka in vpihanega zraka

| Vhodni podatki               |                |          |       |
|------------------------------|----------------|----------|-------|
| Parameter                    |                | Vrednost | Enota |
| Temperatura notranjega zraka | q <sub>p</sub> | 21,3     | [°C]  |
| Temperatura vtočnega zraka   | q <sub>s</sub> | 19       | [°C]  |

Lastni vir

### ➤ Podatki o izbranem prostoru, potrebnem pretoku zraka in urniku obratovanja mehanskega prezračevalnega sistema

Pretok zraka na dovodni in odvodni strani prezračevalne naprave je 12.500 m<sup>3</sup>/h, kar zadostuje potrebam po kakovosti zraka. Urnik prezračevalne naprave je nastavljen tako, da prezračevalna naprava obratuje med tednom, in sicer od 5. ure do 20. ure. Med vikendom, ob praznikih in počitnicah prezračevalna naprava ne obratuje. Na sliki 2.5 so prikazani vpisani robni pogoji o izbranem prostoru in izračunan pretok zraka, potreben za prezračevanje športne dvorane.

Slika 2.5: Vpisani robni pogoji o izbranem prostoru ter izračunan pretok zraka

| Podatki o prostoru               |             |        |                   |          |        |                   |          |        |
|----------------------------------|-------------|--------|-------------------|----------|--------|-------------------|----------|--------|
| Parameter                        | Vrednost    | Enota  | Parameter         | Vrednost | Enota  | Parameter         | Vrednost | Enota  |
| Namen prostora                   | Telovadnice |        | Namen prostora    |          |        | Namen prostora    |          |        |
| Število oseb                     | 357,15      | [l]    | Površina prostora |          | [m²]   | Število prostorov |          | [l]    |
| Potreben pretok za prezračevanje | 12500       | [m³/h] |                   | 0        | [m³/h] |                   | 0        | [m³/h] |

Lastni vir

### ➤ Temperatura zunanjega zraka na območju obravnavane stavbi

Temperatura zunanjega zraka se urno spreminja, zato je pri načrtovanju mehanskega prezračevanja stavbe primerno uporabiti urno metodo računanja, kajti tako dobimo bolj natančne rezultate za vsako uro v letu v odvisnosti od variacije temperature zunanjega zraka. Urne podatke o temperaturi zunanjega zraka najdemo na spletni strani Agencije Republike Slovenije za okolje (ARSO), in sicer za najbližjo izbrano meteorološko postajo.

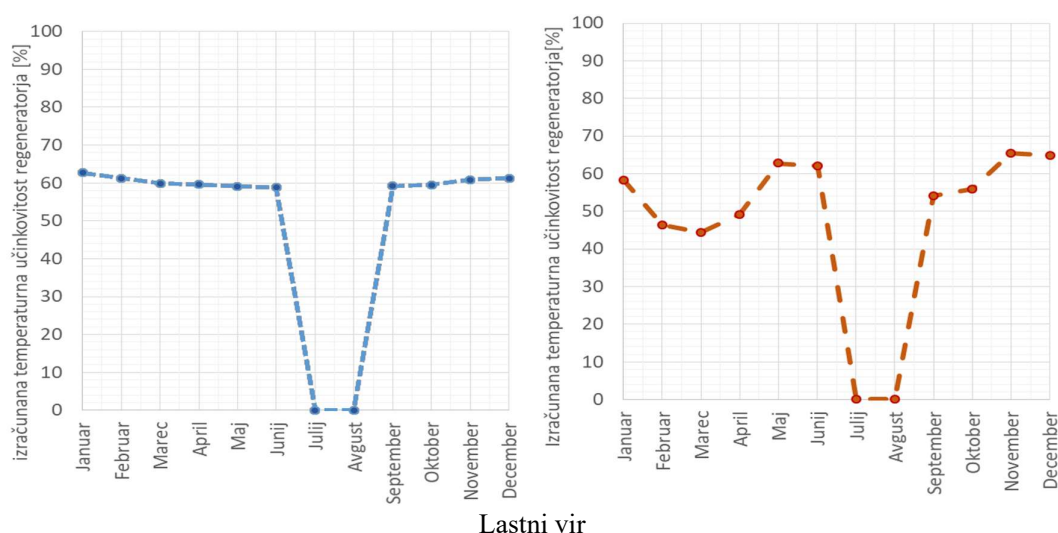
## 2.4 REZULTATI

Obravnavali smo sistem prezračevanja z vgrajenim regeneratorjem. Napovedovanje potrebne toplote za dogrevanje vtočnega zraka smo izvedli za obdobje enega leta, za katerega so bili zajeti podatki meritev v realnem okolju. Izdelani računalniški program smo testirali tako, da smo naredili primerjavo med rezultati, pridobljenimi s pomočjo računalniškega programa, in dejanskimi vrednostmi v realnem okolju. Zaradi morebitnih odstopanj med napovedano potrebno toploto za dogrevanje zraka s pomočjo prototipa računalniškega programa in dejansko potrebno toploto za dogrevanje vtočnega zraka v realnem okolju smo primerjali več parametrov, ki so vplivali na razliko v toploti.

### 2.4.1 Rezultati izračunane temperaturne učinkovitosti regeneratorja

Podatki izračuna povprečnih mesečnih temperaturnih učinkovitosti regeneratorja v računalniškem programu in v realnem okolju so prikazani v dveh diagramih na sliki 2.6.

Slika 2.6: Izračunani mesečni povprečni temperaturni učinkovitosti regeneratorja (a) z računalniškim programom (b) v realnem okolju



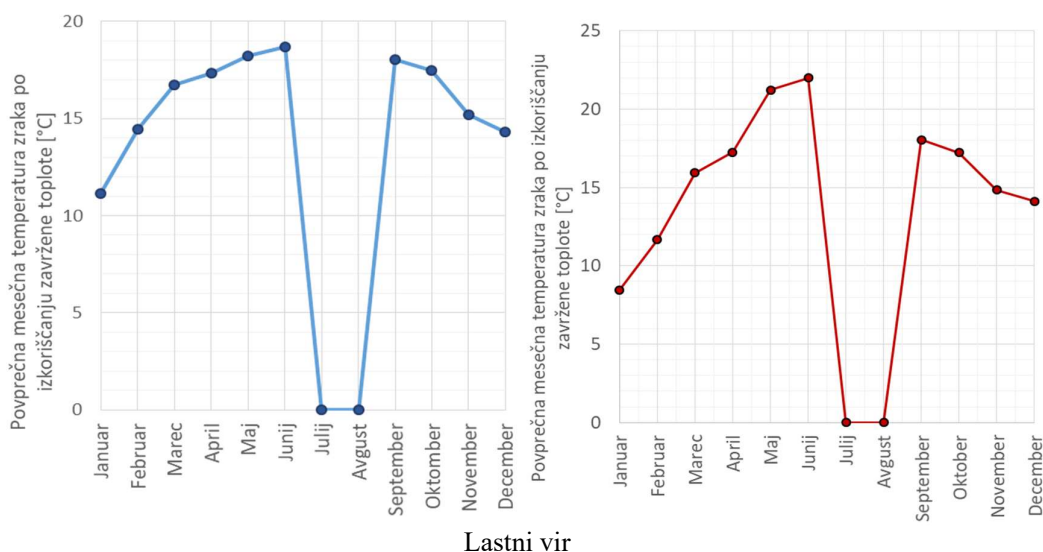
Lastni vir

S povišanjem temperature notranjega zraka pri isti zunanji temperaturi zraka se temperaturna učinkovitost regeneratorja zmanjša; če se temperatura notranjega zraka zniža, se učinkovitost regeneratorja poveča. Največje odstopanje med rezultati je februarja, marca in aprila, saj je bila v tem obdobju v realnem okolju povprečna razlika v temperaturi notranjega zraka in zunanjega zraka višja kot v primeru računanja z računalniškim programom. V obeh diagramih v juliju in avgustu je temperaturna učinkovitost regeneratorja enaka nič, ker v tem obdobju ni mehanski prezračevalni sistem ni obratoval.

### 2.4.2 Rezultati izračunanih temperatur zraka po izkoriščanju zavržene toplote

Za boljšo analizo in razumevanje spreminjanja izračunanih temperatur zraka po izkoriščanju zavržene toplote smo izračunali povprečne mesečne temperature zraka po izkoriščanju zavržene toplote z računalniškim programom in v realnem okolju ter jih prikazali v dveh diagramih na sliki 2.7.

Slika 2.7: Izračunane mesečne povprečne temperature zraka po izkoriščanju zavržene toplote (a) z računalniškim programom (b) v realnem okolju



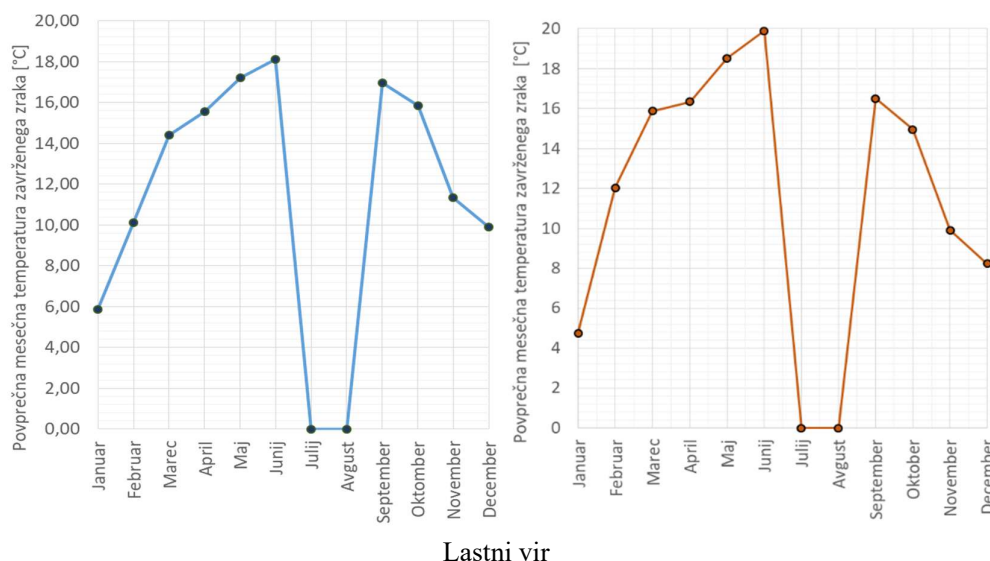
V zimskem času pride do odstopanja med izračunanimi temperaturami zraka, ker je pri računanju z računalniškim programom upoštevana konstantna temperatura notranjega zraka, ki je bila 21,3 °C, v realnem okolju pa je bila temperatura notranjega zraka dokaj nizka, in sicer približno 18 °C. Glede na to, da je bila povprečna mesečna temperaturna učinkovitost regeneratorja višja v primeru računanja s pomočjo programa, je bila tudi temperatura zraka po izkoriščanju zavržene toplote višja. Pri računanju v realnem primeru je bil povprečna mesečna temperaturna učinkovitost nižja; posledično je bila nižja tudi temperatura zraka po izkoriščanju zavržene toplote. V poletnem času pride do odstopanja med izračunanimi temperaturami zraka, ker je v računalniškem programu definirana maksimalna temperatura vtočnega zraka v prostor, ki ima vrednost 19 °C. V juliju in avgustu je temperatura zraka po izkoriščanju zavržene toplote enaka nič, ker v tem obdobju mehanski prezračevalni sistem ni obratoval.

#### 2.4.3 Rezultati izračunanih temperatur zavrženega zraka

Za boljšo analizo in razumevanje spreminjanja izračunanih temperatur zavrženega zraka smo povprečne mesečne temperature zavrženega zraka prikazali v dveh diagramih, na sliki 2.8.

V zimskem času je prišlo do odstopanja med temperaturami zavrženega zraka, ker je bila v realnem okolju temperaturna učinkovitost regeneratorja nižja od temperaturne učinkovitosti regeneratorja, izračunanega s pomočjo računalniškega programa. V poletnem času je prišlo do odstopanja med temperaturami zavrženega zraka, ker je v računalniškem programu definirana maksimalna temperatura vtočnega zraka. Posledično se je temperaturna učinkovitost regeneratorja znižala. V realnem okolju temperatura vtočnega zraka ni bila definirana in je mehanski prezračevalni sistem obratoval tudi pri višjih zunanjih temperaturah zraka. Posledično se je povečala tudi temperaturna učinkovitost regeneratorja.

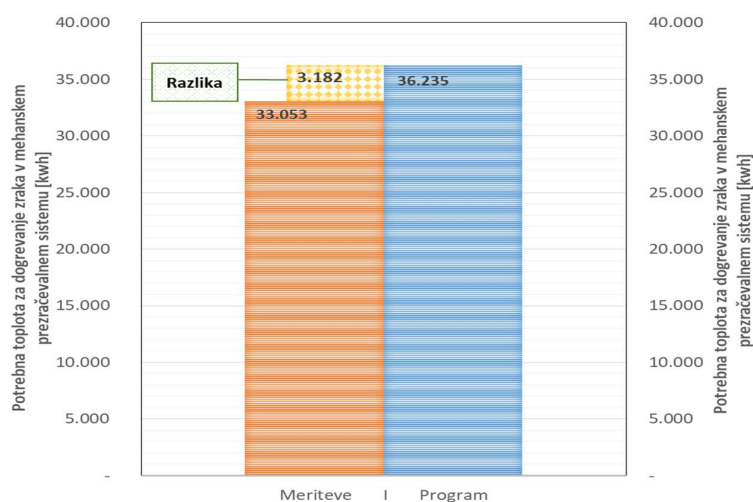
*Slika 2.8: Izračunane mesečne povprečne temperaturne zavrženega zraka (a) z računalniškim programom (b) v realnem okolju*



#### **2.4.4 Rezultati napovedane in izračunane potrebne toplote za dogrevanje zraka v mehanskem prezračevalnem sistemu**

Skupni izračunani potrebni toploti za dogrevanja zraka v mehanskem prezračevalnem sistemu v primeru uporabe računalniškega programa in v realnem okolju sta prikazani v diagramu na sliki 2.9.

*Slika 2.9: Izračunana in napovedana letna potrebna toplota za dogrevanje zraka.*



Iz diagrama na sliki 2.9 je razvidno, da je potrebna toplota za ogrevanje zraka, izračunana s pomočjo računalniškega programa, višja od izračunane toplote v realnem okolju. To razliko pripisujemo definirani konstantni temperaturi vtočnega in notranjega zraka v računalniškem

programu. S pomočjo definirane temperature vtočnega in notranjega zraka ter vzdrževanja teh temperatur zagotavljamo boljše toplotno ugodje in manjšo število nezadovoljnih v prostoru. V realnem okolju sta temperaturi vtočnega in notranjega zraka nihali. Posledično v določenem obdobju ni bilo zagotovljeno toplotno ugodje v prostoru, kar je vodilo do večjega števila nezadovoljnih v prostoru.

## 2.5 ZAKLJUČEK

1. Po že opravljenih meritvah smo naredili validacijo prototipa računalniškega programa in določili odstopanje med potrebno toploto za dogrevanje vtočnega zraka v realnem okolju in napovedano potrebno toploto za dogrevanje vtočnega zraka s pomočjo prototipa računalniškega programa. Dobili smo rezultat, da je odstotek odstopanja med rezultatom, pridobljenim z računalniškim programom, in rezultatom v realnem okolju enak 9 %, kar pomeni, da je bila z računalniškim programom izračunana potrebna toplota za dogrevanje vtočnega zraka višja kot izračunana potrebna toplota v realnem okolju.
2. Pokazali smo, kako temperature zunanjega in notranjega zraka ter temperatura zraka po izkoriščanju zavržene toplote vplivajo na izračun potrebne toplote za dogrevanje vtočnega zraka, in opisali njihovo pomembnost pri obratovanju mehanskega prezračevalnega sistema.
3. Dobljeni rezultati pomenijo, da bi lahko na podlagi že znane lokacije stavbe in temperature zunanjega zraka, želenih parametrov notranjega okolja ter načrtovane ure obratovanja mehanskega prezračevalnega sistema napovedali, kakšna bo njegova raba energije v realnem okolju. Odstopanje med izračunano letno toploto za dogrevanje vtočnega zraka z računalniškim programom in izračunano letno potrebno toploto za dogrevanje vtočnega zraka v realnem okolju se pojavi zaradi načrtovane konstantne temperature vtočnega in notranjega zraka pri računanju z računalniškim programom.
4. Ugotovili smo, da s pravilnim krmiljenjem mehanskega prezračevalnega sistema ter vzdrževanjem konstantne načrtovane temperature notranjega in vtočnega zraka lahko zagotovimo toplotno ugodje v prostoru. Hkrati je potrebna toplota za dogrevanje vtočnega zraka enaka, kot če ti temperaturi nihata, in v določenih obdobjih se toplotno ugodje ne zagotovi.

## Literatura in viri

- Krieider, J. F. Ph. D., P. E (2001). *Handbook of heating, ventilation and air conditionig*.
- Prek, M. (2013). *Kakovost zraka: Predloga za laboratorijsko vajo*.
- SIST EN 16798-1:2019 (2019). *Energijske lastnosti stavb-Prezračevanje stavb - 1. del, Modul M1-6*.
- Uradni list RS (2002). *Pravilnik o prezračevanju in klimatizaciji stavb*.

**Ljupka Vrteva** je magistrica inženirka strojništva. Zaposlena je v podjetju Petrol d.d, kot razvojna inženirka na področju ogrevanja, prezračevanja in hlajenja stavb. Osvojila je tudi naziv Inženirka leta 2023. Prispevek spada v sklopu sekcije Energija prihodnosti: Sodobni pristopi.

### **3 UČINKI SODOBNIH PRISTOPOV MEDNARODNEGA SODELOVANJA PRI ČEZMEJNIH PRESOJAH VPLIVOV NA OKOLJE ZA ENERGIJE PRIHODNOSTI**

**Mag. Vesna Kolar Planinšič**, Ministrstvo za okolje, podnebje in energijo, Visoka šola za trajnostni razvoj Kranj

#### **Povzetek**

*Mednarodno sodelovanje držav pri presoji čezmejnih vplivov na okolje v skladu z mednarodnim, evropskim in slovenskim pravom s področja okolja predstavlja izziv na področju energije prihodnosti. Obmejna območja so pogosto zelo zanimiva za lokacijo obnovljivih virov, so pa tudi razlivna in poplavna območja voda, območja visoke biotske raznovrstnosti in občutljivih ekosistemov, ali pa vplivajo na vodonosnike in podzemna vodna telesa kot vir pitne vode, pri čemer je pomembno, da se ti viri dolgoročno tudi ohranijo. Zato smo v raziskavi proučili vsebinsko učinkovitost čezmejnih presoj vplivov na okolje obnovljivih virov energije (hidro in vetrne elektrarne) in neobnovljivih, a nizkoogljičnih virov energije (jedrska elektrarna) na petih implementiranih slovenskih primerih, ki so potekali v Sloveniji od leta 2010 do 2024. Cilj raziskave je proučitev vseh petih primerov čezmejnih okoljskih presoj v navedenem obdobju: državni prostorski načrt za hidroelektrarno Brežice, državni prostorski načrt za hidroelektrarno Mokrice, državni prostorski načrt za vetrno elektrarno Ojstrica, projekt za vetrno polje Lavamund in projekt za podaljšanje življenjske dobe jedrske elektrarne Krško. Razvili smo naslednja vsebinska merila učinkovitosti, s katerimi smo merili okoljske učinke: prispevek k podnebnim spremembam, varstvu okolja, biotski raznovrstnosti, poplavni varnosti, stanju podzemnih voda in stanju nadzemnih voda, razvoju alternativ ter splošnih okoljskih omilitvenih ukrepov ter ukrepov za zmanjšanje vplivov na varovana območja narave (Natura 2000). Primere smo ovrednotili glede na navedena merila.*

*Rezultati učinkov mednarodnega sodelovanja so pokazali dobro sodelovanje Republike Slovenije s sosednjimi državami na področju okolja znotraj Espoo konvencije, kar je tudi vsebinsko prispevalo k izboljšavi trajnostnih rešitev. Tako so čezmejna posvetovanja prispevala k podnebnim spremembam in varstvu okolja, k razvoju dodatnih omilitvenih ukrepov za vode, biotsko raznovrstnost in varovana območja narave (Natura 2000), k izboljšanju poplavne varnosti in podzemnih voda, razvite pa so bile tudi nekatere dodatne alternative. V vseh primerih so bili tudi zmanjšani čezmejni vplivi tako, da so za zmanjšanje učinkov obremenitev določeni dodatni ukrepi, hkrati pa je povečano poznavanje okolje v mejnih območjih.*

*Ključne besede: čezmejne presoje vplivov na okolje, energija prihodnosti, vplivi na okolje, Espoo konvencija, mednarodno sodelovanje, biotska raznovrstnost, SEA Direktiva, EIA Direktiva*

#### **THE IMPLICATION OF MODERN APPROACHES TO THE INTERNATIONAL COOPERATION IN TRANSBOUNDARY ENVIRONMENTAL IMPACT ASSESSMENTS FOR THE ENERGIES OF THE FUTURE**

#### **Abstract**

*International cooperation among countries in assessing transboundary environmental impacts within the frameworks of international, European, and Slovenian law presents a*

*significant challenge in the field of future energy development. Border regions are often characterized by floodplains, areas of high biodiversity, and sensitive ecosystems, or they encompass aquifers and groundwater bodies that serve as sources of drinking water, making their long-term preservation crucial. Therefore, our research focused on the substantive effectiveness of transboundary environmental impact assessments (SEA/EIA) for renewable energy sources and non-renewable but low-carbon energy sources across five implemented Slovenian cases from 2010 to 2024. The study encompassed cases involving renewable energy sources, such as hydroelectric, solar, and wind power plants, as well as a low-carbon energy source, specifically a nuclear power plant. The documentation analyzed included cases of transboundary cooperation in the development and siting of renewable energy sources: the Brežice Hydroelectric Power Plant National Spatial Plan, the Mokrice Hydroelectric Power Plant National Spatial Plan, the Ojstrica Wind Farm National Spatial Plan, the Lavamund Wind Farm project, and the project for extension of the lifetime of the Krško Nuclear Power Plant.*

*We developed the following substantive performance criteria to measure environmental impacts: contribution to climate change, environmental protection, biodiversity conservation, flood safety, groundwater and surface water status, development of alternatives, and general environmental mitigation measures and measures aimed to reduce impacts on protected nature areas (Natura 2000). The cases were evaluated against these criteria.*

*The results concerning the effects of international cooperation demonstrated effective collaboration between the Republic of Slovenia and its neighbouring countries—Croatia, Austria, Italy, and Hungary—in the environmental domain under the framework of the Espoo Convention. This cooperation contributed to the enhancement of sustainable solutions in substantive terms. Accordingly, transboundary consultations facilitated progress in climate change mitigation and environmental protection, the development of additional mitigation measures for water resources, biodiversity, and protected nature areas (Natura 2000), as well as improvements in flood safety and groundwater. Furthermore, additional alternative solutions were developed. In all cases, transboundary impacts were mitigated through the identification and implementation of supplementary measures aimed at reducing the effects of environmental pressures as well as improve the knowledge on border environment.*

*Keywords: transboundary environmental impact assessments, energy of the future, environmental impacts, Espoo Convention, international cooperation, biodiversity, SEA Directive, EIA Directive*

### 3.1 UVOD

Mednarodno sodelovanje držav pogodbenic pri presoji čezmejnih vplivov na okolje za projekte, plane in programe poteka po mednarodni Konvenciji o čezmejnih vplivih na okolje (v nadaljevanju: Konvencija Espoo), ki jo je Slovenija ratificirala z zakonom (Uradni list, Mednarodne pogodbe, 1998). Dodatno je za celovite presoje vplivov na okolje planov in programov razvit in sprejet z zakonom tudi Protokol o strateški presoji vplivov na okolje (Uradni list, 2010) k Espoo konvenciji (v nadaljnjem besedilu: SEA Protokol). Oba pravna akta sta mednarodna, ker pa je pogodbenica tudi Evropska unija in so zadevo ratificirale tudi vse evropske države, je tudi del evropskega prava in predstavlja obveznost za vse EU države.<sup>1</sup> Pogodbenice konvencije so sklenile mednarodni sporazum o sodelovanju na okoljskem področju, ker »se zavedajo medsebojne povezanosti gospodarskih dejavnosti in njihovih

<sup>1</sup> Angl. »Community acqui«

posledic na okolje, potrjujejo potrebo po zagotovitvi okolju ustreznega in trajnostnega razvoja, so odločene povečati mednarodno sodelovanje za presojo vplivov na okolje, posebej tistih, ki segajo čez državne meje, se zavedajo potrebe in pomembnosti priprave vnaprejšnjih politik ter preprečevanja, lajšanja in spremljanja škodljivih vplivov na okolje na splošno ter še posebej, kadar segajo čez državne meje.« (Preambula, Uradni list, 1998).

Obveznost je izvajanja presoje vplivov na okolje s pomočjo nacionalnih pravnih in upravnih določb in nacionalnih politik ter posvečanje večje pozornosti okoljskim dejavnikom v zgodnji fazi procesa odločanja na vseh ustreznih upravnih ravneh ob posebni skrbi za zmanjšanje znatnih škodljivih vplivov, še posebej kadar segajo čez državne meje.

Ker okolje ne pozna meja, je obvezno mednarodno sodelovanje po predpisanih pravilih za zmanjšanje čezmejnih vplivov na okolje tudi na nivoju planov in programov, kar izhaja tudi iz preambule Protokola, ki kot izhodišče izpostavlja spoznanje: »da bi morala imeti strateška presoja vplivov na okolje pomembno vlogo pri pripravi in sprejemanju načrtov, programov in v primernem obsegu politik in zakonodaje ter da bo širša uporaba načel strateške presoje vplivov na okolje v zvezi z načrti, programi, politikami in zakonodajo še naprej krepila sistematično analiziranje njihovih pomembnih posledic za okolje.« (Preambula, Uradni list, 2010, Aulavuo T., 2017, Koivurova, T., 2007). Razvila se je dobra praksa implementacije čezmejnih okoljskih presoj na področju prometa in energetike, kot jo prikazujejo Smutny (2017), Cmiljanović B., (2017), Măcelaru M., (2017), Kolar-Planinšič (2017), in pomorskega načrtovanja (Kolar - Planinšič, 2022).

### **3.2 RAZISKOVALNI IZZIV**

Na podlagi literature in izkušenj UNECE je razvidno, da je mednarodno sodelovanje pri okoljskih presojah na ravni strateške<sup>2</sup> in projektne presoje učinkovito, kadar je vsebinsko poglobljeno, v predpisanih časovnih rokih, strokovno in znanstveno utemeljeno in kjer je vzpostavljeno strokovno razumevanje in zaupanje. Kako učinkovito in vsebinsko poglobljeno sodelovati po predpisanih pravilih Espoo konvencije in SEA protokola, predstavlja izziv na področju energije prihodnosti.

Obmejna območja so namreč pogosto zelo primerna z vidika potenciala za obnovljive vire energije, hkrati pa so to lahko razlivna poplavna območja, erozijska območja, območja visoke biotske raznovrstnosti, naravnih vrednot ali občutljivih ekosistemov, kot so Alpe ali Kras, nanašajo pa se tudi na vodonosnike in podzemna vodna telesa, ki so viri pitne vode ali na druge naravne vire, kot so gozdovi in tla. Zato je strokovni izziv, kako izvesti strateške in projektne presoje vplivov na okolje s sosednjimi državami, da te prispevajo k izboljšanim planom in projektom.

Mednarodno sodelovanje držav pri presoji čezmejnih vplivov na okolje tako poteka na področjih različnih obnovljivih virov, kot so solarna, vetrna in hidroenergija ter jedrska energija, in predstavlja izziv na področju energije prihodnosti.

Zato smo si zastavili raziskovalna vprašanja:

- Kako učinkoviti smo torej pri čezmejnem sodelovanju na področju energetike in okolja v Sloveniji?
- Koliko izkušenj ima država Slovenija v obdobju zadnjih dveh desetletij?
- Kako je mednarodno sodelovanje prispevalo k varstvu okolja?

### **3.3 METODA**

---

<sup>2</sup> Po Zakonu o varstvu okolja-2 se strateška presoja vplivov na okolje imenuje celovita presoja vplivov na okolje.

Da bi odgovorili na raziskovalno vprašanje, smo v raziskavi proučili vsebinsko učinkovitost čezmejnih presoj vplivov na okolje obnovljivih virov energije (hidro in vetrne elektrarne) in neobnovljivih, a nizkoogljičnih virov energije (jedrska elektrarna) na slovenskih primerih in primerih sosednjih držav: Hrvaške, Avstrije, Italije in Madžarske za plane in projekte, ki bi lahko imeli verjeten pomemben vpliv na okolje druge države in so v taki oddaljenosti od meje, da je verjeten pomemben neposredni, posredni, kumulativni ali sinergijski vpliv na okolje, biotsko raznovrstnost, vode, zdravje prebivalcev ali kulturno dediščino.

Pregledali smo obdobje čezmejnih okoljskih presoj od 2004–2024 za področje obnovljivih virov za področje hidro-, solarne in vetrne elektrarne in za edini primer nizkoogljične energije, ki pa ni obnovljiva, je pa po taksonomiji EU trajnostna (EC, 2020): jedrske elektrarne. Izbrali smo vse čezmejne primere<sup>3</sup>, to je pet izvedenih slovenskih primerov čezmejnih presoj in enega avstrijskega, torej vse tiste, za katere je pristojno ministrstvo za okolje<sup>4</sup> vodilo čezmejne postopke. Druge države ob mejah niso določale območij za energije prihodnosti, zato ni zajetih njihovih primerov. Na podlagi literature in izkušenj smo določili merljiva merila učinkovitosti čezmejnih presoj in proučili dokumentacijo za naslednje primere čezmejnega sodelovanja pri razvoju in umeščanju obnovljivih virov energije: državni prostorski načrt za hidroelektrarno Brežice, državni prostorski načrt za hidroelektrarno Mokrice, državni prostorski načrt za vetrno elektrarno Ojstrica, projekt vetrne elektrarne Lavamund in podaljšanje življenjske dobe jedrske elektrarne Krško. Za vse našete primere čezmejnega sodelovanja so bili proučeni vsi viri, tako arhivski<sup>5</sup> kot mednarodna poročila<sup>6</sup> pri razvoju in umeščanju energij prihodnosti.

Razvili smo naslednja merila, s katerimi smo merili okoljske učinke (v nadaljevanju: merila učinkovitosti čezmejnih presoj):

- Prispevek k podnebnim spremembam, prispevek k razogljičenju do 2050 (A)
- Okoljsko boljše alternative (B)
- Omilitveni ukrepi za zmanjšanje vplivov na okolje (C)
- Sorazmerni ukrepi za dobro stanje voda (D)
- Izboljšanje poplavne varnosti (E)
- Izboljšanje količinskega stanja podzemnih voda (F)
- Omilitveni ukrepi za biotsko raznovrstnost in varovana območja Natura 2000 (G)
- Večje poznavanje okolja v obmejnem področju, monitoring (H)

Vrednotili smo torej vse slovenske energetske primere državnih prostorskih aktov v bližini mej s sosednjimi državami, ki so bili pripravljeni v obdobju zadnjih 20 let, ter preiskali vse obmejne primere energetske proizvodnje sosednjih držav: Avstrije, Italije, Madžarske in Hrvaške, ki bi bile blizu meje in bi lahko imela verjetno pomembne okoljske posledice. Verjetnost in velikost čezmejnega vpliva sta pri tem obravnavana po vsebinskih učinkih glede na obstoječe okoljsko stanje.

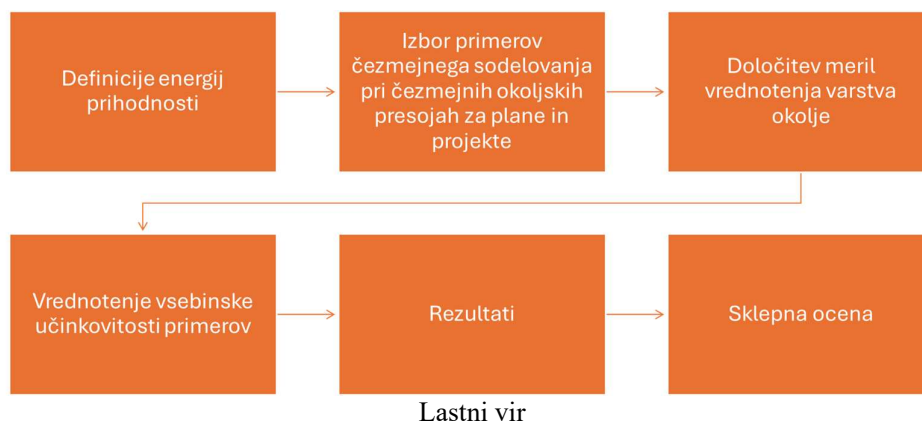
### *Slika 3.1: Metoda dela*

<sup>3</sup> Ker je bilo število čezmejnih primerov okoljskih presoj za energije prihodnosti 5, smo v raziskavi lahko zajeli 100 % vzorec primerov, torej vseh 5.

<sup>4</sup> Zaradi reorganizacij vlad je pristojen za Espoo konvencijo Direktorat za okolje v Ministrstvu za okolje in energijo, potem Ministrstvo za kmetijstvo in okolje, sledi Ministrstvo za okolje in prostor in od 2022 Ministrstvo za okolje, podnebje in energijo.

<sup>5</sup> Arhiv Ministrstva za kmetijstvo in okolje, Ministrstva za okolje in prostor, Ministrstva za okolje, podnebje in energijo

<sup>6</sup> Uradna poročila Republike Slovenije po Espoo konvenciji.



### 3.4 VERJETNOST POMEMBNEGA VPLIVA

Presoja vplivov na okolje pomeni notranji nacionalni postopek za vrednotenje možnih vplivov predlagane dejavnosti na okolje. Pri tem pomeni vpliv vsako posledico v okolju, ki jo povzroči predlagana dejavnost, vključno s človekovim zdravjem in varnostjo, rastlinstvom, živalstvom, zemljo, zrakom, vodo, podnebjem, krajino in zgodovinskimi spomeniki ali drugimi objekti ali medsebojnim delovanjem teh dejavnikov; vključuje tudi posledice na kulturno dediščino ali družbeno-gospodarske razmere, ki nastopijo zaradi sprememb teh dejavnikov (Uradni list, 1998, 1. člen, točka 7). Čezmejni vpliv pa pomeni vsak vpliv ne izključno globalne narave na območju jurisdikcije pogodbenice, ki ga povzroči predlagana dejavnost s fizičnim izvorom v celoti ali deloma na območju jurisdikcije druge pogodbenice (Uradni list, 1998, 1. člen, točka 8).

Vpliv je treba torej obravnavati v luči naravnega stanja, naravnega razvoja ekosistema in njenega antropogenega zgodovinskega razvoja (Javornik L., Stojič Z., 2008).

Vpliv na okolje se bistveno razlikuje glede na vrste energije in je lahko neposreden, posreden, kumulativen ali sinergijski, pri čemer so v raziskavi obravnavani vsi navedeni vplivi. Tako je na primer vpliv hidroelektrarn dolvodno na reko ali poplave treba obravnavati kot pomemben, če je država izvora plana gorvodno in vpliva neposredno ali posredno na kvaliteto, morfologijo, bentoške nevretenčarje ali količino tekočih voda oziroma vodnih teles, na spremembo količine ali kvalitete podzemnih vodnih teles, na varnost zaradi možnosti porušitve jezov ali na zmanjšanje volumna poplavnih razlivnih površin zaradi direktnih, kumulativnih ali sinergijskih vplivov.

### 3.5 VREDNOTENJE VSEBINSKE UČINKOVITOSTI

Na podlagi literature in analize primerov smo razvili merila učinkovitosti čezmejnih presoj vsebinske učinkovitosti, ki predstavlja »dodano vrednost« čezmejnega posvetovanja:

Primere smo ovrednotili glede na našete kazalnike in tematske podkazalnike, kot so opisani v Tabeli 3.1 in 3.2, s katerimi smo merili učinke čezmejnega posvetovanja in jih primerjali med sabo.

*Tabela 3.1: Kazalniki za izboljšanje okoljske učinkovitosti hidroenergije*

| <b>KAZALNIKI ZA HIDROENERGIJO<br/>HE Brežice (1) in HE Mokrice (2)</b> |                                                                                                                                                                                                                                                            |
|------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Prispevek k podnebnim spremembam in razogljičenju do 2050 (A)          | Moč in prispevek h končni rabi energije<br>Hidroenergetski objekt Brežice 47, 4 MW<br>Hidroenergetski objekt Mokrice 20, 05 MW                                                                                                                             |
| Okoljsko boljše alternative (B)                                        | Široka in ozka alternativa akumulacije (1)<br>Pomik lokacije nad sotočje s Krko (1)<br>Izločitev alternative s 7-metrskim betonskim jezo na Krki (1)<br>Od treh alternativ izbrana alternativa z najmanjšim čezmejnimi vplivom (2)                         |
| Omilitveni ukrepi za zmanjšanje vplivov na okolje (C)                  | Pregrade za zmanjšanje kaljenja med gradnjo (1,2)<br>Dodana dva prehoda za ribje organizme (1,2)<br>Matematični model za sotočje Krke in Save za prehodnost in drstišče platnice (2)<br>Nadomestna drstišča za zvezdogleda (2)                             |
| Sorazmerni ukrepi za dobro stanje voda (D)                             | Dodana členitev brežin<br>Dodana odmrla drevesa in drugi tehnični ukrepi                                                                                                                                                                                   |
| Izboljšanje poplavne varnosti (E)                                      | Propustnost brežin za bogatenje podzemne vode                                                                                                                                                                                                              |
| Izboljšanje poplavne varnosti (E)                                      | Ohranjanje poplavnega volumna ravnice<br>Poglobitev terena za povečanje volumna poplavnega območja<br>Protipoplavni ukrepi                                                                                                                                 |
| Izboljšanje količinskega stanja podzemnih voda (F)                     | Propustnost brežin za bogatenje podzemne vode                                                                                                                                                                                                              |
| Omilitveni ukrepi za biotsko raznovrstnost (G)                         | Kreacija habitatov za ptice: gnezdilni otoki, prodišča<br>Kreacija habitatov za dvoživke<br>Naravovarstvene ureditve: otoki, plitvine, prehodi za organizme, habitati za hrošče, suha travišča, mokrišča, netopirnice, zasaditve, gozd, krajinske ureditve |
| Večje poznavanje okolja v obmejnem področju, monitoring (H)            | Monitoring voda in rib                                                                                                                                                                                                                                     |

Lastni vir

Tabela 3.1 prikazuje primer rezultata sinteze za hidroenergijo kot seštevek vsebinskih izboljšav, ki določajo končno oceno učinkovitosti. Prikazuje, v kolikšni meri so bili upoštevani kazalniki, ki so vrednostno opredeljeni in so bili ocenjeni po naslednji lestvici: 1 - ni pomembno, 2 - pomembno, 3 - precej pomembno in 4 - zelo pomembno<sup>7</sup>. Z oznako 0 smo ocenili kazalec, ki ni relevanten za posamezen primer in tako ne more biti okoljskih izboljšav (Tabela 3.1). Primeri, ki so vsebinsko najbolj kompleksni in dosegajo pri merjenju šestih kazalnikov največje število točk (25-30), so se izkazali v čezmejnem kontekstu kot najbolj učinkoviti, primeri, ki so dosegli srednje število točk (20-25 točk), so učinkoviti, medtem ko so primeri, ki so ocenjeni manj (15-20 točk), slabo učinkoviti, in najslabše ocenjeni (0-10 točk) neučinkoviti.

*Tabela 3.2: Okoljske izboljšave planov in projektov različnih virov energije v čezmejnem posvetovanju med leti 2004 –2024*

| Št. | Ime projekta | DPN ali                | Države posvetovanja  | Vrsta energije | A | B | C | D | E | F | G | H | SKUPAJ |
|-----|--------------|------------------------|----------------------|----------------|---|---|---|---|---|---|---|---|--------|
| 1   | Brežice      | DPN (2012)             | SI, HR               | hidro          | 2 | 3 | 4 | 4 | 3 | 4 | 4 | 4 | 28     |
| 2   | Mokrice      | DPN (2012)             | SI, HR               | hidro          | 2 | 4 | 4 | 4 | 3 | 4 | 4 | 4 | 29     |
| 3   | Ojstrica     | DPN (2024)             | SI, A                | vetrna         | 2 | 2 | 4 | 0 | 0 | 4 | 4 | 4 | 20     |
| 4   | Lavamund     | Projekt (2013)         | A, SI                | vetrna         | 3 | 2 | 4 | 0 | 0 | 4 | 4 | 4 | 21     |
| 5   | Krško        | NEK-podaljšanje (2021) | SI, HR, A, I, HU, GE | jedrska        | 4 | 2 | 4 | 0 | 0 | 3 | 4 | 4 | 21     |

Lastni vir

### 3.5.1 Državni prostorski načrt Brežice

Državni prostorski načrt Brežice (Vlada RS, 2013) se je razvijal na podlagi predlaganih lokacijskih in tehničnih alternativ v različnih fazah državnega prostorskega načrtovanja. Najpomembnejši čezmejni vidik so poplavne vode, saj je Slovenija kot višje ležeča država v povodju Donave dolžna ohranjati poplavne površine, da v dolvodnih državah ne bi bilo povodenj (Okvirni savski sporazum, 2006).

Drugi najpomembnejši čezmejni vidik je sprememba morfologije in vpliv na podzemne vode ter tveganje zaradi nesreče v primeru porušitve pregrade hidroelektrarne. Prva tako je možen vpliv na biotsko raznovrstnost, saj je Hrvaška določila Naturo 2000 območja do slovenske meje.

V čezmejnem postopku je bila izvedena formalna notifikacija z osnutkom državnega prostorskega načrta za Brežice in okoljskim poročilom Republiki Hrvaški. Ta je potrdila interes za sodelovanje, saj je ta interes izrazila že v času gradnje hidroelektrarne Krško. Na obeh straneh meje je bil zvedena javna predstavitev okoljskega poročila in osnutka plana. Na krajevno običajen način so izvedli obveščanje javnosti in javno razgrnitev z javno predstavitvijo v Zagrebu. Sledile so tehnične konzultacije med ekipama slovenskih in hrvaških strokovnjakov<sup>8</sup> v Zagrebu na tematiko poplavnih voda, možnosti porušitve pregrade, biotske raznovrstnosti ter ukrepov za zmanjšanje vplivov na biotsko raznovrstnost in morfološko stanje voda.

Kot sestavni del državnega prostorskega načrta so bili predlagani obširni naravovarstveni, krajinski in okoljski omilitveni ukrepi: prostorsko tehnične ureditve za omilitev vpliva na okolje, ki so natančneje zarisane v projektih (IBE, 2001) ter osnutkih prostorskih načrtov (Savaprojekt d.o.o., Acer d.o.o., 2001) in okoljskem poročilu (Stojič Z., 2012) ter predstavljeni in vsebinsko opisani v dveh monografijah: Načrtovanje in urejanje Spodnje Save (Kink B., et al. 2019, str. 43–160) ter Okolje in prostor (Kolar – Planinšič, 2021),

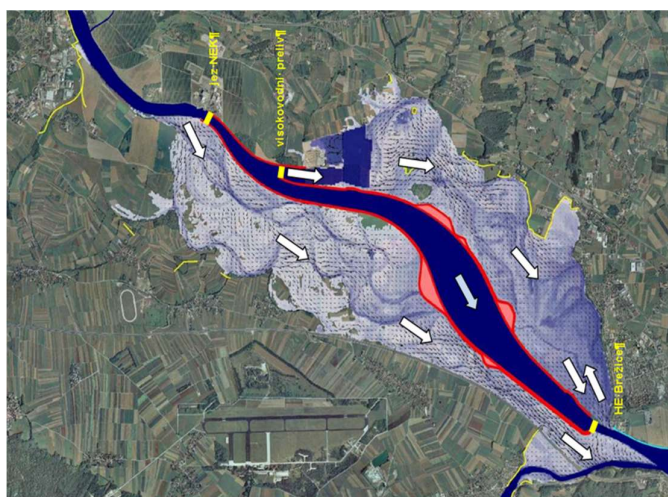
<sup>8</sup> Skladno s hrvaškim Zakonom o zaščiti okoliša je za postopek imenovano »povjerenstvo«, ki predstavlja ekipo strokovnjakov z ministrstev in organizacij.

Slika 3.2: Prikaz lokacije državnega prostorskega načrta in projekta hidroelektrarne Brežice, ki je 13 km od državne meje z Republiko Hrvaško in lokacije državnega prostorskega načrta Mokrice, ki je 0,5 km od državne meje.



Vir: Stojič Z., 2012

Slika 3.3: Prikaz območja za zadrževanje poplavnih voda po državnem prostorskem načrtu Brežice



Vir: Steiman F., 2012

### 3.5.2 Državni prostorski načrt Mokrice

Državni prostorski načrt Mokrice (Vlada RS, 2013) se je razvijal na podlagi pobude, med pripravami pa so bile preverjene tri lokacijske<sup>9</sup> alternative in dve tehnični<sup>10</sup>. Za lokacijske alternative so bile predstavljene ideje od lokacije hidroelektrarne na sami meji z Republiko Hrvaško do lokacije v neposredni bližini meje in lokacije, ki je oddaljena od meje.

Pomembne vsebine z vidika čezmejnega postopka so bile poplavna varnost, podzemne vode,

<sup>9</sup> Lokacijske alternative, ki so bile usklajevane v čezmejnem kontekstu: na meji, tik za mejo in gorvodno na sedanji lokaciji.

<sup>10</sup> Tehnični alternativni sta bili široka in ozka akumulacija ter 14-dnevna, 7-dnevna ali 24-urna akumulacija. Izbrana je bila okoljsko najugodnejša ozka 24-urna akumulacija, za katero se je pripravil državni prostorski načrt.

vpliv na pitno vodo in kvaliteto vodnih teles ter biotska raznovrstnost. Hrvaška je namreč razglasila evropsko ekološko omrežje Natura 2000 na reki Savi do slovenske državne meje. Da bi razpolagali s pravilnimi podatki, je bilo vzpostavljeno sodelovanje med državama in Hrvaška je posredovala vse podatke o Naturi 200, ki so bili potrebni za izvedbo Presoje sprejemljivosti na varovana območja po Habitatni direktivi, Zakonu o ohranjanju narave ter Pravilniku o presoji sprejemljivosti na varovana območja.

Izvedeni so bile notifikacija z osnutkom državnega prostorskega načrta za Mokrice Republiki Hrvaški, javna predstavitev okoljskega poročila in osnutka plana v Zagrebu in izvedene so bile tehnične konzultacije med strokovnjaki v Zagrebu na tematiko poplavnih voda, podzemnih voda, možnosti porušitve pregrade, biotske raznovrstnosti in ukrepov za zmanjšanje vplivov na biotsko raznovrstnost in morfološko stanje voda ter kumulativnih vplivov. Dogovorjeni so bili omilitveni ukrepi za zmanjšanje vplivov na okolje.

### 3.5.3 Državni prostorski načrt za vetrno polje Ojstrica

Na podlagi sklepa o državnem prostorskem načrtu (Vlada RS, 2018) sta bila pripravljena državni prostorski načrt in okoljsko poročilo. Predlagano je bilo vetrno polje 8 vetrnic. Zaradi vpliva na biotsko raznovrstnost v Sloveniji in pripomb nevladnih organizacij in upoštevanju načela previdnosti<sup>11</sup> je bilo polje zmanjšano na 3 vetrnice. Izvedena je bila notifikacija, v kateri je bila Avstrija seznanjena z osnutkom državnega prostorskega načrta. Pomemben čezmejni vidik pa je bila infrastruktura, saj vetrnega polja ne bi bilo mogoče realizirati, če se ne zgradi cesta v Avstriji ter poveže čez hribe v Slovenijo, zato je bil državni prostorski načrt že sam po sebi čezmejnega značaja. Tematiki čezmejnih posvetovanj sta bili le poseg ceste in vpliv na biotsko raznovrstnost, dodatnih omilitvenih ukrepov pa ni bilo potrebnih.

### 3.5.4 Projekt vetrno polje Lavamund

Avstrija je notificirala Slovenijo in ji predstavila projekt vetrnega polja Lavamund severno od državne meje in v oddaljenosti nekaj 100 m. Izvedene so bile tehnične konzultacije med slovenskimi in avstrijskimi strokovnjaki v Celovcu, kjer so potekale razprave na tematiko biotske raznovrstnosti in omilitvenih ukrepov za divjega petelina, ki živi in se razmnožuje ter prehranjuje na območju Petelinjega grebena, zato je njegov habitat zelo pomemben. Na podlagi strokovnih pripomb Slovenije je Avstrija predlagala in uvedla dodatne omilitvene ukrepe in monitoring za biotsko raznovrstnost.

Ti dodani omilitveni ukrepi se v veliki meri nanašajo na varstvo vrste divjega petelina (*Tetrao urogallus*) so zelo obsežni in zajemajo tri območja gozdov za divjega petelina. Gre za vrsto, ki je ogrožena v evropskem merilu ter varovana na podlagi Direktive o pticah. Zanj je bila posledično v postopkih izvedena tudi presoja sprejemljivosti na varovana območja (Natura 2000). Dodana so bila tri nova območja omilitvenih ukrepov, kot jih prikazuje slika 3.4. Območje 1 in območje 2 sta območji s starejšimi drevesi, ki bosta izključeni iz uporabe, da se ohrani habitat za divjega petelina in uralsko sovo za celotno življenjsko dobo vetrnih turbin.

Neuporaba gozdov se nanaša na običajne gozdarske postopke, ne pa na ukrepe, ki so potrebni ali predpisani za zatiranje škodljivcev. To pomeni, da je odstranitev dreves, ki so jih napadli (hujši) škodljivci, še vedno mogoča. Če bo to izvedljivo, se bo to po potrebi izvedlo v zimskih mesecih.

Območje 1 obsega površino približno 12,5 hektarja in bo v celoti izključeno iz uporabe. Najmanjša razdalja do najbližje vetrne turbine je 500 metrov, da se preprečijo znatni

<sup>11</sup> DOPPS – Bird Life International

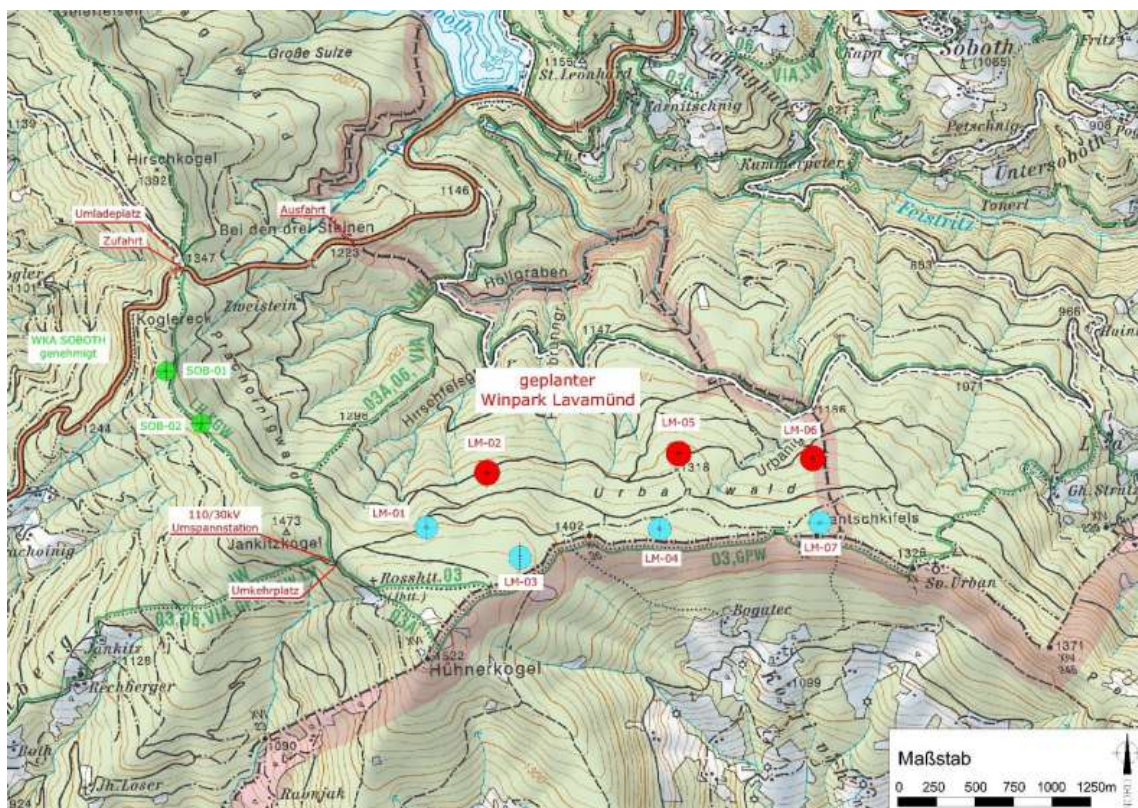
negativni učinki vetrnih turbin med njihovim delovanjem.

Območje 2 obsega približno 3,5 hektarja zemljišč zahodno od vrha Jankitzkogel, od katerih bo 2,5 hektarja med obratovanjem izključeno iz uporabe.

Območje je znotraj lovišča uralske sove in vključuje območje z dobro primernostjo za gnezdenje. To območje bo preventivno bolj oddaljeno od načrtovanih vetrnih elektrarn, zato je »tabu« območje določeno do 1.000 metrov. Zaščiteno je točno določeno območje ali habitat, ki ga uralska sova potrebuje kot gnezditveni habitat in ga trenutno zaseda. Poleg tega je celotno območje zelo primerno za življenjski prostor kozače.

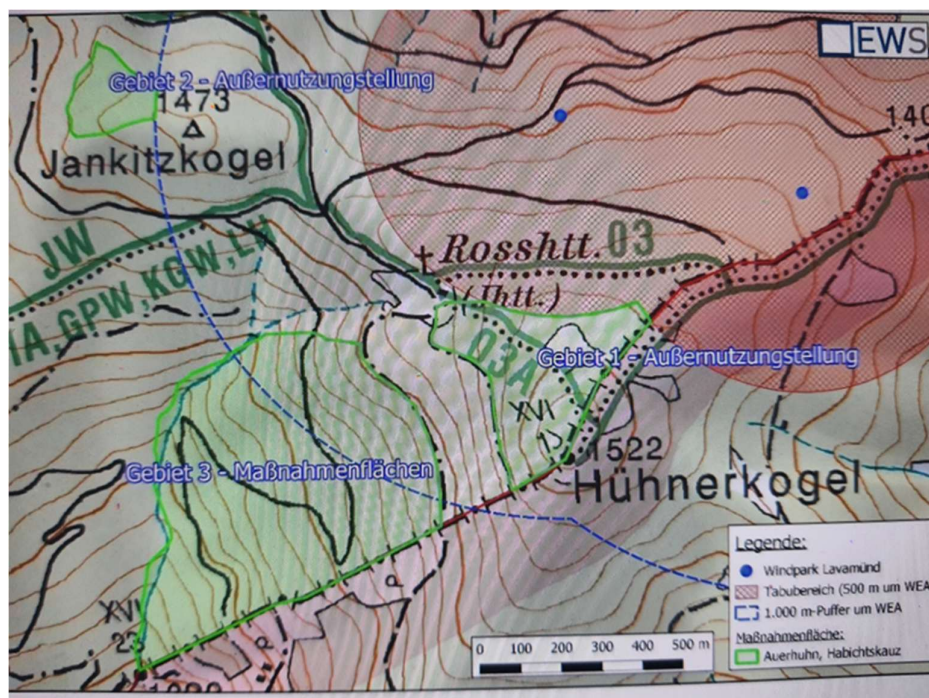
Območje 3 je območje, na katerem se izvajajo posebni gozdarski ukrepi za varstvo divjega petelina (*Tetrao urogallus*). Določeno območje obsega nekaj več kot 39 hektarjev, od tega bo 11 hektarjev izbranih za gojenje gozdov.

*Slika 3.4: Lokacija vetrne elektrarne Lavamund severno od državne meje Slovenija-Avstrija. Pregledni načrt vetrne elektrarne Lavamünd (rdeče pike: načrtovane vetrne turbine vetrne elektrarne Lavamünd, svetlo modre pike: načrtovane vetrne turbine vetrne elektrarne Lavamünd, zelene pike: že odobrene vetrne turbine v vetrni elektrarni Soboth).*



Vir: Kelag, 2022, str. 11

Slika 3.5 Lokacija dodanih omilitvenih ukrepov za projekt vetrnih elektrarn Lavamund severno od državne meje Slovenija-Avstrija.



Vir: Kelag, 2022

### 3.5.5 Podaljšanje življenjske dobe za jedrsko elektrarno Krško

Po Espoo konvenciji je bilo izvedeno čezmejno posvetovanje z Nemčijo, Avstrijo, Hrvaško, Italijo in Madžarsko. Izvedene so bile javne razgrnitve v vseh omenjenih državah in tehnične konzultacije strokovnjakov na tematiko onesnaženja in temperature voda, vplivov na zdravje in varnosti ter podnebnih sprememb. Na podlagi čezmejnega posvetovanja so bili izvedeni dodatni pogoji za zmanjšanje temperature reke Save ter uveden monitoring (Ministrstvo za okolje in prostor, 2023).

## 3.6 REZULTATI

Analiza vsebinske učinkovitosti čezmejnih posvetovanj v okviru presoje vplivov na okolje je pokazala, da so tovrstni postopki ključni za zagotavljanje trajnostnega razvoja in uravnoteženje okoljskih, ekonomskih ter družbenih vidikov pri infrastrukturnih projektih v obmejnih območjih.

Rezultat raziskave so tudi vsebinski kazalniki, ki so bili razviti tako, da se na njihovi podlagi lahko vrednotijo tako primeri državnih prostorskih načrtov, kot projektov in so primerni tudi za morebitne nadaljnje raziskave bodočih primerov.

Ocenjevanje vsebinskih izbranih kazalnikov na petih primerih je pokazalo, da so bili projekti, ki so dosegli najvišje vrednosti v okviru obravnavanih kazalnikov, hkrati tudi najbolj učinkoviti v čezmejnem kontekstu.

Pri hidroenergetskih projektih so bile v čezmejnem posvetovanju s pomočjo tehničnih konzultacijah razpravljane alternative, sprejeti omilitveni ukrepi ter, kar je pripomoglo k boljšemu razumevanju in upravljanju vplivov na poplavno varnost, biotsko raznovrstnost ter

podzemne vode. Rezultati kažejo, da sta HE Brežice in HE Mokrice zaradi obsežne implementacije omilitvenih ukrepov ter usklajevanja med Slovenijo in Hrvaško dosegli visoko stopnjo učinkovitosti. Izboljšave, kot so pregrade za zmanjšanje kaljenja, dodatni prehodi za ribje organizme in kreacija habitatov, so pomembno prispevale k zmanjšanju negativnih vplivov na okolje. Predvsem pri hidroelektrarnah je čezmejno posvetovanje z Republiko Hrvaško skupaj z nacionalnim posvetovanjem rezultiralo v okoljsko boljše alternative in omilitvenih ukrepih za zmanjšanje vplivov, izboljšanju poplavalne varnosti z ohranitvijo volumna razlivnih voda in količinskega stanja podzemnih voda. Med omilitvenimi ukrepi so pri hidroelektrarnah Brežice in Mokrice med drugimi poudarjeni ukrepi za izboljšanje biotske raznovrstnosti in stanja voda.

Tako sta primera državnih prostorskih načrtov za hidroelektrarne Brežice in Mokrice, ki sta vsebinsko najbolj kompleksna, dosegla pri merjenju šestih kazalnikov največje število točk (25-30 točk) in sta se izkazala v čezmejnem kontekstu kot najbolj učinkovita.

Podobno so bile pri vetrnih elektrarnah Ojstrica in Lavamund izvedene prilagoditve na podlagi nacionalnih in čezmejnih posvetovanj. Na projektu Ojstrica je bilo zaradi okoljskih vplivov in mnenj nevladnih organizacij ter upoštevanje načela previdnosti, zmanjšano število vetrnic. Prav tako pa je bila spremenjena cestna infrastruktura, ki je pomembno vplivala na hribovito območje in je bila v postopku z zveznim avstrijskim ministrstvom usklajena trasa dovozne ceste preko Avstrije, kar je pomembno vplivalo na skupen okoljski učinek in ga zmanjšalo.

Pri projektu Lavamund je Avstrija na podlagi pripomb Slovenije uvedla dodatne omilitvene ukrepe za varstvo habitata divjega petelina, kar potrjuje pomen mednarodnega sodelovanja pri varstvu biotske raznovrstnosti.

Pri podaljšanju obratovanja NEK Krško so čezmejna posvetovanja vključevala več držav: Hrvaško, Avstrijo, Italijo in Madžarsko, kar odraža kompleksnost in pomen mednarodnega sodelovanja pri jedrski energiji. Na podlagi posvetovanj so bile izvedene prilagoditve glede temperature hladilne vode in uveden je bil okrepljen monitoring, kar kaže na vpliv čezmejne presoje na ohranjanje in izboljšanje okoljskih standardov.

Tako se je izkazala tudi učinkovitost primerov vetrnih polj Lavamund in Ojstrica ter podaljšanje življenjske dobe jedrske elektrarne Krško, ki so dosegli srednje število točk (20-25 točk). Noben primer ni bil ocenjen z manj in tako ni primera slabe učinkovitosti ali neučinkovitosti.

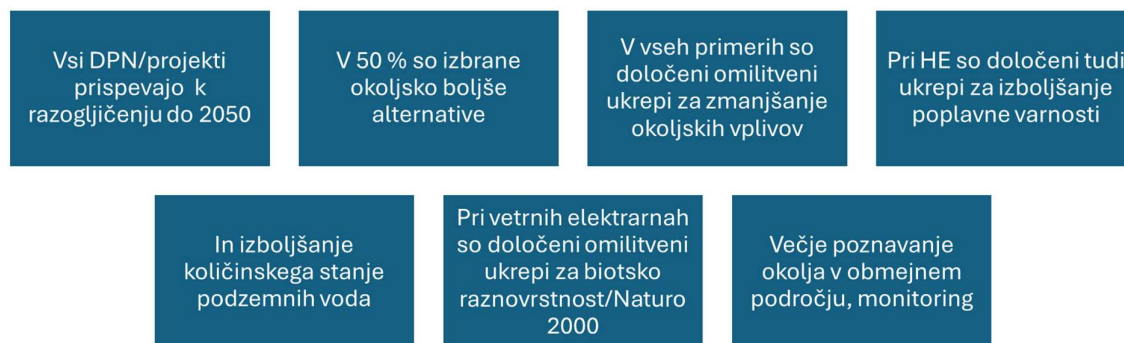
Vrednotenje vsebinske učinkovitosti potrjuje, da je kakovostna čezmejna presoja okoljskih vplivov nujna za izboljšanje trajnostnih energetskega projektov. Primeri prakse državnih prostorskih načrtov in projektov kažejo, da čezmejno sodelovanje prispeva k boljšim okoljskim rešitvam, zmanjšanju konfliktov in povečani transparentnosti procesov. Ključno je, da se bodoče prakse nadalje razvijajo v smeri še večje vključenosti javnosti, izboljšane spremljanja vplivov ter povečanega pomena alternativnih scenarijev pri načrtovanju velikih energetskega projektov.

Vsi energetskega plani in projekti so bili zastavljeni v cilju prispevka k razogljičenju do 2050, pri čemer je prispevek k končni rabi različen.

V vseh primerih pa se je izkazalo, da so obmejna območja slabše raziskana in da je bilo treba zbrati dodatne podatke, da bi lahko z znanstveno gotovostjo ocenjevali vplive na okolje. Pri

tem sta bili upoštevani načeli »preventive« po Direktivi o habitatih (Precautionary principle) in načelo »izven razumnega znanstvenega dvoma« (Without reasonable scientific doubt). Tako so vsi čezmejni postopki rezultirali v večjem poznavanju okolja v obmejnem geografskem območju, pa tudi k poglobljenim analizam in monitoringu.

Tabela 3.3: Prikaz skupnih rezultatov čezmejnih posvetovanj



Lastni vir

### 3.7 SKLEPNA OCENA

Čezmejno sodelovanje znotraj čezmejnega postopka okoljskih presoj ter posvetovanja po Konvenciji Espoo in Protokolu o strateški presoji vplivov na okolje:

- prispevajo k izmenjavi strokovnega znanja;
- povečajo nadzor nad okoljskimi vplivi v čezmejnem kontekst;
- prispevajo k izboljšavam na področjih zmanjšanja vplivov zaradi poplav, učinkov na podzemne vode, biotsko raznovrstnost, zdravje, varnost in podnebnim spremembam;
- dogovorjeni so konkretni tehnični ukrepi za zmanjšanje vplivov (povečanje habitatov divjega petelina, ribje steze, pragovi, etc.).

### 3.8 ZAKLJUČEK

Slovenija je imela v 20 letih izkušnje iz petih zelo kompleksnih čezmejnih primerov okoljskih presoj po Espoo konvenciji in SEA Protokolu. Pri tem je bila učinkovita, saj je mednarodno čezmejno okoljsko sodelovanje prispevalo k varstvu okolja v vseh konkretnih obravnavanih primerih.

Priporočata se:

- redno spremljanje učinkov čezmejnega sodelovanja po Espoo konvenciji tudi v prihodnosti in
- analiza monitoringov po obratovanju vseh trajnostnih energetskega virov.

## Literatura in viri

- Aulavuo T., 2017. Introduction to the UNECE Espoo Convention and its Protocol on SEA. HUSPO, Third regional conference on environmental impact assessment. Session on the implementation of the UNECE Espoo Convention, its Protocol on SEA and the Bucharest Agreement in the South-Eastern Europe – Good practices and challenges in transboundary EIA and SEA Vodice, Croatia, September 13th –16th, 2017. Dostopno na naslovu: <https://www.huszpo-konferencija.com/wp-content/uploads/2017/11/Abstracts-ESPOO.pdf> (15.3.2025)
- Cmiljanović B., 2017. Good practice and lessons learned by Montenegro from the application of the Espoo Convention and its Protocol on SEA Protocol. HUSPO, Third regional conference on environmental impact assessment. Session on the implementation of the UNECE Espoo Convention, its Protocol on SEA and the Bucharest Agreement in the South-Eastern Europe – Good practices and challenges in transboundary EIA and SEA Vodice, Croatia, September 13th–16th, 2017. Dostopno na naslovu: <https://www.huszpo-konferencija.com/wp-content/uploads/2017/11/Abstracts-ESPOO.pdf> (15.3.2025)
- "EuroVoc: Community acquis". Eurovoc.europa.eu. (11.7. 2024).
- Hidroelektrarne na spodnji Savi – Prefeasibility študija (IBE, proj D532/35-10, 11. maj, 1995.
- IBE, 2001. Veriga hidroelektrarn na spodnji Savi – Predinvesticijska zasnova (IBE, A501/66-MX05, marec 2001.
- IBE, 2001. Veriga hidroelektrarn na spodnji Savi – Dopolnitev predinvesticijske zasnove IBE, A501/66-MX06, april 2001.
- Javornik L., Stojič Z., 2008. Morfološke spremembe reke Save na območju HE Brežice v zadnjih 250 letih, Aktualni projekti s področja upravljanja z vodami in urejanje voda, str. 230 – 235. Dostopno na naslovu: <https://mvd20.com/LETO2008/R30.pdf> ( 7.12.2024)
- Măcelaru M., 2017. Romania's experience in the application of the Espoo Convention to nuclear energy-related activities: The planned construction of nuclear reactors 3 and 4 at the Cernavoda Nuclear Power Plant in Romania. HUSPO, Third regional conference on environmental impact assessment. Session on the implementation of the UNECE Espoo Convention, its Protocol on SEA and the Bucharest Agreement in the South-Eastern Europe – Good practices and challenges in transboundary EIA and SEA Vodice, Croatia, September 13th - 16th, 2017. Dostopno na naslovu: <https://www.huszpo-konferencija.com/wp-content/uploads/2017/11/Abstracts-ESPOO.pdf> (11.7.2024)
- Koivurova, T., 2007. The Convention on Environmental Impact Assessment in a Transboundary Context (Espoo Convention). 10.1017/CBO9780511494345.011.
- Kink B., et al. 2019. Spodnja Sava – vzor načrtovanja in urejanja. Sotošek V., Žigante P., Oršanič T.H., Kvaternik K., Spahalič J., prevod : Zagorac D., Hauschild H., INFRA, Leskovec pri Krškem, 2019.
- Kelag, 2022. Windpark Lavamünd. UVE-Fachbeitrag zum Schutzgut Vögel. Revision 2. Vorhaben Windpark Lavamünd. Projektwerber: KELAG - Kärntner Elektrizitäts-Aktiengesellschaft, Klagenfurt, EWS Consulting GmbH, Munderfing. Revision 30.03.2022 / Rev.2. Verfasser Michael Riedl. Projektleitung EWS Robert Gramlinger; KELAG Dr. DI Bernd Neuner, str. 1–95.
- Kolar-Planinšič, V., 2012. Predstavitev čezmejnega postopka za javnost v Republiki Hrvaški. Prezentacija. Javna razgrnitev Zagreb, 2012.
- Kolar - Planinšič, 2017. Good practice example of transboundary environmental impact assessment for the extension of Karavanke tunel project between Slovenia and Austria. HUSPO, Third regional conference on environmental impact assessment. Session on the

implementation of the UNECE Espoo Convention, its Protocol on SEA and the Bucharest Agreement in the South-Eastern Europe – Good practices and challenges in transboundary EIA and SEA, Vodice, Croatia, September 13th–16th, 2017. Dostopno na naslovu: <https://www.huszpo-konferencija.com/wp-content/uploads/2017/11/Abstracts-ESPOO.pdf> (15.7.2024)

- Kolar – Planinšič, 2022. Good practice examples: SEA for Maritime Spatial Plan of Slovenia – an Example of transboundary cooperation in the Adriatic sea, Slovenia. 1.7.2022. Good practice examples: SEA of the Maritime Spatial Plan of Slovenia – an example of transboundary cooperation in the Adriatic Sea – Vesna Kolar Planinšič, Slovenia, UNECE. Dostopno na naslovu: <https://unece.org/environment/documents/2022/07/presentations/good-practice-examples-sea-maritime-spatial-plan> (15.7.2024)
- Kolar Planinšič V., Likar J., Mikulič N., Gulum A., Matak A., 2013. Strategic Environmental Transboundary Assessment between Slovenia and Croatia of Slovenian National Plans for Hydropower Use in Brezice and Mokrice on Lower Sava, Book of Abstract, zbornik\_sazetaka\_2013.pdf
- Kolar-Planinšič, 2025. Insights in Transboundary Cooperation in Wind Energy SEA/EIA Between Slovenia and Austria. 86128 - TAIEX-EIR Multi-country Flagship Workshop on Planning of Renewable Energy Projects. Session 5: Multi-level governance and integrated spatial planning procedures, Brussels, 20 February, 2025.
- Ministry of the Environment, Finland; Ministry of the Environment, Sweden and Ministry of Housing, Spatial Planning and the Environment, the Netherlands 2003: Guidance on the practical application of the Espoo Convention. Convention on Environmental Impact Assessment in a Transboundary Context (UN/ECE). Finnish Environment Institute (SYKE), Finland, 48. Dostopno na naslovu: [https://unece.org/DAM/env/eia/documents/practical\\_guide/practical\\_guide.pdf](https://unece.org/DAM/env/eia/documents/practical_guide/practical_guide.pdf) (15.7.2024)
- Ministrstvo za okolje in prostor, 2006. Odločba , št. 35409-243/2006 o uvedbi celovite presoje vplivov na okolje, 2. 10. 2006.
- Ministrstvo za okolje in prostor, 2023. Okoljevarstveno soglasje za podaljšanje obratovalne dobe NEK s 40 na 60 let. Št. odločbe 35428-4/2021-2550-96 z dne 13.1.2023.
- Mikulič N., Kolar Planinšič, Vesna., Montan V. (2013). Espoo konvencija i lanac hidroelektrana na rijeci Savi, HUSPO, First regional conference on environmental impact assessment. Book of Abstracts, str. 45, 18–21. september, 2013, Zadar. zbornik\_sazetaka\_2013.pdf
- Okvirni savski sporazum, 2006. Dostopno na naslovu: <https://www.gov.si/assets/ministrstva/MZZ/Dokumenti/multilateral/mednarodno-pravo/depozitarstvo/Okvirni-sporazum-o-Savskem-bazenu-Pogodbeno-stanje.pdf> (15.7.2024)
- Regulation (EU) 2020/852 of the European Parliament and of the Council of 18 June 2020 on the establishment of a framework to facilitate sustainable investment, and amending Regulation (EU) 2019/2088 (Text with EEA relevance). Regulation - 2020/852 - EN - taxonomy regulation - EUR-Lex
- Savaprojekt d.o.o., Acer d.o.o., 2008. Državni prostorski načrt za hidroelektrarno Brežice, osnutek, Naročnik: Ministrstvo za gospodarstvo, Direktorat za energijo, Pripravljaivec: Ministrstvo za okolje in prostor, Direktorat za prostor Krško, Novo mesto, april 2008.
- Stojič Z., 2012. Okoljsko poročilo za državni prostorski načrt za hidroelektrarno Brežice, Geateh, Ljubljana, 2012.
- Smutny M., 2017. Lessons learned from the development of SEA and EIA systems in Eastern Europe, the Caucasus and Central Asia. HUSPO, Third regional conference on environmental impact assessment. Session on the implementation of the UNECE Espoo

- Convention, its Protocol on SEA and the Bucharest Agreement in the South-Eastern Europe – Good practices and challenges in transboundary EIA and SEA Vodice, Croatia, September 13th –16th, 2017. Dostopno na naslovu: <https://www.huszpo-konferencija.com/wp-content/uploads/2017/11/Abstracts-ESPOO.pdf> (10.5.2024)
- Uradni list, 1998. Zakon o ratifikaciji Konvencije o presoji čezmejnih vplivov na okolje (MPCVO). Uradni list RS – Mednarodne pogodbe, št. 46/98. Dostopno na naslovu: <https://pisrs.si/pregledPredpisa?id=ZAKO1006> (15.7.2024)
  - Uradni list, 2010. Zakon o ratifikaciji Protokola o strateški presoji vplivov na okolje h Konvenciji o presoji čezmejnih vplivov na okolje (MPSPVO). Uradni list RS – Mednarodne pogodbe, št. 11/10. Dostopno na naslovu: <https://pisrs.si/pregledPredpisa?id=ZAKO5599> (15.7.2024)
  - Uredba o državnem prostorskem načrtu za območje hidroelektrarne Brežice. Uradni list RS, št. 50/12 in 69/13. <https://pisrs.si/pregledPredpisa?id=URED6213>
  - Uredba o državnem prostorskem načrtu za območje hidroelektrarne Mokrice. Uradni list RS, št. 69/13č. Dostopno na naslovu: <https://pisrs.si/pregledPredpisa?id=URED6430> (15.7.2024)
  - Uredba o državnem prostorskem načrtu za vetrno elektrarno Ojstrica, Neuradno prečiščeno besedilo št. 0, št.: 2024-01-2927, 12. 11. 2024. Dostopno na naslovu: <https://pisrs.si/pregledNpb?idPredpisa=URED9157&idPredpisaChng=URED9157> (12.12.2024)
  - Uredba o posegih v okolje, za katere je treba izvesti presojo vplivov na okolje. Uradni list RS, št. 51/14, 57/15, 26/17, 105/20 in 44/22 – ZVO-2. Dostopno na naslovu: <https://pisrs.si/pregledPredpisa?id=URED6527> (12.12.2024)
  - UNECE, 2017. Convention on Environmental Impact Assessment in a Transboundary Context (Espoo Convention). ECE/MP.EIA/21/Amend., New York, Geneva, 2017. Dostopno na: <https://unece.org/environment-policy/environmental-assessment/text-convention> (11.11.2024)
  - UNECE, Practical Solution in applying the Espoo Convention. Guidance on Practical Application of the Espoo Convention. Practical Solution in applying the Espoo Convention UNECE. Specific Issues UNECE.
  - Vlada RS, 2013. Uredba o državnem prostorskem načrtu za območje hidroelektrarne Brežice. Uradni list RS, št. 50/12 in 69/13. Dostopno na naslovu: <https://pisrs.si/pregledPredpisa?id=URED6213> (1.5.2024)
  - Vlada RS, 2018. Sklep 8. 3. 2018 št. 35000-7/2018/3 o pripravi državnega prostorskega načrta za vetrno elektrarno Ojstrica. Dostopno na naslovu: [https://dokumenti-pis.mop.gov.si/javno/veljavni/02\\_rep\\_priprava/992/0c/SklepVlade\\_VE\\_Ojstrica2018.pdf](https://dokumenti-pis.mop.gov.si/javno/veljavni/02_rep_priprava/992/0c/SklepVlade_VE_Ojstrica2018.pdf) (1.5.2024)

**Mag. Vesna Kolar Planinšič** je diplomirala iz krajinske arhitekture in magistrirala iz prostorskega in urbanističnega načrtovanja na Univerzi v Ljubljani ter specializirala na Danski kraljevi akademiji v Københavnu. Ima bogate izkušnje na področju varstva okolja, okoljskih presoj, ohranjanja narave, varstva kulturne dediščine, prostorskega načrtovanja in obnovljivih virov energije. Njeno strokovno raziskovalno delo zajema vprašanja okolja in prostora ter učinkovitost in kakovost integracije okoljskih vidikov v načrte, programe in projekte, tudi v kontekstu bilateralnega, evropskega in mednarodnega sodelovanja. Sodelovala je v ekipi za pristop Slovenije k Evropski uniji in OECD, v okviru predsedovanja Slovenije Svetu EU v letih 2008 in 2021 pa je vodila delovne skupine za okoljske presoje in za mednarodna okoljska vprašanja. Je predstavnica Slovenije pri Evropski komisiji za okoljske presoje in vodja biroja Protokola o strateški presoji vplivov na okolje pri Organizaciji združenih narodov (OZN) v Ženevi. Prav tako je vodila mednarodni odbor za reševanje sporov znotraj Espoo konvencije in delovno skupino Espoo konvencije in Protokola pri UNECE. Od leta 2004 zastopa Slovenijo pri OZN v sodelovanju z državami Espoo konvencije in je pooblaščen kontaktna oseba. Zaposlena je na Ministrstvu za okolje, podnebje in energijo. Svoje znanje prenaša tudi na študente. Tako je

predavala na Univerzi Alpe Adria v Celovcu, na tehnični univerzi na Dunaju, Univerzi v Ljubljani, že 13 let pa poučuje na Visoki šoli za trajnostni razvoj. Njen opus zajema čez 130 prispevkov na strokovnih in znanstvenih konferencah, ter članke in monografije, bila pa je tudi članica številnih EU in mednarodnih misij (TAIEF, TAIEX, OZN).

## 4 RAZPOZNAVANJE NIZKOFREKVENČNEGA HRUPA

**dr. Nikola Holeček**, Univerza v Ljubljani, FKKT; Fakulteta za varstvo okolja. Velenje, Visoka šola za trajnostni razvoj, Kranj

### **Povzetek**

Zvočno valovanje pod 20 Hz, ki je človeku praviloma neslišno, imenujemo infrazvok. Kadar infrazvok in manj slišni zvok najnižjih frekvenc (10 do 200Hz) nastopata kot človeku moteč in zdravju škodljiv element, je to nizkofrekvenčni hrup (NFH, angl. Low Frequency Noise). Ta hrup, ki se širi po zraku, ima veliko večji doseg kot zvok normalnih slišnih frekvenc, še veliko dlje pa se širi NFH po zemlji. Močnejši ali dolgotrajnejši infrazvok okoli 7-20 Hz pa neposredno vpliva na človeški centralni živčni sistem in lahko povzroča motnje v orientaciji, anksioznost, paniko, depresije, slabost, neugodno počutje, bruhanje itd. Prej ali slej pa lahko valovanje privede do okvar živčnega in/ali kardiovaskularnega sistema. Ocenjuje se, da ima lahko približno 2,5 % prebivalstva nizkofrekvenčni prag, ki je vsaj 12 dB občutljivejši od povprečnega praga, kar ustreza skoraj 1.000.000 oseb v starostni skupini od 50 do 59 let v državah EU-15. NFH je prepoznan kot poseben problem hrupa v okolju, zlasti za občutljive ljudi v njihovih domovih. Konvencionalne metode ocenjevanja hrupa niso primerne za NFH in vodijo do napačnih sklepov in posledično do napačnih odločitev. Vir NFH je težje lokalizirati, težko ga je dušiti in se hitro širi v vseh smereh tako, da je lahko slišen na velikih razdaljah. Vse obstoječe metode vizualizacije zvočnega polja imajo omejitve spodnje frekvence na 125 Hz. Nizkofrekvenčno valovanje obkroži vir hrupa in je takšen vir praktično "neusmerjen".

V prispevku smo opisali izvedeno ocenjevanje NFH, ki smo ga identificirali v poslovnem/stanovanjskem objektu. Meritve smo izvajali v bližnji okolici (2-3 km zračne linije) od obravnavanega objekta, na mestu industrijskih objektov (V1 in OM2), kompleksu ribnikov (P1) ter plinski in transformatorski postaji. NFH v objektu je bil na začetku neidentificiran, diagnostika iskanja vira pa je temeljila na metodi primerjanja generičnih spektralnih porazdelitvah NFH v objektu z drugimi izbranimi merilnimi pozicijami.

*Ključne besede:* nizkofrekvenčni hrup, metoda identifikacije nizkofrekvenčnega hrupa

## RECOGNITION OF LOW FREQUENCY NOISE

### **Abstract**

Sound waves below 20 Hz, which are generally inaudible to humans, are called infrasound. When infrasound and the less audible sound of the lowest frequencies (10 to 200Hz) appear as an element that disturbs people and is harmful to health, it is low-frequency noise (LFN). This air-borne noise has a much greater range than normal audible frequency sound, and LFN travels much further on the ground. Stronger or longer-lasting infrasound around 7-20 Hz directly affects the human central nervous system and can cause disorientation, anxiety, panic, depression, nausea, discomfort, vomiting, etc. Sooner or later, the waves can lead to damage to the nervous and/or cardiovascular system. It is estimated that about 2.5% of the population may have a low-frequency threshold that is at least 12dB more sensitive than the average threshold, which corresponds to almost 1,000,000 persons in the age group 50 to 59 years in the EU-15 countries. LFN is recognized as a particular environmental noise problem, especially for sensitive people in their homes. Conventional noise assessment methods are not suitable for LFN and lead to wrong conclusions and consequently to wrong decisions. An LFN source is more difficult to localize, difficult to suppress, and spreads rapidly in all directions so that it can be heard over great distances. All existing sound field visualization methods have a lower frequency limit of 125 Hz. Low-frequency waves surround the noise source and such a source is practically "undirected".

In the paper, we described the LFN assessment carried out, which we identified in a commercial/residential building. The measurements were carried out in the immediate vicinity (2-3

*km as the crow flies) of the object in question, at the site of industrial facilities (V1 and OM2), the pond complex (P1), the gas and transformer station. The LFN in the facility was initially unidentified, and the source search diagnostics was based on the method of comparing the generic spectral distributions of the LFN in the facility with other selected measurement positions.*

*Keywords: low frequency noise, low frequency noise identification method*

## 4.1 UVOD

Zvok je mehansko valovanje. Običajno z besedo zvok označujemo le človeku slišni del tega valovanja s frekvencami v območju med 20 Hz in 20.000 Hz. Zvočno valovanje pod 20 nihanji na sekundo, ki je človeku praviloma neslišno, imenujemo infrazvok (IZ), tudi nizkofrekvenčni zvok/hrup (v nadaljevanju NFH). Kadar infrazvok in manj slišni zvok najnižjih frekvenc (10 do 200 Hz) nastopata kot človeku moteč in zdravju škodljiv element, je to nizkofrekvenčni hrup (angl. Low Frequency Noise, LFN). Največji in najbolj škodljiv vpliv na možgane ima zvok frekvence 7–8 Hz, (Novak, 2021). V območju NFH so občutljive votle strukture v telesu: 5 Hz za prsni koš, 20 Hz za glavo in 80 Hz za očesno votlino.

Približno 2,5 % prebivalstva nizkofrekvenčni prag, ki je vsaj 12dB občutljivejši od povprečnega praga, kar ustreza skoraj 1.000.000 oseb v starostni skupini od 50 do 59 let v državah EU-15. To je skupina, ki ji nizkofrekvenčni hrup povzroča še posebne težave. (Leventhall, 2004).

NFH se širi tako po zemlji kot po zraku. Zvok nizkih frekvenc, ki se širi po zraku, ima veliko večji doseg kot zvok normalnih slišnih frekvenc, še veliko dlje pa se širi zvok nizkih frekvenc po zemlji. Zaradi velikih valovnih dolžin je NFH zelo prodoren in sega na velike, tudi 5-kilometerske razdalje.

Raziskave so pokazale, da se dojemanje in učinki zvokov pri nizkih frekvencah precej razlikujejo v primerjavi s srednjimi ali visokimi frekvencami. Glavni razlogi za te razlike so naslednji:

- slabitev občutka za višino tona, kadar frekvenca zvoka pade pod 60 Hz;
- zaznavanje zvokov, kot sta pulziranje in nihanje;
- bistveno hitrejše povečanje glasnosti in motenj s povečanjem ravni zvočnega tlaka pri nizkih frekvencah kot pri srednjih ali visokih frekvencah;
- pritožbe v zvezi z občutkom pritiska v ušesih;
- motnje, ki jih povzročajo sekundarni učinki, kot so rožljanje stavbenih elementov, oken in vrat ali žvenketanje predmetov;
- manjše transmisijske izgube zvoka v stavbah pri nizkih frekvencah kot pri srednjih ali visokih frekvencah.

Za oceno zvokov z močno zastopanostjo nizkofrekvenčnih komponent (NFK) bi bilo treba spremeniti ocenjevalne postopke. Merilno mesto se lahko spremeni in frekvenčno vrednotenje je brezpredmetno, ker zvok z močnimi nizkofrekvenčnimi vsebinami povzroča večje motnje, kot jih predvideva A-vrednotena raven zvočnega tlaka. (ISO 1996-1, 2011).

## 4.2 TRANSMISIJA HRUPA NA VELIKE RAZDALJE

Okolje, v katerem se hrup širi, imenujemo zvočno polje, ki vključuje zvočni vir, pot širjenja in sprejemnik (emisija, transmisija in imisija). Za imisijo lahko vzamemo ekvivalentno raven

zvočnega tlaka v oktavnem pasu na sprejemnem mestu v smeri vetra (Wind Direction),  $L_{fT}$  (DW) se izračuna za osem oktavnih pasov z nazivno srednjo frekvenco od 63 Hz do 8 kHz po enačbi (1):

$$L_{fT}(DW) = L_W + D_C - A \quad (1)$$

kjer so  $L_W$  zvočna moč po oktavnih pasovih, v decibelih, glede na referenčno zvočno moč enega pikowata (1 pW),  $D_C$  popravek zaradi usmerjenosti, v decibelih, ki opisuje stopnjo odklona ekvivalentne kontinuirane ravni točkovnega vira v določeni smeri glede na raven neusmerjenega točkovnega zvočnega vira, ki seva zvočno moč  $L_W$ ;  $D_C$  je enak vsoti indeksa usmerjenosti  $D_1$ , točkovnega vira in indeksa  $D_\Omega$ , ki upošteva širjenje zvoka v prostorski kot, manjši od  $4\pi$  steradianov; za neusmerjeni točkovni zvočni vir, ki seva v nezaslonjen prostor, velja  $D_C = 0$  dB.  $A$  slabljenje po oktavnih pasovih, v decibelih, ki nastane med širjenjem od točkovnega vira proti sprejemniku. Slabljenje  $A$  v enačbi (1) je podano z enačbo (2):

$$A = A_{div} + A_{atm} + A_{gr} + A_{bar} + A_{misc} \quad (2)$$

Pri transmisiji pride do učinka slabljenja zvoka, ki nastane zaradi naslednjih fizikalnih učinkov:

- geometrijska divergenca,  $A_{div}$
- atmosferska absorpcija,  $A_{atm}$
- učinek tal,  $A_{gr}$  slabljenje zvoka zaradi učinka tal (trdna, porozna ali mešana tla)
- odboj od površine,  $A_{bar}$  slabljenje zvoka zaradi ovir
- slabljenje zvoka zaradi različnih drugih učinkov  $A_{misc}$ , npr. difrakcija z ovirami: slabljenje zvoka pri širjenju skozi poraščenost, skozi industrijska območja in pri širjenju skozi pozidana območja.

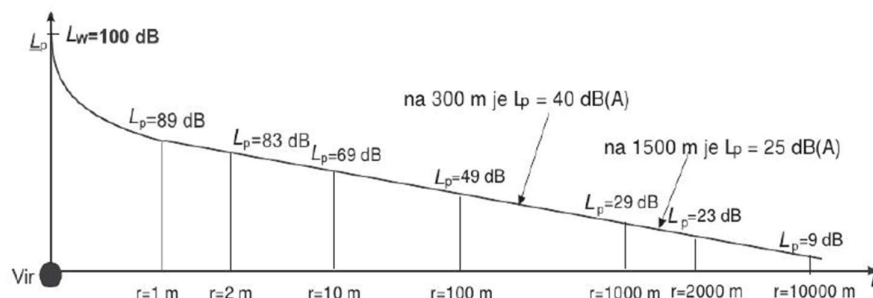
#### 4.2.1 Geometrijska divergenca

Geometrijska divergenca  $A_{div}$  upošteva sferično širjenje iz točkovnega zvočnega vira v prostem polju; pripadajoče slabljenje v decibelih je enako (enačba 3):

$$A_{div} = \left[ 20 \lg \left( \frac{r}{r_0} \right) + 11 \right] \text{ dB} \quad (3)$$

kjer sta  $r$  razdalja od vira do sprejemnika, v metrih,  $r_0$  referenčna razdalja (= 1 m)

Slika 4. 1: Slabljenje hrupa zaradi geometrijske divergence



Vir: Čudina 2020

#### 4.2.2 Atmosferska absorpcija

Slabljenje zaradi atmosferske absorpcije  $A_{atm}$ , v decibelih, med širjenjem zvoka na razdalji  $r$ , v metrih, je podano z enačbo (4):

$$A_{atm} = \frac{\alpha r}{1000} \quad (4)$$

kjer je  $\alpha$  koeficient atmosferskega slabljenja zvoka v atmosferi v decibelih na kilometer, za vsak oktavni pas pri srednji frekvenci pasu (glej tabelo 4.1). Koeficient atmosferskega slabljenja v atmosferi je zelo odvisen od frekvence zvoka, temperature okolice in relativne vlažnosti zraka, bistveno manj pa od okoliškega tlaka. Evidentno je, da je pri nizkih frekvencah (npr. 63 Hz) atmosferska disipacija do 1000 manjša od tiste na višjih frekvencah, npr. 8000 Hz.

*Tabela 4. 1: Koeficient atmosferskega slabljenja zvoka zaradi atmosfere  $\alpha$  za oktavne pasove hrupa*

| Temperature<br>°C | Relative<br>Humidity<br>% | Atmospheric attenuation coefficient $\alpha$ , dB/km |     |     |     |      |      |      |      |
|-------------------|---------------------------|------------------------------------------------------|-----|-----|-----|------|------|------|------|
|                   |                           | Nominal midband frequency, Hz                        |     |     |     |      |      |      |      |
|                   |                           | 63                                                   | 125 | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 | 8000 |
| 10                | 70                        | 0.1                                                  | 0.4 | 1.0 | 1.9 | 3.7  | 9.7  | 32.8 | 117  |
| 20                | 70                        | 0.1                                                  | 0.3 | 1.1 | 2.8 | 5.0  | 9.0  | 22.9 | 76.6 |
| 30                | 70                        | 0.1                                                  | 0.3 | 1.0 | 3.1 | 7.4  | 12.7 | 23.1 | 59.3 |
| 15                | 20                        | 0.3                                                  | 0.6 | 1.2 | 2.7 | 8.2  | 28.2 | 88.8 | 202  |
| 15                | 50                        | 0.1                                                  | 0.5 | 1.2 | 2.2 | 4.2  | 10.8 | 36.2 | 129  |
| 15                | 80                        | 0.1                                                  | 0.3 | 1.1 | 2.4 | 4.1  | 8.3  | 23.7 | 82.8 |

Vir: ISO 9613-2, 2012

#### 4.2.3 Ojačenje nizkih frekvenc v prostorih zaradi interference

Valovanje zvoka v zaprtem prostoru vzbuja modalne frekvence, ki so resonančne frekvence specifičnega prostora. Če je geometrija prostora kvadrata, in so dimenzije prostora primerljive z valovno dolžino zvoka, lahko pride do izrazitih nihanj zvočnega tlaka v njem. Primerjava nadležnosti različnih vrst hrupnih virov pri sicer enakih ravneh hrupa prostorov in krajših valovnih dolžinah tovrstni načini nihanj niso izraziti, zaradi drugih učinkov, npr. difuzija (Deželak 2020).

Spremembe ravni zvočnega tlaka v zaprtih prostorih so sicer lahko znatne in za razliko od visokih frekvenc presegajo 20 dB. Tudi subjektivni občutek glasnosti in še zlasti njegove spremembe so bistveno večje pri nizkih kot pri visokih frekvencah. Prirastek 5 dB pri frekvenci 30 Hz je na primer enakovreden prirastku 10 dB pri 1 kHz, glede na spremembe subjektivnega občutka glasnosti. Ko torej enkrat zaznamo nizkofrekvenčni zvok, postane hitro izredno neugoden.

V zaprtih prostorih so prisotni različni načini nihanja zvoka, kar je posledica nastanka stoječih valov, do katerih pride z interferenco med vpadnimi in odbitimi zvočnimi valovi od posameznih sten oziroma raznih ovir v prostoru. Kot rezultat je lahko raven hrupa kot posledica takšnega stoječega valovanja močno odvisna od lege v prostoru. Načini takšnega nihanja se pojavijo pri določenih frekvencah, ki jih imenujemo resonančne frekvence (eigenfrekvence), pri katerih je oddaljenost med posameznimi amplitudami določena z mnogokratnikom pripadajoče valovne dolžine. Resonančne frekvence  $f_0$  kvadraste sobe lahko izračunamo s pomočjo enačbe (5) (Deželak, 2020):

$$f_0 = \frac{c_0}{2} \sqrt{\left(\frac{l}{l_x}\right)^2 + \left(\frac{m}{l_y}\right)^2 + \left(\frac{n}{l_z}\right)^2} \quad (5)$$

kjer  $f_0$  = frekvenca lastnega nihanja v Hz  $c_0$  = hitrost zvoka,  $l$  = način nihanja po dolžini sobe,  $m$  = način nihanja po širini sobe,  $n$  = način nihanja po višini sobe,  $l_x$ ,  $l_y$ ,  $l_z$  = dolžina, širina

in višina sobe v metrih (Larsen 1972).

### 4.3 OCENJEVANJE HRUPA Z MOČNO ZASTOPANOSTJO NFK

NFH je prepoznan kot poseben problem hrupa v okolju in so raziskave pokazale, da samo A-frekvenčno vrednotenje ne zadostuje za oceno zvokov z značilno tonaliteto, impulznostjo ali močno zastopanostjo nizkofrekvenčnih komponent. Za oceno dolgoročnega odziva skupnosti na motnje z zvokom, z nekaterimi od teh posebnih značilnosti, se dodaja popravek v decibelih k A-vrednoteni zvočni ekspozicijski ravni ali k A-vrednoteni ekvivalentni neprekinjeni ravni zvočnega tlaka. Raziskave so pokazale tudi, da zvoki različnih prevoznih sredstev ali industrijskih zvokov povzročajo različne odzive skupnosti na motnjo pri sicer enaki A-vrednoteni ekvivalentni neprekinjeni ravni zvočnega tlaka.

#### 4.3.1 Osnovne fizikalni kazalniki za opis zvoka

V akustiki je več različnih fizikalnih kazalnikov, ki opisujejo zvok, izražen v decibelih (npr. raven zvočnega tlaka, najvišja raven zvočnega tlaka, ekvivalentna neprekinjena raven zvočnega tlaka). Ravni, ki ustrezajo tem fizikalnim kazalnikom, se običajno razlikujejo za isto vrsto zvoka. To pogosto vodi do zmede. Zato je treba opredeliti osnovne fizikalne veličine (npr. raven zvočnega tlaka, najvišja raven zvočnega tlaka, ekvivalentna neprekinjena raven zvočnega tlaka). A- vrednotenje se na splošno uporablja za oceno vseh virov zvoka, razen visoko-energijskih impulznih zvokov in zvokov z močno zastopanostjo nizkofrekvenčnih komponent. A-vrednotenje naj se nikoli ne uporablja za merjenje vršne ravni zvočnega tlaka in NFH.

### 4.4 IDENTIFIKACIJA NIZKOFREKVENČNEGA HRUPA NA PRIMERU IZ PRAKSE

Izvedli smo ocenjevanje NFH, ki moti stanovalce v poslovnem/stanovanjskem objektu. Meritve smo nadaljevali v bližnji okolici (2-3 km zračne linije) od obravnavanega objekta, kjer se nahajajo industrijski objekti (V in OM), kompleks ribnikov (P), plinska in transformatorska postaja. NFH v objektu je neidentificiran, diagnostika iskanja vira je temeljila na metodi primerjanja generičnih spektralnih porazdelitvah NFH v objektu z drugimi izbranimi merilnimi pozicijami opisanimi v tabeli 4.2.

Uporabljena je merilna oprema: Analizator zvoka, mikrofoni in predojačevalnik ter ročni akustični kalibrator, NTI AUDIO, XL2-TA. Ročni akustični kalibrator: Bruel & Kjaer 1256. Uporabljena programska oprema, prenos podatkov: XL2 Projector PRO Display & Remote Control Tool for the XL2 Sound Level Meter.

Tabela 4. 2: Opis merilnih pozicij 1. -12.

| Merilna pozicija | Opis merilnega mesta                    |
|------------------|-----------------------------------------|
| 1.               | Notranjost objekta ob 21:00 h           |
| 2.               | Zunanost objekta ob 21:15               |
| 3.               | Transf. postaja                         |
| 4.               | P (kompleks ribnikov s sistemom črpalk) |
| 5.               | B                                       |
| 6.               | Pred tovarno V1                         |
| 7.               | OM1                                     |
| 8.               | OM2                                     |
| 9.               | G                                       |
| 10.              | Plinarna                                |
| 11.              | J                                       |
| 12.              | Notranjost objekta ob 23:00 h           |

Vir: Holeček, Poročilo o izvedenih meritvah 2023

Konvencionalne metode ocenjevanja hrupa temeljijo na A-vrednotenem zvoku  $L_A$ , ki v veliki meri zmanjša poudarek na nizkih in visokih frekvencah. A-vrednotenje lahko preveč zniža amplitudo pri nizkih frekvencah in lahko njihov vpliv prehitro zanemarimo. Zato veliko držav ima že standarde, s katerimi podajo direktivo za merjenje in karakterizacijo nizko frekvenčnega hrupa. Primer takšnega standarda v Nemčiji je DIN 45680: Measurement and evaluation of low-frequency environmental noise. Priporočilo v standardu je, da se meritve izvedejo brez uteženja/vrednotenja. V Tabeli 4.3 so zato prikazane merjene neutežene/linearne vrednosti  $L_z$  ravni zvočnega tlaka (angl. Sound Pressure Level ali SPL) na posameznih 1/3 oktavah (tercah). Ti rezultati so grafično prikazani še na grafu, slike 4.3.

Tabela 4. 3: SPL kot  $L_{z\max}$  v dB po posameznih tercah v frekvenčnem intervalu od 6,3 Hz do 250 Hz

| Meritev | 6,3 Hz | 8 Hz | 10 Hz | 12,5 Hz | 16 Hz | 20 Hz | 25 Hz | 40 Hz | 50 Hz | 63 Hz | 80 Hz | 100 Hz | 125 Hz | 160 Hz | 200 Hz | 250 Hz |
|---------|--------|------|-------|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 1       | 39,1   | 42,9 | 44,9  | 44,2    | 45,5  | 48,8  | 49,0  | 53,1  | 49,4  | 60,7  | 57,2  | 61,0   | 61,7   | 64,5   | 68,7   | 59,0   |
| 2       | 39,9   | 38,1 | 34,9  | 39,7    | 33,1  | 35,2  | 33,3  | 43,4  | 46,1  | 42,7  | 45,3  | 41,3   | 37,7   | 28,8   | 30,3   | 30,7   |
| 3       | 47,0   | 48,1 | 52,0  | 45,2    | 41,5  | 48,3  | 42,5  | 40,7  | 34,5  | 31,0  | 29,0  | 37,3   | 28,1   | 28,7   | 32,1   | 29,2   |
| 4       | 39,4   | 38,6 | 39,1  | 37,0    | 36,6  | 36,1  | 34,3  | 34,5  | 39,0  | 41,8  | 40,0  | 42,9   | 40,5   | 37,5   | 32,1   | 34,8   |
| 5       | 34,8   | 37,2 | 31,2  | 36,7    | 34,1  | 33,3  | 32,7  | 36,9  | 48,4  | 52,2  | 60,0  | 53,7   | 45,6   | 36,7   | 37,7   | 36,5   |
| 6       | 44,6   | 47,0 | 44,7  | 47,5    | 57,5  | 48,1  | 63,4  | 54,8  | 55,4  | 45,9  | 45,9  | 50,1   | 42,9   | 39,6   | 36,9   | 33,8   |
| 7       | 38,3   | 38,3 | 40,4  | 43,6    | 53,0  | 56,0  | 53,9  | 69,0  | 62,6  | 64,8  | 61,3  | 55,9   | 57,9   | 50,7   | 53,5   | 50,7   |
| 8       | 44,2   | 48,2 | 46,1  | 44,6    | 44,2  | 46,5  | 45,5  | 47,9  | 49,1  | 43,5  | 46,7  | 40,2   | 37,0   | 40,0   | 36,0   | 34,3   |
| 9       | 52,5   | 53,0 | 53,0  | 52,9    | 67,5  | 55,7  | 66,4  | 55,6  | 56,9  | 50,8  | 51,1  | 53,3   | 48,1   | 45,3   | 44,5   | 42,9   |
| 10      | 42,9   | 46,5 | 47,0  | 47,3    | 49,9  | 49,3  | 46,5  | 43,0  | 53,2  | 43,7  | 43,1  | 43,6   | 43,9   | 40,2   | 33,2   | 29,9   |
| 11      | 53,3   | 53,1 | 50,7  | 43,7    | 41,5  | 38,3  | 38,7  | 37,5  | 32,3  | 31,1  | 29,0  | 40,3   | 36,7   | 30,8   | 28,7   | 31,7   |
| 12      | 36,5   | 36,2 | 34,6  | 33,2    | 33,8  | 33,9  | 32,5  | 27,3  | 29,2  | 33,6  | 32,2  | 30,5   | 27,0   | 29,9   | 26,9   | 29,0   |

Vir: Holeček, Poročilo o izvedenih meritvah 2023

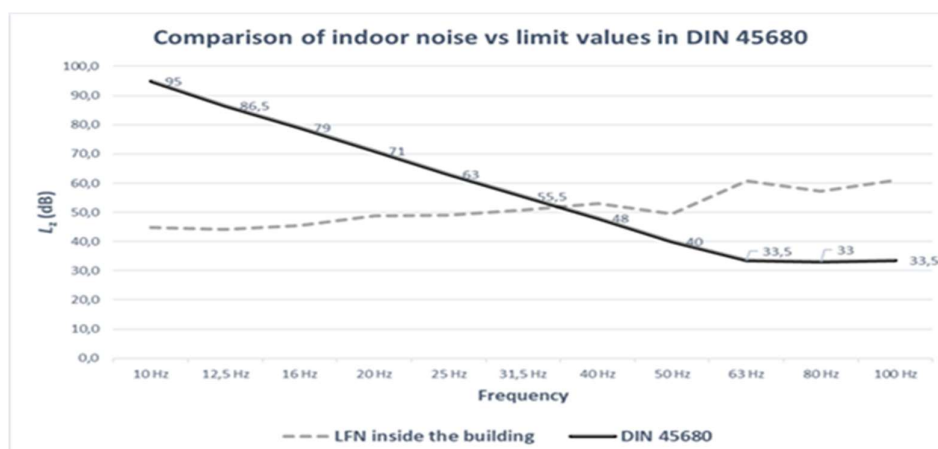
Zanimalo nas je, ali so presežene mejne vrednosti NFH v notranjosti objekta glede na mejne vrednosti v standardu (Tabela 4.4). Na grafu, slika 4.2, je razvidno, da so močno presežene v območju od 35 Hz navzgor.

Tabela 4. 4: Mejne vrednosti NFH v nočnem času v skladu z DIN 45680

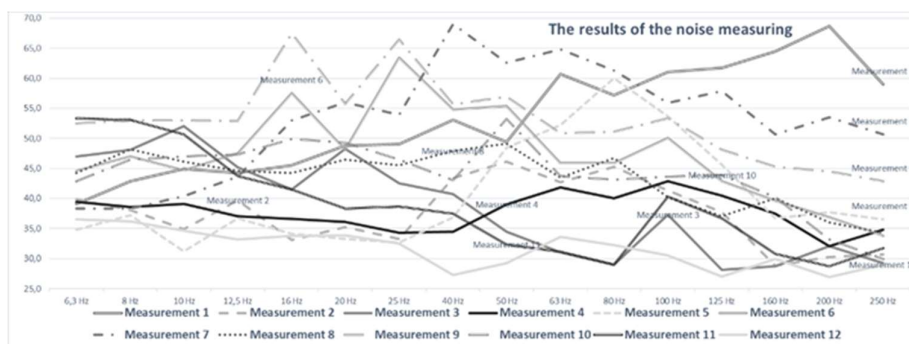
|                  |    |      |    |    |    |      |    |    |      |    |      |
|------------------|----|------|----|----|----|------|----|----|------|----|------|
| $f(\text{Hz})$   | 10 | 12,5 | 16 | 20 | 25 | 31,5 | 40 | 50 | 63   | 80 | 100  |
| $L_z(\text{dB})$ | 95 | 86,5 | 79 | 71 | 63 | 55,5 | 48 | 40 | 33,5 | 33 | 33,5 |

Vir: DIN 45680, 1997

Slika 4. 2: Primerjava hrupa v notranjosti objekta s mejnimi vrednostmi v DIN 45 680.



Vir: Holeček, Poročilo o izvedenih meritvah 2023

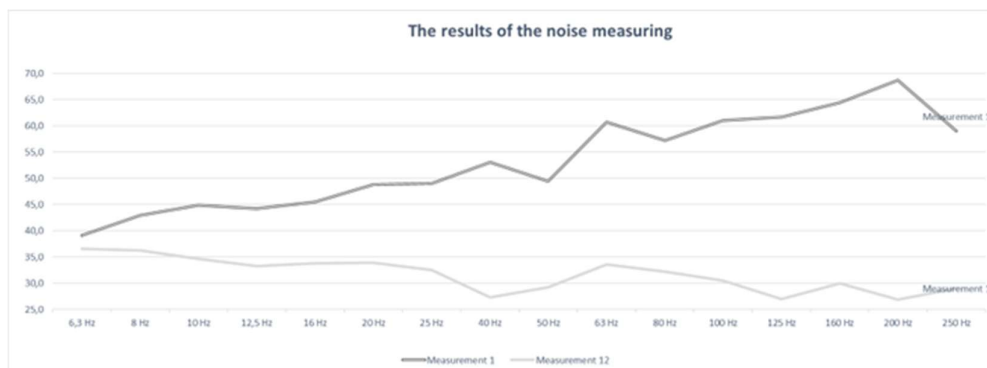
Slika 4. 3: NFH izražen kot  $L_{Z\max}$  na posameznih tercah v intervalu 6,3 – 250 Hz, vse merilne pozicije 1.–12.

Vir: Holeček, Poročilo o izvedenih meritvah 2023

#### 4.4.1 Rezultati meritev

Na slikah 4.3–4.9 so primerjalno prikazani rezultati meritev. Na sliki 4.4 sta meritvi v notranjosti objekta opravljene v različnih časovnih intervalih. Izstopa frekvenca 63 Hz. Frekvenca 200 Hz je posledica dogodka v samem objektu, pri drugi meritvi v objektu ni prisotna. Meritev 9 kaže izrazitih 16 in 25 Hz, ki niso značilni za hišo, tako da V lahko tudi izključimo.

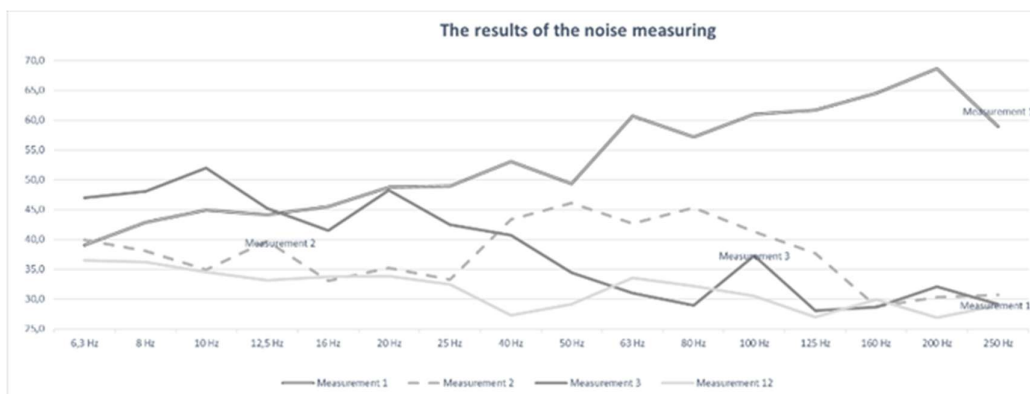
*Slika 4. 4: Primerjava meritve 1 in 12. NFH izražen kot  $L_{Zmax}$  na posameznih tercah v intervalu 6,3 – 250 Hz.*



Vir: Holeček, Poročilo o izvedenih meritvah 2023

Na sliki 4.5 vidimo, da meritev 2, opravljena pred samo hišo, kaže enak generični spekter kot je v sami hiši. Meritev 3 pred transformatorsko postajo kaže značilnih 100 Hz, ki jih ne zaznamo v hiši. Transformatorsko postajo lahko izključimo kot dominantni vzrok NFH v hiši.

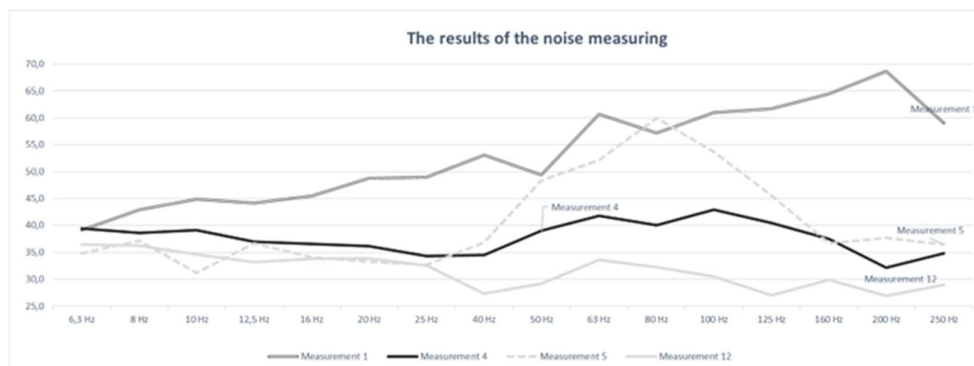
*Slika 4. 5: Meritev 1, 2, 3 in 12. NFH izražen kot  $L_{Zmax}$  na posameznih tercah v intervalu 6,3 – 250 Hz.*



Vir: Holeček, Poročilo o izvedenih meritvah 2023

Na sliki 4.6 meritev 4 kaže enak generični spekter tak kot je v hiši. Potrebno je raziskati zakaj prihaja do tega, torej kakšna je povezava P – hiša? Meritev 5 pred Brežnik kaže 80 Hz, ki jih zaznamo na O.

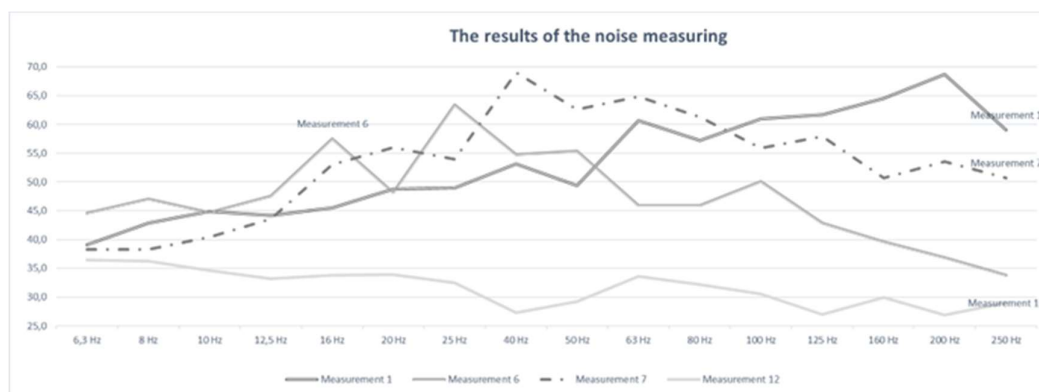
Slika 4. 6: Meritev 1, 4, 5 in 12. NFH izražen kot  $L_{Z_{max}}$  na posameznih tercah v intervalu 6,3 – 250 Hz.



Vir: Holeček, Poročilo o izvedenih meritvah 2023

Na sliki 4.7 meritev 6 je razviden izraziti NFH na 16 in 25 Hz, ki jih v sami hiši ne zaznamo. Meritev 7 kaže izrazitih 40 Hz, ki niso značilni za hišo, tako da tudi O lahko z veliko verjetnostjo izključimo.

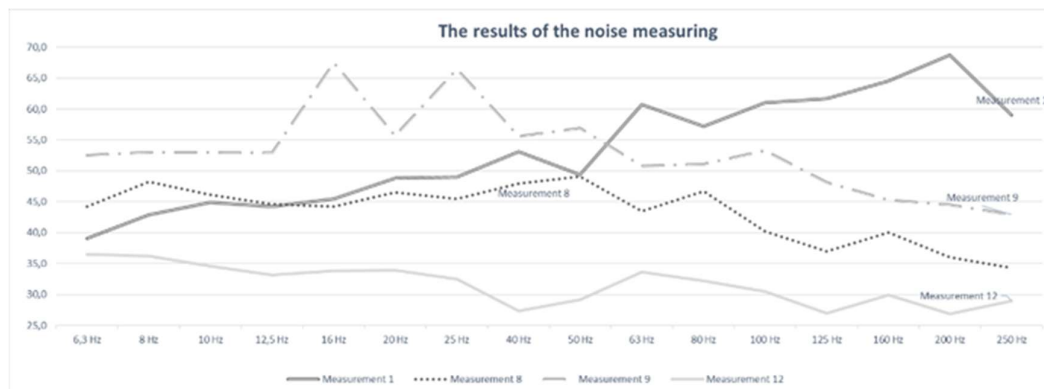
Slika 4. 7: Meritev 1, 6, 7 in 12. NFH izražen kot  $L_{Z_{max}}$  na posameznih tercah v intervalu 6,3 – 250 Hz.



Vir: Holeček, Poročilo o izvedenih meritvah 2023

Na sliki 4.8 meritev 8 kaže NFH, ki ni značilen za generični spekter v hiši.

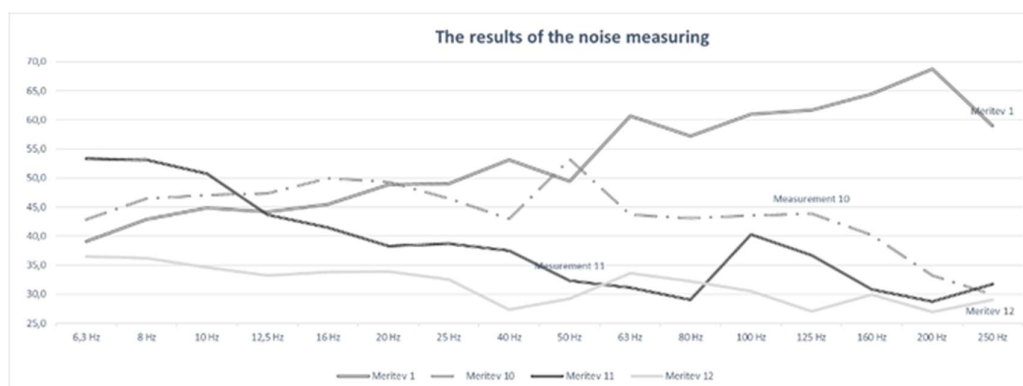
Slika 4. 8: Meritev 1, 8, 9 in 12. NFH izražen kot  $L_{z\max}$  na posameznih tercah v intervalu 6,3 – 250 Hz.



Vir: Holeček, Poročilo o izvedenih meritvah 2023

Na sliki 4.9, meritev 10, opravljena pri plinarni kaže NFH, ki je po obliki NFH P (Peer) delno podoben generičnem spektru v hiši.

Slika 4. 9: Meritev 1, 10, 11 in 12. NFH izražen kot  $L_{z\max}$  na posameznih tercah v intervalu 6,3 – 250 Hz.



Vir: Holeček, Poročilo o izvedenih meritvah 2023

#### 4.4.2 Komentar meritev

Prag škodljivosti nizkofrekvenčnega hrupa ni dovolj določen s splošnim postopkom določanja in ocenjevanja hrupa, ki se sklicuje na nekatere relevantne standarde (A-vrednotena raven zvoka). Ker je NFH za ljudi praviloma neslišen ali slabo slišen smo ga obravnavali kot ločeno kategorijo obremenjevanja okolja in pogledali posebne mednarodne standarde, kot so DIN 45680 in ISO 7196.

Na osnovi izvedenih meritev smo kot vzrok NFH v obravnavanem objektu izključili transformatorsko postajo in oba industrijska objekta in ocenili, da je na prvem mestu sistem ribnikov in šele na drugem mestu je možen vir plinska postaja.

## 4.5 ZAKLJUČEK

Za karakterizacijo NFH se uporabljajo metode opisa, merjenja in ocenjevanja hrupa v okolju in so povezane z odzivom človeka na hrup. Povečanje NFH prinaša številne škodljive posledice na okolje, vendar pa natančna povezava med odzivom in odmerkom še vedno ostaja predmet znanstvenih razprav. Poleg tega je pomembno, da so vse uporabljene metode praktično izvedljive v družbenem, gospodarskem in političnem okolju, v katerem so uporabljene. Iz teh razlogov obstaja zelo širok obseg različnih metod, ki se trenutno uporabljajo po vsem svetu za različne vrste hrupa, kar povzroča velike težave za mednarodno primerjavo in razumevanje. Če analiziramo priporočila za izvedbo meritev NFH lahko izpostavimo naslednja dejstva:

- Uporabno frekvenčno območje je od približno 5 Hz do približno 100 Hz. V območju pod okoli 20 Hz nekatere države za ocenjevanje zvoka uporabljajo G-vrednotenje. Nad okoli 15 Hz več držav uporablja oktavno ali terčno analizo v razponu od približno 16 Hz do 100 Hz. ( G-vrednotenje je določeno v ISO 7196).
- Države s posebnimi postopki za ocenjevanje NFH ne uporabljajo A-vrednotenja na enak način, kot se uporablja za oceno srednje in visokofrekvenčnega zvoka. NFH ocenjujejo samo v omejenem frekvenčnem območju, kot je navedeno zgoraj.
- Številne države so postavile merila za NFH, ki temeljijo na meritvah zvoka v zaprtih prostorih in ne na prostem. Druge uporabljajo v svojih nacionalnih standardih meritve v zaprtih prostorih in tudi na prostem.
- Eno od vprašanj pri oceni NFH je, ali lahko resonance prostora pri nizkih frekvencah ustvarijo razmere, ki jih je težko napovedati na podlagi meritev na prostem. To je lahko še posebej pomembno pri ocenjevanju posebnih bivališč. Vendar so za ocenjevanje razširjenosti močne motnje v okolju z velikim številom prebivalcev lahko meritve na prostem zadostne.
- Rožljanje, povzročeno z NFH v gradbenih elementih, je pomemben dejavnik za motnjo, ki ga ta povzroča. Metode iz dodatka B standarda ISO 1996-1 posebej upoštevajo dejavnik tega rožljanja, povezanega z visoko-energijskim impulznim zvokom. Nekatere države so za kontinuiran zvok postavile merila za zaprte prostore, ki vključujejo tako slišni zvok kot rožljanje. Druge so vzpostavile ločene meje za zaprte prostore pri ocenjevanju rožljanja, povzročenega z zvokom.

V prispevku smo torej opisali izvedeno ocenjevanje NFH, ki smo ga identificirali v poslovnem/stanovanjskem objektu. Meritve smo izvajali do 3 km zračne linije od obravnavanega objekta, na mestu industrijskih objektov, kompleksov z ribniki, plinski in transformatorski postaji. Vzrok za NFH v objektu je na začetku bil neidentificiran, diagnostika iskanja vira pa je temeljila na metodi primerjanja generičnih spektralnih porazdelitvah NFH v notranjosti in zunanosti objekta z drugimi izbranimi merilnimi pozicijami. Na osnovi pokazane analize je z veliko verjetnostjo razpoznan dejanski vir NFH.

## Literatura in viri

- Novak, B. (2021). *Nizkofrekvenčni hrup je zdravju nevarno valovanje*. Dostopno na naslovu: <http://nf-hrup.si/2> (10. 2. 2021)
- Leventhall, H. G. (2004). *Low frequency noise and annoyance*. *Noise Health*; volume 6; issue 23, 59-72. [https://www.noiseandhealth.org/article.asp?issn=1463\\_741](https://www.noiseandhealth.org/article.asp?issn=1463_741)
- Deželak, (2020). Vetrne elektrarne in motenost okolja z njihovim hrupom, Zavod za varstvo pri delu (ZVD), Ljubljana, »International scientific consultation on wind turbine noise and possible impacts on living environment«
- Larsen (1978). Reverberation Process at Low Frequencies, Bruel&Kjaer, Technical Review No. 4,
- SIST ISO 1996, 2011, Acoustics – Description, measurement and assessment of environmental noise Part 1: Basic quantities and assessment procedures
- SIST ISO 9613, 2012, Acoustics –Attenuation of sound during propagation outdoors – Part 2: General method of calculation
- Čudina, (2020). *Vpliv hrupa vetrnih elektrarn*, Ljubljana, »International scientific consultation on wind turbine noise and possible impacts on living environment«
- Persson, K., (1997). '*Estimation of Environmental Low Frequency Noise – a Comparison of Previous Suggestions and the New Swedish Recommendation*', *Proceedings of the 8th International Meeting on Low Frequency Noise and Vibration*, Gothenburg (pp. 135–141).
- Piorr, D. and Wietlake, K., (1990): '*Assessment of Low Frequency Noise in the Vicinity of Industrial Noise Sources*', *Journal of Low Frequency Noise and Vibration*, Volume 9 (3:116–119).
- Cocchi, A., Fausti, P. and Piva, S., (1992). '*Experimental Characterisation of the Low Frequency Noise Annoyance Arising from Industrial Plants*', *Journal of Low Frequency Noise and Vibration*, Volume 11(4:124–132).
- Vercammen, M.L.S., (1989). '*Setting Limits for Low Frequency Noise*', *Journal of Low Frequency Noise and Vibration*, Volume 8(4:105–109).
- German Standard DIN 45680 (1997). '*Messung und Bewertung tieffrequenter Geräuschemissionen in der Nachbarschaft*', Deutsches Institut für Normung e.V., Berlin.
- Holeček, (2023). *Poročilo o izvedenih meritvah niskofrekvenčnega hrupa*, Velenje.
- N. Holeček, (2017). Hrup in protihrupne tehnologije pri aparatih v domačem okolju. *Velenje: Fakulteta za varstvo okolja*

**Dr. Nikola Holeček** je diplomiral na Fakulteti za fiziko, znanstveni magisterij in doktorat pa je opravil na področju strojništva, na Univerzi v Ljubljani. Za svoje delo na področju razpoznavanja in zmanjševanja hrupa je nagrajen s prestižno svetovno nagrado Martin Hirschorn IAC Prize. Je habilitiran visokošolski učitelj in poučuje več predmetov na prvi in drugi stopnji univerzitetnega študija.

## 5 MODEL EFQM ZA SAMOOCENO POSLOVNE ODLIČNOSTI IN PRILOŽNOSTI ZA IZBOLJŠAVE POSLOVNIH PROCESOV

**Doc. dr. Drago Papler**, Biotehniški center Naklo in Univerza v Novi Gorici, Poslovno-tehniška fakulteta

### **Povzetek**

*Model EFQM je orodje za ocenjevanje celovitega upravljanja procesov v organizaciji. Pristop EFQM spodbuja organizacije, da se same ocenijo in pridobijo jasnejšo sliko o svojih prednostih in področjih za izboljšave. Model poudarja usmeritev, upoštevanje deležnikov, povezavo med aktivnostmi, načinom delovanja in rezultate. Pomembni so dejavniki povezani z vodenjem, zaposlenimi, strategijo ter partnerstvi in viri, ki z vključitvijo učenja, ustvarjalnosti in inovativnosti dajejo rezultate med zaposlenimi, odjemalci in organizacijo ter ključne rezultate poslovanja. Uspešne organizacije model odličnosti EFQM uporabljajo za samoocenjevanje, za način razmišljanja o razvoju organizacije in kot strukturo za sistem upravljanja organizacije. Model je priložnost za izboljšave poslovnih procesov v krožnem gospodarstvu ter njegov napredek na področju uspešnosti poslovanja. Opisane so značilnosti merjenja kazalcev, ki jih analiziramo z opisnimi statistikami zadovoljstva zaposlenih, kazalci poslovanja in rezultati učinkovitosti procesov, ki sestavljajo ključne rezultate poslovne uspešnosti organizacije. Z modelom EFQM smo sistematično po korakih in po področjih izdelali samooceno poslovne odličnosti z opisi in vrednotenjem s kazalci do ključnih ekonomskih rezultatov organizacije, ki smo jo smo primerjali s konkurenčnimi organizacijami.*

*Ključne besede: strategija, poslovna odličnost, proces, model EFQM, ekonomska analiza*

### **EFQM MODEL FOR SELF-ASSESSMENT OF BUSINESS EXCELLENCE OF KEY BUSINESS PROCESS RESULTS**

#### **Abstract**

*The EFQM model is a tool for assessing the overall management of an organisation's processes. The EFQM approach encourages organisations to self-assess and gain a clearer picture of their strengths and areas for improvement. The model emphasises focus, stakeholder consideration, the link between activities, modus operandi and results. Important factors are related to leadership, people, strategy, partnerships and resources, which, by embedding learning, creativity and innovation, deliver results among employees, customers and the organisation, and key business outcomes. Successful organisations use the EFQM Excellence Model for self-assessment, as a way of thinking about organisational development and as a structure for the organisation's management system. The model is an opportunity to improve business processes in the circular economy and advance its performance. It describes the characteristics of the measurement of indicators analysed by descriptive statistics of employee satisfaction, performance indicators and process efficiency scores, which constitute the key results of the organisation's business performance. Using the EFQM model, we have developed a systematic step-by-step and domain-by-domain self-assessment of business excellence with descriptions and evaluation by indicators to the organisation's key economic results, which we have compared with competitor organisations.*

*Keywords: strategy, business excellence, process, EFQM model, economic analysis*

### **5.1 UVOD**

Pri vodenju organizacij je cilj vzpostaviti strukturo za sistem upravljanja, ki sledi hierarhiji poslovnih funkcij, ki povezano delujejo v krožnem toku procesov gospodarjenja. Za izboljšave delovanja organizacije uporabljamo različne rešitve, med drugim se uporabljajo tudi različni

sodobni sistemi merjenja odličnosti organizacij. Poleg kombinacije sistema uravnoteženih kazalnikov BSC in modela odličnosti EFQM ter ISO standardov so znani tudi drugi pristopi oziroma metode, kot je 6 sigma, 20 ključev in podobno.

Ko hoče organizacija z izboljšavami doseči izjemne dosežke, uvaja rabo modela poslovne odličnosti EFQM, kjer vsakoletno preverja stanje. BSC pa je bolj primeren, ko si v podjetju zavzemajo za razumevanje vzrokov in posledic ter strateških odločitev (Kovač, 2008).

EFQM model ima devet področij, ki se uporabljajo tudi za ocenjevanje, kako organizacija napreduje v smeri odličnosti. To so: voditeljstvo, upravljanje s sposobnostmi zaposlenih, zadovoljstvo kupcev, vpliv na družbo in poslovni rezultati. Od vrste organizacije in njene dejavnosti je odvisno, katere interese bomo vključili v merila. Obsegajo lahko kupce, zaposlene, dobavitelje, institucije države, posrednike ali lokalne skupnosti.

S strategijami dosegamo zadovoljstvo interesov. Merila v zvezi s strategijami imajo trojno vlogo; komuniciramo z interesi, preverjamo uresničevanje strategije ter vzpodbujamo uresničevanje (Tekavčič in Megušar, 2008).

S poslovnimi procesi izvajamo postavljene strategije. Procesi potrebujejo ljudi z ustreznimi sposobnostmi in znanjem, tehnologijo in strukturo. Sposobnosti so kombinacija znanja, tehnologije in ljudi, ki omogočajo ustvarjanje vrednosti. Rezultat zadovoljitve interesa ima cilj, da je prispevek interesa vrednostno večji od stroškov vzpostavitve sistema.

## 5.2 PREGLED LITERATURE

**Model odličnosti EFQM** (European Foundation for Quality Management) je celovit okvir, namenjen pomoči organizacijam pri doseganju in ohranjanju poslovne odličnosti. Model EFQM, ki temelji na načelih stalnih izboljšav in inovacij, zagotavlja celovit pristop k upravljanju organizacije. Zagotavlja okvir, ki organizacijam omogoča, da določijo svojo trenutno „raven odličnosti“ in na kaj se morajo osredotočiti prizadevanja za izboljšave (Singh, 2016). Temelji na nizu temeljnih konceptov in meril, ki zajemajo različne vidike vodenja, strategij, upravljanja ljudi, partnerstev, virov, procesov, izdelkov, in kar je pomembno, rezultatov (Harris, 2003).

EFQM je predan pomoči pri zagotavljanju izboljševanja organizacij z uporabo odličnosti EFQM kot celovitega okvira menedžmenta, ki ga uporablja več kot 30.000 organizacij v Evropi. Zanjih 20 let obvladujemo razvoj tega modela, pri čemer uporabljamo izkušnje in znanje teh organizacij, zato ta model odraža dejansko stanje. Model EFQM je skupni okvir, ki pomaga izboljševati delovanje.

**Temeljna načela odličnosti** so bistvena za vsako organizacijo, ki želi doseči trajnostno odličnost. Obstaja osem temeljnih načel: dodajanje vrednosti za odjemalce, ustvarjanje trajnostne prihodnosti, razvijanje sposobnosti organizacije, spodbujanje ustvarjalnosti in inovativnosti, vodenje z vizijo, navdihom in integriteto, agilni management, doseganje uspehov z nadarjenostjo zaposlenih in trajno doseganje izvrstnih rezultatov (slika 5.1).

Slika 5.1: Temeljna načela odličnosti



Nadižar Svet in Baloh (2017) pojasnjujeta, da so model EFQM uporabili za začetek in strukturo dejavnosti in pobud, ki jih uspešno vodijo v digitalno in zahtevno prihodnost. Posebej opisujejo, kako so v modelu EFQM naslovili in aktivirali več dejavnikov, izvedli informacijsko tehnologijo (IT) in poslovno strategijo ter želeli vplivati na ključne kazalnike uspešnosti (KPI) in vedenje ljudi. Zavedali so se, da je njihova zmožnost doseči ambiciozne cilje odvisna od tega, kako bodo vsi zaposleni inovativni, učinkoviti, odlično usmerjeni in usmerjeni v delovanja, ki so tesno povezana z vodstvom, ljudmi in procesnimi spodbujevalci v EFQM modelu. Model je omogočil, da se je organizacija osredotočila na to, da je predvsem s funkcijo upravljanja s človeškimi viri (HR) začela potekati sprememba v ljudeh in vodstvu prek globalno priznane metodologije vključevanja zaposlenih in moči. Srednje upravljanje ima ključno vlogo pri pripravi sodelavcev na spremembe in krepitvi angažiranosti zaposlenih, najvišje vodstvo pa ustvarja primerno okolje, ki omogoča "nov način razmišljanja". Samo tako bi lahko svoje zaposlene mobilizirali, da svoje talente in energijo prispevajo v organizacijske projekte, ki učinkovito izvajajo IT in poslovno strategijo.

### 5.3 MATERIALI IN METODE DELA

Na podlagi teorije in izkušenj (Papler in Bojnec, 2008) smo v model EFQM poslovne odličnosti kot orodje zasnovali anketni vprašalnik za merjenje zadovoljstva deležnikov ter metode ekonomske analize in primerjalne analize konkurence za rezultat uspešnosti poslovanja organizacije.

Opisne statistike so bile uporabljene za prikaz aritmetičnih sredin spremenljivk, standardnega odklona in razvrstitev glede na rang ter analize deležev. Uporabili smo statistični računalniški paket SPSS (Kachigan, 1991, 1; Norušis, 2002, 1) za obdelavo podatkov (Šuster Erjavec in Južnik Rotar, 2013).

Model EFQM poslovne odličnosti vsebuje pet modulov Dejavniki in štiri module Rezultati (slika 5.2).

**Dejavniki** vključujejo voditeljstvo, zaposlene, strategijo, partnerstva in vire ter procese, izdelke in storitve.

**Voditeljstvo:** Model EFQM poudarja ključno vlogo vodstva pri oblikovanju jasne vizije, navdihovanju in vključevanju zaposlenih ter spodbujanju kulture stalnih izboljšav.

**Zaposleni:** Ob priznavanju pomena človeškega kapitala se model osredotoča na učinkovito upravljanje ljudi, spodbujanje pozitivnega delovnega okolja, razvoj in vključevanje zaposlenih.

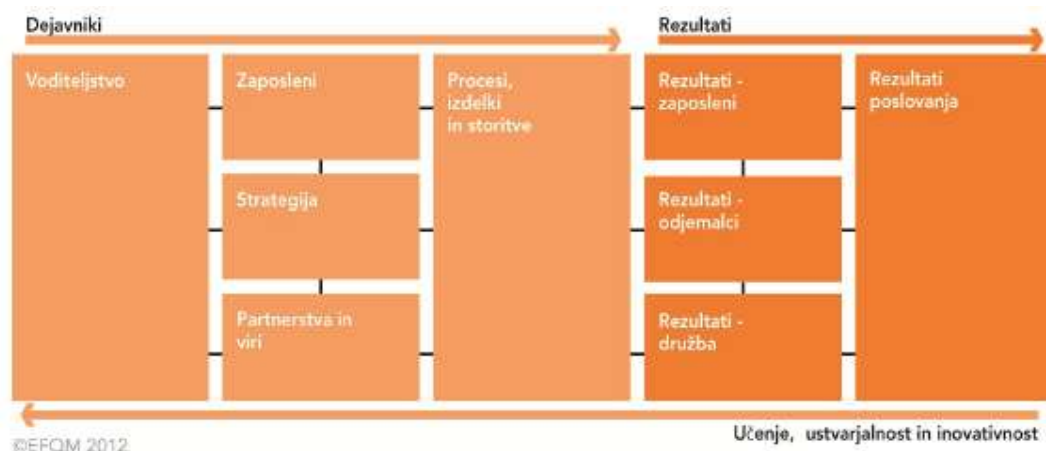
**Strategija:** Organizacije so spodbujene k razvoju in izvajanju učinkovitih strategij, ki so v skladu z njihovim poslanstvom, vizijo in vrednotami ter zagotavljajo dolgoročno uspešnost in prilagodljivost na spreminjajoča se okolja.

**Partnerstva in viri:** Partnersko sodelovanje in učinkovito upravljanje virov sta ključna elementa, ki spodbujata organizacije k vzpostavljanju trdnih partnerstev, optimizaciji uporabe virov in izboljšanju splošne učinkovitosti.

**Procesi, izdelki in storitve:** Model EFQM poudarja pomen učinkovitih in prilagodljivih procesov. Nenehne izboljšave in inovacije so temeljna načela za povečanje organizacijske agilnosti.

Kakovost izdelkov in storitev je najpomembnejša. Model spodbuja organizacije, da izpolnijo ali presežejo pričakovanja strank ter tako spodbujajo njihovo zadovoljstvo in zvestobo.

Slika 5.2: Model EFQM



Vir: MGRT, 2012

**Rezultati:** Model EFQM ocenjuje uspešnost z rezultati, ki zajemajo področja, kot so zadovoljstvo odjemalcev, vključenost zaposlenih, vpliv na družbo in finančno uspešnost.

#### **Ključni kazalniki uspešnosti (KPI):**

Specifične ključne kazalnike uspešnosti navadno določijo glavne interesne skupine organizacije, v primeru učinkovite uporabe pa služijo kot kompas za usmerjanje strategije z namenom doseganja ciljev.

Odlične organizacije dosegajo in trajno ohranjajo izjemne rezultate, ki zadovoljujejo ali presegajo potrebe in pričakovanja v zvezi z zaposlenimi, odjemalci, družbo in poslovanjem.

**Rezultati povezani z zaposlenimi:** Odražajo neposreden vpliv izvedenih aktivnosti človeškega kapitala (HR) na samo organizacijo. Te lahko vključuje kazalnike, kot so stopnja zadržanja zaposlenih, produktivnost, uspešnost zaposlitvenih postopkov in druga merila, ki so pomembna za organizacijo.

**Rezultati povezani z odjemalci:** doseganje pričakovanj svojih odjemalcev.

**Rezultati povezani z družbo:** doseganje pričakovanj relevantnih deležnikov v družbi.

**Rezultati poslovanja:** doseganje pričakovanj poslovnih deležnikov.

## 5.4 REZULTATI

### 5.4.1 Voditeljstvo

Pri postavljanju strateških usmeritev in ciljev poudarjamo uravnoteženost med kratkoročnimi in dolgoročnimi cilji. Vsak cilj je opredeljen in popisano. Opredeljeni so roki izvedbe ter odgovorni za izvedbo.

**Izhodišče za delo v organizaciji** temelji na podlagi sprejetega poslovnega načrta. Na podlagi zbranih informacij pripravljamo in izvajamo načrte sprememb, ki se jih sprejema na kolegiju organizacije.

**Potrebe po spremembah v organizaciji** ugotavljamo z merjenjem organizacijske klime, letnimi razgovori s sodelavci ter na sestankih s predstavniki zaposlenih. Zavedanje potreb po spremembah je bistvena naloga vodij na vseh ravneh. Najvišje vodstvo se o vpeljevanju sprememb vseskozi dogovarja s predstavniki organizacijskih struktur zaposlenih in sindikatom. Vodstvo organizacije samo in prek služb stalno spremlja vse, tako formalne kot neformalne pobude svojih zaposlenih in jih z upoštevanjem ostalih faktorjev, tj. zakonodaje, tržnega položaja in ciljev organizacije, v največji možni in smiselni meri upošteva in vrača kot začetek pobude po spremembah. Vodstvo se zaveda, da je treba upoštevati mnenje zaposlenih, zato daje poudarek tudi neformalnim oblikam druženja.

Tabela 5.1: Ukrepi za izboljšave na področju poglavja »Voditeljstvo«

| Predmet izboljšave                                                       | Metoda                                                                  | Pogostost | Primer dokazila                 |
|--------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|-----------|---------------------------------|
| 1.1 Ureditev in predstavitev etičnega kodeksa                            | Razširjanje pomena etike in drugih vrednot organizacije med zaposlenimi | Letno     | Zapisnik zbora delavcev         |
| 1.2 Poudarki etičnega kodeksa na oglasnih deskah                         | Poster                                                                  | Stalno    | Poster                          |
| 1.3 Vključitev prenove procesa tveganja v proces P1 Vodenje organizacije | Metodologija ocenjevanja tveganj                                        | Letno     | Poročilo o obvladovanju tveganj |

Lastni vir

### 5.4.2 Strategija

**Cilji organizacije** so usmerjeni k stalni in zanesljivi proizvodnji električne energije, v optimiziranje obratovanja glede na razpoložljive hidrološke razmere, k izvajanju rednega in planiranega vzdrževanja v terminih, ki ne vplivajo na obseg proizvodnje, k iskanju novih obnovljivih virov energije, k visoki stopnji varstva pri delu in varovanju premoženja ter nenehnemu izobraževanju zaposlenih, kar pripomore k izboljšanju procesov poslovanja in proizvodnje.

**Tabela 5.2: Razvoj kakovosti**

| <i>Leto</i> | <i>Število zaposlenih</i> | <i>Število pooblaščenih inženirjev IZS</i> | <i>Število upravljalcev energetske naprave</i> | <i>Število pridobljenih drugih certifikatov</i> | <i>Število notranjih presoj ISO</i> | <i>Število zunanjih presoj ISO</i> | <i>Pridobljeni certifikati ISO</i> |
|-------------|---------------------------|--------------------------------------------|------------------------------------------------|-------------------------------------------------|-------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| 10          | 30                        | 7                                          | 12                                             | 0                                               | 0                                   | 0                                  | -                                  |
| 11          | 35                        | 7                                          | 12                                             | 1                                               | 0                                   | 0                                  | -                                  |
| 12          | 32                        | 7                                          | 14                                             | 2                                               | 2                                   | 0                                  | -                                  |
| 13          | 31                        | 7                                          | 14                                             | 3                                               | 2                                   | 0                                  | -                                  |
| 14          | 31                        | 7                                          | 16                                             | 3                                               | 3                                   | 1                                  | 9001:2008                          |
| 15          | 30                        | 7                                          | 16                                             | 3                                               | 3                                   | 1                                  | 9001:2015                          |
| 16          | 29                        | 6                                          | 14                                             | 4                                               | 3                                   | 1                                  | 50001:2011                         |

Lastni vir

**Za doseganje ciljev** organizacije so pomembne tudi strokovna usposobljenost, informiranost in motiviranost zaposlenih na področju ravnanja z okoljem.

Veliko vlagamo v stalno usposabljanje in izobraževanje zaposlenih na vseh bistvenih področjih delovanja organizacije. Spremljamo pridobljene kompetence, strokovna znanja, certifikate, strokovne izpite. Skrbimo, da imamo stalno podprta strokovna področja, ki so zakonsko zahtevana. Sistematično smo uredili dokazila o izpolnjevanju, usposobljenosti in pridobljenih strokovnih kompetencah zaposlenih.

**Strategijo družbe** vsem zaposlenim letno ažuriramo, razložimo in predstavimo. Preverjanje razumevanja se izvaja na rednih sestankih vodij služb.

**Tabela 5.3: Ukrepi za izboljšave na področju poglavja »Strategija«**

| <i>Predmet izboljšave</i>                                                                                  | <i>Metoda</i>                                                                                                                                              | <i>Pogostost</i> | <i>Primer dokazila</i>                                 |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|--------------------------------------------------------|
| 2.1 Ugotavljanje tržnih priložnosti, poznavanja strategij do obnovljivih virov in učinkovite rabe energije | Anketa o obnovljivih virih, učinkoviti rabi energije in tržnih priložnostih med udeleženci na konferenci, med uporabniki spletne strani in med zaposlenimi | Letno            | Analiza ankete<br><br>Priprava prispevka za konferenco |

Lastni vir

### 5.4.3 Zaposleni

**Realizacijo plana kadrov in izobraževanja** tekoče spremljamo. Sledimo cilju, da čim več zaposlenih, ki so bili predvideni in načrtovani za usposabljanje s planom kadrov in izobraževanja, napotimo na izobraževanje. Višjo stopnjo izobrazbe omogočamo pridobiti ambicioznim sodelavcem. Če je le mogoče, tem delavcem, ko pridobijo višjo stopnjo izobrazbe, omogočimo delo na zahtevnejšem delovnem mestu, kjer lahko uporabijo novo pridobljeno znanje ter tako vlagajo v svoj razvoj in razvoj družbe.

**Tabela 5.4: Struktura izobrazbe zaposlenih na dan 31.12.**

| <i>Leto</i> | <i>Zaposleni</i> | <i>III</i> | <i>IV</i> | <i>V</i> | <i>VI</i> | <i>VII/1</i> | <i>VII/2</i> | <i>VIII</i> | <i>IX</i> |
|-------------|------------------|------------|-----------|----------|-----------|--------------|--------------|-------------|-----------|
| 10          | 30               | 1          | 5         | 12       | 3         | 4            | 4            | 1           |           |
| 11          | 35               | 1          | 5         | 13       | 4         | 5            | 6            | 1           |           |
| 12          | 32               | 1          | 5         | 12       | 2         | 5            | 6            | 1           |           |
| 13          | 31               | 1          | 5         | 11       | 2         | 5            | 5            | 1           | 1         |
| 14          | 31               | 1          | 4         | 10       | 3         | 5            | 6            | 1           | 1         |
| 15          | 30               | 0          | 4         | 10       | 3         | 5            | 7            | 1           | 1         |
| 16          | 31               | 0          | 4         | 9        | 4         | 4            | 8            | 2           | 1         |

Lastni vir

**Tabela 5.5: Ukrepi za izboljšave na področju poglavja »Zaposleni«**

| <i>Predmet izboljšave</i>                    | <i>Metoda</i>                                                                   | <i>Pogostost</i>    | <i>Primer dokazila</i>                                                       |
|----------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|---------------------|------------------------------------------------------------------------------|
| 3.1 Razvoj poklicne kariere, lasten razvoj   | Letni razgovor, izobraževanje                                                   | Letno               | Možnost napredovanja                                                         |
| 3.2 Vzdrževanje, razvijanje znanj zaposlenih | Razširjanje znanja med zaposlenimi                                              | Po vsakem seminarju | Poročilo o seminarju, anketa                                                 |
| 3.3 Vključevanje zaposlenih                  | Timi, redni delovni sestanki, druženje, medsebojna pomoč, solidarnost           | Večkrat letno       | Seznanjenost zaposlenih, skupno postavljanje ciljev, zadovoljstvo zaposlenih |
| 3.4 Komuniciranje                            | Anketa o zadovoljstvu in zavzetosti zaposlenih, Anketa o internem komuniciranju | Letno               | Analiza ankete                                                               |

Lastni vir

#### **5.4.4 Partnerstva in viri**

Z **dobavitelji** imamo razvito ustrezno in pravočasno izmenjavo informacij, usklajujemo medsebojne aktivnosti ter zagotavljamo prenos novih spoznanj oziroma iskanje novih materialov in izdelkov po znanih specifikacijah ter posredno razvoj novih procesov.

Pri nabavi nove opreme in pri zamenjavi posameznih delov obstoječe opreme je zelo pomembna kakovostna izmenjava informacij glede kakovosti in primernosti posameznih delov. V **Službi za obratovanje v hidroelektrarnah** za dobavo opreme izvedemo najprej povpraševanje med znanimi dobavitelji s preverjenimi referencami. V primeru neznanih dobaviteljev se od njih zahtevajo potrjene reference za dobavo željene opreme.

S ključnimi dobavitelji, ki so v ostali v **dejavnosti fotovoltaike**, smo v stalni povezavi z izmenjavanjem mnenj, izkušenj in informacij, saj se je dejavnost na področju fotovoltaike v tem trenutku skrčila na minimum. Gre za sodelovanje z dobavitelji in izvajalci panoge zaradi novih strateških priložnosti.

Tabela 5.6: Ukrepi za izboljšave na področju poglavja »Partnerstva in viri«

| <i>Predmet izboljšave</i>                                                                   | <i>Metoda</i>         | <i>Pogostost</i>                        | <i>Primer dokazila</i>  |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|-----------------------------------------|-------------------------|
| 4.1 Vzpostavitev informacijske baze za spremljanje energetske učinkovitosti poslovne stavbe | Interna baza podatkov | Mesečno                                 | Energetski monitoring   |
| 4.2 Pozicionirati raziskovalno dejavnost v organizaciji                                     | SWOT analiza          | V okviru analize tveganj in priložnosti | Poročilo o SWOT analizi |

Lastni vir

#### 5.4.5 *Procesi, proizvodi in storitve*

**Stalne izboljšave** so osnove kakovostnega vodenja, ki povzročijo boljše vodenje procesov ali samo izvajanje aktivnosti. Imajo lahko neposredni prihranek, lahko pa tudi posrednega. V organizaciji imamo vzpostavljen sistem stalnih izboljšav, kot enega od ključnih vidikov sistema vodenja celovite kakovosti.

Stalne izboljšave so nadgradnja korektivnih in preventivnih ukrepov, s katerimi zagotavljamo napredek organizacije. Vsak zaposleni lahko predlaga izboljšavo, ki jo navede v obrazcu **Predlog za izboljšavo**.

Načrtovano spremljamo trende na področju energetike, še zlasti energetske učinkovitosti. Glede na pomembnost razvoja imamo vzpostavljen proces **Izvajanje razvojnih projektov**.

Za pospeševanje razvojnega delovanja imamo vzpostavljeno **Tabelo tržnih priložnosti** preko katere načrtno iščemo priložnosti za razvoj novih storitev in poslov.

Za čim boljše razumevanje tržnih priložnosti ob primernih dogodkih (Sejem energetike Celje, Forum Obnovljivi viri prihodnosti in podobno) uporabljamo **metodo anketiranja**.

Kot primer večje tržne razvojne priložnosti vidimo **razvoj storitve energetskega monitoringa** za vstop v svet novih storitev na področju učinkovite rabe energije in priložnosti za nova partnerstva.

Tabela 5.7: Metode za spremljanje zadovoljstva kupcev proizvodov

| <i>Metoda</i>                                                                                              | <i>Odgovornost</i>                                                                 | <i>Zapis</i>                                               |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|
| Spremljanje in analiziranje reklamacij kupcev po službah (HE, SE, URE)                                     | Vodje služb                                                                        | Evidenca reklamacij, reklamacijski zapisnik                |
| Spremljanje tržnih priložnosti po službah (HE, SE, URE)                                                    | Vodje služb                                                                        | Zbir tržnih priložnosti – storitev                         |
| Spremljanje sodelovanja s ključnimi kupci in partnerji z aktivnim vodenjem obiskov in poslovnih razgovorov | Direktor, vodje služb                                                              | Zapisi poslovnih sestankov                                 |
| Spremljanje poslovnih rezultatov                                                                           | Direktor                                                                           | Izkaz poslovnega izida po službah (kvartalni)              |
| Izvajanje raziskovalno razvojne dejavnosti, razno anketiranje                                              | Svetovalci direktorja za raziskave in razvoj, Služba za korporativno komuniciranje | Poročila o raziskovalno razvojni dejavnosti, analize anket |

Lastni vir

**Tabela 5.8: Ukrepi za izboljšave na področju poglavja »Procesi, proizvodi in storitve«**

| <i>Predmet izboljšave</i>                                                                                                          | <i>Metoda</i>            | <i>Pogostost</i>  | <i>Primer dokazila</i>                   |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|-------------------|------------------------------------------|
| 5.1 Prevetritev postavljenih kazalnikov v sistemu vodenja kakovosti ISO 9001:2008                                                  | Pregled in ocena učinkov | Letno             | Zapisnik o izvedenem vodstvenem pregledu |
| 5.2 Vzpostavitev sistema načrtnega obvladovanja energetskih in okoljskih vidikov                                                   | ISO 50001                | V naslednjem letu | Poročilo o uvedbi projekta ISO 50001     |
| 5.3. Postavitev kazalnika za spremljanje ekonomske uspešnosti in učinkovitosti vzdrževalnih del po proizvodnih virih (HE, SE, URE) | ISO 50001                | V dveh letih      | Pridobljen certifikat in preverjanje     |

Lastni vir

#### **5.4.6 Rezultati v zvezi z odjemalci**

**Merjenje, analiziranje in izboljševanje** je vključeno v izvajanje procesa vodenja organizacije in vse glavne procese. V navodilih so določene kontrolne točke, prek katerih nadziramo delovanje procesov. Za celovita merjenja, analize in izboljševanje uporabljamo dodatna orodja in izračunavamo kazalnike kakovosti.

Na področju delovanja v zvezi z odjemalci imamo **strateške cilje**:

- zagotavljanje zadovoljstva odjemalcev,
- več pozornosti komuniciranju z javnostmi,
- izvajanje vseh možnih aktivnosti, ki bodo pripomogle k boljšemu poslovanju (rezultatu) organizacije,
- spremljanje izvedenih storitev za odjemalca.

**Tabela 5.9: Ukrepi za izboljšave na področju poglavja »Rezultati v zvezi z odjemalci«**

| <i>Predmet izboljšave</i>                                                                                   | <i>Metoda</i>  | <i>Pogostost</i>  | <i>Primer dokazila</i> |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|-------------------|------------------------|
| 6.1 Anketa med odjemalci električne energije                                                                | Interna anketa | Letno, po potrebi | Analiza anket          |
| 6.2 Anketa med naročniki storitev po službah (hidroelektrarne, sončne elektrarne, učinkovita raba energije) | Interna anketa | Letno, po službah | Analiza anket          |
| 6.3 Projekt novih tržnih priložnosti, anketa med obiskovalci Sejma energetika                               | Interna anketa | Ob udeležbi sejma | Analiza anket          |

Lastni vir

#### **5.4.7 Rezultati v zvezi z zaposlenimi**

**Starostna struktura** se v organizaciji giblje okrog 46 let. Pred tremi leti smo prvič presegli povprečno starost 47 let, kar pripisujemo dejstvu, da delavci odhajajo v pokoj starejši, zaposlujejo pa mlade z višjimi stopnjami izobrazbe, ki se zaradi izobraževanja zaposlijo pri višji starosti. V predhodnem letu se je zaradi prenehanja zaposlitve treh starejših

delavcev povprečna starost ponovno nekoliko znižala. Analiza skupin zaposlenih po letih kaže, da je največ zaposlenih v starostni skupini od 46 do 55 let (48 %).

**Za vodstvena delovna mesta** je v družbi cilj, da se čim več zaposlitev doseže z notranjimi kadri. V letih se število napredovanj spreminja, ker so povezana tudi s potrebami delovnega procesa.

**Napredovanje na vodstveno ali drugo delovno mesto** je lahko povezano s pridobitvijo višje stopnje izobrazbe, s prijavo delavca na interni razpis ali z uspešnostjo delavca, ki je izkazana s preseganjem nalog in ciljev ter kompetenc ocenjevanih na letnih razgovorih. Do razporeditve na bolj zahtevna delovna mesta velikokrat pride tudi ob spremembi sistemizacije.

**Notranje prerazporeditve** so motivacija, saj pomenijo priznanje sodelavcem, njihov razvoj, vključevanje ter prevzemanje večje odgovornosti. Če pa v družbi ne vidimo ustreznega inovativnega kandidata, ki bi z zasedbo prostega delovnega mesta prispeval k razvoju in posodobitvi delovnega področja, poiščemo primerne kandidata na trgu.

*Tabela 5.10: Ukrepi za izboljšave na področju poglavja »Rezultati v zvezi z zaposlenimi«*

| <i>Predmet izboljšave</i>                          | <i>Metoda</i>      | <i>Pogostost</i> | <i>Primer dokazila</i> |
|----------------------------------------------------|--------------------|------------------|------------------------|
| 7.1 Dvigniti število opravljenih letnih razgovorov | Programska podpora | Letno            | Poročilo               |

Lastni vir

#### **5.4.8 Rezultati v zvezi z organizacijo**

**Poslovno okolje** se je v zadnjem obdobju močno zaostriло tudi na področju poslovanja, ki je povezano s proizvodnjo električne energije.

**Cene** električne energije so se v omenjenem obdobju zvišale.

**Tveganja:** na proizvodnjo vplivajo vremenske razmere.

**Ekonomija obsega:** V preteklem obdobju smo zabeležili 2,5-kratnik rasti prihodkov. V nominalni vrednosti se je tako obseg prihodkov povečal iz 4,4 milijonov evrov na 11,3 milijonov evrov, kar organizacijo uvršča med najhitreje rastoče organizacije v regiji.

**Povprečna dodana vrednost na zaposlenega** je bila 2,5-krat višja od povprečja v regiji.

**Družbena odgovornost** se kaže v strategiji organizacije, ki neguje pozitivne odnose tudi s širšo javnostjo. Organizacija namenja finančna sredstva strokovnim, okoljskim, humanitarnim in kulturnim organizacijam.

*Tabela 5.11: Ukrepi za izboljšave na področju poglavja »Rezultati v zvezi z družbo«*

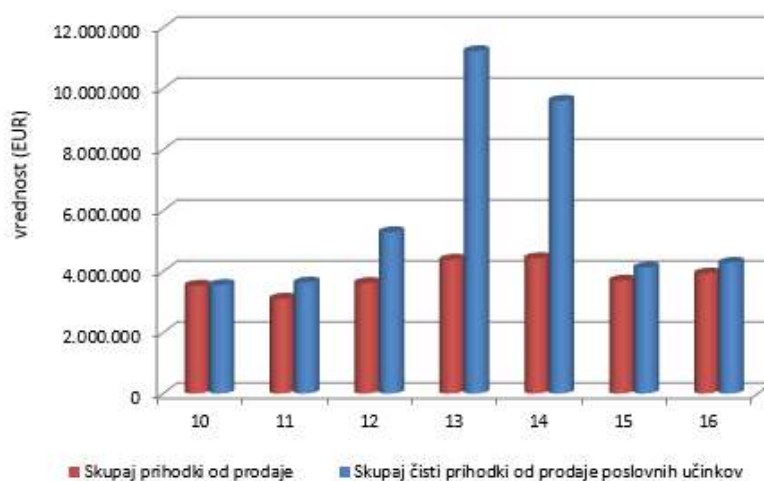
| <i>Predmet izboljšave</i>                                                   | <i>Metoda</i>                  | <i>Pogostost</i> | <i>Primer dokazila</i>     |
|-----------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|------------------|----------------------------|
| 8.1 Vzpostaviti primerjavo z relevantnimi organizacijami na področju okolja | Pridobitev podatkov in analiza | Leto             | Dopolnjen model primerjave |

Lastni vir

### 5.4.9 Ključni rezultati poslovanja

**Dosežki in ključni rezultati** so prerez stanja poslovne odličnosti organizacije, ki ga povzemamo s finančnimi rezultati in primerjamo s podobnimi organizacijami v panogi.

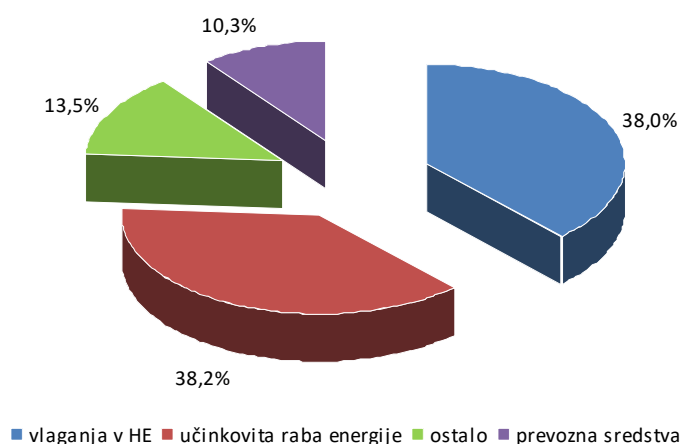
Slika 5.3: Čisti prihodki od prodaje (EUR)



Vir: AJPES, Letna poročila, 2024

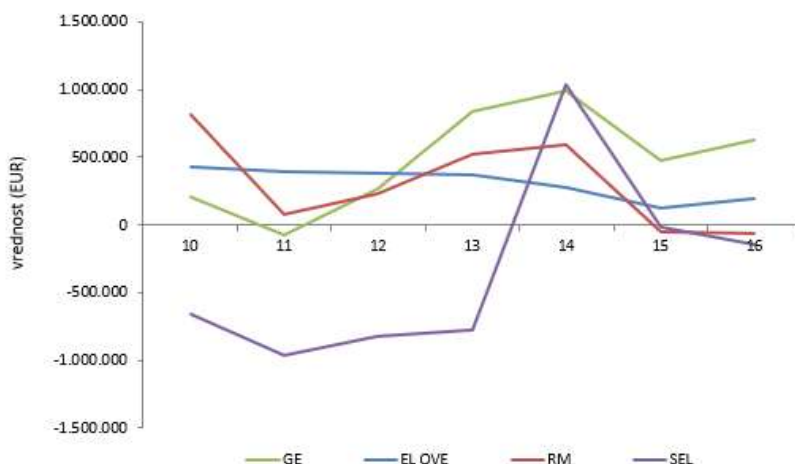
**EBIT** prikazuje poslovni izid pred obrestmi in davki, torej razliko med poslovnimi prihodki in poslovnimi odhodki. Kaže sposobnost gospodarske družbe, da pridobiva prihodke z opravljanjem registrirane dejavnosti. Kljub krizi se je EBIT organizaciji z leti povečal. Ima najvišjo vrednost med primerljivimi organizacijami.

Slika 5.4: Poraba investicijskih sredstev (%)



Vir: AJPES, Letno poročilo, 2024, lastni izračuni

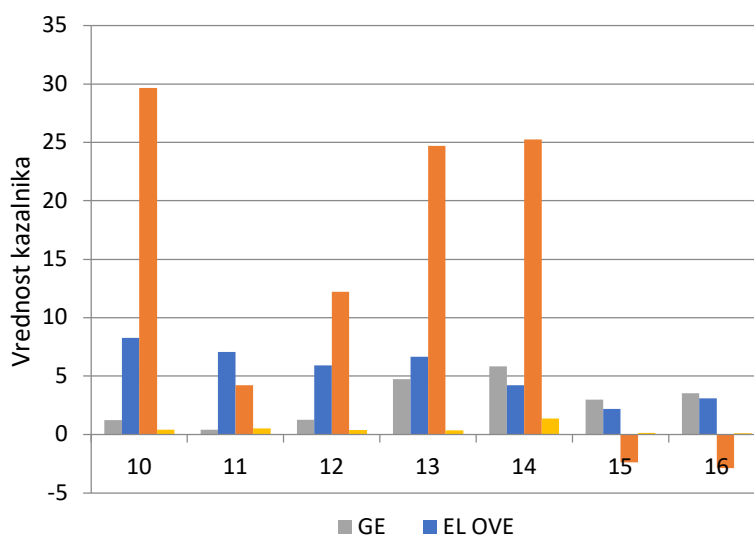
Slika 5.5: Primerjava poslovnega izida pred obrestmi in davki (EBIT) med primerljivimi organizacijami v Sloveniji (EUR)



Vir: AJPES, 2024

**Čista donosnost kapitala (ROE)** je eden izmed najpomembnejših in najpogosteje uporabljenih kazalnikov pri presojanju uspešnosti upravljanja s premoženjem gospodarske družbe. Kazalnik pove, koliko čistega dobička/izgube je gospodarska družba ustvarila na evro vloženega kapitala. Vrednost kazalnika je negativna, če gospodarska družba izkazuje izgubo. Večja vrednost kazalnika pomeni poslovno uspešnejšo gospodarsko družbo, vendar pa po drugi strani lahko višji rezultat pomeni večje tveganje na račun velikega zadolževanja gospodarske družbe. Pri presojanju doseganja podobne donosnosti kapitala različnih poslovnih subjektov je nujno upoštevati donosnost kapitala kot zmnožek kazalnikov čiste dobičkonosnosti prihodkov, proizvodnosti sredstev ter razmerja med sredstvi in kapitalom.

Slika 5.6: Čista dobičkonosnost kapitala (ROE) med organizacijami



Vir: AJPES, 2024

**Koeficient čiste dobičkonosnosti sredstev (ROA)** nam pove, kako uspešno je bilo poslovanje pri upravljanju s sredstvi organizacije, kar pomeni, koliko čistega dobička organizacija ustvari s sredstvi, ki jih ima. Vrednost kazalnika se poveča/zmanjša, če se poveča/zmanjša čisti dobiček. Povečuje se tudi v primeru, ko se zmanjšujejo sredstva, dobiček pa ostane nespremenjen.

**Kazalnik gospodarnosti poslovanja** organizacije prikazuje gospodarnost poslovanja organizacije pri opravljanju osnovne dejavnosti. Organizacija je uspešnejša, čim večja je vrednost kazalnika, ob tem, da izkazuje tudi čisti dobiček. Da organizacija posluje gospodarno, mora biti vrednost kazalnika večja od 1, saj le takrat poslovni prihodki presegajo odhodke poslovanja.

Tabela 5.12: Gospodarnost poslovanja organizacij

| Leto | GE   | EL OVE | RM   | SEL  |
|------|------|--------|------|------|
| 10   | 1,06 | 1,74   | 1,24 | 0,96 |
| 11   | 0,98 | 1,38   | 1,02 | 0,93 |
| 12   | 1,05 | 1,19   | 1,05 | 0,94 |
| 13   | 1,08 | 1,24   | 1,12 | 0,95 |
| 14   | 1,11 | 1,18   | 1,15 | 1,06 |
| 15   | 1,11 | 1,09   | 0,99 | 1,00 |
| 16   | 1,16 | 1,16   | 0,98 | 0,99 |

Vir: AJ PES, lastni izračuni, 2024

Vsi prikazani kazalniki so v pozitivnem trendu. Izstopajo **prihodki na zaposlenega**, kjer je kazalnik za organizacijo najboljši v panogi in je v zadnjem obdobju glede na pretekla leta rasel hitreje.

Tabela 5.13: Prihodki na zaposlenega s primerljivimi organizacijami (EUR)

| Leto | GE      | EL OVE  | RM      | SEL     |
|------|---------|---------|---------|---------|
| 10   | 101.708 | NP      | 273.175 | 134.449 |
| 11   | 111.251 | NP      | 250.348 | 130.182 |
| 12   | 157.732 | 362.376 | 284.723 | 138.323 |
| 13   | 357.389 | 279.638 | 338.714 | 154.228 |
| 14   | 318.605 | 269.804 | 322.562 | 176.390 |
| 15   | 146.722 | 194.648 | 333.699 | 136.250 |
| 16   | 155.880 | 216.134 | 215.146 | 146.167 |

Lastni vir

**Tabela 5.14: Opredmetena osnovna sredstva na zaposlenega v primerjavi s konkurenco (EUR)**

| <i>Leto</i> | <i>GE</i> | <i>EL OVE</i> | <i>RM</i> | <i>SEL</i> |
|-------------|-----------|---------------|-----------|------------|
| <i>10</i>   | 412.751   | NP            | 72.148    | 1.037.359  |
| <i>11</i>   | 471.904   | NP            | 6.776     | 1.021.348  |
| <i>12</i>   | 528.295   | 746.217       | 81.591    | 999.515    |
| <i>13</i>   | 540.642   | 767.971       | 99.624    | 1.004.728  |
| <i>14</i>   | 539.929   | 762.434       | 100.293   | 868.670    |
| <i>15</i>   | 528.999   | 691.732       | 105.414   | 941.802    |
| <i>16</i>   | 467.222   | 1.016.616     | 131.861   | 963.051    |

Lastni vir

Dodana vrednost na zaposlenega prikazuje, koliko dodane vrednosti ustvari ena zaposlena oseba. V organizaciji narašča in se je v zadnjem obdobju skoraj podvojila.

**Tabela 5.15: Dodana vrednost na zaposlenega s primerljivimi organizacijami (EUR)**

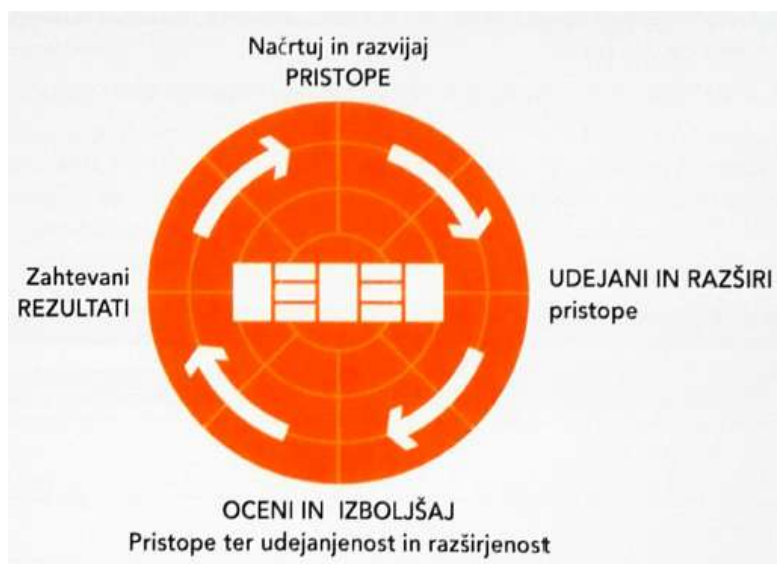
| <i>Leto</i> | <i>GE</i> | <i>EL OVE</i> | <i>RM</i> | <i>SEL</i> |
|-------------|-----------|---------------|-----------|------------|
| <i>10</i>   | 64.679    | NP            | 112.404   | 82.968     |
| <i>11</i>   | 64.073    | NP            | 56.972    | 77.988     |
| <i>12</i>   | 82.922    | 161.615       | 67.456    | 82.862     |
| <i>13</i>   | 110.988   | 157.356       | 96.188    | 96.544     |
| <i>14</i>   | 117.539   | 157.927       | 106.142   | 113.214    |
| <i>15</i>   | 97.119    | 116.631       | 69.594    | 85.865     |
| <i>16</i>   | 110.314   | 135.353       | 68.594    | 86.965     |

Lastni vir

## 5.5 RAZPRAVA

Model EFQM poslovne odličnosti v krožnem toku z uporabo Demingovega kroga (PDCA) nadgrajujemo od načrtovanja in razvijanja pristopov (1), prek udejanja in razširitvi pristopov (2) in ocenjevanja in izboljšav pristopov ter udejanjenosti in razširjenosti (3) do zahtevanih rezultatov (4), ki se nadaljuje z izboljšavami načrtovanja in razvijanja pristopov (1) ... (slika 5.6).

Slika 5.7: Krožni tok procesov gospodarjenja



Vir: MGRT, 2013

Model odličnosti EFQM (2013) je dober temelj in orodje za razvijanje trajne odličnosti, ki organizacijam omogoča oceniti, kje se nahajajo na poti odličnosti. Odlične organizacije dosegajo in trajno ohranjajo izvrstne ravni delovanja, ki izpolnjujejo ali presegajo pričakovanja vseh njihovih deležnikov.

Model odličnosti EFQM (2020) prinaša evolucijo. Model bo pomagal do uspešnosti z merjenjem, kje je organizacija na poti k ustvarjanju trajnostne vrednosti. Narekuje program menedžmenta za vse organizacije, ki si prizadevajo za dolgoročno, trajnostno prihodnost in razviti strategijo za ustvarjanje trajnostne vrednosti. Osnovo logike modela EFQM, tako imenovano rdečo nit, predstavlja povezava med namenom in strategijo organizacije ter kako je ta uporabljena za ustvarjanje trajnostne vrednosti (Papler, 2023).

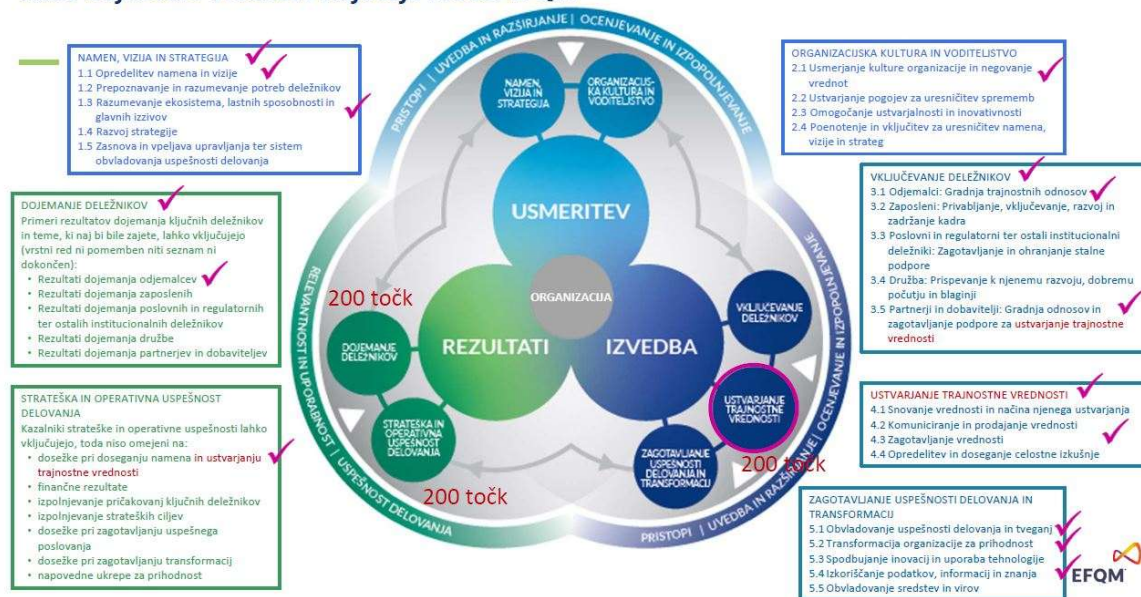
Ustvarjanje trajnostne vrednosti je ključno za dolgoročni uspeh in finančno moč organizacije s treh vidikov: gospodarski razvoj, družbeni razvoj in okoljski razvoj.

Rajko Novak (2021) pravi, da veriga ustvarjanja trajnostne vrednosti poteka od snovanja vrednosti in načina njenega ustvarjanja, komuniciranja in prodajne vrednosti, zagotavljanja vrednosti in opredelitve in doseganja celostne izkušnje.

Kako trajnostno vrednost vključuje model EFQM, prikazuje slika 5.7.

Slika 5.8: Nov EFQM model (2020) vključuje trajnostno vrednost

### Kako trajnostno vrednost vključuje Model EFQM



Vir: MGRT, 2013

## 5.6 ZAKLJUČEK

Povezovanje modela poslovne odličnosti EFQM in sinergija povezljivosti z mednarodnimi standardi kakovosti ISO (ISO 9001, ISO 14001, ISO 50001 in podobno) je lahko strategija za organizacije, ki želijo izboljšati splošno uspešnost, zagotoviti kakovost, nadzorovati vpliv na okolje in povečati energetska učinkovitost. Z modelom poslovne odličnosti EFQM smo z definiranimi dejavniki in procesi prikazali rezultate zaposlenih, finančne učinke procesov in rezultate družbe. Ključni rezultati merjeni s prihodki na zaposlenega, opredmetenimi osnovnimi sredstvi na zaposlenega in dodana vrednostjo na zaposlenega so merilo za primerjavo z drugimi organizacijami v panogi, v lokalnem okolju ali v gospodarstvu na državni ravni.

## Literatura in viri

- Harris, Ema (2003). *Kaj je model odličnosti EFQM in kako uporaben je za vas*. Dostopno na naslovu: <https://blog.triaster.co.uk/blog/efqm-excellence-model-2020-business-improvement>. (22. 4. 2024)
- Kachigan, S. K. (1991). *Multivariate statistical analysis: a conceptual introduction* (2nd ed.). New York: Radius.
- Kovač, Polonca. (2008). Evropski model za ocenjevanje kakovosti v javnem sektorju (CAF) tudi v slovenski upravi. Ljubljana: Ministrstvo RS za notranje zadeve: Urad za organizacijo in razvoj uprave.
- MGRT. (2012). *Pregled modela odličnosti EFQM*. Ljubljana: Ministrstvo za gospodarski razvoj in tehnologijo, Urad za meroslovje.
- MGRT. (2013). *Usposabljanje ocenjevalca EFQM/PRSO. Delovni zvezek ocenjevalca. EFQM Assessor Training ASSESSOR WORKBOOK*. Ljubljana: Ministrstvo za gospodarski razvoj in tehnologijo, Urad za meroslovje.
- Nadižar, Svet, Mateja in Baloh, Peter. (2017). EFQM model as the key strategic and operational tool towards the digital era. 61. EOQ congress 2017, Success in the digital era - Quality as a key driver, Bled, 11. – 12. 10. 2017. Slovensko združenje za kakovost in odličnost (SZKO).
- Norušis, M. J. (2002). *SPSS 11.0 guide to data analysis*. Upper Saddle River (NJ): Prentice Hall.
- Novak, Rajko. (2021). Ustvarjanje trajnostne vrednosti je ključno za dolgoročni uspeh organizacije. 29. letna konferenca kakovosti, virtualna konferenca od 11. 11. do 12. 11. 2020. Ljubljana: Slovensko združenje za kakovost in odličnost.
- Papler, D. (2022). Preobrazba celovitega upravljanja poslovnih procesov z modelom EFQM. *Energetika, gospodarstvo in ekologija skupaj*, št. 3/2024, str. 80–85. Ljubljana: Energetika marketing.
- Papler, Drago in Bojnec, Štefan. (2008). Sonaravni razvoj med kmetijstvom, okoljem in energetiko. *Organizacija*, 41(6): A247–A255.
- Tekavčič, Metka in Megušar, Alojz. (2008). Merila uspešnosti poslovanja v sodobnem gospodarstvu. *Teorija in praksa: revija za družbena vprašanja*, letn. 45, št. 5, sep.-okt. 2008, str. 459–479.
- Šuster Erjavec, H. in Južnik Rotar, L. (2013). *Analiza podatkov s SPSS* (2. izd.). Celje: Fakulteta za komercialne in poslovne vede.

**Dr. Drago Papler** je docent za ekonomijo in znanstveno-raziskovalni sodelavec ter zunanji član Katedre za ekonomijo na Fakulteti za management Univerze na Primorskem. Kot predavatelj ekonomije, strateškega managementa, energetskih in proizvodnih sistemov, obnovljivih virov energije ter učinkovite rabe energije, je vključen v pedagoško delo v magistrskem programu Gospodarski inženiring na Poslovno-tehniški fakulteti Univerze v Novi Gorici ter v diplomskem programu Varstvo okolja na Visoki šoli za trajnostni razvoj, Ljubljana. Sodeluje v programih Višje strokovne šole B&B in Višje strokovne šole Biotehniškega centra Naklo. Izkušnje ima iz strokovne kariere v gospodarstvu. Zaposlen je bil v Elektru Gorenjska na področju tehnične komercialne investicij distribucijskega omrežja, marketinga in prodaje električne energije. V Gorenjskih elektrarnah je bil vodja investicij, razvoja in projektive ter svetovalec direktorja za raziskave in razvoj ter predstavnik vodstva za kakovost in upravljanje z energijo. Od leta 2021 je vodja Medpodjetniškega izobraževalnega centra Biotehniškega centra Naklo. Njegova raziskovalna področja so: interdisciplinarne študije, ekonomika, management, podjetništvo, kakovost, energetika, obnovljivi viri energije, agroekonomija, turizem. Sodeluje v strokovnih združenjih ter kot predavatelj na konferencah vodi projekte trajnostnega razvoja in sodeluje v znanstveno-raziskovalnih projektih. Zaključuje drugi doktorat znanosti.

## 6 EKSPERIMENTALNA VZPOSTAVITEV SPREMLJANJA UPORABE SEKUNDARNIH SUROVIN IN STRANSKIH PROIZVODOV

**Mag. Mojca Žitnik**, Statistični urad Republike Slovenije, vodja oddelka za statistiko okolja in energetike

### **Povzetek**

*Koncept krožnega gospodarstva predvideva zmanjšanje potreb po primarnih surovinah s povečanjem uporabe sekundarnih surovin in stranskih proizvodov. Ti se večinoma pridobivajo s predelavo, predvsem reciklažo odpadkov. Mednje pa prištevamo tudi surovine, ki ne zapustijo proizvodnega procesa, ampak se vanj vračajo takoj po uporabi. Koliko teh surovin se vrača, je načeloma težko izmeriti, zato se pojavlja vprašanje o uspešnosti Slovenije pri nadomeščanju primarnih surovin z uporabo sekundarnih surovin in stranskih proizvodov. Statistični urad je z uporabo različnih metod izvedel prvi, eksperimentalni poskus pridobitve teh podatkov. Izsledki so pokazali, da v Sloveniji skoraj 18 % primarnih surovin nadomeščamo s sekundarnimi surovinami in stranskimi proizvodi. Izmed njih največji delež, kar 61 %, zajemajo mineralne snovi, sledijo kovine, žlindre ter živalski in rastlinski ostanki. Več kot tretjina uporabljenih sekundarnih surovin in stranskih proizvodov je nastala v predelovalnih dejavnostih, skoraj tretjina pa v gradbeništvu. Sekundarne surovine Slovenija tudi uvaža, večinoma iz držav članic EU, majhen delež pa izvozi. Z izvedbo prvega, eksperimentalnega poskusa spremljanja uporabe sekundarnih surovin in stranskih proizvodov pa se je delo na tem področju šele začelo. Za vzpostavitev rednega in ponavljajočega se spremljanja bo pripravljeno metodologijo v prihodnje treba še nadgraditi.*

*Ključne besede: primarne surovine, sekundarne surovine in stranski proizvodi, krožno gospodarstvo, eksperimentalna statistika*

### **EXPERIMENTAL ESTABLISHMENT OF MONITORING THE USE OF SECONDARY RAW MATERIALS AND BY-PRODUCTS**

#### **Abstract**

*The concept of a circular economy prescribes a reduction of the need for primary raw materials by increasing the use of secondary raw materials and by-products. These are mostly obtained through recovering processes, especially recycling of waste. Among them, we also include raw materials that do not leave the production process but return to it immediately after use. In principle, how much of these raw materials are returned is difficult to measure, and thus the question is how Slovenia is successful in replacing primary raw materials with the use of secondary raw materials and by-products. With the help of various methods, the Statistical Office carried out the first, experimental attempt to obtain these data. The results showed that in Slovenia, almost 18% of primary raw materials are replaced by secondary raw materials and by-products. Among them, the largest share, 61%, are mineral substances, followed by metals, slags, and animal and plant remains. More than a third of the used secondary raw materials and by-products were generated in manufacturing, and almost a third in construction. Secondary raw materials were also imported, mostly from EU member states, and a small share was also exported. The first experimental attempt to monitor the use of secondary raw materials and by-products was carried out, but the work in this area has only just begun. In order to establish regular monitoring, the prepared methodology will need to be upgraded in the future.*

*Keywords: primary raw materials, secondary raw materials and by-products, circular economy, experimental statistics*

## 6.1 UVOD

Eden izmed glavnih ciljev krožnega gospodarstva je, da se vrednost izdelkov, materialov in surovin v gospodarstvu ohranja čim dlje ter da se presežni materiali, polizdelki in odpadki reciklirajo, sekundarne surovine pa ponovno vračajo v gospodarstvo. Sekundarne surovine in stranski proizvodi tako pridobivajo čedalje večjo veljavo.

Sekundarne surovine so presežne reciklirane snovi, predmeti ali materiali, ki se znova vrnejo v gospodarstvo, praviloma kot surovina v začetno fazo proizvodnega procesa. Stranski proizvodi pa so snovi oziroma predmeti, nastali pri proizvodnem procesu, katerega glavni namen ni proizvodnja teh snovi ali predmetov, je pa nadaljnja uporaba teh stranskih proizvodov zagotovljena.

S povečano uporabo sekundarnih surovin in stranskih proizvodov se po vsem svetu zmanjšujeta pridobivanje in uporaba naravnih surovin. Sekundarne surovine in stranski proizvodi, ki predstavljajo glavnino krožnega gospodarstva, pa niso vključeni v sistem ravnanja z odpadki, in tako tudi niso zajeti v statistikah o odpadkih.

Do leta 2021, ko je Statistični urad Republike Slovenije (v nadaljevanju: SURS) izvedel prvi poskus vzpostavitve spremljanja podatkov o uporabi sekundarnih surovin in stranskih proizvodov v gospodarstvu, ti podatki na nacionalni ravni niso bili dostopni.

Znotraj merjenja napredka pri približevanju h krožnemu gospodarstvu se je z mednarodno podprtim projektom na SURS-u vzpostavil poseben metodološki okvir, ki je zajemal razvoj nacionalne metodologije za spremljanje toka sekundarnih surovin in stranskih proizvodov v Sloveniji. Hkrati so se identificirali in analizirali ustrezni podatkovni viri ter pripravili prvi nacionalni podatki o toku sekundarnih surovin in stranskih proizvodov.

## 6.2 METODOLOŠKI PRISTOP

### 6.2.1 Priprava metodološkega okvira

Statistike o odpadkih ne zajemajo podatkov o materialih in snoveh, ki sicer zapustijo proizvodni proces, a ne zapustijo podjetja. Ti se vračajo neposredno nazaj v proizvodni proces kot sekundarne surovine, s katerimi se nadomeščata izčrpavanje in uporaba primarnih surovin. Za pridobitev teh manjkajočih podatkov, ki predstavljajo glavnino krožnega gospodarstva, je SURS leta 2021 prvič vzpostavil nacionalno metodologijo za spremljanje količin sekundarnih surovin in stranskih proizvodov. V okviru pripravljene nacionalne metodologije, ki bo podlaga za spremljanje količin sekundarnih surovin in stranskih proizvodov v prihodnjih letih, so se identificirali morebitni obstoječi viri podatkov ter pripravilo »ad hoc« raziskovanje za pilotno pridobitev teh podatkov.

SURS je pri pripravi nacionalne metodologije proučil razpoložljivo literaturo o tokovih sekundarnih surovin in stranskih proizvodov (Secondary materials in European material flow accounts in raw material equivalents, 2018, in Report on Critical Raw Materials and the Circular Economy, 2018). V tok je vključil podatke o surovinah, uporabljenih v lastnem proizvodnem procesu poslovnega subjekta, kar pomeni, da so bile neposredno vrnjene nazaj v proizvodni proces, in podatke o surovinah, ki so jih poslovni subjekti predali drugim poslovnim subjektom v nadaljnjo uporabo. Prav tako so se v tok vključili tudi podatki o sekundarnih surovinah in stranskih proizvodih, ki so nastali po končni obdelavi odpadkov in

so s to obdelavo izgubili status odpadka.

### **6.2.2 Viri podatkov**

Znotraj projekta so se iskali različni podatkovni viri, ki bi morebiti zajemali podatke o sekundarnih surovinah in stranskih proizvodih. Izkazalo se je, da se teh surovin sistematično ne spremlja, zato je SURS pripravil lastno »ad hoc« raziskovanje, s katerim je poskušal pridobiti te za spremljanje krožnega gospodarstva izjemno pomembne podatke.

Za »ad hoc« raziskovanje in zajem podatkov o toku sekundarnih surovin in stranskih proizvodov je bil pripravljen poseben vprašalnik, razdeljen v dva dela. Prvi del je obsegal podatke o količini sekundarnih surovin in stranskih proizvodov, ki nastanejo v poročevalskem poslovnem subjektu, o količini sekundarnih surovin in stranskih proizvodov, prejetih od drugih poslovnih subjektov v Sloveniji, količini uvoženih sekundarnih surovin in stranskih proizvodov iz držav članic EU oziroma držav zunaj EU ter o količini sekundarnih surovin in stranskih proizvodov, ki je bila začasno skladiščena na začetku opazovanega leta. Drugi del je zajemal podatke o porabi sekundarnih surovin in stranskih proizvodov, in sicer: o količini sekundarnih surovin in stranskih proizvodov, ki so bili znova uporabljeni v lastnem proizvodnem procesu, količini teh surovin, oddanih drugim poslovnim subjektom v Sloveniji, o izvoženi količini teh snovi v države članice EU ali države zunaj EU ter o količini sekundarnih snovi in stranskih proizvodov, ki so bile začasno skladiščene ob koncu opazovanega leta.

Podatke iz »ad hoc« raziskovanja se je dopolnilo s podatki iz raziskovanja o obdelavi odpadkov (ODP-obdelava). Leta 2021 je bilo raziskovanje ODP-obdelava nadgrajeno in v vprašalnik je bila dodana tabela, s katero so se zbrali podatki o surovinah oziroma snoveh, ki so v procesu obdelave po končnih postopkih izgubile status odpadka. Podatki o teh snoveh so bili neposredni vir podatkov o sekundarnih surovinah, ki so bile po končni obdelavi odpadkov predane drugim poslovnim subjektom in vrnjene v proizvodni proces.

### **6.2.3 Seznam sekundarnih surovin in stranskih proizvodov**

Za izvedbo »ad hoc« raziskovanja je bil pripravljen tudi poseben seznam sekundarnih surovin in stranskih proizvodov. Obsegal je 17 različnih skupin materialov, ti so bili pozneje zaradi boljše preglednosti razdeljeni še v podskupine. Na podlagi tega seznama so se sistematično zbrali podatki o sekundarnih surovinah, seznam pa se je uporabljal tudi za kakovostnejšo analizo in interpretacijo podatkov.

**Tabela 6.1: Seznam sekundarnih surovin in stranskih proizvodov**

| Številka | Naziv                            | Številka | Naziv                                           |
|----------|----------------------------------|----------|-------------------------------------------------|
| 01.101   | Kisline, baze in soli            | 08.101   | Les                                             |
| 02.101   | Olja                             | 09.101   | Tekstil in usnje                                |
| 03.101   | Kovine – železo, jeklo           | 10.101   | Uporabni deli motornih vozil                    |
| 03.201   | Kovine – aluminij                | 10.201   | Električna in elektronska oprema                |
| 03.202   | Kovine – baker, bron, medenina   | 10.301   | Baterije in akumulatorji                        |
| 03.203   | Kovine – svinec                  | 11.101   | Živalski in rastlinski ostanki ter polproizvodi |
| 03.204   | Kovine – cink, kositer           | 12.101   | Minerali – beton, opeka, mavec                  |
| 03.205   | Kovine – zlato, srebro           | 12.201   | Minerali – zemlja in kamenje                    |
| 04.101   | Steklo                           | 12.301   | Minerali – bitumen                              |
| 05.101   | Papir in karton                  | 12.401   | Minerali – drugo                                |
| 06.101   | Guma                             | 13.101   | Kompost                                         |
| 07.101   | Plastika – PET brezbarvni        | 14.101   | Žlindra                                         |
| 07.102   | Plastika – PET barvni            | 15.101   | Elektrofiltrski pepel                           |
| 07.201   | Plastika – filmi                 | 16.101   | Blato iz čistilnih naprav                       |
| 07.301   | Plastika – polipropilen          | 17.101   | Drugo                                           |
| 07.401   | Plastika – polistiren            |          |                                                 |
| 07.501   | Plastika – PVC (polivinilklorid) |          |                                                 |
| 07.601   | Plastika – drugo                 |          |                                                 |

Vir: Delovni paket 3: Okoljski računi – Tok sekundarnih surovin, 2022

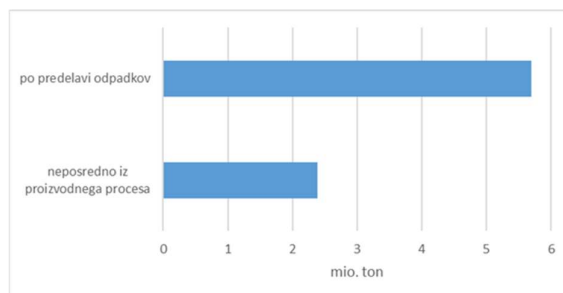
## 6.3 REZULTATI

### 6.3.1 Nastajanje sekundarnih surovin in stranskih proizvodov

#### ➤ Nastale sekundarne surovine in stranski proizvodi glede na izvor

Sekundarne surovine in stranski proizvodi lahko nastajajo po koncu proizvodnega procesa in se vračajo nazaj v proizvodni proces v poslovnem subjektu, v katerem so nastali, ali pa v drugem poslovnem subjektu, ki je te surovine prevzel v nadaljnjo uporabo. Sekundarne surovine lahko nastanejo tudi po predelavi odpadkov, potem ko so izgubile status odpadka. Iz rezultatov projekta je razvidno, da je bilo v Sloveniji leta 2020 uporabljenih oziroma nazaj v proizvodni proces vrnjenih 8,09 milijona ton sekundarnih surovin in stranskih proizvodov. Od tega jih je bilo skoraj 30 % oz. 2,39 milijona ton vrnjenih neposredno nazaj v proizvodni proces, nekaj več kot 70 % oz. 5,70 milijona ton pa je bilo vrnjenih v proizvodni proces šele po končni predelavi odpadkov, ko so izgubili status odpadka.

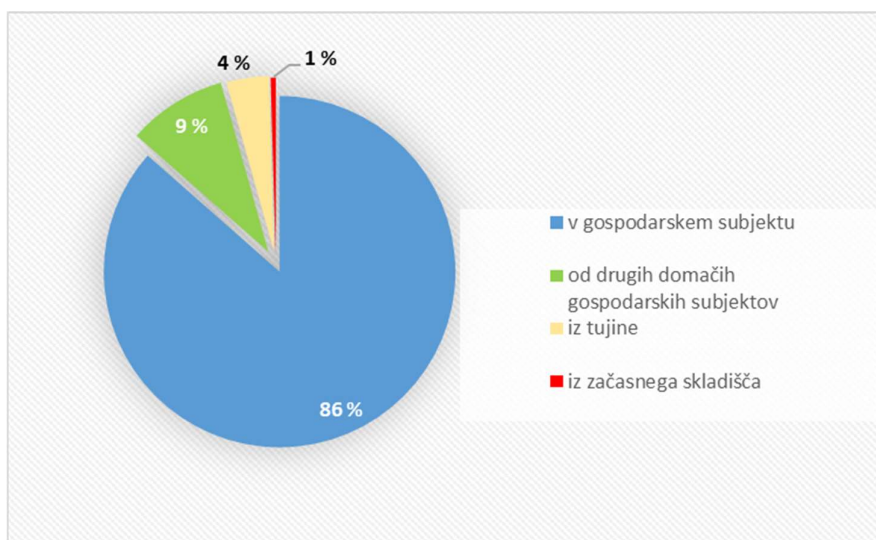
Slika 6.1: Točka vračanja sekundarnih surovin in stranskih proizvodov nazaj v proizvodni proces, Slovenija, 2020



Vir: SURS, 2022

Večina, več kot 86 % sekundarnih surovin in stranskih proizvodov (7,00 milijonov ton) je nastala in bila uporabljena v gospodarskih subjektih, kjer je nastala. 9 % oz. 739 tisoč ton sekundarnih surovin in stranskih proizvodov je bilo v uporabo prevzetih od drugih domačih gospodarskih subjektov, medtem ko so bili 4 % (ali 316 tisoč ton) uvoženi iz tujine. Nekaj manj kot 38 tisoč ton (ali 1 %) so poslovni subjekti prevzeli v uporabo iz lastnih skladišč.

Slika 6.2: Nastajanje sekundarnih surovin in stranskih proizvodov po kraju izvora, Slovenija, 2020

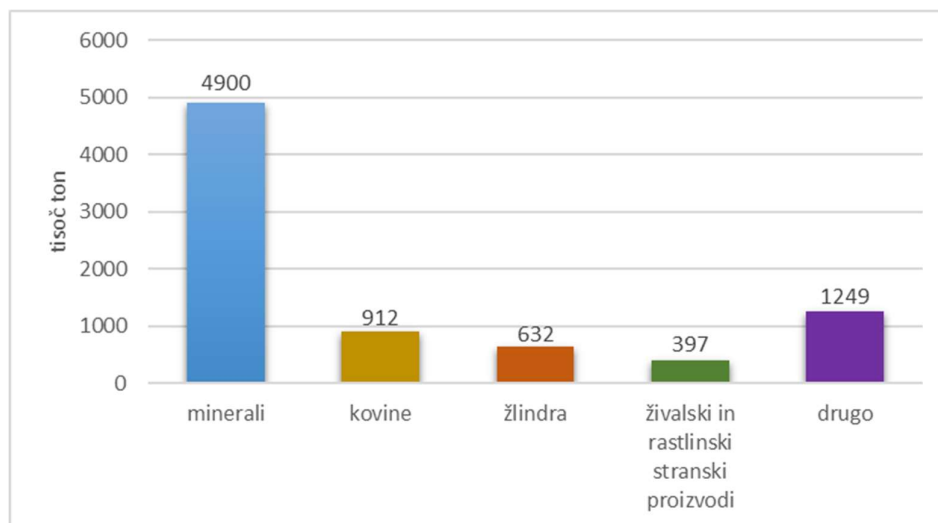


Vir: SURS, 2022

#### ➤ **Nastale sekundarne surovine in stranski proizvodi glede na vrsto materiala**

Sekundarne surovine in stranski proizvodi, ki se znova uporabijo v proizvodnem procesu, so lahko iz različnih materialov.

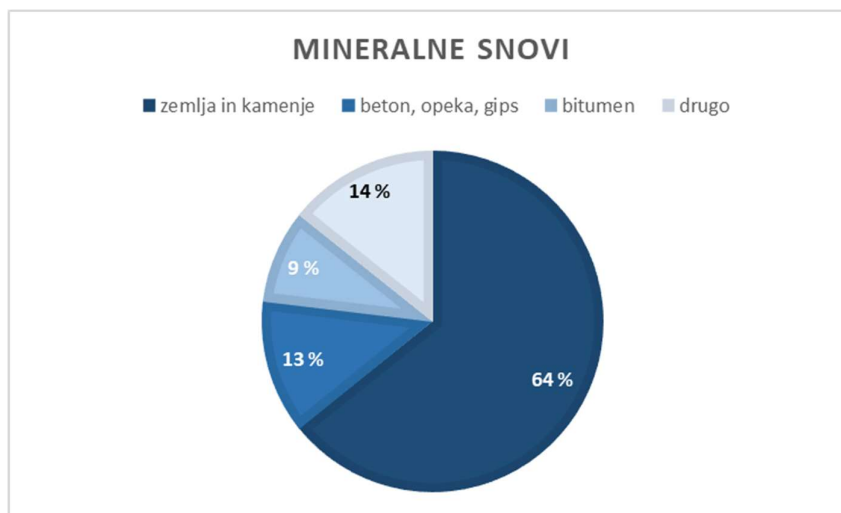
Slika 6.3: Vrste nastalih sekundarnih surovin in stranskih proizvodov, Slovenija, 2020



Vir: SURS, 2022

Največ, kar 61 % oz. 4,9 milijona ton, so predstavljale mineralne snovi, med katerimi je bilo največ (3,2 milijona ton oz. 64 %) zemlje in kamenja. Sledile so sekundarne surovine in stranski proizvodi iz betona, opeke in gipsa s 629 tisoč tonami (13 %) ter iz bitumna s 441 tisoč tonami (9 %). Sekundarne surovine in stranski proizvodi iz drugih mineralov so predstavljali 710 tisoč ton oz. nekaj več kot 14 %.

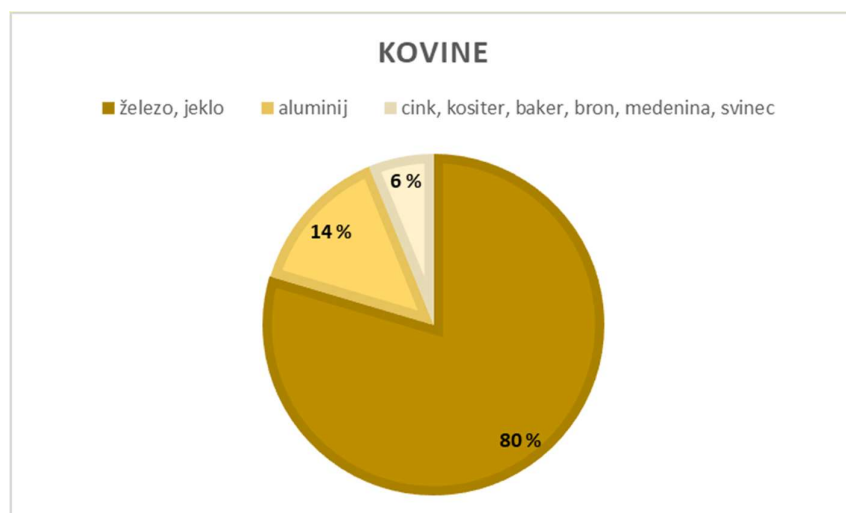
Slika 6.4: Mineralne snovi kot sekundarne surovine po vrstah, Slovenija, 2020



Vir: SURS, 2022

Druga največkrat proizvedena skupina sekundarnih surovin in stranskih proizvodov so bile kovine z 11 % (912 tisoč ton). Med temi sta prevladovala železo in jeklo z 80 % oz. 725 tisoč tonami. Sledile so sekundarne surovine iz aluminija s 130 tisoč tonami (14 %), iz cinka in kositra z 52 tisoč tonami (skoraj 6 %), iz bakra, bron in medenine s 3 tisoč tonami ter tisoč ton iz svinca, obe skupini z manj kot 1 %.

Slika 6.5: Kovine kot sekundarne surovine po vrstah, Slovenija, 2020



Vir: SURS, 2022

Med preostalimi nastalimi sekundarnimi surovinami in stranskimi proizvodi so predstavljale žlindre skoraj 8 % oz. 632 tisoč ton, živalski in rastlinski ostanki ter stranski proizvodi pa nekaj manj kot 5 % oz. 397 tisoč ton.

Med sekundarnimi surovinami in stranskimi proizvodi, nastalimi v lastnem poslovnem subjektu, so prevladovali materiali iz zemlje in kamenja (43,3 %), sledili so materiali iz betona, opeke, mavca, bitumna in drugi minerali s 23 %, žlindra z 8,3 % ter železo in jeklo s 6,8 %. Najpogostejše pridobljene sekundarne surovine in stranski proizvodi od drugih domačih poslovnih subjektov so bili znova minerali s 40,7 %, pri čemer sta zemlja in kamenje predstavljala 20,9 %, beton, opeka in mavec 7,6 %, bitumen 6 % in drugi minerali 6,2 %. Več kot četrtino (25,6 %) sekundarnih surovin in stranskih proizvodov sta predstavljala železo in jeklo, sledili so materiali iz papirja in kartona s 13,2 %, živalski in rastlinski ostanki ter stranski proizvodi s 7,7 % in les s 6,7 %.

Med uvoženimi sekundarnimi surovinami in stranskimi proizvodi pa so bili rezultati precej drugačni. Sekundarne surovine in stranski proizvodi iz aluminija so predstavljali več kot četrtino (25,9 %) vseh uporabljenih uvoženih materialov, sledili so materiali iz železa in jekla s 17,2 %, žlindra s 14,6 %, živalski in rastlinski ostanki ter stranski proizvodi z 11,7 % ter na koncu minerali z 8,4 % vseh uvoženih sekundarnih surovin. Največ (80,6 %) sekundarnih surovin in stranskih proizvodov je bilo uvoženih iz držav članic EU.

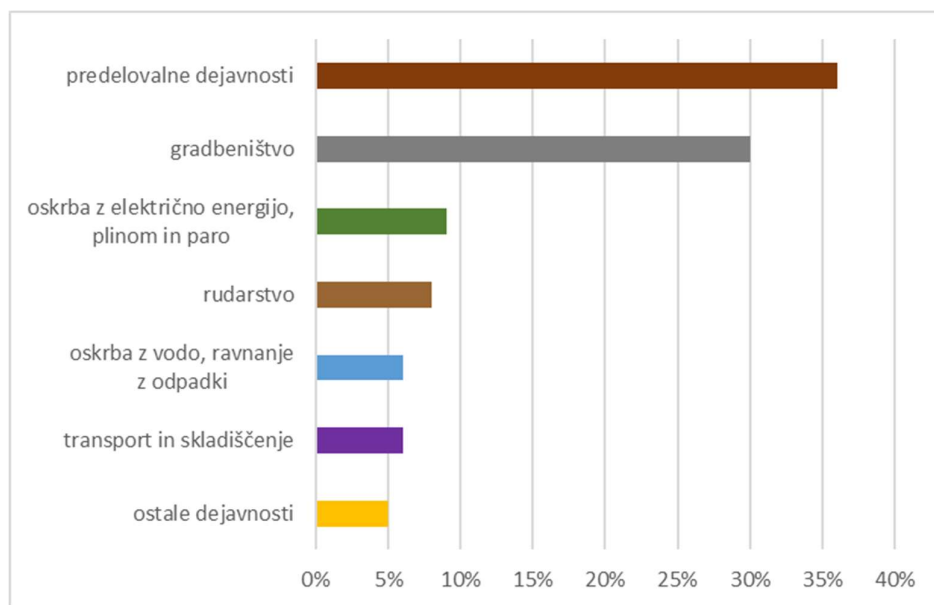
Od vseh sekundarnih surovin in stranskih proizvodov, ki so bili prevzeti v uporabo iz začasnega skladišča, so kar tretjino (32,9 %) predstavljali materiali iz papirja in kartona. Sledili so žlindra s 15,8 %, živalski in rastlinski ostanki ter stranski proizvodi s 14,8 %, železo in jeklo z 8,1 %, aluminij s 7,7 % in les s 7,1 %.

#### ➤ Nastale sekundarne surovine in stranski proizvodi glede na dejavnost nastanka

Sekundarne surovine in stranski proizvodi lahko nastanejo v različnih gospodarskih dejavnostih. Po Standardni klasifikaciji dejavnosti (SKD 2008) je več kot tretjina (2,95 milijona ton) vseh sekundarnih surovin in stranskih proizvodov nastala v predelovalnih dejavnostih (področje dejavnosti C) in 30 % oz. 2,42 milijona ton v gradbeništvu (področje dejavnosti F).

Med predelovalnimi dejavnostmi je skoraj tretjina (931 tisoč ton) teh materialov nastala v proizvodnji osnovnih kovin (C24 po SKD 2008) ter 18 % v proizvodnji kemikalij in kemičnih izdelkov (C20 po SKD 2008). V gradbeništvu jih je več kot polovica (1,27 milijona ton) nastala pri nizkih gradnjah (dejavnost F42 po SKD 2008).

Slika 6.6: Pridobivanje sekundarnih surovin in stranskih proizvodov po gospodarskih dejavnostih (SKD 2008), Slovenija, 2020



Vir: SURS, 2022

### 6.3.2 Ponovna uporaba sekundarnih surovin in stranskih proizvodov

Sekundarne surovine in stranski proizvodi se lahko znova uporabijo v proizvodnem procesu, v katerem so nastali, lahko pa se jih odda v vnovično uporabo drugim poslovnim subjektom v Sloveniji ali tujini.

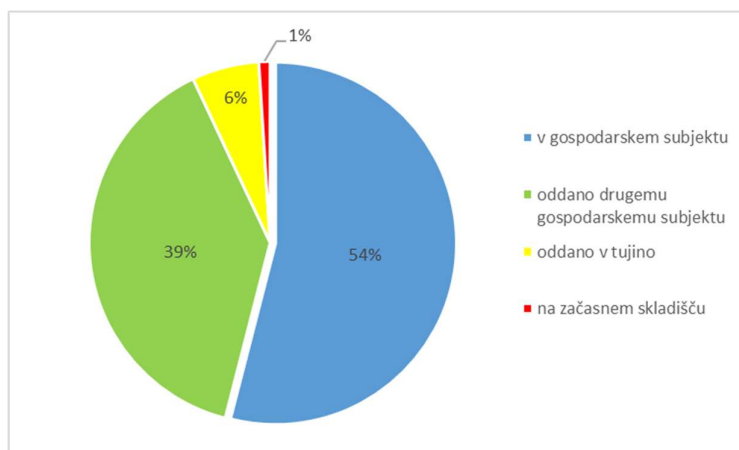
Leta 2020 je bilo v lastnem proizvodnem procesu uporabljenih več kot polovica vseh nastalih sekundarnih surovin in stranskih proizvodov (4,39 milijona ton). Skoraj dve tretjini (64,6 %) vseh teh snovi so predstavljali minerali (zemlja in kamnine – 47,6 %, beton, opeka in omet – 8,5 %, bitumen – 6,5 %, in drugi minerali – 2 %). S 17,6 % je sledila skupina kovin, v kateri sta bila najpogostejše obdelana materiala železo in jeklo s 14,8 %.

Nekaj manj kot 46 tisoč ton sekundarnih surovin in stranskih proizvodov je bilo ob koncu opazovanega leta začasno skladiščenih v poslovnem subjektu, v katerem so nastali. Izmed njih je bilo največ papirja in kartona (40,3 %), sledili so žlindra z 10,4 %, železo in jeklo z 9,6 % ter les s 7,6 %.

3,14 milijona ton sekundarnih surovin in stranskih proizvodov je bilo leta 2020 oddanih v vnovično uporabo drugim poslovnim subjektom v Sloveniji. Tudi tukaj največji delež pripada mineralom (57,5 %), med katerimi so s 34,9 % v ospredju prst in kamnine. Na drugem mestu je bil delež žlindre (16,8 %), sledil je elektrofiltrski pepel s 7,2 %.

Od skoraj 514 tisoč ton materialov, poslanih **v tujino**, so vsi minerali skupaj zavzemali 61,7 %. Na drugem mestu sta bila papir in lepenka z 9,7 %, na tretjem les z 8,0 %. Večino (88,7 %) v tujino poslanega materiala smo izvozili v države članice EU.

Slika 6.7: Ponovna uporaba sekundarnih surovin in stranskih proizvodov, Slovenija, 2020



Vir: SURS, 2022

## 6.4 ZAKLJUČEK

Sistematično zbrani podatki o količinah uporabljenih sekundarnih surovin in stranskih proizvodov so ključnega pomena za spremljanje izvajanja krožnega gospodarstva v posamezni državi. Ti podatki morajo biti celoviti in kakovostni, saj le tako ponudijo dejansko sliko, potrebno za lažje in hitrejše odločitve pri sprejemanju zelenih politik ter spremljanju trajnostnega razvoja neke družbe.

SURS je s pomočjo mednarodno podprtega projekta leta 2022 pripravil prve nacionalne podatke o pridobivanju in uporabi sekundarnih surovin in stranskih proizvodov za leto 2020. Po pridobljenih podatkih je bilo v Sloveniji v tem letu ponovno uporabljenih in vrnjenih v proizvodne procese nekaj več kot 8 milijonov ton sekundarnih surovin oz. stranskih proizvodov. To pomeni, da so sekundarne surovine in stranski proizvodi predstavljali skoraj 18 % celotne količine primarnih virov, uporabljenih v proizvodnih procesih, oziroma tretjino vseh primarnih surovin, proizvedenih oziroma pridobljenih na domačem ozemlju.

Na podlagi teh ugotovitev lahko sklepamo, da se je zaradi sekundarnih surovin zmanjšala količina uporabljenih primarnih surovin za 15 %, s čimer se je zmanjšalo izkoriščanje naravnih virov in povečala stabilnost proizvodnih procesov v industriji.

Ti podatki so dobro izhodišče in prvi korak pri razvoju metodoloških okvirov na sorodnih statističnih področjih. Predstavljajo pa tudi le delček v mozaiku spremljanja krožnega gospodarstva za Slovenijo in začetek obširnega dela, ki se bo moralo v prihodnje še nadaljevati in nadgrajevati, če bomo želeli dobiti popolno sliko.

## Literatura in viri

- Eurostat. (2013). *Priročnik za zbiranje podatkov o nastajanju in obdelavi odpadkov*.
- Eurostat. (2018). *Sekundarni materiali v evropskih računih materialnih tokov v ekvivalentih surovin (tehnična opomba)*.
- Evropska komisija. (2015). *Zapiranje zanke – akcijski načrt EU za krožno gospodarstvo*. Dostopno na naslovu: <https://eurlex.europa.eu/legalcontent/EN/TXT/?uri=CELEX%3A52015DC0614> (4. 9. 2024)
- Evropska komisija. (2018). *Poročilo o kritičnih surovinah in krožnem gospodarstvu*.
- SURS. (2021). *Navodila za izpolnjevanje vprašalnika za statistično raziskovanje Tok sekundarnih surovin (ODP-sekundarni)*. Dostopno na naslovu: <https://www.stat.si/StatWeb/File/DocSysFile/11594> (4. 9. 2024)
- SURS. (2022). *Metodološka pojasnila: Ravnanje z odpadki*.
- SURS. (2022). *WP3: Okoljski računi – Tokovi sekundarnih surovin, končno metodološko poročilo*.

**Mag. Mojca Žitnik** je magistrica tehniškega varstva okolja. Od leta 1999 je zaposlena na Statističnem uradu Republike Slovenije (SURS), na oddelku za statistiko okolja in energetike. V prvih letih na SURS-u se je ukvarjala predvsem z razvojem in vzpostavljanjem spremljanja podatkov o odpadkih, sodelovala je pri oblikovanju prvih zakonodajnih in metodoloških okvirov na tem področju, kot strokovna vodja ali projektna sodelavka je bila vpeta v več mednarodno podprtih projektov s področja statistik o odpadkih (odpadki v kmetijstvu, komunalni odpadki, odpadki v majhnih poslovnih subjektih, nevarni odpadki, primarni in sekundarni odpadki, odpadna hrana itd.). Od leta 2006 vodi oddelek za statistiko okolja in energetike, na katerem poleg statistik o odpadkih pripravljajo tudi statistike s področja voda, okoljskih investicij, okoljsko-ekonomskih računov, različnih vrst kazalnikov ter energetskih statistik. Poleg dela na SURS-u zasebno sodeluje kot strokovnjakinja v državah pristopnicah EU, v katerih s svojim znanjem in izkušnjami pomaga organizirati in vzpostaviti okoljske statistike na različnih statističnih uradih.

## 7 MIKROPLASTIKA – NJEN IZVOR, VRSTE, VPLIV NA OKOLJE IN ZDRAVJE TER UKREPI ZA ZMANJŠEVANJE ONESNAŽEVANJA

**mag. Muharem Husić**, Visoka šola za trajnostni razvoj, Kranj in **dr. Darko Siuka**, UKC Ljubljana, Interna klinika, Klinični oddelek za gastroenterologijo

### **Povzetek**

*Gospodarski razvoj vodi v povečanje količine izdelkov iz plastike in tudi pospešeno obremenjevanje okolja s koščki mikroplastike, manjših od pet milimetrov, ki jih lahko najdemo skoraj povsod v okolju (v zemlji, vodi, zraku in celo v hrani).*

*Avtor bo predstavil pregled zakonodaje, tokove mikroplastike, njen izvor, vrste, vpliv na okolje in zdravje ter druge pomembne kvantitativne in kvalitativne informacije.*

*Mikroplastika se namerno dodaja nekaterim izdelkom, kot so gnojila, fitofarmacevtska sredstva, kozmetika (pilingi za telo, bleščice ipd.), detergenti, čistilna sredstva, barve, umetna trava na igriščih ipd.*

*Evropska unija (EU) in Evropski gospodarski prostor (EGP) uporabljata letno približno 145.000 ton mikroplastike. Od tega okoli 42.000 ton mikroplastike konča v okolju, največ na igriščih z umetno travo, do 16.000 ton. Ocenjuje se, da v evropskih površinskih vodah vsako leto konča približno 176.000 ton odpadkov iz nenamerno nastale mikroplastike (zaradi obrabe večjih kosov plastike).*

*Zaradi skrbi za okolje in zdravje ljudi je več držav članic EU že sprejelo ali predlagalo nacionalne prepovedi namernega dodajanja mikroplastike v potrošniške izdelke.*

*V prispevku so predlagani možni ukrepi za zmanjšanje sproščanja mikroplastike v okolje za 30 % do leta 2030 na vseh področjih. Med njimi so trajnostna mobilnost in integrirano spremljanje količine, zmanjševanje pri viru in ozaveščanje prebivalcev o negativnih vplivih mikroplastike.*

*Ključne besede: mikroplastika, okolje, onesnaževanje, umetna trava, ozaveščanje*

### **MICROPLASTICS - ORIGIN, IMPACT ON THE ENVIRONMENT AND HEALTH AND MEASURES TO REDUCE POLLUTION**

#### **Abstract**

*Economic development leads to an increase in the amount of plastic products and also an accelerated burden on the environment with pieces of microplastics smaller than five millimeters, which can be found almost everywhere in the environment (in soil, water, air and even food). The author will present an overview of the legislation, microplastic flows, their origin, types, environmental and health impacts, and other relevant quantitative and qualitative information. Microplastics are intentionally added to certain products, such as fertilizers, plant protection products, cosmetics (body scrubs, glitters, etc.), detergents, cleaning products, paints, artificial grass on playgrounds, etc.*

*The European Union (EU) and the European Economic Area (EEA) use around 145,000 tonnes of microplastics per year. Of these, around 42,000 tonnes of microplastics end up in the environment, mostly on artificial turf pitches, up to 16,000 tonnes. It is estimated that around 176,000 tonnes of waste from unintentionally formed microplastics (due to the wear and tear of large pieces of plastic) end up in Europe's surface waters every year. Due to concerns for the environment and human health, several EU Member States have already adopted or proposed national bans on the intentional addition of microplastics to consumer products.*

*The paper proposes possible measures to reduce the release of microplastics into the environment by 30% by 2030 in all areas. These include sustainable mobility and integrated quantity monitoring, reducing at source and raising awareness among residents about the negative impacts of microplastics.*

*Keywords: microplastics, environment, pollution, artificial grass, awareness raising*

## 7.1 UVOD

Plastika se uporablja v vseh sektorjih, tudi v zdravstvu in živilstvu, in obseg proizvodnje plastike presega količino skoraj vseh drugih snovi. Na globalnem nivoju se od količine proizvedene plastike reciklira samo 9 % in večina se odlaga na odlagališčih, čez čas pa konča v okolju.

Odpadna plastika se v okolju razkraja v drobne plastične delce, ki so zelo mobilni in razširjeni in jih je težko odstraniti iz okolja. Nastali delci se imenujejo mikroplastika, ki je velik onesnaževalec ekosistemov, biotopov in okolja. Vpliva tudi na gospodarstvo in zdravje ljudi, ki je odvisno od čistih tal, rek in oceanov brez mikroplastike. Zaradi tega predstavlja vedno večji ekološki in javnozdravstveni problem, ki povzroča skrb znanstvenikom in prebivalcem držav ne samo Evropske unije (EU), ampak tudi celotnega sveta.

Mikroplastiko najdemo povsod, v tleh in morjih, v hrani in vodi. Nobena prehranjevalna veriga ni nedotakljiva in obstajajo velika tveganja za negativen vpliv na zdravje ljudi ter okolje. V Evropskem zelenem dogovoru so bili sprejeti ukrepi za zmanjševanje onesnaževanja okolja za 30 % do leta 2030.

Mikroplastika je hidrofobna z veliko površino in volumnom ter lahko adsorbira druge onesnaževalce, ki delujejo kot viri kontaminacije v organizmih. Študije ugotavljajo, da gospodarska škoda v svetovnih morskih ekosistemih presega 11 milijard evrov, v Evropi se vsako leto porabi 630 milijonov evrov za čiščenje plastičnih odpadkov z obal in plaž, medtem ko neuspešno recikliranje stane evropsko gospodarstvo 105 milijard evrov.

Obstajajo različna zakonodajna orodja, ki so namenjena zmanjševanju in nadzoru uporabe izdelkov iz plastike, s posebnim poudarkom na plastiki za enkratno uporabo. Proizvodnja plastike trenutno presega 359 milijonov ton, od tega je skoraj 40 % plastike namenjeno za proizvodnjo embalaže. Plastični odpadki čedalje bolj onesnažujejo oceane in po nekaterih ocenah bo do leta 2050 celo več plastike kot rib.

## 7.2 ZAKONODAJA V EVROPSKI UNIJI IN SLOVENIJI

V EU in tudi v Sloveniji je vzpostavljen obsežen zakonodajni okvir, ki zajema številne predpise in ukrepe za zmanjševanje količin odpadne plastike, hkrati pa se osredotoča na varstvo okolja in preprečevanje onesnaževanja okolja.

Integrirano spremljanje mikroplastike v okolju je bistveno za spremljanje napredka pri izvajanju ukrepov za zmanjšanje onesnaževanja z mikroplastiko. Obstoječa in predlagana zakonodaja EU predvideva tako spremljanje na naslednjih področjih:

- Okvirna direktiva o morski strategiji je uvedla spremljanje ob obali, na površini morja in v sedimentu morskega dna.
- Uvedena je bila prenovitev direktive o pitni vodi, posodobitev direktive o podzemni vodi in direktive o okoljskih standardih kakovosti ob upoštevanju razvoja standardiziranih metodologij merjenja in spremljanja površinske in podzemne vode, skupaj z ustreznim okoljskim standardom kakovosti; to bi se vključilo v spremljanje znotraj okvirne direktive o vodah.
- Predlagane revizije direktive o čiščenju komunalne odpadne vode vključujejo uvedbo spremljanja na vstopih in izstopih iz komunalnih čistilnih naprav ter v blatu.
- Predlagana pravila EU o spremljanju tal in odpornosti vključujejo uvedbo prostovoljnega spremljanja tal.

V okviru teh instrumentov Evropska komisija in Evropska agencija za okolje (EEA) razvijata več standardiziranih metodologij merjenja in spremljanja pitne vode, površinskih voda, odpadnih voda in blata. To bo olajšalo pridobivanje ustreznih podatkov o pojavu mikroplastike v EU. Podatki o glavnih virih, ki izhajajo iz njihovih zahtev za standardizacijo in s tem povezanega spremljanja, združenega s podatki o pojavu mikroplastike v določenih delih okolja, bi predstavljali celovit diagram poteka »od vira do ponora«. Uredba REACH o omejevanju mikroplastike, namerno dodane izdelkom, zahteva ocenjene emisije mikroplastike.

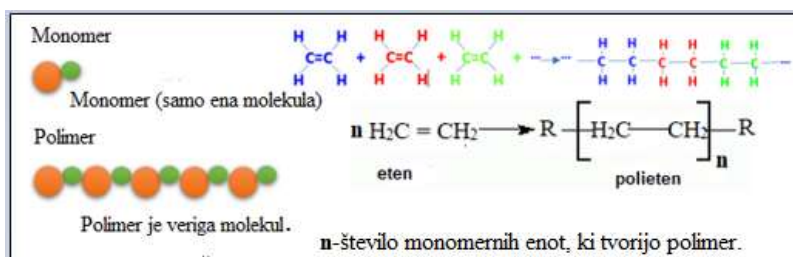
EU podpira raziskave in inovacije pri izboljšanju razumevanja izpustov iz različnih vrst izdelkov, kot so pnevmatike ter sintetična vlakna in tkanine, ter njihovih medsektorskih vplivov na zdravje, kar bo olajšalo prihodnja prizadevanja za inovacije.

Razvoj zanesljivih merilnih metod in referenčnih materialov za mikroplastiko je ključnega pomena za določanje znanstveno utemeljenih mejnih vrednosti za prisotnost mikroplastike v okoljih, kot so ocean, pitna voda in prst. EU še naprej podpira raziskave o prisotnosti, virih, poteh in vplivih mikroplastike na okolje ter zdravje ljudi in živali, kot je to storila v več projektih v okviru Obzorja 2020.

### 7.3 PROIZVODNJA PLASTIKE

Plastika je sintetični polimer, kot material pa je zelo pomemben predvsem zaradi svoje prilagodljivosti, vzdržljivosti in nizkih stroškov proizvodnje. Sestavljena je iz dolgih verižnih molekul, ki se med seboj povezujejo in tvorijo trdno strukturo. Ta struktura omogoča plastiki, da se oblikuje v različne oblike in da ima različne lastnosti, ki so prilagojene specifičnim potrebam. Njena izdelava se začne s pridobivanjem osnovnih surovin, predvsem nafte ali zemeljskega plina, ki jih v rafinerijah obdelajo in pretvorijo v monomere, ki so osnovni gradniki polimerov. Monomeri se podvržejo procesu polimerizacije, kjer se združijo v dolge verige polimerov, kot so polietilen, polipropilen, polivinilklorid (PVC), polistiren itd. Glavna dva načina polimerizacije sta verižna in stopenjska polimerizacija (slika 7.1). Da se izboljšajo lastnosti plastike, se ji dodajo različni dodatki za fleksibilnost, odpornost proti UV-žarkom, barvo in ognjevarnost. S kombiniranjem različnih monomerov in dodatkov lahko proizvajalci naredijo veliko plastičnih in specifičnih izdelkov za različne industrije in njihove potrebe (Chemical safety facts, 2023).

Slika 7.1: Polimerizacija monomera v polimer



Lastni vir

Nekateri dodatki, ki jih vsebuje plastika, imajo negativne učinke na okolje in hkrati na zdravje ljudi tudi zaradi njenega razkrajanja, ki traja več sto let. Enega od hujših problemov predstavljajo predvsem plastični proizvodi za enkratno uporabo, ki se uporabijo enkrat ali se uporabljajo krajši čas (slika 7.2).

Danes poteka veliko raziskav, razvijajo se nove, bolj trajnostne vrste plastike, kot so bioplastika in reciklirani plastični materiali, ter metode recikliranja in vnovične uporabe plastičnih odpadkov (Evropska komisija, 2021).

## 7.4 MIKROPLASTIKA

Mikroplastika so majhni delci plastičnih materialov, ki so manjši od petih milimetrov in glede na njihov izvor jih lahko razdelimo v dve glavni kategoriji (klasifikacije) (slika 7.4):

- **Primarna mikroplastika** po ocenah predstavlja 15–31 % vse mikroplastike v oceanih. Nastaja pri pranju sintetičnih oblačil (35 %), površinski obrabi pnevmatik zaradi vožnje (28 %), uporabi proizvodov za osebno nego, ki vsebujejo mikrozrna v kremah za piling obraza (2 %).
- **Sekundarna mikroplastika** nastaja pri razgradnji večjih plastičnih predmetov, kot so plastične vrečke, plastenke ali ribiške mreže in predstavlja 69–81 % vse mikroplastike v oceanih (Evropski parlament, 2018).

Po podatkih Združenih narodov je v morjih prisotnih 51 bilijonov delcev mikroplastike, kar je 500-krat več, kot je zvezd v naši galaksiji (Evropski parlament, 2018).

»Program Združenih narodov za okolje (UNEP) poziva vse, naj odpravijo uporabo mikroplastike in ustavijo prekomerno, potratno uporabo plastike za enkratno uporabo, da bi rešili svetovna morja in oceane pred nepopravljivo škodo, preden bo prepozno« (United Nations, 2017).

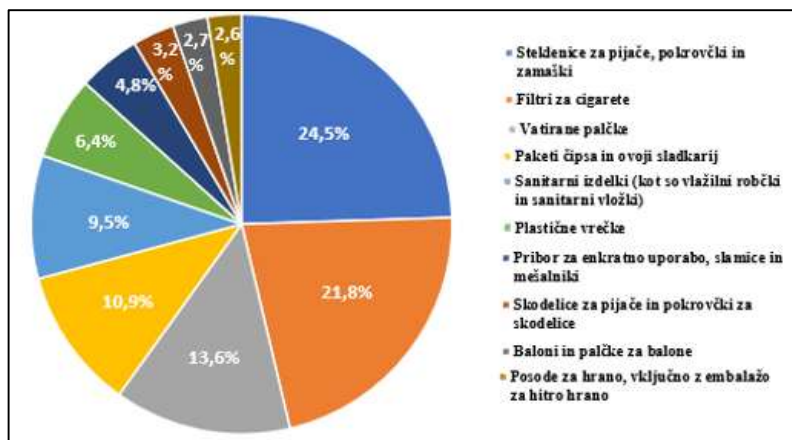
Slika 7.2: Plastika za enkratno uporabo – zmanjševanje odpadkov v morju



Vir: Prirejeno po: Služba Evropskega parlamenta za raziskave, 2019

Zaskrbljujoče je, da 70 % vseh morskih odpadkov v EU predstavlja 10 najpogostejše najdenih plastičnih izdelkov za enkratno uporabo (slika 7.3).

Slika 7.3: 10 plastičnih proizvodov za enkratno uporabo, ki jih najpogostejše najdemo na plažah EU



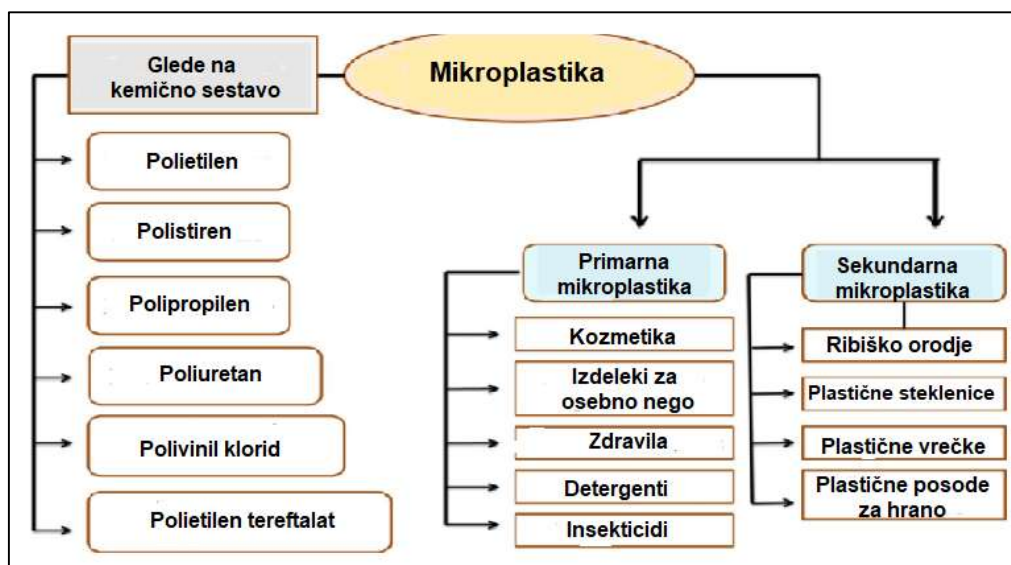
Vir: Prirejeno po: The European union plastic policy, 2018

#### 7.4.1 Izvor primarne mikroplastike

Obstaja veliko raziskav, ki dokazujejo prisotnost mikroplastike v vodotokih, ta je različnih oblik, velikosti, gostote, strukture in kemične sestave. Študija Mednarodne zveze za varstvo narave (IUCN) ugotavlja, da večina primarne mikroplastike v oceanu prihaja iz običajnih potrošniških izdelkov.

To vključuje sintetični tekstil, mestni prah, pnevmatike, cestne označbe, navtične premaze, izdelke za osebno nego in izdelane plastične pelete. Večina sekundarne mikroplastike prihaja kot ribiško orodje, plastične steklenice in vrečke, plastične posode za hrano ipd. (slika 7.4).

Slika 7.4: Različne klasifikacije mikroplastike



Vir: Prirejeno po: Ahmed I. Osman et al., 2023

### 7.4.2 Zrnca in zastirke na športnih igriščih

Milijoni Evropejcev uporabljajo športna igrišča (slika 7.5), na katerih se kot polnilo uporabljajo plastična ali gumijasta zrnca. Uporabljajo se tudi na igriščih pod gugalnicami, tobogani in drugimi igrali, da ublažijo morebitni padec otroka.

Zrnca in zastirke so običajno narejeni iz rabljenih pnevmatik, ki se razrežejo in zdrobijo v manjše delce, ki lahko vsebujejo potencialno škodljive kemikalije, vključno s policikličnimi aromatskimi ogljikovodiki (PAO), težkimi kovinami, ftalati, hlapnimi organskimi ogljikovodiki ipd. Zrnca povzročajo tudi onesnaževanje z mikroplastiko, saj se lahko s površin razširijo v okolje, na primer z deževnico ali obutvijo in oblačili.

»EU sprejema ukrepe za izboljšanje okoljskega odtisa igrišč in zaščito svojih državljanov pred nevarnimi kemikalijami v polnilih« (ECHA, b. l.).

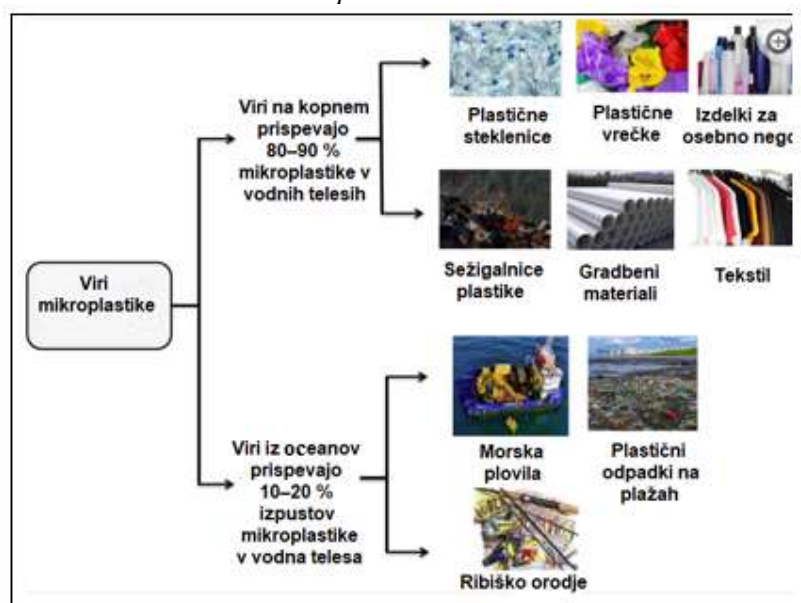
Slika 7.5: Zrnca in zastirke na športnih igriščih



Vir: ECHA, b.l.

Obstaja veliko virov mikroplastike in so razvrščeni v kopenske in oceanske vire (slika 7.6).

Slika 7.6: Kopenski in oceanski viri mikroplastike



Vir: Prirejeno po: Ahmed I. Osman et al., 2023

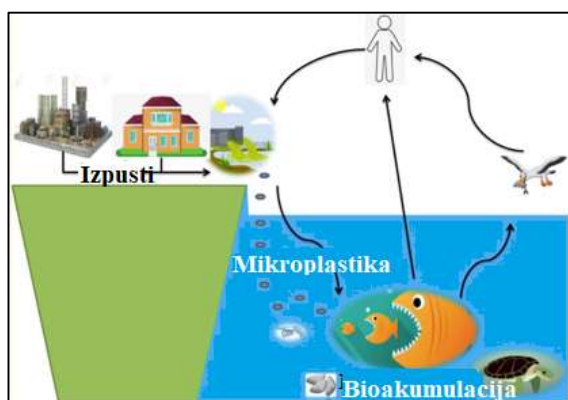
### 7.4.3 Življenjski cikel mikroplastike v okolju

Mikroplastika je stabilna in nerazgradljiva ter lahko v okolju in vodnih telesih ostaja precej časa. V njej se kopičijo in izpirajo strupena organska in anorganska onesnaževala, kot so obstojna organska onesnaževala in težke kovine.

Življenjski cikel mikroplastike, ki vključuje tudi bioakumulacijo, se začne s sproščanjem primarne ali sekundarne mikroplastike v kopenske in vodne ekosisteme in potem v vodne sisteme (slika 7.7).

Izpusti, ki so posledica različnih dejavnosti, tečejo v vodne sisteme, vnašajo mikroplastiko v prehranjevalno verigo in posledično prihaja do njene bioakumulacije v tkivih vodnih organizmov. To kopičenje lahko povzroči znatne škodljive učinke na vodni ekosistem, ki pa se lahko neposredno prenesejo na ljudi in ptice.

Slika 7.7: Življenjski cikel mikroplastike v okolju



Vir: Prirejeno po: Ahmed I. Osman et al., 2023

### 7.4.4 Vplivi mikroplastike na okolje

Mikroplastika vpliva na morsko življenje in druge ekosisteme, od najmanjših organizmov do večjih morskih živali. Ti jo zaužijejo in se kopiči v njihovih telesih. To jim lahko povzroča blokado v prebavnem traktu in poškoduje notranje organe. Mikroplastika lahko vpliva tudi na reproduktivne sisteme morskih živali, kar zmanjša njihovo število. Študije tudi kažejo, da lahko mikroplastika moti vedenje in fiziologijo morskih živali.

Mikroplastika spreminja lastnosti tal z zmanjšanjem zadrževanja vode in vplivom na kroženje hranil. V sladkovodnih ekosistemih lahko moti prehranjevalno mrežo in negativno vpliva na zdravje vodnih organizmov. Hkrati lahko ogroža zdravje ljudi, saj vstopi v prehranjevalno verigo in škoduje tistim, ki uživajo kontaminirane morske sadeže ali vodo.

Mikroplastika lahko negativno vpliva tudi na kakovost zraka, na oceansko življenje in potrebnih je več prizadevanj za zmanjševanje odvajanja mikroplastike v ekosistem in razvoj učinkovitih strategij za njihovo odstranitev.

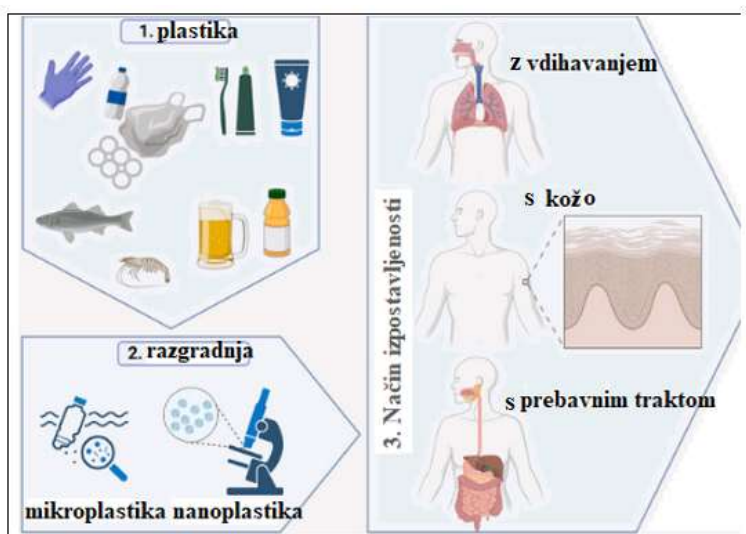
Mikroplastika v morskih okoljih ima pomembne gospodarske posledice za industrije, kot sta ribištvo in turizem. Obstoje mikroplastike v morskih sadežih lahko povzroči tudi zaskrbljenost potrošnikov glede varnosti hrane, kar lahko dodatno vpliva na ekonomsko stanje ribiške industrije. Onesnažene plaže z mikroplastiko so lahko slabše turistično obiskane in tako se zmanjšujejo

prihodki. Mikroplastika ima torej lahko gospodarske posledice v različnih panogah, vključno z ribolovom in turizmom (Šampanj Ghosh (Amno) et al., 2023).

#### 7.4.5 Načini izpostavljenosti mikroplastiki in nanoplastiki in vpliv na naše zdravje

Mikroplastika lahko vstopi v telo skozi dihalni sistem z vdihavanjem, v prebavni trakt z uživanjem kontaminirane hrane in vode ali prek kože s kozmetiko in stikom z oblačili (slika 7.8) (Ewa Winiarska et al., 2024).

Slika 7.8: Načini izpostavljenosti mikroplastiki in nanoplastiki



Vir: Ewa Winiarska et al., 2024

##### ➤ Izpostavljenost kože

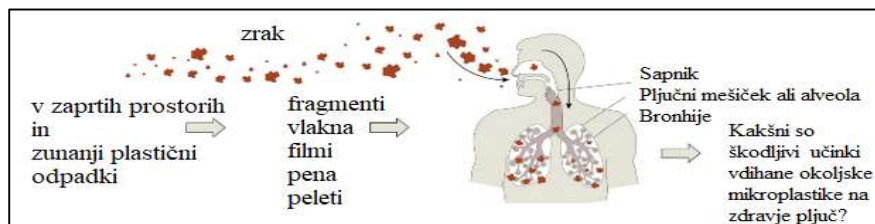
Plastični delci se lahko vnesejo na kožo prek izdelkov za zdravje in lepoto ali v stiku z vodo, kontaminirano z nanoplastiko. Ker sta mikroplastika in nanoplastika hidrofobni, bi pričakovali, da je absorpcija skozi kožo malo verjetna, čeprav bi plastični delci lahko vstopili v telo prek znojnih žlez, kožnih ran ali lasnih mešičkov (Maxine Swee-Li Yee et al., 2021).

##### Vdihavanje

V zraku se mikroplastika nahaja v obliki delcev in vlaken polietilena (PE), polistirena (PS) in polietilen terftalata (PET) z velikostjo od 10–8.000  $\mu\text{m}$  (slika 7.9). Največji vir mikroplastike (84 %) prihaja s cest.

Mikroplastika, ki je odkrita v pljučnem tkivu, je manjša od tiste v ozračju, kar kaže na to, da so ljudje izpostavljeni mikroplastiki z vdihavanjem, kar lahko negativno vpliva človeško telo (Luciana dos Santos Galvão, 2020).

Slika 7.9: Škodljivi učinki sproščene mikroplastike v ozračje

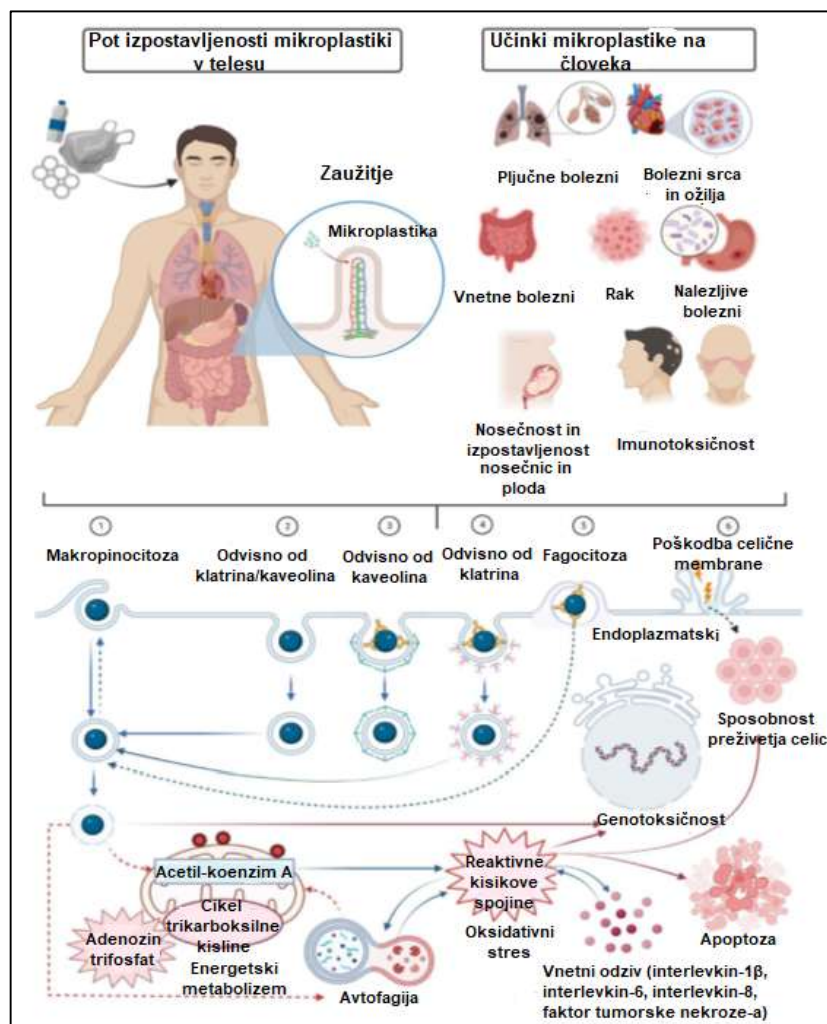


Vir: Prirejeno po: Luciana dos Santos Galvão, 2020

### ➤ Škodljivi učinki zaužitja mikroplastike na zdravje ljudi

Na sliki 7.10 so povzeti molekularni mehanizmi, ki so podlaga za vpliv mikroplastike na zdravje ljudi. Zaužitje hrane, ki vsebuje plastične delce, lahko predstavlja potencialno tveganje za zdravje ljudi, vključno z rakom, imunotoksičnostjo, črevesnimi boleznimi, pljučnimi boleznimi, boleznimi srca in ožilja, vnetnimi boleznimi ter izpostavljenostjo nosečnic in ploda.

Slika 7.10: Škodljivi učinki mikroplastike pri zaužitju na zdravje ljudi in toksični mehanizmi



Vir: Prirejeno po: Ahmed I. Osman et al., 2023

Mikroplastika, ki jo najdemo v vsakodnevnih predmetih, vključno z embalažo steklenic, lahko ob zaužitju škodljivo vpliva na zdravje ljudi. Ko se absorbira skozi črevesje, lahko potuje skozi krvni obtok v druge organe. Različni mehanizmi lahko vežejo mikroplastiko, kot so poškodbe celične membrane, odvisni so od klatrina/kaveolina, od kaveolina, od klatrina in mikropinocitoze. Visoke vsebnosti mikroplastike lahko povečajo oksidativni stres, lahko vplivajo na tvorbo višjih koncentracij vnetnih citokinov, apoptozo, citotoksičnost in lahko motijo izražanje genov.

Mikroplastika je bila v zadnjem času povezana z različnimi zdravstvenimi težavami, vključno s toksičnostjo in rakotvornostjo, ko jo zaužijejo ljudje. Zaradi majhnosti ima mikroplastika visoko razmerje med površino in prostornino. Materiali z veliko površino so zelo citotoksični za celice in tkiva in lahko poškodujejo dezoksiribonukleinsko kislino (DNK) znotraj celic. Te mutacije nastanejo zaradi poškodbe DNK, kar lahko privede do nastanka raka.

Poleg tega nenadzorovani odpadki mikroplastike v vodi absorbirajo hidrofobna organska onesnaževala iz vode. Ta škodljiva organska onesnaževala so rakotvorna, dolgotrajna izpostavljenost pa lahko povzroči mutacije DNK, ki prispevajo k nastanku raka. Poleg tega so težke kovine, kot so arzen (As), kadmij (Cd), krom (Cr), živo srebro (Hg) in svinec (Pb), ki se uporabljajo pri proizvodnji plastike, rakotvorne, poroča Mednarodna agencija za raziskave raka (IARC) (Ahmed I. Osman et al., 2023).

## 7.5 BIORAZGRADLJIVA PLASTIKA

Znanost o materialih je dosegla znaten napredek pri razvoju biorazgradljive plastike (bioplastika), ki je alternativa mikroplastiki in lahko znatno zmanjša vplive na okolje in zdravje. Faktor biorazgradljivosti igra ključno vlogo pri zmanjševanju kopičenja v okolju in zdravstvenih tveganj (Rai et al., 2021).

Bioplastika so polimeri, ki jih lahko mikroorganizmi iz okolja razgradijo v vodo, ogljikov dioksid in biomaso.

Uporabo mikroplastike lahko nadomestimo z bioplastiko v različnih aplikacijah, ki je že bila uporabljena za embalažo v živilih in farmacevtskih izdelkih, kot so polihidroksialkanoati (PHA), v kmetijstvu in vrtnarstvu za zaščito tal in pridelkov.

Bioplastika se lahko uporablja tudi v električnih in elektronskih napravah (zasloni na dotik za pametne telefone in prenosne računalnike, vezja in shranjevanje podatkov ipd.) z visoko učinkovitostjo.

## 7.6 PREDLOG MOŽNIH REŠITEV EVROPSKE UNIJE ZA OBDOBJE 2024–2029

EU se aktivno bori proti onesnaževanju s plastiko z različnimi ukrepi in zakonodajo, ki predpisujejo in spodbujajo:

- izboljšanje ekonomičnosti in kakovosti recikliranja plastike,
- zagotovitev novih gospodarskih priložnosti v kombinaciji s socialnimi inovacijami,
- omejevanje plastičnih odpadkov,
- stroge cilje za recikliranje plastičnih odpadkov, da bi zmanjšali odlaganje na odlagališčih ali v naravi,
- zmanjšanje mikroplastike v okolju z omejevanjem uporabe mikroplastike v kozmetiki in drugih izdelkih,
- prehod na krožno gospodarstvo, zmanjševanje na izvoru, recikliranje in ponovna uporaba,

sodelovanje z drugimi državami in organizacijami za zmanjšanje plastičnega onesnaževanja.

Evropski parlament je septembra 2018 potrdil Strategijo EU za zmanjšanje količine plastičnih odpadkov, ki naj bi povečala delež recikliranja plastike.

Oktober 2018 je parlament EU podprl popolno prepoved plastičnih proizvodov za enkratno uporabo, ki onesnažujejo morja in za katere že obstajajo neplastični nadomestki (slika 7.3).

## 7.7 PRIMERI DOBRE PRAKSE

Pri nadzoru mikroplastike moramo zagotoviti, da so vsi vidiki vprašanj, povezanih z mikroplastiko, vključno z njenim poreklom, vrstami, učinki, usodo in drugimi povezanimi dejavniki, zajeti v šolske in univerzitetne učne načrte San Diega v ZDA (Schiffer et al., 2019). Ameriško kemično društvo je pred kratkim uvedlo nove smernice za plastično in polimerno industrijo ter inovativne raziskovalne tehnike za študente v ZDA, kar je odličen primer takega pristopa (Wenzel et al., 2015).

Mediji so povečali ozaveščenost javnosti o mikroplastiki v številnih državah. Britanska radiotelevizija (BBC) je na primer izdelala več dokumentarnih filmov in televizijskih oddaj, ki predstavljajo vprašanje onesnaževanja s plastiko na preprost in lahko razumljiv način, s čimer se javnost izogiba uporabi plastičnih predmetov za enkratno uporabo (Henderson in Green, 2020). Poleg tega internet v različnih platformah družbenih medijev predstavlja močan vir za zagotavljanje splošnih in natančnih znanstvenih informacij o mikroplastiki (Garcia-Vazquez in Garcia-Ael, 2021).

Drugi pristop je sprememba družbenega vedenja javnosti, ki ni lahka naloga, je pa zelo potrebna, da se omejijo količine sproščenih odpadnih materialov v okolje. To pomaga vladam nadzorovati zaskrbljujoče vprašanje mikroplastike. Na Kitajskem se je uporaba plastičnih vrečk zmanjšala za 49 % po uvedbi prepovedi plastičnih vrečk. Nekatere države so uvedle davek na plastične vrečke in na ta način so precej zmanjšale uporabo plastičnih vrečk (Botswana za 50 %, Danska za 66 %, Portugalska za 74 %, Washington za 80 %), kar predstavlja le enega od učinkovitih primerov. Ti primeri ponazarjajo pomemben vpliv, ki ga lahko imajo vladne politike na zmanjšanje porabe plastike in tako tudi zmanjševanje onesnaževanja. Izvajanje teh politik ni bilo brez izzivov, saj so prednosti, ki jih ponujajo plastične nosilne vrečke, številne: trdnost, dolgoživost, odpornost na vodo in še več. Vendar so spodbudni rezultati pokazali učinkovitost nadzora uporabe plastike in mikroplastike z uveljavljanjem omejitev, spodbujanjem mednarodnega sodelovanja med različnimi državami ter, kar je najpomembnejše, krepitevjo ozaveščenosti javnosti.

## 7.8 ZAKLJUČEK

Onesnaževanje s plastiko predstavlja globalni svetovni problem in nujno potrebno je, da vsak prispeva svoj delež k zmanjševanju onesnaževanja z mikroplastiko. S skupnimi prizadevanji in sodelovanjem lahko zaščitimo naš planet in ustvarimo trajnostno prihodnost za prihodnje generacije.

Dosedanje raziskave na človeških celicah kažejo, da lahko nanoplastika in mikroplastika vplivata na kožo, prebavila, dihala, živčni in reproduktivni sistem. Pri raziskavah kroničnih učinkov je bistvenega pomena čas izpostavljenosti plastiki v telesu.

Vsak posameznik lahko prispeva svoj delež izpostavljenosti nano- in mikroplastiki z zmanjšanjem plastike za enkratno uporabo in z izbiro izdelkov z minimalno plastično embalažo ipd. Ključnega pomena je ozaveščanje javnosti pri izobraževanju prebivalstva o morebitnih zdravstvenih tveganjih, povezanih s plastiko. Prav tako so ključnega pomena vzpostavitev učinkovitih predpisov, spodbujanje ozaveščenosti javnosti o recikliranju plastike in plastičnih alternativ ter spodbujanje globalnega sodelovanja za preprečevanje kontaminacije z mikroplastiko v hrani za zaščito zdravja ljudi. Pri tem lahko znatno prispevajo mediji kot močno orodje s širjenjem točnih informacij, ki tako spodbujajo dobro obveščeno javnost o uporabi plastike.

Prihodnje raziskave bi se morale osredotočiti na standardizirane metode odkrivanja, ocenjevanje tveganj, povezanih z izpostavljenostjo mikroplastiki, vključno z njihovo velikostjo, sestavo, mehanizmi toksičnosti in kombiniranimi učinki z drugimi toksini.

## Literatura in viri

- Ahmed I. Osman et al., (2023). *Microplastic sources, formation, toxicity and remediation: a review*. Dostopno na naslovu: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10311-023-01593-3> (12. 9. 2024)
- Agencija Evropske unije (ECHA). (b.l.). *Zrnca in zastirke na športnih igriščih*. Dostopno na naslovu: Mikroplastiko - ECHA (europa.eu) (14.9.2024)
- Ca'Foscari, University of Venice. (2018). *The European Union Plastic Policy*. Dostopno na naslovu: <http://dspace.unive.it/bitstream/handle/10579/14037/866262-1226596.pdf?sequence=2> (15. 9. 2024)
- Evropska komisija. (2018). *Plastika v oceanih: dejstva, posledice in novi predpisi EU*. Dostopno na naslovu: Plastika v oceanih: dejstva, posledice in novi predpisi EU | Teme | Evropski parlament (europa.eu) (10.9.2024)
- Evropski parlament. (2018). *Mikroplastika – izvor, vpliv in rešitve*. Dostopno na naslovu: Mikroplastika – izvor, vpliv in rešitve | Teme | Evropski parlament (europa.eu) (8. 9. 2018)
- Ewa Winiarska et al. (2024). *The potential impact of nano- and microplastics on human health: Understanding human health risks*. Dostopno na naslovu: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969720352050> (23. 9. 2024)
- Luciana dos Santos Galvão, et. al. (2020). *An emerging class of air pollutants: Potential effects of microplastics to respiratory human health?* Dostopno na naslovu: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969720352050> (23. 9. 2024)
- Maxine Swee-Li Yee et al. (2021). *Impact of Microplastics and Nanoplastics on Human Health*. Dostopno na naslovu: Impact of Microplastics and Nanoplastics on Human Health - PMC (nih.gov) (23. 9. 2024)
- Sajjad Abbasi, Andrew Turner. (2021). *Human exposure to microplastics: A study in Iran*. Dostopno na naslovu: Human exposure to microplastics: A study in Iran - ScienceDirect (15. 9. 2024)
- Šampanj Ghosh (Amno) et al. (2023). *Microplastics as an emerging threat to the global environment and human health*. Dostopno na naslovu: <https://www.mdpi.com/2071-1050/15/14/10821> (22. 9. 2024)
- United Nations. (2017). *Global perspective human stories*. Dostopno na naslovu: <https://news.un.org/en/> (21. 9. 2024)
- Schiffer et al. (2019). *Current knowledge and awareness of microplastic pollution*. Dostopno na naslovu: <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/s10311-023-01593-3.pdf> (20. 9. 2024)
- Wenzel et al. (2015). *Current knowledge and awareness of microplastic pollution*. Dostopno na naslovu: <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/s10311-023-01593-3.pdf> (17. 10. 2024)
- Hender-son and Green. (2020). *Current knowledge and awareness of microplastic pollution*. Dostopno na naslovu: <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/s10311-023-01593-3.pdf> (17. 10. 2024)
- Garcia–Vazquez and Garcia-Ael. (2021). *Current knowledge and awareness of microplastic pollution*. Dostopno na naslovu: <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/s10311-023-01593-3.pdf> (17. 10. 2024)

**Mag. Muharem Husić**, predavatelj na Visoki šoli za trajnostni razvoj, Kranj, se je februarja leta 2018 upokojil s 40,5 let delovne dobe. Od tega je štiri leta delal v Kemični tovarni Melamin v Kočevju in 36,5 let na Kemijskem inštitutu v Ljubljani. Objavil je 104 znanstvenih in strokovnih del, univerzitetne ali visokošolske učbenike z recenzijami (Ergonomija in varstvo pri delu (2010), Ekologija (2011), Odvajanje in čiščenje odpadnih vod (2015)). Je avtor in soavtor sedmih nerecenziranih učnih gradiv, ki pa so vpisana v bazo COBISS. Je mentor 41 diplomskih del, ki so vpisana v bazo COBISS, in 14 del, ki še niso vpisana v COBISS.

**Dr. Darko Siuka** je diplomiral na Medicinski fakulteti v Ljubljani in leta 2015 opravil specialistični izpit iz gastroenterologije. Doktorski študij je zaključil na isti fakulteti, in sicer smer Biomedicina, usmeritev Socialna medicina. Po opravljeni specializaciji je pričel delo specialista gastroenterologa na KO za gastroenterologijo UKC

Ljubljana. V vseh letih je prostovoljno sodeloval pri ozaveščanju slovenske javnosti o pomenu preventive pri preprečevanju organskih in funkcionalnih bolezni prebavil prek spletnih, pisanih, radijskih in televizijskih medijev. V letu 2020 je aktivno sodeloval pri ozaveščanju slovenske in delno tudi mednarodne javnosti o COVID19.

## 8 VKLJUČITEV OBVLADOVANJA PREMOŽENJA V KROŽNO GOSPODARSTVO

**Mag. Viktor Jemec**, Društvo vzdrževalcev Slovenije in **doc. dr. Damjan Maletič**, Univerza v Mariboru, Fakulteta za organizacijske vede

### *Povzetek*

*Krožno gospodarstvo predstavlja strateški model, ki omogoča prehod k trajnostnemu in regenerativnemu gospodarstvu, ta pa ohranja in obnavlja naravni ter socialni kapital. Prispeva k uresničevanju zaveze Evropskega zelenega dogovora, da gospodarska rast ni neposredno povezana s porabo virov. Za uvedbo modela krožnega gospodarstva je pomembno izboljšanje usklajenosti med sistemsko tehniko, povezovanjem pomembnih vplivov in omrežja dejavnikov, ki z njihovo kombinacijo ustvarja večjo vrednost, kot je vsota posameznih njihovih delov.*

*Ključne besede: krožno gospodarstvo, obvladovanje premoženja, vrednost, vzdrževanje, avtomatizacija*

### INTEGRATING ASSET MANAGEMENT INTO THE CIRCULAR ECONOMY

#### *Abstract*

*The circular economy is a strategic model that enables the transition towards a sustainable and regenerative economy that preserves and restores natural and social capital. It contributes to the commitment of the European Green Deal that economic growth is not directly linked to resource consumption. Improving the coherence between systems engineering, the integration of relevant influences and the network of factors that combine to create a higher value than the sum of their parts is important for the implementation of the circular economy model.*

*Keywords: circular economy, asset management, value, maintenance, automation*

### 8.1 UVOD

Krožno gospodarstvo (Circular Economy – CE) predstavlja prehod k trajnostnemu in regenerativnemu gospodarstvu, ki ohranja in obnavlja naravni ter socialni kapital. Učinkovito upravljanje premoženja lahko igra ključno vlogo pri podaljšanju življenjske dobe obstoječih sredstev, zasnovi izdelkov za večkratno uporabo ter prehodu na poslovne modele, ki temeljijo na storitvah.

Tradicionalne prakse upravljanja premoženja pogosto sledijo linearnemu modelu »vzemi – naredi – odvrzi«, kar je v nasprotju s cilji trajnosti. Krožno gospodarstvo posodablja to prepričanje, saj spodbuja podaljševanje življenjske dobe sredstev, vnovično uporabo, popravila in recikliranje.

Upravljanje premoženja se lahko razvije tako, da vključuje načela krožnega gospodarstva, kar lahko prinese dodatne vrednosti in zmanjšanje ogljičnega odtisa. Pomembno je, da organizacije razumejo svoje obstoječe zmogljivosti in priložnosti za izboljšave. Ta dokument poziva k razpravi o strategijah za pospeševanje krožnega gospodarstva v praksi upravljanja premoženja. V preteklosti se je že več podjetij ukvarjalo z upravljanjem premoženja. Krožno gospodarstvo

v zadnjem času velja za eno od najobetavnejših trajnostnih strategij za industrijska podjetja, katerih cilj je zmanjšati porabo obnovljivih virov, podaljšati življenjski cikel virov in omogočiti kroženje obnovljivih virov znotraj faz življenjskega cikla. Prehod iz linearnega gospodarstva v krožno gospodarstvo zahteva notranjo reorganizacijo podjetij, pri čemer se ni treba omejiti na upravljanje življenjskega cikla izdelka, temveč je treba upoštevati tudi, kako ustrezno upravljamo notranja sredstva, tako fizična, npr. stroje, kot socialna, npr. delovno silo.

Cilj pričujočega dela je raziskati uvedbo CE pri upravljanju premoženja, pri čemer se osredotočamo na fizična sredstva. Opravljen je bil sistematičen pregled literature z dvema ciljema: prvič, predvideti sinergije med CE in upravljanjem premoženja AM (Asset Management), in drugič, opredeliti obstoječe raziskovalne vrzeli. V tem pregledu smo lahko opazili skupno usmerjenost obeh teorij v življenjski cikel, vendar še vedno začetno sprejetje te usmeritve v AM za krožne cilje. V teoriji AM je z vidika CE glavni poudarek na vlogi vzdrževalnih dejavnosti za podaljšanje življenjskega cikla sredstev v življenjski dobi, medtem ko je uporaba CE na začetku življenjske dobe industrijskih sredstev še vedno v zaostanku. To omejuje usmerjenost v življenjski cikel, ki bi povečala trajnost industrijskih podjetij. Da bi izpolnili pričakovanja oblikovalcev politike, bi bilo treba ti dve teoriji še bolj povezati (Acerbi et al., 2020).

S tem pristopom lahko organizacije dosežejo trajnostne cilje in izboljšajo svoje okoljske, socialne in upravljalne ter ekonomske rezultate.

## **8.2 TEORETIČNO OZADJE KROŽNEGA GOSPODARSTVA IN UPRAVLJANJA PREMOŽENJA**

### **8.2.1 Krožno gospodarstvo**

Krožno gospodarstvo temelji na ideji trajnostnega razvoja, ki vključuje ohranjanje naravnih virov in zmanjšanje odpadkov. Ključni koncepti vključujejo:

- Sistemsko razmišljanje: Osredotoča se na povezave med različnimi elementi v gospodarstvu, kar omogoča razumevanje, kako interakcije vplivajo na trajnostne rezultate.
- Zmanjšanje, ponovno uporabo, recikliranje (3R): Te strategije so osrednjega pomena za zmanjšanje odpadkov in učinkovito rabo virov.
- Življenjski cikel izdelkov: Analiza celotnega življenjskega cikla izdelka, od proizvodnje do končne uporabe in odstranitve, je ključna pri razumevanju vplivov na okolje.
- Upravljanje premoženja: Ta disciplina obravnava optimizacijo vrednosti premoženja skozi celoten njegov življenjski cikel, kar vključuje vzdrževanje, nadgradnjo in recikliranje.
- Ekonomija delitve: Spodbuja souporabo virov in storitev, kar lahko zmanjša potrebo po novem premoženju.

Teoretično ozadje krožnega gospodarstva tako zahteva preoblikovanje tradicionalnih poslovnih modelov in strategij upravljanja premoženja, da bi dosegli trajnostne cilje in zmanjšali ogljični odtis.

### 8.2.2 Obvladovanje premoženja

Upravljanje premoženja je multidisciplinarno področje, ki se osredotoča na optimizacijo vrednosti in učinkovitosti premoženja v organizacijah. Glavni koncepti in teorije vključujejo:

- Teorijo življenjskega cikla: Vsako premoženje prehaja skozi različne faze, od nabave do uporabe in končne odstranitve. Razumevanje teh faz je ključno za optimizacijo upravljanja premoženja:
- Teorijo vrednosti: Upravljanje premoženja temelji na maksimizaciji vrednosti premoženja. To vključuje analizo stroškov in koristi ter iskanje načinov za povečanje donosnosti.
- Sistemsko razmišljanje: Poudarja povezave med različnimi elementi v organizaciji in zunanjimi dejavniki. Učinkovito upravljanje premoženja zahteva razumevanje teh interakcij.
- Teorijo tveganja: Obravnava identifikacijo, oceno in obvladovanje tveganj, povezanih z različnimi sredstvi. Učinkovito upravljanje premoženja vključuje strategije za zmanjšanje tveganj.
- Ekonomijo: Poudarja prednosti, ki jih prinaša povečevanje obsega delovanja, kar lahko vodi do znižanja stroškov in povečanja učinkovitosti.
- Teorijo trajnosti: Povezuje upravljanje premoženja z načeli trajnostnega razvoja, kar vključuje zmanjšanje okoljskega vpliva in povečanje družbene odgovornosti.

Teorije in koncepti upravljanja premoženja nudijo okvir za analizo in izboljšanje učinkovitosti sredstev, kar je ključno za doseganje strateških ciljev organizacij.

#### ➤ Predlagani konceptualni okvir

Predlagani konceptualni okvir izhaja iz raziskav, opravljenih v delu Guillén et al. (2016), in odpira možnosti za širšo uporabo na področju upravljanja premoženja (AM). Ta cilj se doseže z analizo osnov AM, ki jih je treba upoštevati pri oblikovanju odločitev, skladnih s teorijo AM.

Te osnove so povzete v delu Roda in Macchi (2018):

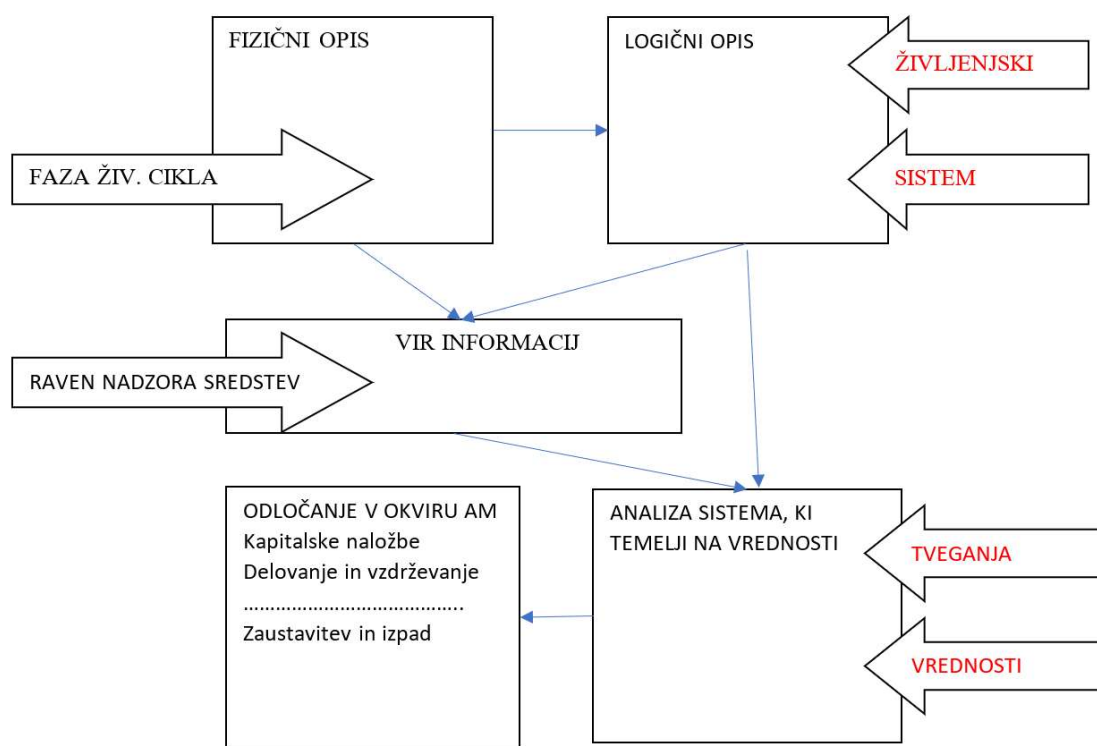
- stopnje življenjskega cikla sredstev (BoL – začetek življenjske dobe, MoL – srednja življenjska doba in EoL – konec življenjske dobe);
- ravni nadzora sredstev (strateška, taktična, operativna);
- načela AM (življenjski cikel, sistem, tveganje, vrednostna usmerjenost).

Temeljni cilj konceptualnega okvira je razširiti obseg procesa odločanja, kar vključuje odločitve, povezane z različnimi področji, kot so kapitalske naložbe, delovanje in vzdrževanje, zaustavitve in izpadi ter druge (Institute of Asset Management 2015). Razčlenitev predlaganega okvira na bloke pomaga doseči ta namen.

Namen okvira (prikazan na sliki 8.1) je delovati kot konceptualna referenca za razvoj podatkovnih modelov, ki opisujejo postopke odločanja v okviru AM. Na eni strani so osnovni elementi AM prikazani v skladu z blokom, v katerem se prvič pojavijo, pri čemer drugi bloki »prejmejo« osnovne elemente zaradi kaskadnega učinka ter informacij in podatkov. Cilj konceptualnega okvira je vključiti te temelje v celoten proces odločanja, ki se začne pri sredstvu (blok Fizični opis) in se konča s končno odločitvijo (blok Odločanje o AM).

Na drugi strani pa okvir spodbuja integracijo informacij, ki se odvija v bloku, imenovanem vrednostno usmerjena sistemska analiza. Ta blok je odgovoren za izvedbo analize, ki podpira sprejemanje odločitev: informacije in podatki iz različnih virov morajo biti upoštevani in integrirani. Predlagani konceptualni okvir tako želi spodbujati potrebo po strukturiranem načinu povezovanja informacij za boljšo podporo procesu odločanja v AM.

Slika 8.1: Konceptualni okvir s prikazom osnov AM



Vir: Conceptual Framework for a Data Model to Support Asset Management Decision-Making Process, 2019

### 8.3 METODOLOGIJA PREGLEDA LITERATURE

Opravljen je bil sistematičen pregled literature, da bi na strukturiran in sistematičen način predvideli trenutni znanstveni napredek pri sprejemanju strategij CE v AM. Kot iskalnik za ta pregled sta bila izbrana programa Google Scholar in Research gate, ki se pogosto uporabljata za raziskave na področju industrijskega inženirstva. Prvi nabor ključnih besed, ki so se izkazale za primerne za poizvedovanje po iskalniku, je bil naslednji: »Krožno gospodarstvo« IN »Obvladovanje premoženja«. Ob upoštevanju zgoraj navedenega teoretičnega ozadja o upravljanju z osnovnimi sredstvi je bil izbran naslednji končni niz: »Krožno gospodarstvo« IN (»upravljanje premoženja« ALI »vzdrževanje«). Izloženi dokumenti obravnavajo »sredstvo« kot »izdelek«, zato se osredotočajo na »tradicionalno« perspektivo CE na upravljanje življenjskega cikla izdelka, ki se začne pri novo razvitih izdelkih in se nato upravlja skozi njihov življenjski cikel, in ne na upravljanje življenjskega cikla sredstva s krožnim ciljem, pri katerem se sredstva obravnavajo kot portfelj/sistemi sredstev in posamezna sredstva, ki se upravlja skozi življenjski cikel v industrijskih obratih.

### 8.3.1 Pregled literature

Krožno obvladovanje premoženja vključuje načela krožnega gospodarstva v upravljanje življenjskega cikla sredstev s ciljem zmanjšati porabo virov in podaljšati življenjsko dobo sredstev (Acerbi et al., 2020; Hanski & Valkokari, 2020). Ta pristop poudarja dejavnosti vzdrževanja, krožno vzdrževanje (Jemec, Avdić at alter, 2022), odpornost sredstev in stopnje produktivnosti ob hkratnem zmanjševanju odpadkov (Estarrona et al., 2019). Standard SIST ISO 55001 zagotavlja okvir za izvajanje krožnih strategij upravljanja sredstev (Pais et al., 2019). Učinkovito upravljanje podatkov in interoperabilnost podjetniških informacijskih sistemov sta ključna dejavnika, ki omogočata krožno proizvodnjo in obvladovanje premoženja (Polenghi et al., 2021; Bellini & Bang, 2022). Za prehod z linearnih modelov na modele krožnega gospodarstva je treba preoblikovati poslovne procese, vključiti povratno logistiko in sprejeti inteligentna sredstva (Upadhayay & Alqassimi, 2018). Strategije krožnega gospodarstva v mestnih objektih lahko podaljšajo življenjsko dobo opreme, zmanjšajo stroške in zmanjšajo vplive na okolje (Castellet-Viciano et al., 2022). Za popolno uresničitev koristi krožnega upravljanja sredstev je treba odpraviti ovire, kot so pomanjkanje razpoložljivih podatkov, interoperabilnost in usposobljenost (Bellini & Bang, 2022).

Krožno gospodarstvo (CE) se v zadnjem času obravnava kot ena izmed najobetavnejših trajnostnih strategij za industrijska podjetja, katere cilj je zmanjšati porabo virov, podaljšati življenjski cikel virov in omogočiti kroženje virov znotraj faz življenjskega cikla.

Krožno gospodarstvo z zmanjševanjem odpadkov in vnovično uporabo ter recikliranjem se vse bolj uveljavlja in ga podpirajo številne vlade, kar ima posledice za podjetja. Pri upravljanju sredstev mora sprememba gospodarske paradigme poganjati nova formula, ki se osredotoča na odpornost sredstev, stopnje produktivnosti in celovitost sredstev, hkrati pa zmanjšuje količino odpadkov. V krožnem gospodarstvu nadomestni deli in pokvarjene komponente pridobijo na pomenu, ki se v linearnih gospodarstvih, kjer je bilo odstranjevanje običajno, ni upošteval. Krožno gospodarstvo uporablja tehnologije, kot je internet stvari, in razume celotno dobavno verigo kot povezano. To pomeni izmenjavo informacij, ki ni značilna za proizvodna okolja, in ponuja nove priložnosti, kot so: skupna optimizacija vzdrževanja udeležencev dobavne verige, vzdrževanje kot storitev za vse udeležence in večja učinkovitost dobavne verige. V krožnem gospodarstvu morajo izvajalci vzdrževanja upoštevati okoljsko združljivost, energetska učinkovitost ter zdravje in varnost ljudi (Estarrona et al., 2019).

Trajnost sredstev in procesov je za mnoga podjetja pomembno strateško področje. Da bi dosegla strateške cilje trajnosti, je več podjetij začelo razpravljati o tem, kako njihova podjetja podpirajo krožno gospodarstvo. Digitalne tehnologije in podatki veljajo za ključne spodbujevalce krožnega gospodarstva. Rešitve krožnega gospodarstva vključujejo na primer čim manjšo uporabo virov, zapiranje zank virov ter izboljšanje trajnosti in življenjske dobe sredstev. Ta dokument obravnava vpliv krožnega gospodarstva na obvladovanje premoženja. Poudarek je zlasti na različnih predstavitev življenjskih ciklov v proizvodnih sistemih. Obravnavamo izzive in priložnosti, povezane z generičnimi, krožnimi in hierarhičnimi življenjskimi cikli proizvodnih sistemov. Predstavljamo glavne točke, ki jih je treba upoštevati pri razvoju rešitev krožnega gospodarstva z vidika upravljanja premoženja in življenjskih ciklov (Hanski & Valkokari, 2020).

Diagnostični model, ki je bil razvit v podporo izvajanju standarda ISO 55001, je enostaven za uporabo in zagotavlja konkretne rezultate za podporo organizacijam pri ugotavljanju njihovih prednosti in slabosti pri izvajanju, poleg tega pa zagotavlja pomoč pri izboljševanju s pomočjo cikla PDCA (Načrtovanje, izvajanje, preverjanje in ukrepanje). Končni rezultat diagnostičnega modela omogoča »rentgenski posnetek« organizacije prek radarskega zemljevida ter več podpornih poročil, iz katerih so razvidni rezultati, kaj je že v skladu s standardom in kaj je treba izvesti ali izboljšati za skladnost s standardom. Model je bil potrjen v javnem zavodu in je privedel do diagnoze, ki sovpada z empirično napovedjo glede na primarno stanje kulture upravljanja, v katerem se nahaja, in ker upravni odbor javnega zavoda ni odobril objave rezultatov, smo morali skriti njegovo identiteto. Model poleg začetne diagnoze ustreza orodju za podporo pri uvajanju standarda ISO 55001 in za pomoč organizaciji pri popravkih in izboljšavah po certificiranju (Pais et al. 2019).

#### 8.4 MEJE UPORABE SREDSTEV

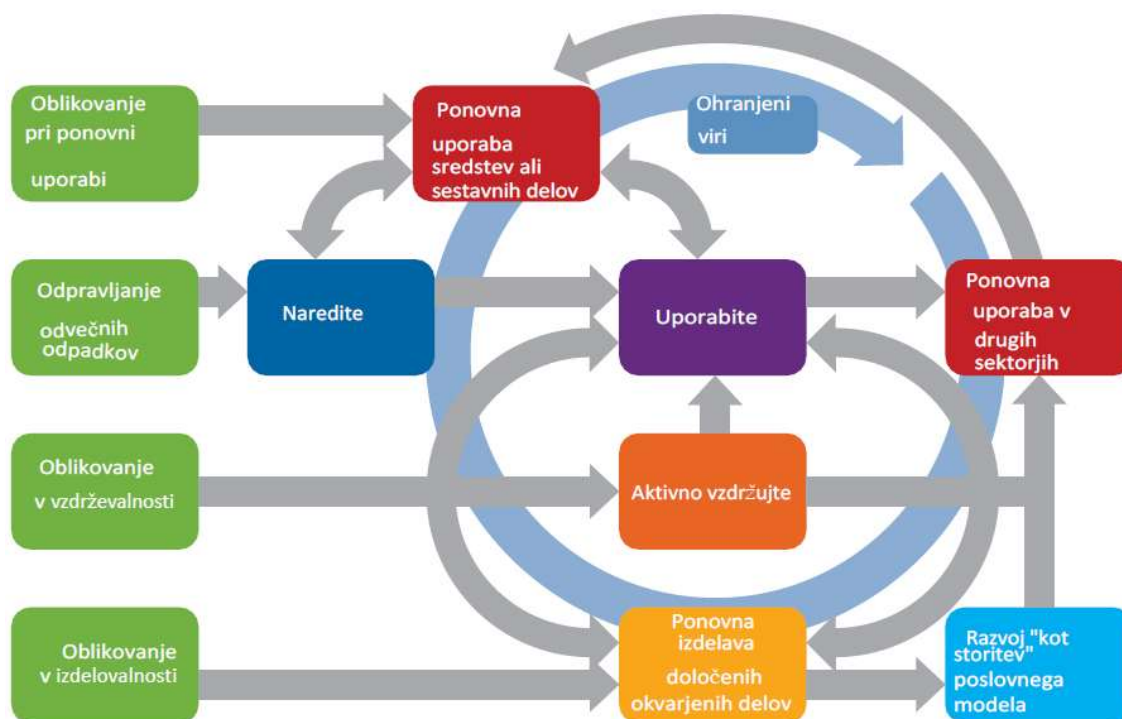
Prihodnje krožno gospodarstvo potrebuje obvladovanje premoženja, ki bo opredelilo in podprlo upravljanje več življenjskih ciklov sredstev ter izkoristilo in sprostilo dodatne tokove vrednosti, ki jih sredstva omogočajo. Trenutno obstaja le malo dokazov, da strategije upravljanja premoženja vključujejo pristope krožnega gospodarstva, razen če to narekujejo vizija, cilji in deležniki podjetja.

Inštitut za upravljanje premoženja IAM zato želi razumeti, kako pospešiti prizadevanja za regeneracijo in trajnost, ter si prizadeva razviti in globlje vključiti načela krožnega gospodarstva v prakso upravljanja premoženja. Bela knjiga opisuje, kako lahko obvladovanje premoženja sprejme načela krožnega gospodarstva in poudari priložnosti za povečanje vrednosti, ki jih to lahko ponudi. To je pomembno za organizacije, ki se ukvarjajo s preoblikovanjem in identiteto krožnega gospodarstva. Na podlagi dobre prakse upravljanja premoženja bodo morali vodje organizacije in upravljavci premoženja razumeti relativne prednosti svojih obstoječih zmogljivosti upravljanja sredstev ter kako se lahko ti sistemi razvijajo in prilagajajo, pri čemer podpirajo prihodnje krožno gospodarstvo (Acerbi et al., 2020).

Številna načela krožnega gospodarstva bi lahko in morala biti sestavni del praks obvladovanja premoženja. Vendar pa je njihova bolj uradna uporaba izziv za upravljavce premoženja, da prilagodijo svoje izdelke, dejavnosti in storitev, kar je v nasprotju s tradicionalno linearno filozofijo "vzemi in naredi odpadke". Zato je izziv razumeti, kje je treba postaviti sistemsko mejo, da bi z načeli krožnega gospodarstva čim bolj povečali vrednost svojih sredstev, ter katera dodatna orodja in procese razviti, da bi to omogočili.

Vizija je sistem obvladovanja premoženja, ki je po svoji zasnovi obnovljiv in regenerativen ter katerega cilj je, da izdelki, komponente in materiali vedno ostanejo blizu svoje najvišje uporabnosti in vrednosti. Življenjski cikel sredstev je neprekinjen pozitiven razvojni cikel, ki ohranja in izboljšuje naravni kapital, optimizira donose virov in zmanjšuje sistemska tveganja z upravljanjem omejenih zalog in obnovljivih tokov (Ellen MacArthur Foundation, 2013), kot so v zaprtem sistemu upravljanja premoženja na Sliki 2.

Slika 8.2: Meja uporabe virov sredstev pri obvladovanju premoženja v zaprtem krožnem ekonomskem modelu

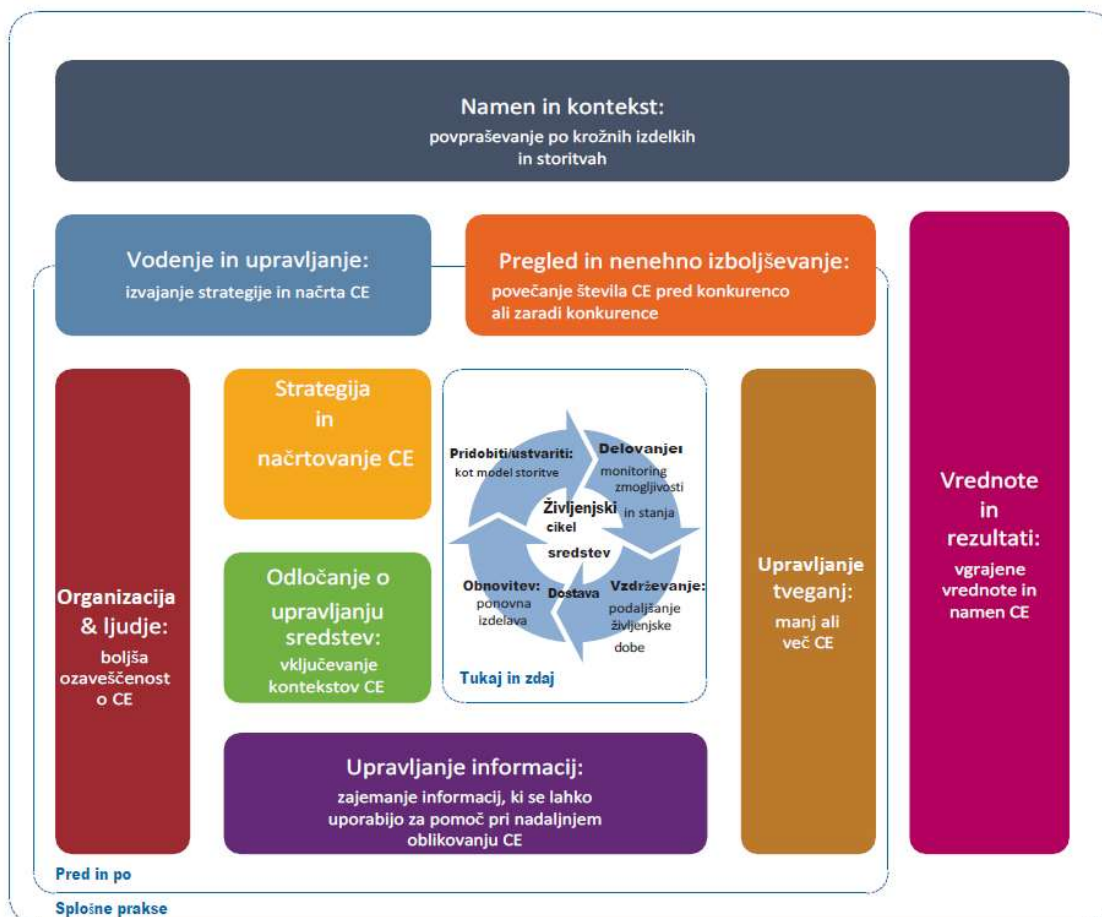


Vir: IAM The-Circular-Economy, 2022

#### 8.4.1 Ustvarjanje vrednosti iz krožnega gospodarstva s sistemskim razmišljanjem

Konceptualni model upravljanja sredstev je IAM dobro izhodišče za razvoj pristopa k ustvarjanju vrednosti iz krožnega gospodarstva z uporabo systemskega razmišljanja. Slika 3 poudarja, kako se lahko organizacije odzovejo in ustvarijo vrednost iz krožnega gospodarstva v celotnem spektru upravljanja premoženja in zunaj njega.

Slika 8.3: Usklajenost krožnega gospodarstva s konceptnim modelom upravljanja sredstev IAM



Vir: IAM Excellence &amp; Maturity, 2022

Upravljalci premoženja si zato zastavljajo naslednja vprašanja:

Kje ste pri sistemskem razmišljanju? Ali ste upoštevali vse možne vstopne točke? Kako je videti vaš »sistem upravljanja premoženja v krožnem gospodarstvu«? V katero mrežo akterjev in zainteresiranih strani morate biti vključeni, da bi izkoristili krožno gospodarstvo? Če omrežje še ne obstaja, ali ga lahko ustvarite? Kakšno vrednost iz krožnega gospodarstva že ustvarjate, ki trenutno ostaja neopažena in jo je treba zajeti? Ali obstaja način, kako to izkoristiti in ustvariti še več? Kaj še lahko storite v okviru vsake od vstopnih točk? Kakšne so priložnosti in ovire za ustvarjanje večje vrednosti iz krožnega gospodarstva za vaša sredstva na vsakem od teh področij? Kaj je edinstveno za vašo organizacijo in sredstva, ki jih proizvaja ali upravlja? Ali obstajajo priložnosti za prilagoditev poslovnega modela delovanja in krovnih praks, ki lahko omogočijo ustvarjanje prihodnje vrednosti iz krožnega gospodarstva? Kakšne možnosti imate za ustvarjanje dodatne vrednosti, tj. strateških odnosov in partnerstev, z združevanjem različnih dejavnosti krožnega gospodarstva v omrežju, kar prinaša večjo vrednost, kot je vsota njihovih delov?

## 8.5 ZAKLJUČEK

Med obvladovanjem premoženja (Asset Managementom) in krožno ekonomijo (Circular Economy) obstaja več vrzeli, ki jih lahko identificiramo:

- Razumevanje konceptov: Mnogi strokovnjaki za obvladovanje premoženja morda nimajo dovolj znanja o načelih krožne ekonomije in kako jih vključiti v svoje prakse.
- Integracija praks: Tradicionalne prakse obvladovanje premoženja pogosto temeljijo na linearnih ciklih (vzemi – naredi – odvrzi), kar je v nasprotju s krožnimi načeli. Pomanjkanje metodologij za prehod na krožno upravljanje predstavlja vrzel.
- Obrazci poslovanja: Mnoge organizacije še vedno delujejo z modeli, ki ne podpirajo krožnega gospodarstva, kot so modeli »prodaja izdelkov« namesto »najemniških« ali »as-a-service« modelov.
- Ocenjevanje vrednosti: Tradicionalne metode vrednotenja sredstev pogosto ne vključujejo zunanjih stroškov, kot so okoljski vplivi, kar otežuje prehod na krožne prakse.
- Tehnološka podpora: Pomanjkanje ustrezne tehnologije za spremljanje in analizo življenjskih ciklov sredstev onemogoča učinkovitejše odločanje in optimizacijo procesov. Potreba po raziskavah in razvoju novih tehnologij, ki podpirajo krožno ekonomijo, kar lahko predstavlja izziv za industrijo.
- Sodelovanje in partnerstva: Učinkovito izvajanje krožne ekonomije zahteva sodelovanje med različnimi deležniki, kar predstavlja izziv v tradicionalno usmerjenih organizacijah, a je pogosto težavna.
- Kultura in podpora vodstva: Sprememba v smeri krožne ekonomije pogosto zahteva spremembo kulture podjetja in vodstva, kar ni vedno prisotno.
- Sprememba poslovnih modelov: Potreba po prilagoditvi obstoječih poslovnih modelov, da bi vključili načela krožne ekonomije, kar lahko naleti na odpor organizacij.
- Finančne ovire: Investicije v nove tehnologije, materialne inovacije in trajnostne prakse lahko zahtevajo znatna začetna vlaganja.
- Zakonodajne ovire: Obstoječi predpisi in zakonodaja morda ne podpirajo ali celo ovirajo krožne prakse, kot so popravila ali ponovna uporaba.
- Pomanjkanje podatkov: Težave pri zbiranju in dostopu do podatkov o življenjskih ciklih izdelkov, kar otežuje učinkovito upravljanje in odločanje.
- Zmanjšanje zavesti in izobraževanja: Treba je povečati ozaveščenost in izobraziti deležnike o koristih in načelih krožne ekonomije in postopke avtomatizirati.

Premagovanje teh izzivov zahteva usklajeno delovanje med podjetji, vladami in drugimi deležniki. Zmanjšanje teh vrzeli bi lahko pomagalo pri učinkovitejšem prehodu upravljanja premoženja na krožno ekonomijo in izboljšalo trajnostne prakse v obvladovanju premoženja.

## Literatura in viri

- Acerbi, F., Polenghi, A., Roda, I., Macchi, M., & Taisch, M. (2020). Exploring Synergies Between Circular Economy and Asset Management. *Advances in Production Management Systems*.
- Castellet-Viciano, L., Hernández-Chover, V., & Hernández-Sancho, F. (2022). The benefits of circular economy strategies in urban water facilities. *The Science of the total environment*, 157172.
- Estarrona, U.M., Seneviratne, D., Villarejo, R., & Galar, D.P. (2019). The New Asset Management: Implications of Servitization in Circular Economy. *Journal of Industrial Engineering and Management Science*.
- Guillén, Antonio J., Adolfo Crespo, Juan Fco. Gómez, and Maria Dolores Sanz. 2016. "A Framework for Effective Management of Condition Based Maintenance Programs in the Context of Industrial Development of E-Maintenance Strategies." *Computers in Industry* 82 (October). Elsevier: 170–185. doi:10.1016/J.COMPIND.2016.07.003.
- Hanski, J., & Valkokari, P. (2020). Impact of Circular Economy on Asset Management – Lifecycle Management Perspective.
- SIST ISO 55001:2024
- JEMEC, Viktor, AVDIĆ, Hasan et al. Popravilo okvar v funkciji krožnega vzdrževanja tehničnih sistemov. Vzdrževalec: revija Društva vzdrževalcev Slovenije. Julij – december, 2022, št. 201–202, str. 36–41, ilustr. ISSN 1318–2625.
- Pais, E., Raposo, H.D., Meireles, A.C., & Farinha, J.T. (2019). ISO 55001 – A Strategic Tool for the Circular Economy – Diagnosis of the Organization's State. *Journal of Industrial Engineering and Management Science*.
- Polenghi, A., Acerbi, F., Roda, I., Macchi, M., & Taisch, M. (2021). Enterprise information systems interoperability for asset lifecycle management to enhance circular manufacturing. *IFAC-PapersOnLine*.
- Polenghi, A., Roda, I., Macchi, M., Pozzetti, A. (2019). Conceptual Framework for a Data Model to Support Asset Management Decision-Making Process. In: Ameri, F., Stecke, K., von Cieminski, G., Kiritsis, D. (eds) *Advances in Production Management Systems. Production Management for the Factory of the Future*. APMS 2019. IFIP Advances in Information and Communication Technology, vol 566. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-30000-5\\_36](https://doi.org/10.1007/978-3-030-30000-5_36)
- Roda, Irene, and Marco Macchi. 2018. "A Framework to Embed Asset Management in Production Companies." *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part O: Journal of Risk and Reliability* 232 (4): 368–378. doi:10.1177/1748006X17753501.
- SIST ISO 55000:2017, Obvladovanje premoženja - Pregled, načela in terminologija.
- Upadhayay, S., & Alqassimi, O. (2018). Transition from Linear to Circular Economy. *Westcliff International Journal of Applied Research*.
- The Institute of Asset Management (b. l.). *The Circular Economy*. Dostopno na naslovu: <https://theiam.org/knowledge/the-circular-economy> (29. 9. 2024)
- IAM - Excellence & Maturity, The Institute of Asset Management. Dostopno na naslovu: <https://theiam.org/knowledge/hot-topic-programs/excellence-maturity/> (25. 9. 2024)
- IAM - The Circular Economy, The Institute of Asset Management. Dostopno na naslovu: <https://theiam.org/media/4103/iam-how-asset-management-can-enable-the-circular-economy.pdf> (25. 9. 2024)

**Doc. dr. Damjan Maletič** je prodekan za raziskovalno dejavnost, ki je doktoriral s področja menedžmenta kakovosti. Doktorat znanosti z naslovom *Interaction between Quality Management, Production and Maintenance Performance* je obranil avgusta 2015 na Fakulteti za organizacijske vede (Univerza v Mariboru). Študijsko pot je začel na Oddelku za lesarstvo na Biotehniški fakulteti (Univerza v Ljubljani), kjer je leta 2003 zaključil dodiplomski študijski program Lesarstvo. Študij je nadaljeval na mariborski Fakulteti za organizacijske vede in leta 2006 diplomiral s področja organizacije in managementa. Svoje raziskovalno delo je predstavil na številnih mednarodnih znanstvenih konferencah (QMOD-ICQSS, WCEAM, A-MEST, MPMM, itd.). Njegovi raziskovalni rezultati so objavljeni v uglednih mednarodnih revijah, kot so: *International Journal of Production Research*, *Journal of Cleaner Production*, *Total Quality Management & Business Excellence*, *Journal of Manufacturing Technology Management*, *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, *International Journal of Quality and Service Sciences*.

**Mag. Viktor Jemec** je upokojenec in urednik strokovne revije Vzdrževalec. Diplomiral je na strojni fakulteti v Ljubljani z diplomsko nalogo z naslovom Problemi odločanja pri vzdrževanju leta 1976, magistriral pa je z nalogo Uporaba neporušnih metod pri preizkušanju podvozij železniških vozil. V Železniškem gospodarstvu v Ljubljani v Centralnih delavnicah se je ukvarjal z mehanskimi meritvami, tehnologijo varjenja in na področju defektoskopije z neporušnimi metodami, predvsem na ultrazvočnem področju preiskav na strojnih elementih železniških vozil z metodami ultrazvoka, predvsem z uvedbo avtomatizacije postopkov preiskav. Zaposlen je bil še na IMK v Ljubljani kot vodja defektoskopije ter nato kot inovator v svobodnem poklicu in nazadnje kot učitelj strokovnih predmetov in informatike na srednji šoli v Domžalah. Predava tudi na višji šoli za strojništvo na BB v Kranju.

## 9 KROŽNO GOSPODARSTVO – IZRAČUN OGLJIČNEGA ODTISA ZA ELEKTRO LJUBLJANA, D. D.

Urška Mikec, Visoka šola za trajnostni razvoj, Kranj in mag. Muharem Husić, Visoka šola za trajnostni razvoj, Kranj

### Povzetek

*V prispevku bom predstavila diplomsko nalogo z naslovom Analiza ogljičnega odtisa za podjetje Elektro Ljubljana, d. d., katere glavni cilj je oceniti vpliv podjetja na okolje skozi koncepta krožnega gospodarstva in ogljičnega odtisa. Raziskava vključuje metodologijo zbiranja podatkov in izračun ogljičnega odtisa, ki je razdeljen na tri obsege: neposredne emisije, posredne emisije iz porabe električne energije in ogrevanje ter emisije, povezane s prevozom in odpadki.*

*Poročanje o ogljičnem odtisu omogoča podjetju učinkovito upravljanje emisij toplogrednih plinov ter načrtovanja ukrepov za njihovo zmanjšanje. To vključuje izboljšave na področju energetske učinkovitosti in spodbujanje trajnostnih oblik prevoza. Celovit izračun ogljičnega odtisa nudi vpogled v ključne dejavnike, ki vplivajo na emisije podjetja, ter podaja smernice za nadaljnje izboljšave in učinkovitejše upravljanje virov. Poročilo o ogljičnem odtisu je tudi del širšega trajnostnega poročila podjetja, ki ga uporabljajo lastniki in delničarji za spremljanje napredka pri prehodu na nizkoogljično gospodarstvo.*

*Ključne besede: ogljični odtis, krožno gospodarstvo, emisije CO<sub>2</sub>, energetska učinkovitost, trajnostni razvoj*

### CIRCULAR ECONOMY-CARBON FOOTPRINT CALCULATION FOR ELEKTRO LJUBLJANA, D. D.

#### Abstract

*The thesis focuses on »the calculation of the carbon footprint for the company Elektro Ljubljana d. d.«, whose main goal is to assess the company's impact on the environment through the concepts of circular economy and carbon footprint. The research includes data collection methodology and the calculation of the carbon footprint, which is divided into three areas: direct emissions, indirect emissions from electricity consumption and heating, and emissions related to transport and waste.*

*Reporting on the carbon footprint enabled the company to effectively manage greenhouse gas emissions and plan measures to reduce them. This includes improvements in energy efficiency and the promotion of sustainable forms of transport. A comprehensive calculations of the carbon footprint provides insight into the key factors affecting the company's emissions and provides guidelines for further improvements and more efficient resource management. The carbon footprint report is also part of the company's wider sustainability report, which is used by owners and shareholders to monitor progress in the transition to a low – carbon economy.*

*Keywords: carbon footprint, circular economy, CO<sub>2</sub> emissions, energy efficiency, sustainable development*

### 9.1 UVOD

Diplomska naloga se osredotoča na izračun ogljičnega odtisa podjetja Elektro Ljubljana, d. d., in raziskuje vpliv človekovih dejavnosti na podnebne spremembe. Ogljični odtis je ključni kazalnik trajnostnega poslovanja in služi za oceno vpliva organizacije na okolje. V nalogi analiziramo vlogo energetskih podjetij pri zmanjševanju emisij in trajnostnem poslovanju, pri čemer se osredotočamo na okoljsko upravljanje in dejavnike, ki vplivajo na izvajanje trajnostne

prakse. Izračun ogljičnega odtisa Elektro Ljubljana bo osnova za nadaljnje ukrepe za zmanjšanje emisij in spodbujanje trajnostnega poslovanja.

Naloga nadalje preučuje delovno okolje podjetja, ki skrbi za upravljanje distribucijskega sistema in vzdrževanje elektrodistribucijske infrastrukture v osrednji in jugovzhodni Sloveniji. Ključno je razumevanje organizacijske strukture, ki omogoča natančen izračun ogljičnega odtisa, pri čemer so vsi uporabljeni podatki preverjeni in pridobljeni z dovoljenjem podjetja.

## **9.2 ZAKONODAJA V EVROPSKI UNIJI IN SLOVENIJI**

V Evropski uniji in Sloveniji je vzpostavljen obsežen zakonodajni okvir, ki zajema številne predpise in ukrepe za zmanjševanje emisij toplogrednih plinov, hkrati pa se osredotočajo zakoni na varstvo okolja in prilagajanje podnebnim spremembam.

### **9.2.1 Zakonodaja v Evropski uniji**

Evropska unija se osredotoča na zmanjšanje emisij toplogrednih plinov kot del strateškega boja proti klimatskim spremembam. Zakonodaja EU spodbuja države članice, da razvijejo nacionalne strategije za zmanjšanje emisij ter vzpostavijo standarde za merjenje ogljičnega odtisa organizacij. Ta prizadevanja so ključna za Evropski zeleni dogovor, ki zahteva pripravo dolgoročnih strategij za zmanjšanje vpliva na podnebje.

Sistem EU za trgovanje z emisijami (EU ETS) je ključni instrument za zmanjšanje emisij toplogrednih plinov na stroškovno učinkovit način. Evropska unija je določila cilj za zmanjšanje neto emisij toplogrednih plinov v EU vsaj za 55 % do leta 2030, kar je usklajeno z dolgoročnimi podobnimi cilji (EU Emissions Trading System, 2021).

»Pripravljeni na 55« je sklop predlogov za revizijo in posodobitev zakonodaje EU, da bi zagotovili skladnost politik EU s podnebnimi cilji, o katerih sta se dogovorila Svet EU in Evropski parlament (Fit for 55, 2023).

### **9.2.2 Zakonodaja v Sloveniji**

V Sloveniji zakonodaja o varstvu okolja usklajuje nacionalne ukrepe s cilji za zmanjšanje emisij toplogrednih plinov in prilagoditev podnebnim spremembam. Zakonodajni okvir je usmerjen v zmanjšanje ranljivosti na podnebne spremembe ter v uspešno obvladovanje njihovih vplivov. Ključni zakoni in načrti so osnovni za odgovorno ravnanje z okoljem in spodbujanje trajnostnih praks.

#### **➤ Zakon o varstvu okolja (ZVO – 2)**

Ta zajema širok spekter okoljskih vidikov, vključno z nadzorom emisij, obvladovanjem onesnaževanja in presojo vplivov na okolje, ureja pravni okvir za reševanje vprašanj, povezanih z emisijami toplogrednih plinov, ter določa ukrepe za zaščito okolja (Zakon o varstvu okolja, 2022).

#### **➤ Nacionalni energetske in podnebni načrt (NEPN)**

Načrt predstavlja strateški dokument, ki usmerja Slovenijo v doseg ciljev za zmanjšanje emisij toplogrednih plinov in povečanje energetske učinkovitosti do prihodnjih desetletij. Osredotoča se na pet glavnih vidikov energetske politike: zmanjšanje emisij, povečanje obnovljivih virov energije, energetska varnost, notranji trg in raziskave ter inovacije. NEPN je ključen za doseg

podnebne nevtralnosti (Nacionalni energetske in podnebni načrt, 2024<sup>12</sup>).

#### ➤ Uredba o vrstah naprav, dejavnosti in toplogrednih plinov

Uredba določa naprave in dejavnosti, ki potrebujejo dovoljenje za izpuste toplogrednih plinov. Osredotoča se na naprave, ki izvajajo zgorevanje goriv z veliko toplotno močjo, pri čemer je glavni toplogredni plin ogljikov dioksid (Uredba o vrstah naprav, dejavnosti in toplogrednih plinov, 2020).

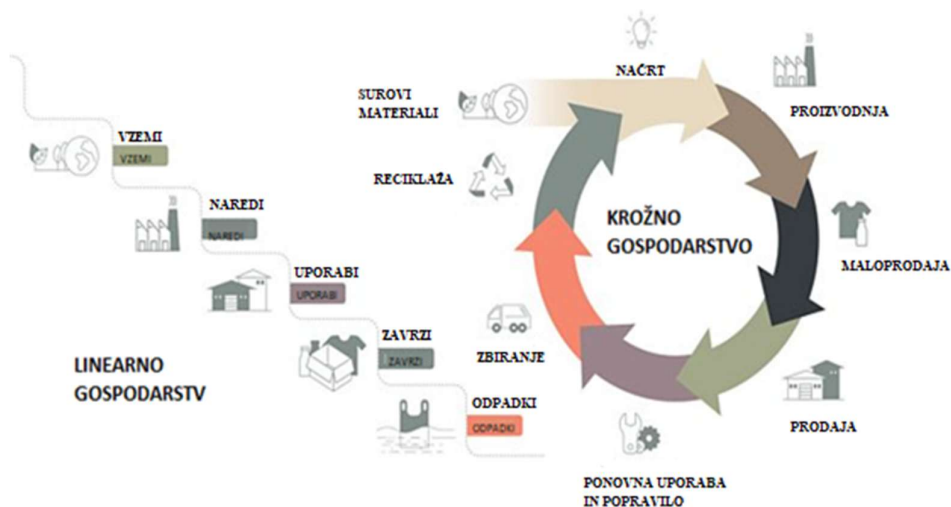
### 9.3 Teoretični okvir in opredelitev osnovnih pojmov

Krožno gospodarstvo se razlikuje od linearnega modela »vzemi, proizvedi, zavrzi« tako, da se osredotoča na uravnoteženje obnovljivih virov in ohranjanje kapitala. Ogljični odtis je skupni izpust toplogrednih plinov, ki so posledica aktivnosti posameznika, podjetja ali storitve v določenem časovnem obdobju. Podjetje poroča o emisijah TGP, ki nastajajo pri njegovi dejavnosti in se nanašajo na: distribucijo električne energije, vzdrževanje in vodenje sistemov in načrtovanje in izgradnjo vodov in naprav.

#### 9.3.1 Krožno gospodarstvo

Krožno gospodarstvo se razlikuje od linearnega modela »vzemi, proizvedi, zavrzi« tako, da se osredotoča na trajnostno rabo virov in vnovično uporabo materialov (slika 9.1). Namesto izčrpavanja virov in ustvarjanja odpadkov spodbuja ponovno uporabo, popravila in recikliranje, kar podaljšuje življenjsko dobo izdelkov. Ta koncept preusmerja pozornost z linearnega modela na uravnoteženje obnovljivih virov in ohranjanje kapitala. Ključnega pomena je, da so materiali in procesi že od začetka načrtovani tako, da odpadkov praktično ni. Ta sprememba v razmišljanju je temeljna za našo študijo (The shift from linear to circular economy is the road to sustainable digitalization, 2022).

Slika 9.1: Prikaz linearnega in krožnega gospodarstva



Vir: Elektro Ljubljana, 2022c

<sup>12</sup> Predlog NEPN 2024 je še v fazi potrjevanja, zato je še vedno veljaven dokument iz leta 2020.

### 9.3.2 Ogljični odtis

Ogljični odtis je skupni izpust toplogrednih plinov (v nadaljevanju TGP), ki so posledica aktivnosti posameznika, podjetja ali izdelka oziroma storitve v določenem časovnem obdobju. Podjetje poroča o emisijah TGP, ki nastajajo pri njegovi dejavnosti in se nanašajo na: distribucijo električne energije, vzdrževanje in vodenje elektro energetskega sistema in načrtovanje in izgradnjo elektroenergetskih vodov in naprav.

Izračun ogljičnega odtisa služi za: prepoznavanje ključnih virov emisij TGP za pripravo podrobnega inventarja, obvladovanje tveganja in priložnosti za zmanjšanje emisij TGP in objavo poročila in sodelovanje v programih za zmanjšanje TGP.

Metodologija je pripravljena v skladu z zahtevami in smernicami protokola »Greenhouse Gas Protocol and Corporate Accounting and Reporting Standard« (v nadaljevanju GHG-protokol), ki je najbolj razširjeno mednarodno orodje za merjenje, poročanje in upravljanje z emisijami TGP.

Ogljični odtis podjetja se v skladu z GHG-protokolom poroča v sklopu treh obsegov:

- **neposredne emisije** (»Obseg 1«) predstavljajo emisije TGP podjetja, ki so posledica lastne porabe energentov v napravah za zgorevanje ter uporabe vozil v lasti podjetja,
- **posredne emisije** (»Obseg 2«) predstavljajo emisije, ki nastajajo za potrebe poslovanja podjetja,
- **posredne emisije, ki nastajajo kot posledica aktivnosti podjetja** (»Obseg 3«), predstavljajo preostale posredne emisije, ki so posledica aktivnosti podjetja v celotni vrednostni verigi podjetja.

#### ➤ Neposredne emisije (Obseg 1)

Neposredne emisije se izračunavajo za porabo goriv iz virov, ki so imajo v lasti podjetja ali jih ta nadzorujejo. Poročajo se emisije CO<sub>2</sub> (ogljikov dioksid), CH<sub>4</sub> (metan), N<sub>2</sub>O (dušikov oksid) in CO<sub>2,ekv</sub> (ekvivalent), glede na razpoložljivost emisijskih faktorjev.

#### ➤ Posredne emisije (Obseg 2)

V posredne emisije vključujejo emisije energentov iz porabe električne in toplotne/hladilne energije, ki jo prevzame od zunanjih družb, od povezanih družb in lastne rabe, če jo proizvede sama, vendar jo del porabi sama, del pa proda drugim družbam.

Vključena je vsa poraba električne energije in toplota, ki je porabljena v okviru družbe za dejavnosti, za katere je podjetja neposredno odgovorno. Za vse emisije se poročajo emisije CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O in CO<sub>2,ekv</sub>.

#### ➤ Posredne emisije, ki nastajajo kot posledica aktivnosti podjetja (Obseg 3)

V posredne emisije, ki nastajajo zaradi aktivnosti podjetja, so vključene emisije, ki nastajajo kot posledica aktivnosti podjetja na virih, ki niso v lasti ali pod nadzorom podjetja.

Poročajo se emisije v naslednjih kategorijah posrednih emisij, ki nastajajo kot posledica aktivnosti podjetja: prevoz zaposlenih na delo, odpadki, proizvodnja električne energije za prodajo in proizvodnja toplote za prodajo (Elektro Ljubljana, 2022b).

## 9.4 ZASNOVA RAZISKAVE

Namen raziskave, ki jo izvajamo za podjetje Elektro Ljubljana, je pridobiti celovit vpogled v njihov ogljični odtis in razviti strategijo za zmanjšanje izpustov toplogrednih plinov. Naša raziskava bo usmerjena v oblikovanje trajnostnih rešitev, ki bodo prispevale k zmanjšanju ogljičnega odtisa in zagotovile bolj trajnostno prihodnost podjetja.

### 9.4.1 Metode zbiranja podatkov

Obdobje poročanja o ogljičnem odtisu in emisijah GHG je koledarsko leto 1. 1. do 31. 12. 2022, pri čemer je treba imeti na voljo vse podatke za celo koledarsko leto. Izračun ogljičnega odtisa podjetja je pripravljen v skladu z zahtevami GHG-protokola in standarda ISO 14064-1:2018, upošteva tudi druge vire smernic za izračune ogljičnega odtisa, ki so navedeni v okviru podrobnejših opisov v izračunu.

## 9.5 RAČUNSKI PRISTOP

Za izračun emisij toplogrednih plinov se uporablja izhodiščna enačba 1, in sicer se emisije izračunajo kot produkt aktivnosti (količine) in emisijskega faktorja za to aktivnost:

$$\text{emisije} = \text{aktivnost} \times \text{faktor za preračun v MJ (NCV)} \times \text{emisijski faktor} \quad (1)$$

V primeru goriv se aktivnosti (enota, v katerih je na voljo podatek o energentu) pomnoži s faktorjem za neto kalorično vrednost energenta in z emisijskim faktorjem za to gorivo. Emisijski faktor je praviloma podan za CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> in N<sub>2</sub>O ločeno, seštevke emisij CO<sub>2</sub>, emisij N<sub>2</sub>O in emisij CH<sub>4</sub> pa so emisije toplogrednih plinov (TGP), izražene v CO<sub>2</sub> ekvivalentu.

V primeru električne energije in toplote, odpadkov in drugih aktivnosti, ki imajo znan emisijski faktor, se emisije izračunajo po enačbi 2:

$$\text{emisije} = \text{aktivnost} \times \text{emisijski faktor} \quad (2)$$

V primeru plinov, ki imajo globalni toplogredni učinek (GWP – Global Warming Potential) (npr. SF<sub>6</sub> in hladiva iz klimatskih naprav), se aktivnost (količina plina) pomnoži s faktorjem GWP (npr. 1 kg SF<sub>6</sub> povzroči enak TGP učinek kot 23.500 kg CO<sub>2</sub>), kot je prikazano v enačbi 3:

$$\text{emisije} = \text{aktivnost} \times \text{faktor GWP} \quad (3)$$

Za emisijske vrednosti in preračune energijskih vrednosti se uporabljajo vrednosti za kurilnost oz. spodnje kalorične vrednosti energentov (NCV – net calorific value). Spodnja kurilna vrednost se v Sloveniji uporablja pri nacionalnih evidencah toplogrednih plinov in jih morajo upravitelji naprav upoštevati pri izdelavi poročil o emisijah toplogrednih plinov (Elektro Ljubljana, 2022a).

## 9.6 TEHNIKE ANALIZE PODATKOV

Za analizo podatkov, ki smo jih zbrali med izračunom ogljičnega odtisa za Elektro Ljubljana, bomo uporabili različne tehnične pristope: statistično analizo, vizualizacijo podatkov,

integracijo kvantitativnih in kvalitativnih ugotovitev in interpretacijo rezultatov. Na ta način bomo pridobili globlje razumevanje ogljičnega odtisa podjetja in oblikovali osnovo za razvoj strategije za zmanjšanje izpustov toplogrednih plinov ter izboljšanje okoljske odgovornosti podjetja.

## 9.7 REZULTATI

Pri izračunu ogljičnega odtisa smo uporabili metodo z zajemom podatkov o emisijah, ki jih je podjetje proizvedlo leta 2022.

### 9.7.1 Izračun neposrednih emisij

Za izračun ogljičnega odtisa posrednih emisij za podjetje Elektro Ljubljana smo upoštevali naslednje dejavnike: goriva za prevoz, zgorevanje v stacionarnih napravah, ubežne emisije iz hladilnih naprav in ostale ubežne ali procesne emisije.

#### ➤ Goriva za prevoz

Za izračun ogljičnega odtisa goriva za prevoz smo upoštevali enačbo 1:  
*celotne emisije*

$$= \text{količina goriva} \times \text{faktor za preračun v MJ (NCV)} \\ \times \text{emisijski faktor za gorivo}$$

Bencin:  $(105.162 * 33,107 * 0,001) * (69,300 * 0,001) = 241,272 \text{ t CO}_2 \text{ ekv}$

Dizel:  $(454.421 * 35,997 * 0,001) * (74,100 * 0,001) = 1212,112 \text{ t CO}_2 \text{ ekv}$

Utekočinjeni naftni plin (UPN):  $(176 * 25,401 * 0,001) * (63,100 * 0,001) = 0,282 \text{ t CO}_2 \text{ ekv}$

#### ➤ Zgorevanje v stacionarnih napravah

Za izračun ogljičnega odtisa zgorevanja v stacionarnih napravah smo upoštevali enačbo 1:

Zemeljski plin:  $(497.170 * 3,240 * 0,001) * (55,290 * 0,001) = 89,062 \text{ t CO}_2 \text{ ekv}$

Ekstra lahko kurilno olje:  $(16.000 * 35,997 * 0,001) * (74,100 * 0,001) = 42,678 \text{ t CO}_2 \text{ ekv}$

#### ➤ Ubežne emisije iz hladilnih naprav

Za izračun ogljičnega odtisa za ubežne emisije iz hladilnih naprav smo upoštevali enačbo 2:

$$\text{celotne emisije} = \text{količina goriva} \times \text{emisijski faktor za gorivo}$$

Plin R410a:  $9 * 1.923,50 * 0,001 = 17 \text{ t CO}_2 \text{ ekv}$

Plin R407C:  $9 * 1.624,21 * 0,001 = 15 \text{ t CO}_2 \text{ ekv}$

#### ➤ Ostale ubežne emisije

Za izračun ogljičnega odtisa za ostale ubežne emisije smo upoštevali enačbo 2:

Žveplov heksafluorid (SF6):  $3 * 23.500,00 * 0,001 = 70,5 \text{ t CO}_2 \text{ ekv}$

### 9.7.2 Izračun posrednih emisij

Za izračun ogljičnega odtisa posrednih emisij za podjetje Elektro Ljubljana smo upoštevali naslednje dejavnike (enačbo 2):

- za izračun ogljičnega odtisa električne energije – nakup od zunanjih družb emisij:  
 $2.326.611 * 0 * 0,001 = 0 \text{ t CO}_2 \text{ ekv}$

- za izračun ogljičnega odtisa daljinskega ogrevanja/hlajenja – nakup od zunanjih družb emisij:  $141.578 * 0,352 * 0,001 = 49,835 \text{ t CO}_2 \text{ ekv}$
- za izračun ogljičnega odtisa električne energije – izguba emisij:  $151.260.000 * 0,872 * 0,001 = 131.898,72 \text{ t CO}_2 \text{ ekv}$

### 9.7.3 Izračun posrednih emisij, ki nastajajo kot posledica aktivnosti podjetja

Za izračun ogljičnega odtisa smo upoštevali enačbo 2:

- prevoz na delo:  $5.827.523 * 183,040 * 0,000001 = 1.066,673 \text{ t CO}_2 \text{ ekv}$
- odpadki:  $1,288 * 6,440 * 1 = 8,3 \text{ t CO}_2 \text{ ekv}$

## 9.8 SKUPNI IZRAČUN OGLJIČNEGA ODTISA PODJETJA ELEKTRO LJUBLJANA

V podjetju Elektro Ljubljana smo izvedli celovit izračun ogljičnega odtisa, ki zajema tri različne obsege emisij. Ogljični odtis podjetja je pomemben za oceno njenega prispevka k podnebnim spremembam in opredeljevanju ukrepov za zmanjšanje ogljičnih emisij (tabela 9.1).

### 9.8.1 Raven vključenosti dejavnosti v obsege

Pri izračunu ogljičnega odtisa smo upoštevali vključene in izključene vrste emisij. Vsak vir emisij je ocenjen glede na obseg, kar prilagodi izračun glede na pomembnost virov za podjetje. Ta pristop zagotavlja preglednost in doslednost pri merjenju ogljičnega odtisa ter omogoča boljše razumevanje vplivov na izpuste toplogrednih plinov in potrebo po ukrepih za zmanjšanje izpustov (Elektro Ljubljana, 2022a).

*Tabela 9.1: Podatki za izračun ogljičnega odtisa*

| Emisije TGP za leto 2022           | Enota                   | Elektro Ljubljana |
|------------------------------------|-------------------------|-------------------|
| <b>Obseg 1</b>                     |                         |                   |
| Gorivo za prevoz                   | [t CO <sub>2</sub> ekv] | 1.466,6           |
| Zgorevanje v stacionarnih napravah | [t CO <sub>2</sub> ekv] | 133,7             |
| Ubežne emisije iz hladilnih naprav | [t CO <sub>2</sub> ekv] | 32,1              |
| Ostale ubežne ali procesne emisije | [t CO <sub>2</sub> ekv] | 70,5              |
| <b>SKUPAJ OBSEG 1</b>              | [t CO <sub>2</sub> ekv] | <b>1.702,9</b>    |
| <b>Obseg 2</b>                     |                         |                   |
| Električna energija                | [t CO <sub>2</sub> ekv] | 0,0               |
| Daljinsko ogrevanje (toplota/hlad) | [t CO <sub>2</sub> ekv] | 49,8              |
| Električna energija – izgube       | [t CO <sub>2</sub> ekv] | 131.898,7         |
| <b>SKUPAJ OBSEG 2</b>              | [t CO <sub>2</sub> ekv] | <b>131.948,6</b>  |
| <b>Obseg 3</b>                     |                         |                   |
| Prevoz na delo                     | [t CO <sub>2</sub> ekv] | 1.075,5           |
| Opadki                             | [t CO <sub>2</sub> ekv] | 8,3               |
| Prodaja električne energije        | [t CO <sub>2</sub> ekv] | 0,0               |
| Prodaja toplotne energije          | [t CO <sub>2</sub> ekv] | 0,0               |
| <b>SKUPAJ OBSEG 3</b>              | [t CO <sub>2</sub> ekv] | <b>1.083,8</b>    |
| <b>Skupaj in kazalniki</b>         |                         |                   |
| <b>SKUPAJ OBSEG 1 + 2</b>          | [t CO <sub>2</sub> ekv] | <b>133.651,5</b>  |
| <b>SKUPAJ OBSEG 1 + 2 + 3</b>      | [t CO <sub>2</sub> ekv] | <b>134.735,3</b>  |

Vir: Elektro Ljubljana, 2022a

## 9.9 DISKUSIJA

Izračun ogljičnega odtisa za podjetje Elektro Ljubljana razkriva celovit pregled na njihov vpliv na okolje. Metoda zajema različne obsege emisij, vključno z neposrednimi in posrednimi viri. Uporaba specifičnih formul za izračun ogljičnega odtisa za goriva, zgorevanje, ubežne emisije ter druge dejavnike omogoča natančen vpogled v ogljične emisije podjetja. Analiza ravni vključenosti dejavnosti poudarja transparentnost in doslednost v izračunu ogljičnega odtisa. Rezultati so ključnega pomena za oblikovanje strategij zmanjšanja ogljičnega odtisa in spodbujajo trajnostno prakso v podjetju Elektro Ljubljana.

### 9.9.1 Interpretacija rezultatov

Izračun ogljičnega odtisa za Elektro Ljubljana za leto 2022 prikazuje vidike njihovega okoljskega vpliva. Pri neposrednih emisijah so goriva za prevoz, zgorevanje v stacionarnih napravah, ubežne emisije iz hladilnih naprav in druge procesne emisije prispevale k skupni vrednosti 1.702,9 t CO<sub>2</sub> ekv. Na drugi strani pa posredne emisije, ki vključujejo električno energijo, daljinsko ogrevanje in izgube pri električni energiji, predstavljajo precej višjo vrednost, kar znaša 131.948,6 t CO<sub>2</sub> ekv.

Skupaj z obsegom 3, ki zajema prevoz na delo in odpadke, celoten ogljični odtis podjetja znaša 134.735,3 t CO<sub>2</sub> ekv.

Raven vključenosti dejavnosti v obsege, kot je prikazano v tabeli 1, razkriva, katere vrste emisij so bile vključene in izločene. Ta preglednost je ključna za razumevanje, kje so največji vplivi na izpuste toplogrednih plinov v kontekstu podjetja. Ogljični odtis Elektra Ljubljana predstavlja pomemben korak k ozaveščanju o podnebnih vplivih in oblikovanju ukrepov za zmanjšanje ogljičnih emisij.

### 9.9.2 Prispevek Elektra Ljubljana d. d. k ciljem zmanjšanja emisij ogljičnega odtisa

Družba poroča o svojem ogljičnem odtisu z namenom upravljanja emisij toplogrednih plinov in pripravo načrtov za znižanje emisij v prihodnjih obdobjih. Poročanje o ogljičnem odtisu je namenjeno različnim deležnikom. Poročilo je del trajnostnega poročila družbe, lastniki in delničarji pa želijo s poročilom spremljati izpolnjevanje ciljev prehoda na nizkoogljično gospodarstvo, v katerem bodo imela elektrodistribucijska podjetja pomembno vlogo zaradi visokih pričakovanj po povečevanju prenosa električne energije skozi distribucijska omrežja ter vključevanja obnovljivih virov v omrežje.

Ukrepi za znižanja ogljičnega odtisa in s tem emisij toplogrednih plinov so lahko neposredno vezani na zniževanje emisij, lahko pa posredno pripomorejo k zniževanju skozi različne organizacijske ukrepe, ki ne emisij ne rabe energije ne naslavljajo neposredno.

Glede na izvajanje dejavnosti distribucije električne energije navajamo nekatere ukrepe za znižanje emisij toplogrednih plinov (Elektro Ljubljana, 2022a):

- zmanjševanje odpadkov, zlasti elektronske opreme in embalaže,
- promocija dela od doma, spremljanje porabe energije v praznih pisarnah,
- podpora sestankom na daljavo za zmanjšanje službenih potovanj,
- spodbujanje uporabe javnega prevoza, kolesarjenja in hoje pri zaposlenih ...

## 9.10 ZAKLJUČEK

Celovit izračun ogljičnega odtisa za Elektro Ljubljana je razkril pomembne dejavnike in obsege emisij, ki vplivajo na okoljski odtis podjetja. Izračuni so pokazali, da ima obseg 2 (predvsem izgube pri distribuciji električne energije) največji vpliv na celoten ogljični odtis. Kljub temu da so prevoz na delo in odpadki v obsegu 3 prispevali k celotnim emisijam, njihov delež v primerjavi z obsegom 2 ponuja priložnost za izboljšave.

Ocena učinkov izračuna ogljičnega odtisa Elektro Ljubljana ponuja vpogled v uspešnost in koristi uvedenih sprememb. V obsegu 2, kjer so emisije izgub pri distribuciji električne energije prevladujoče, bo optimizacija energetske učinkovitosti omrežja ključna. V obsegu 3, kjer sta prevoz na delo in ravnanje z odpadki ključna, pa se kaže potencial za spodbujanje trajnostnih oblik prevoza zaposlenih in učinkovitejše ravnanje z odpadki.

Uvedba predlaganih sprememb za zmanjšanje ogljičnega odtisa Elektra Ljubljana zahteva premišljeno načrtovanje in izpolnjevanje ključnih pogojev. Ti pogoji zajemajo kadrovske, tehnične in finančne vidike, ki so ključni za uspešno implementacijo predlaganih rešitev.

Nekatere možnosti nadaljnjega razvoja vključujejo: povečanje deleža obnovljive energije in investicij v smeri elektrifikacije voznikov z uporabo električnih ali hibridnih vozil, spremljanje novih tehnoloških rešitev in subvencij za okolju prijazna vozila, okrepljena ozaveščenost zaposlenih, spodbujanje trajnostnih praks na delovnem mestu ipd.

Tako bi podjetje ne le izpolnjevalo regulativne zahteve, temveč tudi prevzemalo vodilno vlogo pri oblikovanju bolj trajnostne prihodnosti.

## Literatura in viri

- Elektro Ljubljana, (2022a). *Metodologija za izračun ogljičnega odtisa skupine Elektro Ljubljana. Ljubljana*: Elektro Ljubljana, d. d.
- Elektro Ljubljana, (2022b). *ESG – trajnost in implementacija v organizacijo*. Velenje: Elektro Ljubljana, d. d.
- Elektro Ljubljana, (2022c). *Trajnostni razvoj, družbena odgovornost, ESG-predpisi ter okviri poročanja. Ljubljana*: Elektro Ljubljana, d. d.
- EUR – Lex, (2021). *EU Emissions Trading System (EU ETS)*. Dostopno na naslovu: [https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=LEGISSUM:emissions\\_trading\\_system](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=LEGISSUM:emissions_trading_system) (28. 10. 2023)
- European Council, (2023). *Fit for 55*. Dostopno na naslovu: <https://www.consilium.europa.eu/en/policies/green-deal/fit-for-55-the-eu-plan-for-a-green-transition/> (24. 11. 2023)
- GOV, (2024). *Nacionalni energetske in podnebni načrt*. Dostopno na naslovu: [https://www.energetika-portal.si/fileadmin/dokumenti/publikacije/nepn/dokumenti/nepn\\_2024\\_pos\\_v5.0\\_avg2024.pdf](https://www.energetika-portal.si/fileadmin/dokumenti/publikacije/nepn/dokumenti/nepn_2024_pos_v5.0_avg2024.pdf) (21. 10. 2024)
- Macdonald, C., (2022). *The shift from linear to circular economy in the road to sustainable digitalization*. Dostopno na naslovu: <https://www.linkedin.com/pulse/shift-from-linear-circular-economy-road-sustainable-caroline> (4. 11. 2023)
- PIS, (2022). *Zakon o varstvu okolja*. Dostopno na naslovu: <http://www.pisrs.si/Pis.web/pregledPredpisa?id=ZAKO8286#> (28. 10. 2023)
- PIS (2020). *Uredba o vrstah naprav, dejavnosti in toplogrednih plinih*. Dostopno na naslovu: <http://www.pisrs.si/Pis.web/pregledPredpisa?id=URED8201> (27. 11. 2023)

**Urška Mikec** je diplomirana okoljevarstvenica Visoke šole za trajnostni razvoj, Kranj, ki je trenutno zaposlena na Občini Škocjan kot pripravnica. Njeno delovno področje ni neposredno povezano z varstvom okolja ali njeno izobrazbo, saj se uvaja v različna delovna področja, ki se izvajajo na občini. Kljub temu pridobiva dragocene izkušnje na področju javne uprave, kar ji omogoča širši vpogled v delovanje občinskih služb in povezovanje različnih sektorjev pri doseganju trajnostnih ciljev v prihodnosti.

**Mag. Muharem Husić**, predavatelj na Visoki šoli za trajnostni razvoj, Kranj, se je februarja leta 2018 upokojil s 40,5 let delovne dobe. Od tega je štiri leta delal v Kemični tovarni Melamin v Kočevju in 36,5 let na Kemijskem inštitutu v Ljubljani. Objavil je 104 znanstvenih in strokovnih del, univerzitetne ali visokošolske učbenike z recenzijami (Ergonomija in varstvo pri delu (2010), Ekologija (2011), Odvajanje in čiščenje odpadnih vod (2015)). Je avtor in soavtor sedmih nerecenziranih učnih gradiv, ki pa so vpisane v bazo COBISS. Je mentor 41 diplomskih del, ki so vpisane v bazo COBISS, in 14 del, ki še niso vpisane v COBISS.

## 10 TRAJNOSTNI IN MNOŽIČNI TURIZEM V GORSKEM HABITATU, POSLEDICE IN UČINKI TER RAZVOJNE PERSPEKTIVE

Dr. Rok Mencej, ŠCPET Ljubljana

### **Povzetek**

*Trajnostni turizem predstavlja ključno izhodiščno paradigmo v sodobnem turističnem načrtovanju, saj stremi k ohranjanju naravnih virov in kulturne, materialne, nematerialne dediščine, kulturne kohezije, hkrati pa zagotavlja ekonomsko korist lokalnim skupnostim. Množični oziroma masovni turizem pa, nasprotno, pogosto povzroča prekomerne obremenitve na okolje in infrastrukturo, kar vodi do degradacije naravnih habitatov, še posebej občutljivih gorskih ekosistemov. V prispevku raziskujem kompleksno dinamiko med trajnostnim in množičnim turizmom v gorskem habitatu, s posebnim poudarkom na negativnih učinkih velikega obiska. Kot aktiven gornik in deležnik gorskega habitata sem priča neposrednim posledicam nepremišljenega turističnega razvoja, kar mi omogoča globlji vpogled v problematiko. Analiziram vplive antropogenih dejavnikov na naravne habitate in iščem rešitve za uravnoteženje turističnih tokov z ekološko nosilnostjo. Preučujem tudi vlogo lokalnih skupnosti in njihovo participacijo pri oblikovanju trajnostnih turističnih strategij. Za celovito analizo problematike v referatu uporabljam interdisciplinarne metode, združujem ekološke, sociološke in ekonomske pristope. Poseben poudarek namenjam študiji ugotovitvam o predmetni problematiki v alpskem prostoru, kjer intenzivnost turističnega obiska že resno ogroža biotsko raznovrstnost. Moje raziskovanje vključuje tudi pregled sodobnih praks in modelov trajnostnega turizma ter možnosti njihove implementacije v lokalnih okoljih. Upam, da bodo ugotovitve prispevale k bolj uravnoteženemu razvoju turizma v gorskih habitatih ter spodbujale odgovorno vedenje turistov in deležnikov.*

*Ključne besede: trajnost, turizem, habitati, turisti, množični turizem*

### **SUSTAINABLE AND MASS TOURISM IN MOUNTAIN HABITATS: CONSEQUENCES, IMPACTS AND DEVELOPMENT PERSPECTIVES**

### **Abstract**

*Sustainable tourism represents a key paradigm in contemporary tourism planning, as it aims to preserve natural resources, cultural heritage—both tangible and intangible—and cultural cohesion, while simultaneously ensuring economic benefits for local communities. In contrast, mass tourism often exerts excessive pressure on the environment and infrastructure, leading to the degradation of natural habitats, particularly within sensitive mountain ecosystems. This paper explores the complex dynamics between sustainable and mass tourism in mountain environments, with a specific focus on the negative impacts of high visitor numbers. As an active mountaineer and stakeholder in mountain habitats, I have witnessed firsthand the direct consequences of poorly planned tourism development, providing me with a deeper insight into the issue. I analyze the impacts of anthropogenic factors on natural habitats and seek solutions to balance tourist flows with ecological carrying capacity. Additionally, I examine the role of local communities and their participation in the formulation of sustainable tourism strategies. My research employs interdisciplinary methods, combining ecological, sociological, and economic approaches for a comprehensive analysis of the issue. Special emphasis is placed on the study of this issue in the Alpine region, where the intensity of tourist visitation is already seriously threatening biodiversity. My research also includes a review of contemporary practices and models of sustainable tourism and the potential for their implementation in local environments. I hope that my findings will contribute to a more balanced development of tourism in mountain habitats and encourage responsible behavior among tourists and stakeholders.*

*Keywords: sustainability, tourism, habitats, tourists, mass tourism*

## 10.1 UVOD V GORSKI TURIZEM

Obiskovalci gora smo povsod v naravi samo gostje in pri tem nismo sami. Kjerkoli hodimo, so doma in so si svoje življenjsko okolje prilagodile številne rastlinske in živalske vrste. V zapleteni, a brezhibno uravnoteženi gorski naravi ni večvrednih ali manjvrednih, pomembnih ali nepomembnih, potrebnih ali nepotrebnih oblik življenja. Vsaka oblika življenja je enako pomembna in enako potrebna. Gore so obremenjene zaradi vplivov podnebnih sprememb in pomanjkanja trajnostnega razvoja, kar povečuje tveganja za ljudi in planet.<sup>13</sup>

### 10.1.1 Raziskovalni problem, namen in cilji, znanstvena področja raziskovanja ter teoretična izhodišča

Namen referata je raziskati in kritično analizirati vplive trajnostnega in množičnega turizma na gorske habitate, s poudarkom na negativnih učinkih množičnega turizma. Referat se osredotoča na preučevanje kompleksnih dinamik med trajnostnim in množičnim turizmom, predvsem v alpskem prostoru, kjer so negativni vplivi turistične dejavnosti na naravne ekosisteme še posebej očitni. Cilj referata je identificirati možne rešitve za uravnoteženje turističnih tokov z ekološko nosilnostjo in preučiti vlogo lokalnih skupnosti pri oblikovanju trajnostnih turističnih strategij.

### 10.1.2 Cilji:

- Analizirati vplive množičnega turizma na gorske habitate, še posebej na biotsko raznovrstnost in naravne ekosisteme v alpskem prostoru.
- Preučiti koncept trajnostnega turizma kot alternative množičnemu turizmu ter raziskati njegovo vlogo pri ohranjanju naravnih virov in kulturne dediščine.
- Raziskati vlogo lokalnih skupnosti pri načrtovanju in implementaciji trajnostnih turističnih strategij ter njihovo participacijo pri odločanju.
- Preučiti sodobne prakse in modele trajnostnega turizma ter možnosti njihove implementacije v gorskih okoljih.
- Predlagati rešitve za uravnotežen razvoj turizma, ki bi zmanjšale negativne vplive na naravne habitate in spodbujale odgovorno vedenje turistov in drugih deležnikov.
- Za pripravo znanstvenega referata s temo vplivov trajnostnega in množičnega turizma na gorske habitate lahko izpostavimo naslednja znanstvena področja raziskovanja:
- **Ekologija gorskih ekosistemov:** preučevanje vplivov turizma na biotsko raznovrstnost, habitate in naravne procese v gorskih območjih, z osredotočenostjo na posledice množičnega turizma.

---

<sup>13</sup> Slovenija je v letu 2024 na dan 25. aprila porabila vse naravne vire, ki jih lahko Zemlja obnovi v enem letu. To pomeni, da če bi vsi ljudje na svetu živeli kot povprečen prebivalec Slovenije, bi že 25. aprila začeli uporabljati vire, ki jih planet ne more več obnoviti v tem letu (Balkan Green Energy News, 2024).

- **Trajnostni turizem:** raziskovanje načel, praks in modelov trajnostnega turizma; možnosti, kako ti lahko prispevajo k ohranjanju naravnih virov in ekosistemov v gorskih območjih.
- **Okoljska znanost in upravljanje naravnih virov:** analiza vplivov turistične dejavnosti na naravne vire (voda, tla, vegetacija) in strategije za upravljanje in zaščito teh virov.
- **Socialna ekologija in vloga lokalnih skupnosti:** preučevanje odnosa med lokalnimi skupnostmi in turizmom, vključno z njihovo vlogo pri oblikovanju trajnostnih turističnih strategij in ohranjanju ekosistemov.
- **Okoljska ekonomika:** preučevanje ekonomskih vidikov turizma, vključno z analizo stroškov in koristi trajnostnega in množičnega turizma ter ekonomskih instrumentov za uravnoteženje turističnih dejavnosti z ekološkimi cilji.
- **Upravljanje zavarovanih območij:** preučevanje metod in praks za upravljanje zavarovanih naravnih območij (npr. narodnih parkov), kjer se soočajo s pritiskom množičnega turizma.
- Te discipline lahko skupaj nudijo celovit vpogled v dinamiko med trajnostnim in množičnim turizmom ter njihovimi vplivi na gorske habitate.
- Referat se opira na več teoretičnih izhodišč in konceptov, ki so pomembni za razumevanje trajnostnega turizma v kontekstu gorskih habitatov:
  - **Trajnostni razvoj:** Koncept trajnostnega razvoja, ki je bil prvič celovito predstavljen v poročilu Naša skupna prihodnost (Brundtland Report, 1987), poudarja ravnotežje med ekonomskimi, okoljskimi in družbenimi vidiki razvoja. V kontekstu turizma to pomeni ohranjanje naravnih virov in kulturne dediščine, hkrati pa zagotavljanje ekonomske koristi lokalnim skupnostim.
  - **Teorija ekološke nosilnosti:** Teorija ekološke nosilnosti obravnava zmožnost ekosistema, da vzdrži določeno raven človekovih dejavnosti brez degradacije naravnih virov. V kontekstu turizma to pomeni, da je treba omejiti število obiskovalcev in obseg turističnih dejavnosti na raven, ki jo lahko ekosistem vzdrži brez trajnih negativnih posledic (Butler, 1996).
  - **Množični turizem in njegovi vplivi:** Množični turizem se pogosto povezuje z negativnimi vplivi na okolje, kot so prekomerne obremenitve na infrastrukturo, onesnaževanje, uničevanje naravnih habitatov in zmanjšanje biotske raznovrstnosti. Posebno problematični so vplivi množičnega turizma v občutljivih okoljih, kot so gorski habitati (Gössling, 2002).
  - **Participativno načrtovanje v turizmu:** Participativno načrtovanje poudarja vlogo lokalnih skupnosti pri odločanju in oblikovanju turističnih strategij. Vključevanje lokalnih skupnosti v proces načrtovanja povečuje verjetnost, da bodo sprejete rešitve trajnostne in ustrezno prilagojene lokalnim potrebam in značilnostim (Bramwell & Lane, 2011).
  - Referat bo prispeval k razumevanju pomena trajnostnega turizma in njegove implementacije v gorskih okoljih, kar je ključno za dolgoročno ohranjanje naravnih in kulturnih virov ter izboljšanje kakovosti življenja lokalnih skupnosti.

## 10.2 ZGODOVINSKI RAZVOJ GORSKEGA TURIZMA

Zgodovinski razvoj gorskega turizma v Evropi se začne v 18. stoletju, ko so Alpe postale priljubljena destinacija za naravoslovce in raziskovalce, motivirane zaradi lepote in

skrivnostnosti gorskega sveta. Razvoj železniškega omrežja je v 19. stoletju omogočil množičen dostop do gorskih regij, kar je sprožilo razvoj infrastrukture, kot so planinske kočee in pohodniške poti, ter vzpon novih turističnih dejavnosti, kot sta alpinizem in smučanje. Danes gorski turizem vključuje številne aktivnosti vse leto, pri tem pa se trudi za trajnostni razvoj ter ohranjanje naravne in kulturne dediščine. V 18. stoletju so Alpe postale priljubljena destinacija za evropsko elito, ki je v gorskem svetu iskala lepoto in razkošje. Prvi gorski turisti, pretežno plemiči, so prispevali k razvoju gorskih letovišč in železnic, ki so omogočale lažji dostop do gora. Jean-Jacques Rousseau je s svojim delom *Julija ali Nova Heloiza* spodbudil obiskovanje Alp, ki so postale priljubljena destinacija med mladimi moškimi iz višjih slojev. V obdobju belle époque je gorski turizem dosegel vrhunec, a je z začetkom prve svetovne vojne močno upadel. Po vojnem obdobju so se z razvojem avtomobilizma in železniške infrastrukture znova vzpostavili pogoji za rast gorskega turizma. Po drugi svetovni vojni se je gorski turizem začel hitro razvijati, predvsem zaradi naraščajočih dohodkov prebivalstva, večje mobilnosti in uvedbe plačanih dopustov (WTO, 2018).

V Sloveniji ima gorski turizem bogato zgodovino. Prve oblike turizma so se razvile že v 18. in 19. stoletju, ko so plemiči in raziskovalci začeli obiskovati slovenske gore. Ustanovitev Slovenskega planinskega društva leta 1893 je pomembno prispevala k popularizaciji gornišstva. Po drugi svetovni vojni je razvoj turistične infrastrukture v slovenskih gorah omogočil lažji dostop in privabil večje število obiskovalcev (PZS, 2020).

Popularizacija gorskega turizma je predstavljala pomemben korak v razvoju turistične industrije. Razvoj transportne infrastrukture, zlasti železnic in cest, je omogočil lažji dostop do gorskih krajev in povečal mobilnost turistov. Poleg tega so se razvile številne turistične dejavnosti, ki so privabile širok spekter obiskovalcev. Pohodništvo, smučanje in druge športne aktivnosti so postale glavne privlačnosti gorskega turizma, kar je privedlo do rasti te turistične panoge (Pechlaner in Tschurtschenthaler, 2010, str. 49–71). Širjenje gorskega turizma je omogočila tudi učinkovita promocija destinacij, ki so postale dostopne širši javnosti. Razvoj sodobnih trženjskih pristopov in uporaba digitalnih medijev sta omogočila bolj ciljno usmerjeno oglaševanje, kar je povečalo prepoznavnost gorskih destinacij po vsem svetu. Kljub številnim izzivom, kot so vzdrževanje infrastrukture, uravnoteženje turizma z okoljevarstvom in uvajanje trajnostnih praks, gorski turizem ostaja pomembna gospodarska dejavnost (UNWTO, 2023). Industrializacija gorskega turizma je prinesla številne spremembe, med katerimi je najpomembnejša izgradnja specializirane turistične infrastrukture. Palačni hoteli in letovišča so omogočila razkošno bivanje v gorskih destinacijah, medtem ko so sodobne trženjske strategije prispevale k promociji teh krajev. Inovacije v transportu, kot so železnice, avtomobili in letalstvo, so omogočile decentralizacijo turističnih tokov in razvoj turizma tudi v manjših gorskih območjih. Ta proces je pripeljal do raznolikosti nastanitvenih storitev, od luksuznih vil do kampov, kar je omogočilo dostopnost gorskega turizma širšemu spektru obiskovalcev (UNWTO, 2020).

Zgodovinski razvoj turizma v Alpah in drugih gorskih območjih je skozi čas oblikoval temelje za sodobno turistično ponudbo, ki združuje ohranjanje naravne dediščine in gospodarski razvoj. Gorske destinacije danes priznavamo kot glavne elemente turistične industrije, z nenehnim poudarkom na trajnostnem razvoju in ohranjanju okolja. Turizem v Alpah se je prav tako razvil konec 19. stoletja, predvsem poleti. Po 2. svetovni vojni so gospodarske spremembe, višji dohodki, zakonodaja o dopustih in izboljšana infrastruktura povečali dostopnost Alp. Regije, ki prej niso bile povezane z izvornimi trgi, so začele privabljati obiskovalce, kar je omogočilo razvoj turističnih destinacij v odročnih dolinah in

mestih. Alpe so postale model gorskega turizma, tako pa so tudi vplivale na razvoj drugih gorskih območij po svetu. Današnji turizem v Alpah ima poudarjeno vlogo v regionalnem gospodarstvu, zaposlovanju in vplivu na okolje in lokalne skupnosti. Alpe so ena izmed najbolj priljubljenih turističnih destinacij na svetu, vsako leto privabljajo milijone obiskovalcev, kar podpira gospodarsko rast različnih sektorjev, vključno s turizmom, rekreacijo in prometom.

### 10.3 IZZIVI GORSKEGA TURIZMA

Dogajanje v gorah vpliva na polovico svetovnega prebivalstva prek vodnih virov in biotske raznovrstnosti. Negativni vplivi človekovih dejavnosti v gorah zahtevajo sonaravno načrtovanje in izvajanje. Turizem in rekreacija v gorah nista več prostorsko in časovno ločena, kar povečuje pritiske na naravne vire. Negativni vplivi turizma in rekreacije se pojavijo, ko obseg dejavnosti preseže nosilne zmogljivosti narave. Neposredni učinki gornišva vključujejo vplive na vodne vire, onesnaževanje, izgubo habitatov, pritisk na živalske vrste in povečano rabo naravnih virov.

Ohranjanje biotske raznovrstnosti in naravnih virov je temelj alpskega turizma. Intenzivna raba turističnih območij lahko povzroči izgubo habitatov in ogrozi vrste rastlin in živali. Zmanjšanje negativnih vplivov mobilnosti, ki jih povzroča turizem, je bistveno, saj promet in infrastruktura povečujeta onesnaževanje in hrup. Upravljanje z naravnimi nesrečami, ki jih povečujejo podnebne spremembe, je pomembno za varnost turistov in lokalnih prebivalcev. Velik obisk turistov povečuje količino odpadkov, kar ogroža ekološko ravnovesje in kakovost okolja. Sezonska narava turizma (Gurung in De Jong, 2020) močno vpliva na zaposlene v turističnem sektorju in na lokalno prebivalstvo, kar vodi do socialnih izzivov in višjih življenjskih stroškov. Čeprav turizem ustvarja priložnosti za lokalne prebivalce, koristi niso vedno enakomerno porazdeljene. Uravnoteženje cenovne politike z dohodki lokalnega prebivalstva je zato ključnega pomena za trajnostni turizem. Ohranjanje kulturne dediščine je temelj alpskega turizma, saj ta temelji na bogati zgodovini in tradiciji. Digitalizacija prinaša številne koristi, vendar tudi izzive, kot je prekomerna obremenitev destinacij. Energetska učinkovitost in uporaba obnovljivih virov sta temelj za prihodnost turizma (Gossling, Scott, Hall, 2020). Razdrobljena struktura alpskega turizma otežuje inovacije, zato je ozaveščanje lokalnih deležnikov o potrebi po inovativnih pristopih ključnega pomena. Medsektorsko sodelovanje med turizmom in drugimi sektorji je nujno za trajnostni razvoj. Usklajevanje med turistično in drugo infrastrukturo je potrebno za uresničitev trajnostnih ciljev. Povečanje povpraševanja po obnovljivi energiji lahko prispeva k varovanju naravnih virov in kulturnih pokrajin. Spodbujanje trajnostnih potovanj in ozaveščanje turistov pa je ključno za prihodnost trajnostnega turizma.

Gorski turizem predstavlja (Bramwell in Lane, 2011) edinstveno obliko turizma, osredotočeno na naravne in kulturne vrednote gorskih območij. Vključuje širok spekter aktivnosti, od športnih in avanturističnih do zdravstvenih in kulturnih doživetij. Ta oblika turizma pomembno prispeva k lokalnim gospodarstvom s spodbujanjem zaposlovanja, razvoja infrastrukture in ohranjanja tradicionalnih obrti. Trajnostno upravljanje lahko prispeva k ohranjanju naravnih virov in biotske raznovrstnosti, saj se prihodki iz turizma pogosto usmerjajo v ohranjanje naravnih parkov. Poleg ekonomskih koristi ponuja tudi številne zdravstvene prednosti, saj aktivnosti v naravi izboljšujejo fizično kondicijo in duševno blagostanje.

## 10.4 DVOJNA NARAVA GORSKEGA TURIZMA

Gorski turizem ima dvojno naravo – privablja obiskovalce z naravno lepoto, hkrati pa je podvržen intenzivnemu pritisku turizma, kar lahko škoduje okolju. Prva plat gorskega turizma je naravna privlačnost, ki vključuje biotsko raznovrstnost in ohranjanje vodnih virov. Gore so dom številnim ogroženim vrstam in ključne za ohranjanje ekosistemov. Druga plat pa je pritisk množičnega turizma, ki vodi do erozije tal, onesnaženja vode in uničenja habitatov. Gradnja infrastrukture, kot so smučišča in hoteli, lahko dramatično spremeni naravno pokrajino. Pomembno je vzpostaviti trajnostne prakse, ki spoštujejo naravno okolje in vključujejo lokalne skupnosti v procese odločanja. Le s tem pristopom lahko zagotovimo dolgoročno ohranjanje naravne lepote in trajnostno gospodarsko in družbeno blaginjo (Gossling, Scott, Hall, 2020).

## 10.5 LOKALNI VIDIKI GORSKEGA TURIZMA IN STRUKTURNA TVEGANJA

Gorski turizem je tesno povezan z lokalnimi skupnostmi, ki močno prispevajo k razvoju turistične ponudbe in ohranjanju kulturne dediščine (Keller, 2014). Te skupnosti pogosto igrajo vlogo nosilcev znanja o tradicionalnih dejavnostih in obrteh, kar omogoča avtentične izkušnje za obiskovalce. Lokalni vidiki gorskega turizma vključujejo tudi ekonomske priložnosti za prebivalce, saj turizem spodbuja zaposlovanje, promocijo lokalnih izdelkov in storitev ter podjetništvo. Gorska območja so bogata z zgodovino in tradicijo, ki prispevata k privlačnosti turizma. Obiskovalci lahko spoznavajo lokalno kulturo, običaje, arhitekturo in kulinariko, kar prispeva k ohranjanju in promociji tradicionalnih praks.

Gorski turizem se sooča s številnimi strukturnimi tveganji, ki lahko vplivajo na njegovo trajnostno rast. Med okoljska tveganja sodijo občutljivost gorskih ekosistemov na vplive turizma, podnebne spremembe in degradacija naravne krajine. Socialna tveganja vključujejo preobremenjenost lokalnih skupnosti, kulturno homogenizacijo in socialno neenakost. Infrastrukturalna tveganja izhajajo iz težav pri gradnji in vzdrževanju infrastrukture v zahtevnih gorskih pogojih, kar lahko omeji dostopnost in konkurenčnost turističnih destinacij. Ekonomska tveganja so povezana s sezonsko naravo dejavnosti, kar povečuje izpostavljenost ekonomskim nihanjem in nestabilnosti. Za obvladovanje teh tveganj je potrebno uravnoteženo razmerje med ohranjanjem naravnega okolja, podporo lokalnim skupnostim in ustvarjanjem gospodarskih priložnosti. Visoki stroški gorskih športov in dostopnost letovišč predstavljajo dodatne izzive. Gorski turizem je v veliki meri odvisen od lokalnega in domačega povpraševanja, kar lahko zmanjša njegovo odpornost na zunanje krize. Podnebni dejavniki, kot so snežne razmere pozimi in vreme poleti, močno vplivajo na uspešnost turistične sezone. Zaradi sezonskih nihanj so hoteli in druge turistične storitve pogosto manj izkoriščeni, kar zmanjšuje dobičkonosnost in otežuje investicije v modernizacijo. Vremenski pogoji postajajo pomemben dejavnik za turiste, ki svoje odločitve o potovanjih vse pogosteje povezujejo z njimi (UNWTO, 2024).

## 10.6 DINAMIKA STRUKTURNIH SPREMEMB V GORSKEM TURIZMU

Gorski turizem se sooča s pomembnimi strukturnimi spremembami, kjer tradicionalni zimski športi, kot sta smučanje in deskanje, postopoma dopolnjujejo nove, celoletne dejavnosti, kot so pohodništvo, gorsko kolesarjenje, wellness turizem in kulturne prireditve (Denzin in Lincoln, 2011). Poudarek je tudi na trajnostnem razvoju, ki vključuje uporabo obnovljivih virov energije in ohranjanje naravnega okolja. Digitalizacija ter tehnološke inovacije, kot so

spletne platforme za rezervacije in pametni sistemi za upravljanje obiskovalcev, pomembno vplivajo na preoblikovanje turistične ponudbe v gorskih območjih.

## 10.7 ZRELOST GORSKEGA TURIZMA NA GLAVNIH TURISTIČNIH TRGIH

Gorski turizem predstavlja ključen segment globalne turistične industrije, ki privablja milijone obiskovalcev na destinacije, kot so Alpe, Skalno gorovje in Himalaja. Zrelost gorskega turizma se odraža v stabilnem turističnem povpraševanju, ohranjanju naravnih in kulturnih virov ter visoki prepoznavnosti na turističnem trgu. Ključna komponenta zrelosti destinacij je dobro razvita infrastruktura, ki omogoča dostopnost vse leto, in bogata ponudba turističnih dejavnosti, ki segajo od zimskih športov do poletnih aktivnosti, kot so pohodništvo, gorsko kolesarjenje in plezanje. Zrele destinacije se osredotočajo tudi na trajnostne strategije, kot so ohranjanje habitata in upravljanje z odpadki, kar zmanjšuje ekološki odtis turističnih dejavnosti. Poleg naravnih lepote in športnih aktivnosti so pomembni tudi kulturni dogodki, wellness ponudba in lokalna kulinarika. Zreli turistični kraji gradijo trdne povezave z lokalnim prebivalstvom in vključujejo lokalno skupnost v turistično industrijo (Denzin in Lincoln, 2011). Take destinacije privabljajo obiskovalce z vsega sveta s svojo raznovrstno ponudbo in zagotavljajo visoko kakovost storitev ter varnostne standarde, pomembne za ohranjanje konkurenčnosti na globalnem turističnem trgu.

## 10.8 NOVE TRŽNE RAZMERE V GORSKEM TURIZMU

Smučarski turizem, ki je bil nekoč prevladujoča oblika zimskega turizma, se zdaj sooča z izzivi, kot so podnebne spremembe, gospodarske razmere in spreminjajoče se preference turistov. Podnebne spremembe vplivajo na snežne razmere tako, da vedno bolj skrajšujejo smučarsko sezono, kar zmanjšuje privlačnost nekaterih destinacij. Hkrati pa se povečuje zanimanje za dejavnosti, kot so kolesarjenje, pohodništvo in wellness turizem, kar vpliva na upadanje obiska smučarskih središč. Novi tržni pogoji zahtevajo večjo prilagodljivost in inovativnost pri ustvarjanju turističnih produktov, ki bi privabljali obiskovalce vse leto. Pri tem prihajata v ospredje sodelovanje med javnim in zasebnim sektorjem ter vključevanje lokalne skupnosti v razvoj turizma. Kljub izzivom obstajajo možnosti za nadaljnji razvoj gastronomije, wellnessa, rokodelstva in podeželskega turizma, kar bi omogočilo trajnostno rast turizma v gorah (Mountain and Snow Tourism Market Share&Forecast 2033, 2023).

## 10.9 METODOLOGIJA IN KVALITATIVNI DEL RAZISKAVE

V referatu uporabljam kvalitativne raziskovalne metode, pri čemer so osrednji del raziskave poglobljeni in polstrukturirani intervjuji z izbranimi poznavalci gorskega habitata. Tak pristop omogoča pridobivanje širšega vpogleda v kompleksno dinamiko med trajnostnim in množičnim turizmom v gorskih okoljih, zlasti v alpskem prostoru. Kvalitativna metodologija omogoča razumevanje subjektivnih mnenj, izkušenj in percepcij udeležencev raziskave, kar je ključnega pomena za analizo vplivov turizma na naravne habitate in za razvoj trajnostnih turističnih strategij.

V raziskavi je sodelovalo 12 poznavalcev gorskega habitata, ki imajo bogate izkušnje in znanje s področja upravljanja gorskih ekosistemov ter turizma. Anketiranci so bili izbrani na podlagi naslednjih kriterijev:

- **Strokovna kompetenca:** Vključeni so bili strokovnjaki s področja ekologije, turizma, okoljevarstva ter predstavniki lokalnih skupnosti.

- **Geografska raznolikost:** Anketiranci so prihajali iz različnih alpskih regij, kar je omogočilo pridobivanje raznolikih perspektiv glede vplivov turizma v različnih gorskih okoljih.
- **Izkušnje z gorskim turizmom:** Vključeni so bili posamezniki, ki imajo izkušnje z razvojem ali upravljanjem turističnih dejavnosti v gorskih območjih, kar je zagotovilo empirično podprta stališča.

Intervjuji so bili polstrukturirani in so sledili vnaprej pripravljenemu vprašalniku, ki je bil oblikovan na podlagi pregleda relevantne literature in predhodnih raziskav na temo trajnostnega turizma in vplivov množičnega turizma na gorske habitate. Vprašalnik je vseboval odprta vprašanja, kar je omogočilo usmerjeno razpravo ter hkrati dovoljevalo prosto izražanje mnenj anketirancev. Ključna področja vprašanj so vključevala:

- Percepcijo trajnostnega turizma v gorskih okoljih;
- Vpliv množičnega turizma na naravne habitate in biotsko raznovrstnost;
- Vlogo lokalnih skupnosti pri oblikovanju turističnih politik;
- Priporočila za uravnotežen razvoj turizma.

Intervjuji so bili izvedeni osebno ali prek videokonferenčnih orodij, odvisno od logističnih zmožnosti. Vsak intervju je trajal med 60 in 90 minutami. Anketirancem je bila zagotovljena anonimnost, podatki pa so bili zbrani in obdelani v skladu z etičnimi smernicami kvalitativnega raziskovanja (Creswell, 2013). Podatki, pridobljeni z intervjuji, so bili analizirani s pomočjo kvalitativne vsebinske analize, kar je omogočilo identifikacijo ključnih tem in vzorcev v odgovorih anketirancev (Braun in Clarke, 2006). Proces analize je vključeval naslednje korake:

- **Transkripcija:** Vsi intervjuji so bili natančno transkribirani.
- **Interpretacija:** Na podlagi analize so bili izoblikovani empirični izsledki, ki so osvetlili ključne izzive in priložnosti trajnostnega turizma v gorskih habitatih.
- **Empirični izsledki,** pridobljeni na podlagi izvedenih intervjujev, so pokazali naslednje ključne ugotovitve:
  - **Vpliv množičnega turizma:** Večina anketirancev je poudarila negativne vplive množičnega turizma na gorske habitate, kot so degradacija naravnih virov, erozija tal, ter motnje v življenjskih vzorcih divjih živali.
  - **Pomembnost trajnostnega pristopa:** Anketiranci so se strinjali, da je treba nujno preiti na trajnostne modele turizma, ki vključujejo omejevanje števila obiskovalcev, spodbujanje ekološkega vedenja turistov ter vzpostavitev trajnostne infrastrukture.
  - **Vloga lokalnih skupnosti:** Izpostavljena je bila potreba po večjem vključevanju lokalnih skupnosti v proces načrtovanja in odločanja o turističnem razvoju. Participativno načrtovanje se je izkazalo kot ključno za uspešno implementacijo trajnostnih strategij.

Kvalitativna raziskava z uporabo poglobljenih intervjujev je omogočila pridobitev dragocenih vpogledov v izzive in priložnosti trajnostnega turizma v gorskih habitatih. Pridobljeni empirični izsledki bodo prispevali k oblikovanju bolj uravnoteženih in trajnostnih turističnih politik, ki bodo zagotavljale ohranjanje naravnih virov, kulturne dediščine in ekonomsko blaginjo lokalnih skupnosti. Ta pristop bo pripomogel k razumevanju trajnostnega turizma in zagotavljanju, da razvoj turizma v gorskih okoljih poteka na način, ki ohranja ekološko ravnovesje in podpira lokalne skupnosti.

## 10.10 PREDLOGI ZA ODPRAVO NEGATIVNIH UČINKOV MNOŽIČNEGA TURIZMA V GORAH

Množični turizem v gorah predstavlja resno grožnjo za naravno okolje in lokalne skupnosti. Na podlagi teoretičnih in empiričnih raziskav ter pogovorov z različnimi deležniki in obiskovalci gorskih območij predlagamo niz ukrepov, ki bi omejili negativne učinke ter hkrati omogočili trajnostni razvoj turizma.

- **Spodbujanje vodenih pohodov:** Uvedba plačljivih vodenih pohodov s planinskimi ali gorskimi vodniki bi izboljšala varnost in informiranost obiskovalcev. Vodniki bi lahko nudili strokovne razlage o zahtevnosti poti ter naravnih in kulturnih zanimivostih, kar bi pripomoglo k zmanjšanju tveganja za nezgode in neprimerno obnašanje v občutljivem naravnem okolju.
- **Izboljšanje informiranja in promocije:** Učinkovitejše informiranje v informacijskih centrih, izboljšana interpretacija poti ter predvidnejše načrtovanje promocijskih aktivnosti in dogodkov, zlasti na družbenih omrežjih, so ključnega pomena. Problem ni le v neozaveščenosti tujih obiskovalcev, ampak tudi v pomanjkljivi pripravi in informiranju s strani slovenskih organizatorjev.
- **Usmerjanje obiska in javni prevoz:** Spodbujanje uporabe javnega prevoza za dostop do izhodišč poti bi zmanjšalo prometne obremenitve in okoljskih vplivov.
- **Omejevanje prometa v občutljivih območjih:** Uvedba plačljivih zapornic z visokimi cenami za prehod in parkiranje v najbolj obiskanih alpskih dolinah, kot so Vrata in Krma, ter ureditev parkirišč bi bistveno zmanjšali promet in s tem povezane negativne vplive na okolje. Dober primer takega ukrepa je načrtovana ureditev prometa prek prelaza Vršič.
- **Merjenje obiska:** Država in lokalne skupnosti bi morale investirati v sisteme za statistično merjenje obiska v gorskih območjih. Takšni podatki bi omogočili boljše upravljanje virov in odpadkov ter pripomogli k oblikovanju strategij za omejevanje števila obiskovalcev.
- **Kolesarske poti:** Uvajanje kolesarskih poti bi lahko pripomoglo k trajnostnemu razvoju turizma, saj bi obiskovalci počasneje spoznavali okolico in hkrati zmanjšali pritisk na najbolj občutljive predele.
- **Prepoved električnih koles:** V Triglavskem narodnem parku bi bilo smiselno prepovedati uporabo električnih koles, saj ta prispevajo k povečanju prometa na območjih, kjer je to neprimerno.
- **Označevanje mirnih območij:** Označevanje mirnih območij, kjer je promet omejen, bi prispevalo k zaščiti ogroženih rastlinskih in živalskih vrst ter zmanjšalo motnje v naravnem okolju.
- **Umik slik z družbenih omrežij:** Čeprav drastičen, bi lahko umik posnetkov z družbenih omrežij pripomogel k zmanjšanju priliva turistov v že tako preobremenjena območja.
- **Nacionalna strategija merjenja obiska:** Sprejetje nacionalne strategije za merjenje števila obiskovalcev v gorskih območjih je nujno, saj trenutni podatki ne omogočajo učinkovitega načrtovanja in upravljanja turizma.
- **Omejevanje promocije Triglavskega narodnega parka:** Zavestno zmanjšanje promocijskih aktivnosti za Triglavski narodni park bi razbremenilo to najbolj priljubljeno destinacijo in preusmerilo obiskovalce v manj obremenjena območja.

- **Preusmerjanje turističnih tokov:** Organizirano preusmerjanje obiskovalcev v sredogorje in predalpski svet bi zmanjšalo pritisk na visokogorska območja ter omogočilo bolj trajnosten razvoj turizma.
- **Plačljivo gorsko reševanje:** Uvedba plačljivega gorskega reševanja bi lahko zmanjšala število neodgovornih obiskovalcev in hkrati zagotovila sredstva za boljše reševalne storitve.
- **Okrepitev nadzora:** Povečanje števila gorskih nadzornikov in podelitev širših pooblastil bi izboljšala nadzor nad vedenjem obiskovalcev in pripomogla k ohranjanju naravnega okolja.
- **Omejevanje gostinske ponudbe:** Skrčenje gostinske ponudbe v visokogorskih postojankah bi zmanjšalo privlačnost teh območij za množični turizem.
- **Javni prevoz:** Uvedba kombiniranega železniškega in avtobusnega prometa, na primer med Jesenicami in Vrščem, bi pripomogla k zmanjšanju avtomobilskega prometa v občutljivih območjih.
- **Izobraževanje:** Vključitev učnih vsebin o varovanju narave v osnovne in srednje šole bi dolgoročno prispevala k večji ozaveščenosti mladih generacij o pomenu trajnostnega turizma.

## 10.11 ZAKLJUČEK

Predlagani ukrepi temeljijo na interdisciplinarnem pristopu, ki vključuje sodelovanje geografov, biologov, sociologov, turističnih strokovnjakov in drugih relevantnih deležnikov. Cilj je oblikovati trajnostno strategijo za upravljanje množičnega turizma v gorskih območjih ter zagotoviti dolgoročno ohranitev naravnega okolja in kakovost življenja lokalnih skupnosti.

## Literatura in viri

- Bramwell, B., & Lane, B. (2011). *Sustainable tourism: An evolving global approach*. Journal of Sustainable Tourism, 19(1), 1–7.
- Braun, V., & Clarke, V. (2006). *Using thematic analysis in psychology*. Qualitative Research in Psychology, 3(2), 77–101.
- Butler, R. W. (1996). *The concept of carrying capacity for tourism destinations: Dead or merely buried?* Progress in Tourism and Hospitality Research, 2(3-4), 283–293.
- Creswell, J. W. (2013). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches*. SAGE Publications.
- Denzin, N. K., & Lincoln, Y. S. (Eds.). (2011). *The SAGE handbook of qualitative research* (4th ed.). SAGE Publications.
- *Earth Overshoot Day 2024: Slovenia to exhaust its credit on April 25*. (2024). Dostopno na naslovu: <https://balkangreenenergynews.com/earth-overshoot-day-2024-slovenia-to-exhaust-its-credit-on-april-25/> (24. 4. 2024)
- Gössling, S. (2002). *Global environmental consequences of tourism*. Global Environmental Change, 12(4), 283–302.
- Gössling, S., Scott, D. in Hall, C. M. (2020). *Tourism and Water in Mountain Regions: A Review of the State of Knowledge*. Water. Dostopno na naslovu: [https://www.researchgate.net/publication/328364954\\_Mountain\\_Tourism\\_Research\\_A\\_Review/](https://www.researchgate.net/publication/328364954_Mountain_Tourism_Research_A_Review/) (12. 4. 2024)
- Gurung, D. B. in De Jong, W. (2020). *Socio-Economic Impacts of Tourism in the Developing World*. In *Tourism and the Sustainable Development Goals* (str. 23-39). Springer, Cham.
- Holden, A. (2008). *Environment and tourism*. Routledge.
- Keller, P. (2014). *Mountainlikers: New Trends of Mountain Tourism for the Summer Season – Introductory Remarks*. Dostopno na naslovu: <https://destination.unwto.org> (12. 11. 2003)
- *Mountain and Snow Tourism Market Share & Forecast 2033*. (2023). Dostopno na naslovu: <https://www.futuremarketinsights.com/reports/snow-and-mountain-tourism-sector-overview-and-outlook/> (3. 12. 2023)
- Pechlaner, H. in Tschurtschenthaler, P. (2010). *The economic impacts of tourism industrialization in the Alps*. *Current Issues in Tourism*, 13(1), 49–71.
- Planinska zveza Slovenije. *Novice*. (2020). Dostopno na naslovu: <https://zgodovina.pzs.si/> (18. 6. 2024)
- United Nations World Tourism Organisation. (2020). *UNWTO Briefing Note on Tourism in Mountain Regions*. Dostopno na naslovu: <https://www.unwto.org/tourism-mountain-regions> (8. 8. 2024)
- United Nations World Tourism Organisation. (2023). *UNWTO World Tourism Barometer*. Dostopno na naslovu: <https://doi.org/10.18111/wtobarometereng> (6. 7. 2024)
- United Nations World Tourism Organisation. *UNWTO Sustainable Mountain Tourism – Opportunities for Local Communities*. Dostopno na naslovu: <https://www.e-unwto.org/doi/epdf/10.18111/9789284420285?role=tab/> (6. 7. 2024)
- World Commission on Environment and Development (WCED). (1987). *Our Common Future (Brundtland Report)*. Oxford University Press.
- World Tourism Organization (2018). *Sustainable Mountain Tourism-Opportunities for Local Communities*. UNWTO, Madrid. Dostopno na naslovu: <https://doi.org/10.18111/9789284420261> (5. 4. 2023).

**Dr. Rok Mencej**, avtor prispevka (prispevek je pripravljen na podlagi avtorjevega magistrskega dela bolonjskega študijskega programa), je doktor in dvojni magister ekonomskih in turističnih ved z bogatimi izkušnjami v podjetništvu. Njegovo strokovno znanje obsega poglobljeno razumevanje gorskega habitata in izzivov, s katerimi se ta sooča. Kot učitelj in profesor deluje v več izobraževalnih ustanovah v Sloveniji, kjer predaja svoje znanje prihodnjim generacijam. Prav tako sodeluje z različnimi domačimi in mednarodnimi organizacijami pri spodbujanju trajnostnega razvoja turizma v gorskih območjih.