



Univerza v Novem mestu
Fakulteta za *poslovne*
in upravne vede

Aleksandar Šobot

Temeljne vsebine varstva okolja



01

ZBIRKA OKOLJSKE ZNANOSTI
UČBENIKI IN MONOGRAFIJE

2026



Univerza v Novem mestu
*Fakulteta za poslovne
in upravne vede*

Aleksandar Šobot

Temeljne vsebine varstva okolja

Novo mesto, 2026

dr. Aleksandar Šobot
TEMELJNE VSEBINE VARSTVA OKOLJA
Učbenik

Zbirka

Okoljske znanosti – učbeniki in monografije
Knjiga 1

Izdajatelj

Univerza v Novem mestu, Fakulteta za poslovne in upravne vede

Založnik

Založba Univerze v Novem mestu

Urednica

dr. Malči Grivec

Strokovna recenzija

dr. Mateja Breg Valjavec

Jezikovni pregled

Grega Rihtar, s. p.

Tehnična ureditev

IRIS ProTisk, d. o. o.

Izdaja

Elektronska izdaja

Dostopno na

<https://www.zalozba-unm.si/index.php/press/catalog/book/99>

Cena

Brezplačna publikacija

Izdano

Novo mesto, 2026



To delo je ponujeno pod licenco Creative Commons Priznanje avtorstva - Deljenje pod enakimi pogoji 4.0 Mednarodna licenca. / This work is licensed under a Creative Commons Attribution-Share like 4.0 International License.

Kataložni zapis o publikaciji (CIP) pripravili v Narodni in univerzitetni knjižnici v Ljubljani
COBISS.SI-ID [271834115](#)
ISBN 978-961-7269-05-5 (PDF)

PREDGOVOR

Knjiga je nastala kot odgovor na vse večjo potrebo po sistematičnem, celovitem in zgodovinsko utemeljenem razumevanju varstva okolja. Okolje ni zgolj prostor, v katerem živimo, temveč je temeljni pogoj našega obstoja in prihodnjega razvoja. Zato se je ob proučevanju zgodovinskih procesov, ki so v Sloveniji in širše oblikovali odnos do narave, virov in energije, pokazala nujnost, da se ta znanja zberejo, povežejo in posredujejo prihodnjim generacijam.

Knjiga temelji na vpogledu v tri ključna obdobja: 19. stoletje, ko je prevladovala kmetijska raba in so se začeli prvi poskusi upravljanja naravnih virov; 20. stoletje, ki ga je zaznamovala industrializacija, svetovni vojaški konflikti, jedrski prelomni dogodki in okoljske nesreče; ter 21. stoletje, v katerem se soočamo s podnebnimi spremembami, izgubo biotske raznovrstnosti in globalnimi vprašanji energetske varnosti. Ti zgodovinski prelomi niso le del spomina, temveč nosijo pomembne lekcije za sedanjost in prihodnost.

Potreba po takšnem učbeniku se kaže v tem, da okoljsko izobraževanje ni več stvar izbire, temveč nuja. Mladi, ki bodo v prihodnje oblikovali družbo, politiko in gospodarstvo, morajo razumeti prepletenost človekovih dejavnosti z naravnimi procesi, pa tudi nevarnosti, ki jih prinašajo podnebne spremembe, jedrske grožnje in izguba življenjskega prostora za številne vrste. Zato knjiga ni le znanstveni pregled, temveč tudi izobraževalni pripomoček, namenjen spodbujanju kritičnega mišljenja, odgovornosti in aktivnega vključevanja v varstvo okolja.

Obenem knjiga predstavlja tudi osebna izkustva avtorja, ki so se oblikovala skozi raziskovanje, delo na terenu in opazovanje sprememb v naravi in družbi. V ospredju niso zgolj teoretične razlage, temveč tudi neposredni odsevi realnosti, degradirani habitati, onesnažene reke, a tudi primeri uspešnih prizadevanj, kot so obnova mokrišč, zaščita ogroženih vrst in uveljavitev obsežnih varovanih območij. Takšna osebna nota daje knjigi dodatno vrednost, saj povezuje znanstveno analizo z življenjskimi zgodbami in izkušnjami.

Kot izhodišča uvodnega poglavja in sklepi zaključka jasno kažejo, je varstvo okolja proces, ki presega državne meje in ideološke razlike. Od prvih gozdarskih uredb v Avstro-Ogrski, preko izzivov industrializacije v času Jugoslavije, do današnjih evropskih politik in globalnih groženj, se kaže ista resnica: okolje, biotska raznovrstnost, energija in mir so neločljivo povezani.

Ta knjiga je zato povabilo k razumevanju, raziskovanju in dialogu. Predstavlja most med preteklostjo in prihodnostjo, med znanstveno analizo in osebnimi zgodbami, med lokalnimi primeri in globalnimi vprašanji. Namenjena je predvsem študentom študijskega programa upravljanje okolja, pa tudi vsem, ki verjamejo, da je prihodnost človeštva neločljivo povezana z varstvom okolja.

KAZALO

1	UVOD	1
2	POMEN OKOLJA ZA SOCIALNO-EKONOMSKI RAZVOJ DRUŽBE	2
2.1	Pomen biotske raznovrstnosti za družbeno-ekonomski razvoj: primer kmetijstva in proizvodnje hrane	3
2.2	Pomen premoga za družbeno-ekonomski razvoj: proizvodnja iz »neobnovljivih virov« energije.....	4
2.3	Pomen podnebja za družbeno-ekonomski razvoj: primer proizvodnje iz »obnovljivih virov« energije.....	6
2.4	Povzetek	7
2.5	Vprašanja, ki spodbujajo razmislek in razpravo.....	8
3	OKOLJE V RAZLIČNIH DRUŽBENIH SISTEMIH.....	9
3.1	Slovenija in varstvo okolja v družbenih spremembah 19. stoletja: prehod iz kmečkega sistema v kapitalizem	9
3.2	Slovenija in varstvo okolja v družbenih spremembah 20. stoletja: Prehod iz kapitalizma v komunizem	10
3.3	Slovenija in varstvo okolja v družbenih spremembah 21. stoletja: prehod s komunizma v demokracijo	12
3.4	Povzetek	14
3.5	Vprašanja, ki spodbujajo razmislek in razpravo.....	14
4	DRUŽBENI PROCESI, KI VPLIVAJO NA VARSTVO OKOLJA.....	16
4.1	Globalne spremembe in varstvo okolja v 19. stoletju	16
4.2	Globalne spremembe in varstvo okolja v 20. stoletju	17
4.3	Globalne spremembe in varstvo okolja v 21. stoletju	24
4.4	Primer vpliva globalizacije v obliki evropeizacije na okoljsko politiko Slovenije: implementacija Nature 2000	27
4.4.1	<i>Evropeizacija jugovzhodne Evrope.....</i>	27
4.4.2	<i>Vzpostavitev večnivojskega sistema upravljanja okolja</i>	27
4.4.3	<i>Vloge ključnih akterjev v večnivojskem sistemu upravljanja okolja.....</i>	28
4.4.4	<i>Prispevki evropeizacije k nacionalnemu sistemu varstva okolja Slovenije</i>	28
4.5	Individualizacija kot oblika odziva na globalizacijo	29
4.5.1	<i>Percepcije in evropska okoljska politika</i>	29
4.5.2	<i>Stališča in evropska okoljska politika.....</i>	30
4.5.3	<i>Vrednote in evropska okoljska politika.....</i>	31
4.5.4	<i>Vedenje in evropska okoljska politika.....</i>	32
4.6	Globalizacija proti individualizaciji: primer Nature 2000.....	33
4.7	Povzetek	34
4.8	Vprašanja, ki spodbujajo razmislek in razpravo.....	35
5	VARSTVO OKOLJA: MED EKOLOGIJO, UPRAVLJANJEM OKOLJA IN TRAJNOSTNIM RAZVOJEM	37
5.1	Razvoj koncepta varstva okolja: zgodovinski prehod od ekologije k trajnostnemu razvoju....	37
5.2	Sodobni temelji varstva okolja: demokratično upravljanje naravnih virov.....	41
5.3	Varstvo okolja na primeru Nature 2000: demokratično ekosistemsko upravljanje naravnih virov.....	42

5.4	Povzetek	44
5.5	Vprašanja, ki spodbujajo razmislek in razpravo.....	45
6	VARSTVO NARAVE: TEMELJNE VSEBINE ZA VARSTVO OKOLJA	46
6.1	Ekološki pomen vrst za varovanje okolja.....	46
6.1.1	<i>Kraljestvo Monera</i>	47
6.1.2	<i>Kraljestvo Protistov</i>	49
6.1.3	<i>Kraljestvo Fungi</i>	52
6.1.4	<i>Kraljestvo Plantae</i>	56
6.1.5	<i>Kraljestvo Animalia</i>	80
6.2	Biotska raznovrstnost: ekološki pomen za varstvo okolja.....	110
6.2.1	<i>Pojem biotske raznovrstnosti</i>	110
6.2.2	<i>Ekološki pomen biotske raznovrstnosti</i>	111
6.2.3	<i>Biotska raznovrstnost v Sloveniji</i>	111
6.2.4	<i>Varstvo biotske raznovrstnosti</i>	112
6.3	Habitati: ekološki pomen za varstvo okolja	114
6.3.1	<i>Morski, obalni in priobalni habitatni tipi: ekološki pomen, okoljski izzivi in varstveni ukrepi</i>	116
6.3.2	<i>Peščene sipine v obalnih in celinskih predelih: ekološki pomen, okoljski izzivi in varstveni ukrepi</i>	117
6.3.3	<i>Sladkovodni habitatni tipi: ekološki pomen, okoljski izzivi in varstveni ukrepi</i>	119
6.3.4	<i>Resave in grmišča zmernih območij: ekološki pomen, okoljski izzivi in varstveni ukrepi</i>	121
6.3.5	<i>Sklerofilna grmišča (matoral): ekološki pomen, okoljski izzivi in varstveni ukrepi</i>	122
6.3.6	<i>Naravna in polnaravna travnišča: ekološki pomen, okoljski izzivi in varstveni ukrepi</i>	124
6.3.7	<i>Visoka, prehodna in nizka barja: ekološki pomen, okoljski izzivi in varstveni ukrepi</i>	126
6.3.8	<i>Skalnati habitatni tipi in jame: ekološki pomen, okoljski izzivi in varstveni ukrepi</i>	127
6.3.9	<i>Gozdovi: ekološki pomen, okoljski izzivi in varstveni ukrepi</i>	129
6.4	Zavarovana območja: ekološki pomen za varstvo okolja.....	130
6.4.1	<i>Ekološko pomembna območja: pomen in varstvo</i>	130
6.4.2	<i>Posebna varstvena območja Natura 2000</i>	131
6.4.3	<i>Postopek dodelitve statusa posebnega varstvenega območja Natura 2000</i>	132
6.4.4	<i>Evidenca zavarovanih območij</i>	133
6.4.5	<i>Upravljanje zavarovanih območij v Sloveniji</i>	133
6.4.6	<i>Vloga Triglavskega narodnega parka v omrežju Natura 2000</i>	134
6.5	Zavarovane naravne in kulturne vrednote kot temelj krajinske identitete.....	135
6.5.1	<i>Opredelitev in vrednotenje naravnih vrednot</i>	136
6.5.2	<i>Varstvo naravnih vrednot</i>	143
6.5.3	<i>Naravne vrednote in krajina</i>	146
6.5.4	<i>Varstvo krajinskih vrednot</i>	147
6.5.5	<i>Naravne vrednote in kulturna dediščina</i>	147
6.5.6	<i>Varstvo kulturne dediščine</i>	148
6.6	Programiranje in načrtovanje varstva narave	148
6.7	Povzetek	150
6.8	Vprašanja, ki spodbujajo razmislek in razpravo.....	150

7	VODA: TEMELJNE VSEBINE ZA VARSTVO OKOLJA	154
7.1	Voda v biosferi: topnost in oblike pojavljanja	154
7.3	Fizikalno-kemični in biološki procesi v vodnem okolju	157
7.4	Raztopljene snovi in plini v vodi ter njihov vpliv na vodne ekosisteme	159
7.5	Pojem onesnaženje voda	161
7.6	Raba vode in njen vpliv na onesnaženje vodnega okolja	163
7.7	Sodobne oblike in stopnje onesnaženosti voda	165
7.8	Najpogostejše vrste in viri onesnaževanja voda	167
7.8.1	<i>Komunalno onesnaževanje voda</i>	167
7.8.2	<i>Industrijsko onesnaževanje voda</i>	169
7.8.3	<i>Kmetijsko onesnaževanje voda</i>	170
7.9	Fizikalni učinki in fizikalni indikatorji onesnaženja voda	171
7.10	Kemični učinki in kemični indikatorji onesnaženja voda	173
7.11	Biološki učinki in biološki indikatorji onesnaženja voda	175
7.12	Prečiščevanje onesnaženih odpadnih voda	177
7.13	Sanitarno-ekološki nadzor voda	179
7.15	Vprašanja, ki spodbujajo razmislek in razpravo	182
8	ZRAK: TEMELJNE VSEBINE ZA VARSTVO OKOLJA	183
8.1	Glavne sestavine zraka	184
8.2	Vrste onesnaževanja zraka	185
8.2.1	<i>Naravni viri onesnaževanja</i>	186
8.2.2	<i>Antropogeni viri onesnaževanja</i>	187
8.3	Razvrstitev virov onesnaževanja zraka	188
8.4	Distribucija onesnaževal v atmosferi	189
8.5	Učinek tople grede	191
8.6	Zmanjševanje ozonskega sloja v stratosferi	193
8.7	Acidifikacija	194
8.8	Posledice onesnaženega zraka na zdravje ljudi	196
8.9	Analiza onesnaženosti zraka	198
8.10	Ukrepi za zaščito atmosfere pred onesnaženjem	199
8.11	Povzetek	201
8.12	Vprašanja, ki spodbujajo razmislek in razpravo	202
9	HRUP: TEMELJNE VSEBINE ZA VARSTVO OKOLJA	203
9.1	Pojem hrupa	203
9.2	Viri hrupa	203
9.3	Dejavniki, poti prenosa in posledice hrupa	206
9.4	Monitoring in zaščitni ukrepi proti hrupu	207
9.5	Povzetek	209
9.6	Vprašanja, ki spodbujajo razmislek in razpravo	210
10	ELEKTROMAGNETNO SEVANJE: TEMELJNE VSEBINE ZA VARSTVO OKOLJA	211
10.1	Pojem in razvrstitev elektromagnetnega sevanja	211
10.2	Neionizirajoče sevanje: značilnosti, učinki in zaščitni ukrepi	212
10.2.1	<i>Ultravijolično sevanje: značilnosti, učinki in zaščitni ukrepi</i>	214
10.2.2	<i>Infrardeče sevanje: značilnosti, učinki in zaščitni ukrepi</i>	216
10.2.3	<i>Radiofrekventno sevanje: značilnosti, učinki in zaščitni ukrepi</i>	217
10.2.4	<i>Elektromagnetno sevanje ekstremno nizkih frekvenc: značilnosti, učinki in zaščitni ukrepi</i>	219
10.3	Ionizirajoče sevanje: značilnosti, učinki in zaščitni ukrepi	221

10.4 Povzetek	223
10.5 Vprašanja, ki spodbujajo razmislek in razpravo	224
11 ZAKLJUČEK.....	225
12 VIRI IN LITERATURA	227

KAZALO TABEL

<i>Tabela 1: Primer taksonomske razvrstitve.....</i>	47
<i>Tabela 2: Primerjava lastnosti med talofiti in kormofiti.....</i>	57
<i>Tabela 3: Primer referenčnih vrednosti za kvantitativno oceno stanja surovih odpadnih voda.....</i>	181
<i>Tabela 4: Preglednica sestave suhega zraka pri morski gladini.....</i>	185
<i>Tabela 5: Primer primarnih in sekundarnih onesnaževal zraka.....</i>	189

KAZALO SLIK

<i>Slika 1:</i> Kranjska čebela v času opravevanja.....	4
<i>Slika 2:</i> Muzej premogovništva Slovenije	5
<i>Slika 3:</i> Hibridni sistem HE Brežice – sončna elektrarna 6 MW	6
<i>Slika 4:</i> Železarska zbirka Koroškega pokrajinskega muzeja	10
<i>Slika 5:</i> Opozorilo o neprimernosti reke Krupe za uporabo.....	11
<i>Slika 6:</i> Sodelovanje javnosti v okoljskih zadevah	13
<i>Slika 7:</i> Industrijska revolucija v Združenem kraljevstvu (slika Norberta Kaiserja)	17
<i>Slika 8:</i> Hirošima po atomskem bombardiranju.....	18
<i>Slika 9:</i> Jedrska elektrarna Černobil po nesreči, maj 1986	21
<i>Slika 10:</i> Cilji trajnostnega razvoja	26
<i>Slika 11:</i> Ogljikov krog	38
<i>Slika 12:</i> Fazno-kontrastna slika <i>Methanothermobacter marburgensis</i>	48
<i>Slika 13:</i> <i>Escherichia coli</i> pod svetlobnim sestavljenim mikroskopom	49
<i>Slika 14:</i> <i>Euglena gracilis</i> pod transmissijskim svetlobnim mikroskopom	50
<i>Slika 15:</i> Svetlobno-mikroskopski videz <i>Paramecium caudatum</i>	51
<i>Slika 16:</i> <i>Amoeba proteus</i>	52
<i>Slika 17:</i> Svetlobni mikroskopski posnetek <i>Batrachomyxium dendrobatidis</i>	53
<i>Slika 18:</i> <i>Rhizopus</i> sp.....	54
<i>Slika 19:</i> <i>Penicillium notatum</i> na SDA gojišču.....	55
<i>Slika 20:</i> <i>Agaricus bisporus</i>	56
<i>Slika 21:</i> <i>Spirulina platensis</i>	58
<i>Slika 22:</i> Optična mikroskopska slika <i>Euglena gracilis</i>	59
<i>Slika 23:</i> <i>Tribonema aequale</i> pod svetlobnim mikroskopom in fluorescenčnim mikroskopom	60
<i>Slika 24:</i> Svetlobne mikrofotografije vrste <i>Dinobryon bavaricum</i>	61
<i>Slika 25:</i> Skenirne elektronske mikrofotografije tipičnega materiala <i>Achnanthes minutissima</i> ..	62
<i>Slika 26:</i> Spremembe v habitatu in velikosti celic vrste <i>Ulothrix zonata</i> v različnih letnih časih	63
<i>Slika 27:</i> Morfološke značilnosti vrste <i>Audouinella</i> sp.....	65
<i>Slika 28:</i> <i>Cystoseira compressa</i>	66
<i>Slika 29:</i> Kalcifikacija v alkalnih pasovih pri <i>Nitella flexilis</i>	67
<i>Slika 30:</i> <i>Lecanora muralis</i>	69
<i>Slika 31:</i> <i>Xanthoria parietina</i>	70
<i>Slika 32:</i> <i>Usnea</i> sp.	71
<i>Slika 34:</i> <i>Polytrichum commune</i>	73
<i>Slika 35:</i> <i>Diphasiastrum</i> sp.....	75
<i>Slika 36:</i> <i>Equisetum arvense</i>	76
<i>Slika 37:</i> <i>Dryopteris filix-mas</i>	77
<i>Slika 38:</i> <i>Picea abies</i>	78
<i>Slika 39:</i> <i>Cycas revoluta</i>	79
<i>Slika 40:</i> <i>Fagus sylvatica</i>	80
<i>Slika 41:</i> <i>Intoshia linei</i>	81
<i>Slika 42:</i> <i>Ephydatia fluviatilis</i>	82
<i>Slika 43:</i> <i>Aurelia aurita</i>	83

<i>Slika 44:</i> Fasciola hepatica pri ovcah.....	84
<i>Slika 45:</i> Caenorhabditis elegans	85
<i>Slika 46:</i> Lumbricus herculeus (levo) i Lumbricus terrestris (desno)	86
<i>Slika 47:</i> Unio crassus.....	87
<i>Slika 49:</i> Salpa fusiformis	89
<i>Slika 50:</i> Branchiostoma lanceolatum.....	90
<i>Slika 51:</i> Lampetra planeri.....	92
<i>Slika 52:</i> Scyliorhinus canicula	93
<i>Slika 53:</i> Salmo trutta fario	94
<i>Slika 54:</i> Proteus anguinus	95
<i>Slika 55:</i> Vipera ammodytes	96
<i>Slika 56:</i> Strix uralensis.....	97
<i>Slika 57:</i> Ornithorhynchus anatinus	98
<i>Slika 58:</i> Macropus rufus	99
<i>Slika 59:</i> Erinaceus europaeus.....	100
<i>Slika 60:</i> Myotis myotis	101
<i>Slika 61:</i> Myrmecophaga tridactyla	102
<i>Slika 62:</i> Sciurus vulgaris.....	103
<i>Slika 63:</i> Lepus europaeus.....	104
<i>Slika 65:</i> Tursiops truncatus.....	106
<i>Slika 66:</i> Loxodonta africana	106
<i>Slika 67:</i> Equus ferus caballus	107
<i>Slika 68:</i> Cervus elaphus	108
<i>Slika 69:</i> Cebus capucinus.....	109
<i>Slika 70:</i> Homo sapiens.....	110
<i>Slika 71:</i> Črna štoklja.....	114
<i>Slika 72:</i> Klifi v Krajinskem parku Strunjan.....	117
<i>Slika 73:</i> Eryngium amethystinum.....	118
<i>Slika 74:</i> Chara sp.	120
<i>Slika 75:</i> Calluna vulgaris	121
<i>Slika 76:</i> Juniperus communis.....	123
<i>Slika 77:</i> Salvia pratensis	125
<i>Slika 78:</i> Sphagnum sp.....	126
<i>Slika 79:</i> Thlaspi rotundifolium	128
<i>Slika 80:</i> Fagus Sylvatica	129
<i>Slika 81:</i> Otlica na robu Trnovskega gozda	137
<i>Slika 82:</i> Ponikve pri Preserju kot značilen primer pretočnega kraškega polja	138
<i>Slika 83:</i> Rakov Škocjan – del kraškega sistema Ljubljaniice	138
<i>Slika 84:</i> Barje Za Blatom na Jelovici.....	139
<i>Slika 85:</i> Žvepleni izvir v strugi Lučnice pri Riherju v Podvolovjeku.....	140
<i>Slika 87:</i> Cerknliško jezero – prvo opisano presihajoče jezero, pomembno za znanstvene raziskave.	142
<i>Slika 88:</i> Triglav kot simbol slovenske narodne identitete	142
<i>Slika 89:</i> Jamski rov v Planinski jami	144
<i>Slika 90:</i> Matkov škaf	145
<i>Slika 91:</i> Greben v Karavankah	146
<i>Slika 92:</i> Vodni krog.....	155
<i>Slika 94:</i> Kroženje dušika	158
<i>Slika 95:</i> Raztopljeni O ₂ v vodi.....	160

<i>Slika 96:</i> Povečana motnost vode.....	161
<i>Slika 97:</i> Množični pogin rib v Pernškem jezeru poleti 2021	163
<i>Slika 98:</i> Namakanje poljščin in travinja	165
<i>Slika 99:</i> Planinsko polje v času kraških poplav	167
<i>Slika 100:</i> Komunalno onesnaževanje voda.....	168
<i>Slika 101:</i> Industrijsko onesnaževanje voda	169
<i>Slika 103:</i> Potok Tojnica po požaru v podjetju Kemis, 2017.....	173
<i>Slika 104:</i> Naplavine v zgornji Mežiški dolini (2023).....	174
<i>Slika 105:</i> Tubifex tubifex.....	176
<i>Slika 106:</i> Biološko čiščenje z aktivnim blatom	178
<i>Slika 107:</i> Primer izvajanja monitoringa na iztoku iz čistilne naprave	180
<i>Slika 108:</i> Plasti Zemljine atmosfere	183
<i>Slika 109:</i> Požar na Krasu, Slovenija, 2022	186
<i>Slika 110:</i> Termoelektrarna Šoštanj	188
<i>Slika 111:</i> Kurjenje v zimskem obdobju, Novo mesto.....	189
<i>Slika 112:</i> Antropogena onesnaževala v troposferi.....	190
<i>Slika 113:</i> Primer segrevanja Zemljine površine	192
<i>Slika 114:</i> Ozonska luknja nad Antarktiko.....	193
<i>Slika 115:</i> Gorski gozdovi pod vplivom kislega dežja.....	195
<i>Slika 116:</i> Primer vpliva kislega dežja na poškodbo lista.....	196
<i>Slika 117:</i> Londonski smog.....	197
<i>Slika 118:</i> Merilna postaja Vešter	199
<i>Slika 119:</i> Center trajnostne mobilnosti Kranj.....	200
<i>Slika 120:</i> Grmenje, naravni vir hrupa	204
<i>Slika 121:</i> Antropogeni izvori hrupa	205
<i>Slika 122:</i> Protihrupna ograja.....	208
<i>Slika 123:</i> Neionizirajoče in ionizirajoče sevanje	211
<i>Slika 124:</i> Neionizirajoče sevanje	213
<i>Slika 125:</i> Varenje.....	215
<i>Slika 126:</i> Visoka peč v jeklarni	216
<i>Slika 127:</i> Oddajnik Nanos	218
<i>Slika 128:</i> Visokonapetostni daljnovod.....	220
<i>Slika 129:</i> Radiofarmaki.....	222

SLOVARČEK POMEMBNIH TERMINOV

Splošni okoljski termini

- ARSO (*angl. Slovenian Environment Agency*) – Agencija Republike Slovenije za okolje
- BAT (*angl. Best Available Techniques*) – najboljše razpoložljive tehnike
- BMWP (*angl. Biological Monitoring Working Party*) – biološki monitoring vodotokov (BMWP – indeks)
- CITES (*angl. Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora*) – Konvencija o mednarodni trgovini z ogroženimi vrstami prostoživečih živali in rastlin
- CT (*angl. Computed Tomography*) – računalniška tomografija
- DNK (*angl. DNA – Deoxyribonucleic Acid*) – deoksiribonukleinska kislina
- EEA (*angl. European Environment Agency*) – Evropska okoljska agencija
- ELF (*angl. Extremely Low Frequency*) – elektromagnetno sevanje ekstremno nizkih frekvenc
- EPO (*angl. Ecologically Important Areas*) – ekološko pomembna območja
- ESPOO (*angl. Convention on Environmental Impact Assessment in a Transboundary Context*) – Konvencija o presoji vplivov na okolje v čezmejnem kontekstu
- EU (*angl. European Union*) – Evropska unija
- GIS (*angl. Geographical Information Systems*) – geografski informacijski sistemi
- ICNIRP (*angl. International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection*) – Mednarodna komisija za varstvo pred neionizirnimi sevanji
- IED (*angl. Industrial Emissions Directive*) – Direktiva o industrijskih emisijah
- IR (*angl. Infrared radiation*) – infrardeče sevanje
- IUCN (*angl. International Union for Conservation of Nature*) – Mednarodna zveza za varstvo narave
- NVO (*angl. Non-governmental organizations*) – nevladne organizacije
- PVO (*angl. Environmental Impact Assessment – EIA*) – presoja vplivov na okolje
- RF (*angl. Radiofrequency radiation*) – radiofrekvenčno sevanje
- RNK (*angl. RNA – Ribonucleic Acid*) – ribonukleinska kislina
- RTG (*angl. X-ray*) – rentgensko sevanje
- SAC (*angl. Special Areas of Conservation*) – posebna ohranitvena območja
- SCI (*angl. Sites of Community Importance*) – območja pomembna za Skupnost
- SDG (*angl. Sustainable Development Goals*) – cilji trajnostnega razvoja
- SPA (*angl. Special Protection Areas*) – posebna območja varstva
- TNP (*angl. Triglav National Park*) – Triglavski narodni park
- UNEP (*angl. United Nations Environment Programme*) – Program Združenih narodov za okolje
- UV (*angl. Ultraviolet radiation*) – ultravijolično sevanje
- WCED (*angl. World Commission on Environment and Development*) – Svetovna komisija za okolje in razvoj
- WWF (*angl. World Wide Fund for Nature*) – Svetovni sklad za naravo
- ZDA (*angl. United States of America*) – Združene države Amerike
- ZN (*angl. United Nations*) – Združeni narodi

Elementi in osnovne snovi

Ar (*angl. Argon*) – argon
C (*angl. Carbon*) – ogljik
Cd (*angl. Cadmium*) – kadmij
Cl (*angl. Chlorine*) – klor
Cr (*angl. Chromium*) – krom
He (*angl. Helium*) – helij
Hg (*angl. Mercury*) – živo srebro
Na (*angl. Sodium*) – natrij
Ne (*angl. Neon*) – neon
Ni (*angl. Nickel*) – nikelj
Pb (*angl. Lead*) – svinec

Plini, spojine in onesnaževala

BPK₅ (*angl. Biochemical Oxygen Demand – BOD₅*) – biokemična potreba po kisiku
CCl₄ (*angl. Carbon tetrachloride*) – ogljikov tetraklorid
CFC (*angl. Chlorofluorocarbons*) – klorofluoroogljikovodiki
CH₄ (*angl. Methane*) – metan
CH₃Br (*angl. Methyl bromide*) – metil bromid
CO (*angl. Carbon monoxide*) – ogljikov monoksid
CO₂ (*angl. Carbon dioxide*) – ogljikov dioksid
DDT (*angl. Dichloro-diphenyl-trichloroethane*) – dikloro-difenil-trikloroetan
H₂ (*angl. Hydrogen*) – vodik
H₂O (*angl. Water*) – voda
H₂S (*angl. Hydrogen sulfide*) – vodikov sulfid
H₂SO₄ (*angl. Sulfuric acid*) – žveplova kislina
HNO₃ (*angl. Nitric acid*) – dušikova kislina
KPK (*angl. Chemical Oxygen Demand – COD*) – kemična potreba po kisiku
N (*angl. Nitrogen*) – dušik
N₂ (*angl. Nitrogen*) – dušik
N₂O (*angl. Nitrous oxide*) – didušikov oksid
NH₃ (*angl. Ammonia*) – amonijak
NH₄⁺ (*angl. Ammonium*) – amonijev ion
NO₂ (*angl. Nitrogen dioxide*) – dušikov dioksid
NO₃⁻ (*angl. Nitrate*) – nitrat
NO_x (*angl. Nitrogen oxides*) – dušikovi oksidi
O₂ (*angl. Oxygen*) – kisik
O₃ (*angl. Ozone*) – ozon
P (*angl. Phosphorus*) – fosfor
PAH (*angl. Polycyclic aromatic hydrocarbons*) – policiklični aromatski ogljikovodiki
PAN (*angl. Peroxyacetyl nitrate*) – peroksiacetil nitrat
PCB (*angl. Polychlorinated biphenyls*) – poliklorirani bifenili
PM₁₀ (*angl. Particulate Matter ≤ 10 μm*) – prašni delci PM₁₀
PM_{2.5} (*angl. Particulate Matter ≤ 2.5 μm*) – fini prašni delci PM_{2.5}
PO₄³⁻ (*angl. Phosphate*) – fosfat
SO₂ (*angl. Sulfur dioxide*) – žveplov dioksid
SO₄²⁻ (*angl. Sulfate*) – sulfat
VOC (*angl. Volatile Organic Compounds*) – hlapne organske spojine

1 UVOD

Razumevanje razvoja varstva okolja zahteva vpogled v zgodovinske procese, ki so oblikovali odnos človeka do narave, virov in energije. Tako kot v številnih drugih delih sveta tudi v Sloveniji opazujemo jasno prepletenost družbenega, gospodarskega in političnega razvoja z okoljskimi spremembami, ki so določale vsakdanje življenje ljudi in dolgoročno usodo ekosistemov. Čeprav je narava stoletja veljala predvsem za prostor pridobivanja surovin in preživetja, je postopoma postajala tudi predmet znanstvenega raziskovanja, političnih razprav in družbenega gibanja. Prav iz teh procesov so nastali temelji sodobnega varstva okolja, ki danes vključuje širok spekter tem, od ohranjanja biotske raznovrstnosti in trajnostne rabe energije do preprečevanja podnebnih sprememb in jedrskih tveganj.

Tri obdobja posebej zaznamujejo razvoj odnosa do okolja. V 19. stoletju je bila Slovenija del monarhije Avstro-Ogrske, v kateri je prevladovala kmetijska raba prostora, premog in les pa sta bila ključna vira energije. Takrat so se začeli prvi sistematični poskusi gozdarskega upravljanja in varovanja naravnih virov, hkrati pa so železnice, rudniki in industrijski obrati prinesli prve oblike onesnaženja. Biotska raznovrstnost je bila neposredno prizadeta s krčenjem gozdov, izginjanjem velikih zveri in uničevanjem mokrišč, a šele pozneje je to začelo dobivati širše okoljevarstvene pomene.

V 20. stoletju so globalni pretresi pustili globoke sledi tudi na okolju. Svetovni vojni sta pokazali, da tehnološki napredek pogosto pomeni uničenje naravnih virov, atomski napadi na Hirošimo in Nagasaki pa so odprli novo poglavje razumevanja povezanosti energije, tehnologije in okoljske varnosti. Slovenijo je po drugi svetovni vojni zajela socialistična industrializacija, ki je sicer pospešila gospodarski razvoj, a pustila težke okoljske posledice: degradacijo rek, onesnaženje s PCB (*angl. Polychlorinated biphenyls*) in težkimi kovinami ter spremembo rečnih ekosistemov zaradi gradnje hidroelektrarn. Jedrska nesreča v Černobilu leta 1986 je dokončno potrdila, da vprašanja energije in okolja niso omejena na posamezne države, temveč zadevajo celotno človeštvo. Prav to obdobje je sprožilo prve resne pobude za oblikovanje sodobne okoljske zakonodaje in okoljevarstvenih institucij v Sloveniji.

V 21. stoletju so okoljski izzivi dobili globalne razsežnosti. Podnebne spremembe, izguba biotske raznovrstnosti in nevarnosti jedrskih konfliktov se povezujejo v skupen okvir, ki zahteva mednarodno sodelovanje. Slovenija je z vstopom v Evropsko unijo utrdila svojo zavezanost varstvu okolja: skoraj 38 odstotkov njenega ozemlja je vključenega v območja Natura 2000, razvijajo se obnovljivi viri energije in krepi okoljska zakonodaja. Hkrati pa spomini na Hirošimo, Nagasaki in Černobil ter sodobne grožnje oboroženih spopadov opozarjajo, da je varstvo okolja neločljivo povezano z vprašanjem miru, varnosti in trajnostne prihodnosti.

Povezava med preteklostjo in sedanjostjo jasno pokaže, da raziskovanje biotske raznovrstnosti, energetskih izzivov in globalnih okoljskih vprašanj ni naloga le znanstvenikov, temveč je temeljni pogoj za dolgoročni obstoj človeštva. Uvod v to knjigo zato ne pomeni le zgodovinskega pregleda, temveč tudi povabilo k razumevanju in iskanju rešitev, ki lahko povežejo pretekle izkušnje z današnjimi izzivi. Tako kot zaključek poudarja, da brez sodelovanja in dialoga ni mogoče preprečiti novih okoljskih in jedrskih tragedij, tudi uvod opozarja, da varstvo okolja predstavlja skupno odgovornost, pri čemer je znanje ključ do prihodnosti.

2 POMEN OKOLJA ZA SOCIALNO-EKONOMSKI RAZVOJ DRUŽBE

Okolje ima ključno vlogo v socialno-ekonomskem razvoju družbe, saj zagotavlja osnovne pogoje za življenje, delo in napredek. Že od začetkov človeške civilizacije so ljudje uporabljali naravne vire vodo, les, zemljo, kamnine, rastline in živali za izpolnjevanje svojih vsakodnevnih potreb. Skozi zgodovinska obdobja sta se način in intenzivnost izkoriščanja naravnih resursov spreminjala, kar je vplivalo na strukturo gospodarstva, prostorski razvoj in stanje okolja.

V prvi polovici 19. stoletja je večina prebivalstva v Sloveniji živela na podeželju in se ukvarjala s kmetijstvom, ki je bilo pretežno samooskrbno (Sedej, 1988–1990). Glavni viri preživetja so bili obdelovalna zemlja, gozdovi in vodni viri. Les iz gozdov se je uporabljal za kurjavo, gradnjo in orodje. Potoki in reke so poganjali mline in žage, ki so bili središča gospodarskega življenja. Obdelava polj in reja živali sta zagotavljali hrano in osnovne surovine. Raba okolja je bila prostorsko razpršena, in sicer intenzivna, a še razmeroma uravnotežena z nosilnostjo narave. Kljub temu je lokalno že prihajalo do krčenja gozdov, izsuševanja močvirij ter upadanja posameznih živalskih vrst zaradi lova in sprememb v habitatih.

Z razvojem industrije v drugi polovici 19. stoletja se je začelo obdobje intenzivnejšega izkoriščanja naravnih virov. Razmah je doživela lesna industrija, zlasti v gozdnatih predelih, kjer so gozdove izsekavali za potrebe žag, rudnikov in železnic. Razvijala se je železarska industrija (npr. na Jesenicah), ki je potrebovala velike količine premoga, železove rude in vode za hlajenje. V dolinah so se začeli graditi tekstilni obrati, ki so izkoriščali vodne vire in poceni delovno silo. Za potrebe papirnic, rudnikov in proizvodnje apna so izkoriščali kamnine, kot so dolomit, apnenec in glina. Zgradila se je železniška mreža, ki je omogočila hitrejši pretok surovin in blaga, kar je še dodatno spodbudilo mobilnost in urbanizacijo. Hkrati pa je prišlo do povečanega pritiska na prostor, onesnaževanja voda in zraka ter izgube naravnega habitata.

V prvi polovici 20. stoletja se je razvoj nadaljeval v smeri urbanizacije in industrializacije. Pomembno vlogo sta imeli obe svetovni vojni, ki sta vplivali na intenzivno uporabo surovin za potrebe vojaške industrije. Naravni viri, kot so nafta, kovine, les in voda, so postali strateškega pomena. Gradile so se tovarne, vojaški objekti in prometna infrastruktura. Veliko obdelovalnih površin je bilo preurejenih za industrijske namene, kar je vodilo k zmanjšanju biotske raznovrstnosti in povečani rabi fosilnih goriv. Reke so bile regulirane zaradi hidroenergetskih projektov, kar je spremenilo njihovo naravno dinamiko in vplivalo na vodne ekosisteme (Mikulič in Souvent, 2006).

Po drugi svetovni vojni, v drugi polovici 20. stoletja, se je v Sloveniji razvila močna industrijska baza. Podjetja, kot so Gorenje, Iskra, Litostroji, TAM in Krka, so bila gonilna sila gospodarskega razvoja (Lorenčič in Prinčič, 2018). Industrijski razvoj je zahteval množično rabo energije (predvsem iz fosilnih virov), surovin in vode. Kemijska industrija je močno vplivala na onesnaženost rek, zlasti Save, Drave in Ljubljanice. Vzporedno je rasla poraba električne energije, kar je privedlo do izgradnje številnih hidroelektrarn in začetkov izkoriščanja premoga v termoelektrarnah. Z večanjem industrijske proizvodnje in širitvijo mest je prišlo do intenzivnejšega onesnaževanja zraka, tal in voda. Biotska raznovrstnost je bila močno prizadeta, številne vrste so postale ogrožene. V tem obdobju so se pojavila tudi prva prizadevanja za varstvo okolja, začele so se izvajati prve meritve onesnaženja,

ustanovljene so bile institucije za varstvo okolja, sprejeta pa so bila tudi prva okoljevarstvena določila v zakonodaji.

V začetku 21. stoletja je postalo jasno, da nadaljnji razvoj brez skrbi za okolje ni vzdržen. Pojavile so se globalne pobude, kot so podnebni sporazumi, strategije trajnostnega razvoja in evropski zeleni dogovor (*angl. Green Deal*). V ospredje je stopil t. i. zeleni prehod – preusmeritev gospodarstva in družbe v nizkoogljično in krožno usmerjeno delovanje. Poudarek je na obnovljivih virih energije (veter, sonce, biomasa), učinkoviti rabi virov, zmanjševanju emisij in zaščiti naravnih ekosistemov. V Sloveniji se vse bolj uveljavljajo koncepti trajnostne mobilnosti, energetske prenovе stavb, ekološkega kmetovanja in varstva območij Nature 2000. Država je sprejela vrsto zakonov, ki vključujejo okoljsko presojo, sodelovanje javnosti, dostop do informacij in vključevanje lokalnih skupnosti.

2.1 Pomen biotske raznovrstnosti za družbeno-ekonomski razvoj: primer kmetijstva in proizvodnje hrane

Biotska raznovrstnost ima ključno vlogo v kmetijstvu in proizvodnji hrane, saj omogoča pestrost vrst rastlin, živali, mikroorganizmov in ekosistemov, ki skupaj ustvarjajo pogoje za stabilno, produktivno in odporno kmetijsko proizvodnjo. Raznolikost vrst in genski viri znotraj kulturnih rastlin in živali zagotavljajo možnosti prilagajanja na podnebne spremembe, bolezni in škodljivce ter prispevajo k dolgoročni prehranski varnosti.

Kmetijstvo, ki temelji na ohranjeni biotski raznovrstnosti, omogoča večjo prilagodljivost pridelovalcev na spreminjajoče se okoljske pogoje. V preteklosti so kmetje pogosto gojili številne sorte iste vrste, kar je zmanjševalo tveganje za popolne izgube ob sušah, poplavih ali boleznih. Danes pa zaradi industrializacije kmetijstva pogosto prevladuje le nekaj visoko donosnih sort, kar povečuje ranljivost agro-ekosistemov. Ohranjanje in ponovna uporaba starih, lokalno prilagojenih sort, kot na primer starih sort pšenice, krompirja ali sadnih dreves postaja zato vse pomembnejše, saj te sorte pogosto bolje prenašajo ekstremne vremenske razmere in zahtevajo manj kemičnih sredstev.

Podnebne spremembe, kot so povišanje temperatur, pogostejše suše, močne padavine in spremembe sezonskih vzorcev, dodatno poudarjajo pomen biotske raznovrstnosti v kmetijstvu. Raznoliki agro-ekosistemi lažje blažijo posledice takih sprememb, saj omogočajo stabilnejšo proizvodnjo hrane in zmanjšujejo tveganje za izpad pridelkov. Na primer, mešani posevki ali rotacije različnih poljščin izboljšujejo rodovitnost tal, zmanjšujejo pojav bolezni in varujejo pred erozijo.

Biotska raznovrstnost ima tudi pomembno vlogo pri oprraševanju rastlin brez raznovrstnih oprasovalcev, kot so čebele, metulji in drugi insekti, bi bil pridelek številnih kulturnih rastlin (kot so sadje, zelenjava, oljnice) občutno manjši (slika 1). Prav tako mikroorganizmi v tleh omogočajo kroženje hranil, razgradnjo organske snovi in izboljšanje strukture tal, kar je temelj trajnostne pridelave.

Uporaba biotske raznovrstnosti v kmetijstvu ni omejena le na pridelavo, temveč vpliva tudi na kakovost hrane, prehransko raznolikost ter lokalno kulinarico in kulturno identiteto. Na podeželju ima tradicionalna raba biotske raznovrstnosti pomembno socialno vlogo, saj povezuje skupnosti z naravo in prispeva k medgeneracijskemu prenosu znanja.

V Sloveniji se pomen biotske raznovrstnosti v kmetijstvu odraža v programih razvoja podeželja, podporah za ohranjanje travnišč z visoko naravno vrednostjo, varstvu avtohtonih pasem in sort ter

vključevanju kmetovalcev v okoljske ukrepe. Primer tega je spodbujanje ekološkega kmetovanja, ki temelji na naravnih procesih in čim večji uporabi lokalne biotske raznovrstnosti.

Slika 1: Kranjska čebela v času opravevanja



Kozmus, P. (b. d.). *Carniolan honey bee*. Javna služba nalog genske banke v živiloreji. <https://www.genska-banka.si/breeds/carniolan-honey-bee/>

Za prihodnost kmetijstva bo ohranjanje in trajnostno upravljanje z biotsko raznovrstnostjo ključno. To vključuje vlaganje v raziskave, zaščito genskih virov, krepitev lokalnih znanj in praks ter prilagajanje kmetijskih politik, da bodo podpirale večnamensko rabo kmetijske krajine, ki hkrati zagotavlja hrano, ohranja naravo in omogoča trajnostni družbeno-ekonomski razvoj.

2.2 Pomen premoga za družbeno-ekonomski razvoj: proizvodnja iz »neobnovljivih virov« energije

Premog je fosilno gorivo, ki se že stoletja uporablja v številnih industrijskih panogah, predvsem za proizvodnjo energije, in še danes velja za enega izmed ključnih energetske virov v številnih državah. Kljub temu njegov vpliv na okolje postaja vse bolj pereče vprašanje, saj se pri njegovi uporabi sproščajo velike količine ogljikovega dioksida in drugih onesnaževal, kar pomembno prispeva k podnebnim spremembam.

Najpogosteje se premog uporablja v termoelektrarnah, kjer služi kot gorivo za segrevanje vode. Ta se upari in para poganja turbine, ki proizvajajo električno energijo. Ta način, imenovan toplotna oziroma termalna proizvodnja elektrike, je tradicionalna oblika energetike, vendar ima velik negativni vpliv na

okolje zaradi visokih emisij toplogrednih plinov. V državah z velikimi zalogami premoga, kot so Kitajska, Indija in ZDA (Združene države Amerike), premog še vedno predstavlja glavni vir električne energije.

Poleg proizvodnje električne energije se premog uporablja tudi kot surovina v industrijskih procesih, na primer v proizvodnji jekla in cementa (Schumacher in Juniper, 2013). V teh panogah služi kot redukcijsko sredstvo v kemičnih reakcijah za pridobivanje kovin in drugih materialov. Vendar pa je tudi v teh primerih okoljski vpliv zelo velik, saj se pogosto uporablja nizkokakovosten premog z visoko vsebnostjo škodljivih snovi.

Zaradi vse večje ozaveščenosti o škodljivih posledicah uporabe fosilnih goriv se v zadnjih desetletjih številne države odločajo za postopno zmanjševanje ali popolno opustitev uporabe premoga. V evropskih državah, kot so Nemčija, Francija in druge članice EU (Evropska unija), so uvedli politike, ki spodbujajo prehod na čistejše, obnovljive vire energije, kot so sončna energija, energija vetra, hidroenergija in tudi jedrska energija. Cilj je zmanjšati emisije ogljikovega dioksida ter zavezati onesnaževanje zraka, vode in tal.

Tudi Slovenija se je zavezala k postopnemu opuščanju uporabe premoga, zlasti v termoelektrarnah, kjer ta povzroča velike emisije toplogrednih plinov (slika 2). Sprejeta je bila strategija, ki določa načrt za opustitev premoga kot vira električne energije do leta 2033. Po načrtih naj bi bila njegova uporaba omejena do leta 2033 in popolnoma odpravljena do leta 2050, kar je del širše evropske strategije za prehod na trajnostno energetiko. Ta prehod vključuje spodbujanje obnovljivih virov energije, izboljševanje energetske učinkovitosti ter vlaganje v nove tehnologije, kot so hranilniki energije in pametna omrežja, ki omogočajo zanesljivo in okolju prijazno oskrbo z elektriko.

Slika 2: Muzej premogovništva Slovenije



Muzej premogovništva Slovenije. (b. d.). *Underground adventure from the coal to the energy of the future.* <http://muzej.rlv.si/en/visit>

Čeprav premog trenutno še ima pomembno vlogo pri svetovni oskrbi z energijo, je prihodnost usmerjena k bolj trajnostnim in okolju prijaznim virom. Prehod s premoga na obnovljive vire energije ni le okoljska

nuja, temveč tudi ekonomska in tehnološka priložnost. Spodbuja inovacije, ustvarja nova delovna mesta in podpira razvoj trajnostnih gospodarskih panog, ki so ključne za prihodnost naše družbe.

2.3 Pomen podnebja za družbeno-ekonomski razvoj: primer proizvodnje iz »obnovljivih virov« energije

Podnebje ima neposreden vpliv na možnosti in uspešnost izkoriščanja obnovljivih virov energije, ki so ključni za trajnostni družbeno-ekonomski razvoj. Obnovljivi viri energije, kot so sonce, veter, voda, biomasa in geotermalna energija, postajajo osrednji del energetske strategije številnih držav, saj omogočajo zmanjšanje odvisnosti od fosilnih goriv, prispevajo k zmanjševanju emisij toplogrednih plinov ter spodbujajo trajnostno gospodarstvo.

Obnovljivi viri so neposredno odvisni od naravnih danosti določenega območja, kot so količina sončnega sevanja, povprečne hitrosti vetra, padavinski režim ali geotermalne značilnosti tal (slika 3). Tako ima podnebje odločilno vlogo pri prostorskem načrtovanju in umeščanju naprav za pridobivanje energije iz obnovljivih virov. Na primer, območja z veliko sončnih dni so primerna za sončne elektrarne, medtem ko so gorska območja s stalnimi vetrovi idealna za vetrne elektrarne. Podobno so rečne doline in padavinsko bogata območja primerna za izkoriščanje hidroenergije.

Slika 3: Hibridni sistem HE Brežice – sončna elektrarna 6 MW



Ministrstvo za okolje, podnebje in energijo. (23. 6. 2023). HESS opens Slovenia's biggest solar power plant as part of Brežice hybrid system. *Balkan Green Energy News*. <https://balkangreenenergynews.com/hess-opens-slovenias-biggest-solar-power-plant-as-part-of-brevice-hybrid-system/>

Uporaba obnovljivih virov ima večdimenzionalen pomen za družbo. Z ekonomskega vidika spodbuja nastanek novih industrij in ustvarjanje delovnih mest na področju načrtovanja, gradnje, vzdrževanja in upravljanja obnovljivih sistemov. Na primer, v Sloveniji je opazno povečanje števila podjetij, ki se

ukvarjajo z montažo sončnih elektrarn, proizvodnjo bioplina in razvojem lokalnih daljinskih sistemov ogrevanja na lesno biomaso.

Socialno gledano pa obnovljivi viri prispevajo k energetske neodvisnosti lokalnih skupnosti, zmanjšujejo energetske revščine in omogočajo aktivno udeležbo prebivalstva pri proizvodnji energije. Vse več občin in posameznikov se odloča za samooskrbne sončne elektrarne, kar zmanjšuje stroške za elektriko in povečuje zavedanje o trajnostnem načinu življenja.

Z vidika varovanja okolja pa prehod na obnovljive vire bistveno zmanjšuje negativne vplive na podnebje, saj nadomešča uporabo premoga, nafte in plina, glavnih povzročiteljev emisij ogljikovega dioksida (CO₂). S tem se zmanjšuje globalno segrevanje, ohranja kakovost zraka in varuje zdravje prebivalcev. Poleg tega obnovljivi viri pogosto pomenijo tudi manjše posege v prostor in manj tveganj za okoljske nesreče v primerjavi z jedrsko ali fosilno energijo.

Primer dobre prakse je strategija k postopnemu opuščanju premoga do leta 2033 ter k povečevanju deleža obnovljivih virov v svojem energetske sistemu. V državi hitro raste število sončnih elektrarn na individualnih hišah in javnih stavbah, razvijajo se vetrni projekti predvsem na Primorskem, vlaga pa se tudi v hidroelektrarne na reki Savi in biomase sisteme ogrevanja v alpskih in gozdnatih območjih.

Kljub prednostim pa prehod na obnovljive vire prinaša tudi izzive: potrebo po prilagajanju elektroenergetskih omrežij, zagotavljanje stabilnosti oskrbe ob nestalni proizvodnji ter usklajevanje interesov med varstvom narave in umeščanjem energetske naprav v prostor. Zato je nujno razvijati pametne energetske sisteme, skladišča energije ter vključevati prebivalstvo in strokovno javnost v procese odločanja.

V prihodnosti bodo prav obnovljivi viri predstavljali temelj trajnostnega in odpornega gospodarstva, ki bo sposobno uspešno odgovarjati na podnebne spremembe, zagotavljati energetske varnost ter hkrati ustvarjati nova delovna mesta in ohraniti naravne vire za prihodnje generacije. Pomen podnebja se pri tem odraža ne le kot izziv, temveč tudi kot priložnost za preoblikovanje načina proizvodnje in porabe energije v smeri okoljske in družbene pravičnosti.

2.4 Povzetek

Okolje je temelj družbeno-ekonomskega razvoja, saj zagotavlja vire za življenje, delo in napredek, njegova raba pa se je skozi zgodovino močno spreminjala. V Sloveniji je 19. stoletje zaznamovala kmetijska raba, industrijski razvoj v 20. stoletju pa je prinesel intenzivno izkoriščanje naravnih virov, izgubo biotske raznovrstnosti in onesnaževanje, kar je sprožilo prve ukrepe varstva okolja. V 21. stoletju se je pokazalo, da je nadaljnji razvoj mogoč le na trajnostnih temeljih, ki jih podpirajo globalne in evropske politike.

Biotska raznovrstnost je ključna za stabilnost naravnih sistemov, saj zagotavlja prehransko varnost, odpornost na podnebne spremembe in bolezni ter ohranja kulturno identiteto podeželja. Izguba vrst in sort povečuje ranljivost kmetijstva, zato so ohranjanje avtohtonih pasem, ekološko kmetijstvo in trajnostna raba tal nujni za dolgoročno ravnovesje med družbo in naravo.

Energija predstavlja drugo ključno področje razvoja: premog kot neobnovljiv vir je stoletja omogočal industrijski napredek, hkrati pa povzročal velike emisije toplogrednih plinov. Zaradi podnebnih sprememb se države, tudi Slovenija, usmerjajo v njegovo postopno opuščanje, saj je prehod na obnovljive vire okoljska resnica. Obnovljivi viri zmanjšujejo odvisnost od fosilnih goriv in emisije CO₂,

hkrati pa prinašajo gospodarske priložnosti z novimi delovnimi mesti ter krepijo energetska neodvisnost skupnosti.

2.5 Vprašanja, ki spodbujajo razmislek in razpravo

1. Zakaj je okolje temelj družbeno-ekonomskega razvoja in kako so se skozi zgodovino spreminjali načini njegove rabe?
2. Katere so bile prve organizirane oblike varstva okolja in zakaj so postale nujne v obdobju industrializacije?
3. Zakaj je biotska raznovrstnost ključna za prehransko varnost ter stabilnost agro-ekosistemov?
4. Kako izguba biotske raznovrstnosti povečuje ranljivost kmetijstva in družbe?
5. Kakšna je bila zgodovinska vloga premoga pri industrijskem razvoju in kateri so glavni okoljski problemi njegove rabe?
6. Kako se Slovenija sooča z opuščanjem premoga in kakšni so načrti do leta 2033 oziroma 2050?
7. Katere so ključne okoljske in gospodarske prednosti obnovljivih virov v primerjavi s fosilnimi gorivi?

3 OKOLJE V RAZLIČNIH DRUŽBENIH SISTEMIH

V tem poglavju so predstavljena tri osrednja podpoglavja, ki obravnavajo preobrazbe slovenske družbe in njihov vpliv na varstvo okolja v različnih zgodovinskih obdobjih. Prvo se nanaša na 19. stoletje, ko je Slovenija prehajala iz agrarne v kapitalistično-industrijsko družbo ter se ob tem začela soočati s prvimi resnejšimi okoljskimi izzivi. Drugo je posvečeno 20. stoletju, zaznamovanemu s prehodom iz kapitalizma v socializem, ko je prevlada težke industrije povzročila obsežne pritiske na okolje. Tretje podpoglavje pa obravnava obdobje po letu 1991, ko sta osamosvojitve in demokratizacija vzpostavili temelje sodobnega okoljskega upravljanja ter postopnega približevanja evropskim standardom. V posameznih razdelkih bodo podrobneje predstavljene značilnosti teh obdobj, družbeni in politični okvirji ter konkretni primeri, ki ponazarjajo razvoj in spremembe v odnosu do okolja.

3.1 Slovenija in varstvo okolja v družbenih spremembah 19. stoletja: prehod iz kmečkega sistema v kapitalizem

Za slovensko ozemlje je bilo 19. stoletje obdobje globokih družbenih, gospodarskih in političnih sprememb, ki so odražale širše evropske transformacije. V času, ko je bila Slovenija kot del Habsburške monarhije, kasneje Avstro-Ogrske (od leta 1867), vključena v dinamične procese industrializacije, političnih revolucij in oblikovanja nacionalnih gibanj, je potekal prehod iz tradicionalne agrarne družbe v kapitalistično industrijsko družbo (Uljan, 2004).

Slovensko ozemlje je bilo v 19. stoletju razdeljeno med več kronskih dežel Avstro-Ogrske: Kranjsko, Štajersko, Koroško, Avstrijsko Primorje (Mohorič, 2013). Čeprav so bili ti teritoriji politično in upravno razdrobljeni, so Slovenci kljub temu postopoma razvijali močno narodno zavest. Pomembno vlogo je imel kulturni preporod, ki je vzpostavil temelje slovenske identitete skozi širjenje slovenskega tiska, ustanavljanje čitalnic ter delovanje intelektualcev in narodnih voditeljev. Ti so z idejo Zedinjene Slovenije spodbujali povezovanje Slovencev znotraj monarhije in širšo jezikovno enakopravnost.

Februarska ustava iz leta 1861 je Slovincem prinesla politično zastopnost v državnem zboru na Dunaju in v deželnih zborih, kar je omogočilo začetek organiziranega političnega delovanja. Sprva so slovenski poslanci zastopali regionalne interese, v drugi polovici stoletja pa so se vse bolj povezovali v narodnozavedne skupine, ki so ustvarile prve politične stranke, kot sta Slovenska ljudska stranka in Katoliška narodno-napredna stranka. Te stranke so izobraževale narodne kadre in krepile politično zavest, kar je postavljalo temelje za poznejše prizadevanje po politični samostojnosti (Golež, 2006).

Na gospodarskem področju je Slovenija v prvi polovici 19. stoletja ostajala predvsem agrarna dežela. Večina prebivalstva je živela na podeželju in se ukvarjala s kmetijstvom, ki je bilo večinoma samooskrbno. Odprava fevdalnih obveznosti leta 1848 je omogočila kmetom pridobivanje lastnine in večjo gospodarsko neodvisnost, vendar so ostale številne socialne in ekonomske ovire (Velidova, 1986). Posledično so demografski pritisk, omejene kmetijske površine in začetki industrije sprožili migracije v mesta ter izseljevanje v tujino.

V drugi polovici 19. stoletja je Slovenija začela postopno industrializacijo. Pojavile so se prve industrijske panoge: tekstilna industrija v Kamniku, Trziču in Škofji Loki, železarstvo na Jesenicah, rudarska dejavnost v Zasavju in Idriji ter lesna in papirna industrija na Gorenjskem (Lorenčič in Prinčič, 2018) (slika 4). Razvoj prometne infrastrukture, kot so železnice in ceste, je povezal gospodarska središča in spodbudil trgovino ter mobilnost delovne sile. Oblikoval se je delavski razred, ki je začel organizirano zahtevati delavske pravice.

Slika 4: Železarska zbirka Koroškega pokrajinskega muzeja



Koroški pokrajinski muzej. (b. d.). *Železarska zbirka*. <https://www.kpm.si/razstave/zelezarska-zbirka/>

Z razvojem industrije so se pojavili tudi prvi okoljski problemi. Onesnaženje zraka, voda in tal je bilo posledica industrijskih dejavnosti, predvsem v rudarskih in industrijskih regijah. Intenzivno izkoriščanje naravnih virov je povzročilo degradacijo pokrajine in ogrožanje zdravja ljudi. Kljub temu so bili varstvu okolja namenjeni le prvi, bolj skromni poskusi, zlasti na področju gozdarstva, pri čemer so strokovnjaki opozarjali na trajnostno upravljanje gozdov (Skoberne, 2022).

Tako je Slovenija v 19. stoletju sledila evropskim modernizacijskim trendom, prehajajoč iz kmečke, agrarne družbe v kapitalistično-industrijsko. Utrjevanje narodne zavesti, oblikovanje političnih struktur in nastanek industrijske družbe so postavili temelje za družbeno preobrazbo 20. stoletja.

3.2 Slovenija in varstvo okolja v družbenih spremembah 20. stoletja: Prehod iz kapitalizma v komunizem

Začetek 20. stoletja je zaznamovalo nadaljevanje industrijskega razvoja in hkrati rast družbenih napetosti, ki so se izražale v vedno glasnejših zahtevah po socialni pravičnosti in delavskih pravicah. Socialistične ideje so se razširile predvsem med delavskim in rudarskim prebivalstvom, kar je vplivalo na politično klimo tudi na Slovenskem.

Po prvi svetovni vojni (1918) in razpadu Avstro-Ogrske so slovenske dežele postale del nove države Kraljevine Srbov, Hrvatov in Slovencev (leta 1938 preimenovali v Kraljevino Jugoslavijo) (Polajžer, 2013). V tem obdobju so se pojavile številne politične in socialne spremembe, a ekonomska kriza in nestabilnost sta ovirali razvoj.

Po drugi svetovni vojni je Slovenija postala ena izmed republik Socialistične federativne republike Jugoslavije, kar je prineslo radikalno spremembo družbeno-ekonomskega sistema. Uveljavljen je bil socialistični model, ki je temeljil na družbeni lastnini sredstev za proizvodnjo, centralnem planiranju in kolektivizaciji. Država je prevzela osrednjo vlogo v gospodarstvu in razvoju, s posebnim poudarkom na težki industriji, ki je veljala za simbol napredka.

Ta industrijska ekspanzija je privedla do hitre rasti industrijskih obratov, rudnikov, elektrarn in transportne infrastrukture, s ciljem izpolnjevanja proizvodnih planov in zadovoljitev potreb urbanega prebivalstva. Okoljski vidiki razvoja so bili pogosto zanemarjeni, saj so bili onesnaževanje zraka, voda in tal sprejeti kot »stroški« gospodarskega napredka. Naravni viri so se intenzivno izkoriščali brez trajnostne strategije, kar je povzročilo dolgotrajno škodo okolju in zdravju prebivalstva.

Poseben primer so okoljske težave, povezane s proizvodnjo tovarne Iskra Kondenzatorji v Beli krajini, kjer je bila uporabljena strupena kemikalija PCB, kar je povzročilo trajno onesnaženje tal in podtalnice (Kelc, 2023) (slika 5). Zaradi pomanjkanja okoljskih standardov in nadzora so bile okoljske posledice te prakse dolgo časa prikrite, sanacije pa so se izvajale šele po razpadu Jugoslavije. Podobno je bilo na Koroškem, kjer se ena izmed najbolj znanih primerov okoljskega onesnaženja nanaša na Mežiško dolino, zlasti na območje okoli Mežice in Črne na Koroškem. Tam je dolga desetletja deloval Rudnik svinca in cinka Mežica. Negativne posledice onesnaženja s svincem na okolje in zdravje prebivalstva so še danes prisotne, država pa se še vedno ukvarja z njihovim odpravljanjem (Gošar, 2015).

Slika 5: Opozorilo o neprimernosti reke Krupe za uporabo



Kelc, T. (2023). *Problematika PCB na območju Bele krajine in njeno poznavanje s strani prebivalcev Semiča* [Diplomsko delo, Fakulteta za varstvo okolja, Velenje]. <https://fvo.si/wp-content/uploads/2023/09/TJASA-KELC-1.pdf>

Pomanjkanje svobode izražanja in omejena vloga civilne družbe sta onemogočala razvoj okoljske zavesti in kritiko industrijskih praks. Okoljske pobude so bile pogosto zatrte, javnost ni imela dostopa do informacij o okoljskih tveganjih, kar je zaviralo razvoj učinkovite okoljske politike.

3.3 Slovenija in varstvo okolja v družbenih spremembah 21. stoletja: prehod s komunizma v demokracijo

Po razpadu nekdanjega socialističnega sistema in osamosvojitvi leta 1991 je Slovenija vstopila v novo zgodovinsko obdobje v proces demokratizacije, pravne reforme in gospodarskega prestrukturiranja. Ta prehod ni pomenil le politične tranzicije od enopartijskega sistema k parlamentarni demokraciji, temveč tudi postopno preoblikovanje načina razumevanja in upravljanja okolja.

V socializmu je bilo varstvo okolja pogosto podrejeno interesom industrializacije in gospodarske rasti, javnost pa je imela le omejen vpogled v odločitve o rabi naravnih virov ali umeščanju infrastrukturnih projektov v prostor. Okoljski problemi, kot so onesnaženje zraka, vode in tal ter degradacija prostora, so bili prisotni, a pogosto prikriti ali marginalizirani.

Z demokratizacijo in osamosvojitvijo se je odprl prostor za uveljavitev novih načel: javne odgovornosti, transparentnosti, participacije in trajnostnega razvoja. Prehod v novo družbeno-politično ureditev je pomenil tudi spremembo vloge okoljske politike od upravljanja okolja »od zgoraj navzdol« (partija sprejema vse pomembne odločitve) k bolj odprtemu, vključujočemu in pravno utemeljenemu modelu varstva okolja »od spodaj navzgor« (prebivalstvo sprejema vse pomembne odločitve).

Vstop v Evropsko unijo leta 2004 je imel močan transformativni učinek. Slovenija je morala pri približevanju evropskim standardom prilagoditi svojo okoljsko zakonodajo in institucionalne mehanizme (Šobot, 2017). S tem je prevzela ključne evropske vrednote: varstvo okolja kot temeljno človekovo pravico, vključenost javnosti v odločanje, preprečevanje in zmanjševanje okoljskih tveganj, ter trajnostno upravljanje naravnih virov (slika 6).

Slika 6: Sodelovanje javnosti v okoljskih zadevah



Berry, L.H, Koski, J., Verkuijl, C., Strambo, C. in Piggot, G. (2019). *Making space: how public participation shapes environmental decision-making*. SEI. <https://www.sei.org/publications/how-public-participation-shapes-environmental-decision-making/>

Ključni dokumenti, kot sta Bela knjiga o evropskem upravljanju (org. *European governance: A white paper*) iz leta 2001 in Strategija trajnostnega razvoja EU (org. *A sustainable Europe for a better world: A European Union strategy for sustainable development (Commission's proposal to the Gothenburg European Council)*) iz leta 2001 z akcijsko platformo iz leta 2005 (org. *Communication from the Commission to the Council and the European Parliament on the review of the Sustainable Development Strategy: A platform for action*), so spodbujali model večnivojskega upravljanja, v katerem sodelujejo lokalne skupnosti, državne in evropske institucije, znanstvena sfera ter civilna družba. Slovenija je ta načela vpeljala v prakso in jih povezala z mehanizmi demokratičnega odločanja (s sprejetjem Aarhuške konvencije).

Z razvojem okoljske zakonodaje, zlasti s sprejetjem Direktive o strateški presoji vplivov nekaterih načrtov in programov na okolje (org. *Directive 2001/42/EC of the European Parliament and of the Council of 27 June 2001 on the assessment of the effects of certain plans and programmes on the environment*) iz leta 2001 ter večkrat prenovljene Direktive o presoji vplivov nekaterih projektov na okolje (org. *Directive 2014/52/EU of the European Parliament and of the Council of 16 April 2014 amending Directive 2011/92/EU on the assessment of the effects of certain public and private projects on the environment*) iz leta 2014, je sodelovanje javnosti v okoljskih postopkih postalo pravno zagotovljena pravica. To pomeni, da je pravica do sodelovanja pri odločanju o okoljskih vprašanjih neposredno povezana s pravico do zdravega življenjskega okolja kot temeljno demokratično in človekovo pravico.

Zakonodajni okvir v Sloveniji danes vključuje mehanizme za javno razgrnitev okoljskih dokumentov, obvezne javne razprave, pravico do pritožbe in dostop do okoljske pravice preko sodišč in upravnih

postopkov. Vlogo pri tem imajo tako nevladne organizacije kot tudi posamezniki, ki lahko z različnimi instrumenti (npr. pripombe, pobude, tožbe) vplivajo na okoljsko odločanje.

Slovenija, kot članica EU, aktivno sodeluje v globalnih dogovorih, vključno s Pariškim sporazumom (*angl. Paris Agreement*) in Agendo 2030 (*org. Transforming our world: The 2030 Agenda for Sustainable Development*) iz leta 2015. Na nacionalni ravni sprejema strateške dokumente, kot je Celoviti nacionalni energetske in podnebni načrt Slovenije iz leta 2024, ki določa smeri razvoja v skladu z načeli zelenega prehoda in podnebne pravičnosti.

3.4 Povzetek

Slovenija je v 19. stoletju doživela prehod iz agrarne v kapitalistično-industrijsko družbo. Kulturni preporod in krepitev narodne zavesti sta prispevala k političnemu organiziranju in oblikovanju prvih strank, odprava fevdalnih obveznosti pa k večji gospodarski neodvisnosti kmetov. Industrializacija je sprožila razvoj novih gospodarskih panog, a tudi prve resnejše okoljske težave, predvsem onesnaževanje in intenzivno rabo naravnih virov, ob katerih so se uveljavljali začetni poskusi trajnostnega gozdarstva.

V 20. stoletju je industrializacija ob socialnih in političnih spremembah prinesla izrazite okoljske pritiske. Socialistični model z osredotočenostjo na težko industrijo in centralno planiranje je povzročil obsežno onesnaženje zraka, voda in tal. Pomanjkanje okoljskih standardov, nadzora in dostopa do informacij je omogočilo trajno degradacijo okolja, kar ponazarjajo primeri onesnaženja s PCB v Beli krajini in s svincem v Mežiški dolini. Omejena vloga civilne družbe je zavirala razvoj okoljske politike, zato so se resne sanacije začele šele po razpadu nekdanje Jugoslavije.

Po letu 1991 je Slovenija z osamosvojitvijo in demokratizacijo vzpostavila temelje sodobnega okoljskega upravljanja, utemeljenega na javni odgovornosti, transparentnosti, participaciji in trajnostnem razvoju. Vstop v Evropsko unijo je spodbudil uskladitev zakonodaje z evropskimi standardi in uvedbo pravno zagotovljenega sodelovanja javnosti v okoljskih postopkih. Okoljska politika se je preoblikovala v vključujoč sistem večnivojskega upravljanja, ki povezuje državo, lokalne skupnosti, civilno družbo in znanost. Slovenija danes aktivno sodeluje v evropskih in globalnih okoljskih dogovorih ter s strateškimi dokumenti usmerja svoj razvoj v zeleno preobrazbo in podnebno pravičnost.

3.5 Vprašanja, ki spodbujajo razmislek in razpravo

1. Katere ključne družbene, gospodarske in politične spremembe so zaznamovale slovensko ozemlje v 19. stoletju in kako so vplivale na razvoj okoljske zavesti?
2. Kako je industrializacija v 19. in 20. stoletju vplivala na rabo naravnih virov ter povzročila prve resne okoljske probleme?
3. Kakšne posledice za okolje in družbo je imela usmeritev socialistične Jugoslavije v težko industrijo, rudnike in energetske objekte?
4. Zakaj so bili naravni viri v socializmu izkoriščani brez trajnostne strategije in kako so bile okoljske posledice pogosto prikrivane pred javnostjo?
5. Katere so bile najhujše okoljske obremenitve v socialistični Sloveniji in kakšne posledice imajo še danes?
6. Kako je omejena svoboda izražanja v socializmu vplivala na delovanje civilne družbe in razvoj okoljske politike?

7. Kako je osamosvojitve leta 1991 vplivala na vzpostavitev novega sistema varstva okolja v Sloveniji?
8. Katere temeljne vrednote so se uveljavile z demokratizacijo?
9. Kako se je preoblikoval model upravljanja okolja?
10. Kakšen vpliv je imel vstop Slovenije v EU leta 2004 na okoljsko zakonodajo, institucije in vključevanje javnosti?
11. Kako Aarhuška konvencija in evropske direktive o presoji vplivov na okolje zagotavljajo pravico javnosti do sodelovanja in zdravega življenjskega okolja?
12. Na kakšne načine danes nevladne organizacije in posamezniki vplivajo na okoljske odločitve v Sloveniji?
13. Kako Slovenija kot članica EU in podpisnica globalnih dogovorov usmerja svoj razvoj v smer zelenega prehoda in podnebne nevtralnosti?

4 DRUŽBENI PROCESI, KI VPLIVAJO NA VARSTVO OKOLJA

V tem poglavju so predstavljeni ključni družbeni procesi, ki so v različnih zgodovinskih obdobjih oblikovali odnos do okolja in usmerjali razvoj okoljevarstvenih politik. Obravnavani so globalni premiki v 19., 20. in 21. stoletju, pri čemer se izpostavljajo vplivi industrijske revolucije, pospešene industrializacije, urbanizacije ter nastajanja mednarodnih okoljskih konvencij in okoljskih politik. Posebna pozornost je namenjena primeru evropeizacije v Sloveniji skozi implementacijo omrežja Natura 2000, ki ponazarja, kako globalni cilji vplivajo na lokalne razmere, od institucionalnega razvoja do konfliktov z različnimi interesi. Poleg tega je obravnavana individualizacija kot ena izmed oblik odziva na globalizacijo, ki kaže na raznolikost lokalnih praks in strategij pri sprejemanju okoljskih politik. V zaključnem razdelku so poudarjeni preplet, napetosti in ravnotežja med globalnimi usmeritvami ter lokalnimi odzivi, pri čemer bodo v podpoglavjih podrobneje predstavljene značilnosti vsakega obdobja, primeri iz prakse in posledice za sodobno razumevanje trajnostnega razvoja.

4.1 Globalne spremembe in varstvo okolja v 19. stoletju

Ključno prelomnico v razvoju modernega družbenega reda, zaznamovanega z industrijsko revolucijo in vzponom kapitalističnega ekonomskega sistema predstavlja 19. stoletje. Jedro industrijske revolucije so predstavljali razvoj parnih strojev, rudarstva, železarske in jeklarske industrije ter gradnja železniške infrastrukture. Ta industrijski napredek je bil tesno povezan z intenzivnim izkoriščanjem naravnih virov. Značilen primer predstavlja prav Velika Britanija, kjer je industrijski razvoj tega obdobja najboljše dokumentiran (Justman in Gradstein, 1999) (slika 7). Pritisk na okolje je bil izrazit, še posebej v urbanih središčih, kot je bil London, kjer je onesnažen zrak povzročil številne zdravstvene težave in celo smrtne žrtve (Brimblecombe, 1977).

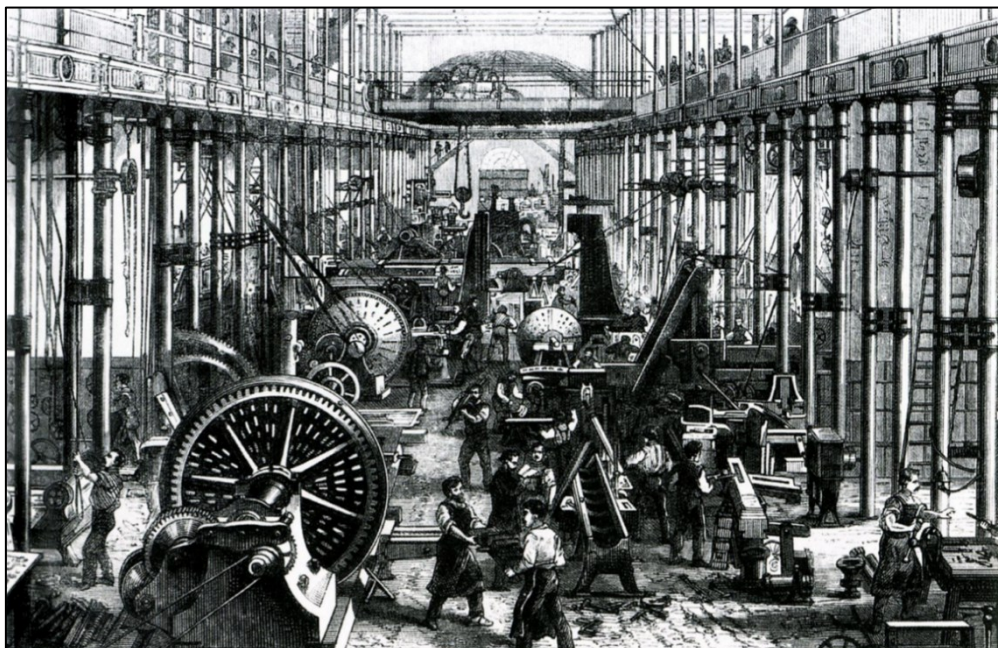
Narava je bila v prevladujočem ekonomskem diskurzu obravnavana kot »neskončen vir« surovin (Chwałczyk, 2020). Ideje o omejenosti virov ali o medsebojni povezanosti ekoloških sistemov so bile v najboljšem primeru marginalne. Kapitalistični sistem je spodbujal gospodarsko rast in kopičenje kapitala, pri čemer so bile okoljske posledice pogosto prezrte. V tem času so se oblikovale tudi ekonomske teorije, ki so temeljile na predpostavki neomejene razpoložljivosti naravnih virov, kot na primer klasična politična ekonomija Adama Smitha (Samuels, 1992).

Ekonomija 19. stoletja ni prepoznavala omejitev ekosistemov, prav tako ni obstajala zavest o dolgoročnih posledicah izčrpanja narave. Industrijske dejavnosti so povzročale resno onesnaženje: zraka, zaradi emisij dima, saj in žvepovega dioksida (SO₂) iz tovarn in kurišč; vode, zaradi izpustov neobdelanih industrijskih odpadkov in kanalizacije neposredno v reke in jezera; zemljišč in gozdov, zaradi nekontrolirane sečnje, izkopavanja in rudarjenja brez premišljenega načrta obnove ali omejevanja škode.

Poleg degradacije naravnega prostora je urbanizacija povzročila tudi drastične spremembe v družbenem življenju. Masovno seljenje prebivalstva s podeželja v mesta je povzročilo nastanek prenaseljenih in

nehigienskih bivalnih območij z visoko stopnjo bolezni, smrtnosti in onesnaženosti. Smrad, umazanija, dim in hrup so postali vsakodnevna resničnost v industrijskih središčih.

Slika 7: Industrijska revolucija v Združenem kraljevstvu (slika Norberta Kaiserja)



Tupy, M. (4. 4. 2019). *The industrial revolution was dirty, but pre-industrial Europe was worse*. FEE. <https://fee.org/articles/the-industrial-revolution-was-dirty-but-pre-industrial-europe-was-worse/>

Čeprav je 19. stoletje postavilo temelje sodobnemu tehnološkemu in industrijskemu razvoju, je hkrati ustvarilo podlago za številne okoljske težave, s katerimi se danes sooča ves svet. Podnebne spremembe in izguba biotske raznovrstnosti sta dve osrednji temi sodobnih razprav o varstvu okolja na globalni ravni. V tistem času okolje in naravni viri niso bili prepoznani kot vrednota. Ekologija in varstvo okolja kot znanstveni disciplini še nista obstajali, prav tako niso bili prisotni zakoni, ki bi urejali varstvo okolja. Onesnaževanje se je dojemalo kot neizogiben stranski produkt napredka, naravni viri pa kot surovinski potencial, ki ga je treba izkoristiti.

Družba tega obdobja ni razvila institucionalnega okvira za regulacijo vplivov industrije na okolje, prav tako ni obstajalo kolektivno razumevanje pomena varstva okolja. Prav zaradi ignoriranja naravnih omejitev v času industrijskega kapitalizma se je v 20. in 21. stoletju pojavila vse večja potreba po drugačnem razvojnem pristopu, takem, ki vključuje okoljsko zavest, trajnostni razvoj in odgovornost do okolja.

4.2 Globalne spremembe in varstvo okolja v 20. stoletju

V prvi polovici 20. stoletja je industrializacija doživela silovit pospešek in dosegla povsem nove razsežnosti. Obenem je hitro napredoval razvoj težke industrije, vključno z metalurgijo, kemijsko industrijo, ladjedelništvom in energetiko. Pojavile so se pomembne tehnološke inovacije v prometu, kot so parne lokomotive, avtomobili in letala, medtem ko je nafta postopoma postajala glavni vir energije. Vzporedno je zaradi priprav na svetovni vojni in razmer med njima hitro napredovala tudi vojaška industrija.

Med prvo svetovno vojno (1914–1918) je obsežna uporaba eksplozivov, strupenih plinov in težkega topništva povzročila uničenje tal, vegetacije in celotnih pokrajin, številni jarki, kraterji in požgani gozdovi pa so zaznamovali prizadeta območja. Ob tem je prihajalo do onesnaževanja tal in voda ter množične izrabe naravnih virov, kot so premog, nafta in les. Vojna je sprožila tudi obsežne selitve prebivalstva in prisilne migracije, ki so dodatno obremenile že tako ranljive lokalne ekosisteme.

V obdobju med obema vojnama (1918–1939) so države pospešeno razvijale industrijsko infrastrukturo, urbanizacija pa je hitro naraščala. Širili so se energetski sistemi, kmetijstvo je vse bolj temeljilo na uporabi kemičnih pesticidov in umetnih gnojil, intenzivno se je gradila prometna infrastruktura, družbe pa so se vse bolj mobilizirale. Ob tem je naraščalo onesnaževanje voda in zraka, saj še ni bilo vzpostavljenih učinkovitih regulativnih mehanizmov za varstvo okolja.

Obdobje druge svetovne vojne (1939–1945) je prineslo skrajno mobilizacijo naravnih virov in tehnoloških zmogljivosti. Vojna industrija je dosegla vrhunec z množično proizvodnjo orožja, letal, tankov in ladij, ob tem pa se je razširila uporaba eksplozivov ter kemičnega in biološkega orožja. Intenzivna vojaška dejavnost je povzročila obsežno degradacijo tal in gozdov, medtem ko je uničenje infrastrukture vodilo do onesnaženja rek, morij in podzemnih voda. Okupirana ozemlja so bila sistematično izkoriščana za les, rude in vodo, številna urbana središča, industrijska območja in naravni prostori pa so bili popolnoma uničeni. Najhujše posledice za okolje so povzročile dolgotrajne mestne bitke, množična bombardiranja in jedrska napada na Hirošimo in Nagasaki, ki sta pomenila začetek atomske dobe ter odprla vrata novim oblikam okoljskih tveganj (slika 8).

Slika 8: Hirošima po atomskem bombardiranju



Wilson, J. (2025). *Link Roundup: The Atomic Bombings of Hiroshima and Nagasaki*. The Unwritten Record. <https://unwritten-record.blogs.archives.gov/2025/08/05/link-roundup-the-atomic-bombings-of-hiroshima-and-nagasaki/>

Druga polovica 20. stoletja je bila zaznamovana s pospešenim industrijskim razvojem, rastjo svetovnega prebivalstva in intenzivnim izkoriščanjem naravnih virov. Vendar so se hkrati v javni in znanstveni sferi vse pogosteje pojavljala opozorila o posledicah neodgovornega upravljanja z okoljem. V obdobju od

1946 do 1980 so se začeli ključni procesi mednarodnega sodelovanja na področju varstva okolja, ki so postavili temelje sodobnemu konceptu trajnostnega razvoja.

Leta 1946 so bile ustanovljene Združene narode (*angl. United Nations*), ki so prevzele vodilno vlogo pri obravnavi ključnih mednarodnih vprašanj. Kljub temu varstvo okolja v povojnem obdobju še ni bilo med osrednjimi temami. Šele z delom ameriških raziskovalcev Rachel Carson in Garretta Hardina so se začeli oblikovati prvi zametki sodobnega okoljskega mišljenja.

Rachel Carson (1907–1964) je v svoji knjigi *Silent Spring* (slo. Nema pomlad, 1962) opozorila na pogubne posledice uporabe pesticidov, zlasti DDT-ja (*angl. Dichloro-diphenyl-trichloroethane*), za ekosisteme in zdravje ljudi. Njena dognanja so pomembno prispevala k nastanku sodobnega okoljskega gibanja v ZDA in drugod po svetu.

Garrett Hardin (1915–2003), ameriški ekolog in filozof, je leta 1968 objavil esej *The Tragedy of the Commons* (slo. Tragedija skupne lastnine), v katerem je opozoril na problem neomejenega izkoriščanja naravnih virov brez mednarodnih omejitev in nadzora. Trdil je, da neomejena uporaba skupnih virov (npr. pašnikov) vodi v njihovo izčrpanje, kar škoduje celotni družbi.

Prvi pomemben mednarodni dogodek, namenjen varstvu okolja, je bila Konferenca o varstvu okolja, ki je leta 1972 potekala v Stockholmu pod okriljem Združenih narodov. Konferenca velja za začetek organiziranega globalnega delovanja na področju okolja. Njen ključni rezultat je bila Stockholmska deklaracija (*org. Declaration of the United Nations Conference on the Human Environment*), prvi dokument, ki je varstvo okolja formalno opredelil kot globalno politično zavezo. V njej je bilo poudarjeno, da so za varstvo okolja odgovorne vse vlade sveta, da morajo mednarodne organizacije oblikovati skupne okoljske politike, da je nujno mednarodno usklajevanje ukrepov ter da je končni cilj usklajen gospodarski, socialni in okoljski razvoj.

Leta 1973 je bila v Washingtonu pod okriljem Združenih narodov sprejeta Konvencija o mednarodni trgovini z ogroženimi vrstami prosto živečih živali in rastlin (*org. Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora – CITES*). Namen konvencije je zaščititi ogrožene vrste pred komercialnim izumiranjem z omejevanjem ali prepovedjo njihove mednarodne trgovine.

Na podlagi konvencije CITES je takratna Evropska ekonomska skupnost, kasneje Evropska unija, leta 1979 oblikovala prvo zakonodajo za varstvo ptic – t. i. Direktivo o pticah (*angl. Council Directive 79/409/EEC of 2 April 1979 on the Conservation of Wild Birds*). Ta države članice zavezuje k varovanju habitatov in selitvenih vrst ptic. V okviru direktive so bili določeni tudi ključni ukrepi, kot so ohranjanje in obnova populacij, vzpostavitev zaščitnih območij ter spodbujanje mednarodnega sodelovanja, izmenjave podatkov in usklajevanja. Vse naštete obveznosti so postale zavezujoče za države podpisnice.

Leta 1979 je bila pod okriljem Združenih narodov sprejeta Bonska konvencija (*org. Convention on the Conservation of Migratory Species of Wild Animals*), ki vzpostavlja okvir za mednarodno sodelovanje pri varstvu selitvenih vrst prosto živečih živali, ki med migracijami prečkajo državne meje. Istega leta je bila sprejeta tudi Bernska konvencija (*org. Convention on the Conservation of European Wildlife and Natural Habitats*), namenjena ohranjanju evropske prostoživeče flore, favne in naravnih habitatov. Njeno temeljno poslanstvo je varovanje biotske raznovrstnosti po vsej Evropi.

Leta 1980 je bila objavljena prva Svetovna strategija ohranjanja narave – Ohranjanje živih virov za trajnostni razvoj (*org. World Conservation Strategy – Living Resources Conservation for Sustainable Development*), ki je nastala v sodelovanju med mednarodnimi organizacijami UNEP (*angl. The United*

Nations Environment Programme), IUCN (*angl. International Union for Conservation of Nature*) in WWF (*angl. World Wide Fund for Nature*). Strategija je uvedla temeljna načela trajnostnega razvoja kot ravnotežja med rabo naravnih virov in varstvom okolja. Vključuje cilje in usmeritve vodilnih mednarodnih konvencij, kot so CITES ter Bonna in Bernska konvencija, sprejetih pod okriljem Združenih narodov.

Poseben poudarek je namenjen ohranjanju ptic selivk in njihovih habitatov, kar odraža prizadevanja za globalno usklajeno in celovito upravljanje naravnih virov. Dokument je postavil temelje za razvoj koncepta trajnostnega razvoja kot dolgoročne strategije za varstvo okolja, hkrati pa ga povezal z razvojnimi politikami na različnih ravneh odločanja (Šobot, 2017).

Strategija je poudarila nujnost oblikovanja mednarodnega političnega okvira, ki bi povezal mednarodne, državne in lokalne pobude v enoten sistem varstva okolja. Prav tako je izpostavila pomen vključevanja okoljskih vidikov v gospodarski in družbeni razvoj, s čimer so bili jasno opredeljeni trije stebri trajnostnega razvoja: gospodarski, družbeni in okoljski. Prav v tem dokumentu se prvič pojavi izraz »trajnostni razvoj« (*angl. Sustainable Development*), kar pomeni začetek njegove uradne vključitve v mednarodne razvojne politike.

Globalna strategija za varstvo narave je jasno pokazala, da je treba okoljska vprašanja obravnavati tudi na institucionalni ravni. Kot odgovor na to spoznanje so Združeni narodi leta 1983 ustanovili Svetovno komisijo za okolje in razvoj (*angl. World Commission on Environment and Development – WCED*), katere naloga je bila pripraviti celovito oceno stanja planeta ter oblikovati razvojno strategijo za prihodnost.

Komisijo je vodila takratna norveška premierka Gro Harlem Brundtland, leta 1987 pa je predstavila poročilo z naslovom Naša skupna prihodnost (*angl. Our Common Future*), ki je v javnosti postalo znano kot Brundtlandino poročilo. V tem ključnem dokumentu je bil trajnostni razvoj opredeljen kot »razvoj, ki zadovoljuje potrebe sedanjih generacij, ne da bi ogrozil možnosti prihodnjih generacij, da zadovoljijo svoje potrebe«.

Brundtlandino poročilo je pomenilo prelomnico, saj je prineslo prehod od lokalnega h globalnemu pristopu in okolje opredelilo kot ključno podlago za družbeni in gospodarski razvoj. Ta vizija je oblikovala temelje sodobne mednarodne okoljske politike, medtem ko je koncept trajnostnega razvoja postal osrednji steber številnih kasnejših strategij, direktiv in zakonodajnih okvirov.

V tem obdobju je postalo jasno, da varstvo okolja predstavlja globalni izziv, ki presega meje posameznih držav. Učinkovita zaščita okolja zahteva tesno mednarodno sodelovanje ter vzpostavitev celovitega globalnega sistema upravljanja, ki povezuje mednarodne, nacionalne in lokalne akterje v skupnem prizadevanju za trajnostno prihodnost.

V ospredje je vse bolj stopal pomen demokratizacije odločanja na področju varstva okolja. Dokument jasno izpostavlja, da je za uspešno izvajanje globalnih okoljskih politik nujen prenos mednarodnih ciljev in načel v nacionalne pravne sisteme. Le tako lahko nacionalna zakonodaja postane učinkovito orodje za uresničevanje teh politik. Ta proces vključuje temeljito prenovno obstoječe zakonodaje, vključno z vključevanjem načel trajnostnega razvoja ter vzpostavitvijo mehanizmov za demokratično odločanje in sodelovanje različnih deležnikov. Hkrati se kot ključna prednostna naloga uveljavljata decentralizacija in uvedba večnivojskega upravljanja, ki omogoča povezovanje različnih ravni od lokalne do globalne. V tem razvejanem upravljavskem omrežju država ni več edini nosilec odgovornosti, temveč postaja del širše strukture, kjer pomembno vlogo prevzemajo tudi mednarodne organizacije, kot je Evropska unija.

Te ne skrbijo zgolj za usklajevanje politik, temveč aktivno prispevajo k njihovem izvajanju z zagotavljanjem finančne podpore in krepitevijo institucionalnih zmogljivosti (Šobot, 2023).

V tem obdobju (1985) je bila sprejeta še ena pomembna direktiva Evropske skupnosti – Direktiva o presoji vplivov nekaterih javnih in zasebnih projektov na okolje (*org. Council Directive 85/337/EEC of 27 June 1985 on the assessment of the effects of certain public and private projects on the environment*). Bila je prva, ki je jasno določila obveznost vključevanja javnosti v postopke odločanja pri večjih projektih z možnimi škodljivimi vplivi na okolje. Ta zahteva je postala posebej pomembna v primerih gradnje velikih jedrskih elektrarn, kjer so tveganja za okolje velika, javni interes pa izrazit.

Leto pozneje, leta 1986, je svet pretresla jedrska nesreča v Černobilu (slika 9). Sovjetske oblasti pri gradnji in delovanju jedrske elektrarne niso vključile javnosti, niti niso zagotovile pravočasnega in ustreznega obveščanja med nesrečo (Stritar, 1996). Ta dogodek je močno zaznamoval okoljsko politiko in postal eden ključnih povodov za sprejetje – Direktive o prostem dostopu do okoljskih informacij leta 1990 (*org. Council Directive 90/313/EEC of 7 June 1990 on the freedom of access to information on the environment*). Ta direktiva, ki sledi načelom iz Brundtlandinega poročila in izkušnjam iz Černobila, je postavila temelje za večjo preglednost in odgovornost javnih institucij pri upravljanju z okoljem.

Slika 9: Jedrska elektrarna Černobil po nesreči, maj 1986



Lallanilla, M. (18. 4. 2023). *Chernobyl: The world's worst nuclear disaster*. Live Science. <https://www.livescience.com/planet-earth/nuclear-energy/chernobyl-the-worlds-worst-nuclear-disaster>

Na podlagi spoznanj o resnih čezmejnih vplivih nesreče je bila leta 1991 sprejeta tudi ESPOO konvencija (*angl. Convention on Environmental Impact Assessment in a Transboundary Context*), ki uvaja obveznost mednarodnega sodelovanja pri velikih projektih, ki bi lahko povzročili čezmejne okoljske vplive. S tem je bila utrjena praksa, da okoljski izzivi zahtevajo sodelovanje med državami ter odprt in vključujoč proces odločanja.

Marca 1992 je bila kot nadaljevanje usmeritev iz Brundtlandinega poročila predstavljena Globalna strategija za biotsko raznovrstnost (*org. Global biodiversity strategy: Policy-maker's guide: Guidelines*

for action to save, study, and use Earth's biotic wealth sustainably and equitably). S tem dokumentom je bil dodatno okrepljen koncept trajnostnega razvoja, saj je vanj prvič celovito vključeno tudi varstvo biotske raznovrstnosti kot ključna sestavina razvojnih politik.

Maja istega leta (1992) je Evropska unija sprejela t. i. Direktivo za habitate (*org. Council Directive 92/43/EEC of 21 May 1992 on the conservation of natural habitats and of wild fauna and flora*), enega izmed najpomembnejših pravnih okvirov za varstvo narave in okolja v Evropi. Z njo je bil na ravni EU vzpostavljen sistemski pristop k ohranjanju habitatov in ogroženih vrst, ki se uresničuje skozi vzpostavitev ekološkega omrežja Natura 2000. Direktiva temelji na ključnih načelih trajnostnega razvoja, saj spodbuja vključevanje varstva narave v prostorske in razvojne načrte, krepi medsektorsko sodelovanje ter zagotavlja mednarodno usklajevanje ukrepov.

Junija 1992 je bila na Konferenci Združenih narodov o okolju in razvoju v Riu de Janeiru sprejeta Konvencija o biotski raznovrstnosti (*angl. Convention on Biological Diversity*), ki je povezala temeljna načela in cilje prejšnjih dokumentov v enoten in celovit globalni pravni okvir za varstvo biotske raznovrstnosti.

Junija 1992 je Konferenca Združenih narodov o okolju in razvoju, znana kot Konferenca v Riu, predstavljala prelomnico v razvoju mednarodne okoljske politike. Eden izmed glavnih rezultatov konference je bilo sprejetje Agende 21 (*org. Agenda 21: Programme of action for sustainable development*), obsežnega akcijskega načrta za uresničevanje trajnostnega razvoja na vseh ravneh od globalne do lokalne. Konferenca se je osredotočila predvsem na dva ključna izziva: izgubo biotske raznovrstnosti in podnebne spremembe.

Agenda 21 je razdeljena na štiri vsebinska poglavja, ki skupaj vzpostavljajo temelj za sistematično izvajanje trajnostnega razvoja preko zakonodajnih, institucionalnih, družbenih in upravljaljskih pristopov.

Poglavje 1 Agende 21: Zakonodaja kot osnova trajnostnega razvoja

Poudarjena je potreba po povezanosti politik trajnostnega razvoja na mednarodni, nacionalni in lokalni ravni. Ta vertikalna povezanost omogoča usklajeno delovanje vseh akterjev sistema varstva okolja. Predlagana je vzpostavitev novih mednarodnih sporazumov, ki naj se izvajajo na vseh ravneh, pri čemer imajo mednarodne organizacije ključno vlogo ne le pri njihovem razvoju, temveč tudi pri spremljanju izvajanja. S tem se krepi koncept skupne odgovornosti in sodelovanja pri upravljanju naravnih virov.

Poglavje 2 Agende 21: Upravljanje naravnih virov kot temelj trajnostnega razvoja

Varstvo biotske raznovrstnosti je prepoznano kot temeljno izhodišče vseh okoljskih politik. Poseben poudarek je na večnivojskem upravljanju, pri čemer imajo pomembno vlogo državne institucije, zlasti ministrstva za okolje. Te so odgovorne za usklajevanje med sektorji, vključevanje ciljev trajnostnega razvoja v različna področja politike in povezovanje z lokalnimi institucijami, ki izvajajo konkretne ukrepe na terenu. Upravitelji naravnih virov, kot so agencije za vode, gozdove in zavarovana območja, prispevajo k uresničevanju teh ciljev na lokalni ravni.

Poglavje 3 Agende 21: Nevladne organizacije kot ključni partnerji

Nevladne organizacije (NVO) so priznane kot pomembni partnerji pri doseganju okoljskih ciljev. V ospredje je postavljena njihova vloga pri razvoju participativne demokracije – sistema, ki omogoča aktivno vključevanje državljanov in civilne družbe v politično odločanje. Na področju varstva okolja to

pomeni pravico do dostopa do informacij, sodelovanja v postopkih odločanja in pravnega varstva v primerih, ko so ogroženi okolje ali pravice posameznikov. NVO prispevajo s širjenjem informacij, ozaveščanjem javnosti, spodbujanjem sodelovanja skupnosti in nadzorom nad izvajanjem okoljskih politik.

Poglavje 4 Agende 21: Mehanizmi izvajanja mednarodnih politik na nižjih ravneh oblasti

Ključno sporočilo tega poglavja je pomen povezovanja in sodelovanja med vsemi akterji od mednarodnih institucij in državnih organov do nevladnih organizacij in posameznikov. Poudarjena je potreba po učinkoviti izmenjavi informacij ter vključevanju vseh deležnikov v oblikovanje in izvajanje okoljskih ukrepov. Le s sodelovanjem na vseh ravneh, ob spoštovanju načel participativne demokracije, je mogoče zagotoviti celovito in učinkovito uresničevanje ciljev trajnostnega razvoja. Pri tem mora država aktivno spodbujati vključevanje vseh akterjev v odločevalske procese ter krepiti institucije, ki omogočajo takšno sodelovanje.

Pet let po Konferenci v Riu je leta 1997 potekal Svetovni vrh +5 (*org. Earth Summit +5: Special session of the General Assembly to review and appraise the implementation of Agenda 21*), katerega glavni namen je bil oceniti napredek pri izvajanju Agende 21. Poročilo, pripravljeno ob tej priložnosti, je jasno poudarilo, da je uspešno uresničevanje trajnostnega razvoja tesno povezano z močjo in učinkovitostjo institucij. Ugotovljeno je bilo, da so institucije ključni nosilci izvajanja Agende 21, zato je treba okrepiti njihov dostop do informacij, izboljšati medsebojno komunikacijo ter spodbuditi tesnejše sodelovanje. Le tako je mogoče zagotoviti večjo usklajenost in bolj učinkovito izvajanje politik trajnostnega razvoja. Ta spoznanja predstavljajo pomembno povezavo med globalnimi cilji in lokalnim delovanjem, saj jasno kažejo, da brez močnih, povezanih in ustrezno usposobljenih upravljavskih struktur mednarodnih zavez ni mogoče uspešno uresničevati v praksi.

Vzporedno z dogodki na globalni ravni je na evropski ravni potekal Amsterdamski vrh, ki je zaznamoval začetek novega obdobja evropske okoljske politike (Jordan, 1998). Ključni rezultat vrha je bila Amsterdamska listina, ki je prinesla pomembne spremembe Pogodbe o Evropski uniji in vključila temeljne deklaracije o upravljanju okolja. Med osrednjimi usmeritvami so bile poudarjene presoja vplivov na okolje kot obvezno orodje pri oblikovanju politik, pravica javnosti do dostopa do informacij ter možnost sodelovanja v postopkih odločanja. Posebno pozornost so namenili tudi vprašanjem transparentnosti in odgovornosti delovanja institucij. S temi usmeritvami je Evropa jasno nakazala potrebo po večji vključitvi javnosti v okoljske zadeve in postavila temelje za oblikovanje pravno zavezujočih mehanizmov. Ti so neposredno vodili do oblikovanja in poznejšega sprejetja Aarhuške konvencije (*angl. Aarhus Convention*), ki je postavila nova merila za okoljsko demokracijo in dostopnost informacij.

Leta 1998 je bila v danskem mestu Aarhus sprejeta Konvencija o dostopu do informacij, sodelovanju javnosti pri odločanju in dostopu do pravnega varstva v okoljskih zadevah (*org. Convention on Access to Information, Public Participation in Decision-Making and Access to Justice in Environmental Matters*). Predstavljala je vrhunec večletnega razvoja mednarodnega okoljskega prava in je temeljila na predhodnih direktivah o dostopu do informacij in sodelovanju javnosti ter političnih dokumentih, kot sta Agenda 21 in Amsterdamska listina. Aarhuška konvencija je pravno zavezujoč dokument, ki državam nalaga obveznost zagotavljanja treh temeljnih pravic v okoljskih zadevah: prost dostop do informacij, možnost sodelovanja javnosti pri odločanju in pravico do pravnega varstva. Poleg tega konvencija poudarja pomembno vlogo nevladnih organizacij, ki ne le, da lahko uveljavljajo te pravice, ampak imajo tudi dolžnost aktivno prispevati k uresničevanju ciljev konvencije in širjenju načel okoljske demokracije. V skladu s konvencijo morajo institucije in javni organi sprejeti ukrepe za izvajanje njenih

določb, kar vključuje izobraževanje, krepitev institucionalnih zmogljivosti ter prilagoditve pravnega in upravnega sistema. Načela Aarhuške konvencije se morajo vključiti v mednarodno in nacionalno zakonodajo, kar pomeni tudi spremembo obstoječih pravnih ureditev v državah podpisnicah. Konvencija posebej poudarja, da so njena načela sestavni del postopka presoje vplivov na okolje (PVO). Brez aktivnega vključevanja javnosti v te postopke ni mogoče zagotoviti legitimnega odločanja o projektih, ki pomembno vplivajo na okolje (Šobot in Lukšič, 2022a).

Aarhuška konvencija predstavlja temelj ekološke demokracije, katere cilj ni zgolj varovanje naravnih virov, temveč tudi demokratizacija postopkov odločanja (Šobot, 2022b). Temelji na prepričanju, da so pregledno delovanje, vključevanje vseh deležnikov in odgovorno upravljanje ključni pogoji za uspešen trajnostni razvoj. Trije temeljni stebri konvencije dostop do informacij omogoča državljanom in deležnikom, da razumejo stanje okolja in morebitna tveganja, sodelovanje pri odločanju povečuje kakovost in legitimnost sprejetih odločitev, dostop do pravnega varstva pa zagotavlja, da se kršitve okoljskih pravic lahko učinkovito sankcionirajo, so sčasoma postali standardi mednarodnega okoljskega prava in obvezen del številnih nacionalnih zakonodaj, zlasti v državah članicah Evropske unije.

Vzporedno z dogajanjem ob Svetovnem vrhu +5 in sprejetjem Aarhuške konvencije je bil leta 1997 sprejet tudi Kjotski protokol, v okviru Okvirne konvencije Združenih narodov o spremembi podnebja (*org. Kyoto Protocol to the United Nations Framework Convention on Climate Change*). Gre za prvi mednarodno zavezujoči sporazum, ki je razvitim državam naložil konkretne cilje za zmanjšanje emisij toplogrednih plinov. Protokol je nastal kot odziv na vse bolj prepričljive znanstvene dokaze o človekovem vplivu na podnebje.

Poleg določitve emisijskih ciljev je uvedel tudi inovativne tržne mehanizme, kot so trgovanje z emisijami, mehanizem za čistejši razvoj in skupno izvajanje, kar je državam omogočilo večjo prilagodljivost pri izpolnjevanju zavez. Njegov pomen je bil predvsem v tem, da je vzpostavil pravni okvir za globalno podnebno politiko ter tlakoval pot kasnejšim sporazumom, med katerimi ima osrednjo vlogo Pariški sporazum.

4.3 Globalne spremembe in varstvo okolja v 21. stoletju

Leta 2001 je Evropska komisija predstavila dokument – Bela knjiga o evropskem upravljanju, v katerem je načrtala reformo sistema upravljanja v Evropski uniji. Predlagan je bil model mrežnega upravljanja, ki temelji na tesnem sodelovanju med različnimi akterji vladnimi, nevladnimi, lokalnimi in mednarodnimi v medsebojno povezanem in horizontalno usmerjenem sistemu. V okviru držav članic EU se je ta pristop uveljavil kot večnivojsko upravljanje.

Takšen način upravljanja je tesno povezan z evropskimi integracijami, ki zahtevajo nadnacionalno sodelovanje, transdisciplinaren pristop in stalno izmenjavo informacij med vsemi ravnmi oblasti. V tem kontekstu postajajo evropska zakonodaja in politike obvezujoči okvir, ki ga morajo države članice prenesti v svoje pravne in institucionalne sisteme (Šobot, 2017).

Izvajanje evropskih politik na nacionalni ravni zato zahteva prilagoditev državnih institucij načelom EU. Ključne med njimi so transparentnost, odgovornost, dostopnost informacij, vključevanje javnosti ter aktivno sodelovanje strokovne in znanstvene skupnosti pri oblikovanju politik. Pomembno vlogo imajo tudi nevladne organizacije, ki se vključujejo v svetovne procese in prispevajo k oblikovanju odločitev. Institucije s tem postajajo ključni povezovalni člen med evropskimi cilji in njihovim

uresničevanjem na nacionalni in lokalni ravni, medtem ko nevladni akterji zagotavljajo strokovno, družbeno in demokratično podporo, ki je bistvena za legitimnost in uspešno izvajanje evropskih politik (Šobot in Lukšič, 2020b).

Leta 2001 je bila sprejeta Strategija trajnostnega razvoja za Evropsko unijo, ki je trajnostni razvoj opredelila kot osrednji globalni cilj, na katerem morajo temeljiti vse prihodnje institucionalne politike EU (Vovk Korže, 2008). V ospredje sta bila postavljena dva ključna izziva: podnebne spremembe in izguba biotske raznovrstnosti. Strategija poudarja aktivno vlogo nacionalnih institucij pri oblikovanju in izvajanju politik ter pomembnost lokalnih ravni pri uresničevanju konkretnih ukrepov na terenu. Tako se krepi povezava med strateškimi cilji in njihovim dejanskim izvajanjem v prostoru.

V istem letu je bila sprejeta tudi Direktiva o strateški presoji vplivov nekaterih načrtov in programov na okolje (*org. Directive 2001/42/EC of the European Parliament and of the Council of 27 June 2001 on the assessment of the effects of certain plans and programmes on the environment*), ki je postala osrednje orodje za varstvo okolja v okviru prostorskega in razvojnega načrtovanja. Direktiva določa obveznost presoje za vse načrte in programe, ki bi lahko imeli pomemben vpliv na okolje, s čimer se zagotavlja, da so okoljski vidiki vključeni že v najzgodnejših fazah odločanja.

Direktiva o industrijskih emisijah (*org. Directive 2010/75/EU of the European Parliament and of the Council of 24 November 2010 on industrial emissions – IED*) iz leta 2010 je nastala kot odgovor na potrebo po uskladitvi in poenotenju evropske zakonodaje s področja industrijskega onesnaževanja. Združila je več prejšnjih direktiv v enoten pravni okvir in tako poenostavila ter okrepila nadzor nad emisijami iz velikih industrijskih naprav. Ključen poudarek direktive je na uporabi najboljših razpoložljivih tehnologij (*angl. Best Available Technology – BAT*) za zmanjšanje vplivov na okolje, kar vključuje emisije v zrak, vodo in tla ter ravnanje z odpadki. Direktiva ima pomembno vlogo pri doseganju ciljev trajnostnega razvoja, saj spodbuja učinkovito rabo virov, zmanjšuje onesnaževanje in krepi okoljsko odgovornost industrije po vsej EU.

Leta 2014 je bila sprejeta prenovljena Direktiva o presoji vplivov nekaterih javnih in zasebnih projektov na okolje (*org. Directive 2014/52/EU of the European Parliament and of the Council of 16 April 2014 amending Directive 2011/92/EU on the assessment of the effects of certain public and private projects on the environment*), ki se nanaša na vse projekte in posege z možnimi vplivi na okolje. Nadgradila je izvirno direktivo iz leta 1985 ter okrepila vlogo javnosti, ki je v skladu z načeli Aarhuške konvencije postala obvezen in enakovreden udeleženec v vseh pomembnejših okoljskih postopkih.

Leta 2015 je potekal pomemben Podnebni vrh v Parizu, kjer je bil sprejet Pariški sporazum prelomni dogovor na globalni ravni, ki predstavlja novo fazo v mednarodnem boju proti podnebnim spremembam. Glavni cilji sporazuma so omejitev globalnega segrevanja pod 2 °C, s prizadevanjem za omejitev na 1,5 °C, uvedba nacionalno določenih prispevkov ter podpora državam tako razvitim kot manj razvitim z vzpostavitvijo finančnih mehanizmov in prenosom tehnologij. Pariški sporazum ima večplastno vlogo: je pravno zavezujoč okvir, politični dogovor in hkrati moralna zaveza držav, da redno poročajo o napredku, prilagajajo politike ter načrtujejo razvoj v skladu s skupnimi podnebnimi cilji.

V istem letu je bil sprejet tudi sveženj 17 ciljev trajnostnega razvoja do leta 2030, ki dopolnjujejo podnebne zaveze (slika 10). Ti cilji presegajo zgolj okoljski vidik in vključujejo tudi področja socialne pravičnosti, in gospodarske stabilnosti (Vintar Mally, 2006). Njihov namen je zagotoviti bolj celostno upravljanje okolja in spodbuditi pravičen ter zelen prehod na globalni in lokalni ravni.

Slika 10: Cilji trajnostnega razvoja



Mestna občina Kranj. (b. d.). *Cilji trajnostnega razvoja*. Mestna občina Kranj. <https://www.kranj.si/podrocja-mok/misija-podnebno-nevtralna-in-pametna-mesta/cilji-trajnostnega-razvoja>

Leta 2019 je Evropska unija predstavila Zeleni dogovor, celovit načrt za pospešitev prehoda držav članic v nizkoogljično in okoljsko trajnostno družbo. Gre za ambiciozno strategijo, ki zasleduje vizijo podnebno nevtralne Evrope in spodbuja sistemske spremembe na različnih področjih. Zeleni dogovor vključuje ukrepe za razogljičenje gospodarstva, razvoj trajnostne mobilnosti, povečanje energetske učinkovitosti, varstvo narave in biotske raznovrstnosti, preoblikovanje kmetijstva v bolj trajnostne prakse ter spodbujanje krožnega gospodarstva. Poudarek je na celostnem pristopu, ki povezuje okoljske, gospodarske in socialne cilje ter postavlja temelje za zeleno in pravično prihodnost Evrope v smeri trajnostnega razvoja.

Prenovljena Direktive glede razkritja nefinančnih in informacij o raznolikosti s strani nekaterih velikih podjetij in skupin – t. i. Direktiva o okoljskem poročanju, sprejeta leta 2025 na ravni Evropske unije (*org. Directive (EU) 2025/794 of the European Parliament and of the Council of 14 April 2025 amending Directives (EU) 2022/2464 and (EU) 2024/1760 as regards the dates from which Member States are to apply certain corporate sustainability reporting and due diligence requirements*), pomeni pomemben premik k večji enotnosti in preglednosti pri poročanju o okoljskih vplivih v državah članicah. Njen glavni cilj je vzpostaviti standardiziran, digitalno dostopen in primerljiv sistem okoljskega poročanja, ki zajema ključne kazalnike, kot so emisije, raba naravnih virov, stanje biotske raznovrstnosti, podnebni vplivi in ravnanje z odpadki. Direktiva spodbuja vključevanje sodobnih digitalnih tehnologij, kot so geografski informacijski sistemi (GIS) in interoperabilni podatkovni formati, kar omogoča večjo dostopnost in uporabnost podatkov za širšo javnost, strokovnjake in odločevalce. Poleg tega uvaja jasne zahteve glede kakovosti in nadzora nad okoljskimi poročili, s čimer krepi zaupanje v informacije ter odgovornost poročevalcev iz javnega in zasebnega sektorja. S tem prispeva tudi k demokratizaciji varstva okolja, saj omogoča večjo vključenost javnosti v procese spremljanja in presoje okoljskih vplivov. Transparentno in odprto poročanje krepi možnosti za sodelovanje civilne družbe, nevladnih organizacij in lokalnih skupnosti pri odločanju o okoljskih vprašanjih ter povečuje pritiske za odgovorno ravnanje nosilcev posegov in politik.

4.4 Primer vpliva globalizacije v obliki evropeizacije na okoljsko politiko Slovenije: implementacija Nature 2000

V primeru Slovenije se vpliv globalizacije varstva okolja odraža predvsem skozi proces evropeizacije, ki pomeni usklajevanje nacionalnega pravnega, institucionalnega in političnega sistema z zahtevami in standardi Evropske unije (Šobot, 2017). Na ta način Slovenija vključuje globalne spremembe v svoj državni okvir, kar se kaže v prevzemanju evropske zakonodaje, prilagajanju delovanja javne uprave ter vključevanju v nadnacionalne procese odločanja. Evropeizacija tako postaja ključno orodje za spoprijemanje z globalnimi izzivi, kot sta varstvo biotske raznovrstnosti in klimatske spremembe, saj omogoča, da se svetovni vplivi in politike konkretno uresničujejo na nacionalni in lokalni ravni.

4.4.1 Evropeizacija jugovzhodne Evrope

Širitev Evropske unije je sprožila proces evropeizacije jugovzhodne Evrope, kar je pomembno vplivalo tudi na spremembe sistemov varstva okolja v državah te regije, v skladu s konceptom trajnostnega razvoja. Proces evropeizacije pomeni vključevanje politike EU na področju varstva okolja v nacionalne politike. Ta politika temelji na ciljih in načelih mednarodnih zavez, ki se v okviru pristopnega procesa vključujejo v nacionalno zakonodajo kot pogoj za članstvo v EU.

Med ključnimi političnimi pogoji so tudi obveznosti prenosa ciljev Direktive o pticah in Direktive o habitatih v nacionalno zakonodajo. Ti dve direktivi predstavljata temeljna stebra omrežja Natura 2000. Implementacija omrežja Natura 2000 je politična obveza, ki jo mora država izpolniti za pristop k EU.

Implementacija Nature 2000 zahteva vzpostavitev sistema večnivojskega upravljanja, ki temelji na ciljih obeh direktiv ter načelih Aarhuške konvencije na področju okoljske politike. Ta sistem vključuje različne akterje Evropsko unijo, državne institucije in nevladne organizacije ter temelji na sodelovanju in soupravljanju v skladu s konceptom trajnostnega razvoja (Šobot, 2017).

4.4.2 Vzpostavitev večnivojskega sistema upravljanja okolja

Prenos ciljev Direktive o pticah, Direktive o habitatih in Aarhuške konvencije v nacionalno zakonodajo prinaša spremembe pravnega okvira varstva okolja. Te spremembe vplivajo na razmerja v procesu odločanja na nacionalni ravni, saj se v sistem vključujejo novi akterji, kar posledično spreminja vloge obstoječih.

Nacionalna zakonodaja predstavlja izhodišče za vzpostavitev večnivojskega sistema upravljanja omrežja Natura 2000. Opredeljuje glavne deležnike in njihove naloge pri varstvu okolja ter postavlja okvir za njihovo sodelovanje v novem sistemu upravljanja. Vloge teh akterjev so določene na podlagi mednarodnih načel, ki so bila vključena v nacionalno zakonodajo (Šobot in Lukšič, 2020a).

Načela Aarhuške konvencije so ključna za oblikovanje novih vlog glavnih akterjev na področju varstva okolja, saj omogočajo učinkovitejše doseganje ciljev obeh direktiv v skladu s trajnostnim razvojem. Sistem večnivojskega upravljanja, utemeljen na teh načelih, spodbuja delitev odgovornosti med državnimi in nevladnimi akterji ter krepi sodelovanje pri odločanju na nacionalni ravni (Newig in Fritsch, 2009).

Vzpostavitev tega sistema vodi tudi k prerazporeditvi moči med višjimi ravnmi upravljanja (državnimi institucijami) in nižjimi ravnmi (nevladnimi organizacijami), s čimer se zagotavlja večja vključenost vseh deležnikov v procese odločanja. Pomembno vlogo v tem sistemu ima tudi Evropska unija, ki kot nadnacionalni akter prispeva k usklajenemu in učinkovitemu delovanju celotnega upravljaljskega okvira (Šobot, 2017).

4.4.3 Vloge ključnih akterjev v večnivojskem sistemu upravljanja okolja

Evropska unija ima pri vzpostavljanju in ohranjanju večnivojskega sistema upravljanja omrežja Natura 2000 osrednjo vlogo. Njena naloga je zagotavljanje finančnih sredstev in usklajevanje izvajanja ciljev in načel varstva narave v nacionalni zakonodaji (Wurzel, 2008). EU spodbuja prenos znanja z evropske na nacionalno raven, zagotavlja preglednost postopkov ter enakopravno vključevanje vladnih in nevladnih akterjev v procese odločanja (Jordan idr., 2003). Poleg tega skrbi za ohranitev mednarodnih ciljev v nacionalnem pravnem okviru (Jordan, 1998).

Državni organi nosijo legitimno odgovornost za izvajanje mednarodnih zavez in imajo osrednjo vlogo pri organizaciji in vzpostavitvi večnivojskega sistema upravljanja Natura 2000. V ta proces je vključenih več državnih institucij, ki sodelujejo pri zbiranju podatkov, usklajevanju nalog in skupnem odločanju. Vloge teh institucij so opredeljene v nacionalni zakonodaji in temeljijo na načelih Aarhuške konvencije, predvsem na zagotavljanju dostopa do informacij in vključevanju nevladnih akterjev, kar je v skladu s konceptom trajnostnega razvoja (Šobot, 2017).

Nevladni akterji, predvsem organizacije s področja varstva okolja, imajo v sistemu Natura 2000 možnost enakovrednega sodelovanja z vladnimi institucijami. Njihova vloga postaja vse pomembnejša, saj se prek tega procesa krepi njihova strokovna usposobljenost in vključenost javnosti. Nevladne organizacije pogosto vključujejo strokovnjake, ki prispevajo k pridobivanju podatkov, izboljšanju kakovosti odločanja in nadzoru nad izvajanjem okoljskih predpisov. Ti strokovnjaki pogosto delujejo tudi kot zagovorniki interesov javnosti, zlasti pri zagotavljanju dostopa do pravnega varstva (Stringer in Paavola, 2013).

Sodelovanje nevladnih organizacij in njihovih strokovnjakov je nujno za vzpostavitev učinkovitega večnivojskega sistema upravljanja z okoljem. Njihova vloga je ključna pri spremljanju izvajanja mednarodnih obveznosti na terenu, zlasti z vidika uresničevanja ciljev Direktive o pticah, Direktive o habitatih in Aarhuške konvencije. Na ta način nevladni sektor prispeva k legitimnosti, strokovnosti in transparentnosti celotnega sistema varstva okolja (Cent idr., 2014).

4.4.4 Prispevki evropeizacije k nacionalnemu sistemu varstva okolja Slovenije

Šobot (2017) je v svoji raziskavi opisal prispevke evropeizacije k sistemu varstva okolja v Sloveniji. Vzpostavitev območij Natura 2000 je prispevala k organiziranemu zbiranju informacij o vrstah in habitatih v skladu z evropskimi direktivami, kar je v Sloveniji povečalo obseg in kakovost podatkov o številu in stanju vrst ter njihovi vrednosti v primerjavi z drugimi državami. To je omogočilo vzpostavitev novih zavarovanih območij in okrepilo zaščito vrst ter habitatov, pri čemer je približno tretjina države danes varovana v okviru Direktive o pticah in Direktive o habitatih. Zbiranje informacij je spodbudilo medsektorsko sodelovanje in komunikacijo med različnimi področji, kar je povzročilo spremembe sektorskih politik ter institucionalne preobrazbe. V tem okviru se je spremenila notranja struktura pristojnega ministrstva za okolje, ustanovljen pa je bil tudi Zavod za varstvo narave kot strokovna institucija (leta 1999), odgovorna za zbiranje in objavo vseh relevantnih informacij o območjih Natura

2000. S tem je Slovenija prvič omogočila centraliziran javni dostop do informacij s področja varstva okolja, kar predstavlja pomembno podlago za zaustavitev izgube biotske raznovrstnosti.

Vzpostavitev sistema Natura 2000 je zahtevala vključevanje javnosti, kar je prebivalce spremenilo iz pasivnih opazovalcev v aktivne udeležence odločanja. Javno sodelovanje je tako prispevalo k razvoju participacije na področju varstva okolja, saj so vladni in nevladni akterji prvič skupaj oblikovali politiko varstva okolja na državni ravni. To obdobje je pomenilo pomemben prelom v pristopu k vključevanju javnosti, pri čemer so nevladne organizacije odigrale ključno vlogo pri vključevanju zainteresirane javnosti v postopke odločanja. Prvič je bila javna participacija prepoznana kot sestavni del sistema varstva okolja, kar je prispevalo k spremembam v percepciji in vedenju prebivalstva, ki sta ključna temelja trajnostnega razvoja.

Nevladne organizacije so omogočile javnosti, da se neposredno odzove na okoljske izzive, in s tem pridobile primerljiv vpliv z vladnimi institucijami. V Sloveniji so tako pogosto sprožile sodne postopke proti škodljivim projektom na predlaganih območjih Natura 2000, kar je pripeljalo do razvoja pravosodja na področju varstva okolja.

4.5 Individualizacija kot oblika odziva na globalizacijo

Individualizacija kot oblika odziva na globalizacijo pomeni, da posamezniki razvijajo lastne strategije prilagajanja globalnim spremembam, na podlagi svojih percepcij, stajališč, vrednot, in vedenjskih vzorcev (Pikalo, 2003). Dojemanje, stajališča, vrednote in vedenje tako postajajo ključen dejavnik pri oblikovanju individualnih odzivov na globalne izzive, kot so varstvo okolja in trajnostni razvoj.

Na primeru evropeizacije, zlasti pri vključevanju mednarodnih okoljskih ciljev v nacionalno zakonodajo in lokalno prakso, postane jasno, kako pomembno vlogo imajo posamezniki tako na ravni sprejemanja okoljskih ukrepov kot tudi pri njihovem uresničevanju. V sodobni družbi posamezniki niso več le pasivni prejemniki politik, temveč aktivni soustvarjalci trajnostnih rešitev.

4.5.1 Percepcije in evropska okoljska politika

Pri izvajanju okoljske zakonodaje Evropske unije na nacionalni ravni, zlasti v okviru omrežja Natura 2000, imajo percepcije, stališča, vrednote in vedenjski vzorci prebivalstva ključno vlogo (Bennett, 2016). Natura 2000, kot del večnivojskega sistema upravljanja naravnih virov, je v veliki meri odvisen od javnega mnenja, katerega pomen je sčasoma še narasel, predvsem zaradi potrebe po učinkovitem prenosu evropskih direktiv v nacionalne pravne okvire ter zagotavljanju trajnostnega upravljanja naravnih virov. Uspešna integracija evropske okoljske politike v nacionalno zakonodajo zahteva ne le ustrezno pravno in strokovno znanje, temveč tudi upoštevanje lokalnih percepcij kot enega ključnih dejavnikov pri varstvu okolja in njenem učinkovitem upravljanju (Aretano idr., 2013).

Raziskovanje percepcij lokalnega prebivalstva je zato nujno za razumevanje družbenih in kulturnih kontekstov, ki oblikujejo okoljsko vedenje, ter za oblikovanje ukrepov, ki prispevajo k ohranjanju ekosistemskih vrednot in k učinkovitemu okoljskemu upravljanju (Nilsson idr., 2016). V sodobnem kontekstu globalizacije pa se pojavlja tudi individualizacija kot odgovor na globalizacijo na osnovi percepcij, pri čemer posamezniki na podlagi lastnih izkušenj, vrednot in stališč oblikujejo osebne interpretacije pomena in sprejemljivosti ukrepov varstva okolja. Takšen proces vpliva na to, kako se

globalne okoljske politike, kot je Natura 2000, sprejemajo, prilagajajo in udeležujejo v lokalnem okolju, ter krepi pomen razumevanja lokalnih družbenih in kulturnih posebnosti.

V Sloveniji je vprašanje percepcij še posebej pomembno, saj država znotraj omrežja Natura 2000 pokriva skoraj 38 % svojega ozemlja, kar jo uvršča med evropske države z največjim deležem zavarovanih območij. To dejstvo povečuje potrebo po sistematičnem spremljanju mnenj in stališč prebivalcev, še posebej v podeželskih skupnostih, kjer ukrepi varstva okolja pogosto neposredno vplivajo na gospodarske dejavnosti in način življenja. Na primer, na območju Bleda so prebivalci izrazili pomisleke glede omejitev pri kmetijski rabi zemljišč in pridobivanju gradbenih dovoljenj, medtem ko so v Bohinju razprave pogosto povezane z regulacijo turističnih dejavnosti in dostopa do naravnih območij. Na Krasu pa so konflikti vezani na upravljanje kraških travnikov in gozdov, pri čemer se prepletajo interesi varstva habitatov in tradicionalne paše.

Percepcije so opredeljene kot način, na katerega posameznik zaznava, interpretira in vrednoti določene objekte, dejavnosti, politike ali rezultate (Bennett, 2016), pri čemer nanje vplivajo širši družbeni, kulturni in ekonomski dejavniki (Aretano idr., 2013). Kot ugotavlja Bennett (2016), percepcije ponujajo dragocen vpogled v družbeno sprejemljivost upravljaljskih ukrepov in politik na zavarovanih območjih. Nastran (2015) poudarja, da so prav percepcije eden od ključnih dejavnikov uspešnega upravljanja zavarovanih območij, vendar je v Sloveniji njihovo sistematično zbiranje še vedno v precejšnji meri zapostavljeno. Za pridobivanje tovrstnih podatkov so odgovorni pristojni javni organi, pri čemer je najbolj učinkovito, če se to izvaja že v fazi načrtovanja evropske okoljske politike na nacionalni ravni.

Analize percepcij prebivalstva omogočajo vpogled v dojetanje socialnih in ekoloških posledic ukrepov varstva okolja, oceno legitimnosti upravljaljskih praks ter stopnjo družbene sprejemljivosti okoljske politike (Bennett, 2016). Med najpomembnejše dejavnike, ki vplivajo na oblikovanje percepcij in vedenja državljanov glede zavarovanih območij, sodijo raven zaupanja v institucije, pristojne za okoljsko upravljanje, ocena njihove učinkovitosti, stopnja ozaveščenosti prebivalstva ter osebne vrednote posameznikov (Dimitrakopoulos idr., 2010). V slovenskih izkušnjah se je pokazalo, da so območja, kot je Triglavski narodni park, kjer obstaja dolga tradicija upravljanja, bolj naklonjena sodelovanju in soupravljanju, medtem ko se na novejših območjih Natura 2000, kot je na primer območje Pivških presihajočih jezer, deležniki pogosto počutijo premalo vključene v postopke odločanja.

Vključevanje javnosti je običajno večje na območjih z daljšo tradicijo upravljanja zavarovanih območij in je tesno povezano z obsegom lokalnega znanja (Nastran, 2015). Nicolescu (2007) dodatno opozarja, da različni sistemi znanja in percepcije ustvarjajo različne ravni razumevanja resničnosti, kar je treba upoštevati pri oblikovanju novih vrednot, stališč in vedenjskih vzorcev. V Sloveniji to pomeni, da uspešno upravljanje Natura 2000 zahteva ne le formalno uskladitev z evropskimi predpisi, temveč tudi trajen proces komunikacije, izobraževanja in vključevanja lokalnih skupnosti v sooblikovanje okoljevarstvenih ciljev.

4.5.2 Stališča in evropska okoljska politika

Stališča do varstva okolja, vključno z omrežjem Natura 2000, pogosto odražajo globlje družbene vrednote in individualne poglede na svet. Hiedanpaa (2002) ugotavlja, da nekateri ljudje ekologijo dojemajo kot omejevanje osebne svobode, medtem ko Kati idr. (2014) opozarjajo, da ima večina prebivalstva omejeno znanje in prej negativna stališča do varstva okolja. Park (2000) nasprotno poudarja, da ekologija predstavlja pot v prihodnost, ki zahteva oblikovanje pozitivnih stališč v skladu z »logiko življenja«, kar potrjuje tudi Rolston (1996).

V okoljski psihologiji so stališča opredeljena kot nagnjenost k pozitivnemu ali negativnemu mišljenju, čustvovanju in ravnanju glede določenih objektov, vprašanj ali politik v okolju (Torkar idr., 2010). Pogosto temeljijo na etičnih prepričanjih (Kotchen in Reiling, 2000), pri čemer so lahko oblikovana v okviru antropocentričnih, biocentričnih ali ekocentričnih vrednotnih sistemov (Rosa in Da Silva, 2005). V okviru Natura 2000 nanje vplivajo moralna razmišljanja in konflikti med pravico do zasebne lastnine ter kolektivno pravico do zdravega okolja.

V tem kontekstu je posebej pomemben proces individualizacije kot odziva na globalizacijo, kjer posamezniki v globaliziranem svetu, kjer so okoljske politike pogosto oblikovane na nadnacionalni ravni, te kolektivne okvire reinterpreterirajo skozi lastne izkušnje, lokalne tradicije in kulturno identiteto. Takšna individualizacija, utemeljena na percepcijah, lahko pospeši ali zavira lokalno sprejemanje globalnih okoljskih strategij. V Sloveniji, kjer omrežje Natura 2000 zajema skoraj 38 % ozemlja države, je ta dinamika zelo izrazita. Številne podeželske skupnosti Natura 2000 dojemajo hkrati kot ekološko nujnost in kot zunanjo vsilitev, včasih jo primerjajo celo s preteklimi procesi nacionalizacije (Nastran, 2015). Na območju Ljubljanskega barja so se ob uvedbi omejitev pri kmetijski obdelavi tal pojavili odpor in zahteve po večji finančni podpori, kar je privedlo do vzpostavitve kompenzacijskih ukrepov za kmete. Podobno so na območju Pohorja omejitve sečnje in gradbenih posegov sprožile razprave o uravnoteženju okoljevarstvenih ciljev z razvojem turizma in lokalnega gospodarstva. Te percepcije vplivajo na pripravljenost za sprejem trajnostnih praks, sodelovanje v participativnem upravljanju ter usklajevanje individualnih pravic s kolektivnimi okoljskimi cilji.

Trajnostni razvoj, kot ga opredeljujejo Tzaberis idr. (2012), temelji na povezovanju gospodarskega, okoljskega in socialnega stebra, a je njegova uspešnost odvisna od moralne zavesti (Lukšič, 2010) in kolektivne skrbi za skupne dobrine (Hardin, 1968; Ostrom, 1990). V tem pogledu primer Slovenije kaže na pomen transdisciplinarnih pristopov (Nicolescu, 2014), ki združujejo ekološko logiko s socialnokulturnimi realnostmi ter spodbujajo prehod od modela deležnikov osredotočenega na lastne interese k modelu sopartnerjev (Torkar in McGregor, 2012), ki daje prednost skupni blaginji.

Zbiranje podatkov o stališčih javnosti (Casado-Arzuaga idr., 2013) je zato ključno za učinkovito izvajanje Natura 2000, zlasti v državah, kot je Slovenija, kjer se visoka stopnja zavarovanih območij prepleta z raznolikimi lokalnimi percepcijami. Krepitev zaupanja, spodbujanje okoljske pravičnosti in promocija ekoloških življenjskih slogov lahko pripomorejo k premoščanju vrzeli med globalnimi političnimi okviri in individualiziranimi lokalnimi odzivi, s čimer bodo prizadevanja za ohranjanje narave tako ekološko učinkovita kot družbeno legitimna.

4.5.3 Vrednote in evropska okoljska politika

Vrednote predstavljajo temeljna in trajna življenjska načela, ki usmerjajo zaznavanje, presojo in vedenje posameznikov ter skupnosti, obenem pa oblikujejo njihove dolgoročne prioritete in strategije delovanja (Papagiannakis in Lioukas, 2012). Na konceptualni ravni jih je mogoče razvrstiti v dve glavni motivacijski dimenziji (Gifford in Nilsson, 2014). Prva dimenzija zajema razpon med odprtostjo za spremembe, ki poudarja inovativnost, svobodo, raziskovanje in prilagodljivost, ter ohranjanjem, ki daje prednost stabilnosti, tradiciji, varnosti in spoštovanju ustaljenih norm. Druga dimenzija pa obsega razmerje med samopovečevanjem, ki vključuje težnjo k lastnim koristim, uspehu, moči in družbenemu statusu, ter samotranscendenco, ki se osredotoča na preseganje osebnih interesov z namenom skrbi za dobrobit drugih, pravičnosti in ohranjanja naravnega okolja. Te dimenzije tvorijo okvir za razumevanje, kako vrednote vplivajo na sprejemanje odločitev, oblikovanje politik in odzive na družbene ter okoljske izzive. Kot pojasnjujejo Lima idr. (2011), vrednota predstavlja zaželen, transsituacijski cilj, katerega

pomen se razlikuje med posamezniki in družbami. Vrednote delujejo kot interpretativni filter, ki vpliva na to, kako obdelujemo in razumemo informacije, pri čemer so same pod vplivom temeljnih prepričanj (Park, 2000). Dietz idr. (2003) jih opredeljujejo kot preplet treh pomenov: notranje vrednosti nečesa, presoje te vrednosti in moralnih načel, ki usmerjajo ravnanje.

Vzpostavitev omrežja Natura 2000 je okrepila visoke okoljevarstvene vrednote. Vendar ob okoljevarstvenih vrednotah obstajajo tudi kulturne vrednote, ki pomembno sooblikujejo okoljske prioritete (Rolston, 1996). Okolje in kultura sta globoko povezani: okolje omogoča življenjsko osnovo, od katere je odvisna kultura, kultura pa interpretira, posreduje in pogaja pomen okolja (Rolston, 2010).

Mednarodne izkušnje kažejo, da se stopnja razvitosti okoljskih vrednot med družbami razlikuje. Na Norveškem je varstvo okolja povezano s človekovim dostojanstvom in notranjimi moralnimi načeli, na Finskem pa nevladne organizacije spodbujajo javno sodelovanje ter krepijo moralno odgovornost do ohranjanja okolja. V vseh kontekstih se moralne vrednote kažejo kot predpogoj za učinkovito varstvo okolja (Hiedanpaa, 2002), trajnostni razvoj pa je mogoč le z njihovo integracijo v družbene norme (Lukšič, 2010).

V dobi globalizacije pa so okoljske vrednote pogosto oblikovane skozi proces individualizacije. Globalni politični okviri, kot sta Direktiva o habitatih in omrežje Natura 2000, postavljajo univerzalne okoljevarstvene cilje. Posamezniki pa te cilje interpretirajo skozi osebne izkušnje, lokalne identitete in družbeno-kulturne realnosti. Takšna individualizacija kot odziv na globalizacijo lahko okrepi lokalno lastništvo nad okoljevarstvenimi ukrepi ali pa povzroči odpor, kadar se globalne prioritete dojemajo kot v nasprotju z lokalnimi življenjskimi praksami in vrednotami.

Primer Slovenije to dinamiko jasno ponazarja. Z zajetostjo skoraj 38 % ozemlja v omrežje Natura 2000 se Slovenija uvršča med vodilne države EU glede deleža zavarovanih območij. Medtem ko se to na mednarodni ravni dojemata kot zavezanost visokim ekološkim vrednotam, nekatere lokalne skupnosti, zlasti na podeželju, to dojemajo kot zunanje vsiljenje, saj omejitve rabe tal neposredno vplivajo na kmetijstvo, gozdarstvo in turizem. Na območju Triglavskega narodnega parka, kjer se del površin prekriva z Natura 2000, so na primer omejitve gradnje turistične infrastrukture sprožile razprave o ravnotežju med ohranjanjem narave in razvojem lokalnega gospodarstva. V Vipavski dolini pa so spori glede omejitev rabe pesticidov na območjih varovanja habitatov vodili do večletnega procesa usklajevanja med pridelovalci vina in okoljevarstvenimi službami, kar je na koncu privedlo do kompromisnih ukrepov in večje podpore trajnostnim praksam.

Vrednote niso statične niti enotne, sčasoma se lahko spreminjajo, med seboj nasprotujejo in razvijajo (Gifford in Nilsson, 2014). Spremembe vrednot vodijo v spremembe odločitev in posledično v spremembe vedenja (Dietz idr., 2003). Učinkovito izvajanje Natura 2000 zato temelji na krepitvi skupnih moralnih in kulturnih vrednot, ki lahko povežejo globalne okoljevarstvene okvire z individualiziranimi lokalnimi interpretacijami ter zagotovijo tako ekološko učinkovitost kot družbeno legitimnost.

4.5.4 Vedenje in evropska okoljska politika

Vrednote in stališča so osrednji dejavniki prookoljskega vedenja (Kollmuss in Agyeman, 2002). Razumevanje zapletenega prepleta med vrednotami, stališči do varstva okolja in dejanskim okoljskim ravnanjem je ključno za oblikovanje učinkovitih strategij ohranjanja okolja (Park, 2000). Vedenje lahko razumemo kot dejavnost organizma v interakciji z njegovim okoljem (Popescu, 2014), prookoljsko

vedenje pa pomeni namerna dejanja, katerih cilj je zmanjšanje negativnih vplivov na okolje (Dono idr., 2010). Takšno vedenje oblikujejo številni dejavniki, vključno z družbenim statusom, vrednotami, stališči ter širšo družbeno strukturo, pa tudi nepsihološki vplivi, kot so geografske značilnosti in politične razmere (Gifford in Nilsson, 2014).

V tem okviru globalni okoljevarstveni okviri, kot je evropsko omrežje Natura 2000, uvajajo univerzalna pravila in cilje, ki so pogosto »vsiljeni od zunaj« (Hiedanpää, 2002). Lokalna vedenjska pravila pa izhajajo iz notranjih družbenih norm skupnosti. Prav na stičišču teh zunanjih pravil in notranjih norm se pojavi proces individualizacije kot odziva na globalizacijo. Globalizirani okoljski cilji se na lokalni ravni reinterpreterirajo skozi osebne izkušnje, zgodovino skupnosti in kulturne okoliščine, kar vodi do raznolikih vedenjskih odzivov. Primer Slovenije to dinamiko jasno ponazarja. Z vključitvijo 38 % ozemlja v omrežje Natura 2000 mora država usklajevati globalne zaveze ohranjanja biotske raznovrstnosti z lokalnimi praksami rabe zemljišč. V podeželskih območjih, kjer sta preživetje in identiteta pogosto vezana na kmetijstvo, gozdarstvo ali turizem, nekateri lastniki zemljišč omejitve rabe tal dojemajo kot zunanjo prisilo. Takšne percepcije oblikujejo vedenje, nekateri prebivalci sprejmejo trajnostne prakse, usklajene s cilji Natura 2000, medtem ko drugi nasprotujejo zaradi zaznanih gospodarskih ali kulturnih izgub. Na Krasu so na primer nekateri kmetje v okviru kmetijsko-okoljskih ukrepov prešli na ekstenzivno pašo, kar je pripomoglo k ohranjanju suhih travnišč, medtem ko so drugi zaradi zaznane gospodarske neupravičenosti ukrepom nasprotovali. V Bohinjski dolini pa so spori glede omejitev prometa in regulacije turističnih dejavnosti pokazali, kako lahko nasprotja med varstvom okolja in gospodarskimi interesi vplivajo na pripravljenost lokalnih skupnosti za sodelovanje.

Ovire prookoljskemu vedenju so pomanjkanje znanja, izkušenj in ustrezne okoljske vzgoje. V postsocialističnih okoljih, kot je Slovenija, lahko zgodovinske izkušnje in nezaupanje do državnega poseganja v upravljanje zemljišč te ovire še okrepijo. Njihovo premagovanje zahteva ciljno usmerjene pristope: krepitev okoljske vzgoje (Torkar, 2014), spodbujanje občutka povezanosti z okoljem (Schultz, 2011) ter utrjevanje moralnih vrednot, ki krepijo kolektivno skrb za naravne vire (Rolston, 2010).

Prookoljsko vedenje v okviru Natura 2000 je tako rezultat nenehnega usklajevanja med globalnimi okoljskimi zahtevami in individualiziranimi lokalnimi odzivi. Politike, ki prepoznajo in vključijo lokalne kulturne posebnosti ter hkrati utrjujejo ekološko logiko varstva okolja, imajo več možnosti, da bodo stališča in vrednote uspešno preoblikovale v trajnostna dejanja.

4.6 Globalizacija proti individualizaciji: primer Nature 2000

Večnivojsko upravljanje Natura 2000 v Sloveniji razkriva izrazit razkorak med globalizacijskimi procesi oblikovanja enotnih okoljevarstvenih standardov in lokalnimi interesi posameznikov ter skupnosti. Natura 2000 je del evropske okoljske politike, utemeljen na mednarodnih sporazumih in strokovnih priporočilih, ki izhajajo iz globalne okoljevarstvene agende. Ta pristop izhaja iz prepričanja, da so biotska raznovrstnost in ekosistemske storitve skupna dobrina človeštva in jih je treba varovati ne glede na državne ali lokalne meje. Vendar se v Sloveniji, podobno kot drugod po Evropi, pojavlja občutek, da odločitve prihajajo »od zgoraj«, brez zadostnega vključevanja lastnikov zemljišč in drugih lokalnih deležnikov.

Za številne slovenske lastnike zemljišč, zlasti na podeželju, kjer so ljudje ekonomsko in kulturno močno povezani z zemljo, pomeni Natura 2000 omejevanje zasebne lastnine in poseg v tradicionalne oblike rabe prostora. Pogosto jo razumejo kot nadaljevanje nacionalizacijskih praks iz socialističnega obdobja,

pri čemer okoljevarstvena logika prevlada nad možnostjo gospodarske rabe (Nastran, 2015). V takem okolju globalizirani model varstva okolja trči ob individualizirane interese, kjer lastniki poudarjajo avtonomijo odločanja, pravico do ekonomskega razvoja in preživetja.

Razlika med globalnimi in lokalnimi prioritetami se kaže tudi v vrednotnem sistemu: evropski okvir poudarja dolgoročno ohranjanje biotske raznovrstnosti in kolektivne koristi, medtem ko lokalni uporabniki pogosto izhajajo iz neposrednih ekonomskih potreb. Kot ugotavljata Newig in Fritsch (2009), so prebivalci urbanih okolij ali območij oddaljenih od naravnih virov bolj naklonjeni varstvu okolja, medtem ko so tisti, ki živijo znotraj ali ob zavarovanih območjih, bolj usmerjeni v gospodarsko izrabo prostora. Slovenija pri tem ni izjema. Na območjih, kot so Trnovski gozd, Goričko ali Kras, so konflikti pogosto posledica pomanjkanja dialoga, nezadostnih finančnih nadomestil in občutka, da so okoljevarstveni cilji v nasprotju z lokalnim razvojem. Podobne težave so opazne tudi v drugih državah članicah EU. Na Poljskem je bila Natura 2000 pogosto sprejeta z nezaupanjem, ker so bili ukrepi oblikovani centralizirano, brez prilagoditve zgodovinskim in družbenim razmeram podeželja (Niedziakowski idr., 2015). Na Portugalskem pa so lastniki zemljišč izražali odpor, ker so projekti, financirani iz EU sredstev, pogosto favorizirali velike okoljevarstvene projekte, medtem ko so bili lokalni gospodarski interesi prezrti (Rosa in Da Silva, 2005).

V vseh treh državah, v Sloveniji, na Poljskem in Portugalskem se kot skupni imenovalci pojavljajo trije izzivi:

1. Institucionalna vrzel – pomanjkanje učinkovitega mehanizma, ki bi globalne cilje prevedel v lokalno sprejemljive ukrepe.
2. Ekonomska nekompenzacija – nezadostno nadomestilo lastnikom za omejitve rabe zemljišč.
3. Kulturna razhajanja – razlika med globalnim okoljevarstvenim diskurzom in lokalnimi vrednotami, ki izhajajo iz tradicije in načina življenja.

Za preseganje teh razlik ni dovolj zgolj tehnična implementacija evropskih direktiv. Potrebna je institucionalna in politična preobrazba, ki bo temeljila na vključevanju lokalnih skupnosti v odločanje, prilagodljivem (adaptivnem) upravljanju ter izobraževanju za trajnostni razvoj (Vikolainen idr., 2013; Ferranti idr., 2010). Tako se lahko oblikuje model, v katerem bodo globalni cilji varstva okolja in lokalne potrebe po gospodarskem razvoju sobivali brez nenehnih konfliktov. V končni fazi Natura 2000 v Sloveniji ni zgolj okoljevarstveni projekt, temveč ogledalo širšega vprašanja, kako uskladiti globalizirane okoljske politike z individualiziranimi pravicami in interesi. Primerjava s Poljsko in Portugalsko kaže, da je uspeh mogoč le, če globalni okoljevarstveni cilji postanejo del lokalne identitete in vrednot, kar zahteva odprt dialog, pravično porazdelitev koristi ter spoštovanje kulturnega in gospodarskega konteksta.

4.7 Povzetek

V 19. stoletju je industrijska revolucija sprožila temeljite družbene spremembe, zaznamovane z vzponom kapitalizma, tehnološkimi inovacijami in intenzivnim izkoriščanjem naravnih virov. Razvoj parnih strojev, železarstva, rudarstva in železnic je prinesel napredek, hkrati pa povzročil obsežno onesnaženje zraka, voda in tal, množično sečnjo gozdov ter slabše bivalne razmere v mestih. Narava je bila razumljena kot neomejen vir, okoljska škoda pa kot sprejemljiva cena gospodarske rasti, kar je ustvarilo temelje za probleme, ki so se nadaljevali v 20. in 21. stoletju.

V 20. stoletju sta industrializacija in urbanizacija še okrepili obremenjevanje okolja. Svetovni vojni sta prinesli množično porabo surovin, uporabo kemičnega in jedrskega orožja ter trajno škodo ekosistemom. Povojno obdobje je pospešilo industrijsko rast, a so se hkrati pojavila prva opozorila o omejitvah narave. To je sprožilo sodobno okoljsko gibanje, ki je prek ključnih del in mednarodnih konferenc preraslo v oblikovanje trajnostnega razvoja kot globalnega cilja. Nastala je mreža konvencij in sporazumov, kot so Aarhuška konvencija, Agenda 21 in Kjotski protokol, ki so poudarili pomen mednarodnega sodelovanja, vključevanja javnosti ter povezovanja okoljskih, gospodarskih in družbenih vidikov.

V 21. stoletju se je varstvo okolja razvilo v enega izmed ključnih stebrov evropske in svetovne politike. Evropska unija je sprejela Zeleni dogovor, Strategijo trajnostnega razvoja in vrsto direktiv, ki so okrepile načela transparentnosti in trajnostnega upravljanja naravnih virov. Globalno so Pariški sporazum in Agenda 2030 utrdili povezavo med podnebnimi cilji, socialno pravičnostjo in gospodarsko preobrazbo. Varstvo okolja danes temelji na znanstvenih spoznanjih, inovacijah in aktivnem sodelovanju javnosti, pri čemer presega nacionalne meje in se razvija kot celovit proces trajnostne prihodnosti.

Primer Natura 2000 v Sloveniji ponazarja preplet globalnih ciljev in lokalnih odzivov. V to omrežje je vključena skoraj tretjina države, kar je okrepilo varstvo biotske raznovrstnosti, a sprožilo konflikte med varstvom okolja ter kmetijskimi interesi. Proces evropeizacije je omogočil razvoj institucij, kot je Zavod za varstvo narave, ter večjo vlogo nevladnih organizacij in javnosti pri odločanju. Vendar pa so se pokazali tudi izzivi, kot so pomanjkanje dialoga, finančnih nadomestil in prilagajanja lokalnim razmeram.

V globaliziranem svetu individualizacija pomeni, da posamezniki in skupnosti oblikujejo lastne strategije odzivanja na okoljske politike glede na svoje vrednote, interese in kulturni kontekst. To prinaša široko paleto odzivov, od sodelovanja do odpora, in razkriva napetost med globalnimi okoljskimi cilji ter lokalnimi interesi. Uspešno varstvo okolja je mogoče doseči le z odprtim dialogom, pravično porazdelitvijo koristi, vključevanjem javnosti in spoštovanjem družbeno-kulturnih posebnosti. Tako postaja trajnostni razvoj ravnotežje med globalnimi vizijami in lokalnimi realnostmi.

4.8 Vprašanja, ki spodbujajo razmislek in razpravo

1. Kako je industrijski razvoj vplival na izkoriščanje naravnih virov in degradacijo okolja?
2. Kako je kapitalistični sistem oblikoval razumevanje odnosa med gospodarstvom in naravo?
3. Zakaj v 19. stoletju še ni bilo razvite okoljske zavesti ali zakonodaje o varstvu okolja?
4. Katere nove oblike onesnaževanja sta prinesli svetovni vojni?
5. Kakšen pomen imata deli Rachel Carson (*Silent Spring*) in Garretta Hardina (*The Tragedy of the Commons*) za razvoj sodobne okoljske zavesti?
6. Zakaj je Stockholmska konferenca (1972) prelomnica v globalni okoljski politiki?
7. Kako je Brundtlandino poročilo (1987) opredelilo trajnostni razvoj?
8. Katere posledice je imela jedrska nesreča v Černobilu (1986) za evropsko okoljsko politiko?
9. Katere ključne rezultate je prinesla Konferenca v Riu (1992) z Agendo 21 in Konvencijo o biotski raznovrstnosti?
10. Kaj določa Direktiva o habitatih (1992) in kako se uresničuje preko mreže Natura 2000?
11. Katere tri temeljne pravice zagotavlja Aarhuška konvencija (1998) in zakaj velja za temelj ekološke demokracije?

12. Zakaj je Kjotski protokol (1997) pomemben kot prvi pravno zavezujoči sporazum za zmanjševanje emisij toplogrednih plinov?
13. Kako se v drugi polovici 20. stoletja oblikuje večnivojsko upravljanje okolja od lokalne do globalne ravni?
14. Kakšno vlogo ima Direktiva o strateški presoji vplivov nekaterih načrtov in programov na okolje pri vključevanju okoljskih vidikov v načrtovanje (2001)?
15. Zakaj je bila sprejeta Direktiva o industrijskih emisijah (2010) in kako spodbuja uporabo najboljših razpoložljivih tehnik?
16. Kakšen pomen ima Pariški sporazum (2015) za globalno podnebno politiko?
17. Kako Agenda 2030 s 17 cilji trajnostnega razvoja povezuje okoljske, socialne in gospodarske dimenzije?
18. Kaj pomeni Zeleni dogovor EU (2019) za prehod v podnebno nevtralno družbo?
19. Kako Direktiva o okoljskem poročanju (2025) prispeva k preglednosti in dostopnosti okoljskih podatkov?
20. Kako se v primeru Slovenije globalizacija udejanja prek procesa evropeizacije?
21. Kako implementacija Nature 2000 vpliva na pravni, institucionalni in politični okvir varstva okolja v Sloveniji?
22. Zakaj številni lastniki zemljišč Nature 2000 dojemajo kot omejevanje zasebne lastnine?
23. Katere tri ključne težave spremljajo izvajanje Nature 2000?
24. Kako nevladne organizacije prispevajo k legitimnosti in učinkovitosti sistema upravljanja Nature 2000?
25. Kako vključevanje lokalnih skupnosti v odločanje zmanjšuje konflikte pri izvajanju Nature 2000?
26. Kako se proces individualizacije kaže kot odziv na globalizacijo v kontekstu varstva okolja?
27. Kako vrednote, stališča in percepcije prebivalcev vplivajo na uspešno izvajanje globalnih okoljskih politik v lokalnih okoljih?

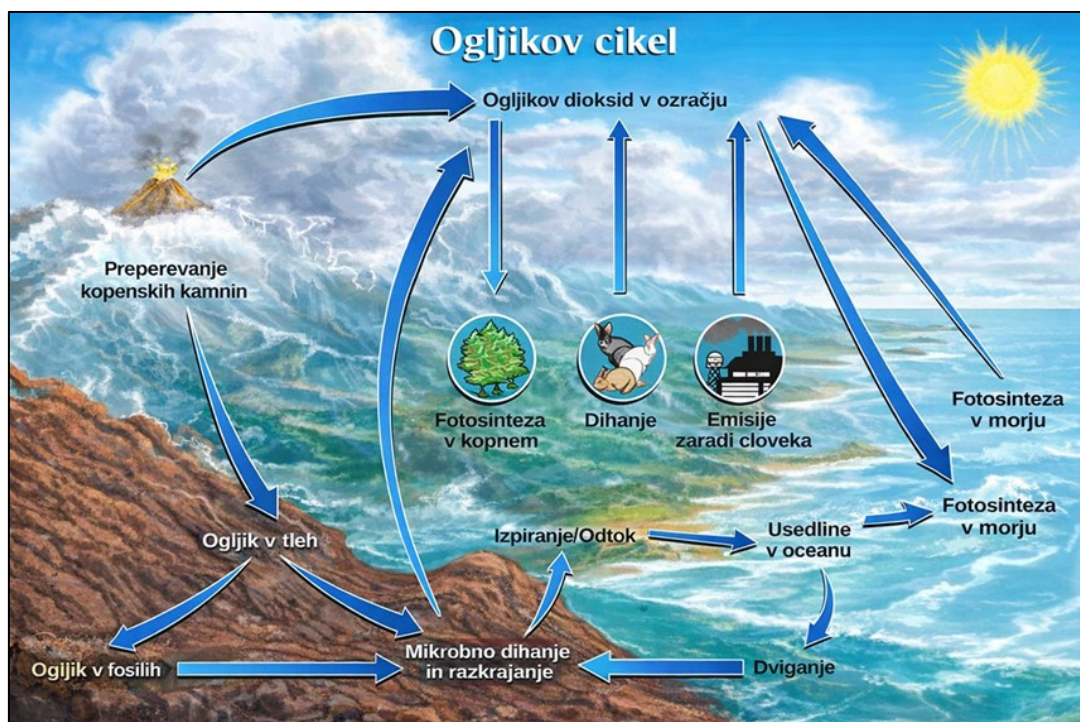
5 VARSTVO OKOLJA: MED EKOLOGIJO, UPRAVLJANJEM OKOLJA IN TRAJNOSTNIM RAZVOJEM

V tem poglavju je obravnavano varstvo okolja kot proces, ki se je skozi čas razvijal med znanstvenimi temelji ekologije, praktičnimi oblikami upravljanja in sodobnim konceptom trajnostnega razvoja. Najprej bo predstavljen zgodovinski razvoj od prvih ekoloških spoznanj do oblikovanja ideje trajnostnega razvoja kot globalne usmeritve. Nadalje bo izpostavljeno demokratično upravljanje naravnih virov kot temelj sodobnega varstva okolja, pri čemer imajo pomembno vlogo participacija javnosti, preglednost in povezovanje različnih družbenih interesov. Poseben poudarek bo namenjen primeru Nature 2000 v Sloveniji, ki ponazarja, kako se načela trajnostnega in ekosistemskega upravljanja uresničujejo v praksi ter kako se v procesu prepletajo okoljski, gospodarski in družbeni vidiki. V posameznih podpoglavjih bodo podrobneje razčlenjene značilnosti teh konceptov, njihovi teoretični temelji ter konkretne izkušnje iz slovenske in širše evropske prakse.

5.1 Razvoj koncepta varstva okolja: zgodovinski prehod od ekologije k trajnostnemu razvoju

Okolje ni zgolj geografsko območje, znotraj katerega se odvijajo človeške dejavnosti, temveč predstavlja osnovno življenjsko podlago, brez katere človeška družba sploh ne bi mogla obstajati. Je dinamičen sistem, v katerem se nenehno prepletajo naravni procesi, kot so fotosinteza, kroženje vode, ogljikov krog, obnova tal in biotske interakcije z vplivi človekove dejavnosti, ki okolje oblikujejo na različnih ravneh: prek kmetijstva, industrije, urbanizacije, prometa, energetike in izrabe naravnih virov (slika 11). Zaradi teh številnih interakcij okolje ni statičen in samoumeven prostor, temveč občutljiv, omejen in ranljiv sistem, ki zahteva premišljen, odgovoren in dolgoročno usmerjen pristop k njegovemu varovanju in upravljanju.

Slika 11: Ogljikov krog



Teachengineering. (b. d.). *Carbon Cycles*. Teachengineering.

https://www.teachengineering.org/lessons/view/cub_carbon_lesson01

Razumevanje, zakaj so danes ključni pojmi, kot so ekologija, varstvo okolja, upravljanje z okoljem in trajnostni razvoj, postali osrednji okvir za razmišljanje o prihodnosti planeta, zahteva vpogled v znanstvene in družbene procese, ki so utrjevali njihov nastanek. Ti koncepti niso nastali iz teorije, temveč kot odziv na vedno bolj zapletena razmerja med človekom in naravo ter kot posledica okoljskih kriz, ki so se postopoma zaostrovala od sredine 19. stoletja naprej. Gre za rezultat znanstvenega napredka, družbenih gibanj in političnih sprememb, ki so prepoznale nujnost sprememb v odnosu do naravnega sveta.

Pojem **ekologija** (*angl. Ecology*) se je kot znanstvena disciplina uveljavil v drugi polovici 19. stoletja, ko ga je leta 1866 nemški biolog in filozof Ernst Haeckel (1834–1919) opredelil kot združitev grških izrazov *oikos* (dom, okolje) in *logos* (nauk). Sprva je bila ekologija osredotočena na poučevanje odnosov med organizmi in njihovim okoljem, zlasti v okviru biologije. K njenemu zgodnjemu razvoju je pomembno prispeval Charles Darwin (1809–1882) s teorijo naravne selekcije, ki je pojasnila prilagajanje organizmov okoljskim pogojem, ter Arthur Tansley (1871–1955), ki je leta 1935 uvedel pojem ekosistem in poudaril celovitost interakcij med živimi in neživimi sestavinami okolja. V 20. stoletju je Eugene Odum (1913–2002) ekologijo utemeljil kot sistemsko znanost s posebnim poudarkom na kroženju snovi in pretoku energije v ekosistemih, kar jo je postavilo v središče razumevanja sodobnih okoljskih kriz. Danes je ekologija izrazito interdisciplinarna veda, ki vključuje prostorske, družbene in politične razsežnosti ter presega zgolj razumevanje odnosov med organizmi in njihovim okoljem; **obravnava celotno mrežo interakcij med živim in neživim okoljem ter temeljne procese kroženja snovi in pretoka energije, ki pogojujejo življenje na Zemlji.**

Z razvojem industrije in intenzivnejšo rabo naravnih virov v 20. stoletju je postalo jasno, da znanstveno razumevanje okolja samo po sebi ne zadošča, potrebni so tudi konkretni ukrepi. Tako se je začel oblikovati koncept **varstva okolja** (*angl. Environmental Protection*), ki je sprva vključeval predvsem

tehnične ukrepe za zmanjševanje onesnaženja zraka, voda in tal, pozneje pa se je razvil v širši družbeni, pravni in politični okvir za zaščito okolja. Varstvo okolja danes pomeni več kot le preprečevanje onesnaževanja. Pri tem gre za celostno prizadevanje za ohranjanje naravnih virov, ekosistemskih storitev in biotske raznovrstnosti ter za zagotavljanje kakovosti življenja sedanjih in prihodnjih generacij.

Koncept varstva okolja se je v zadnjih desetletjih razvijal na treh medsebojno povezanih in soodvisnih ravneh, ki skupaj oblikujejo celovit okvir za obravnavo kompleksnih okoljskih izzivov. Prva, **politično-ekonomska raven**, zajema mednarodne sporazume, konvencije, zakonodajne akte in razvoj javnih politik na različnih ravneh upravljanja. Ker okolje ne pozna političnih in geografskih meja, so prizadevanja na tem področju nujno globalne narave. Med ključne mejnike sodi Stockholmska deklaracija iz leta 1972, ki je okolje prvič formalno opredelila kot globalno skupno dobro in skupno odgovornost vseh držav, s čimer je vzpostavila temelje sodobnega mednarodnega okoljskega prava. Druga, **družbeno-kulturna raven**, se nanaša na oblikovanje, širjenje in utrjevanje okoljskih vrednot, normativnih pričakovanj ter družbenih praks. Te procese podpirajo okoljsko izobraževanje, ozaveščanje javnosti in spodbujanje vedenjskih sprememb v smeri trajnostnega življenjskega sloga. V tem okviru družbeni odzivi na proces individualizacije zahtevajo usklajevanje z globalnimi okoljskimi cilji, da bi se zagotovila skladnost lokalnih ravnanj z mednarodnimi zavezami. Tretja, **tehnično-tehnološka raven**, zajema razvoj in implementacijo inovativnih okoljskih tehnologij, uporabo trajnostnih materialov ter vzpostavitev specializiranih tehnično-tehnoloških rešitev za čiščenje, obdelavo in ravnanje z odpadki, preprečevanje onesnaževanja, varstvo naravnih virov ter druge operativne vidike varstva okolja. Predstavlja praktično-implementacijsko dimenzijo, v kateri se politične zaveze in družbene spremembe udejanjajo s pomočjo tehnološkega napredka. Te tri ravni se medsebojno prepletajo in skupaj omogočajo sistemski pristop k varstvu okolja, ki združuje normativni okvir, družbeno podporo in tehnološke inovacije.

Posebej pomembno je delo ameriške biologinje Rachel Carson, katere knjiga *Silent Spring* (1962) je razkrila škodljive učinke pesticida DDT na naravne ekosisteme in sprožila prvo globalno razpravo o okoljskih tveganjih kemičnih snovi. Njen vpliv je presegel meje znanosti in močno spodbudil nastanek sodobnega okoljevarstvenega gibanja. V prostoru nekdanje Jugoslavije pa je pomemben prispevek dal Siniša Stanković (1892–1974), ki je že leta 1933 opozarjal na okolje kot »okvir življenja« in zagovarjal koncept okolja kot sistema, v katerem morajo biti ekološki, družbeni in tehnološki vidiki usklajeni (Stanković, 1977).

Z vidika konceptualnega razumevanja varstvo okolja zajema celovit sklop dejavnosti, ukrepov in politik, usmerjenih v ohranjanje, zaščito in trajnostno upravljanje tako neživega (abiotskega) kot živega (biotskega) dela okolja. Abiotski elementi vključujejo zrak, vodo in prst, ki tvorijo temeljne življenjske pogoje, medtem ko biotski elementi obsegajo rastline, živali in naravne habitate, od katerih je človek neposredno in posredno odvisen. Pojem okolje presega zgolj naravne sestavine ter vključuje tudi kulturne, socialne in zgodovinske prvine, od krajinske in podnebne raznolikosti ter strukture ekosistemov do materialne in nematerialne kulturne dediščine, zgodovinskih vrednot ter moralno-intelektualnega razvoja človeške družbe. **Varstvo okolja je zato treba razumeti kot integriran sistem naravnih, družbenih in kulturnih danosti, v katerih človek biva, ustvarja in deluje, pri čemer se zagotavlja ravnotežje med človekovimi potrebami in nosilno sposobnostjo naravnih sistemov.**

S poglobljanjem okoljskih izzivov se je v drugi polovici 20. stoletja razvil še bolj strukturiran pristop **upravljanja okolja** (*angl. Environmental Management*). Gre za **načrtno, sistematično in celovito obvladovanje človekovih vplivov na naravne sisteme, s ciljem uravnotežiti gospodarski razvoj z**

varstvom okolja. Ta pristop vključuje oblikovanje politik, standardov (npr. ISO 14001), presoje vplivov na okolje, strateške presoje vplivov na okolje ter aktivno sodelovanje javnosti v okoljskem odločanju. Med pomembne avtorje tega pristopa sodi Donella Meadows (1941–2001), soavtorica znamenitega poročila *The Limits to Growth* (1972), ki je pod okriljem Kluba Rima (*angl. Club of Rome*)¹ opozorilo, da so naravni viri omejeni in da neskončna gospodarska rast ni mogoča. Meadows in sodelavci (1972) so poudarili pomen systemskega mišljenja, dolgoročnega načrtovanja in medsebojnega povezovanja okoljskih, družbenih in gospodarskih vidikov.

Podobno je razmišljal tudi Garrett Hardin, ki je v svojem znamenitem eseju *Tragedy of the Commons* (1968) prek metafore skupnega pašnika prikazal, kako posamezniki, če delujejo izključno v lastnem interesu, dolgoročno uničijo skupne vire. Oba avtorja sta pomembno prispevala k razumevanju, da mora biti upravljanje okolja zasnovano na kolektivni odgovornosti, omejitvah rabe in mehanizmih nadzora.

Ker okoljske krize niso zgolj tehnične, temveč tudi družbene in politične, se je proti koncu 20. stoletja oblikoval še celovitejši koncept **trajnostnega razvoja**, ki presega zgolj varstvo okolja in vključuje tudi vidike družbene pravičnosti in gospodarske učinkovitosti. Leta 1987 je Brundtlandova komisija v poročilu *Naša skupna prihodnost* trajnostni razvoj opredelila kot »**razvoj, ki zadovoljuje potrebe sedanosti, ne da bi pri tem ogrožal možnosti prihodnjih generacij, da zadovoljijo svoje potrebe**«. Ta definicija je postala temelj nadaljnjih razvojnih strategij na nacionalni in mednarodni ravni.

Koncept trajnostnega razvoja se je nadgradil z Agendo 21, ki je bila sprejeta na Konferenci Združenih narodov o okolju in razvoju (t. i. »Rio konferenca«) leta 1992, ter pozneje z Agendo 2030, ki jo je leta 2015 potrdila Generalna skupščina Združenih narodov. Agenda 2030 opredeljuje 17 ciljev trajnostnega razvoja (*angl. Sustainable Development Goals – SDGs*), ki celovito naslavljajo ključne globalne izzive človeštva, od odprave revščine, spopadanja s podnebnimi spremembami, zaščite vodnih in kopenskih ekosistemov ter trajnostne rabe naravnih virov, do zagotavljanja dostopa do energije, kakovostnega izobraževanja in spodbujanja enakosti spolov. Ti cilji so razvrščeni v tri med seboj povezane dimenzije trajnosti: družbeno (socialno) trajnost, gospodarsko trajnost in okoljsko trajnost. Takšna razvrstitev poudarja, da je trajnostni razvoj uravnotežen proces razvoja, ki mora enakovredno upoštevati socialne, gospodarske in okoljske vidike, saj le njihovo usklajeno delovanje zagotavlja dolgoročno blaginjo ter ohranitev nosilne sposobnosti planeta.

V sodobnem svetu **ekologija zagotavlja znanstveno osnovo za razumevanje delovanja naravnih sistemov, varstvo okolja skrbi za njihovo ohranjanje, upravljanje okolja omogoča njihovo odgovorno in učinkovito rabo, trajnostni razvoj pa vzpostavlja dolgoročni okvir za usklajevanje človekovega razvoja z omejenimi zmogljivostmi planeta.** Ti koncepti so med seboj neločljivo povezani in skupaj tvorijo temeljni okvir za oblikovanje rešitev, ki človeštvu ne omogočajo preživetja z obvladovanjem narave, temveč s sodelovanjem z njo. Ključen poudarek sodobnih pristopov je na demokratizaciji odločanja, saj se spoznanje o omejenosti virov vse tesneje povezuje s potrebo po vključevanju lokalnih skupnosti, civilne družbe in znanstvene sfere v procese upravljanja in odločanja.

¹ Mednarodna skupina znanstvenikov, ekonomistov, poslovnežev in politikov.

5.2 Sodobni temelji varstva okolja: demokratično upravljanje naravnih virov

Po teoriji, predstavljeni v knjigi *Governing the Commons: The Evolution of Institutions for Collective Action* (1990), ki ga je napisala ameriška Nobelova nagrajenka za ekonomijo Elinor Ostrom (1933–2012), **varovanje naravnih virov na globalni ravni zagotavlja mednarodni sistem upravljanja, na nacionalni ravni zakonodajni okvir, na lokalni ravni pa pristojne institucije s svojimi predpisi ter prebivalstvo.** Lokalne institucije upravljajo vire na podlagi pravil, določenih na državni ravni, kar pomeni, da v proces odločanja na lokalni ravni posega tudi širše družbeno in politično okolje. Sprejemanje odločitev o zaščiti naravnih virov je pogosto konfliktno, saj lahko mednarodne zaveze sprožijo nasprotovanja in trenja v lokalnem prostoru. Tipičen primer tega je spor glede rabe zemljišč med državo in zasebnimi lastniki. V takšnih situacijah institucije pogosto ne ponujajo učinkovitih alternativ, kar je posledica pomanjkljivih modelov upravljanja. Zato je nujna nenehna institucionalna prilagoditev oziroma razvoj institucij, ki bi omogočile vključevanje prebivalstva ter oblikovanje boljših modelov za trajnostno upravljanje naravnih virov.

Ključni izziv varstva naravnih virov je prav v tem: kako lokalne institucije in interese prebivalstva učinkovito usklajevati z globalnimi procesi in hitro spreminjajočimi se razmerami. Javne ustanove je treba nadgraditi z novimi pristopi k upravljanju, ki temeljijo na vključevanju javnosti, zbiranju informacij ter odprti in ciljno usmerjeni komunikaciji. Osnova učinkovite komunikacije so stališča in mnenja prebivalcev glede varstva okolja, vendar je glavni izziv prav v tem, kako ta stališča preoblikovati na način, ki bo vodil v spremembe vedenja v skladu z novimi pravili in modeli upravljanja. Z aktivnim vključevanjem javnosti in zbiranjem njihovih mnenj se želi okrečiti socialni kapital ter spodbuditi boljše medsebojno razumevanje in sodelovanje v sistemu varstva okolja.

V procesu upravljanja naravnih virov je nujna odprta in stalna komunikacija z vsemi deležniki. Prav komunikacija bi morala postati temelj novega, bolj prilagodljivega pristopa k upravljanju. Novi modeli upravljanja morajo biti fleksibilni, sposobni predvidevanja sprememb in prilagajanja kompleksnim razmeram. Da bi lahko vzpostavili resnično prilagodljivo upravljanje, je treba razviti razumevanje večnivojskega sistema odločanja, ki povezuje različne ravni od lokalne do globalne. Prav to razumevanje večnivojskega upravljanja predstavlja osnovo za vzpostavitev ustreznih struktur in praks pri varovanju okolja in trajnostnega upravljanja naravnih virov.

Po teoriji, predstavljeni v monografiji *Rizična tehnologija: izziv demokraciji – k politični ekologiji* (1999), slovenskega političnega ekologa Andreja Lukšiča, je potreba po demokraciji neločljivo povezana s potrebo po varstvu okolja in uresničevanju ciljev trajnostnega razvoja. Ustanovitvene Rimske pogodbe iz leta 1957,² ki so začrtale temelje Evropske unije, demokratičnih načel sprva niso vsebovale; ta so bila sistematično vključena šele po jedrski nesreči v Černobilu leta 1986. Lukšič v svojem delu (1999) obravnava tudi vprašanje skladiščenja jedrskih odpadkov v Sloveniji, s posebnim poudarkom na Nuklearni elektrarni Krško, ter razčlenjuje vlogo države, znanosti, tehnologije, razvoja, institucionalnih in komunikacijskih praks. Problematiko osvetljuje z vidika treh ključnih akterjev, stroke, javnosti in politike, ter izpostavlja potrebo po demokratičnem vključevanju v procese varstva okolja kot pogoju za doseganje trajnostnega razvoja. V državah nekdanje Jugoslavije, kjer se je demokracija začela vzpostavljati šele v devetdesetih letih 20. stoletja, je Evropska unija vse bolj poudarjala pomen demokratizacije družbenih in političnih sistemov. V tem kontekstu Lukšič izpostavlja

² Rimska pogodba, s katero je bila ustanovljena Evropska gospodarska skupnost in Evropska skupnost za atomsko energijo, je bila podpisana 25. marca 1957 v Rimu, začela pa je veljati 1. januarja 1958.

tudi največje izzive Slovenije pri uresničevanju učinkovite javne participacije na področju varstva okolja.

Lukšič (2010) je svoje razumevanje procesa demokratizacije predstavil s pomočjo morfo-genetskega modela (*org. Realist Social Theory: The Morphogenetic Approach, 1995*) angleške sociologinje Margaret Archer (1943–2023). Ta model izhaja iz predpostavke, da zunanja struktura vpliva na notranja pravila (globalizacija v obliki evropeizacije), jih spreminja in s tem ustvarja novo strukturo. Akterji nato to strukturo prilagodijo in postopoma postanejo njen sestavni del (odziv individualizacije). V takšnem okviru se na nacionalni ravni **demokracija varstva okolja razvija na več ravneh: v obliki pravil (zakonodaje), institucij (kot nosilec odločanja) in kulture (kot vzorcev vedenja)**.

Pri strukturnih procesih demokratizacije zlasti pod vplivom evropskih integracij je ključnega pomena vključevanje demokratičnih načel v institucije. Prav te postajajo osrednji steber za sodelovanje javnosti v procesih odločanja. Težava pa nastane, ker imajo različni akterji v teh procesih različno stopnjo moči, ki je ni mogoče povsem zakonsko urediti. Posledično je proces odločanja pogosto pristranski v korist tistih z večjo močjo, kar lahko vodi v negativne interakcije in konflikte. Zato je nujno, da se institucije dodatno demokratizirajo, da bi tudi manj vplivni akterji dobili enako možnost sodelovanja pri odločanju kot tisti z večjim vplivom. Institucije bi morale biti razvojne, odprte za javnost in prilagodljive, kar zahteva oblikovanje novih modelov upravljanja. Na ta način bi nove institucije omogočile vzpostavitev nove demokratične kulture, ki bi vplivala na kolektivno samorazumevanje prihodnjih generacij. Sprememba mišljenja, ki vodi do spremembe vedenja in uveljavitve nove kulture, je eden izmed osrednjih izzivov tako za demokracijo kot za institucije. Zato institucije ne nosijo le naloge odločanja, temveč tudi pomembno odgovornost na področju izobraževanja za trajnostni razvoj ter pri oblikovanju participativnega sistema upravljanja z okoljem na ekoloških principih, kar predstavlja osnovni pogoj za doseganje ciljev trajnostnega razvoja.

5.3 Varstvo okolja na primeru Nature 2000: demokratično ekosistemsko upravljanje naravnih virov

V okviru omrežja Natura 2000 ekosistemsko upravljanje presega varstvo okolja ter predstavlja kompleksen politični in družbeni proces, ki vključuje širok nabor deležnikov, od strokovnjakov in odločevalcev do lokalnih skupnosti in širše javnosti. Uspešnost takšnega upravljanja temelji na vzpostavljanju medsebojnega zaupanja, izmenjavi znanja ter skupnem sprejemanju odločitev, kar krepi legitimnost in učinkovitost okoljske politike. Ključno je vključevanje raznolikih perspektiv, vrednot in izkušenj, zlasti tistih, ki jih prinašajo skupnosti, tesno povezane z naravnimi viri. Ker **ekosistemi delujejo čezmejno, je nujna nadnacionalna usklajenost, kot jo omogoča Evropska unija** (Baker, 2003).

V Sloveniji omrežje Natura 2000 pokriva približno 38 % ozemlja, kar državo uvršča med evropske vodilne glede deleža zaščitene območij. To vključuje ključna območja, kot so Triglavski narodni park, Krajinski park Ljubljansko barje, Krajinski park Kolpa ter mokrišča, kot so Sečoveljske soline in Škocjanski zatok. V teh območjih ekosistemsko upravljanje zahteva usklajevanje različnih interesov, na primer varovanja habitatov velikih zveri z interesi gozdarstva, lovstva in turizma, ali pa ohranjanja mokrišč ob sočasnem upravljanju kmetijskih dejavnosti.

Kot instrument evropske okoljevarstvene politike omrežje Natura 2000 zahteva kompleksne koordinacijske procese med državami članicami, institucijami EU in različnimi deležniki, vključno z

nevladnimi organizacijami, znanstvenimi ustanovami ter zasebnim sektorjem, ki se vključuje z odgovornimi praksami upravljanja. Država ima pri tem večplastno vlogo, od vzpostavljanja normativnega okvira in zagotavljanja politične podpore do operativne koordinacije in izvajanja ukrepov na terenu (Šobot, 2017). Pomembni akterji so tudi upravljalci zavarovanih območij, kot je Javni zavod Triglavski narodni park, ki s strokovnim znanjem in dolgoletno prakso povezuje institucionalne politike z lokalnimi potrebami ter pogosto predstavlja primere dobre prakse (Geitzenauer idr., 2016).

Ekosistemsko upravljanje (*angl. Ecosystem Management*) predstavlja sodoben pristop, ki združuje ekološke, družbene in politične vidike odločanja ter temelji na participativnem procesu, institucionalnem načrtovanju, medsektorskem sodelovanju in prilagodljivosti sistemov (Niedziałkowski idr., 2012; Layzer, 2012). Ne gre le za tehnično nalogo, temveč za transformacijo institucionalnih struktur in vrednotnih okvirov (Gruby in Basurto, 2013), ki zahteva usklajevanje znanstvenih spoznanj z družbenimi vrednotami ter vključevanje vseh relevantnih akterjev, od lokalnih skupnosti do mednarodnih institucij. Njegova učinkovitost je odvisna od ekosistemskega pristopa oziroma sposobnosti učenja iz izkušenj, odzivanja na nove izzive ter uravnoteženja okoljskih prioritet z družbenimi in gospodarskimi interesi (Blenckner idr., 2015). Ekosistemski pristop (*angl. Ecosystem-Based Management*) usmerja rabo naravnih virov v skladu z nosilno sposobnostjo ekosistemov, pri čemer upošteva lokalne značilnosti in omogoča povezovanje različnih ravni upravljanja, lokalne, nacionalne in nadnacionalne (Imperial, 1999). V Sloveniji so primeri takšnih praks soupravljanje Krajinskega parka Ljubljansko barje, kjer sodelujejo občine, državni organi, naravovarstvene organizacije in lokalni prebivalci. Takšno vključevanje krepi zaupanje, legitimnost in učinkovitost odločitev ter povezuje ohranjanje ekosistemov z dolgoročnim preživetjem lokalnih skupnosti (Nilsson in Bohman, 2015). V Sloveniji je primer takšnega pristopa tudi projekt *LIFE Kočevsko* (2019), kjer so lokalni prebivalci vključeni v aktivnosti ohranjanja habitatov risa in drugih zavarovanih vrst ter v izobraževalne in turistične programe, ki krepijo povezavo med okoljevarstvom in razvojem skupnosti.

Priznani slovenski ekolog in politik Dušan Plut (2005) ekosistemsko upravljanje opredeljuje kot edino dolgoročno vzdržno strateško usmeritev varstva okolja za prihodnost, saj omogoča uravnoteženje ekoloških omejitev z družbenimi in gospodarskimi potrebami ter preprečuje izčrpavanje naravnega kapitala, od katerega je odvisno preživetje človeštva. V svojih delih *Ekosistemska družbena ureditev I* in *II* iz leta 2023 Plut poudarja, da je ekosistemski pristop ne le znanstveni koncept, temveč tudi politično orodje, ki mora postati temelj oblikovanja razvojnih politik na vseh ravneh odločanja. V Sloveniji je to še posebej pomembno zaradi izjemno velikega deleža območij Natura 2000 in visoke biotske raznovrstnosti, ki ju pogosto spremljata prostorska omejenost in prepletanje različnih interesov, od kmetijstva, gozdarstva in turizma do ohranjanja narave in varovanja vodnih virov (Kirn 2008).

Vključitev ekosistemskega pristopa kot formalne usmeritve v Nacionalni program varstva okolja Republike Slovenije do leta 2030 potrjuje njegovo strateško vlogo pri dolgoročnem načrtovanju in izvajanju ukrepov. Ta pristop omogoča povezovanje nacionalnih ciljev s politikami EU, hkrati pa zagotavlja prilagodljivost ukrepov lokalnim razmeram in specifičnim ekosistemom. Na primer, pri upravljanju Ljubljanskega barja ekosistemski pristop usklajuje ukrepe za ohranjanje ogroženih vrst ptic z ekološko sprejemljivimi oblikami kmetovanja, medtem ko pri upravljanju reke Mure omogoča kombinacijo naravovarstvenih ciljev in trajnostne rabe prostora v korist lokalnih skupnosti.

Opredelitev ekosistemskega upravljanja kot ključnega koncepta sodobnega varstva okolja v Sloveniji ima večplastni in strateški pomen. Gre za pristop, ki združuje temeljna načela ekologije, razumevanje delovanja naravnih sistemov, povezanosti biotskih in abiotskih dejavnikov ter nosilne sposobnosti ekosistemov z zahtevami gospodarskega, socialnega in okoljskega trajnostnega razvoja v mejah planeta

(Plut, 2023a). Ekosistemsko upravljanje temelji na demokratičnih načelih, saj vključuje širok krog deležnikov v proces odločanja, od lokalnih skupnosti in civilne družbe do strokovnjakov, gospodarstva in političnih institucij (Plut, 2023b). S tem zagotavlja celovit okvir za dolgoročno načrtovanje, spodbuja medsektorsko sodelovanje in krepi vlogo lokalnih skupnosti pri upravljanju naravnih virov. Hkrati omogoča prožno prilagajanje ukrepov okoljskim spremembam in nepredvidljivim izzivom, kot so podnebne spremembe in izguba biotske raznovrstnosti. Tak pristop odmika slovensko okoljsko politiko in prakso od fragmentiranih, sektorsko omejenih rešitev ter jo usmerja k dolgoročno vzdržnemu, participativnemu in znanstveno utemeljenemu upravljanju okolja.

5.4 Povzetek

Okolje kot temeljna življenjska podlaga človeštva je skozi zgodovino oblikovalo različne pristope, ki so pripeljali od prvih znanstvenih utemeljitev ekologije do sodobnega koncepta trajnostnega razvoja. Ekologija se je v 19. stoletju razvila kot znanost o odnosih med organizmi in njihovim okoljem ter sčasoma postala interdisciplinarna veda, ki pojasnjuje kroženje snovi, pretok energije in povezanost živih ter neživih sistemov. V 20. stoletju se je oblikovalo varstvo okolja, sprva omejeno na tehnične ukrepe proti onesnaženju, nato pa nadgrajeno v političen in družbeni okvir z razvojem okoljske zakonodaje, izobraževanja in ozaveščanja javnosti. Velik prelom so pomenili mednarodni dogodki in dela, ki so opozorila na omejenost virov ter potrebo po globalnem sodelovanju. Na tej podlagi se je oblikovalo sistematično upravljanje okolja, ki vključuje načrtovanje, presoje vplivov, standarde in aktivno sodelovanje javnosti. Proti koncu 20. stoletja se je razvila ideja trajnostnega razvoja, ki povezuje okoljske, socialne in gospodarske razsežnosti ter temelji na medgeneracijski odgovornosti in globalnih ciljih, kot so zapisani v Agendi 21 in Agendi 2030.

Sodobno varstvo okolja presega tehnične rešitve in se opira na demokratično upravljanje naravnih virov, kjer imajo ključno vlogo participacija, odprta komunikacija in prilagodljivost institucij. To potrjujejo teorije Elinor Ostrom o kolektivnem upravljanju skupnih virov ter prispevki Andreja Lukšiča, ki poudarja pomen javne participacije in demokratizacije institucij za doseganje trajnostnega razvoja. V praksi se to uresničuje v okviru omrežja Natura 2000, ki v Sloveniji zajema več kot tretjino ozemlja in zahteva usklajevanje varstva narave z interesi kmetijstva, gozdarstva, turizma in lokalnega razvoja.

Ekosistemsko upravljanje, ki ga kot strateško usmeritev izpostavlja Dušan Plut, združuje znanstveno razumevanje naravnih sistemov z družbenimi in političnimi vidiki odločanja ter predstavlja dolgoročno vzdržen okvir varstva okolja. S tem se slovenska okoljska politika premika od fragmentiranih sektorskih pristopov k celovitemu, prožnemu in participativnemu sistemu, ki omogoča usklajevanje ekoloških omejitev s potrebami družbe in gospodarstva ter zagotavlja temelje za prihodnjo blaginjo.

5.5 Vprašanja, ki spodbujajo razmislek in razpravo

1. Kako se je ekologija razvila v 19. stoletju in kakšen pomen imajo prispevki ključnih znanstvenikov za sodobno razumevanje okolja?
2. Zakaj je bilo zgolj znanstveno spoznanje o naravi premalo in je bilo treba oblikovati koncept varstva okolja?
3. Kako politično-ekonomska, družbeno-kulturna in tehnično-tehnološka raven tvorijo sodoben okvir varstva okolja?
4. Kakšen vpliv so imeli mednarodni dogodki, kot so Stockholmska konferenca, Brundtlandino poročilo in Agenda 2030, na globalno okoljsko politiko?
5. Kako so dela, kot sta *Silent Spring* in *The Limits to Growth*, prispevala k preoblikovanju okoljske zavesti?
6. Kako se razlikuje varstvo okolja od upravljanja okolja in katere instrumente vključuje slednje?
7. Zakaj je trajnostni razvoj postal osrednji koncept razvoja in katere tri dimenzije je nujno uravnoteženo upoštevati?
8. Kako sodobni pristopi k okolju povezujejo znanstveno razumevanje, demokratične procese in aktivno participacijo javnosti?
9. Katere institucionalne spremembe so potrebne za učinkovitejše in bolj fleksibilno upravljanje naravnih virov?
10. Kako zagotoviti resnično vključevanje lokalnih skupnosti v procese odločanja in ne le njihovo formalno udeležbo?
11. Kako zmanjšati konflikte med državo, zasebnimi lastniki in lokalnimi prebivalci pri rabi naravnih virov?
12. Kakšno vlogo ima ekosistemski pristop pri dolgoročnem strateškem načrtovanju in kako ga udejanjiti v praksi?
13. Kako Natura 2000 v Sloveniji ponazarja izzive in priložnosti participativnega ekosistemskega upravljanja?
14. Katere dobre prakse participativnega upravljanja lahko služijo kot model drugim projektom?
15. Kako lahko izobraževanje, demokratizacija institucij in krepitev nove demokratične kulture prispevajo k trajnostnemu razvoju?

6 VARSTVO NARAVE: TEMELJNE VSEBINE ZA VARSTVO OKOLJA

V tem poglavju je varstvo narave predstavljeno kot temeljni okvir za razumevanje in izvajanje varstva okolja. Izhodišče predstavljajo vrste, katerih ekološka vloga zagotavlja ravnovesje naravnih sistemov ter omogoča njihovo odpornost in trajnostno delovanje. Nadalje se izpostavlja pomen biotske raznovrstnosti kot ključnega dejavnika stabilnosti ekosistemov in njihove prilagodljivosti na spremembe. Poseben poudarek je namenjen habitatom, ki združujejo vrste in okoljske dejavnike v celovite naravne enote, ter zavarovanim območjem, ki predstavljajo osrednje orodje varstva narave v praksi. Poleg tega se obravnava tudi varovanje naravnih in kulturnih vrednot kot temelja krajinske identitete, ki presega zgolj ekološki pomen in vključuje tudi družbene ter kulturne razsežnosti. Poglavje se zaključi z vpogledom v programiranje in načrtovanje varstva narave kot strateški pristop, ki združuje znanstveno razumevanje, zakonodajni okvir in praktične ukrepe. V posameznih podpoglavjih bodo tako podrobneje predstavljene značilnosti vrst, biotske raznovrstnosti, habitatov in zavarovanih območij, pa tudi pomen naravnih ter kulturnih vrednot za oblikovanje trajnostne krajinske identitete.

6.1 Ekološki pomen vrst za varovanje okolja

Znanstvena klasifikacija živih bitij ima svoje korenine v delu švedskega naravoslovca in sistematika Carla Linnaeusa (1707–1778), ki je v 18. stoletju prvi sistematično razvrstil tedaj znane vrste rastlin in živali. V svojem pomembnem delu *Systema Naturae* iz leta 1735 jih je razdelil v 24 razredov rastlin in 6 razredov živali, pri čemer se je oprl predvsem na njihove morfološke značilnosti. Ena izmed njegovih najpomembnejših novosti je bila uvedba dvočlenskega poimenovanja vrst (t. i. binomne nomenklature), ki ga še danes uporablja sodobna taksonomija, veda, ki se ukvarja z opisovanjem, poimenovanjem in razvrščanjem organizmov glede na njihovo sorodstveno oziroma evolucijsko povezanost.

Vrsta (*lat. species*) je temeljna enota biološke klasifikacije. Vsako vrsto označujemo z dvema besedama. Prva označuje rod (*lat. genus*), v katerega spada več sorodnih vrst, druga pa je specifični pridevek, ki opisuje posamezno vrsto znotraj rodu. Na primer, rod *Viola* (vijolica) vključuje več različnih vrst: *Viola odorata* – dišeča vijolica, *Viola arvensis* – poljska vijolica, *Viola elatior* – visoka vijolica, *Viola biflora* – dvocvetna vijolica, *Viola alba* – bela vijolica. V vseh primerih ime *Viola* označuje rod, medtem ko drugi del imena (npr. *odorata*, *alba*) označuje posebnosti posamezne vrste. Če vrste ne moremo natančno določiti, uporabimo oznako *sp.* (npr. *Viola sp.*). Dvočlensko poimenovanje ima več pomembnih prednosti: poudarja raznolikost in edinstvenost vsake vrste, kaže na sorodstvene povezave med vrstami istega rodu, omogoča enotno in natančno sporazumevanje v biologiji po vsem svetu. Prva beseda imena nakazuje sorodnost, druga pa natančno določa posamezno vrsto znotraj tega sorodstva.

Zaradi raznolikosti znotraj posamezne vrste sodobna taksonomija uporablja dodatne, bolj podrobne kategorije: Podvrsta (*subspecies*) označuje populacijo z določenimi genetskimi ali morfološkimi posebnostmi, ki pa se še vedno lahko križa z drugimi populacijami iste vrste. Varieteta (*varietas*) pomeni manjše razlike v obliki ali zgradbi, ki pogosto izvirajo iz prilagajanja okolju. Forma (*forma*) je najmanjša taksonomska enota, ki označuje drobne razlike v videzu znotraj vrste.

Poleg osnovne enote vrste organizme razvrščamo v širši sistem taksonov, ki temelji na stopnji njihove sorodnosti. V tej hierarhiji vsak nivo predstavlja posebno taksonomsko enoto (tabela 1).

Tabela 1: Primer taksonomske razvrstitve

Taksonomska kategorija	Latinski izraz	Primer
Vrsta	<i>Species</i>	<i>Homo sapiens</i>
Rod	<i>Genus</i>	<i>Homo</i>
Družina	<i>Familia</i>	<i>Hominidae</i>
Red	<i>Ordo</i>	<i>Primates</i>
Razred	<i>Classis</i>	<i>Mammalia</i>
Tip/Odsek	<i>Phylum</i>	<i>Chordata</i>
Kraljestvo	<i>Regnum</i>	<i>Animalia</i>

Za še natančnejše razvrščanje se uporabljajo tudi predpone, kot sta sub- (npr. *subfamilia*) in super- (npr. *superordo*), ki označujejo pod- ali nadskupine.

Eno izmed najbolj uveljavljenih delitev živih bitij je oblikoval ameriški ekolog Robert Whittaker (1920–1980). Organizme je razvrstil v pet kraljestev (1968), in sicer glede na zgradbo njihovih celic, način prehranjevanja in kompleksnost telesa (Hagen, 2012):

1. Kraljestvo *Monera* (prokarioti),
2. Kraljestvo *Protista* (evkarioti),
3. Kraljestvo *Fungi* (glive),
4. Kraljestvo *Plantae* (rastline),
5. Kraljestvo *Animalia* (živali).

Ta razdelitev omogoča boljše razumevanje evlucijskih povezav med organizmi in nudi trdno osnovo za raziskovanje biotske raznovrstnosti.

6.1.1 Kraljestvo *Monera*

V kraljestvo *Monera* uvrščamo vse prokariotske organizme, torej organizme brez oblikovanega celičnega jedra. Poleg tega, da nimajo jedrne membrane, jim manjkajo tudi druge celične organele, obdane z membrano, kot so mitohondriji in kloroplasti. Njihov dedni material sestavljajo posamezne molekule DNK (deoksiribonukleinska kislina), ki so razpršene v osrednjem delu citoplazme. Ker nimajo jedra, se njihova celična delitev ne odvija s procesoma mitozna ali mejoza, temveč se razmnožujejo z enostavno delitvijo (Čomić, 1999).

Kraljestvo *Monera* zajema dve glavni skupini prokariotov: arhebakterije in evbakterije (Amidžić, 2009).³

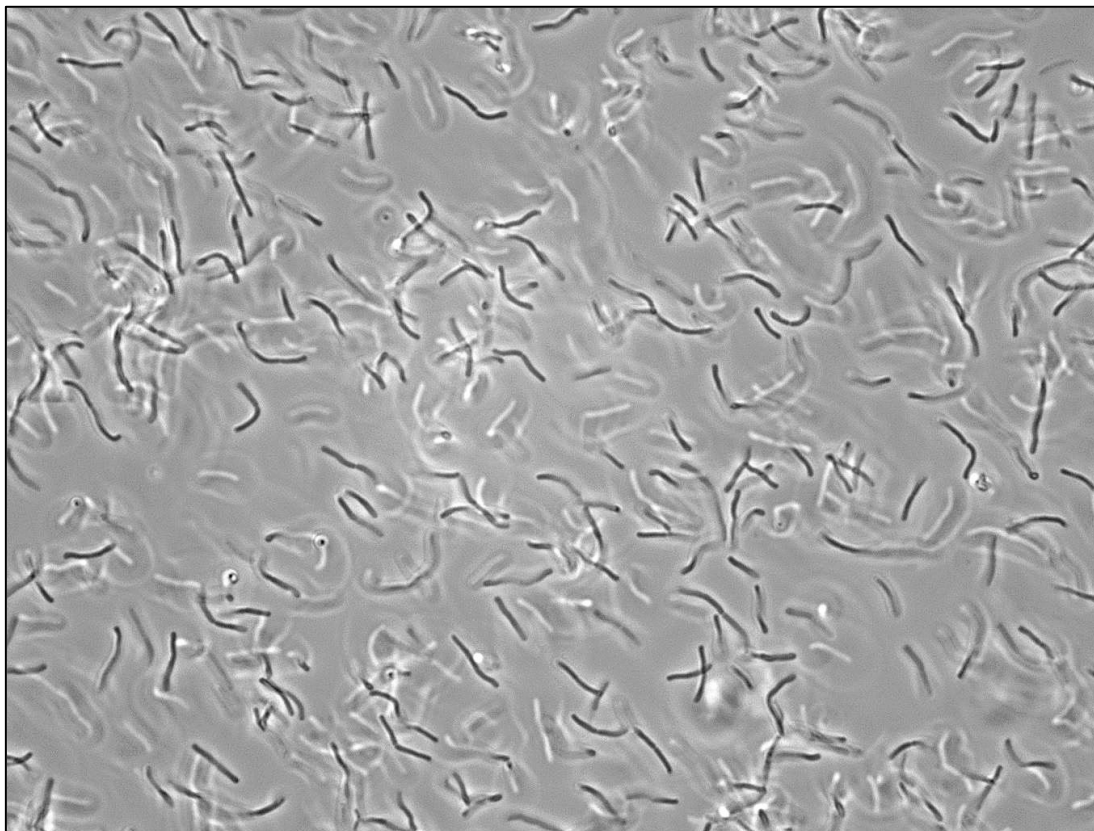
Arhebakterije: ekološki pomen za varstvo okolja

Arhebakterije imajo posebno vlogo v ekosistemih, zlasti v ekstremnih in brez kisikovih okoljih, kjer druge oblike življenja ne preživijo. Med njimi so najpomembnejše metanogene arhebakterije, ki

³ Po različnih virih so cianobakterije pogosto obravnavane kot samostojna skupina bakterij, po drugih so uvrščene med evbakterije, medtem ko jih tretji zaradi njihove zgradbe in vloge v ekosistemu uvrščajo med rastline. V tem učbeniku jih bomo obravnavali med rastlinami, v prvem poglavju – algah.

sodelujejo v naravnih biogeokemičnih krogih, predvsem v ogljikovem ciklu. Te bakterije razgrajujejo organsko snov in pri tem proizvajajo metan (CH₄), plin s toplogrednim učinkom, ki pa je hkrati dragocen vir obnovljive energije. V nadzorovanih pogojih, kot so bioplinske naprave, se metan uporablja kot zelena energija. Takšna uporaba prispeva k zmanjšanju porabe fosilnih goriv in zmanjšanju emisij ogljikovega dioksida, kar je pomemben korak k trajnostnemu upravljanju okolja (Yang idr., 2022). Pomembnejši predstavnik je rod *Methanobacterium* (slika 12).

Slika 12: Fazno-kontrastna slika *Methanothermobacter marburgensis*



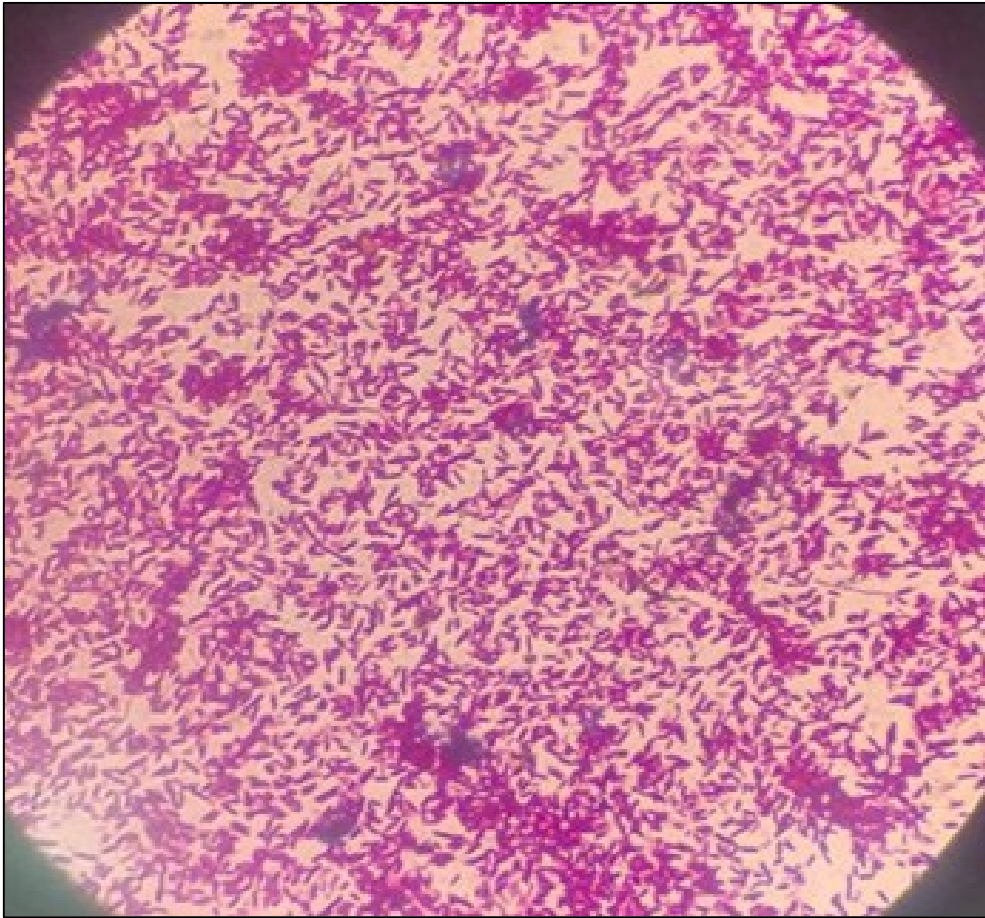
Taubner, R.-S., Schleper, C., Firneis, M. G. in Rittmann, S. K.-M. R. (2015). Assessing the ecophysiology of methanogens in the context of recent astrobiological and planetological studies. *Life*, 5, 1652–1686. <https://doi.org/10.3390/life5041652>

Evbakterije: ekološki pomen za varstvo okolja

Evbakterije, imenovane tudi prave bakterije, imajo ključno vlogo pri ohranjanju ravnovesja v naravnih ekosistemih. Sodelujejo v številnih procesih, kot je razgradnja organske snovi, kar je izredno pomembno za ohranjanje čistega in zdravega okolja. Njihova najpomembnejša vloga pa se kaže pri kroženju dušika, zlasti v procesih nitrifikacije in denitrifikacije, ki omogočajo preoblikovanje dušikovih spojin in njihovo vračanje v naravni cikel (Wang idr., 2025).

Značilen predstavnik je *Escherichia coli*, paličasta gram-negativna bakterija, ki naravno prebiva v črevesju toplokrvnih živali, tudi človeka. Pogosto se uporablja kot pokazateljski organizem pri mikrobiološki analizi kakovosti vode (Edberg idr., 2000). Prisotnost bakterije *Escherichia coli* v vzorcu pomeni fekalno onesnaženje (slika 13).

Slika 13: *Escherichia coli* pod svetlobnim sestavljenim mikroskopom



Juda, E. K. in Khalaf, K. J. (2024). Effect of some metal ions on hemolysin production from clinical isolates of *Escherichia coli*. *Journal of Contemporary Medical Sciences*, 10(1), 71–76. <https://doi.org/10.22317/jcms.v10i1.1450>

6.1.2 Kraljestvo Protistov

Kraljestvo Protistov zajema raznoliko skupino organizmov, ki imajo pomembno vlogo v naravnih ekosistemih. Predstavniki so večinoma enocelični ali kolonijski evkarionti, vendar je njihova funkcionalna raznolikost izjemno velika in ima pomemben ekološki pomen ter vpliv na varovanje okolja. Mednje uvrščamo avtotrofne (fotosintetske), heterotrofne in saprobne oblike življenja (Amidžić, 2009).

Avtotrofni protisti: ekološki pomen za varstvo okolja

Avtotrofni protisti, najpogosteje različne vrste alg, so ključni za vodne ekosisteme. Kot organizmi, ki izvajajo fotosintezo, proizvajajo kisik in organsko snov, s čimer predstavljajo osnovo prehranskih verig v jezerih, rekah in oceanih. Zeleni in zlatozeleni protisti proizvedejo velik del kisika na Zemlji, podobno kot kopenske rastline (Anderson, 2022).

Značilen predstavnik je *Euglena gracialis*, enocelični organizem, ki združuje lastnosti tako rastlin kot živali (slika 14). Ima kloroplaste, s pomočjo katerih izvaja fotosintezo, a se lahko v odsotnosti svetlobe

prehranjuje tudi heterotrofno. Živi predvsem v sladkih vodah, kot so mlake, jezera in potoki, kjer prispeva k proizvodnji kisika (Kulczycka idr., 2018).

Slika 14: *Euglena gracilis* pod transmisijskim svetlobnim mikroskopom



Häder, D.-P. in Hemmersbach, R. (2022). *Euglena*, a gravitactic flagellate of multiple usages. *Life*, 12(10), članek 1522. <https://doi.org/10.3390/life12101522>

Heterotrofni protisti: ekološki pomen za varstvo okolja

Heterotrofni protisti so enocelični evkariontski organizmi, ki se prehranjujejo z drugimi organizmi ali z organsko snovjo, podobno kot živali. V ekosistemih imajo pomembno vlogo, saj prispevajo k razgradnji odmrlih organizmov in organskega odpada, s čimer sodelujejo v kroženju hranilnih snovi tako v vodnih kot tudi v kopenskih okoljih. Kot plenilci bakterij in alg pomagajo vzdrževati ravnovesje v mikroskopskih skupnostih, še posebej v vodnih habitatih. Spremembe v populacijah heterotrofnih protistov, kot so amebe ali bičkarji, so pogosto pokazatelj onesnaženja vode ali sprememb v kemični sestavi okolja (Sherr, 1997).

Značilen predstavnik te skupine je *Paramecium caudatum* (slika 15). Gre za enocelični organizem, prekrit s številnimi migetalkami, s katerimi se premika in usmerja hrano proti celičnim ustom. Prehranjuje se z bakterijami in drugimi drobnimi delci. V mikrookoljih ima pomembno nalogo pri vzdrževanju čiste vode, saj odstranjuje presežek bakterij. Najpogosteje živi v stoječih ali počasi tekočih vodah, bogatih z organsko snovjo, kot so mlake, akvariji ali blatni ribniki (Watanabe, 1990).

Slika 15: Svetlobno-mikroskopski videz *Paramecium caudatum*

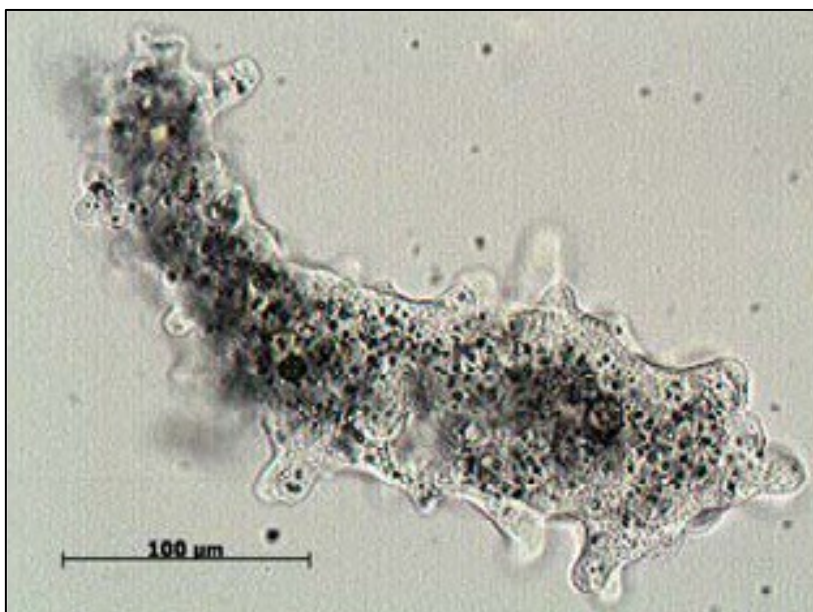
Van Houten, J. (2023). A review for the special issue on *Paramecium* as a modern model organism. *Microorganisms*, 11, članek 937. <https://doi.org/10.3390/microorganisms11040937>

Saprobi enocelični evkarionti: ekološki pomen za varstvo okolja

Saprobi protisti so enocelični evkarionti, ki se prehranjujejo z odmrlim organskim materialom. V naravi imajo ključno vlogo pri razgradnji in ponovni uporabi hranilnih snovi. V vodnih in vlažnih okoljih prispevajo k naravnemu samoočiščenju ekosistemov, saj razgrajujejo organske onesnaževalce. Sodelujejo v kroženju ogljika, dušika in fosforja, kar je bistvenega pomena za ohranjanje življenja in ravnotežja v naravi (Burki idr., 2021).

Značilen predstavnik te skupine je *Amoeba proteus*, eden izmed najbolj znanih saprobnih enoceličnih organizmov (slika 16). Premika se s pomočjo lažnih nožic (psevdpodijev) in pogosto spreminja obliko. Hrani se z odmrlimi delci organskega izvora, pa tudi z bakterijami in mikroskopskimi algami. Njena vloga pri varovanju okolja je povezana z razgradnjo razpadajoče biološke snovi, s čimer prispeva k razstrupljanju vodnih ekosistemov (Ord, 1971).

Slika 16: Amoeba proteus



Lobutova, E., Li, L., Voges, D. in Resagk, C. (2012). Micro PIV measurements of the internal flow of an *Amoeba proteus*. V *Proceedings of the 16th International Symposium on Applications of Laser Techniques to Fluid Mechanics* (str. 1–7), Lisbon, Portugal, 9.–12. julij 2012. https://www.researchgate.net/profile/Christian-Resagk/publication/258480894_Micro_PIV_Measurements_of_the_Internal_Flow_of_an_Amoeba_protus/links/55ec0b7f08aeb65162677bd9/Micro-PIV-Measurements-of-the-Internal-Flow-of-an-Amoeba-proteus.pdf

6.1.3 Kraljestvo Fungi

Glive so posebna skupina organizmov, ki nimajo klorofila in zato ne morejo izvajati fotosinteze. Ker ne morejo same proizvajati organske snovi, so v prehranjevalnih verigah vedno odvisne od drugih živih ali neživih virov. Njihovo telo je sestavljeno iz dolgih, tankih nitk, imenovanih hife, ki skupaj tvorijo micelij. Glede na način pridobivanja hranil ločimo tri osnovne tipe gliv (Marinović, 1991):

- A) Saprofiti – razgrajujejo odmrle organizme in organske ostanke ter s tem prispevajo h kroženju snovi v naravi,
- B) Paraziti – živijo na račun drugih živih organizmov, ki jih pogosto tudi poškodujejo ali oslabijo,
- C) Simbionti – živijo v vzajemno koristnem odnosu z drugimi organizmi, kot na primer v lišajih ali mikorizi (sožitje z rastlinami).

Danes kraljestvo gliv zajema veliko število raznolikih vrst, ki jih uvrščamo v štiri glavne skupine (Marinović, 1991):

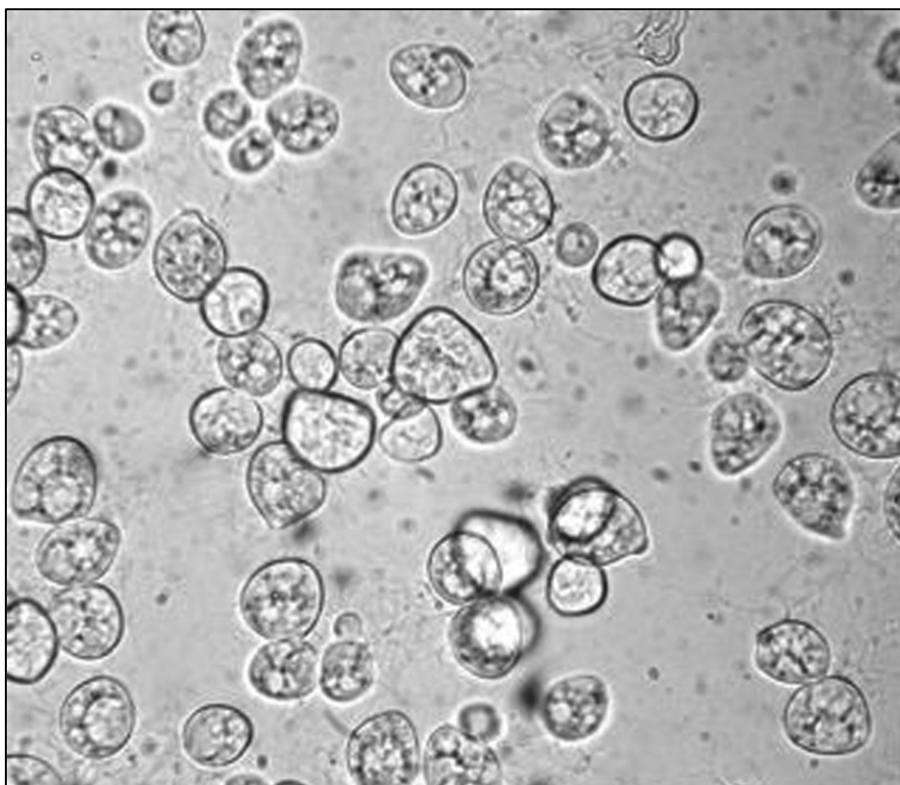
- 1) Hitridiomycete (*Chytridiomycota*) – pretežno vodne glive z gibljivimi sporami,
- 2) Zigomicete (*Zygomycota*) – znane po hitro rastočem miceliju, pogosto jih najdemo na gnijočih živilih,
- 3) Askomicete (*Ascomycota*) – vrečaste glive, kamor spadajo tudi kvasovke in plesni,
- 4) Bazidiomicete (*Basidiomycota*) – mednje sodijo značilne klobučaste gobe in številne gozdne vrste.

Hitridiomicete (*Chytridiomycota*): ekološki pomen za varstvo okolja

Hitridiomicete veljajo za najprimitivnejšo skupino gliv. Živijo predvsem v vodnih ali zelo vlažnih okoljih, njihove spore pa imajo biček (flagelum), kar jih ločuje od vseh drugih gliv. Veliko vrst hitridiomicet deluje kot saprofiti, razgrajujejo celulozo, hitin in druge organske snovi, s čimer pomembno prispevajo h kroženju hranil v vodnih in mokriščnih habitatih. Aktivno sodelujejo v kroženju ogljika ter omogočajo obstoj prehranskih verig v mikroskopskih skupnostih. Njihova prisotnost ali odsotnost v vodi lahko pomeni spremembe v kakovosti vode, onesnaženje ali vpliv podnebnih sprememb (Marinović, 1991).

Značilen predstavnik te skupine je *Batrachochytrium dendrobatidis*, parazitska gliva, znana po svojem škodljivem vplivu na dvoživke (kot so žabe in močeradi) (slika 17). Povzroča obsežna poginjanja dvoživk po vsem svetu. Gliva napada kožo dvoživk in moti njihovo sposobnost za izmenjavo plinov in vode, kar pogosto vodi v smrt. Njeno širjenje je povezano s podnebnimi spremembami in globalnim prometom živih organizmov, zaradi česar danes velja za simbol vpliva invazivnih mikroorganizmov na biotsko raznovrstnost (Li idr., 2021).

Slika 17: Svetlobni mikroskopski posnetek *Batrachochytrium dendrobatidis*



Voyles, J., Johnson, L. R., Briggs, C. J., Cashins, S. D., Alford, R. A., Berger, L., Skerratt, L. F., Speare, R. in Rosenblum, E. B. (2012). Temperature alters reproductive life history patterns in *Batrachochytrium dendrobatidis*, a lethal pathogen associated with the global loss of amphibians. *Ecology and Evolution*, 2(9), 2241–2249. <https://doi.org/10.1002/ece3.334>

Zigomicete (*Zygomycota*): ekološki pomen za varstvo okolja

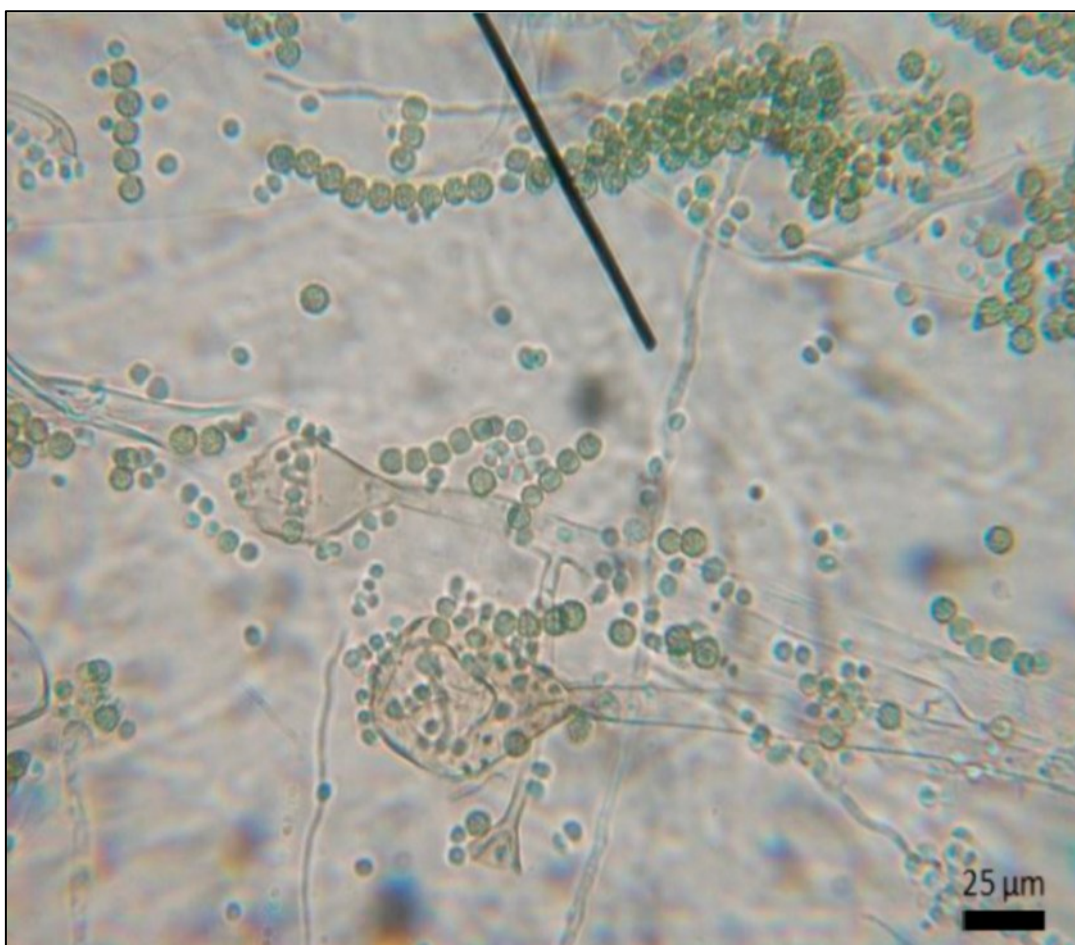
Zigomicete so skupina gliv, ki večinoma živijo na kopnem kot saprofiti, nekatere vrste pa delujejo tudi kot paraziti. Te glive razgrajujejo odmrle rastline, živali in ostanke hrane, s čimer pomembno prispevajo

h kroženju hranil v tleh. Na ta način povečujejo plodnost prsti in omogočajo boljšo rast rastlin (Marinović, 1991).

Zigomicete imajo tudi pomembno vlogo v industriji, saj se uporabljajo pri proizvodnji encimov, organskih kislin (npr. citronske kisline), alkoholov in fermentiranih izdelkov. Njihova prisotnost je pokazatelj kakovosti tal in količine razpoložljive organske snovi (Marinović, 1991).

Značilen predstavnik je *Rhizopus sp.*, znan kot črna plesen na kruhu (slika 18). Hitro raste in tvori značilne črne sporangije s sporami. Razgrajuje škrob, sladkorje in celulozo iz rastlinskih ostankov in živil. Uporablja se tudi v industrijski fermentaciji za proizvodnjo alkohola in organskih kislin (Baggio idr., 2016).

Slika 18: *Rhizopus sp.*



Greenshields, M. W. C. C., Cunha, B. B., Coville, N. J., Pimentel, I. C., Zawadneak, M. A. C., Dobrovolski, S., Souza, M. T. in Hümmelgen, I. A. (2016). Fungi active microbial metabolism detection of *Rhizopus sp.* and *Aspergillus sp.* section Nigri on strawberry using a set of chemical sensors based on carbon nanostructures. *Chemosensors*, 4, članek 19. <https://doi.org/10.3390/chemosensors4030019>

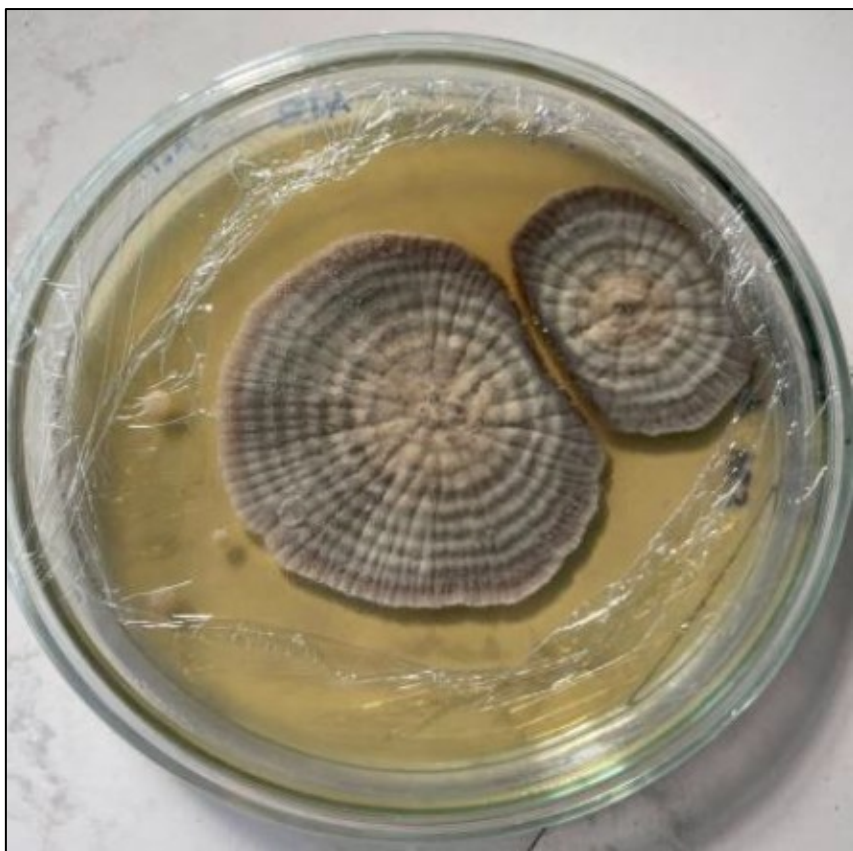
Askomicete (*Ascomycota*): ekološki pomen za varstvo okolja

Askomicete, znane tudi kot »vrečaste glive«, predstavljajo najštevilnejšo in najbolj raznoliko skupino gliv. Imajo izjemno pomembno vlogo pri ohranjanju naravnega ravnovesja in varstva okolja. Veliko vrst askomicet deluje kot saprofiti razgrajujejo odmrle rastline, živali in druge organske ostanke, s čimer

prispevajo h kroženju hranil in k ohranjanju zdrave prsti. Nekatere vrste živijo v simbiozi z algami in tvorijo lišaje odporne pionirske organizme, ki so pomembni za oblikovanje tal in naseljevanje skrajnih življenjskih okolij. Lišaji so zaradi svoje občutljivosti na onesnaženje zraka tudi zanesljivi bioindikatorji kakovosti okolja. Askomicete se pogosto uporabljajo tudi v človekove namene med drugim za proizvodnjo antibiotikov (npr. penicilin) ter pri fermentaciji (kvasovke za pripravo kruha in piva) (Marinović, 1991).

Značilen predstavnik je *Penicillium notatum*, gliva modro-zelene barve, ki raste na vlažnih in hranljivih površinah, kot so sadje, kruh in sir, kjer pospešuje proces gnitja. Iz te glive je bil prvič izoliran penicilin, prvi naravni antibiotik, ki je revolucionarno spremenil zdravljenje bakterijskih okužb (slika 19). Danes se *Penicillium notatum* pogosto uporablja v farmacevtski industriji (Szczo drak, 1994).

Slika 19: *Penicillium notatum* na SDA gojišču



Asha, S., in Sangeetha Vani, G. (2023). The study of filamentous fungi in potable water and its biofilm formation in water pipeline system. *Nature Environment and Pollution Technology*, 22(1), 535–539. <https://doi.org/10.46488/NEPT.2023.v22i01.054>

Bazidiomicete (*Basidiomycota*): ekološki pomen za varstvo okolja

Bazidiomicete, znane tudi kot klobučaste ali bazidijske glive, vključujejo številne dobro poznane vrste, kot so šampinjoni, rdeče mušnice, jurčki in dežnikarice. Imajo izjemno pomembno vlogo pri ohranjanju naravnih ekosistemov in varstvu okolja. Te glive so ključni razkrojevalci lignina in celuloze, glavnih sestavin lesa. Brez njihove dejavnosti bi se v gozdovih kopičile velike količine mrtvega lesa in rastlinske mase. Z aktivnim razgrajevanjem organske snovi bazidiomicete vračajo hranila v tla, s čimer spodbujajo rast rastlin (Marinović, 1991).

Številne vrste živijo v simbiozi s koreninami rastlin (mikoriza), kjer rastlinam omogočajo boljši dostop do vode in mineralov, v zameno pa od rastlin prejemajo organske snovi, ki jih potrebujejo za rast. Nekatere bazidiomicete imajo tudi sposobnost razgradnje toksičnih snovi, kot so pesticidi, težke kovine in naftni derivati, zato so uporabne pri biološkem čiščenju onesnaženih okolij (Marinović, 1991).

Značilen predstavnik je *Agaricus bisporus* (šampinjon), najbolj znana užitna goba, ki se komercialno goji po vsem svetu (slika 20). V naravi raste na travnikih in pomaga razgrajevati rastlinske ostanke ter tako prispeva k rodovitnosti tal. V nadzorovanih pogojih se uporablja za kompostiranje in predelavo rastlinskih odpadkov. Šampinjoni so bogat vir beljakovin in vitaminov, ostanki po gojenju pa se lahko uporabijo kot organsko gnojilo (Caitano idr., 2023).

Slika 20: *Agaricus bisporus*



Zhang, C., Kakishima, M., Xu, J., Wang, Q., in Li, Y. (2017). The effect of *Hypomyces perniciosus* on the mycelia and basidiomes of *Agaricus bisporus*. *Microbiology*, 163(9), 1273–1282. <https://doi.org/10.1099/mic.0.000521>

6.1.4 Kraljestvo Plantae

Kraljestvo rastlin (*Plantae*) zajema vse vrste rastlin. Zanje je značilna prisotnost celuloze v celični steni ter zelenega pigmenta klorofila, ki omogoča avtotrofno prehranjevanje s pomočjo fotosinteze. Znotraj tega kraljestva ločimo nižje rastline (talofite) in višje rastline (kormofite) (tabela 2). Talofiti imajo preprosto rastlinsko telo, imenovano talus, ki ni razčlenjeno na organe. Večina teh organizmov živi v vodi ali v zelo vlažnem okolju. Mednje uvrščamo alge in lišaje. Kormofiti pa imajo razvito rastlinsko telo, imenovano kormus, z razločenimi organi, kot so korenine, steblo in listi. Večina jih uspeva na kopnem. V to skupino spadajo mahovke, praproti in semenke (Stevanović in Janković, 2001).

Rastline imajo ključno vlogo v vseh ekosistemi, proizvajajo kisik, so vir hrane, surovin in življenjskega prostora za številne druge organizme.

Tabela 2: Primerjava lastnosti med talofiti in kormofiti

Značilnost	Talofiti (nižje rastline)	Kormofiti (višje rastline)
Zgradba telesa	Nerazčlenjen talus	Razvite, diferencirane rastlinske organe
Prevodni sistem	Ni prisoten	Prisoten (ksilem in floem)
Življenjsko okolje	Vlažna okolja	Večinoma kopno, nekatere tudi v vodi
Razmnoževanje	Spore, delitev talusa	Spore in/ali semena

Alge: ekološki pomen za varstvo okolja

Alge (*Algae*) predstavljajo veliko in raznoliko skupino talofitnih rastlin. Njihovo telo, talus, je lahko enocelično ali večcelično, velikost pa se giblje od nekaj mikrometrov do več metrov. Večina alg se prehranjuje avtotrofno s pomočjo fotosinteze, obstajajo pa tudi heterotrofne in miksotrofne oblike, ki kombinirajo različne načine pridobivanja energije (Kojić idr., 2003).

Alge delimo v devet osnovnih skupin (Amidžić, 2009):

1. Modrozelenne alge (*Cyanophyta*),
2. Peclji (*Euglenophyta*),
3. Rumnozelenne alge (*Xanthophyta*),
4. Zlatozelenne alge (*Chrysophyta*),
5. Silikatne alge (*Bacillariophyta*),
6. Zelene alge (*Chlorophyta*),
7. Rdeče alge (*Rhodophyta*),
8. Rjave alge (*Phaeophyta*),
9. Vretenčaste alge (*Charophyta*).

Z ekološkega vidika imajo alge velik pomen. Pogosto so prvi organizmi, ki naselijo gola območja, kot so skale ali sveže ohlajene lave. V vodi so osnovni fotosintetski organizmi, ki proizvajajo kisik in tvorijo temelj prehranskih verig v morskih in sladkovodnih ekosistemi. Alge se uporabljajo tudi pri varstvu okolja, saj se številne vrste uporabljajo za bioremediacijo, sposobne so vezati težke kovine in onesnaževala, s čimer pomagajo pri čiščenju vode in tal.

Modrozelenne alge (*Cyanophyta*): ekološki pomen za varstvo okolja

Modrozelenne alge, znane tudi kot cianobakterije (čeprav po zgradbi sodijo med prokariote, jih tradicionalno uvrščamo tudi med alge), imajo izjemno pomembno ekološko vlogo. Spadajo med najstarejše organizme na Zemlji, ki so izvajali fotosintezo in sproščali kisik, kar je omogočilo razvoj aerobnega življenja. Tudi danes pomembno prispevajo k skupni svetovni proizvodnji kisika. Številne vrste imajo sposobnost vezave atmosferskega dušika (N_2) v obliko, ki je dostopna rastlinam, s čimer povečujejo plodnost tal in vodnih okolij. V številnih vodnih ekosistemi predstavljajo osnovne proizvajalce organske snovi, na katerih temelji prehranska veriga (Krstić idr., 2006). Modrozelenne alge se uporabljajo tudi v praksi za proizvodnjo biogoriv, kot viri hranil in prehranskih dopolnil, pa tudi pri čiščenju odpadnih voda (Ahmad idr., 2022).

Značilen predstavnik je *Spirulina platensis* (slika 21). Gre za spiralno zavito modrozeleno algo, ki se goji po vsem svetu zaradi izjemno bogate hranilne sestave. Naravno uspeva v alkalnih jezerih, kjer sodeluje v fotosintezi in fiksaciji dušika. Spirulina je bogata z beljakovinami, vitamini (zlasti B12), minerali in antioksidanti ter se pogosto uporablja kot prehransko dopolnilo, predvsem v veganski in športni prehrani (Sinetova idr., 2024).

Slika 21: *Spirulina platensis*



Palanisamy, K. M., Bhuyar, P., Ab. Rahim, M. H., Govindan, N. in Maniam, G. P. (2023). Cultivation of microalgae *Spirulina platensis* biomass using palm oil mill effluent for phycocyanin productivity and future biomass refinery attributes. *International Journal of Energy Research*, 2023, 2257271, 1–9. <https://doi.org/10.1155/2023/2257271>

Peclji (*Euglenophyta*): ekološki pomen za varstvo okolja

Peclji (*Euglenophyta*) so edinstvena skupina organizmov, ki združujejo značilnosti rastlin in živali. Večinoma gre za enocelične organizme, ki živijo v sladkih vodah. Njihova ekološka vrednost in pomen za okolje sta zelo široka. Številni peclji vsebujejo kloroplaste in izvajajo fotosintezo, s čimer prispevajo k proizvodnji kisika in organske snovi v vodnih ekosistemih. So miksotrofni lahko se prehranjujejo avtotrofno (s fotosintezo) ali heterotrofno (z vsrkavanjem raztopljenih snovi), kar jim omogoča preživetje v zelo različnih okoljskih pogojih. Zaradi te prilagodljivosti so dober bioindikator za spremembe kakovosti vode. Prisotnost pecljev prispeva k ohranjanju mikrobiološkega ravnovesja, saj izkoriščajo presežke organske snovi in pomagajo uravnati število bakterij ter drugih mikroorganizmov, kar je pomembno za naravno samoočiščevanje vodnih ekosistemov. Nekatere vrste so občutljive na prisotnost težkih kovin in kemičnih onesnaževal, zato se uporabljajo pri monitoringu kakovosti voda (Cvijan, 2013).

Značilen predstavnik je *Euglena gracilis*, najbolj znana in razširjena vrsta pecljev (slika 22). Ima biček, s katerim se giblje, in kloroplaste za fotosintezo, v odsotnosti svetlobe pa preide na heterotrofni način prehranjevanja. Sodeluje pri kroženju snovi v stoječih in počasi tekočih vodah ter prispeva k stabilnosti

mikrobiološke skupnosti v mlakah, jezerih in kanalih. Ker lahko skladišči paramilon (polisaharid), jo raziskujejo tudi za biotehnološke namene, vključno s proizvodnjo zdrav (antioksidanti) (Dai idr., 2022).

Slika 22: Optična mikroskopska slika *Euglena gracilis*



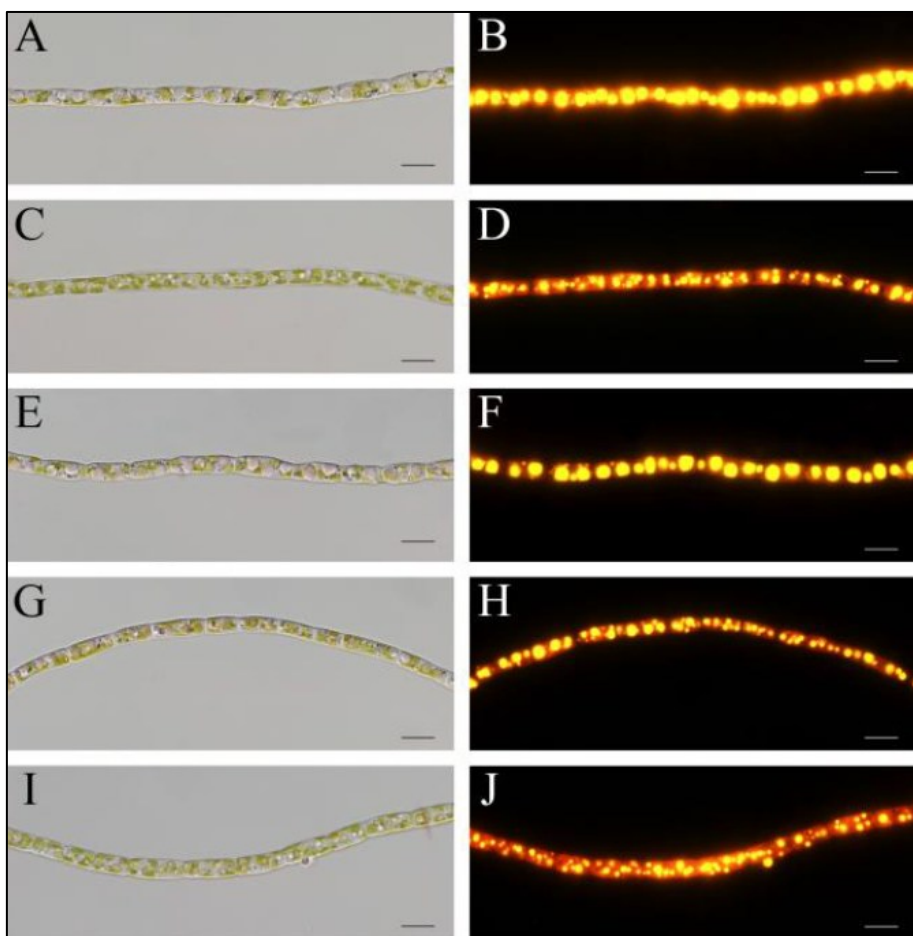
Barsanti, L. in Gualtieri, P. (2019). Paramylon, a potent immunomodulator from WZSL mutant of *Euglena gracilis*. *Molecules*, 24(17), članek 3114. <https://doi.org/10.3390/molecules24173114>

Rumenozelene alge (*Xanthophyta*): ekološki pomen za varstvo okolja

Rumenozelene alge (*Xanthophyta*) predstavljajo manj številno, a pomembno skupino enoceličnih ali kolonijskih talofitnih organizmov. Najpogosteje jih najdemo v sladkih vodah, na vlažnih tleh ter na šotnih barjih. Njihova prisotnost v naravnem okolju ima večplastno ekološko vrednost. Kot avtotrofni organizmi izvajajo fotosintezo, pri čemer proizvajajo kisik in prispevajo k primarni proizvodnji v vodnih ekosistemih. Pogosto sodelujejo pri nastajanju planktona, s čimer predstavljajo vir hrane za zooplankton, ličinke in druge mikroskopske organizme. Zaradi svoje občutljivosti na spremembe v okolju, kot so pH vrednost in količina hranil v vodi, so dobri bioindikatorji stanja jezer in barij (Cvijan, 2013).

Značilen predstavnik rumenozelenih alg je *Tribonema aequale* (slika 23). Gre za nitasto, večcelično algo, ki uspeva v sladkovodnih barjih, jezerih in počasi tekočih vodah, npr. v Cerknškem jezeru ali v kanalih Ljubljane. Na podlagah tvori biofilm in ima pomembno vlogo pri naravnem samoočiščevanju vode. Hkrati je vir hrane za različne mikroskopske organizme in podpira raznolikost mikrofavne. Zaradi svoje občutljivosti na eutrofikacijo se *Tribonema aequale* pogosto uporablja v raziskavah ekološkega stanja celinskih voda (Ociński, 2021).

Slika 23: *Tribonema aequale* pod svetlobnim mikroskopom in fluorescenčnim mikroskopom



Long, J., Jia, J., Gong, Y., Han, D. in Hu, Q. (2022). Assessment of eicosapentaenoic acid (EPA) production from filamentous microalga *Tribonema aequale*: From laboratory to pilot-scale study. *Marine Drugs*, 20(6), članek 343. <https://doi.org/10.3390/md20060343>

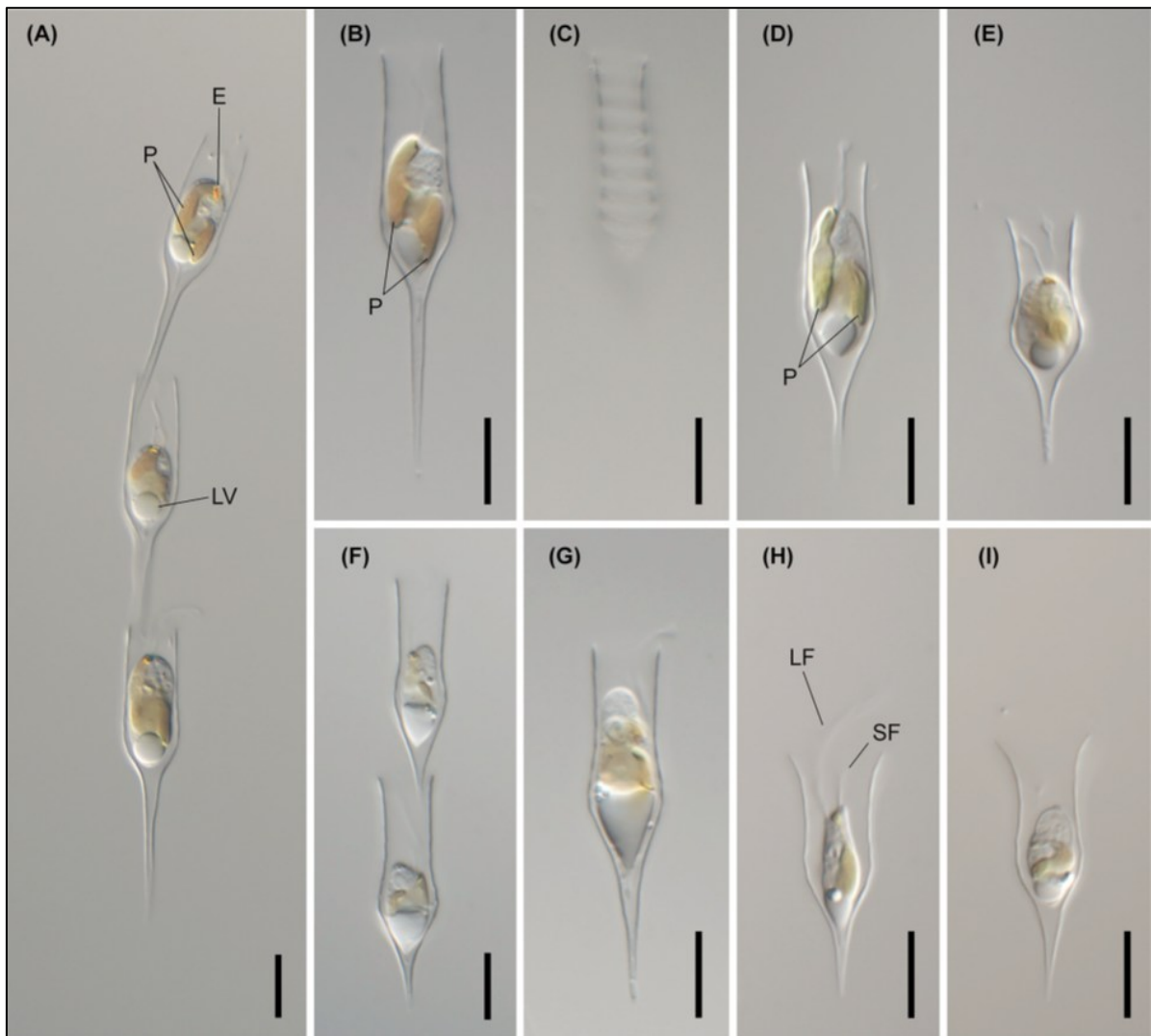
Zlatozelene alge (*Chrysophyta*): ekološki pomen za varstvo okolja

Zlatozelene alge (*Chrysophyta*) so mikroskopske enocelične ali kolonijske alge, ki jih najpogosteje najdemo v sladkovodnih ekosistemih, občasno pa tudi v somornicah (brakičnih vodah). Njihova celična stena je pogosto obdana s silikatnim ali pektinskim ovojem, fotosintezo pa izvajajo s pomočjo značilnih zlato-rjavih pigmentov, kot je fukoksantin, ki jim daje prepoznavno barvo. S svojo fotosintetsko aktivnostjo proizvajajo kisik in prispevajo k primarni proizvodnji ter tvorijo osnovo prehranskih mrež v vodi, zlasti v oligotrofnih (s hranili revnih) jezerih. V takšnih vodnih telesih, kjer je vsebnost hranil nizka, pogosto prevzamejo vlogo dominantnih avtotrofnih organizmov, s čimer stabilizirajo mikroskopske združbe in vplivajo na preglednost ter biološko ravnovesje v ekosistemu. Njihova prisotnost in številnost se pogosto uporabljata kot kazalnik trofičnega stanja, prisotnosti evtrofikacije in splošnih ekoloških razmer v jezerih in rekah. Poleg tega sodelujejo pri vezavi in kroženju fosforja in dušika, kar zmanjšuje tveganje za prekomerno onesnaženje (Cvijan, 2013).

Značilen predstavnik te skupine je *Dinobryon bavaricum*, enocelična kolonijska zlatozelena alga, ki tvori značilne čašaste strukture, v katerih se nahajajo posamezne celice. Ima biček, s katerim se lahko premika (slika 24). Pogosta je v planinskih jezerih, kot so na primer Bohinjsko jezero, Triglavsko jezera in različne oligotrofne visokogorske mlake. Prenaša hladnejše in s hranili revne razmere ter ima

pomembno vlogo pri ohranjanju prosojnosti vode in ravnotežja fitoplanktonske skupnosti. Prisotnost vrste *Dinobryon divergens* je pogosto pokazatelj dobrega ekološkega stanja jezerskih ekosistemov (Hanžek idr., 2021).

Slika 24: Svetlobne mikrofotografije vrste *Dinobryon bavaricum* z dolgim (LF) in kratkim bičkom (SF), plastidi (P), očesno pego (E) ter levkozinskim veziklom (LV) v loriki



Jeong, M., Wang, Y., Kim, J. I. in Shin, W. (2023). Multigene phylogeny reveals a cryptic diversity in the genus *Dinobryon* (Chrysophyceae) with integrative description of five new species. *Frontiers in Plant Science*, 14, članek 1150814. <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1150814>

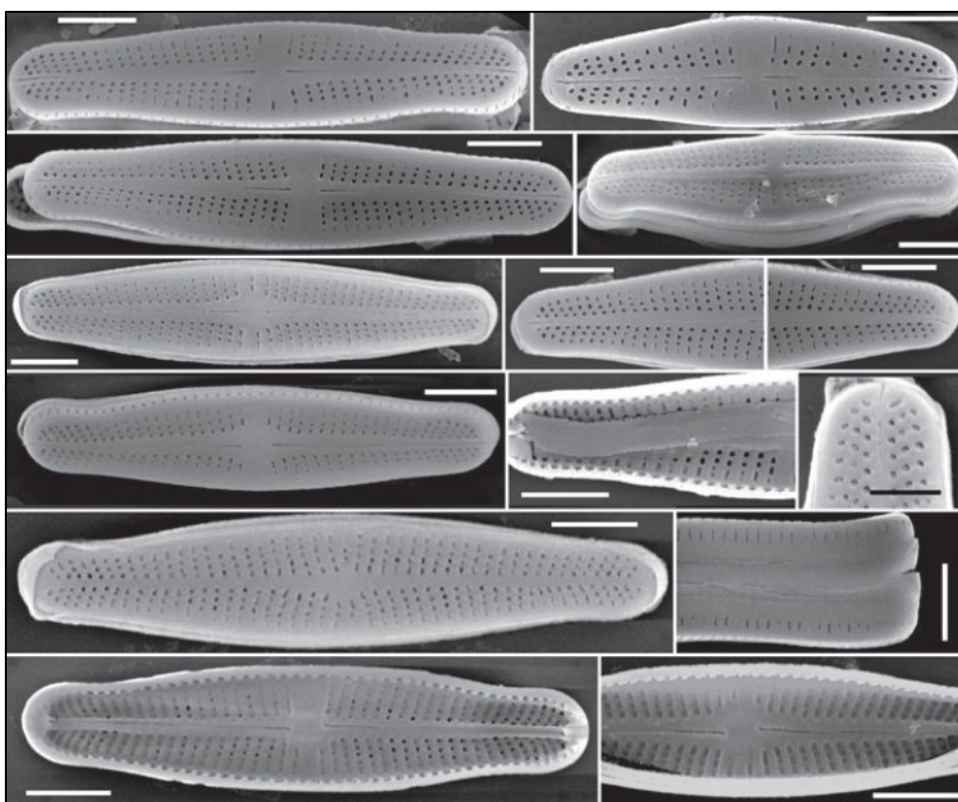
Silikatne alge (*Bacillariophyta*): ekološki pomen za varstvo okolja

Silikatne alge, znane tudi kot diatomeje, spadajo med najpomembnejše in najštevilnejše skupine mikroskopskih alg v sladkovodnih in morskih ekosistemih. Njihove celice so obdane z oklepi iz silicijevega dioksida, ki tvorijo čudovito simetrične in raznolike oblike. Zaradi svoje občutljivosti na spremembe v okolju so diatomeje ključni bioindikatorji ekološkega stanja voda, hkrati pa imajo pomembno vlogo pri ohranjanju ravnotežja v naravi. S svojo fotosintetsko dejavnostjo proizvajajo velike količine kisika in organske snovi ter predstavljajo temelj prehranskih verig v rekah, jezerih in oceanih. Ocenjuje se, da sodelujejo pri 20–25 % vse globalne fotosinteze. Hrana so številnim

organizmom, kot so praživali, rakci, ribje ličinke in drugi mikroorganizmi. Poleg tega absorbirajo ogljikov dioksid iz vode in ozračja, s čimer prispevajo k zmanjšanju učinka toplotne grede. Diatomeje se odlično odzivajo na različne okoljske dejavnike, kot so vsebnost hranil, pH, prisotnost toksičnih snovi in splošno onesnaženje, zato jih po vsem svetu, tudi v Sloveniji, uporabljajo za monitoring rek, jezer in podzemnih voda (Cvijan, 2013).

Značilen predstavnik te skupine je *Achnantheidium minutissimum*, drobna, enostavna in zelo prilagodljiva silikatna alga, ki uspeva na kamnitih podlagah, v sedimentu in na površini rastlin v gorskih in nižinskih rekah (slika 25). Pogosta je v čistih, alpskih vodotokih, kot so na primer Soča, Tolminka in Savinja. Je zanesljiv pokazatelj nizkega onesnaženja in visoke kakovosti vode. Ta vrsta pogosto tvori biofilme, ki pomagajo stabilizirati sediment in nudijo življenjski prostor drugim mikroorganizmom. Zaradi svojih lastnosti je ključna komponenta biološkega monitoringa voda (Cantonati idr., 2014).

Slika 25: Skenirne elektronske mikrofotografije tipičnega materiala *Achnantheidium minutissimum*



Potapova, M. in Hamilton, P. B. (2007). Morphological and ecological variation within the *Achnantheidium minutissimum* (Bacillariophyceae) species complex. *Journal of Phycology*, 43, 561–575. <https://doi.org/10.1111/j.1529-8817.2007.00332.x>

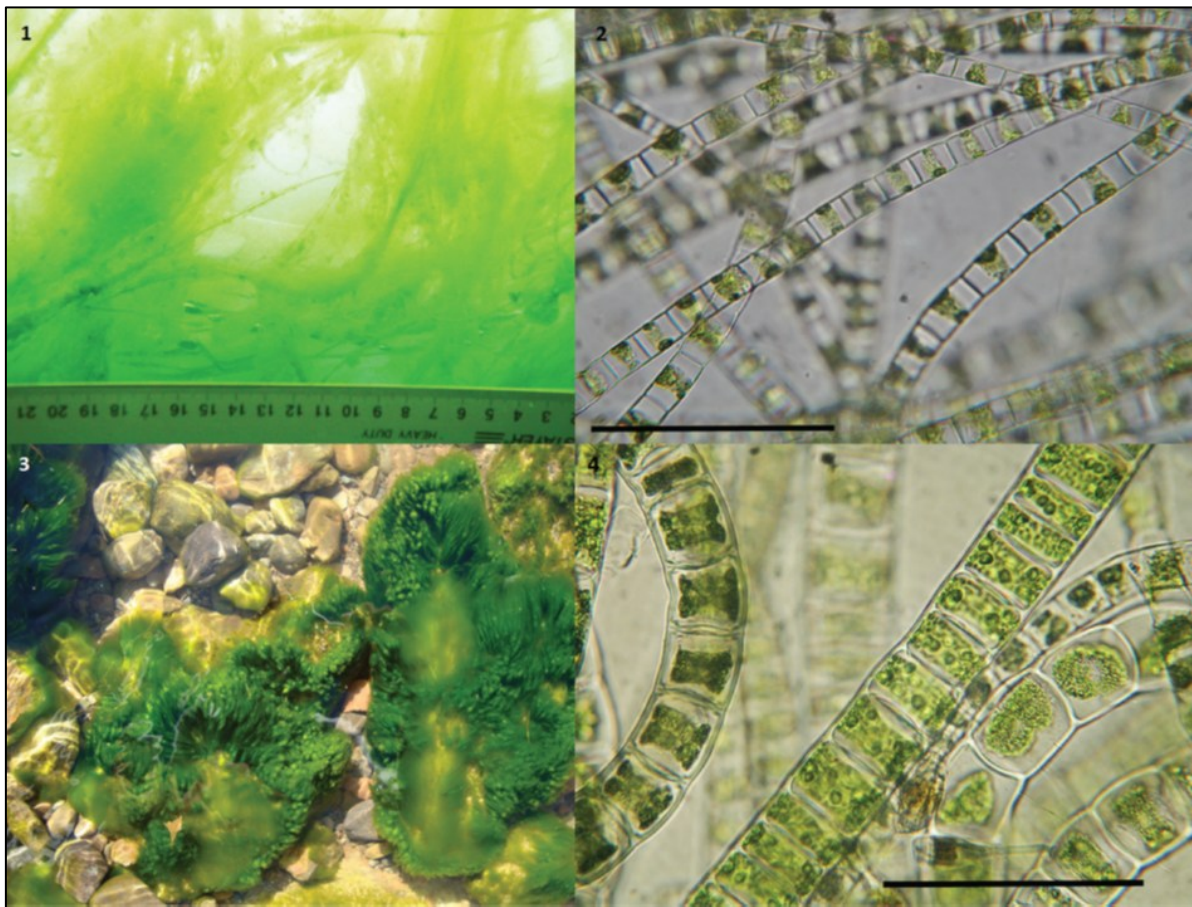
Zelene alge (*Chlorophyta*): ekološki pomen za varstvo okolja

Zelene alge (*Chlorophyta*) predstavljajo veliko in raznoliko skupino avtotrofnih organizmov, ki so lahko enocelični, kolonijski ali večcelični. Najpogosteje jih najdemo v sladkih vodah, na vlažnih tleh, pa tudi v simbiozi z lišaji. Zaradi svojih lastnosti imajo izjemen pomen za ekološko stabilnost in ohranjanje naravnega ravnovesja, zlasti v celinskih vodnih ekosistemih. Za fotosintezo uporabljajo klorofil A in B ter učinkovito izkoriščajo sončno svetlobo za tvorbo kisika in organske snovi, s čimer neposredno podpirajo življenje v vodi. So osnovni člen prehranskih verig, saj služijo kot hrana številnim mikroorganizmom, zooplanktonu in ličinkam vodnih živali. Njihova prisotnost in številnost pogosto

odražata stopnjo onesnaženja, zlasti presežek hranil, kot sta dušik in fosfor. Ker vežejo hranila in nekatere težke kovine, pomembno prispevajo k naravnemu čiščenju voda (Cvijan, 2013).

Značilen predstavnik zelenih alg je *Ulothrix zonata*, večcelična nitasta alga, ki se pogosto pritrujuje na kamenje in druge podlage v hladnih, hitro tekočih sladkih vodah (slika 26). Najpogosteje jo najdemo v zgornjih tokovih rek, kot so na primer Soča, Idrijca in Savinja, zlasti spomladi in jeseni. Njena vloga v ekosistemu je pomembna, stabilizira podlago, omogoča razvoj perifitonskih združb, hrani ličinke vodnih žuželk in prispeva k raznolikosti vodne favne. Prisotnost vrste *Ulothrix zonata* je pokazatelj čiste, kisikom bogate vode in s tem znak visokega ekološkega stanja vodotoka (Parker in Drown, 1982).

Slika 26: Spremembe v habitatu in velikosti celic vrste *Ulothrix zonata* v različnih letnih časih



Permyakov, A., Osipova, S., Bondarenko, N., Obolkina, L., Timoshkin, O., Boedeker, C., Geist, B. in Schäffner, A. R. (2015). Proteins homologous to aquaporins of higher plants in the freshwater alga *Ulothrix zonata* (Ulotrichales, Chlorophyta). *European Journal of Phycology*. <https://doi.org/10.1080/09670262.2015.1106588>

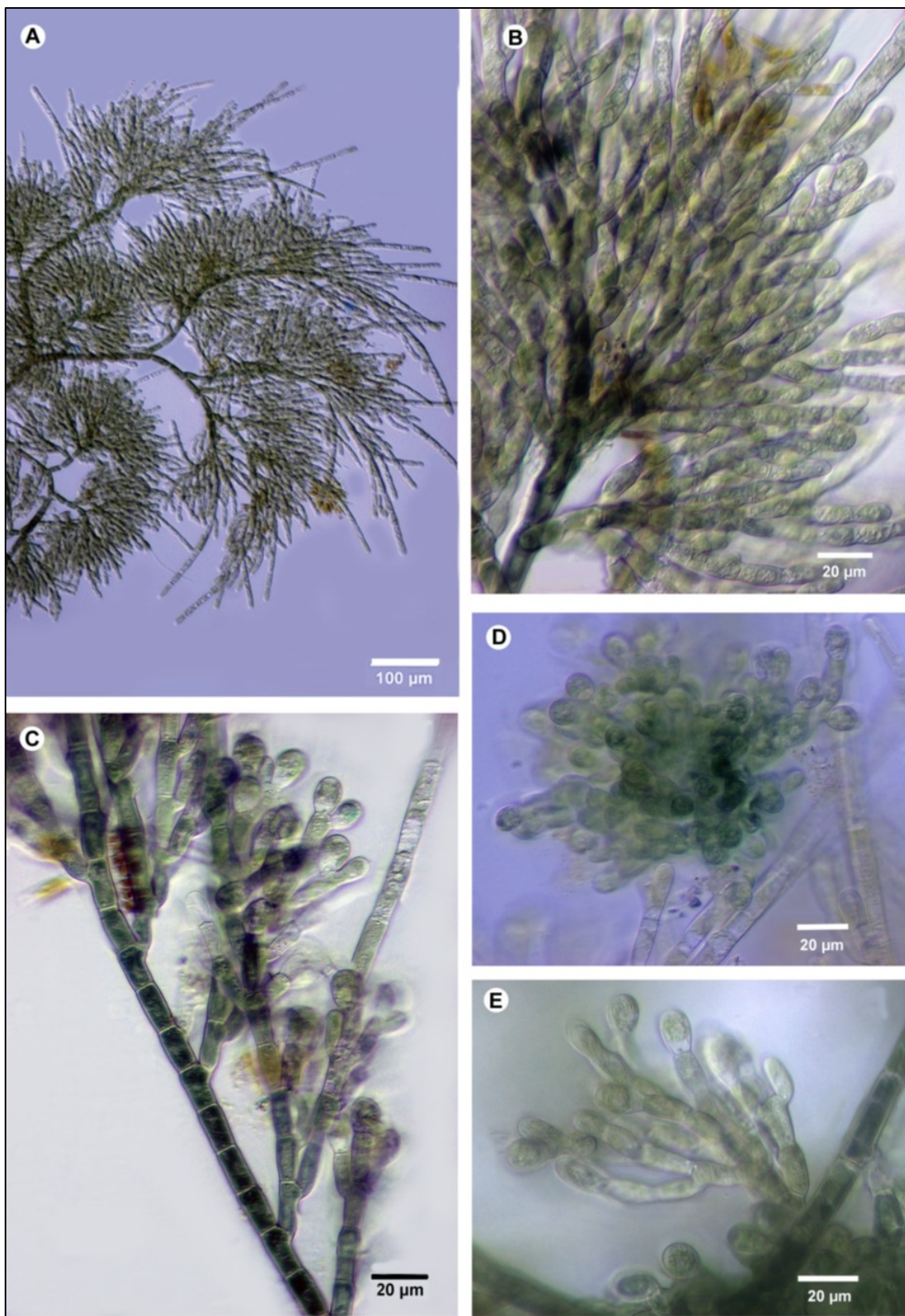
Rdeče alge (*Rhodophyta*): ekološki pomen za varstvo okolja

Rdeče alge (*Rhodophyta*) so večinoma morske, večcelične alge, vendar se nekatere vrste pojavljajo tudi v sladkovodnih okoljih, kot so izviri, potoki in reke. Vsebujejo značilne rdeče in vijoličaste pigmente, kot so fikobilini, ki jim omogočajo izvajanje fotosinteze tudi v globljih in slabše osvetljenih vodah. V Sloveniji so redke, a ekološko pomembne sladkovodne vrste, ki uspevajo v čistih, hladnih in s kisikom bogatih vodah. S fotosintezo prispevajo k tvorbi kisika in organske snovi v ekološko občutljivih habitatih, kjer pomagajo ohranjati stabilnost okolja. Kolonije rdečih alg pogosto stabilizirajo kamnita

dna potokov ter nudijo zavetje mikroorganizmom in ličinkam vodnih živali. So zelo občutljive na onesnaženje, zato njihova prisotnost velja za zanesljiv pokazatelj izjemno kakovostnega vodnega okolja. Njihova ekološka vloga je pomembna tudi za ohranjanje biotske raznovrstnosti, saj prispevajo k stabilnosti in raznolikosti mikroflore in mikrofavne (Cvijan, 2013).

Značilen predstavnik je *Audouinella sp.*, ena izmed redkih sladkovodnih rdečih alg, ki se pojavlja kot temno rdeč ali črn sloj na kamnih in rastlinah v vodi (slika 27). V Sloveniji uspeva predvsem v gorskih rekah in izviroh z nizko vsebnostjo hranil, kot so na primer zgornji tok reke Soče in planinski pritoki Bohinjskega jezera. *Audouinella hermannii* je prilagojena na hladne, hitro tekoče in oligotrofne vode. Sodeluje pri nastajanju biofilma, hrani mikroorganizme in ličinke nevretenčarjev. Zaradi svoje občutljivosti na amonijak in fosfate jo uporabljamo kot kazalnik zgodnjih faz evtrofikacije, kar jo uvršča med pomembne vrste za monitoring kakovosti sladkovodnih ekosistemov (Eloranta, 2016).

Slika 27: Morfološke značilnosti vrste *Audouinella* sp.: habitus (A) ter gosti razvejani deli z monosporangiji (B–E)



Eloranta, P. (2019). Freshwater red algae in Finland. *Plant and Fungal Systematics*, 64(1), 41–51. <https://doi.org/10.2478/pfs-2019-0006>

Rjave alge (*Phaeophyta*): ekološki pomen za varstvo okolja

Rjave alge (*Phaeophyta*) so izključno morske večcelične alge, ki uspevajo v obalnih in plitvih morskih območjih, najpogosteje pritrjene na skale in druge podlage, kjer je dovolj svetlobe. Spadajo med največje in najbolj kompleksne alge na svetu, kot so denimo laminarije. Čeprav je slovensko obalno morje omejenega obsega, najdemo posamezne vrste rjavih alg tudi v Piranskem zalivu in drugod vzdolž slovenske obale. Za fotosintezo uporabljajo klorofil C in fukoksantin, s čimer proizvajajo kisik in organske snovi, ki so ključne za prehrano številnih morskih organizmov. Večji rodovi, kot je *Cystoseira*, tvorijo kompleksne trodimenzionalne strukture, ki služijo kot habitat, zavetje in mesto razmnoževanja za različne vrste rib, mehkužcev in nevretenčarjev. Poleg tega gosto poraščene skupnosti rjavih alg blažijo moč valov in stabilizirajo morsko dno, s čimer pomembno prispevajo k zaščiti obalne črte pred erozijo. Rjave alge so tudi dobri bioindikatorji, njihova prisotnost kaže na čisto, s kisikom bogato in zmerno hranili revno morsko okolje (Cvijan, 2013).

Značilen predstavnik je *Cystoseira compressa*, ena izmed najpomembnejših vrst rjavih alg v Jadranskem morju (slika 28). Ima močno razvejan, čvrst talus in raste v plitvinah do globine 2–3 metre. Na slovenski obali jo lahko najdemo pri Rtu Madona, v Fiesi in v Strunjanu. Ova alga tvori miniaturne »podmorske gozdove«, ki povečujejo biotsko raznovrstnost priobalnih ekosistemov. Nudi zaščito mladim rib, školjkam in številnim mikroorganizmom. Je zelo občutljiva na onesnaženje in mehanske poškodbe, zato izginja iz okolij, ki so degradirana ali obremenjena s človekovimi vplivi (Pagana idr., 2024).

Slika 28: *Cystoseira compressa*



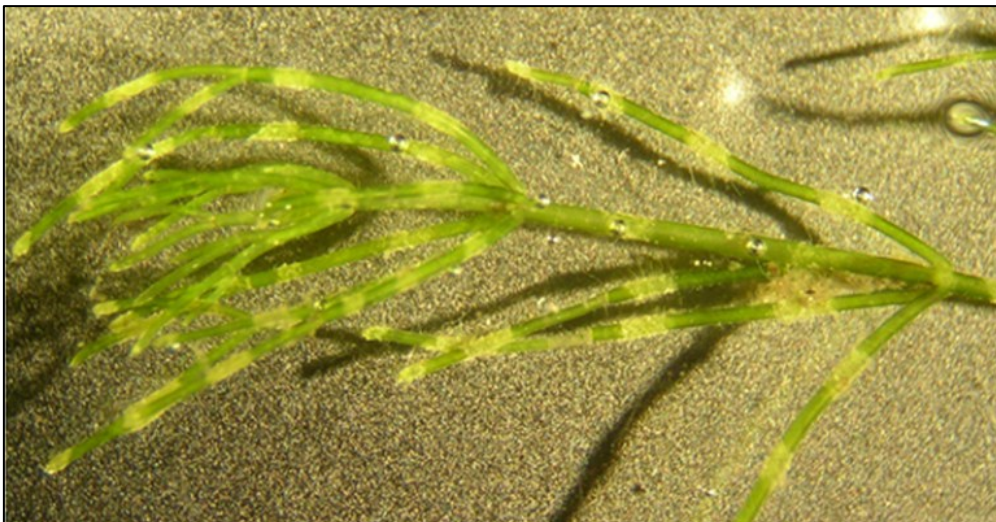
Marletta, G. in Lombardo, A. (2023). The Fucales (Ochrophyta, Phaeophyceae) of the Island of Pantelleria (Sicily Channel, Mediterranean Sea): A new contribution. *Italian Botanist*, 15, 137–163. <https://doi.org/10.3897/italianbotanist.15.103217>

Vretenčaste alge (*Charophyta*): ekološki pomen za varstvo okolja

Vretenčaste alge (*Charophyta*) so posebna skupina sladkovodnih alg, ki jih uvrščamo med najbližje sorodnice kopenskih rastlin. Najdemo jih v čistih, s hranili revnih (oligotrofnih) vodah, kjer pogosto tvorijo goste podvodne »travnike«. Zaradi svoje občutljivosti na spremembe v okolju veljajo za zelo zanesljive pokazatelje visokega ekološkega stanja voda. Njihova prisotnost v vodnih ekosistemih ima več pomembnih funkcij. S fotosintezo povečujejo koncentracijo kisika v vodi, kar je ključnega pomena za življenje rib in drugih vodnih organizmov. Goste kolonije vretenčastih alg nudijo zavetje ličinkam, rakcem in majhnim ribam, ter s tem omogočajo razvoj bogate biotske raznovrstnosti. Te alge so običajno ukoreninjene v mehko, muljasto dno, kjer pomagajo zmanjševati motnost vode in ohranjati prosojnost. Pomembne so tudi pri vezavi hranilnih snovi, kot sta dušik in fosfor, kar preprečuje pretiran razvoj fitoplanktona in posledično škodljivo cvetenje alg. Zaradi svoje občutljivosti na onesnaženje, povečano količino hranil in fizične motnje v habitatih, so izjemno dragocene kot bioindikatorji ekološke stabilnosti (Cvijan, 2013).

Značilen predstavnik je *Nitella flexilis*, vretenčasta alga z razvejanimi nitastimi strukturami in mehko teksturo (slika 29). Prilagojena je mirnejšim, globljim vodam, kjer uspeva v čistih jezerih in vodnih bazenih, kot so na primer Bohinjsko jezero, Zbiljsko jezero ter manjši naravni bazeni v alpskih dolinah. Ta alga spodbuja razvoj mikrofavne in prispeva k pestrosti bentosa. Obenem z vezavo sedimenta stabilizira jezersko dno ter pripomore k ohranjanju naravnega hidrološkega režima v teh občutljivih ekosistemih. Je zelo občutljiva na nihanja vodostaja in kakovost vode, zato jo pogosto uporabljamo kot indikator dobrega ekološkega stanja v sladkovodnih okoljih (Pronin idr., 2023).

Slika 29: Kalcifikacija v alkalnih pasovih pri *Nitella flexilis*



Beilby, M. J., Bisson, M. A. in Schneider, S. C. (2022). How characean algae take up needed and excrete unwanted ions – An overview explaining how insights from electrophysiology are useful to understand the ecology of aquatic macrophytes. *Aquatic Botany*, 181, članek 103542. <https://doi.org/10.1016/j.aquabot.2022.103542>

Lišaji (*Lichenes*): ekološki pomen za varstvo okolja

Lišaji (*Lichenes*) so zapleteni simbiotski organizmi, ki jih sestavljata alga (fitobiont) in gliva (mikobiont). Ta dva organizma živita v tesnem sožitju, pri čemer vsak prispeva k preživetju drugega: gliva s svojimi hifami vsrkava vodo in mineralne snovi iz okolja, medtem ko alga s pomočjo klorofila izvaja fotosintezo in proizvaja organske snovi, ki služijo kot vir hrane za oba. V lišajih najpogosteje sodelujejo zelene ali modrozelenke alge, glive pa večinoma pripadajo skupinoma askomicetov ali bazidiomicetov. Skupno vegetativno telo, ki ga tvorita gliva in alga, imenujemo talus (Marinović, 1991).

Glede na obliko talusa ločimo tri glavne tipe lišajev (Amidžić, 2009):

- A) Skorjaste (lišene): tesno prirasli na podlago, tvorijo tanek, ploščat sloj,
- B) Listaste: ohlapneje pritrjeni, s ploskvami, ki spominjajo na liste,
- C) Grmičaste (košate): pokončne ali viseče strukture, ki spominjajo na majhne grmičke.

Lišaji so izjemno odporni organizmi, sposobni preživeti v zelo ekstremnih pogojih, zaradi česar imajo pomembno vlogo v ekosistemih kot pionirske vrste ter kot bioindikatorji onesnaženosti zraka.

Skorjasti lišaji: ekološki pomen za varstvo okolja

Skorjasti lišaji so oblika lišajev, pri katerih je talus tesno prirasel k podlagi. So najpogostejši tip lišajev v naravi, še posebej na kamninah, skorji dreves in tudi na umetnih površinah, kot so zidovi in strehe. Gre za izjemno odporne in dolgožive organizme, ki lahko preživijo v najtežjih razmerah, kjer večina drugih živih bitij ne uspeva. Naseljujejo ogoljene in revne površine, kot so skale, lave in betonski zidovi, s čimer pripravljajo teren za kasnejše naseljevanje višjih rastlin. Sčasoma prispevajo k nastajanju prsti, saj postopoma razgrajujejo podlago, na kateri rastejo. Skorjasti lišaji izvajajo fotosintezo tudi v ekstremnih razmerah in pri tem vežejo ogljikov dioksid iz ozračja. Poleg tega so zelo učinkoviti pri absorpciji škodljivih snovi, kot so težke kovine, žveplov dioksid, nitrati in ozon, s čimer pripomorejo k čiščenju zraka. Zaradi svoje občutljivosti na onesnaženje iz prometa in industrije so zelo uporabni kot bioindikatorji, saj njihova prisotnost ali odsotnost zanesljivo kaže kakovost zraka (Marinović, 1991).

Prepoznaven predstavnik je *Lecanora muralis* (zidni lišaj). Ta svetlo siv, ploščat lišaj je trdno pritrjen na podlago in uspeva na kamninah, betonskih površinah, zidovih in strehah (slika 30). Pogosto ga najdemo v urbanem okolju, na primer na starih mestnih zidovih. Ta lišaj je zelo odporen na sončno sevanje in sušo ter prenaša zmerno onesnaženje zraka, zato uspeva v mestih, a izgine, če je koncentracija žveplovega dioksida (SO₂) previsoka. Pomembno prispeva k biološkemu razkrajanju gradbenih materialov, hkrati pa deluje kot naravni čistilec zraka in pokazatelj ekološkega ravnovesja v mestnem okolju (Bačkor idr., 2003).

Slika 30: *Lecanora muralis*



Wei, X. L., Han, K. S., Lee, Y. M., Koh, Y. J. in Hur, J. S. (2007). New record of *Lecanora muralis* (lichenized fungus) in South Korea. *Mycobiology*, 35(2), 45–46. <https://doi.org/10.4489/MYCO.2007.35.2.045>

Listasti lišaji: ekološki pomen za varstvo okolja

Listasti lišaji so lišaji s širokim, listu podobnim talusom, ki se delno ali povsem oprime podlage. Predstavljajo pomembno in raznoliko skupino simbiotskih organizmov, ki nastanejo z združitvijo gliv in alg (ali cianobakterij). Zaradi prisotnosti fotosintetskih partnerjev lahko proizvajajo kisik in organske snovi tudi v težkih okoljskih razmerah. Ti lišaji so zelo občutljivi na onesnaženje zraka, zlasti na žveplov dioksid in težke kovine, zato je njihova prisotnost ali odsotnost zanesljiv pokazatelj kakovosti okolja. Rastejo na skorji dreves, kamninah in tleh, kjer pripomorejo k zadrževanju vlage, preprečevanju erozije in nastajanju prsti. Pogosto se pojavljajo na golih ali degradiranih območjih, kjer pripravljajo pogoje za naselitev drugih rastlinskih vrst (Marinović, 1991).

Prepoznaven predstavnik je *Xanthoria parietina* (zlatolišni lišaj). To je živahno rumeno do oranžno obarvan listasti lišaj, ki se tesno prilega skorji dreves, pogosto pa uspeva tudi na kamninah, strehah in zidovih (slika 31). Najdemo ga v nižinskih in urbanih območjih, zlasti na sadnem drevju, lipah, hrastih, pa tudi v vaseh in mestih. Ta lišaj je dober indikator zmerne stopnje onesnaženosti zraka, saj uspeva v pogojih z višjimi koncentracijami dušikovih spojin, kot je amonijak iz kmetijstva. Zaradi svoje občutljivosti se uporablja pri monitoringu kakovosti zraka in spremljanju kemične sestave padavin. Njegova prisotnost v mestih nakazuje na blago onesnaženje, medtem ko njegovo izginjanje opozarja na hujšo, industrijsko kontaminacijo (Scerbo idr., 2002)

Slika 31: *Xanthoria parietina*



Baczewska, I., Hawrylak-Nowak, B., Zagórska-Dziok, M., Ziemińska, A., Nizioł-Łukaszewska, Z., Borowski, G. in Dresler, S. (2024). Towards the use of lichens as a source of bioactive substances for topical applications. *Molecules*, 29(18), 4352. <https://doi.org/10.3390/molecules29184352>

Grmičasti lišaji: ekološki pomen za varstvo okolja

Grmičasti lišaji imajo razvejan, tridimenzionalen talus, ki po obliki spominja na majhne grmičke ali korale. Rastejo na lubju dreves, tleh in kamninah, predvsem v gozdnih in gorskih habitatih. Zaradi svoje razvejane zgradbe imajo veliko površino za absorpcijo delcev in plinov iz zraka, kar jim daje pomembno vlogo pri okoljskem nadzoru in ohranjanju narave. Ti lišaji so izjemno občutljivi na onesnaženje zraka, še posebej na žveplov dioksid, amonijak in težke kovine, zato njihova prisotnost kaže na izjemno čist zrak. Številne vrste vsebujejo cianobakterije, ki lahko vežejo atmosferski dušik, s čimer obogatijo prst, to je še posebej pomembno v gozdnih ekosistemih. Grmičasti lišaji naseljujejo gole in zahtevne terene (npr. skale, alpske pobočja, suhe gozdne jase), kjer sčasoma prispevajo k nastanku tal in omogočajo naselitev višjih rastlin (Marinović, 1991).

Prepoznaven predstavnik je *Usnea sp.* (slika 32). To je svetlo zelena do sivozelena grmičasta lišajna vrsta z značilnim visečim, razvejanim talusom, ki spominja na brado. Je mehka in elastična, pogosto raste na vejicah in skorji dreves v vlažnih gorskih in predalpskih gozdovih, na primer na Pohorju, Gorenjskem in Trnovskem gozdu. Ta lišaj je zelo občutljiv na žveplov dioksid, zato velja kot indikator izjemno čistega zraka. Prispeva k ohranjanju mikroklimе v gozdovih in nudi zavetje žuželkam in mikroorganizmom, s čimer podpira biotsko raznovrstnost in stabilnost ekosistema (Carreras idr., 1998).

Slika 32: Usnea sp.



Elkhateeb, W. A., Elnahas, M. O. in Daba, G. M. (2021). Lichentherapy: Highlights on the pharmaceutical potentials of lichens. *Open Access Journal of Microbiology & Biotechnology*, 6(1). <https://doi.org/10.23880/oajmb-16000190>

Mahovi: ekološki pomen za varstvo okolja

Mahovi so stare in evolucijsko preproste kopenske rastline, ki imajo pomembno pionirsko vlogo pri naseljevanju zahtevnih in degradiranih habitatov, kot so pogorišča, gola tla, skalovja ali robovi tundre. Zaradi svoje sposobnosti prilagajanja na ekstremne razmere pogosto tvorijo prvo vegetacijo na območjih, kjer druge rastline še ne uspevajo. Mahovi zadržujejo vlogo in delujejo kot biološke spužve, učinkovito vpijajo padavinsko vodo in jo postopoma sproščajo v okolje, s čimer uravnavajo vodno bilanco ekosistema. Poleg tega zmanjšujejo erozijo tal, kar je ključnega pomena v goratih in gozdnih območjih. Ker nimajo kutikule (zaščitne povrhnjice) na lističih, zlahka absorbirajo snovi iz zraka in vode, tudi škodljive, kot so težke kovine, dušikove spojine in prašni delci. Zaradi te lastnosti so odlični bioindikatorji onesnaženosti okolja in se pogosto uporabljajo pri okoljskem monitoringu zraka in padavin (Kojić idr., 2003).

Mahove delimo na dve glavni skupini (Amidžić, 2009): jetrne mahove (*Hepaticae*), ki imajo sploščen, jetri podobni talus, prave oziroma listaste mahove (*Musci*), ki imajo razločne stebelce in lističe, pri čemer so najbolj prepoznavna oblika mahov v naravi.

Jetrenjače (*Hepaticae*): ekološki pomen za varstvo okolja

Jetrenjače (*Hepaticae*) so primitivna skupina mahov s preprosto, ploščato telesno zgradbo (talusom), ki naseljujejo vlažna, senčna in hranilno revna okolja. Najpogosteje jih najdemo v gozdovih, na šotnih tleh, golih skalah in vlažnih brežinah, kjer imajo ključno vlogo pri začetnih fazah naravne sukcesije. Kot pionirske rastline se uspešno naseljujejo na degradiranih tleh, kamninah in drevesni skorji, kjer začnejo proces obnavljanja ekosistema. Njihova zmožnost vpijanja in zadrževanja vlage omogoča uravnavanje mikroklimatskih razmer in s tem pripomorejo k oblikovanju ugodnih razmer za razvoj drugih organizmov. S tem ko prekrijejo površino tal, preprečujejo erozijo, zlasti na golih, rahlih in vlažnih substratih. Ker nimajo kutikule (zaščitne plasti na površini), zelo učinkovito absorbirajo onesnaževalce iz zraka in zemlje, kot so težke kovine, dušikove spojine in pesticidi, zaradi česar so izjemno uporabne

kot bioindikatorji okoljske kakovosti. Prav tako prispevajo k tvorjenju prsti in zadrževanju hranil, kar je ključno v zgodnjih razvojnih fazah habitatov (Kojić idr., 2003).

Značilen predstavnik jetrenjač je *Marchantia polymorpha* (slika 33). Gre za eno najpogostejših vrst, ki uspeva na vlažnih tleh, ob potokih, gozdnih poteh, zidovih in tudi v rastlinjakih. V Sloveniji jo lahko najdemo npr. v okolici Cerkniškega jezera, na Ljubljanskem barju ter v alpskih dolinah. Njena prisotnost stabilizira vlažna in nestabilna tla, pospešuje cikel hranil in sodeluje pri nastajanju prvih plasti humusa, kar prispeva k dolgoročni ekološki stabilnosti (Li idr., 2022).

Slika 33: Usnea filipendula



Yemets, O. A. (2016). *Assessments of traffic pollutants along a rural highway roadside in Southern Norway by quantifying lichen responses* (Master's thesis, MS in General Ecology). Norwegian University of Life Sciences. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.1913.6881>

Listnati mahovi (*Musci*): ekološki pomen za varstvo okolja

Listnati mahovi (*Musci*) so najbolj razširjena in prepoznavna skupina mahov, ki rastejo v vlažnih, senčnih okoljih, a uspevajo tudi v surovih razmerah na drevesnem lubju, skalah, strehah, tleh in šotnih tleh. Kljub majhni in preprosti zgradbi imajo izjemno pomembno vlogo pri ohranjanju ekološkega ravnovesja. Mahovi delujejo kot biološke spužve, učinkovito vpijajo vlago iz zraka in tal, ter s čimer uravnavajo mikroklimatske pogoje in hidrološko ravnovesje v svojem okolju. Njihove goste preproge ščitijo tla pred erozijo zaradi dežja in vetra, zlasti na pobočjih in v gorskih predelih. Poleg tega absorbirajo onesnaževala, delce in težke kovine, kar jim daje pomembno vlogo pri biološkem čiščenju vode in zemlje. Mahovi so tudi pomemben habitat za mikroorganizme, nevretenčarje, ličinke in dvoživke. Zaradi svoje občutljivosti na kakovost zraka, kislost padavin in prisotnost onesnaževal se pogosto uporabljajo kot bioindikatorji okoljske kakovosti (Kojić idr., 2003).

Značilen predstavnik je *Polytrichum commune* (slika 34). Ta vrsta je ena izmed največjih mahov, s pokončnimi, čvrstimi stebli in ozkimi listi z dlačicami ter značilnimi kapsulami za spore. Raste v vlažnih gozdovih, na šotnih tleh, pod borovci in na gorskih travnikih, na primer na Pokljuki, Jelovici in v

Triglavskem narodnem parku. Tvori goste preproge, ki zadržujejo vlago in preprečujejo odnašanje zemlje. Pomembno prispeva k nastanku in ohranjanju šotišč, ki so ključna za shranjevanje ogljikovega dioksida. Velja za kazalnik ekološko ohranjenih habitatov (Zawadzki idr., 2014).

Slika 34: *Polytrichum commune*



McAdam, S. A. M., Duckett, J. G., Sussmilch, F. C., Pressel, S., Renzaglia, K. S., Hedrich, R., Brodribb, T. J. in Merced, A. (2021). Stomata: The holey grail of plant evolution. *American Journal of Botany*, 108(3), 1–6. <https://doi.org/10.1002/ajb2.1619>

Praprotnice (*Polypodiophyta*): ekološki pomen za varstvo okolja

Praprotnice sodijo med najstarejše skupine višjih rastlin, njihove fosilne ostanke najdemo v velikih nahajališčih premoga, kar priča o njihovi bogati evolucijski zgodovini. Večina je kopenskih rastlin, ki rastejo na tleh vlažnih gozdov, na senčnih pobočjih in v šotnih predelih. Po zgradbi so zelo raznolike, nekatere vrste so preproste, druge pa visoko razvite z razvejanim listjem. V tla so pritrjene z rizomi (podzemnimi stebli), ki pogosto opravljajo funkcijo korenin. Praprotnice nimajo cvetov ali semen,

temveč se razmnožujejo s sporami, kar jih loči od semenčnic. V ekosistemih imajo pomembno vlogo pri zadrževanju vlage, preprečevanju erozije in ohranjanju talne strukture. Prav tako služijo kot habitat za različne mikroorganizme, ličinke in nevretenčarje (Kojić idr., 2003).

Praprotnice razvrščamo v štiri glavne skupine (Amidžić, 2009):

1. Psilofite (*Psilophytatae*) (izumrle),
2. Lisičjakovke (*Lycopodiatae*),
3. Presličnice (*Equisetatae*),
4. Prave praproti (*Filicatae*).

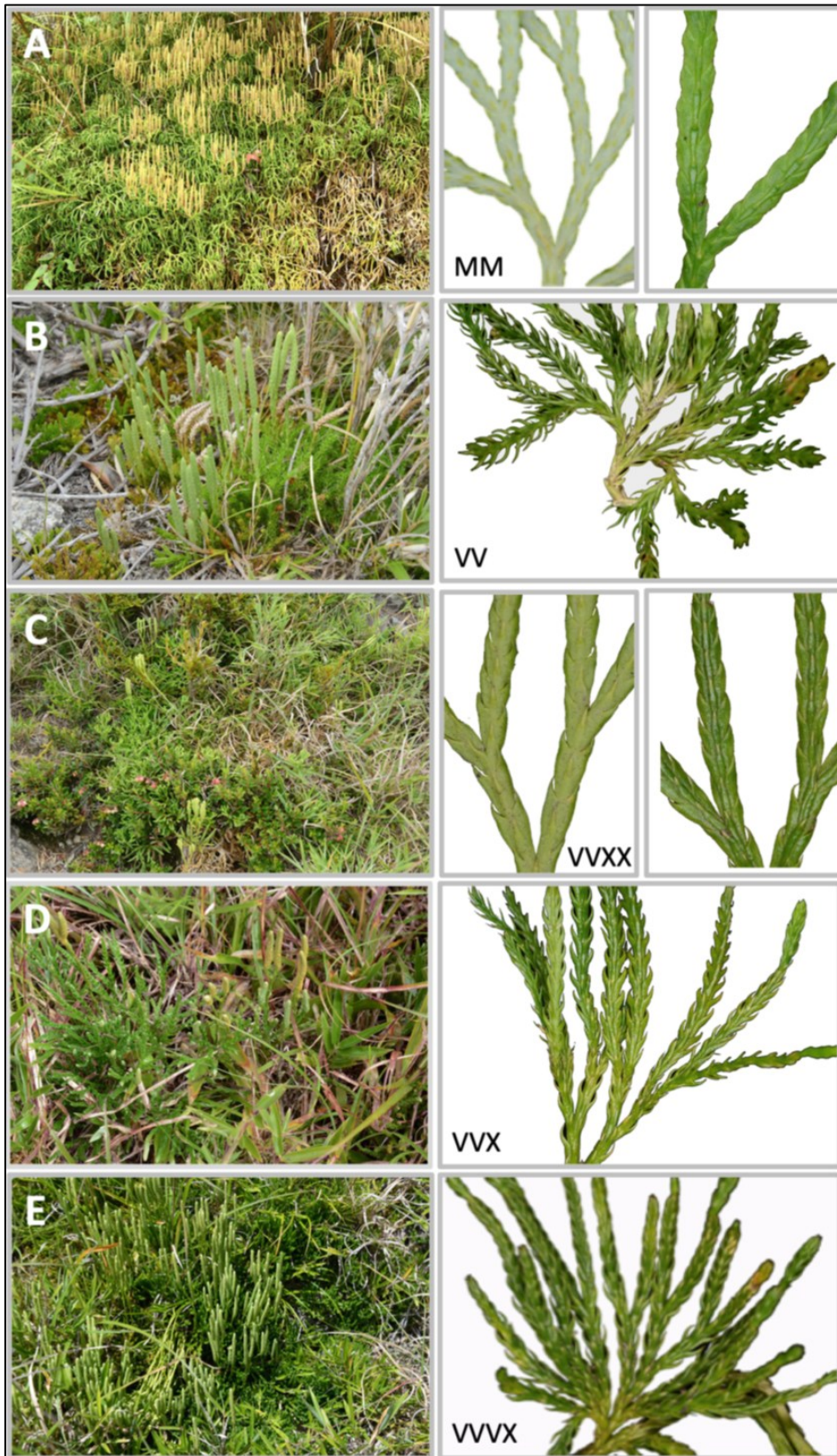
Vsaka skupina ima svoje značilnosti, a skupno jim je, da prispevajo k ekološki stabilnosti gozdnih in močvirnih habitatov, pri čemer so pomembne za biotsko raznovrstnost in naravno sukcesijo.

Lisičjakovke (*Lycopodiatae*): ekološki pomen za varstvo okolja

Lisičjakovke sodijo med najstarejše žilnice (vaskularne rastline) na Zemlji. Čeprav so danes majhne in neopazne, so njihove fosilne sorodnice nekoč tvorile obsežne gozdove, iz katerih so nastala današnja nahajališča premoga. Danes uspevajo predvsem v vlažnih gozdnih in gorskih habitatih in so pomemben del naravnih ekosistemov tudi v Sloveniji. Lisičjakovke naseljujejo kislja, hranilno revna tla, kjer pripomorejo k stabilizaciji tal in omogočajo nadaljnjo rastlinsko sukcesijo. Njihove goste preproge zadržujejo vlago v tleh, upočasnjujejo izsuševanje in ustvarjajo mikrohabitate za številne glive in mikroorganizme. S tem prispevajo k ohranjanju talne strukture in gozdne mikrokline. Prisotnost lisičjakovk običajno kaže na dobro ohranjene, ekološko stabilne in netretirane gozdne ali gorske ekosisteme (Kojić idr., 2003).

Prepoznaven predstavnik je *Diphasiastrum sp.* (slika 35). Ta vrsta je prilagojena gorskim razmeram, ima kratke pokončne poganjke in plazeče se steblo, ki tvori goste, mehke »blazinice«. Raste v subalpinskih in alpskih območjih na kisljih, peščenih tleh, zlasti v Julijskih Alpah, Karavankah in Kamniško-Savinjskih Alpah. Kot kazalec netaknjenih alpskih habitatov ima pomembno vlogo pri stabilizaciji strmih pobočij, zadrževanju vlage in preprečevanju erozije. Pomembno prispeva k ohranjanju vegetacijskega pokrova v zahtevnih gorskih razmerah (Nowicki idr., 2025).

Slika 35: *Diphasiastrum* sp.



Schnittler, M., Inoue, M., Shchepin, O. N., Fuchs, J., Chang, H., Lamkowski, P., Knapp, R., Horn, K., Bennert, H. W. in Bog, M. (2024). Hybridization and reticulate evolution in *Diphasiastrum* (flat-branched clubmosses, Lycopodiaceae) – New data from the island of Taiwan and Vietnam. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 196, članek 108067. <https://doi.org/10.1016/j.ympev.2024.108067>

Presličnice (Equisetatae): ekološki pomen za varstvo okolja

Presličnice, znane tudi kot preslice (rod *Equisetum*), so primitivne žilnate rastline, ki izvirajo že iz obdobja paleozoika. Pogosto jih imenujemo tudi »živi fosili«, saj so se ohranile skoraj nespremenjene milijone let. Danes jih najdemo predvsem v vlažnih habitatih, ob rekah, potokih, močvirjih, na vlažnih travnikih in gozdnih robovih. Čeprav so na videz preproste, imajo preslice pomembno ekološko vlogo tako v vodnih kot tudi kopenskih ekosistemih. Njihova gosta mreža rizomov utrjuje tla in učinkovito preprečuje erozijo, zlasti ob vodotokih. Znale so po sposobnosti absorpcije težkih kovin in nitratov, zato jih pogosto uporabljajo v bioremediaciji in za čiščenje onesnaženih voda in tal. Hitro naseljujejo degradirana in vlažna območja, na katerih druga vegetacija še ni vzpostavljena. Poleg tega služijo kot mikrohabitati za različne vrste žuželk, dvoživk in mikroorganizmov, še posebej v močvirnih ekosistemih. Prisotnost preslic je kazalnik visokega nivoja podzemne vode in kislosti tal, zato so dragoceni bioindikatorji vodnega režima in kakovosti okolja (Kojić idr., 2003).

Značilen predstavnik je *Equisetum arvense* (njivska preslica), zelnata rastlina s členjenimi, pokončnimi stebli in značilnimi ovratničasto razporejenimi listi (slika 36). Spomladi razvije plodna stebela s trosišči, poleti pa sterilna zelena stebela. Raste na poljih, travnikih, ob gozdnih poteh in na vlažnih območjih, kot so na primer Ljubljansko barje, Dravska dolina in Haloze. Stabilizira robove kmetijskih površin, veže težke kovine (kot so kadmij in svinec) in prispeva k fitoremediaciji onesnaženih tal. Zaradi odpornosti na pesticide in herbicide je tudi indikator kemične obremenjenosti okolja (Ray in White, 1979).

Slika 36: *Equisetum arvense*



Krippel, Y. (2023). Les prêles (*Equisetaceae*) au Luxembourg – Notes chorologiques et liste rouge. *Bulletin de la Société des Naturalistes Luxembourgeois*, 125, 3–16. <https://doi.org/10.59513/sn1.2023.125.003>

Prave praproti (*Filicatae*): ekološki pomen za varstvo okolja

Prave praproti (*Filicatae*) so večletne žilnate rastline, ki se razmnožujejo s sporami namesto s semeni. Na Zemlji so prisotne že od paleozoika in čeprav danes niso več prevladujoče, ostajajo pomemben del gozdnih in vlažnih ekosistemov. V Sloveniji uspevajo v različnih habitatih od nižinskih gozdov do gorskih grap, barij in senčnih pobočij. Goste sestoje praproti v gozdovih pomembno prispevajo k ohranjanju vlage, zmanjševanju izhlapevanja in hlajenju tal, kar je ključno za mikroklimo gozdnih tal. Z močnim rizomskim (podzemnim) sistemom utrjujejo tla na strminah, pečinah in obrežjih rek, s čimer preprečujejo erozijo. Ker številne vrste praproti potrebujejo posebne pogoje vlage, sence in čist zrak, njihova prisotnost pogosto kaže na ekološko stabilna in dobro ohranjena naravna okolja (Kojić idr., 2003).

Značilen predstavnik je *Dryopteris filix-mas* (moška praprot), ena najpogostejših vrst pravih praproti v Sloveniji (slika 37). Uspeva v senčnih gozdovih, grapah, ob potokih in na kamnitih tleh, npr. v Julijskih Alpah, na Pohorju in v Kočevskem rogu. Prispeva k ohranjanju gozdne mikroklimi, utrjuje tla in daje zavetje številnim majhnim živalim, žuželkam in mikroorganizmom. Njena prisotnost je zanesljiv pokazatelj ohranjenosti in neokrnjenosti gozdnih ekosistemov (Pachaiyappan idr., 2024).

Slika 37: *Dryopteris filix-mas*



Alm, T. (2016). Fern rhizomes as fodder in Norway. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*, 12, 37. <https://doi.org/10.1186/s13002-016-0112-0>

Semenke (*Spermatophyta*): ekološki pomen za varstvo okolja

Semenke so najmlajša evulucijska skupina rastlin, ki tvorijo cvetove in semena. Po zgradbi in načinu razmnoževanja jih delimo na tri osnovne skupine (Amidžić, 2009):

- A) Igličaste golosemenke (iglavci),
- B) Pernato-listne golosemenke,
- C) Kritosemenke (cvetoče rastline s skritimi semeni).

Te rastline predstavljajo vrhunec rastlinskega razvoja, saj so se prilagodile zelo različnim življenjskim okoljem in imajo ključno vlogo v ekosistemih po vsem svetu.

Igličaste golosemenke (*Coniferophytina*): ekološki pomen za varstvo okolja

Igličaste golosemenke, znane tudi kot iglavci, predstavljajo najpomembnejšo skupino golosemenk v sodobnih gozdnih ekosistemih, zlasti v gorskih in subalpskih območjih Slovenije. Zanje so značilni olesenela stebila, igličasti listi in razmnoževanje s semeni v storžih, brez nastanka ploda. Iglavci tvorijo goste, dolgožive gozdove, ki imajo ključno vlogo pri zadrževanju erozije, preprečevanju snežnih plazov in hudournikov. Zaradi sposobnosti učinkovite fotosinteze vežejo velike količine CO₂, s čimer prispevajo k blaženju podnebnih sprememb. Imajo pomembno vlogo pri ohranjanju biotske raznovrstnosti, saj nudijo življenjski prostor številnim vrstam ptic, sesalcev, gliv in žuželk. Poleg tega zmanjšujejo izhlapevanje vode in uravnavajo mikroklimo v gozdovih. Uspevajo na revnih, kislih, kamnitih in hladnih tleh, kjer druge vrste ne uspevajo (Kojić idr., 2003).

Prepoznaven predstavnik je *Picea abies* (navadna smreka), visoko drevo s stožčasto krošnjo in visečimi storži, ki ima izjemen gospodarski in ekološki pomen v Sloveniji (slika 38). Prevladujeta v alpskih in subalpskih regijah, kot so Pokljuka, Triglavski narodni park, Jelovica in Kočevsko. Smrekovi gozdovi ščitijo tla in vodotoke, ter predstavljajo dom vrstam, kot so divji petelin, sova, kuna, pa tudi številnim glivam, kot sta jurček in lisička. Poleg biotske vrednosti imajo smrekovi gozdovi tudi pomembno vlogo pri podnebni stabilnosti (Zítková idr., 2018).

Slika 38: *Picea abies*



Virjamo, V., Fyhrquist, P., Koskinen, A., Lavola, A., Nissinen, K. in Julkunen-Tiitto, R. (2020). 1,6-Dehydropinidine is an abundant compound in *Picea abies* (Pinaceae) sprouts and 1,6-dehydropinidine fraction shows antibacterial activity against *Streptococcus equi* subsp. *equi*. *Molecules*, 25, članek 4558. <https://doi.org/10.3390/molecules25194558>

Pernatolistne golosemenke (*Cycadophyta*): ekološki pomen za varstvo okolja

Pernatolistne golosemenke, kot so *Cycadophyta* (sagovci) in njim sorodne skupine, sodijo med tako imenovane »žive fosile«, rastline, ki so se skozi več kot 250 milijonov let evolucije ohranile skoraj nespremenjene. Čeprav danes niso naravno prisotne v slovenski flori, imajo pomembno izobraževalno in raziskovalno vrednost, zlasti v kontekstu varstva narave in razumevanja preteklih ekosistemov (Kojić idr., 2003).

Prepoznaven gojeni predstavnik je *Cycas revoluta*, najpogosteje gojena vrsta sagovca, ki ima čvrste, pernato razporejene liste in olesenelo steblo (slika 39). Značilna je počasna rast in izjemna dolgoživost. V Sloveniji se goji kot okrasna in poučna rastlina, zlasti v Botaničnem vrtu Univerze v Ljubljani in v zasebnih zbirkah. V naravi sagovci pogosto simbiotsko sodelujejo s cianobakterijami, ki vežejo atmosferski dušik, s čimer prispevajo k plodnosti tal. Zaradi svoje odpornosti na sušo, visoke temperature in revna tla so zanimivi za raziskave prilagodljivosti rastlin na podnebne spremembe in ekstremne razmere. Tako predstavljajo vredne modele za proučevanje odpornosti ekosistemov in pomena starodavnih rastlinskih skupin v sodobnem okolju (Deora idr., 2020).

Slika 39: *Cycas revoluta*



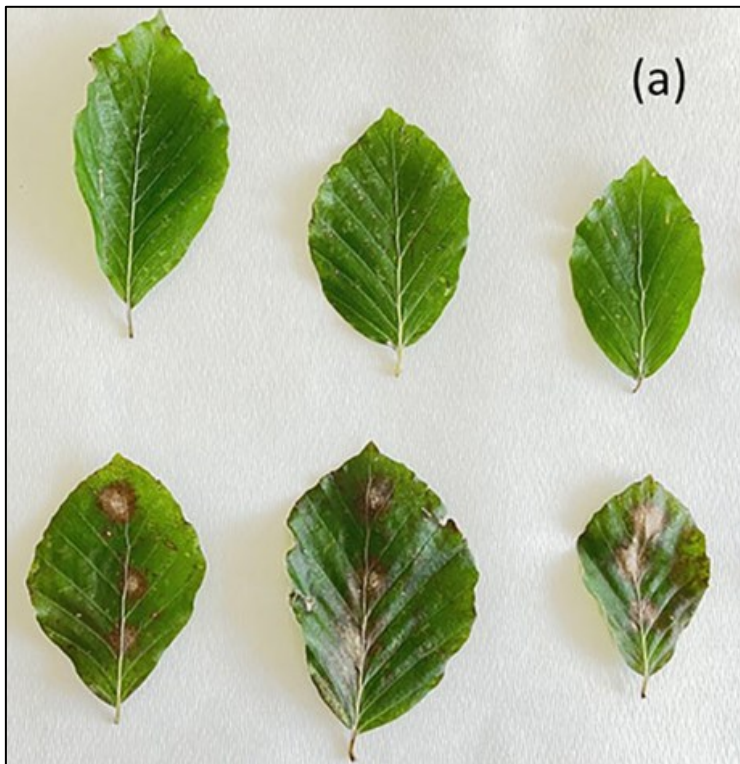
Marler, T. E. (2023). Infestations of *Aulacaspis yasumatsui* reduce asexual propagation and transplantation success of *Cycas revoluta* plants. *Horticulturae*, 9(10), članek 1108. <https://doi.org/10.3390/horticulturae9101108>

Kritosemenke (*Magnoliophytina/Angiospermae*): ekološki pomen za varstvo okolja

Kritosemenke (*Angiosperme*) predstavljajo najštevilnejšo in najbolj raznoliko skupino rastlin na Zemlji. Zanje je značilen cvet kot reproduktivni organ ter plod, ki varuje seme. V Sloveniji uspevajo v vseh tipih življenjskih okolij, od alpskih travnikov in gozdov, preko močvirij, rek in barij, do sušnih kraških in stepskih pokrajin. Kritosemenke imajo ključno vlogo kot primarni producenti, sodelujejo v kroženju ogljika, vode in dušika, zlasti preko listov, korenin in povezav z mikroorganizmi. S svojim koreninskim sistemom učvrščujejo tla in preprečujejo erozijo, krošnje pa zmanjšujejo izsuševanje tal in uravnavajo mikroklimo. V urbanih okoljih so nepogrešljiv del zelene infrastrukture ter pomembne zaveznice v boju proti podnebnim spremembam (Kojić idr., 2003).

Značilen predstavnik je *Fagus sylvatica* (evropska bukev), visoko drevo z gladkim sivo obarvanim lubjem in široko krošnjo, ki lahko doseže do 40 metrov višine (slika 40). Bukovi gozdovi pokrivajo velik del Slovenije, npr. Kočevski rog, Gorjanci, Pohorje in Notranjska. Ti gozdovi vzdržujejo vlažnost tal, ustvarjajo humus, podpirajo bogato mikrofloro in favno, ter blažijo vplive ekstremnih vremenskih pojavov, kot so suše in vročinski valovi. Kritosemenke tako predstavljajo temelj ekološke stabilnosti in biotske raznovrstnosti v naravnem in kulturnem prostoru (Dittmar idr., 2003).

Slika 40: *Fagus sylvatica*



Giubilei, I., Brugnati, F., Turco, S., Drajs, M. I. in Mazzaglia, A. (2023). First report of anthracnose on *Fagus sylvatica* caused by *Colletotrichum fioriniae* in Italy. *New Disease Reports*, 48, članek e12226. <https://doi.org/10.1002/ndr2.12226>

6.1.5 Kraljestvo Animalia

Živali predstavljajo obsežno skupino večceličnih, evkariontskih heterotrofnih organizmov, ki so široko razširjeni po vsem planetu. Med različnimi skupinami se močno razlikujejo po svoji zgradbi in obliki. Skupne lastnosti živali so dobro razvita čutila, zapleten živčni sistem in sposobnost aktivnega gibanja.

Na podlagi ravni organiziranosti in zgradbe jih razvrščamo v tri osnovne skupine (Amidžić, 2009):

1. Mezozoji (*Mesozoa*),
2. Parazoji (*Parazoa*),
3. Eumetazoji (*Eumetazoa*).

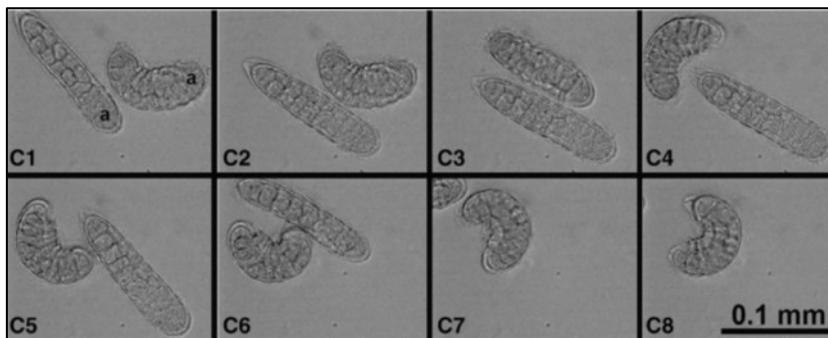
Mezozoji (*Mesozoa*): ekološki pomen za varstvo okolja

Mezozoji so izjemno preproste, mikroskopske živali, ki veljajo za evolucijsko povezavo med enoceličnimi organizmi (protozoji) in višje razvitimi večceličnimi živalmi (metazoji). Njihova zgradba

je osnovna: sestavljeni so iz zunanje plasti valjastih celic, ki obdajajo notranjo maso celic brez specializiranih organov. Večina pripadnikov te skupine živi kot endoparaziti v telesih morskih nevretenčarjev (Krunić, 1994).

Značilen predstavnik je *Intoshia linei*, skupina parazitskih organizmov, ki okužujejo morske zvezde, školjke in druge morske nevretenčarje (slika 41). Ti paraziti povzročajo spremembe v tkivih gostiteljev in so prisotni tudi v Jadranskem morju, zlasti pri školjkah, morskih črvih in bodičastokožcih. Mezozoji imajo pomembno vlogo v ekološkem ravnovesju, saj vplivajo na dinamiko populacij svojih gostiteljev in posredno prispevajo k ohranjanju naravne selekcije. Stopnja njihove okuženosti je lahko pokazatelj motenja v morskem ekosistemu (Krunić, 1994).

Slika 41: *Intoshia linei*



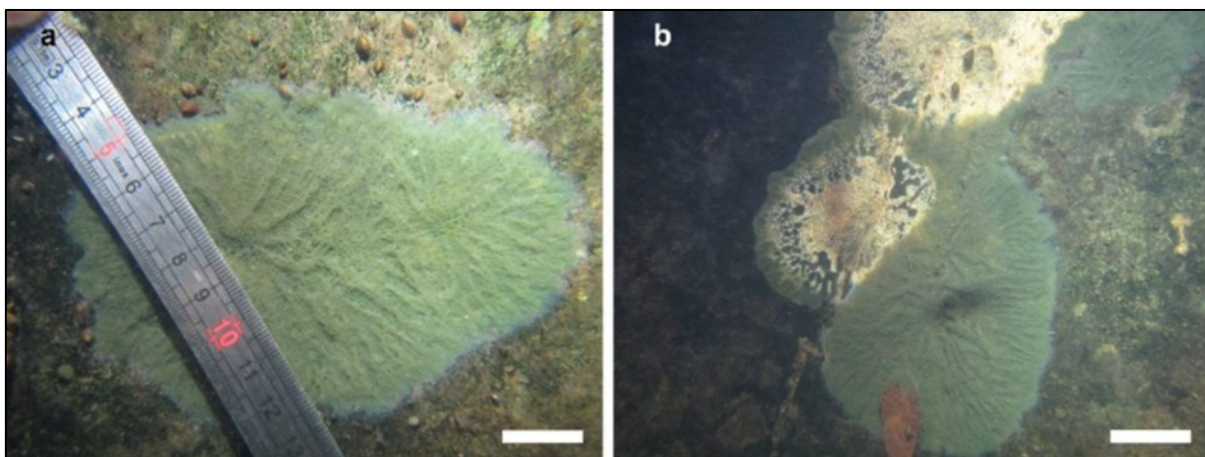
Mikhailov, K. V., Slyusarev, G. S., Nikitin, M. A., Logacheva, M. D., Penin, A. A., Aleoshin, V. V. in Panchin, Y. V. (2016). The genome of *Intoshia linei* affirms orthonectids as highly simplified spiralian. *Current Biology*, 26, 1768–1774. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2016.05.007>

Parazoji (*Parazoa*): ekološki pomen za varstvo okolja

Parazoji so primitivne večcelične živali, ki nimajo pravih tkiv ali organov. Njihove celice so ohlapno povezane in ne tvorijo kompleksnih tkivnih struktur, kar jih ločuje od bolj razvitih evmetazojev. Najpomembnejši in skoraj edini predstavniki parazojev so spužve (*Porifera*). Kljub preprosti zgradbi imajo spužve ključno ekološko vlogo, predvsem v vodnih ekosistemih. S filtracijo odstranjujejo organske delce in mikroorganizme iz vode, s čimer pomembno prispevajo k njeni čistosti. Poleg tega sodelujejo pri oblikovanju morskih in sladkovodnih biocenoz, saj njihova porozna telesa nudijo zavetje številnim majhnim organizmom. Spužve so vključene tudi v kroženje hranilnih snovi, pomembne so za cikle dušika in ogljika, kjer pomagajo uravnati biokemično ravnovesje v ekosistemih (Krunić, 1994).

Značilen predstavnik je *Ephydatia fluviatilis*, sladkovodna spužva, ki raste na kamnih, vejah in potopljenih površinah v rekah in jezerih (slika 42). Lahko je prisotna je v rekah, kot so Sava, Krka in Drava, ter v jezerih, kot sta Bohinjsko in Cerkljsko jezero. Njena vloga je izjemna: posamezna spužva lahko dnevno prefiltrira več deset litrov vode, kar pomembno prispeva k naravnemu samočiščenju vodotokov. Poleg tega služi kot življenjski prostor za drobne rake, ličinke žuželk in alge (Erpenbeck idr., 2020).

Slika 42: *Ephydatia fluviatilis*



Gost, M., Pinya, S., Sureda, A., Tejada, S. in Ferriol, P. (2023). Effect of alkalinity and light intensity on the growth of the freshwater sponge *Ephydatia fluviatilis* (Porifera: Spongillidae). *Aquatic Ecology*, 57, 353–367. <https://doi.org/10.1007/s10452-023-10014-0>

Evmetazoji (*Eumetazoa*): ekološki pomen za varstvo okolja

Evmetazoji so »prave živali«, torej vse večcelične živali, ki imajo razvita tkiva in organe za razliko od preprostejših oblik, kot so spužve (*Parazoa*) in mezozoji. Sem sodijo vse živali, ki jih najbolj poznamo iz vsakdanjega življenja: od žuželk in rib do ptic, sesalcev in človeka.

Evmetazoje delimo v dve veliki skupini (Amidžić, 2009):

1. Nevretenčarji (*Invertebrata*),
2. Vretenčarji (*Vertebrata*) / Hordati (*Chordata*).

Evmetazoji kot celota predstavljajo izjemno raznoliko in prilagodljivo skupino živih bitij, ki naseljujejo skoraj vsa okolja na Zemlji, od globokih oceanov do visokogorskih vrhov.

Nevretenčarji (*Invertebrata*)

Nevretenčarji so živali brez hrbtenice in predstavljajo izjemno raznoliko skupino, ki obsega večino vseh živalskih vrst. Mednje sodijo ožigalkarji, črvi, mehkužci, členonožci in iglokožci. Njihove vloge v naravi so številne od filtracije vode pri gobciah in školjkah do razgradnje organske snovi pri deževnikih in polžih. Členonožci, med njimi zlasti žuželke, so ključni opraševalci, razkrojevalci in plenilci, korale pa ustvarjajo pomembne morske habitate. Ekološki pomen nevretenčarjev je izjemen. Sodelujejo pri kroženju hranil, tvorbi plodnih tal, opraševanju rastlin in biološkem uravnavanju populacij škodljivcev. Filtrirajo vodo in služijo kot bioindikatorji kakovosti okolja. Nekateri celo gradijo življenjski prostor za druge organizme (Krunić, 1994).

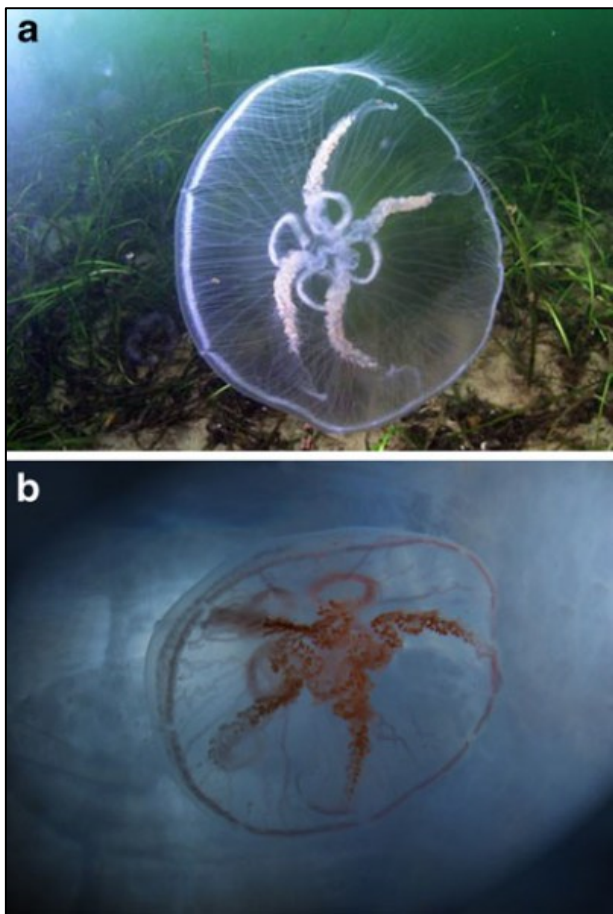
Ožigalkarji (*Cnidaria*): ekološki pomen za varstvo okolja

Ožigalkarji (*Cnidaria*) so vodne živali z radialno simetrijo telesa, preprosto telesno zgradbo in značilnimi ožigalnimi celicami knidociti. Večina vrst živi v morjih, nekatere pa tudi v somornih ali sladkovodnih okoljih. Njihov ekološki pomen je večplasten: v prehranjevalnih verigah so tako plen kot plenilci, saj povezujejo osnovne planktonske organizme z višjimi trofičnimi nivoji (npr. ribami,

želvami). V okviru varstva okolja so ožigalkarji občutljivi na spremembe temperature, kislosti (pH) in prisotnost onesnaževal, zato veljajo za dobre bioindikatorje stanja morskih ekosistemov (Krunić, 1994).

Značilen predstavnik je *Aurelia aurita* (uhata meduza). To je prozorna meduza s štirimi značilnimi uhatimi strukturami (gonadami oz. splonimi žlezami) v središču klobuka (slika 43). Lahko se najde v Jadranskem morju, predvsem ob obali Pirana, Strunjana in Kopra. Njena ekološka vloga je pomembna, služi kot hrana za številne morske živali (npr. ribe, želve, druge meduze). Njena številnost je lahko pokazateljica okoljskih sprememb, zlasti evtrofikacije (povečana količina hranil v vodi). Njene množične pojave pogosto spremljajo podnebne spremembe in vplivi človeka na morski ekosistem (Yu idr., 2023).

Slika 43: *Aurelia aurita*



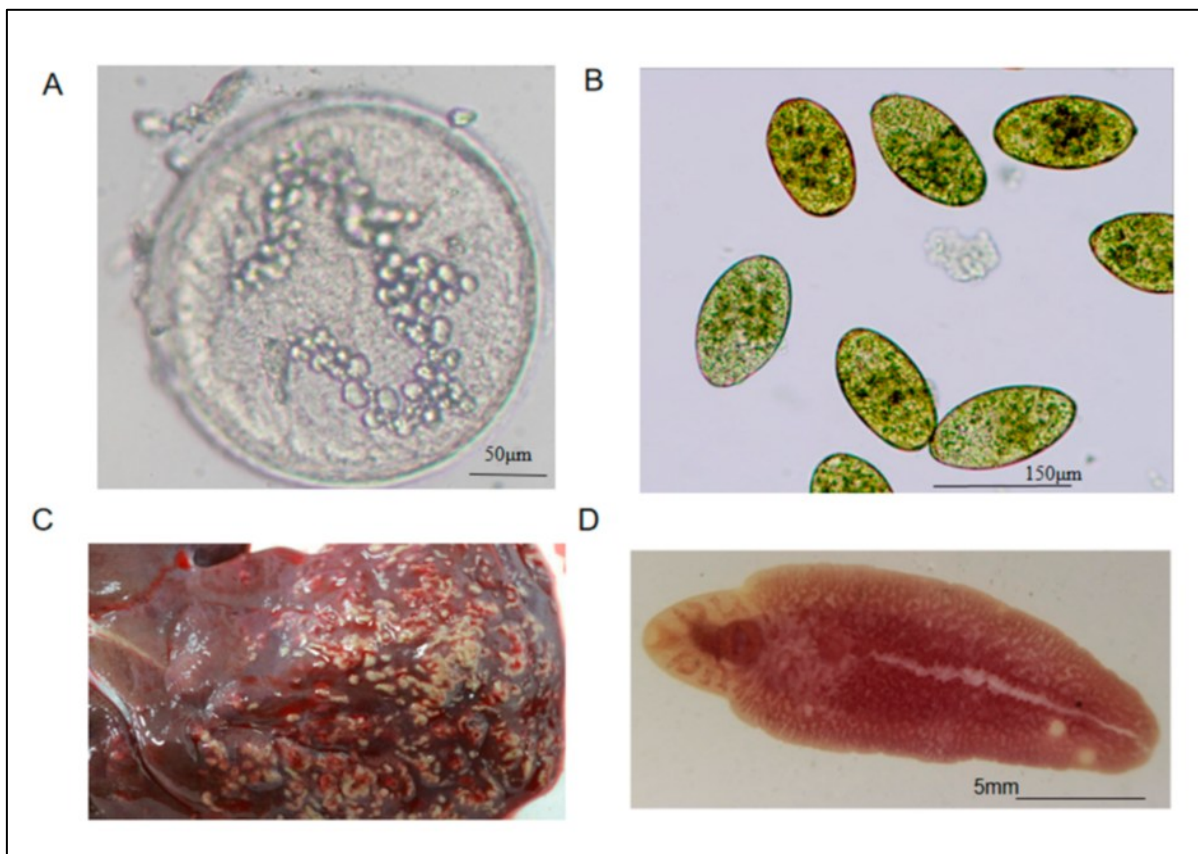
Baumann, S. in Schernewski, G. (2012). Occurrence and public perception of jellyfish along the German Baltic coastline. *Journal of Coastal Conservation*, 16, 555–566. <https://doi.org/10.1007/s11852-012-0199-y>

Ploski črvi (*Platyhelminthes*): ekološki pomen za varstvo okolja

Ploski črvi (*Platyhelminthes*) so dvostransko simetrične živali s sploščenim telesom. Večina vrst je parazitskih, nekatere pa živijo prosto v vodnih ali vlažnih kopenskih habitatih. Njihova ekološka vloga je pomembna predvsem pri regulaciji populacij, kot paraziti nadzorujejo število svojih gostiteljev, s čimer pripomorejo k ohranjanju ekološkega ravnovesja. V okviru varstva okolja imajo prostoživeče vrste pomembno funkcijo pri razgradnji organske snovi, saj se hranijo z odmrliimi organizmi in tako sodelujejo pri naravnem čiščenju ekosistemov (Krunić, 1994).

Značilen predstavnik je *Fasciola hepatica* (slika 44). Gre za parazitskega črva, ki naseljuje jetra prežvekovalcev (npr. ovac, goveda), lahko okuži tudi človeka. Lahko se pojavlja na vlažnih pašnikih in močvirjih, zlasti na Notranjskem, Štajerskem in v Prekmurju, kjer so prisotne živinorejske kmetije. Njegova prisotnost je pokazatelj težav pri upravljanju pašnikov, slabe kakovosti vode ter nezadostne higienske prakse v živinoreji, zato ima pomembno indikatorsko vrednost za presojo okoljske urejenosti kmetijskih območij (Tran idr., 2022).

Slika 44: *Fasciola hepatica* pri ovcah



Lan, Z., Liu, X.-L., Lv, Q.-B., Zeng, M.-H., Gao, J.-F., Chang, Q.-C., Chen, Y.-Y. in Wang, C.-R. (2021). Proteomic analysis of *Fasciola hepatica* excretory and secretory products co-immunoprecipitated using time course infection sera. *Pathogens*, 10, 749. <https://doi.org/10.3390/pathogens10060749>

Valjasti črvi (*Nematoda*): ekološki pomen za varstvo okolja

Valjasti črvi ali nematode (gliste) so ena izmed najštevilnejših in najbolj razširjenih živalskih skupin na planetu. Najdemo jih v tleh, sladkih in slanih vodah, pa tudi v telesih rastlin, živali in ljudi. Večina vrst živi prosto v okolju, številne so tudi parazitske. Njihov ekološki pomen je izjemen, sodelujejo pri razgradnji organske snovi, saj razkrajajo ostanke rastlin in živali, s čimer prispevajo k nastajanju humusa in ohranjanju plodnosti tal. Z vidika varstva okolja so pomembni bioindikatorji kakovosti tal in vode, saj njihova prisotnost, številnost in raznolikost odražajo stanje okolja (Krunić, 1994).

Značilen predstavnik je *Caenorhabditis elegans*, droben, približno 1 mm dolg črv, ki živi v vlažnih tleh z veliko organske snovi (slika 45). Pojavlja se v vrtovih, kompostiščih in traviščih. Njegova ekološka vloga je razgradnja bakterij in gliv, s čimer neposredno prispeva k zdravju tal. V okviru okoljskega monitoringa se ta vrsta uporablja za ocenjevanje onesnaženosti tal in obremenjenosti s pesticidi, zato je izjemno pomembna tudi za biološko presojo vplivov kmetijstva in rabe tal (Queirós idr., 2019).

Slika 45: *Caenorhabditis elegans*



Sakashita, T., Takanami, T., Yanase, S., Hamada, N., Suzuki, M., Kimura, T., Kobayashi, Y., Ishii, N. in Higashitani, A. (2010). Radiation biology of *Caenorhabditis elegans*: Germ cell response, aging and behavior. *Journal of Radiation Research*, 51, 107–121. <https://doi.org/10.1269/jrr.09100>

Členjeni črvi (*Annelida*): ekološki pomen za varstvo okolja

Členjeni črvi, kolobarniki (*Annelida*), so večcelični organizmi s segmentiranim telesom, ki živijo v tleh, sladkih vodah in morjih. Njihova prisotnost je ključnega pomena za zdravje talnih in vodnih ekosistemov. Njihova ekološka vloga je večplastna. V tleh sodelujejo pri oblikovanju in zračenju substrata, deževniki kopljejo rove, kar omogoča boljši pretok zraka in vode do korenin rastlin. Prispevajo k razgradnji organske snovi, saj se hranijo z odmrliimi rastlinskimi in živalskimi ostanki, s čimer pospešujejo kroženje hranil, kot sta dušik in fosfor. V vodnih okoljih sodelujejo pri filtraciji sedimenta, kjer pomagajo zmanjševati onesnaženost in izboljšujejo kakovost vode (Krunić, 1995).

Značilen predstavnik je *Lumbricus terrestris* (navadni deževnik). To je najbolj znana in razširjena vrsta deževnika, dolg je do 30 cm, z značilno rdečkasto rjavo barvo (slika 46). Najdemo ga v vrtovih, gozdovih, travnikih in poljih. Njegova vloga v ekosistemu je razgradnja organske snovi, kar izboljšuje plodnost in strukturo tal; zračenje zemlje, kar omogoča boljšo rast rastlin, je ključna vloga pri kompostiranju in naravni obnovi tal. Zaradi teh lastnosti je *Lumbricus terrestris* nepogrešljiv kazalnik zdravega, biološko aktivnega okolja (Libralato idr., 2025).

Slika 46: *Lumbricus herculeus* (levo) i *Lumbricus terrestris* (desno)



James, S. W., Porco, D., Decaëns, T., Richard, B., Rougerie, R. in Erséus, C. (2010). DNA barcoding reveals cryptic diversity in *Lumbricus terrestris* L., 1758 (Clitellata): Resurrection of *L. herculeus* (Savigny, 1826). *PLOS ONE*, 5(12), članek e15629. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0015629>

Mehkužci (*Mollusca*): ekološki pomen za varstvo okolja

Mehkužci sodijo med najštevilnejše in najraznovrstnejše skupine živali. Naseljujejo sladke in slane vode ter tudi kopenska okolja. Njihova telesa so mehka, pogosto zaščitena z zunanjo ali notranjo lupino, in zelo prilagodljiva različnim okoljskim razmeram. Imajo pomembno ekološko vlogo, saj se številne vrste prehranjujejo z detritusom, odmrlo organsko snovjo, s čimer prispevajo k razgradnji organske materije ter čiščenju ekosistemov. Poleg tega so vir hrane za številne živalske skupine, kot so ribe, ptice, dvoživke, sesalci in drugi nevretenčarji. Zlasti školjke iz okolja filtrirajo vodo ter odstranjujejo mikroorganizme in organske delce, s čimer pomembno prispevajo k naravnemu prečiščevanju vodnih teles. Njihova vloga pri varstvu okolja je večplastna, so zelo občutljivi na onesnaženje, še posebej na težke kovine, pesticide in spremembe v kemični sestavi vode ali tal. Zaradi te občutljivosti se pogosto uporabljajo kot bioindikatorji kakovosti okolja, zlasti v rečnih in jezerskih ekosistemih (Krunić, 1994).

Značilen predstavnik je *Unio crassus*, debela rečna školjka, avtohtona vrsta iz družine *Unionidae*, ki lahko poseljuje čiste rečne tokove, kot so Krka, Kolpa in Savinja (slika 47). Ima pomembno vlogo v razmnoževalnem ciklu nekaterih ribjih vrst, na primer potočne postrvi, saj njene ličinke začasno bivajo na škrgah rib. Ta školjka je zanesljiv kazalnik prisotnosti težkih kovin in pesticidov (Tomović idr., 2023).

Slika 47: *Unio crassus*

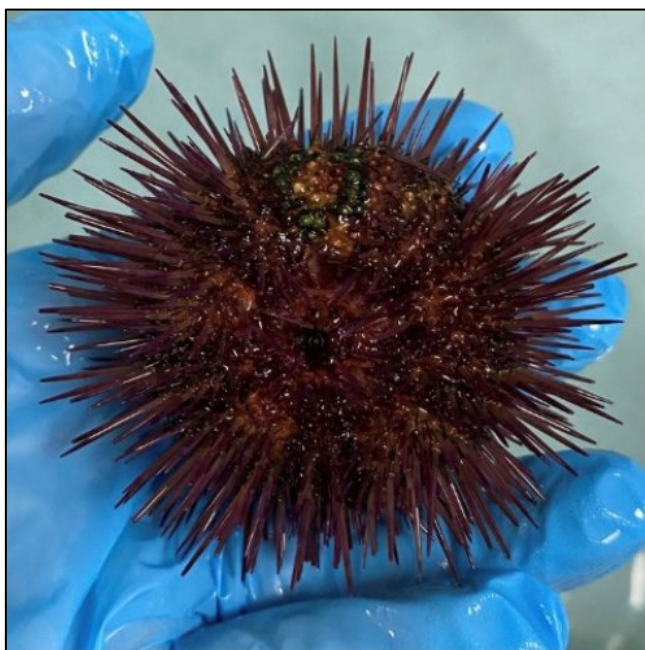
Beran, L. (2013). Aquatic molluscan fauna (Mollusca) of the Korana River (Croatia). *Natura Croatica*, 22(2), 223–234.

Iglokožci (*Echinodermata*): ekološki pomen za varstvo okolja

Iglokožci so izključno morske živali, ki živijo na morskem dnu in jih odlikuje radialna simetrija, pogosto izražena v petih delih. Imajo notranji skelet iz apnenca in so kljub počasnemu gibanju izjemno pomembni za delovanje morskih ekosistemov, zlasti sedimentnih skupin. S svojim hranjenjem in premikanjem sedimentov vplivajo na kroženje hranil, proces, znan kot bioturbacija, ki izboljšuje strukturo morskega dna. Prehranjujejo se z detritusom in razkrojenim organskim materialom, s čimer čistijo morsko dno. Poleg tega uravnavajo populacije drugih organizmov, kot so školjke, alge in bakterije, kar ohranja ravnovesje v morskih habitatih. Zaradi občutljivosti na onesnaženje, zakisanje morja in podnebne spremembe veljajo za pomembne kazalce zdravja morskega okolja (Krunić, 1995).

Značilen predstavnik je *Paracentrotus lividus*, morski ježek z okroglim telesom, poraščenim z bodicami, v barvah od vijolične do rjave (slika 48). Lahko ga najdemo v priobalnem delu Jadranskega morja. Hrani se z algami in je dober pokazatelj motenj v morskem okolju, denimo posledic prekomernega ribolova (Sarly idr., 2023).

Slika 48: *Paracentrotus lividus*



Federico, S., Glaviano, F., Esposito, R., Tentoni, E., Santoro, P., Caramiello, D., Costantini, M. in Zupo, V. (2023). The “bald disease” of the sea urchin *Paracentrotus lividus*: Pathogenicity, molecular identification of the causative agent and therapeutic approach. *Microorganisms*, 11, članek 763. <https://doi.org/10.3390/microorganisms11030763>

Hordati (*Chordata*)

Hordati oz. strunarji (*Chordata*) predstavljajo evolucijsko najnaprednejšo skupino živali, kamor večinoma spadajo vertebrati oz. vretenčarji (tudi človek). Zanje so značilne posebne lastnosti, ki jih jasno ločujejo od drugih živalskih debel. V embrionalni fazi imajo vsi vretenčarji hrbtenično oporo, notohordo (struno), ki pri večini odraslih oblik preide v hrbtenico (razen pri najbolj primitivnih vrstah) (Radević in Šorić, 2009).

Skupino delimo na tri glavne podskupine (Amidžić, 2009):

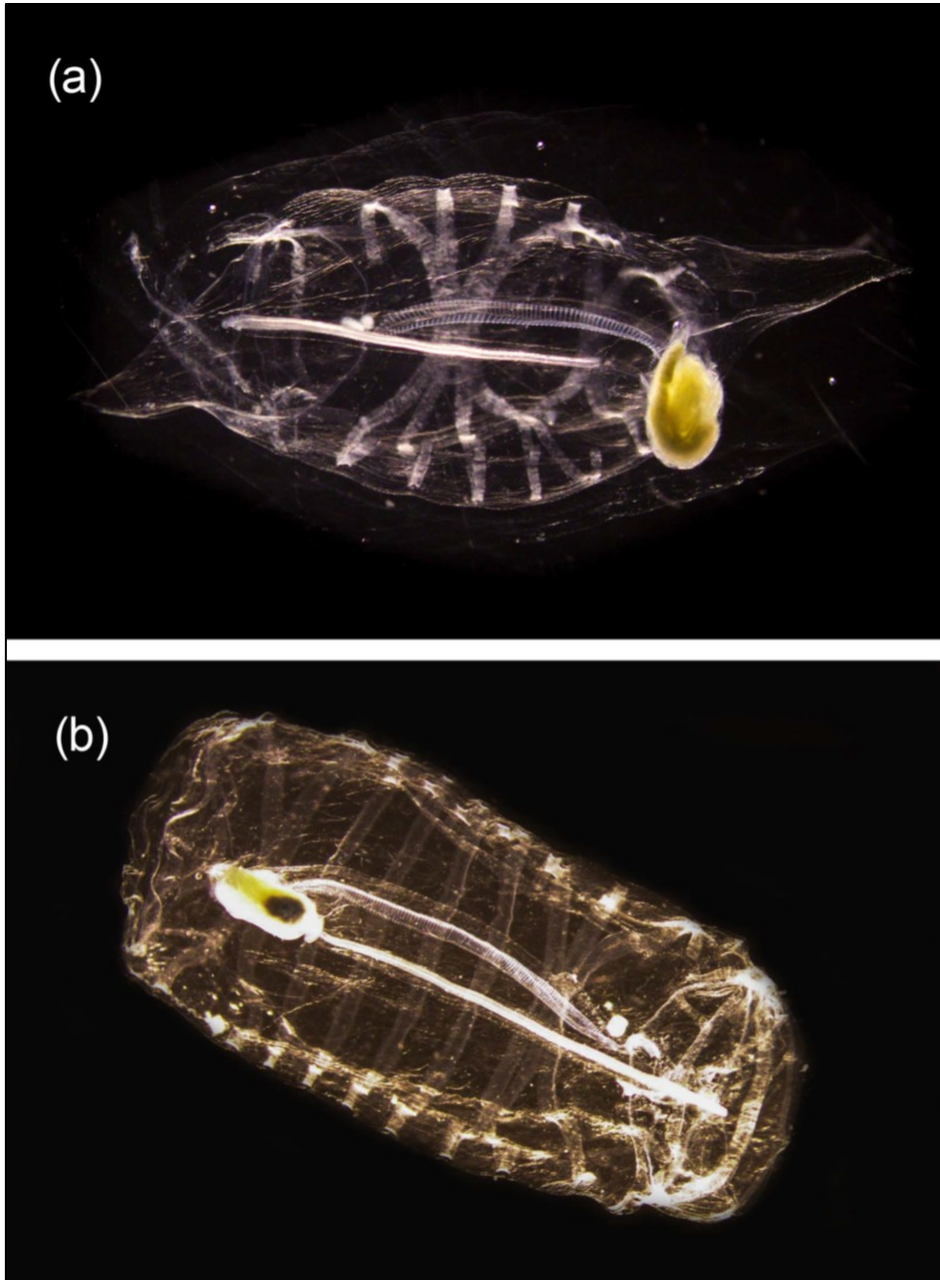
1. Plaščarji (*Tunicata / Urochordata*),
2. Glavonožci (*Cephalochordata / Acrania*),
3. Vretenčarji (*Vertebrata*).

Plaščarji (*Tunicata / Urochordata*): ekološki pomen in vloga pri varstvu okolja

Plaščarji (*Tunicata* oz. *Urochordata*) so morski strunarji in predstavljajo eno izmed najprimitivnejših skupin tega debela, vendar imajo kljub svoji preprosti zgradbi pomembno vlogo v morskih ekosistemih. Večina vrst živi pritrjeno na podlago (bentos), nekatere pa prosto plavajo kot plankton. Ekološko so pomembni, ker tvorijo mikrohabitate za druge morske organizme ter se prehranjujejo s filtracijo planktona in drobnih delcev iz vode. S tem prispevajo k večji prosojnosti morja in zmanjšujejo presežke hranilnih snovi. Zaradi svoje občutljivosti na spremembe temperature, slanosti in onesnaženja so plaščarji dragoceni bioindikatorji stanja morskega okolja. Nekatere planktonske vrste, kot so salpe, imajo še posebno pomembno vlogo pri ponoru ogljika, učinkovito prenašajo ogljik iz površinskih vodnih plasti v globine oceanov, kar prispeva k t. i. biološki ogljični črpalki (Šorić, 1997).

Značilen predstavnik je *Salpa fusiformis*, prozoren planktonski organizem vretenaste oblike, ki pogosto tvori dolge verige plavajočih posameznikov (slika 49). Sezonsko se lahko pojavljajo v Jadranskemu morju, predvsem poleti. Ima pomembno ekološko vlogo kot hrana za številne ribe in meduze, hkrati pa zaradi izjemno učinkovite filtracije velikih količin vode pomembno prispeva k naravnemu odstranjevanju ogljika iz atmosfere (Egami idr., 2024).

Slika 49: *Salpa fusiformis*



Kang, H.-K., Kim, G., Kang, J.-H., Kim, M. in Noh, J. H. (2019). Mass occurrence of the salp *Salpa fusiformis* during spring 2017 in the southern waters of Korea and the northern East China Sea. *Ocean and Polar Research*, 41(3), 135–145. <https://doi.org/10.4217/OPR.2019.41.3.135>

Cefalohordati (*Cephalochordata*): ekološki pomen in vloga pri varstvu okolja

Cefalohordati (*Cephalochordata*), znani tudi kot glavoživci, predstavljajo preprosto, a evlucijsko zelo pomembno skupino strunarjev. Njihovo telo je podolgovato in prosojno, s hordom oz. struno (notohordom), ki se razteza skozi celotno dolžino telesa, vključno z glavo. Ti organizmi živijo deloma zakopani v peščenem morskem dnu, kjer aktivno sodelujejo v ekoloških procesih bentosa. Z gibanjem skozi sediment prispevajo k prezračevanju morskega dna in mešanju hranilnih snovi, kar izboljšuje življenjske pogoje za druge organizme. Hranijo se z drobnim planktonom in organskim detritusom, ki ga filtrirajo skozi škržne reže, s čimer pomagajo pri čiščenju vode in kroženju snovi v ekosistemu (Šorić, 1997).

Značilen predstavnik je *Branchiostoma lanceolatum*, prozoren, ribici podoben morski suličar brez glave in hrbtenice, velik približno 5 do 8 cm (slika 50). Lahko se pojavlja v plitvih, peščenih območjih severnega Jadrana. Njegovo zakopano življenje in filtracijska prehrana prispevata k ohranjanju biološkega ravnovesja v priobalnih ekosistemih (Rota idr., 2009).

Slika 50: *Branchiostoma lanceolatum*



O'Reilly, M., Nowacki, S., Baptie, M., Gerrie, E. in MacKenzie, M. (2019). New records of the lancelet *Branchiostoma lanceolatum* in Scottish waters. *The Glasgow Naturalist*, 27(1). <https://www.glasgownaturalhistory.org.uk/gnat.html>

Vretenčarji (*Vertebrata*): ekološki pomen in vloga pri varstvu okolja

Vretenčarji (*Vertebrata*) predstavljajo najrazvitejšo skupino živali v kraljestvu *Animalia*. Odlikuje jih prisotnost glave in možganov, ki so zaščiteni z lobanjo, ter hrbtenica, ki se razvije iz primitivnega horda (notohorda). Večina vrst ima ločena spola (samice in samce), razvita čutila ter zaprt krvni obtok. Njihova telesa so kompleksno grajena, z razvito živčno, mišično, prebavno in krvožilno strukturo. Koža je lahko prekrita z različnimi dodatki, kot so luske, perje, dlake ali žleze, kar omogoča prilagajanje različnim življenjskim okoljem. Vretenčarji naseljujejo skoraj vsa okolja, od oceanov do puščav, od gozdov do visokogorja in kažejo veliko raznolikost življenjskih strategij, načinov dihanja, gibanja in razmnoževanja (Radević in Šorić, 2009).

Delimo jih na več osnovnih skupin, ki se med seboj razlikujejo po zgradbi okostja, tipu kože, načinu dihanja, razmnoževanja in življenjskem okolju (Amidžić, 2009):

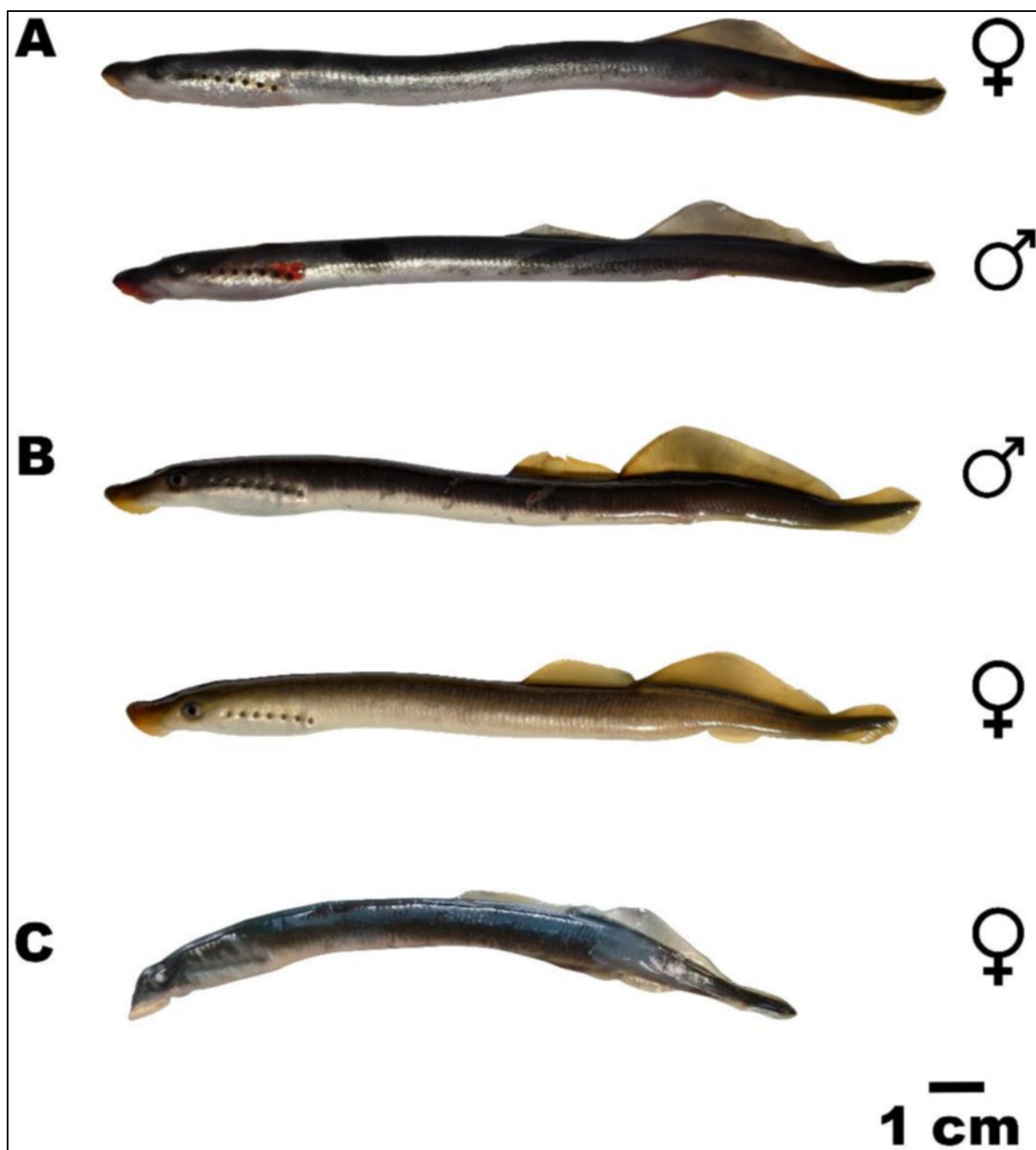
1. Čeljustniki brez čeljusti (*Agnatha / Cyclostomata*) – npr. sluzavke, pijavke,
2. Hrustančnice (*Chondrichthyes*) – ribe s hrustančastim ogrodjem, npr. morski psi in raže,
3. Kostnice (*Osteichthyes*) – ribe s koščnim ogrodjem, večina danes znanih rib,
4. Dvoživke (*Amphibia*) – npr. žabe, močerad, pupki,
5. Plazilci (*Reptilia*) – npr. kuščarji, kače, želve,
6. Ptice (*Aves*) – živali s perjem, sposobne letenja ali prilagojene drugim načinom gibanja,
7. Sesalci (*Mammalia*) – živali s kožo, pokrito z dlako in mlečnimi žlezami za prehrano mladičev.

Vretenčarji brez čeljusti (*Agnatha/Cyclostomata*): ekološki pomen za varstvo okolja

Vretenčarji brez čeljusti (*Agnatha/Cyclostomata*) predstavljajo najstarejšo in najbolj prvinsko skupino vretenčarjev. Njihovo telo je podolgovato, brez lusk in čeljusti, z ohranjenim notohordom (hordom), ki deluje kot podporna struktura namesto prave hrbtenice. Živijo v sladkih in slanih vodah, pri čemer so nekatere vrste parazitske (pritrjujejo se na druge ribe in sesajo telesne tekočine), druge pa se prehranjujejo z organskim drobirjem (detritusom) ali mikroorganizmi. Ekološko gledano imajo pomembno vlogo v nadzoru ribjih populacij, razgradnji organske snovi in kroženju hranil. Zaradi svoje občutljivosti na onesnaženje, predvsem na zmanjšanje količine kisika in prisotnost strupenih snovi, so zelo zanesljivi bioindikatorji kakovosti sladkovodnih ekosistemov (Radević in Šorić, 2009).

Značilen predstavnik je *Lampetra planeri* (potokarica), majhna vrsta brezčeljustnice, dolga do 15 cm (slika 51). Živi v čistih, s kisikom bogatih potokih s prodnatim ali peščenim dnom, na primer v rekah Savinja, Soča, Sava Bohinjka in njihovih pritokih. Ličinke (*Ammocoetes*) več let prebivajo zakopane v sedimentu in se prehranjujejo s filtriranjem mikroorganizmov iz vode, s čimer prispevajo k naravnemu čiščenju vodotokov. Zaradi svoje specializiranosti za neokrnjena vodna okolja je potokarica pomemben kazalnik dobrega ekološkega stanja celinskih voda (Rendell-Bhatti idr., 2023).

Slika 51: *Lampetra planeri*



Zvezdin, A. O., Kucheryavy, A. V., Kolotei, A. V., Polyakova, N. V. in Pavlov, D. S. (2021). Invasion of the European river lamprey *Lampetra fluviatilis* in the Upper Volga. *Water*, 13, članek 1825. <https://doi.org/10.3390/w13131825>

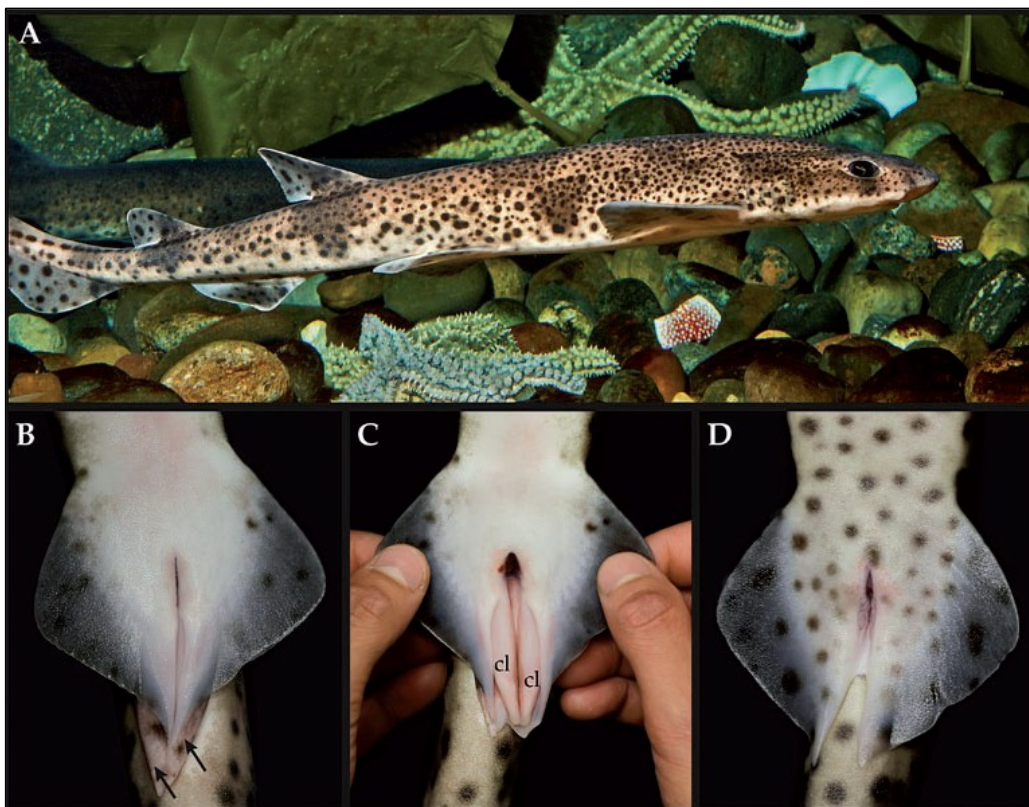
Hrustančnice (*Chondrichthyes*): ekološki pomen za varstvo okolja

Hrustančnice (*Chondrichthyes*) so ena izmed najstarejših in evlucijsko najpomembnejših skupin vretenčarjev. Njihovo telo je zgrajeno iz hrustanca namesto iz kosti, kar jim omogoča izjemno gibčnost, okretnost in prilagodljivost na življenje v vodi. Mednje sodijo morski psi, skati in raže, ki pogosto zasedajo vrh prehranske verige v morskih ekosistemih. Njihova ekološka vloga je ključna, kot plenilci višjega reda uravnavajo populacije drugih morskih organizmov (npr. rib in mehkužcev), preprečujejo prenamnožitev določenih vrst, s čimer ohranjajo ravnotežje v morski biotski raznovrstnosti. Zaradi

dolge življenjske dobe, počasnega razmnoževanja in nizke rodnosti so izredno občutljive na prelov, degradacijo habitatov in onesnaženje, kar jih uvršča med okoljsko ranljive vrste (Šorić, 1997).

Značilen predstavnik je *Scyliorhinus canicula* (mali morski pes). Gre za majhno vrsto morske mačke, dolgo do 1 meter, s prepoznavnim vzorcem peg po telesu (slika 52). Pogosto naseljuje plitvine Jadrana, zlasti peščena in muljasta dna. Hrani se z nevretenčarji in majhnimi ribami, s čimer pomembno prispeva k regulaciji bentoških populacij. Zaradi svoje občutljivosti na spremembe v okolju se pogosto uporablja kot bioindikator stabilnosti in zdravja priobalnih morskih ekosistemov (Higueruelo idr., 2024).

Slika 52: *Scyliorhinus canicula*



Koch, A.-K., Grunow, B. in Moritz, T. (2025). Recommendations for scientific fish husbandry: *Scyliorhinus canicula* (Carcharhiniformes, Scyliorhinidae)—A model species for sharks. *Bulletin of Fish Biology*, 21, 1–17. <https://doi.org/10.53188/BFB0012>

Ribe s kostnim skeletom (*Osteichthyes*): ekološki pomen za varstvo okolja

Osteichthyes predstavljajo največjo skupino vretenčarjev na Zemlji, z več kot 30.000 opisanimi vrstami. Njihova glavna značilnost je okostje, zgrajeno iz kosti (v nasprotju s hrustančnicami, kot so morski psi in raže). Poseljujejo skoraj vse vodne ekosisteme, od alpskih potokov in rek do jezer, morij in oceanov. Imajo ključno vlogo v ekološkem ravnotežju, kroženju snovi in prehranskih verigah. S hranjenjem uravnavajo populacije planktona, nevretenčarjev in manjših rib ter služijo kot vir hrane številnim pticam, sesalcem in človeku. Ker so zelo občutljive na spremembe temperature, vsebnosti kisika in kemične sestave vode, se pogosto uporabljajo kot bioindikatorji kakovosti vodnih ekosistemov (Radević in Šorić, 2009).

Značilen predstavnik je *Salmo trutta fario* (potočna postrv). To je avtohtona vrsta slovenskih alpskih in predalpskih potokov, ki zraste do 40 cm (slika 53). Kot plenilec se prehranjuje z vodnimi žuželkami,

ličinkami in manjšimi nevretenčarji, s čimer pomembno prispeva k uravnavanju populacij v sladkovodnem okolju. Zaradi visoke občutljivosti na onesnaženje in temperaturne spremembe velja za dober kazalnik čiste, kisikove in ekološko stabilne vode (Sancho Santos idr., 2020).

Slika 53: *Salmo trutta fario*



Carosi, A., Talarico, L., Greco, C., Vecchiotti, A., D'Antoni, S., Longobardi, A., Macchio, S., Carafa, M., Casula, P., Perfetti, A., Amprimo, P., Rossetti, A., Morandi, F., Alberti, D., Serroni, P., Raimondi, S., Mattioli, D., Mucci, N. in Lorenzoni, M. (2025). The LIFE STREAMS project for the recovery of the native Mediterranean trout in six Italian pilot areas: Planning and adoption of conservation actions. *Biology*, 14(5), članek 573. <https://doi.org/10.3390/biology14050573>

Dvoživke (*Amphibia*): ekološki pomen za varstvo okolja

Dvoživke (*Amphibia*) predstavljajo izjemno pomembno skupino vretenčarjev, saj povezujejo vodne in kopenske ekosisteme. Njihov življenjski cikel vključuje vodno ličinko in kopensko odraslo obliko, zaradi česar so zelo občutljive na spremembe v okolju. Zaradi dvojne življenjske strategije so dragoceni bioindikatorji ekološkega ravnovesja. Prehranjujejo se s komarji, muhami in drugimi nevretenčarji, s čimer pomembno prispevajo k naravni regulaciji potencialnih prenašalcev bolezni. Hkrati pa so sami ključni plen za številne ptice, kače in sesalce. Njihova tanka, polprepustna koža omogoča izmenjavo vode in plinov neposredno z okolico, zaradi česar hitro reagirajo na onesnaženje, spremembe v kislosti in povečano UV-sevanje (Radević in Šorić, 2009).

Značilen in edinstven predstavnik slovenskih dvoživk je človeška ribica (*Proteus anguinus*), slepa, endemična jamska dvoživka Jadranskega krasa, ki lahko živi tudi več kot 100 let (slika 54). Naseljuje kraške izvire in podzemne vode, kot so Postojnska jama, Rakov Škocjan in Planinska jama. Prehranjuje se z majhnimi raki in žuželkami, s čimer ohranja ravnovesje jamske favne. Zaradi izjemne občutljivosti na spremembe v vodi velja za enega izmed najpomembnejših bioindikatorjev kakovosti in stabilnosti podzemnih vodnih ekosistemov (Šobot in Bilić-Šobot, 2025a).

Slika 54: *Proteus anguinus*

Zalar, P., Gubenšek, A., Gostinčar, C., Kostanjšek, R., Bizjak-Mali, L. in Gunde-Cimerman, N. (2022). Cultivable skin mycobiota of healthy and diseased blind cave salamander (*Proteus anguinus*). *Frontiers in Microbiology*, 13, članek 926558. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2022.926558>

Plazilci (*Reptilia*): ekološki pomen za varstvo okolja

Plazilci (*Reptilia*) so ključna skupina v številnih kopenskih ekosistemih. Odlikujejo jih suha, poroženela koža, razmnoževanje z jajci z močno lupino in neodvisnost od vode pri razmnoževanju, za razliko od dvoživk. Prehranjujejo se z žuželkami, glodavci, polži in drugimi manjšimi živalmi, hkrati pa so sami pomemben vir hrane za mesojede sesalce. S tem imajo pomembno vlogo v prehranskih verigah. Plazilci so prilagojeni na preživetje v suhih, toplih in pogosto ekstremnih okoljih, kjer delujejo kot pomembni uravnalci populacij ter indikatorji razmer v tleh, mikroklimi in vegetacije. Njihova prisotnost in obnašanje omogočata vpogled v stanje naravnega okolja (Radevič in Šorić, 2009).

Značilen predstavnik slovenskih plazilcev je *Vipera ammodytes* (modras), ena izmed redkih strupenih kač pri nas, prepoznavna po značilnem »rogu« na konici nosu (slika 55). Naseljuje suha, kamnita območja, sončna južna pobočja, vinograde in gozdne robove. Hrani se predvsem z mišmi in kuščarji ter pomembno prispeva k naravni regulaciji populacij glodavcev, kar je posebej dragoceno v kmetijskih krajih (Jelić idr., 2013).

Slika 55: *Vipera ammodytes*



Ivanov, M., Valkanov, K., Tsvetkov, R. in Natchev, N. (2025). Hybridization in vipers: A case study on mating between *Vipera ammodytes transcaucasiana* and *V. a. ammodytes* in captivity. *Journal of Zoological and Botanical Gardens*, 6, 34. <https://doi.org/10.3390/jzbg6020034>

Ptice (*Aves*): ekološki pomen za varstvo okolja

Ptice (*Aves*) sodijo med najpomembnejše in najraznovrstnejše skupine vretenčarjev. Poseljujejo skoraj vse tipe ekosistemov, od alpskih skalnatih območij in gozdov do močvirij, kmetijskih površin in mestnih središč. Zaradi svoje velike mobilnosti, raznolike prehrane in ekološke specializacije imajo ptice ključno vlogo pri delovanju ekosistemov in so občutljivi kazalci okoljskih sprememb. Številne vrste ptic se prehranjujejo z žuželkami in tako zmanjšujejo število škodljivcev, druge, kot so žolne ali srake, razširjajo semena in prispevajo k obnavljanju gozdov. Spremembe v številnosti ali razširjenosti ptic pogosto hitro odražajo vplive degradacije okolja, onesnaženja, krčenja habitatov ali podnebnih sprememb (Radević in Šorić, 2009).

Značilen predstavnik slovenskih gozdnih ptic je *Strix uralensis* (koconogi čuk). Gre za srednje veliko sovo z izrazito okroglo glavo in značilnim oglašanjem (slika 56). Najraje poseljuje stare bukove in mešane gozdove notranjskega, kočevskega ter alpskega sveta. Hrani se predvsem z glodavci in manjšimi pticami, s čimer prispeva k naravnemu uravnavanju populacij in zmanjševanju škod škodljivcev v gozdnih ekosistemih. Prisotnost koconogega čuka kaže na visoko naravovarstveno vrednost gozdnega habitata, saj potrebuje stabilno, mirno in dobro ohranjeno življenjsko okolje (Vrezec idr., 2018).

Slika 56: *Strix uralensis*

Vrezec, A. (2016). The ecology of the Ural owl at south-western border of its distribution (Slovenia). *Raptors Conservation*, 32, 8–20. <https://doi.org/10.19074/1814-8654-2016-32-8-20>

Sesalci (*Mammalia*): ekološki pomen in vloga pri varstvu okolja

Sesalci (*Mammalia*) so vretenčarji, ki jih odlikuje edinstvena značilnost, samice proizvajajo mleko v mlečnih žlezah, s katerim hranijo svoje mladiče. Ta skupina živali je znana tudi po stalni telesni temperaturi (toplokrvnosti), prisotnosti dlake (pri nekaterih vrstah je močno zmanjšana), razmeroma velikem in razvitem možganskem sistemu ter kompleksnem vedenju. Naseljujejo najrazličnejša okolja, od oceanov in rek do puščav, gozdov in polarnih območij (Radević in Šorić, 2009).

Glede na način razmnoževanja in razvoj mladičev ločimo tri osnovne skupine sesalcev (Amidžić, 2009):

1. Kljunarji (*Monotremata/Prothotheria*),
2. Vrečarji (*Marsupialia/Theria*),
3. Placentni sesalci (*Placentalia/Eutheria*).

Kljunarji (*Monotremata/Prothotheria*): ekološki pomen za varstvo okolja

Kljunarji (*Monotremata*) predstavljajo evlucijsko vez med plazilci in sesalci. Njihova edinstvena značilnost, da kljub jajčnemu razmnoževanju dojijo svoje mladiče, jih uvršča med ključne primere biološkega prehoda ter omogoča boljše razumevanje zgodnje evolucije sesalcev. Čeprav danes v Sloveniji ne živijo, je njihov ekološki in znanstveni pomen mednarodno priznan, zlasti v kontekstu varovanja endemičnih in ogroženih ekosistemov Avstralije in Nove Gvineje, kjer še vedno živijo edini predstavniki te skupine. Kljunarji so plenilci nevretenčarjev in tako pomembno prispevajo k uravnavanju populacij žuželk, črvov in ličink. Živijo predvsem v vodnih in gozdnih habitatih, kjer so vključeni v kompleksne prehranske mreže. Njihova prisotnost kaže na dobro ohranjene, stabilne in neokrnjene ekosisteme. So izjemno občutljivi na onesnaženje voda, krčenje gozdov in podnebne spremembe, zato veljajo za bioindikatorje zdravja naravnega okolja (Radević in Šorić, 2009).

Najbolj prepoznaven predstavnik je *Ornithorhynchus anatinus*, znan kot kljunati plazilec ali kljunaš. Njegov naravni življenjski prostor so reke in jezera vzhodne Avstralije ter Tasmanije (slike 57). Značilen je po račjem kljunu, bobrovskem repu in plavalnih kožicah. Hrani se z vodnimi nevretenčarji in ima ključno vlogo pri ohranjanju ekološkega ravnovesja v sladkovodnih ekosistemih. Prisotnost te vrste je zanesljiv pokazatelj čistih, neokrnjenih vodnih okolij (Grant in Temple-Smith, 2003).

Slika 57: *Ornithorhynchus anatinus*



Bino, G., Kingsford, R. T., Archer, M., Connolly, J. H., Day, J., Dias, K., Goldney, D., Gongora, J., Grant, T., Griffiths, J., Hawke, T., Klamt, M., Lunney, D., Mijangos, L., Munks, S., Sherwin, W., Serena, M., Temple-Smith, P., Thomas, J., Williams, G. in Whittington, C. (2019). The platypus: Evolutionary history, biology, and an uncertain future. *Journal of Mammalogy*, 100(2), 308–327. <https://doi.org/10.1093/jmammal/gyz058>

Vrečarji (*Marsupialia*): ekološki pomen za varstvo okolja

Vrečarji predstavljajo posebno skupino sesalcev z edinstvenim razvojnim ciklom, mladiče skotijo zelo nerazvite, njihov nadaljnji razvoj pa poteka v trebušni vreči (marsupiju), kjer sesajo mleko in so zaščiteni pred zunanjimi vplivi. Ta posebnost omogoča vrečarjem hitro prilagajanje na nepredvidljive in neugodne razmere v naravi ter zagotavlja veliko ekološko prilagodljivost. Čeprav v Sloveniji ne živijo, imajo vrečarji pomembno vlogo v svetovnem okviru varstva biotske raznovrstnosti in so simbol živalske

pestrosti južne poloble. Ekološko gledano vrečarji delujejo kot regulatorji populacij žuželk, glodavcev in rastlinstva. Njihova občutljivost na krčenje gozdov in spremembe vegetacije jih uvršča med pomembne bioindikatorje stanja okolja. Poleg tega imajo pomembno kulturno in naravovarstveno vlogo kot del naravne dediščine Avstralije in Južne Amerike (Radević in Šorić, 2009).

Značilen predstavnik te skupine je *Macropus rufus* (rdeči kenguru). Poseljuje različna okolja po vsej Avstraliji, od suhih planjav in travnatih savan do grmičastih in gozdnih območij (slika 58). Najpogosteje ga najdemo v sušnih in polsušnih regijah, kjer se prehranjuje z nizko travo in rastlinjem. Je rastlinojed (herbivor) s kompleksnim prebavnim sistemom, podobnim prežvekovalcem, ki omogoča učinkovito razgradnjo rastlinske hrane ter izjemno varčno rabo vode, kar je ključnega pomena za preživetje v sušnem okolju. Njegova vloga pri varovanju okolja se izraža predvsem v vzdrževanju rastlinskega pokrova, s pašo preprečuje prekomerno rast trav, s čimer zmanjšuje tveganje za požare, ki so v Avstraliji zelo pogosti. Vrečarji tako prispevajo k ohranjanju naravnega ravnovesja in stabilnosti ekosistemov (McCarthy, 1996).

Slika 58: *Macropus rufus*



Spiegel, N. B. in Wynn, P. (2014). Promoting kangaroo as a sustainable option for meat production on the rangelands of Australia. *Animal Frontiers*, 4(4), 38–45. <https://doi.org/10.2527/af.2014-0032>

Placentni sesalci (*Eutheria*): ekološki pomen za varstvo okolja

Placentni sesalci imajo razvito posteljico (placento), ki omogoča neposredno izmenjavo hranilnih snovi in kisika med materjo in zarodkom. Ta biološka posebnost omogoča kompleksen razvoj zarodka v maternici, kar prispeva k njihovi izjemni prilagodljivosti in uspešnosti v najrazličnejših življenjskih okoljih, od oceanov in puščav do gozdov in gorskih območij. Zaradi svoje raznolikosti in vloge v prehranskih verigah so placentni sesalci ključni za stabilno delovanje naravnih ekosistemov. Poleg tega

so izjemno pomembni tudi za znanost, saj spadamo vanje tudi ljudje, zato so bistveni za razumevanje človeške biologije, evolucije in zdravja (Šorić, 1997).

Placentni sesalci predstavljajo največjo in najbolj raznoliko skupino sesalcev, ki vključuje številne redove, najbolj znane *Insectivora*, *Lagomorpha*, *Proboscidea*, *Artiodactyla*, *Perissodactyla*, *Chiroptera*, *Rodentia*, *Cetacea*, *Carnivora*, *Primates* ter manj znani *Scandentia*, *Dermoptera*, *Edentata*, *Pinnipedia*, *Tubulidentata*, *Hyracoidea* in *Sirenia* (Amidžić, 2009).

***Insectivora*: ekološki pomen za varstvo okolja**

Insectivora ali žužkojedci, danes večinoma uvrščeni v red *Eulipotyphla*, so majhni sesalci, ki se pretežno prehranjujejo z žuželkami in drugimi nevretenčarji. V Sloveniji to skupino zastopajo rovkice, krtice in ježi. Imajo pomembno ekološko vlogo, saj uravnavajo populacije številnih žuželk, med katerimi so tudi škodljivci za poljščine in gozdne rastline. Po drugi strani pa so sami plen večjim zverem, zato predstavljajo ključen člen v prehranskih verigah. Številni med njimi, kot na primer krtice, kopljejo podzemne rove, s čimer prispevajo k zračenju in izboljšanju strukture tal. Njihova prisotnost je pokazatelj dobro ohranjenih mikroekosistemov, kot so gozdna tla, travniki, vrtovi in mejice (Radević in Šorić, 2009).

Značilen predstavnik je *Erinaceus europaeus* (evropski jež), nočna žival, prekrita z bodicami (slika 59). Hrani se z žuželkami, črvi, polži in manjšimi vretenčarji. Najdemo ga na travnikih, gozdnih robovih, v vrtovih in naseljih po vsej Sloveniji. Njegova vloga v varstvu okolja je večplastna, uravnava populacije škodljivcev, kot so polži, lazarji in ličinke žuželk, ter s tem pripomore k zdravju vrtov in sadovnjakov. Poleg tega velja jež za bioindikator biotske raznovrstnosti, njegovo izginotje pogosto nakazuje pretirano uporabo pesticidov in druge oblike degradacije okolja. Ohranitev teh drobnih, a pomembnih sesalcev je zato ključna za stabilnost lokalnih ekosistemov (Rasmussen idr., 2024).

Slika 59: *Erinaceus europaeus*



Gazzard, A., Macdonald, D. W. in Rasmussen, S. L. (2025). Conservation concern for Europe's hedgehog species (Erinaceidae): Current statuses, issues and needs. *Biological Conservation*, 304, članek 111033. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2025.111033>

Netopirji (*Chiroptera*): ekološki pomen za varstvo okolja

Netopirji (*Chiroptera*) so izjemno pomembna in posebna skupina sesalcev, saj so edini sesalci, sposobni aktivnega letenja. Poleg tega uporabljajo eholokacijo, ki jim omogoča učinkovito orientacijo in lov tudi v popolni temi. V Sloveniji živi več kot 30 vrst netopirjev, vse pa so strogo zavarovane z nacionalno zakonodajo in evropskimi predpisi, kot so Direktiva o habitatih, Bernska konvencija in omrežje Natura 2000. Netopirji imajo ključno vlogo kot naravni regulatorji populacij žuželk, ena sama žival lahko v eni noči poje tisoče komarjev, moljev ali drugih škodljivcev, kar bistveno prispeva k zmanjšanju potrebe po kemičnih insekticidih. Hkrati veljajo za indikatorje kakovosti okolja, saj so zelo občutljivi na spremembe v okolju, svetlobno onesnaženje, uporabo pesticidov in izgubo zatočišč (Radevič in Šorić, 2009).

Značilen predstavnik slovenske favne je *Myotis myotis* (veliki netopir). Gre za eno izmed največjih vrst v Sloveniji, z razponom kril do 40 cm (slika 60). Prehranjuje se predvsem z žuželkami, ki jih lovi na tleh, kot so hrošči in stonoge. Najpogosteje živi v gozdnatih območjih, kjer opravlja pomembno ekološko funkcijo nadzora talnih žuželk, tudi tistih, ki škodujejo kmetijstvu. Veliki netopir je zelo občutljiv na motnje v okolju in na izgubo naravnih zatočišč (kot so podstrešja, votla drevesa in jame), zato je dober kazalnik stanja okolja in splošnega ekološkega zdravja nekega območja. Varstvo netopirjev je zato ključnega pomena za ohranjanje uravnoveženih in zdravih ekosistemov (Wojciechowski idr., 2007).

Slika 60: *Myotis myotis*



Zagmajster, M., Milanović, V., Rexhepi, B., Premate, E., Borko, Š. in Vorauer, A. (2023). Study of bats in the Upper Neretva River Valley (Bosnia and Herzegovina). *Natura Sloveniae*, 25(3), 181–200. <https://doi.org/10.14720/ns.25.3.181-200>

Krezubice (*Edentata*): ekološki pomen za varstvo okolja

Krezubice (*Edentata*) so majhna, a ekološko zelo posebna skupina sesalcev, ki naravno živijo izključno v Srednji in Južni Ameriki. Mednje uvrščamo lenivce (*Folivora*) in mravljinčarje (*Vermilingua*). Čeprav v naravi ne poseljujejo Slovenije, imajo pomembno vlogo v svetovni ekologiji in predstavljajo zanimiv primer evolucijske prilagoditve na zelo specifične prehranske in okoljske razmere (Radević in Šorić, 2009).

Prepoznaven predstavnik te skupine je *Myrmecophaga tridactyla* (veliki mravljinčar). Gre za večjega sesalca z značilno podolgovato glavo, ozkim gobcem in izredno dolgim jezikom, ki se prehranjuje skoraj izključno z mravljami in termiti (slika 61). Njegov življenjski prostor so tropske savane in deževni gozdovi Južne Amerike. Veliki mravljinčar lahko zaužije do 30.000 mravelj na dan, kar ima neposreden vpliv na ravnovesje žuželčjih populacij in s tem na zdravje talnih in gozdnih ekosistemov. Zaradi svoje specializirane prehrane in občutljivosti na spremembe okolja (krčenje gozdov, požari, fragmentacija habitata) velja tudi za kazalnik stanja tropskih habitatov (Desbiez idr., 2016).

Slika 61: *Myrmecophaga tridactyla*



Sartori, R. Q., Lopes, A. G., Aires, L. P. N., Bianchi, R. C., de Mattos, C. C. B., Morales, A. C. in Castiglioni, L. (2021). Identifying priority giant anteater (*Myrmecophaga tridactyla*) populations for conservation in São Paulo State, Brazil. *Ecology and Evolution*, 11(2), 700–713. <https://doi.org/10.1002/ece3.6809>

Glodavci (*Rodentia*): ekološki pomen za varstvo okolja

Glodavci (*Rodentia*) predstavljajo več kot 40 % vseh znanih vrst sesalcev. Njihova značilnost so močni, stalno rastoči sekalci, s katerimi glodajo rastline, semena, lubje dreves in različne druge materiale. So izredno prilagodljiva skupina, ki poseljuje najrazličnejša okolja, od gozdov in travnišč do mestnih parkov. Njihova ekološka vloga je ključna: številne vrste raznašajo semena in plodove, kar pomembno prispeva k širjenju in obnovi vegetacije. Poleg tega so kazalci stanja okolja, njihove populacije hitro reagirajo na

onesnaženje, spremembe habitatov ali podnebne spremembe, zato jih znanstveniki pogosto spremljajo pri ocenjevanju zdravja ekosistemov (Radević in Šorić, 2009).

Značilen predstavnik te skupine je *Sciurus vulgaris* (rdeča veverica). Prepoznamo jo po rdečerrjavem kožuhu in košatem repu, je izredno okretna in hitra, ter prebiva v gozdovih, parkih in urbanih območjih (slika 62). Hrano si nabira za zimo, semena in oreščke zakopava, pri čemer številna pozabi, kar omogoča njihovo kalitev. Tako pomembno prispeva k naravni obnovi drevesnih vrst in velja za pravega »gozdnega vrtnarja«. Rdeča veverica je tudi indikator zdrave gozdne in mestne biocenoze, njena prisotnost kaže na ustrezno strukturo dreves, zadostno količino hrane in nizko raven motenj v okolju. Varstvo glodavcev, zlasti avtohtonih vrst, je zato pomemben del prizadevanj za ohranjanje biotske raznovrstnosti (Stirkè, 2019).

Slika 62: *Sciurus vulgaris*



Holt, C. D. S., Watts, K., Nevin, O., Ramsey, A. in Bailey, S. (2013). *Modelling ecological networks and dispersal in grey squirrels* (Forestry Commission Research Note FCRN014). Forestry Commission. https://www.researchgate.net/publication/262636951_Modelling_ecological_networks_and_dispersal_in_grey_squirrels

Zajci (*Lagomorpha*): ekološki pomen za varstvo okolja

Zajci (*Lagomorpha*) so rastlinojede živali s hitro presnovo, kratko življenjsko dobo in visoko reprodukcijsko sposobnostjo, kar jih uvršča med ključne povezovalce med rastlinskim in živalskim svetom v prehranskih verigah. S hranjenjem pomagajo uravnati rast nizkih rastlin in plevela, s čimer prispevajo k ohranjanju ravnotežja vegetacije. Zanimivo je tudi, da s svojim gibanjem ustvarjajo poti skozi gosto vegetacijo, ki jih nato uporabljajo druge majhne živali, s tem povečujejo povezanost habitatov in omogočajo večjo dostopnost prostora znotraj ekosistemov. V ekološkem smislu veljajo za dobro občutljive pokazatelje kakovosti okolja in ekoloških motenj, kot so uporaba pesticidov, intenzivno kmetijstvo ali fragmentacija habitatov (Radević in Šorić, 2009).

Značilen predstavnik te skupine je *Lepus europaeus* (evropski zajec). Živi v kmetijskih krajih, traviščih in na gozdnih robovih, kjer se prehranjuje s travami, pleveli in mladikami (slika 63). S tem pomaga ohranjati uravnotežen rastlinski sloj in hkrati predstavlja pomemben plen za številne plenilce, kot so lisice, orli, risi in drugi. Prisotnost evropskega zajca je dober pokazatelj visoke biotske raznovrstnosti in funkcionalnosti okolja, zato njegovo varstvo pomeni tudi varovanje širšega naravnega ravnovesja (Jaksic, 2023).

Slika 63: *Lepus europaeus*



Kleist, M. H., Mortensen, R. M., Bregnballe, T. in Mayer, M. (2024). Dune hares: Population indices, home range size, and habitat selection of the European hare on a Danish island. *Ecology and Evolution*, 14(10), članek e70415. <https://doi.org/10.1002/ece3.70415>

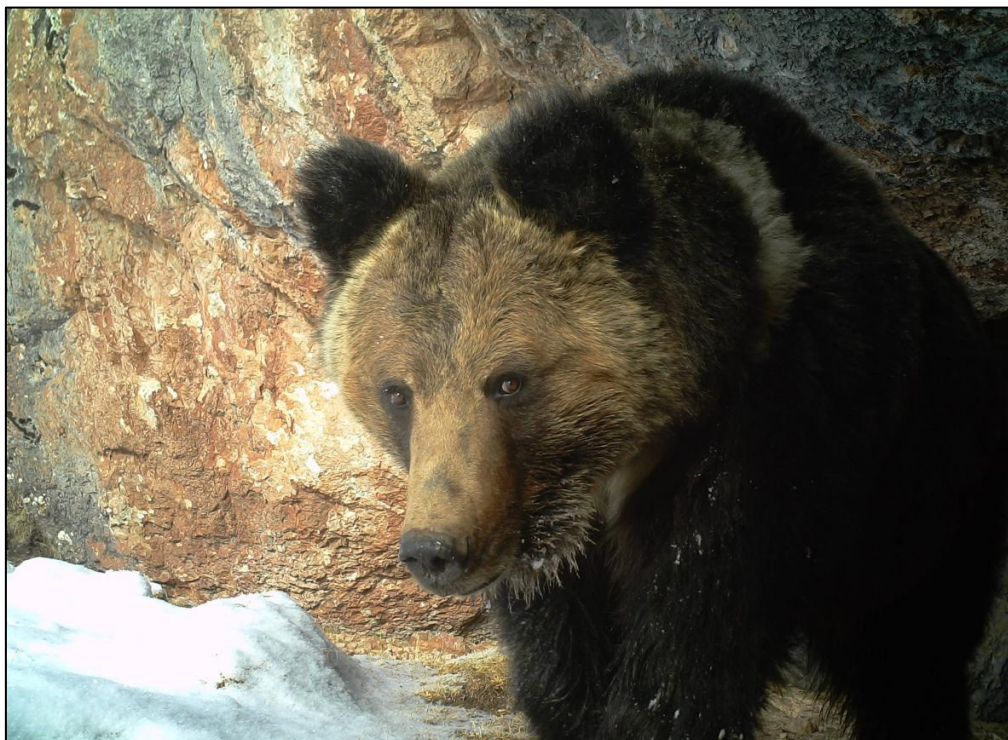
Zveri (*Carnivora*): ekološki pomen za varstvo okolja

Zveri (*Carnivora*) so skupina sesalcev, ki se v naravi večinoma prehranjujejo z drugimi živalmi, številne med njimi pa sodijo med vršne plenilce. Njihova prisotnost v okolju je kazalnik zdravega in uravnoteženega ekosistema, saj uravnavajo populacije drugih vrst ter preprečujejo ekološke motnje, kot so prenamnožitve rastlinojedcev in posledično uničenje vegetacije. Ključna vloga zveri je regulacija populacij rastlinojedov (npr. srnjad, glodavci), kar pripomore k ohranjanju vegetacijskega pokrova in zmanjšanju erozije. Poleg tega lahko zveri služijo kot bioindikatorji kakovosti okolja, saj so občutljive na izgubo habitatov, fragmentacijo krajine in človekove vplive (Radević in Šorić, 2009).

Značilen predstavnik zveri v Sloveniji je *Ursus arctos* pruinusos (rjavi medved), največja kopenska žival na slovenskem ozemlju (slika 64). Poseljuje predvsem gozdnata območja, kjer opravlja več pomembnih ekoloških funkcij. Ker se prehranjuje tudi z gozdnimi plodovi, oreščki in koreninami, pomembno prispeva k širjenju semen in obnovi gozda. Prisotnost rjavega medveda spodbuja varovanje večjih, povezanih naravnih habitatov, kar koristi tudi številnim drugim vrstam. Je simbol naravne dediščine in

obenem izziv za sobivanje človeka in narave, zato zavzema osrednje mesto v številnih naravovarstvenih strategijah (Pop idr., 2018).

Slika 64: *Ursus arctos pruinosus*



Dai, Y., Li, Y., Xue, Y., Hacker, C. E., Li, C., Zahoor, B., Liu, Y., Li, D. in Li, D. (2022). Mitigation strategies for human–Tibetan brown bear (*Ursus arctos pruinosus*) conflicts in the hinterland of the Qinghai-Tibetan Plateau. *Animals*, 12, 1422. <https://doi.org/10.3390/ani12111422>

Kiti (*Cetacea*): ekološki pomen za varstvo okolja

Kiti (*Cetacea*) imajo ključno vlogo pri ohranjanju zdravja morskih ekosistemov. S svojim vplivom na prehranske verige, kroženje hranil in razporeditev biomase pomembno prispevajo k stabilnosti in ravnovesju oceanov. Razdeljeni so v dve glavni skupini: zobate kite (*Odontoceti*), kamor sodijo delfini in kiti plenilci, ter kitovce s filtrom iz roževine (*Mysticeti*), ki se prehranjujejo s planktonom. Njihova ekološka vloga vključuje uravnavanje populacij rib, planktona in glavonožcev, kar vpliva na strukturo morskih prehranskih verig. Pomembni so tudi zaradi svoje vloge pri shranjevanju ogljika, ko trupla velikih kitov potonejo na dno oceana, s seboj odložijo velike količine ogljika, kar dolgoročno prispeva k blaženju podnebnih sprememb. Kiti so hkrati občutljivi bioindikatorji zdravja morij, njihova prisotnost ali odsotnost odraža kakovost morske vode, stopnjo hrupnega onesnaženja, količino plastike in vpliv intenzivnega ribolova (Radević in Šorić, 2009).

Značilen predstavnik je *Tursiops truncatus* (veliki pliskavka), najpogostejša vrsta delfina v Jadranskem morju (slika 65). Gre za zelo inteligentno in družabno vrsto, ki pogosto živi v skupinah in se prehranjuje z ribami in glavonožci, s čimer vpliva na ravnovesje v morskih populacijah. V določenih delih sveta sodeluje tudi z ljudmi, na primer pri tradicionalnem ribolovu, a je hkrati ranljiva zaradi onesnaženja, podvodnega hrupa in izgube plena (Bearzi idr., 2008).

Slika 65: *Tursiops truncatus*



Haderlé, R., Bouveret, L., Serranito, B., Méndez-Fernandez, P., Adam, O., Penel, M., Couvat, J., Le Berre, I. in Jung, J.-L. (2025). Identification of two common bottlenose dolphin (*Tursiops truncatus*) ecotypes in the Guadeloupe Archipelago, Eastern Caribbean. *Animals*, 15, članek 108. <https://doi.org/10.3390/ani15010108>

Sloni (*Proboscidea*): ekološki pomen za varstvo okolja

Sloni (*Proboscidea*) predstavljajo eno izmed najbolj razvitih, prilagojenih in prepoznavnih skupin sesalcev, čeprav danes v to skupino sodijo le še tri preživle vrste slonov. Njihova ekološka vloga v naravnih habitatih Afrike in Azije je izjemno pomembna, delujejo kot »inženirji ekosistemov«, saj s podiranjem dreves in grmovja ustvarjajo odprt prostor za rast trav in svetloljubnih rastlin, kar spodbuja pestrost rastlinskih in živalskih vrst. Poleg tega uravnavajo rastlinsko biomaso, saj preprečujejo zaraščanje savan in ohranjajo raznolikost krajine v obliki ekološkega mozaika (kombinacija gozdnih, grmovnih in travnatih površin). Prisotnost slonov je pogosto kazalnik ohranjenih, stabilnih naravnih območij, kjer so še vedno vzpostavljeni naravni procesi (Radević in Šorić, 2009).

Značilen predstavnik je *Loxodonta africana* (afriški savanski slon), največji kopenski sesalec na svetu, prepoznaven je po velikih ušesih, dolgih oklih in močnem rilecu (slika 66). Poleg svoje ekološke vloge ima pomembno kulturno in gospodarsko vrednost, saj je ključna vrsta za ekoturizem in s tem za ohranjanje naravnih rezervatov (Koskei idr., 2022).

Slika 66: *Loxodonta africana*



WWF. (b.d.). *African elephants*. WWF. <https://www.worldwildlife.org/species/elephant/african-elephant/>

Kopitarji (*Perissodactyla*): ekološki pomen za varstvo okolja

Kopitarji (*Perissodactyla*) so rastlinojedi sesalci, ki hodijo po neparnem številu prstov (navadno 1 ali 3) ter imajo dolge noge, prilagojene za hitro gibanje in življenje v odprtih habitatih, kot so savane, stepe in travniki. Med najbolj znane danes živeče kopitarje sodijo konji, nosorogi in tapirji. Njihova ekološka funkcija je povezana predvsem z uravnavanjem rasti vegetacije skozi pašo, preprečujejo zaraščanje travnikov, s čimer ohranjajo odprto krajino in omogočajo preživetje številnim svetloljubnim rastlinskim in živalskim vrstam. V sodobnem času kopitarji pogosto predstavljajo simbol trajnostnega kmetijstva ter prispevajo k ohranjanju biotske raznovrstnosti v krajini (Radević in Šorić, 2009).

Značilni predstavnik je *Equus ferus caballus* (domači konj). V Sloveniji imajo domači konji pomembno vlogo pri ekstenzivni paši, zlasti na kraških travnikih in planinskih pašnikih, kjer s pašo pomagajo pri ohranjanju suhih travšč, enega izmed najbolj ogroženih habitatnih tipov pri nas (slika 67). S svojo prisotnostjo konji prispevajo k ohranjanju tradicionalne rabe prostora, varstvu kulturne krajine in krepitvi ekološke povezanosti (Bakaloudis, 2024).

Slika 67: *Equus ferus caballus*



Harvey, A. M., Beausoleil, N. J., Ramp, D. in Mellor, D. J. (2020). A ten-stage protocol for assessing the welfare of individual non-captive wild animals: Free-roaming horses (*Equus ferus caballus*) as an example. *Animals*, 10, članek 148. <https://doi.org/10.3390/ani10010148>

Parkljarji (*Artiodactyla*): ekološki pomen za varstvo okolja

Parkljarji (*Artiodactyla*) so rastlinojedi sesalci s parnim številom prstov, ki so se evolucijsko prilagodili hitremu gibanju in učinkoviti paši. V to skupino sodijo jelenjad, divje svinje, govedo, ovce, koze in drugi prežvekovalci. V Sloveniji predstavljajo pomemben del tako naravnih kot kulturnih ekosistemov, tako prostoživeče živali kot tudi živali domače reje. Njihova ekološka vloga je v selektivni paši, s katero uravnavajo rastlinstvo, preprečujejo zaraščanje in oblikujejo krajinsko strukturo ter rastlinske združbe. So tudi ključni plen za velike zveri, kot so volk, ris in rjavi medved, s čimer so nepogrešljiv člen v prehranskih verigah. Domače vrste parkljarjev imajo poleg tega pomembno vlogo v trajnostni paši, ekstenzivnem kmetijstvu in ohranjanju kulturnih krajin, kot so alpski pašniki, kraška polja in mejice (Radević in Šorić, 2009).

Značilni predstavnik je *Cervus elaphus* (navadni jelen), največji prostoživeči parkljar v Sloveniji (slika 68). Poseljuje predvsem dinarske in alpske gozdove, kjer ima pomembno vlogo pri uravnavanju rastlinskega sloja in s tem pri ohranjanju ravnotežja gozdnega ekosistema. Navadni jelen je tudi pomemben plen velikih zveri, zato njegova prisotnost kaže na zdrav, povezan in funkcionalen gozdni habitat, ki omogoča sobivanje različnih vrst v naravnem ravnovesju (Fløjgaard idr., 2017).

Slika 68: *Cervus elaphus*



Vitezović, S. (2024). Taking the deer by the antlers: Deer in material culture in the Balkan Neolithic. *Arts*, 13, članek 64. <https://doi.org/10.3390/arts13020064>

Primati (*Primates*): ekološki pomen za varstvo okolja

Primati (*Primates*) so red sesalcev, ki jih odlikujejo visoka inteligenca, kompleksno družbeno vedenje ter dobro razvita čutila. Zaradi teh značilnosti so med najbolj prilagodljivimi in ekološko vplivnimi skupinami živali v tropskih in subtropskih gozdovih. V ekosistemih imajo pomembno vlogo, uravnavajo rastlinske populacije s prehranjevanjem s plodovi, listi, brsti in drugimi deli rastlin, s čimer vplivajo na razširjanje semen in dinamiko vegetacije. Poleg tega prispevajo k nadzoru nad populacijami žuželk in manjših živali, saj so nekatere vrste vsejede. Primati so izjemno občutljivi na spremembe okolja, kot so krčenje gozdov, izguba habitatov, onesnaženje in podnebne spremembe, zato veljajo za kazalce ekološkega zdravja tropskih gozdov (Radević in Šorić, 2009).

Znanstveno jih delimo v dve večji skupini (Amidžić, 2009):

- A) Širokonose opice (*Platyrrhini*): prisotne predvsem v Južni in Srednji Ameriki,
- B) Ozkonosi primati (*Catarrhini*): prisotni v Afriki, Aziji in vključujejo tudi človeka.

Širokonose opice (*Platyrrhini*): ekološki pomen za varstvo okolja

Širokonose opice (*Platyrrhini*) so podskupina primatov, ki vključuje opice Novega sveta, razširjene predvsem v tropskih deževnih gozdovih Srednje in Južne Amerike. Zanje je značilen ploščat nos, pogosto tudi po prijemalnem repu, ter po visoko razviti družbeni organizaciji in komunikaciji. Ekološko gledano imajo te vrste pomembno vlogo kot raznašalci semen, saj s prehranjevanjem s plodovi pripomorejo k širjenju vegetacije in obnovi gozdnih ekosistemov. Prav tako delujejo kot regulatorji populacij žuželk, kar prispeva k stabilnosti prehranskih verig v gozdovih (Radević in Šorić, 2009).

Značilen predstavnik te skupine je *Cebus capucinus* (prava kapucinka). Gre za inteligentno, radovedno in izredno družabno vrsto, ki se pogosto uporablja v znanstvenih raziskavah vedenja, učenja in socialne dinamike (slika 69). V naravi ima pomembno vlogo pri vzdrževanju ravnovesja v gozdnih ekosistemih, zlasti kot razširjevalec semen in plenilec žuželk. *Platyrrhini* so torej ključne vrste za ohranjanje tropskih gozdov, hkrati pa so zaradi svoje občutljivosti na izgubo habitata tudi indikatorji zdravja ekosistemov. Njihovo varstvo pomeni ohranjanje enega najbogatejših in najbolj ogroženih biotskih sistemov na svetu (Ludes in Anderson, 1996).

Slika 69: *Cebus capucinus*



Mata-Silva, V., Wilson, L. D. in Johnson, J. (2013). Hemidactylus frenatus (Common house gecko): Predation by capuchin monkey. *Herpetological Review*, 44(3). https://www.researchgate.net/publication/325370907_Hemidactylus_frenatus_Common_House_Gecko_Predation_by_Capuchin_Monkey_Natural_History_Note

Ozkonosi primati (*Catarrhini*): ekološki pomen za varstvo okolja

Catarrhini so t. i. »opice Starega sveta«, kamor sodijo človeku podobni primati, giboni, šimpanzi, gorile, in tudi ljudje (*Homo sapiens*). Izvirajo predvsem iz Afrike in Azije, vendar je njihov ekološki, simbolni in izobraževalni pomen globalen. V naravnem okolju imajo pripadniki te skupine pomembno vlogo pri ohranjanju ravnovesja v gozdnih ekosistemih, s selektivnim hranjenjem in gibanjem vplivajo na širjenje semen, strukturo vegetacije in prehranske verige. Zaradi svoje občutljivosti na krčenje gozdov, izgubo habitatov in človeško prisotnost so zelo zanesljivi pokazatelji stanja ekosistemov (Radević in Šorić, 2009).

Značilen in edinstven predstavnik skupine je *Homo sapiens* (človek) (slika 70). Ljudje smo postali glavni oblikovalci naravnih ekosistemov, zlasti skozi kmetijstvo, industrijo, urbanizacijo in okoljsko politiko (Wilkins in Schoville, 2024).

Slika 70: Homo sapiens



Bednarik, R. G. (2012). The origins of human modernity. *Humanities*, 1, 1–53. <https://doi.org/10.3390/h1010001>

6.2 Biotska raznovrstnost: ekološki pomen za varstvo okolja

6.2.1 Pojem biotske raznovrstnosti

Izraz biodiverziteteta, v slovenščini sopomensko uporabljen kot biotska raznovrstnost, označuje celotno pestrost življenja na našem planetu, od najmanjših mikroorganizmov do največjih sesalcev, ter od genskih zasnov posameznikov do zapletenih ekosistemov, v katerih ti organizmi sobivajo. Gre za osrednji pojem varstva narave, ki zajema kompleksno prepletenost vseh oblik življenja ter njihovega okolja (Berginc idr., 2007). Pojem biotske raznovrstnosti se je uveljavil predvsem v zadnjih treh desetletjih, v času, ko je znanstvena in strokovna skupnost na globalni ravni začela posvečati večjo pozornost vprašanju trajnostne rabe naravnih virov, varovanja naravne dediščine in celostnega varstva okolja. Danes biotska raznovrstnost ni več zgolj predmet raziskav biologov in ekologov, temveč predstavlja ključno temo tudi v političnih razpravah, prostorskem načrtovanju, naravovarstvenih strategijah ter izobraževalnih in ozaveščevalnih programih. Prelomni trenutek v globalnem priznavanju pomena biotske raznovrstnosti je predstavljala Konvencija o biološki raznovrstnosti, ki je bila sprejeta leta 1992 na Konferenci Združenih narodov o okolju in razvoju v Riu de Janeiru. Konvencija je postavila temelje za usklajeno mednarodno delovanje na področju ohranjanja narave in določila tri ključne cilje: ohranjanje biotske raznovrstnosti, trajnostno rabo njenih sestavin ter pošteno in pravično delitev koristi, ki izhajajo iz uporabe genetskih virov. S tem dokumentom je bil prvič vzpostavljen celovit globalni okvir za varovanje biodiverziteteta kot nepogrešljivega dela naravnega kapitala našega planeta. Konvencija o biološki raznovrstnosti danes podpira številne nacionalne strategije in akcijske načrte za ohranjanje biotske raznovrstnosti ter spodbuja povezovanje okoljskih, ekonomskih in družbenih vidikov v trajnostnemu razvoju.

6.2.2 Ekološki pomen biotske raznovrstnosti

Biotska raznovrstnost je temeljno načelo delovanja naravnih sistemov in predstavlja eno izmed ključnih meril za ocenjevanje njihove stabilnosti in odpornosti. Gre za zapleten in večdimenzionalen pojem, ki obsega raznolikost na treh tesno povezanih ravneh: genetski, vrstni in ekosistemski (Amidžić, 2009).

Genetska raznovrstnost pomeni pestrost dednega materiala znotraj vrste in med njenimi populacijami. Višja genetska variabilnost pomeni večjo prilagodljivost organizmov na okoljske spremembe, večjo odpornost proti boleznim ter večjo verjetnost dolgoročnega preživetja vrste (Hlad in Scoberne, 2001; Hoban idr., 2020). Na primer, avtohtone pasme domačih živali, kot je cika, in tradicionalne sorte žit, kot je pira, izkazujejo visoko genetsko pestrost in s tem prilagodljivost na lokalne podnebne in talne razmere. Takšna pestrost je ključna tudi za prihodnji razvoj kmetijstva in prehranske varnosti, zlasti v luči podnebnih sprememb.

Na ravni vrst biotska raznovrstnost obsega celotno pestrost živih organizmov, od mikroorganizmov do višjih rastlin in živali. Vsaka vrsta ima svojo ekološko vlogo, bodisi kot oprasčevalec, razkrojevalec, plenilec, rastlinojed ali simbiot in tako prispeva k stabilnosti in produktivnosti ekosistema. Raznolikost vrst omogoča večjo funkcionalno redundantnost, kar pomeni, da lahko več vrst opravlja podobne ekološke funkcije in s tem povečuje odpornost sistema na motnje (Hlad in Skoberne, 2001; Hamilton, 2005). Slovenski prostor je zaradi razgibanega reliefa in stičišča štirih biogeografskih regij (alpske, dinarske, panonske in sredozemske) izjemno vrstno bogat. V naravi tako najdemo tako alpske kot sredozemske vrste, med njimi številne endemite in relikte, kot sta Zoisova zvončica (*lat. Campanula zoysii*) in človeška ribica.

Ekosistemska raznovrstnost pomeni pestrost življenjskih okolij in naravnih procesov. Vsak ekosistem, bodisi gre za reko, gozd, travnik, barje ali podzemno jamo, ima edinstveno strukturo in funkcijo ter podpira specifične skupnosti organizmov. Ekosistemi so pomembni ne le kot življenjski prostor, temveč tudi zaradi številnih t. i. ekosistemskih storitev, ki jih zagotavljajo: regulacija podnebja (npr. z vezavo ogljika v gozdovih), čiščenje vode (npr. mokrišča kot naravni filtri), varovanje pred poplavami (npr. poplavni gozdovi in barja), oprasčevanje kmetijskih rastlin in ohranjanje talne rodovitnosti (Hlad in Skoberne, 2001; Lamarque, 2011). Primer takšnega večnamenskega ekosistema je Ljubljansko barje, ki ne le varuje pred poplavami in ohranja biotsko raznovrstnost, temveč je tudi vir pitne vode in pomembno rekreacijsko območje. Zmanjševanje ekosistemske raznovrstnosti vodi v degradacijo funkcij narave, zmanjšanje njene samoobnovitvene sposobnosti in povečanje tveganj za človekovo zdravje in blaginjo.

6.2.3 Biotska raznovrstnost v Sloveniji

Slovenija se ponaša z izjemno biotsko raznovrstnostjo, ki izhaja iz njene lege na stičišču štirih biogeografskih regij. Temelj za tako bogato naravo predstavljajo raznolika geološka podlaga, razgiban relief in podnebna raznolikost, ki ustvarjajo številne ekološke niše na razmeroma majhnem območju. Posebna značilnost Slovenije je njena velika gozdnatost, gozdovi pokrivajo več kot 55 % državnega ozemlja. Prav tako pomembno naravnogeografsko lastnost predstavlja kraški svet, saj se več kot polovica površine nahaja na karbonatnih kamninah, ki oblikujejo tipične kraške pojave, vključno z več kot 8000 registriranimi podzemnimi jamami. Hidrografsko se Slovenija deli med dve večji porečji: približno tretjina ozemlja spada v jadransko, dve tretjini pa v donavsko oziroma črnomoško porečje. Na sorazmerno majhnem ozemlju Slovenije je prisotno izjemno veliko število vrst. Zato Slovenijo pogosto označujemo kot eno od vročih točk biotske raznovrstnosti v Evropi. Ocenjuje se, da v Sloveniji

živi od 13.000 do 15.000 živalskih vrst, okoli 3.200 vrst praprotnic in semenk ter približno 3.000 vrst makromicetnih gliv (Berginc idr., 2007).

Stopnjo biotske raznovrstnosti lahko ponazorimo z biodiverzitetnim indeksom, ki izraža število vseh osebkov oziroma vrst na enoto površine. Višji kot je indeks, večja je biotska pestrost nekega območja. Primerjave med evropskimi državami kažejo, da se Slovenija po tem kazalniku uvršča v sam vrh Evrope, kar dodatno potrjuje njen pomen pri varovanju narave na celinski ravni.

6.2.4 Varstvo biotske raznovrstnosti

Varstvo biotske raznovrstnosti vključuje zaščito vseh živih in neživih sestavin naravnih sistemov. Neživi del narave (tla, voda, podnebje, kamnine) predstavlja fizično osnovo in energetski vir za življenje, medtem ko živi organizmi s svojimi ekološkimi funkcijami, kot so oprashaevanje, kroženje hranil, razgradnja organskih snovi, plenjenje in mutualizmi tvorijo mrežo procesov, ki vzdržuje stabilnost ekosistemov. Zaradi te soodvisnosti je učinkovito varstvo usmerjeno bodisi neposredno na organizme – vrstno varstvo, bodisi na njihove habitate ter širši ekološki okvir – ekosistemsko varstvo.

Vrstno varstvo in situ in ex situ sta temeljna pristopa k ohranjanju ogroženih ali redkih vrst, ki se razlikujeta glede na to, ali potekata v naravnem okolju ali zunaj njega. Pogosto se med seboj dopolnjujeta in ju sodobno varstvo narave uporablja vzporedno (Schwartz idr., 2017). Varstvo in situ pomeni ohranjanje vrst tam, kjer naravno živijo, torej v njihovem domačem habitatu. To vključuje ukrepe, kot so zavarovana območja, ohranjanje naravnih procesov, nadzor nad škodljivimi vplivi in vključevanje lokalnih skupnosti. Njegova prednost je ohranjanje ekološke celovitosti, saj vrste ostajajo v svojem okolju in ohranjajo naravne interakcije. Primer takega varstva je varovanje človeške ribice v kraških podzemnih vodah ali ohranjanje velikih zveri v gozdovih. Varstvo ex situ pa poteka zunaj naravnega okolja in je pogosto rezervna rešitev, kadar so naravni habitati uničeni ali preveč ogroženi. Sem sodijo botanični in živalski vrtovi, semenske in genske banke ter programi za ponovno naselitev. Omogoča nadzorovano vzrejo, ohranjanje genetske pestrosti ter vzpostavitev izobraževalnih in raziskovalnih zmogljivosti, a hkrati prinaša izzive, saj so živali iztrgane iz naravnega okolja, kar vpliva na njihovo vedenje. Med primeri varstva ex situ izstopa vzreja risov za naselitev v slovenske gozdove ter ohranjanje domačih pasem, kot je krškopoljski prašič, v genskih bankah.

Ekosistemsko varstvo temelji na celostnem pristopu, ki ne varuje le posameznih vrst ali območij, temveč ohranja delovanje celotnih ekosistemov. Poudarek je na medsebojni povezanosti vrst, njihovih habitatov ter naravnih procesov, kot so kroženje snovi, vodna dinamika in prehranske verige. Tak pristop omogoča dolgoročno stabilnost in odpornost naravnih sistemov ter zagotavlja pogoje za preživetje številnih vrst (Neugarten idr., 2020). Primer tega v Sloveniji je varovanje mokrišč v Krajinskem parku Ljubljansko barje, kjer je poudarek na ohranjanju celotnega barjanskega ekosistema od vodnega režima in rastlinja do živalskih združb. S tem se ne varujejo le ogrožene vrste, temveč tudi širše okoljske funkcije, kar omogoča trajnejše in prilagodljivejše varstvo narave.

Sodobni pristopi k varstvu narave temeljijo na treh ključnih načelih: (1) priznanje lastne vrednosti narave (intrinzična vrednost), po katerem ima vsaka vrsta pravico do obstoja, (2) etična odgovornost človeka za ohranjanje naravnega ravnovesja in (3) trajnostna raba naravnih virov (Amidžić, 2009). Ta pristop dopolnjuje tudi Deklaracija o pravicah živali (*org. Universal Declaration of Animal Rights*) iz leta 1978, ki poudarja temeljne pravice živih bitij do življenja, svobode in reprodukcije.

V Sloveniji uživajo vse prostoživeče vrste splošno pravno varstvo po Zakonu o ohranjanju narave (1999) ki prepoveduje namerno ubijanje, poškodovanje, vznemirjanje, odvzem iz narave ter uničevanje njihovih habitatov. To splošno varstvo predstavlja osnovni standard odnosa družbe do narave (14. člen). Dodatno varstvo velja za ogrožene in mednarodno zavarovane vrste, opredeljene v Pravilniku o uvrstitvi ogroženih rastlinskih in živalskih vrst v rdeči seznam (Uradni list RS, št. 82/02, 42/10) ter v mednarodnih sporazumih. Zanje se izvajajo specifični ukrepi, kot so:

- A) Nadzor nad trgovino z osebki (v skladu s konvencijo CITES),
- B) Spremljanje populacij (monitoring v okviru Natura 2000 in nacionalnih programov),
- C) Vzpostavitev varstvenih režimov (omejitev posegov v času razmnoževanja ali selitev),
- D) Določanje ekološko pomembnih območij,
- E) Izdelava akcijskih načrtov za ohranitev vrst,
- F) Ukrepi za obnovo habitatov (npr. renaturacija vodotokov, odprava osuševanja barij).

Slovenija pri oceni ogroženosti uporablja sistem kategorij IUCN, ki omogoča mednarodno primerljivost. Devet kategorij, vsaka s specifičnim pomenom in potrebnimi ukrepi, vključuje:

- 1) EX (*angl. Extinct*) – Izumrla: vrsta ni več prisotna. Ukrepi so usmerjeni v ohranjanje genskega materiala in preprečevanje ponovnih izumrtij.
- 2) EW (*angl. Extinct in the Wild*) – Izumrla v naravi: vrsta živi le še v ujetništvu. Ukrepi vključujejo programe vzreje v ujetništvu in reintrodukcijo (npr. *Oryx dammah*).
- 3) CR (*angl. Critically Endangered*) – Kritično ogrožena: vrsta je tik pred izumrtjem. Ukrepi: popolna prepoved poseganja, aktivno varovanje habitatov, monitoring, kontrola onesnaženja (npr. *Proteus anguinus*).
- 4) EN (*angl. Endangered*) – Ogrožena: visoko tveganje izumrtja. Ukrepi vključujejo prostorsko načrtovanje, prepovedi izkoriščanja, izobraževanje (npr. *Ursus arctos*).
- 5) VU (*angl. Vulnerable*) – Ranljiva: potencialna ogroženost v srednjeročnem obdobju. Ukrepi: spremembe v rabi zemljišč, nadzorovane populacije (npr. *Gyps fulvus*).
- 6) NT (*angl. Near Threatened*) – Skoraj ogrožena: vrsta še ni ogrožena, vendar so prisotni negativni trendi. Ukrepi: varovanje ključnih habitatov, sonaravne prakse v kmetijstvu (npr. *Crex crex*).
- 7) LC (*angl. Least Concern*) – Neogrožena: stabilna vrsta. Ukrepi: osnovni monitoring, splošno varstvo habitatov (npr. *Sciurus vulgaris*).
- 8) DD (*angl. Data Deficient*) – Premalo podatkov: manjkajo podatki za oceno ogroženosti. Ukrepi: raziskave, kartiranje razširjenosti, vključitev v monitoring (npr. jamske vrste).
- 9) NE (*angl. Not Evaluated*) – Ni ocenjeno: vrsta še ni bila ocenjena. Ukrepi: taksonomska in ekološka obdelava za vključitev v sistem varstva.

Med osrednje evropske pravne instrumente spadata Direktiva o habitatih in Direktiva o pticah, ki določata cilje ohranjanja ugodnega stanja vrst in habitatnih tipov ter oblikujeta omrežje Natura 2000. Ta območja so pravno zavarovana in vključujejo ukrepe, kot so: prepoved posegov v razmnoževalna območja, obvezno presojo vplivov na okolje, obnovo habitatov in sodelovanje z lokalnimi skupnostmi.

Na primer, črna štokrlja (*lat. Ciconia nigra*) je vključena v Direktivo o pticah (priloga I), Bernsko konvencijo, CITES (dodatek II) in nacionalno zavarovana (slika 71). Ukrepi: gozdnogospodarske omejitve v času gnezdenja, varstvene smernice v gozdnih načrtih, prepoved vznemirjanja in izobraževalne kampanje.

Slika 71: Črna štoklja



Freschi, P., Cosentino, C., Napolitano, F., Pacelli, C., Manicone, D., Mallia, E., Ragni, M., Paolino, R. in Braghieri, A. (2023). First report on a cliff-nesting pair of black storks (*Ciconia nigra* Linnaeus, 1758) and their nestlings. *Forests*, 14, članek 1941. <https://doi.org/10.3390/f14101941>

Endemična človeška ribica je prednostna vrsta po Direktivi o habitatih (Priloga II in IV), kar pomeni, da so njeni podzemni habitati vključeni v Natura 2000. Ukrepi vključujejo strog nadzor nad izpusti iz industrije in kmetijstva, prepoved vstopa v ključne jame brez dovoljenja, spremljanje kakovosti vode in razmnoževalnih populacij.

CITES konvencija ureja mednarodno trgovino z ogroženimi vrstami. Za vrste iz dodatka I (npr. zelena želva, lat. *Chelonia mydas*) je trgovina prepovedana, za vrste iz dodatka II je strogo nadzorovana. V Sloveniji dovoljenja izdaja Agencija Republike Slovenije za okolje, strokovno presojo vodi Zavod Republike Slovenije za varstvo narave, nadzor pa izvajajo carina, inšpekcija in policija.

Rdeči sezname predstavljajo nacionalno prilagoditev metodologije IUCN in omogočajo oblikovanje prednostnih seznamov za ukrepanje, vključno z določitvijo zavarovanih vrst po uredbi vlade. Te vrste so deležne najvišje stopnje zaščite, vključno s popolno prepovedjo poseganja v osebk, gojenje v ujetništvu brez dovoljenja, prepovedjo uničevanja njihovih habitatov in v nekaterih primerih obveznim akcijskim načrtom za ohranitev (npr. evroazijski ris, lat. *Lynx lynx*).

Takšni ukrepi predstavljajo temeljno orodje trajnostnega upravljanja narave, ki omogoča dolgoročno ohranjanje biotske raznovrstnosti kot skupne dediščine človeštva.

6.3 Habitati: ekološki pomen za varstvo okolja

Habitat oziroma življenjski prostor je v ekologiji opredeljen kot specifično fizično okolje, v katerem prebiva določena vrsta ali ekološka združba organizmov. Ne gre zgolj za geografski prostor, temveč za funkcionalno enoto, v kateri potekajo temeljni biološki procesi, kot so prehranjevanje, rast, razmnoževanje, zavetje in selitve (Stanković, 1962). Ključna značilnost vsakega habitata je njegova sestava iz kompleksne kombinacije abiotskih in biotskih dejavnikov, ki skupaj oblikujejo okoljske razmere, v katerih lahko določena vrsta uspešno preživi in se trajnostno vzdržuje.

Abiotski dejavniki so neživi okoljski elementi, ki neposredno vplivajo na življenjske pogoje in prostorsko razširjenost vrst. Mednje sodijo svetloba, temperatura, vlaga, slanost, pH, tip substrata, dostopnost vode, hranilna sestava tal, nadmorska višina in mikroklimatski pogoji. Na primer, količina svetlobe in razpoložljivost vode določata, katera vegetacija se lahko razvije v določenem habitatu, kar posledično vpliva tudi na živalske vrste, ki so odvisne od te vegetacije (Rakićević, 1978).

Biotski dejavniki vključujejo vse žive komponente ekosistema, ki vplivajo medsebojno: prisotnost drugih organizmov, odnose med vrstami (npr. konkurenca, simbioza, plenilstvo, parazitizem), razpoložljivost hrane, gostota populacije in dinamika prehranskih verig. Ti dejavniki odločajo o tem, kako uspešno lahko posamezna vrsta izkorišča vire, se izogiba plenilcem in vzdržuje svojo populacijo v določenem prostoru (Rakićević, 1978).

Habitat je zato več kot zgolj prostor, je okoljski okvir, torej celovit nabor ekoloških pogojev, odnosov in procesov, ki omogočajo obstoj življenja v določenem prostoru (Stanković, 1977). Ta okvir vključuje dinamično ravnotežje med vplivi okolja in odzivi organizmov ter določa funkcionalne možnosti vrst za izpolnjevanje njihovih življenjskih potreb. Okoljski okvir se ne nanaša le na trenutne razmere, temveč tudi na časovno in prostorsko variabilnost sezonske spremembe, naravne motnje (npr. poplave, požari), dolgotrajne ekološke sukcesije in vpliv človekove dejavnosti. V njem potekajo ključni procesi, kot so kroženje hranil, energijski tok, regulacija populacij ter vzpostavljanje in rušenje ekološkega ravnovesja. Povezanost med vrstami in njihovim okoljem v tem okviru je osnova za delovanje celotnega ekosistema. V enem habitatu lahko sobivajo številne vrste, ki skupaj tvorijo ekološko skupnost (biocenozo), medtem ko lahko posamezna vrsta skozi svoj življenjski cikel uporablja več različnih habitatov (npr. za razmnoževanje, prehranjevanje ali prezimovanje). Ta prilagodljivost v rabi habitatov je ključna za prilagodljivost vrst na spremembe v okolju.

V okoljevarstvu se uporablja izraz habitatni tip, ki označuje tipizirano enoto habitata z določenimi strukturnimi, ekološkimi in vrstnimi značilnostmi (Jogan idr., 2004). Ti tipi predstavljajo osnovo za ocenjevanje stanja narave, spremljanje sprememb in oblikovanje ukrepov za ohranjanje biotske raznovrstnosti. Na evropski ravni so habitatni tipi klasificirani v skladu z Direktivo o habitatih, ki je osnova za vzpostavitev in upravljanje omrežja Natura 2000. Razvrstitev habitatov je možna na več načinov. Osnovna delitev ločuje kopenske in vodne habitate, pri čemer lahko dodatno upoštevamo geografska območja (npr. alpsko, dinarsko, panonsko, sredozemno) ter biogeografske regije ali ekoregije, ki združujejo območja s podobnimi klimatskimi in ekosistemskimi značilnostmi. V tem učbeniku uporabljamo razvrstitev habitatnih tipov, kot jo določa Priloga I Direktive o habitatih, v kateri je navedenih devet glavnih skupin habitatnih tipov:

1. Morski, obalni in priobalni habitatni tipi,
2. Peščene sipine v obalnih in celinskih predelih,
3. Sladkovodni habitatni tipi,
4. Resave in grmišča zmernih območij,
5. Sklerofilna grmišča (matoral),
6. Naravna in polnaravna travišča,
7. Visoka, prehodna in nizka barja,
8. Skalnat habitatni tipi in jame,
9. Gozdovi.

Ti habitatni tipi niso zgolj klasifikacijska enota, temveč imajo ključno vlogo pri ohranjanju naravnega ravnovesja, blaženju učinkov podnebnih sprememb, čiščenju vode in zraka, uravnavanju podnebja in vzdrževanju ekoloških procesov. V okviru varstva okolja in upravljanja naravnih virov so poznavanje

habitatov in njihove ekologije bistvenega pomena, saj omogočajo učinkovito načrtovanje rabe prostora, varovanje ogroženih vrst ter usklajevanje človekovih dejavnosti z nosilno zmogljivostjo narave.

6.3.1 Morski, obalni in priobalni habitatni tipi: ekološki pomen, okoljski izzivi in varstveni ukrepi

Ti tipi predstavljajo ključno komponento naravne raznovrstnosti na stiku med kopnim in morjem. Ti habitatni tipi so pretežno omejeni na Jadransko morje, natančneje na slovensko obalo, ki meri približno 46 kilometrov, in vključujejo obalne klife, plitvine, muljaste zalive, podmorske travnike ter območja estuarijev in lagun. Kljub majhnemu geografskemu obsegu Slovenija ohranja pomembne predstavnike več evropsko pomembnih habitatnih tipov, ki so opredeljeni v Prilogi I Direktive o habitatih. V Sloveniji so morski, obalni in priobalni habitatni tipi prisotni v različnih oblikah, od plimskih obrežij in lagun do podvodnih travnikov in slanih mokrišč. Njihovo razumevanje kot življenjskih prostorov vključuje tudi upoštevanje njihove prostorske razgibanosti, časovne dinamike (npr. plimovanje, sezonskost), motenj (npr. naravne motnje ali antropogeni pritiski) in ekološke povezanosti z drugimi tipi habitatov. Fizikalno in geomorfološko so ta območja raznolika: vključujejo peščene in muljaste obale, prodnate zalive, strme klife in podvodne planjave (Jogan idr., 2004). Območje izliva reke Rižane in Škocjanskega zatoka predstavlja prehodno okolje med sladkovodnimi in morskimi vplivi, kjer se nahajajo estuariji in obalne lagune. V teh območjih so prisotne izrazite spremembe v slanosti, vodostaju in usedanju sedimentov, kar ustvarja pogoje za specifične habitatne tipe. Kemično so ta okolja zaznamovana s spremenljivo slanostjo, nihajočo vsebnostjo kisika in organskega materiala, zlasti na območjih z zastajajočo vodo in povečanim pritiskom s kopnega. Biološko gre za prostore z visoko primarno produktivnostjo in ekološko povezanostjo: tukaj se stikajo ekosistemi morskih travnikov, obalnih mokrišč, školjčič in priobalnih gozdov. Med pomembnejšimi habitatnimi tipi v slovenskem obalnem pasu izstopajo podmorski travniki z morskovo travo (*lat. Cymodocea nodosa*), muljasti položji, ki se ob oseki deloma izsušijo, ter plitvi, zaprti zalivi in lagune, kot je Škocjanski zatok (Jogan idr., 2004). Občasno poplavljen slana travnišča ter degradirane soline z ohranjenimi naravnimi elementi imajo poseben pomen za ptice selivke in za vrste, prilagojene na slanost, kot so halofitne rastline. Klifi nad Strunjanom ter flišna obala (slika 72) so pomembni zaradi redkosti takšnega substrata v regiji in predstavljajo pomembna zatočišča za vegetacijo in živali, občutljive na motnje. V podvodnem okolju so zlasti pomembne plitve kamnite ali peščene grebenske strukture, kjer uspevajo različne združbe alg, nevretenčarjev in rib.

Slika 72: Klifi v Krajinskem parku Strunjan



Krajinski park Strunjan. (b. d.). Klif. <https://parkstrunjan.si/presezni/klif/>

V evropskem kontekstu so številni od teh habitatnih tipov uvrščeni med prednostne, kar pomeni, da je njihovo ohranjanje obveznost držav članic EU. V Sloveniji so najbolj ohranjeni primeri teh habitatov vključeni v območja Natura 2000, kot so Sečoveljske soline, Škocjanski zatok, Strunjanski klif in del Tržaškega zaliva. Na teh območjih poteka spremljanje stanja habitatov, izvajajo se varstveni ukrepi in omejujejo posegi, ki bi lahko negativno vplivali na njihovo ohranjenost (Kačičnik Jančar idr., 2022).

Ključni varstveni ukrepi vključujejo omejevanje gradnje in umetnih posegov, nadzor nad onesnaževanjem, ohranjanje tradicionalne rabe, odstranjevanje invazivnih vrst, varovanje mirnih območij, upravljanje turistične rabe in vzpostavljanje območij z omejenim izkoriščanjem virov. Vsi ti ukrepi so usmerjeni v ohranitev naravnih značilnosti habitatov kot funkcionalnih življenjskih prostorov in v preprečevanje njihove degradacije.

6.3.2 Peščene sipine v obalnih in celinskih predelih: ekološki pomen, okoljski izzivi in varstveni ukrepi

Peščene sipine so dinamični habitatni tipi, ki nastajajo tam, kjer se droben pesek kopiči pod vplivom vetra in valovanja. Gre za izjemno posebna okolja z nestabilnim substratom, visoko prepustnostjo tal, omejenimi hranili in velikimi temperaturnimi nihanjem. Rastline in živali, ki poseljujejo takšna okolja, so visoko specializirane, pogosto endemične ali ogrožene, zaradi česar imajo peščene sipine velik ekološki pomen in pomembno naravovarstveno vrednost. V evropskem prostoru so najbolj razvite vzdolž obal Atlantika, Severnega morja in Sredozemlja, kjer se pojavljajo v različnih razvojnih stadijih, od nastajajočih mobilnih sipin do ustaljenih travnišč in celo gozdnatih združb.

Slovenija zaradi svojih geomorfoloških značilnosti in kratke obale ne sodi med države z razvito sipinsko obalno krajino, vendar kljub temu ohranja posamezne habitatne tipe s podobnimi značilnostmi, predvsem v notranjosti države, zlasti v panonskem delu. Tam so ohranjeni fragmenti celinskih sipin, ki jih uvrščamo med prednostni habitatni tip. Panonske sipine celinskih predelov najdemo na območjih Goričkega in v okolici Murske Sobote, kjer se peščena tla pojavljajo kot ostanki nekdanjih rečnih in eolskih procesov. Zaradi sušnih razmer, hranilne revščine in močne sončne izpostavljenosti uspevajo tu pionirske travniške združbe z redkimi in toploljubnimi vrstami, prilagojenimi na ekstremne pogoje.

Habitat ima ključno ekološko vlogo kot življenjski prostor za vrste, ki drugje ne morejo preživeti. Rastlina *Stipa eriocalis* je npr. značilna za tovrstna odprta, suha in peščena rastišča ter je kazalnik ohranjenosti stepnih habitatov (Jogan idr., 2004). Ti habitatni ostanki niso le botanično in zoološko dragoceni, temveč odražajo tudi tradicionalno rabo prostora, kot so paša, nizko intenzivna raba tal in odprta kulturna krajina. V Sloveniji imajo s tem dodatno kulturno-krajinsko vrednost, saj ohranjajo strukturo odprte krajine v kulturnem mozaiku.

V obalnem območju Slovenije klasičnih oblik mobilnih sipin ne najdemo, a se lahko lokalno razvijejo mikrosipine oziroma pionirska peščena rastišča na območjih nasipov in naravnih prehodov med morjem in zaledjem. Najbolj izraziti primeri so v okolici Sečoveljskih solin in izliva Dragonje, kjer se pojavljajo združbe s halofitnimi in psamofitnimi vrstami, kot je *Eryngium amethystinum* (slika 73). Podobne vrste so pomembne za ekološko stabilnost priobalnega pasu, saj s svojim koreninskim sistemom prispevajo k utrjevanju sipine, obenem pa nudijo zavetje žuželkam, kot so peščene žuželke, in plazilcem. Mikrosipine omogočajo tudi počivališča in prehranjevališča za ptice selivke, zlasti v kombinaciji s slanimi travišči in lagunami.

Slika 73: *Eryngium amethystinum*



Botanični vrt. (b. d.). *Splošni podatki o rastlini (Eryngium amethystinum)*. Rastline ki rastejo v botaničnem vrtu Univerza v Ljubljani. <https://www.botanicni-vrt.si/component/rastline/eryngium-amethystinum>

Varstveni pomen teh habitatov izhaja iz njihove velike ogroženosti, saj so zaradi naravnih procesov in človeških pritiskov pogosto v regresiji ali povsem izgubljeni. Med glavne grožnje sodijo opuščanje tradicionalne rabe, zaraščanje z invazivnimi vrstami (*Robinia pseudacacia*, *Ailanthus altissima*), pozidava in intenzifikacija rabe tal, zlasti v celinskem prostoru, medtem ko so ob morju glavni pritiski turizem, posegi v prostor, utrjevanje obale in spremembe vodne dinamike (Jogan in Strgulc Krajšek, 2010). Ukrepi, ki so se izkazali kot učinkoviti, vključujejo odstranjevanje lesne zarasti in tujerodnih vrst, ponovno uvedbo tradicionalnih rab, kot so sezonska paša ali košnja, preprečevanje zaraščanja z gozdnim robom, omejevanje dostopa ali usmerjanje obiska ter varovanje mirnih območij za redke in občutljive vrste. V Sloveniji so ključni ostanki celinskih sipin vključeni v območja Natura 2000, kjer zanje veljajo posebni režimi upravljanja. Na obali pa je pomembno ohraniti prehodna območja med solinami, lagunami, slanimi travniki in naravno obalno linijo, ki omogočajo razvoj mikrosipinskih habitatov z visoko naravovarstveno vrednostjo.

6.3.3 Sladkovodni habitatni tipi: ekološki pomen, okoljski izzivi in varstveni ukrepi

Sladkovodne stoječe vode v Sloveniji predstavljajo izjemno pomembne habitate, ki vključujejo naravna jezera, presihajoče vodne površine, plitve oligotrofne in mezotrofne vodne sisteme ter značilne združbe vodne vegetacije. Gre za pogosto reliktno ekosistemo, ki so se oblikovali po ledeni dobi in so zaradi ozke ekološke tolerance izredno občutljivi na spremembe v okolju. Ekološki pomen teh habitatov je večplasten: delujejo kot ključni rezervoarji biotske raznovrstnosti, saj nudijo življenjski prostor številnim specializiranim in ogroženim rastlinskim in živalskim vrstam, kot so npr. *Chara spp.*, *Potamogeton natans* in *Nymphaea alba* (beli lokvanj). Poleg tega prispevajo k regulaciji vodnega režima, blažijo vplive poplav in sušnih obdobji ter imajo pomembno vlogo pri kroženju hranil in ogljika v naravnem okolju (Kok idr., 1990).

V Sloveniji so ti habitatni tipi geografsko raznoliki in vezani na specifične naravne razmere. Habitat trde oligo-mezotrofne vode s parožnicami (*Chara sp.*) je značilen za nekatere dele Cerkniškega in Planinskega polja, zlasti v sezonsko poplavljenih predelih, kjer se ohranjajo bazične, s karbonatom bogate vode (slika 74). Tip naravnega jezera Bled in Družmirsko jezero, vključuje vrste, kot sta *Ceratophyllum sp.* (rogolist) in *Hydrocharis morsus-ranae* (vodna roža).

Slika 74: Chara sp.



Nurashov, S., Jumakhanova, G., Barinova, S., Romanov, R., Sametova, E., Jiyenbekov, A., Shalgimbayeva, S. in Smith, T. E. (2023). Charophytes (Charophyceae, Charales) of South Kazakhstan: Diversity, distribution, and tentative Red List. *Plants*, 12(2), 368. <https://doi.org/10.3390/plants12020368>

Ti ekosistemi so danes močno ogroženi zaradi vrste okoljskih izzivov. Med najpomembnejšimi so eutrofikacija zaradi prekomernega vnosa hranil iz kmetijstva in urbanih območij, kar vodi do zmanjšanja prosojnosti vode, zaraščanja z oportunistično vegetacijo in izgube značilnih vrst. Dodatno grožnjo predstavljajo hidromelioracije, izsuševanje mokrišč, regulacija brežin ter zmanjšanje naravne dinamike vodnega režima. Vpliv podnebnih sprememb se kaže v spremenjeni hidrološki bilanci, daljših sušnih obdobjih in višjih temperaturah vode, kar dodatno poslabšuje razmere v teh habitatih (Muri idr., 2018).

Za dolgoročno ohranitev teh habitatov so nujni ciljno usmerjeni varstveni ukrepi. Ključno je ohranjanje oziroma obnavljanje naravnega vodnega režima, prepoved izsuševanja in prekomernega poseganja v obvodno vegetacijo ter vzpostavljanje varovalnih pasov brez intenzivne rabe. Pomembno je tudi zmanjševanje vnosa hranil z urejanjem kmetijskih praks v zaledju in učinkovito upravljanje z odpadnimi vodami. Monitoring stanja vegetacije, kakovosti vode in morebitnih invazivnih vrst mora biti sistematičen in dolgoročen. Varstvo teh habitatov mora temeljiti na znanstveno utemeljenih načelih in biti vključen v širše prostorske in naravovarstvene strategije, v skladu z evropsko Direktivo o habitatih, ki izrecno opredeljuje večino tovrstnih habitatnih tipov kot prednostno varovane. Stoječe sladke vode tako niso le dragocen del naravne dediščine, temveč tudi nepogrešljiv element stabilnega in odpornega krajinskega sistema.

6.3.4 Resave in grmišča zmernih območij: ekološki pomen, okoljski izzivi in varstveni ukrepi

Resave in grmišča zmernih območij predstavljajo ekološko zelo raznolike polnaravne habitatne tipe, ki se pojavljajo na različnih nadmorskih višinah, tipih tal in podnebnih razmerah. Gre za habitate, ki so pogosto posledica tradicionalne rabe prostora, paše, košnje ali požiganja in jih danes ogroža predvsem zaraščanje zaradi opustitve rabe. Ti habitatni tipi so ključnega pomena za ohranjanje visoke stopnje biotske raznovrstnosti na prehodnih območjih med gozdovi in odprto krajino ter predstavljajo zatočišče za številne redke in specializirane vrste rastlin in živali. Pomembni so tudi z vidika ohranjanja naravne dinamike, saj omogočajo prehodne faze v sukcesiji in s tem stabilnost ekosistemov.

V Sloveniji najdemo več tipov resav in grmišč, ki jih opredeljuje Direktiva o habitatih. Pomemben primer so evropske suhe resave, ki so razširjene predvsem na toplih, suhih pobočjih gričevij in nižjega hribovja v jugovzhodni Sloveniji, kjer se pojavljajo skupaj z vrstami, kot so *Calluna vulgaris* (slika 75), *Helianthemum nummularium* (navadni sončni grm) in različne vrste trav iz rodov *Festuca* in *Bromus*. Na višjih nadmorskih višinah Julijskih Alp, Kamniško-Savinjskih Alp in Karavank so prisotne alpske in borealne resave ter ruševja, v katerih prevladujejo pritlikavi bor (*Pinus mugo*) in dlakavi sleč (*Rhododendron hirsutum*), skupaj z vrstami, kot so *Vaccinium myrtillus* (borovnica), *Empetrum hermaphroditum* ter številne druge kisline prenesljive vrste. Na dinarskih planotah, predvsem na Jelovici, Pokljuki in na Kočevskem se pojavljajo tudi severnoatlantske vlažne resave, kjer najdemo kislila, z vlago bogata tla in vrste, kot je *Erica carnea*. Poseben habitatni tip, ki se v Sloveniji pojavlja na stičnih območjih subpanonskega in subkontinentalnega prostora (npr. Goričko, Haloze), so subkontinentalna predpanonska grmičevja, kjer uspevajo grmičaste vrste, kot so *Prunus spinosa* (črni trn), *Cornus sanguinea* (rdeči dren), *Rosa canina* (pasja vrtnica) in *Ligustrum vulgare* (navadna ligustra) (Jogan idr., 2004).

Slika 75: *Calluna vulgaris*



Hull, L. (b. d.). *Splošni podatki o rastlini (Calluna vulgaris)*. Botanični vrt Univerze v Ljubljani. <https://www.botanicni-vrt.si/component/rastline/calluna-vulgaris>

Ekološki pomen teh habitatov se kaže predvsem v ohranjanju mozaikov kulturne krajine z visoko naravovarstveno vrednostjo, v podpori opraševalcem in drugim žuželkam ter pticam, kot so rjavi srakoper (*Lanius collurio*) in travniška postovka (*Falco peregrinu*) (Kačičnik Jančar idr., 2022).

Največji okoljski izzivi, povezani s temi habitatnimi tipi, so zaraščanje zaradi opuščanja tradicionalne rabe (npr. paše drobnice), zaraščanje s tujerodnimi invazivnimi vrstami (npr. *Robinia pseudacacia*, *Ailanthus altissima*), pretirana sukcesija v gozd ter spremembe rabe tal, kot so pozidava, intenzifikacija kmetijstva ali pogozdovanje (Jogan in Strgulc Krajšek, 2010). Poleg tega lahko neugodni vplivi podnebnih sprememb, kot so pogostejša sušna obdobja ali povečana nevarnost požarov, pomembno vplivajo na stabilnost teh habitatov.

Za učinkovito varstvo resav in grmišč je ključno ohranjanje tradicionalnih načinov rabe, kot so ekstenzivna paša, občasno odstranjevanje grmovja in nadzor nad sukcesijo. Pomembno je tudi preprečevanje razraščanja invazivnih vrst ter vključevanje teh habitatov v območja varstva narave (npr. Natura 2000) in kmetijsko-okoljske ukrepe, ki omogočajo njihovo trajnostno upravljanje. Monitoring stanja habitatov ter usmerjeno ozaveščanje lokalnega prebivalstva in lastnikov zemljišč predstavljata dodatna, a ključna vidika dolgoročnega ohranjanja teh pomembnih ekoloških enot v kulturni krajini Slovenije.

6.3.5 Sklerofilna grmišča (matoral): ekološki pomen, okoljski izzivi in varstveni ukrepi

Sklerofilna grmišča (matoral) predstavljajo enega izmed ključnih sestavnih delov mediteranskih in submediteranskih krajin ter njihovih prehodnih območij, kjer prevladujejo rastline, prilagojene sušnim, sončnim in vetrovnim razmeram, pogosto na hranilno revnih in kamnitih tleh. Sklerofilni habitati so sestavljeni iz trdih, usnjatih listov (sklerofilija), ki zmanjšujejo izgubo vode, ter rastlinskih vrst, odpornih na poletno sušo, požare in pašo. Ekološki pomen teh habitatov je večplasten: poleg tega, da so naravno prehodno stanje v sukcesiji po opustitvi rabe, imajo pomembno vlogo pri preprečevanju erozije, ohranjanju tal, delujejo kot pomembna mikroklimatska zatočišča in omogočajo preživetje številnim redkim vrstam. So tudi ključni za ohranjanje krajinske raznolikosti in imajo veliko estetsko in kulturno vrednost v sredozemskih regijah (Lombardo idr., 2020).

V Sloveniji so sklerofilna grmišča omejena predvsem na jugozahodni del države, zlasti na slovensko Istro, Kras in obmorska območja. Ta habitat pogosto spremljajo vrste, kot so *Berberis vulgaris* (navadni češmin), *Cotinus coggygria* (ruj) in *Dictamnus albus* (divja pepelika). Na odprtih, suhih traviščih na karbonatnih tleh so razširjeni tudi sestoji navadnega brina (*Juniperus communis*), ki so pomembni za ohranjanje mozaične kulturne krajine na Krasu in Goriškem (slika 76). V toplih, submediteranskih legah s prehodi v mediteransko vegetacijo se pojavljajo še drevesasta sklerofilna grmišča z vrstami brina, predvsem *Juniperus spp.*, ki tvori goste, nizke sestoje na izpostavljenih, suhih pobočjih. V Sloveniji so takšna rastišča redka in omejena na skrajni jugozahod (Jogan idr., 2004).

Slika 76: *Juniperus communis*

Medvedec, B., Jurčević Šangut, I., Macanović, A., Karalija, E. in Šamec, D. (2025). Biflavonoid profiling of *Juniperus* species: The influence of plant part and growing location. *Applied Sciences*, 15(13), članek 7082. <https://doi.org/10.3390/app15137082>

Glavne okoljske grožnje za sklerofilna grmišča vključujejo opuščanje tradicionalne rabe (npr. paše in košnje), kar vodi v sukcesijo proti gozdu ali zaraščanje z invazivnimi vrstami. Dodatni pritisk predstavljajo pozidava, širjenje cestne infrastrukture, požari (bodisi naravni bodisi povzročeni) ter erozija tal na strmih pobočjih, kjer je vegetacija oslABLJENA. Vpliv podnebnih sprememb se kaže v povečani pogostosti suš, kar dodatno obremenjuje te že tako prilagojene, a občutljive ekosisteme (Tüfekcioğlu idr., 2023).

Učinkovito varstvo sklerofilnih grmišč temelji na ohranjanju in spodbujanju tradicionalnih oblik ekstenzivne rabe, zlasti paše drobnice in občasnega odstranjevanja zarasti, ki omogoča vzdrževanje odprtosti in vrstno bogastvo. Pomembna je tudi vzpostavitev pasivne zaščite pred pozidavo in gradnjo, redno spremljanje stanja habitatov, nadzor nad širjenjem invazivnih vrst ter vključevanje teh območij v naravovarstveno načrtovanje (npr. Natura 2000). V nekaterih primerih je smiselna tudi sanacija po požarih s pomočjo naravne regeneracije in aktivno odstranjevanje erozijsko ogroženih struktur. Sklerofilna grmišča ostajajo ključen element sredozemske narave, katerih trajnostno ohranjanje je mogoče le z razumevanjem njihove občutljive ekološke vloge ter kulturnozgodovinskega pomena.

6.3.6 Naravna in polnaravna travišča: ekološki pomen, okoljski izzivi in varstveni ukrepi

Naravna in polnaravna travišča sodijo med najpomembnejše in hkrati najbolj ogrožene habitatne tipe v Sloveniji in širšem evropskem prostoru. Nastala so kot rezultat dolgotrajnega sooblikovanja med človekovo tradicionalno rabo zlasti ekstenzivno pašo, košnjo in požiganjem ter naravnimi okoljskimi dejavniki, kot so tip tal, nadmorska višina, padavinski režim in ekspozicija. Ekološki pomen teh travišč je izjemen. Predstavljajo eno izmed najbolj vrstno bogatih okolij v zmernem pasu, pogosto z več sto rastlinskimi vrstami na hektar, med katerimi so številne redke, endemične ali zavarovane. Poleg rastlinske pestrosti so ključna za preživetje številnih živalskih skupin metuljev, ptic, opraševalcev, dvoživk in plazilcev ter opravljajo pomembne ekosistemske storitve, kot so zadrževanje vode, zaščita tal pred erozijo, skladiščenje ogljika in ohranjanje krajinske raznolikosti.

V Sloveniji se pojavlja širok razpon habitatnih tipov, od skalnih, suhih in toploljubnih travišč do vlažnih, mezofilnih in aluvialnih tipov. Med naravna travišča sodijo na primer skalna travišča na bazičnih tleh, značilna za kraška robna območja z vrstami, kot so *Sedum album* (beli netresk) in *Campanula spicata* (klasasta zvončnica). Pomemben naravni tip so tudi alpinska in subalpinska travišča na karbonatnih tleh, razvita na višje ležečih planotah Julijskih Alp, kjer prevladujejo vrste, kot so *Carex firma* (čvrsti šaš), *Festuca rupicola*, *Gentiana clusii* (Clusijev svišč) in *Geum rivale*. Med polnaravna suha travišča so najbolj razširjena travišča reda *Festuco-Brometalia*, ki uspevajo na karbonatnih tleh Primorske, Notranjske in Dolenjske. Ta travišča so še posebej znana po bogastvu kukavičevk, npr. *Orchis morio* (pikasti kukovičnik), *Anacamptis pyramidalis* (piramidasti kukovičnik) in *Ophrys apifera* (čebeljelika kukavica). V panonskem delu Slovenije najdemo redka subpanonska stepska travišča in panonska travišča na puhličastih tleh, vezana predvsem na Goričko, ki vključujejo vrste, kot so *Stipa eriocaulis* in *Salvia pratensis* (slika 77). V aluvialnih ravninah večjih rečnih dolin, zlasti ob Muri, Dravi in Savi, se pojavljajo aluvialni travniki zveze *Cnidion dubii*, kjer uspevajo vrste, kot so *Sanguisorba officinalis* (navadna stožka), *Carex panicea* (modrikasti šaš) in *Filipendula ulmaria* (močvirski oslad). Med mezofilna travišča sodijo gorski in nižinski ekstenzivno gojeni travniki, ki predstavljajo temelj kmetijske krajine slovenskega podeželja in so habitat številnih značilnih vrst, kot so *Trifolium montanum*, *Leucanthemum vulgare* (volnati ivanjšček), *Dactylorhiza majalis* (majniška prstasta kukavica) in *Crepis biennis* (dvoletna srha) (Jogan idr., 2004).

Slika 77: *Salvia pratensis*

Luca, S. V., Skalicka-Woźniak, K., Mihai, C.-T., Gradinaru, A. C., Mandici, A., Ciocarlan, N., Miron, A. in Aprotosoae, A. C. (2023). Chemical profile and bioactivity evaluation of *Salvia* species from Eastern Europe. *Antioxidants*, 12(8), članek 1514. <https://doi.org/10.3390/antiox12081514>

Kljub svoji vrednosti so travišča med najbolj ogroženimi habitati v Evropi. Največji okoljski izziv predstavlja opuščanje tradicionalne rabe, kar vodi v zaraščanje z lesno vegetacijo in izgubo vrstno bogate strukture. Na drugi strani pa intenzifikacija kmetijstva gnojenje, izsuševanje, zgodnja in pogosta košnja ter preoravanje vodi v poenostavitev vegetacije in izgubo značilnih vrst. Še posebej občutljiva so travišča z orhidejami, ki ne prenašajo gnojenja in mehanskih posegov (Gorris idr., 2025). Dodatne grožnje predstavljajo pozidava, širjenje cestne in energetske infrastrukture, uvajanje invazivnih vrst (npr. *Solidago gigantea* – orjaška zlata rozga, *Ambrosia artemisiifolia* – pelinolistna ambrozija), ter posledice podnebnih sprememb, ki vplivajo na dinamiko rabe in sezonskost (Jogan in Strgulc Krajšek, 2010).

Za ohranjanje teh habitatov so ključni ukrepi, ki temeljijo na prilagojeni trajnostni rabi. Sem sodi ekstenzivna košnja (največ enkrat letno po cvetenju), paša z zmerno obremenitvijo, ohranjanje mozaične krajinske strukture ter prepoved gnojenja in obdelave tal na vrstno bogatih rastiščih. Pomembno vlogo imajo kmetijsko-okoljski ukrepi in vključitev travišč v območja Natura 2000 ter druge oblike varstva narave. Nujno je redno spremljanje stanja habitatov, ozaveščanje lokalnih skupnosti o pomenu teh površin ter vključevanje naravovarstvenih vsebin v prostorsko načrtovanje. Le z usklajenim upravljanjem, ki spoštuje naravne zakonitosti in kulturno krajino, je možno dolgoročno ohraniti eno izmed najdragocenejših naravnih bogastev Slovenije.

6.3.7 Visoka, prehodna in nizka barja: ekološki pomen, okoljski izzivi in varstveni ukrepi

Barja predstavljajo edinstvene mokriščne ekosisteme, v katerih zaradi počasne razgradnje organske snovi v z vodo nasičenem okolju nastaja šota. Razlikujemo visoka, prehodna in nizka barja, ki se ločijo glede na vir prehrane z vodo in minerali, morfologijo ter vegetacijsko sestavo. Ekološki pomen barj je izjemen. So pomembna zatočišča za številne redke in ogrožene rastlinske in živalske vrste, delujejo kot pomembni ponori ogljika in zadrževalniki vode, blažijo poplave in vzdržujejo mikroklimatsko stabilnost v pokrajini. Zaradi posebnih okoljskih razmer kislih, mokrih in hranilno revnih tal se v barjih razvijajo specializirane in prilagojene združbe, ki jih ni mogoče najti v drugih habitatih (Jisha in Puthur, 2021).

V Sloveniji so visoka barja redka in omejena na alpske in predalpske regije. Mednje sodijo aktivna visoka barja, kot je barje na Šijcu na Pokljuki ali Lovrenška jezera na Pohorju, kjer prevladujejo *Sphagnum sp.* (slika 78), *Eriophorum vaginatum* (navadna mahovnica), *Andromeda polifolia* (čretna rožmarinka) ter šaši, kot je *Carex limosa* (močvirska ostrica). Pomembna so tudi okrnjena visoka barja, ki se še lahko sama obnavljajo, kot npr. Mali bar na Jelovici. Prehodna barja imajo lastnosti tako visokih kot nizkih barj in se pojavljajo na prehodnih območjih, na primer na Planinskem polju. V njih uspevajo vrste, kot so *Menyanthes trifoliata* (vodna deteljica), *Drosera rotundifolia* (okroglostna rosika) in različni šotni mahovi. Med nizkimi barji so posebej pomembna karbonatna barja z navadno reziko in vrste zveze *Caricion davallianae*, ki jih najdemo na Ljubljanskem barju in na Cerkniškem polju, z vrstami, kot so *Cladium mariscus* (navadna rezika), *Carex davalliana* (Davallijeva ostrica) in *Parnassia palustris* (močvirska nebina) (Jogan idr., 2004).

Slika 78: *Sphagnum sp.*



Pladevall-Izard, E., Pérez-Haase, A., Carrillo, E., Escolà, N. in Ninot, J. M. (2025). Restoring high mountain *Sphagnum* communities in the Central Pyrenees. *Ecologies*, 6(4), članek 67. <https://doi.org/10.3390/ecologies6040067>

Glavni okoljski izzivi, s katerimi se soočajo barja, izvirajo iz dolgoletnega izsuševanja, melioracij, pridobivanja šote, zaraščanja zaradi opustitve tradicionalne rabe (košnja, paša), vnosa hranil ter invazivnih vrst. Barja so izjemno občutljiva na spremembe v vodnem režimu, kot so znižanje gladine

podtalnice vodi do mineralizacije šote, izgube značilne vegetacije in sproščanja ogljika v ozračje. Vpliv podnebnih sprememb se kaže v pogostejših sušnih obdobjih in zmanjšanju dotoka površinskih vod, kar dodatno ogroža ohranjanje teh habitatov (Ingrao idr., 2020).

Za trajnostno rabo in dolgoročno ohranjanje barij so ključni ukrepi usmerjeni v varovanje naravnega vodnega režima. Sem sodijo zapiranje drenažnih kanalov, obnova zaraščenih površin, odstranjevanje lesne zarasti, nadzor nad invazivnimi vrstami in ponovna vzpostavitev odprtih, mozaikasto strukturiranih habitatov. Pomembno je ohranjanje tradicionalne košnje na nizkih barjih, brez gnojenja in z uporabo prilagojene opreme (Nyumah in Brambilla, 2025).

6.3.8 Skalnati habitatni tipi in jame: ekološki pomen, okoljski izzivi in varstveni ukrepi

Skalnati habitatni tipi in jame sodijo med najbolj naravno ohranjene, a tudi najbolj specializirane in občutljive habitate v Evropi. Gre za okolja z ekstremnimi razmerami, z veliko svetlobe ali popolno temo, pomanjkanje vode ali njeno stalno prisotnost, temperaturno nihanje ali konstantnost, zaradi česar v njih uspevajo izjemno prilagojene vrste rastlin in živali. Ekološki pomen teh habitatov je večplasten: so zatočišča za številne redke, endemične in reliktnne vrste, ključni elementi geodiverzitete, pomembni za ohranjanje naravnih procesov, krajin in mikroklimatske stabilnosti ter imajo visoko znanstveno, kulturno in estetsko vrednost (Fitzsimons, 2017).

V Sloveniji so zelo razširjena karbonatna melišča montanskega in alpskega pasu, zlasti v Julijskih Alpah, kjer uspevajo vrste, kot so *Thlaspi rotundifolium* (slika 79), *Campanula spicata* in *Saxifraga crustata*. Na silikatnih podlagah, kot so dela Karavank in Pohorja, najdemo silikatna melišča z značilno pionirsko vegetacijo, med katero so *Androsace chamaejasme* in *Gnaphalium uliginosum*. Posebno skupino predstavljajo skalna pobočja z rastlinjem skalnih razpok, kjer uspevajo izjemno prilagojene vrste z nizko rastjo in globokimi koreninami, npr. *Asplenium trichomanes* in *Sedum album* (beli netresk). V podalpskem pasu so redki in ranljivi tudi habitatni tipi, kot so srednjeevropska karbonatna melišča in apnenčasti podi, kjer vegetacijo sestavljajo pionirske vrste, občutljive na pohodništvo in zbijanje tal (Jogan idr., 2004).

Slika 79: *Thlaspi rotundifolium*



Oberli, S. (2020). *Thlaspi rotundifolium*. SwissNature.

<https://www.swissnature.org/Pages/PhotoDet.aspx?PictId=F166727&Lang=E>

Jame kot posebna podzemna okolja so vključene v habitatni tip jame, ki niso odprte za javnost, in predstavljajo enega izmed najpomembnejših elementov slovenske naravne dediščine. V njih živijo številni endemi, kot so *Proteus anguinus*, podzemne vrste hroščev in pajkov ter kolonije netopirjev. Zaradi stalne teme, visoke vlažnosti in stabilne temperature se v teh okoljih razvijajo izredno specializirani ekosistemi z nizko produktivnostjo, a visoko občutljivostjo na motnje (Jogan idr., 2004).

Največje okoljske grožnje za skalnate habitate in jame izvirajo iz neposrednih fizičnih posegov, kot so gradnja poti, smučišč, turne dejavnosti, planinskih in plezalnih aktivnosti, pa tudi iz onesnaževanja, podnebnih sprememb, intenzivnega turizma in rudarskih vplivov. V jamah so dodatni izzivi neprimerna razsvetljava, masovni obisk, odlaganje odpadkov ter spremembe mikroklima zaradi odprtja ali zaprtja vhodov (Bevilacqua idr., 2021).

Za varstvo in trajnostno rabo teh habitatov so ključni prostorska omejitev posegov, regulacija dostopa (npr. omejitve obiska jam, prepoved plezanja v varstveno pomembnih stenah), vzdrževanje naravnega hidrološkega in mikroklimatskega režima, nadzor nad vnosom onesnaževal in monitoring ogroženih vrst. Potrebno je sodelovanje z lokalnimi planinskimi, jamarskimi in turističnimi društvi ter vključitev habitatov v območja Natura 2000. Posebna pozornost mora biti namenjena tudi ozaveščanju obiskovalcev in znanstveni podpori upravljanju teh habitatov, saj gre pogosto za okolja z izjemno visoko naravno vrednostjo, ki nimajo nadomestila. Skalnati habitatni tipi in jame tako predstavljajo skrajno občutljive, a nepogrešljive sestavine naravne krajine, katerih ohranitev zahteva usklajeno, dolgoročno in strogo regulirano upravljanje (Cardoso idr., 2024).

6.3.9 Gozdovi: ekološki pomen, okoljski izzivi in varstveni ukrepi

Gozdovi so najboljše naravni kopenski habitatni tipi v Sloveniji in po vsej Evropi. Predstavljajo ključne ekosisteme z izjemnim pomenom za ohranjanje biotske raznovrstnosti, varovanje tal pred erozijo, uravnavanje podnebja, skladiščenje ogljika in ohranjanje vodnega režima. V gozdovih poteka vrsta pomembnih naravnih procesov, kot so kroženje snovi, sukcesija, regeneracija in medvrstna dinamika. So življenjski prostor za nešteto vrst od mikroskopskih organizmov v tleh, gliv in lišajev do ptic, sesalcev in velikih plenilcev. Pomembno vlogo imajo tudi v kulturnem in gospodarskem prostoru človeka, zato je njihovo trajnostno upravljanje ključno za uravnoteženo sobivanje človeka in narave.

V Sloveniji je pestrost gozdnih habitatnih tipov izjemna zaradi stičišča alpskih, dinarskih, panonskih in submediteranskih vplivov. Med najpomembnejšimi naravnimi gozdovi evropskega zmernege pasu so bukovi gozdovi (npr. bukovi gozdovi *Luzulo-Fagenion*), ki pokrivajo velik del hribovitega in gorskega sveta. V njih uspevajo vrste, kot so *Fagus sylvatica* (navadna bukev) (slika 80), *Luzula luzuloides* (gorska bekica), *Anemone trifolia* in *Oxalis acetosella* (gozdna kislica). Pomembni so tudi ilirski bukovi in ilirski hrastovo-belogabrovi gozdovi, značilni za Dinaride, z vrstami, kot so *Acer pseudoplatanus* (gorski javor), *Erythronium dens-canis* (pasji zob) in *Carpinus betulus* (navadni gaber). V nižinah in dolinah rek so razširjeni obrečni gozdovi, ki vključujejo vrste, kot so *Alnus glutinosa* (črna jelša), *Fraxinus excelsior* (navadni jesen), *Ulmus laevis* (resasti brest) in *Salix alba* (bela vrba). Ti habitati so ključni za ohranjanje poplavne dinamike in življenjski prostor za številne dvoživke, ptice in žuželke. V submediteranskem delu Slovenije, zlasti v Slovenski Istri, se pojavljajo termofilni gozdovi s *Fraxinus angustifolia* in puhastim hrastom (*Quercus pubescens*), prilagojeni sušnim in toplim razmeram. V višjih legah Julijskih Alp so prisotni kisloljubni smrekovi gozdovi, kjer prevladuje *Picea abies* (navadna smreka), pod katero uspevajo vrste, kot so *Vaccinium myrtillus* (borovnica) in *Calamagrostis villosa* (dlakava stoklasa). V najvišjih legah uspevajo alpski gozdovi z macesnom in cemprinom s *Larix decidua* (macesen) in *Pinus spp.* (Jogan idr., 2004).

Slika 80: *Fagus Sylvatica*



Liepiņš, K. in Bleive, A. (2025). The potential of European beech (*Fagus sylvatica* L.) in the hemiboreal Baltic region: A review. *Forests*, 16(1), članek 109. <https://doi.org/10.3390/f16010109>

Med največjimi okoljskimi izzivi za ohranjanje gozdov so degradacija zaradi neustreznega gospodarjenja, prekomerne sečnje, fragmentacija zaradi infrastrukturnih posegov, spremembe v strukturi zaradi tujerodnih vrst ali bolezni (npr. sušenje jesena), pa tudi posledice podnebnih sprememb,

kot so vetrolomi, požari, suše in širjenje škodljivcev (npr. podlubniki). Dodatno grožnjo predstavlja opuščanje tradicionalnega sonaravnega gospodarjenja, kar zmanjšuje raznolikost habitatov in vitalnost sestojev (Angelstam idr., 2023).

Trajnostno upravljanje gozdov temelji na načelih sonaravne rabe, ki vključuje selektivno sečnjo, ohranjanje starejših dreves, mrtve lesne mase, naravne obnove in strukture več vrst in starosti. Pomembna je zaščita habitatov, kjer uspevajo redke ali reliktnne vrste, ter prepoved sečnje na varovanih območjih (npr. gozdni rezervati, Natura 2000). Aktivnosti vključujejo tudi spremljanje zdravstvenega stanja gozdov, preprečevanje širjenja invazivnih vrst ter prilagajanje gospodarjenja spremenjenim podnebnim razmeram (MacDicken idr., 2015).

6.4 Zavarovana območja: ekološki pomen za varstvo okolja

6.4.1 Ekološko pomembna območja: pomen in varstvo

Ekološko pomembna območja (EPO) predstavljajo enega izmed temeljnih prostorskih instrumentov za ohranjanje biotske raznovrstnosti v Sloveniji. Gre za območja, ki imajo ključno vlogo pri vzdrževanju krajinske in ekološke povezanosti, dolgoročnem ohranjanju habitatnih tipov ter stabilnosti populacij vrst, zlasti tistih, ki so ogrožene, endemične ali imajo poseben varstveni status. EPO niso namenjena strogemu varstvu, temveč predstavljajo obliko prostorskega usmerjanja z blažjim varstvenim režimom, ki vključuje predvsem prilagojeno načrtovanje rabe prostora, izvajanje naravovarstvenih usmeritev in spodbujevalnih ukrepov. Na ta način omogočajo celovito varovanje naravnih vrednot tudi zunaj formalno zavarovanih območij (Berginc idr., 2007).

Opredelitev ekološko pomembnih območij temelji na znanstveno utemeljenih kriterijih, kot so prisotnost redkih ali ogroženih habitatnih tipov, ki sodijo med prednostne habitatne tipe po Direktivi o habitatih. Prav tako se kot EPO prepoznava območja, ki omogočajo obstoj pomembnih populacij varovanih vrst, denimo gnezdišča velike uharice (*Bubo bubo*) na kraških robovih ali podzemni sistemi dinarskega krasa, kjer živi endemična človeška ribica (Hlad in Skoberne, 2001).

Posebno naravovarstveno vrednost imajo tudi območja z visoko habitatno diverzitetjo, kot so mozaična krajinska območja v Slovenskih goricah ali Halozah, kjer na majhni površini sobivajo suhi travniki, mejice, gozdni robovi in tradicionalni sadovnjaki, kar omogoča visoko vrstno pestrost ptic, metuljev in drugih oprasovalcev. Poleg tega se v okviru EPO prepoznava tudi pomembne selitvene poti živali, denimo za velike zveri, kot sta rjavi medved (*Ursus arctos*) in volk (*Canis lupus*), katerih povezovalni habitatni koridorji med Dinarskim gorstvom in Julijskimi Alpami omogočajo genski pretok in dolgoročni obstoj populacij.

EPO so pomembna tudi kot tamponska območja okoli Natura 2000 območij, saj ublažijo vplive intenzivne rabe prostora v okolici in zmanjšujejo pritisk na jedrna območja varovanih vrst in habitatov. Na primer, okolica Ljubljanskega barja (Natura 2000 območje) vključuje več EPO, ki pomembno prispevajo k ohranjanju celovitosti mokrotnega ekosistema in gnezdišč ptic, kot je kosec (*Crex crex*).

Pravno podlago za določitev EPO določa Zakon o ohranjanju narave (1999), operativno pa so ta območja opredeljena v Uredbi o ekološko pomembnih območjih (2004). Ukrepi na teh območjih vključujejo: monitoring, usklajevanje rabe prostora z naravovarstvenimi cilji, omejitve intenzivne kmetijske ali gozdarske dejavnosti, vzdrževanje tradicionalne rabe (košnja, paša, ekstenzivno kmetijstvo), prepovedi

osuševanja mokrišč, omejitve posegov v podzemne jame in spremljanje stanja habitatov in populacij vrst. S tem EPO predstavljajo pomemben steber strateškega varstva narave v Sloveniji, ki dopolnjuje formalne ukrepe z vključevanjem naravovarstvenih načel v širše prostorske in razvojne politike.

6.4.2 Posebna varstvena območja Natura 2000

Na ravni Evropske unije predstavlja vzpostavitev omrežja Natura 2000 enega izmed temeljnih mehanizmov za varstvo biotske raznovrstnosti (Šobot, 2017). Omrežje vključuje prostorsko opredeljena območja, ki so pomembna za ohranitev naravnih habitatov ter populacij redkih, ogroženih ali značilnih rastlinskih in živalskih vrst. V slovenskem pravnem sistemu se vsa območja, ki jih EU priznava kot del omrežja Natura 2000, ne glede na podlago v posamezni direktivi imenujejo posebna varstvena območja.

Posebna varstvena območja se delijo na dve kategoriji, glede na izvorni pravni okvir:

1. Posebna območja varstva (*SPA – Special Protection Areas*), ki izhajajo iz Direktive o pticah, in
2. Posebna ohranitvena območja (*SAC – Special Areas of Conservation*), opredeljena v Direktiva o habitatih.

Območja SPA se določijo za vrste ptic, navedene v Prilogi I Direktive o pticah ter za selitvene vrste, ki se redno pojavljajo na območju EU. Ključni kriteriji za vključitev območja kot SPA vključujejo prisotnost pomembnega števila osebkov ogroženih ali značilnih vrst, zlasti v času gnezdenja ali selitve. Primer takega območja v Sloveniji je Ljubljansko barje, ki je pomembno za gnezdenje in prehranjevanje ogroženih vrst, kot sta slavec (*Luscinia megarhynchos*) in kobiličar (*Locustella naevia*).

Območja SAC pa se določijo za vrste in habitatne tipe, ki so na ravni EU uvrščeni v Prilogi I in II Direktive o habitatih. Pri določanju teh območij se upošteva več meril, kot so velikost populacij na območju, ohranjenost habitatnih značilnosti, izoliranost populacij, možnosti za obnovo ter celostna vrednost območja za ohranjanje vrst ali habitatov. Tak primer je Škocjanski zatok, ki vključuje pomembne mokriščne habitatne tipe in redke vrste, kot je solinarka (*Aphanius fasciatus*).

Merila za vključitev območij v omrežje Natura 2000 so usklajena na ravni EU, a se v praksi upoštevajo nacionalne biogeografske značilnosti. V Sloveniji, ki leži na stiku treh biogeografskih regij (alpske, celinske in sredozemske),⁴ je naravna pestrost nadpovprečno visoka. Posledično obsega Natura 2000 kar 37 % ozemlja države, kar Slovenijo uvršča med države članice z največjim deležem površine zavarovane na ta način.

Za vsa območja Natura 2000 se pripravljajo in izvajajo varstveni ukrepi in ohranitveni cilji, ki izhajajo iz konkretnih varstvenih potreb na posameznem območju. Ukrepi vključujejo omejitve posegov (npr. preprečevanje izsuševanja mokrišč, prepoved intenzivne sečnje v staroraslilih gozdovih), vzpostavitev mirnih con v času gnezdenja, obnovo habitatov (npr. odstranitev invazivnih vrst ali revitalizacija poplavnih ravníc), pa tudi sodelovanje z lokalnimi skupnostmi in nosilci rabe prostora. V praksi to pomeni, da mora vsak poseg ali načrt, ki lahko pomembno vpliva na cilje varstva območja Natura 2000, prestati ustrezno presojo sprejemljivosti.

⁴ Slovenija leži v štirih biogeografskih regijah. Četrta regija obsega približno 4 % ozemlja, zato ni vključena v omrežje Natura 2000.

S tem Natura 2000 ne predstavlja sistema strogega izključevanja človekovih dejavnosti, temveč okvir za uravnoteženo in trajnostno sobivanje narave in človeka. Posebna varstvena območja tako omogočajo dolgoročno ohranjanje evropske biotske raznovrstnosti ter prispevajo k varstvu ključnih ekosistemskih storitev, kot so regulacija vodnega režima, oprashaevanje, vezava ogljika in naravna zaščita pred podnebnimi vplivi.

6.4.3 Postopek dodelitve statusa posebnega varstvenega območja Natura 2000

Določanje posebnih varstvenih območij, ki sestavljajo evropsko ekološko omrežje Natura 2000, poteka po natančno določenih postopkih, ki temeljijo na direktivah Evropske unije in znanstvenih kriterijih za opredelitev habitatnih tipov in vrst skupnega evropskega pomena. Proces vključuje več stopenj strokovnega in upravnega odločanja, pri čemer se vzpostavi ravnotežje med varstvenimi cilji in lokalnimi razvojnimi interesi.

Za posebna območja varstva (SPA), namenjena varstvu vrst iz Priloge I Direktive o pticah ter redno prisotnih selitvenih vrst, postopek vključuje pripravo znanstveno utemeljenega seznama območij, ki pomembno prispevajo k ohranjanju populacij ptic. Izbor temelji na podatkih o številnosti, razširjenosti, gnezditvenem uspehu in selitvenih poteh ter na metodologiji mednarodnih organizacij, kot je *BirdLife International*. Sledi usklajevanje z lokalnimi skupnostmi in priprava vladnega predloga, ki se potrdi z uredbo o določitvi območij Natura 2000 (Berginc idr., 2007). Primer območja, določenega kot SPA, so Sečoveljske soline, ki so ključnega pomena za selitvene in gnezdeče populacije vodnih ptic, zlasti za navadnega deževnika (*Charadrius alexandrinus*) in malega deževnika (*Charadrius dubius*) (Škornik, 2022).

Postopek za določitev posebnih ohranitvenih območij (SAC) je bolj kompleksen in poteka v dveh fazah. Prva faza se začne z oblikovanjem strokovnega predloga potencialnih območij (*pSCI – potential Sites of Community Importance*), kjer so prisotne vrste in habitatni tipi iz Priloge I in II Direktive o habitatih. Ta predlog pripravijo pristojne strokovne institucije na podlagi sistematičnega terenskega popisovanja in prostorskih analiz. Sledi usklajevanje s predstavniki lokalnih skupnosti in priprava predloga razvojnih usmeritev za posamezna območja. Država nato predlog območij pošlje Evropski komisiji v presojo. V drugi fazi poteka strokovno preverjanje na biogeografskih seminarjih, kjer sodelujejo Evropska komisija, Evropska okoljska agencija (European Environmental Agency –EEA), nacionalni organi in neodvisni znanstveni svetovalci. Območja, ki izpolnjujejo vsa merila, Komisija uvrsti na seznam območij evropskega pomena (SCI). Ko je območje priznано kot SCI, država izvede nacionalno razglasitev območja kot SAC z dopolnitvijo uredbe o območjih Natura 2000. Ta razglasitev vključuje določitev varstvenih ciljev, potrebnih ukrepov in vzpostavitev upravljaljskih mehanizmov, kot so načrti upravljanja ali pogodbeni sporazumi z lastniki zemljišč. Območje tako postane formalni del Natura 2000 z obveznostjo ohranjanja ugodnega stanja varovanih vrst in habitatov (Berginc idr., 2007). Značilen primer območja z oznako SAC v Sloveniji je Krakovski gozd, ki je pomemben zaradi ohranjenega nižinskega poplavnega gozda s prevlado hrasta doba (*Quercus robur*) ter številnih ogroženih vrst hroščev. Drug primer je območje Planinskega polja, kjer so zaščiteni kraški mokriščni habitatni tipi in ogrožene vrste, kot je človeška ribica. Območje je zaradi svoje geološke, hidrološke in biotske posebnosti uvrščeno med prioriteta območja omrežja Natura 2000.

6.4.4 Evidenca zavarovanih območij

Od sprejema uredbe leta 2004 se je omrežje Natura 2000 v Sloveniji opazno razširilo. Sprva je vključevalo 286 območij, ki so pokrivala približno 35 % ozemlja države. Danes je vanj vključenih 355 območij, kar obsega približno 37,5 % površine Slovenije. Gre za največji delež med vsemi državami članicami Evropske unije. Znotraj tega omrežja so posebej pomembni gozdovi, ki predstavljajo skoraj 70 % celotne površine Natura 2000 območij.

Primer sodobnega in celostnega varstva narave so Pivška presihajoča jezera, ki so danes zavarovana kot krajinski park in vključena v omrežje Natura 2000. Območje je ključnega pomena za ohranjanje močvirnih in suhih travniških habitatov, ki nudijo življenjski prostor ogroženim vrstam, kot so metulji barjanski okarček (*Euphydryas aurinia*) in veliki modrinčkar (*Maculinea teleius*), številni netopirji ter zaščitene dvoživke. Varstveni ukrepi obsegajo obnovo tradicionalne paše, odstranjevanje zaraščajočih vrst ter revitalizacijo naravnega vodnega režima jezer (Cernatič Gregorič, 2013).

Drugi pomemben primer je Triglavski narodni park, ki je skoraj v celoti del omrežja Natura 2000. Vključuje tako območja za varstvo ptic kot posebna ohranitvena območja (SPA in SAC), kot so Julijske Alpe, Pokljuka in dolina reke Radovne. Park ščiti značilne alpske habitatne tipe in endemične vrste, kot sta Zoisova zvončica (*Campanula zoysii*) in kosmati sleč (*Rhododendron hirsutum*). Ključni ukrepi se nanašajo na ohranitev naravne strukture visokogorskih travnikov, usmerjanje turističnega obiska ter preprečevanje širjenja invazivnih tujerodnih vrst (Triglavski narodni park, 2016).

6.4.5 Upravljanje zavarovanih območij v Sloveniji

Upravljanje območij Natura 2000 v Sloveniji temelji na usklajevanju različnih deležnikov in sektorskih politik z namenom zagotavljanja učinkovitih varstvenih ukrepov za ohranjanje ogroženih habitatnih tipov in vrst. V nasprotju z upravljanjem zavarovanih območij, kjer obstajajo formaliziran varstveni režim in določeni institucionalni upravljavci (npr. narodni parki), za območja Natura 2000 ne obstaja obvezen upravljavec. Varstveni cilji se uresničujejo predvsem prek sistematičnega načrtovanja, strokovnega usmerjanja in vključevanja varstvenih vsebin v sektorske razvojne dokumente (Šobot, 2017).

Namesto strogo določenih varstvenih režimov se upravljanje območij Natura 2000 opira na mehkejše instrumente, kot so presoje vplivov na naravo, usmeritve za prostorsko načrtovanje, naravovarstvene smernice in vključevanje ukrepov varstva v rabo prostora in naravnih virov. Ključno orodje za upravljanje je program upravljanja območij Natura 2000, ki predstavlja operativni dokument za izvedbo ciljev nacionalne strategije za ohranjanje biotske raznovrstnosti.

Program upravljanja opredeljuje konkretne varstvene cilje, ukrepe za prilagojeno kmetijsko rabo (npr. pozna košnja, omejena paša), sonaravno gospodarjenje z gozdovi in vodami, preprečevanje zaraščanja habitatov, nadzor nad invazivnimi vrstami ter kazalnike za spremljanje stanja. Ukrepi se oblikujejo na podlagi specifičnih ekoloških zahtev vrst in habitatnih tipov, zaradi katerih je območje vključeno v omrežje. Pomemben poudarek je tudi na ohranjanju povezanosti habitatov (ekoloških koridorjev) in na izboljševanju poznavanja vrst ter procesov z raziskovalnimi in monitoring aktivnostmi.

Če so ukrepi iz programov upravljanja vključeni v druge načrte rabe prostora in naravnih virov, kot so gozdnogospodarski načrti, ribiškokojitveni načrti, vodnogospodarski načrti ali lokalni razvojni programi, se ti štejejo za izvedbene upravljalvske dokumente območij Natura 2000. V bolj kompleksnih

primerih, kjer se prepletajo številni interesi in vrste rabe (npr. turizem, kmetijstvo, varstvo voda), se v okviru programa opredelijo tudi odgovorni nosilci izvajanja in smernice za pripravo podrobnejših vsebin upravljanja (Berginc idr., 2007).

V Sloveniji je trenutno v veljavi Program upravljanja območij Natura 2000 za obdobje 2023–2028, ki vključuje 355 območij (60 SPA in 295 SAC), kar obsega približno 37,5 % državnega ozemlja. V okviru programa so določeni številni ciljni ukrepi, razdeljeni po biogeografskih regijah in vrstah habitatov. Med prioriteta območja upravljanja sodijo Krajinski park Pivška presihajoča jezera, ki združuje ukrepe za varstvo suhih travnikov in dvoživk, ter Triglavski narodni park, kjer upravljanje vključuje varstvo alpskih habitatov, omejevanje obremenitev s turizmom in nadzor nad tujerodnimi vrstami.

Izvajanje programa upravljanja koordinira Zavod Republike Slovenije za varstvo narave, ki skrbi za pripravo naravovarstvenih smernic, spremljanje stanja vrst in habitatov ter za ocenjevanje učinkovitosti ukrepov. Na zavarovanih območjih, ki se prekrivajo z območji Natura 2000, naloge izvaja pristojni upravljavec (npr. Javni zavod Triglavski narodni park), v drugih primerih pa javne službe s področij gozdarstva, kmetijstva, voda in okolja.

Takšen integrativen model upravljanja omogoča prilagodljivo in strokovno podprto varstvo narave, ki se usklajuje z lokalnimi razvojnimi cilji ter prispeva k trajnostnemu ravnotežju med ohranjanjem narave in družbeno-gospodarsko rabo prostora.

6.4.6 Vloga Triglavskega narodnega parka v omrežju Natura 2000

Triglavski narodni park (TNP) ima osrednjo vlogo pri izvajanju ciljev omrežja Natura 2000 v Sloveniji, saj skoraj celotno njegovo območje hkrati predstavlja posebna varstvena območja in posebna ohranitvena območja. Zaradi dolgoletne prisotnosti varstvenih institucij, raziskovalne infrastrukture in usmerjene naravovarstvene politike je TNP pomemben nosilec strokovne podlage za varstvo vrst in habitatnih tipov v okviru Direktiv o pticah in Direktive o habitatih.

Kot najstarejši in edini narodni park v Sloveniji je TNP osrednja institucija za zbiranje podatkov o stanju narave, vrstah in habitatih. Njegova vloga vključuje dolgoročno spremljanje vplivov, vključno s podnebnimi spremembami, na visokogorske in alpske ekosisteme, ki so izjemno občutljivi. Podatki, zbrani v TNP, pogosto predstavljajo podlago za prve znanstvene predloge območij Natura 2000 in služijo kot referenca za upravljalvske ukrepe tudi v drugih zavarovanih območjih.

TNP kot upravljavec območja aktivno vključuje lokalno prebivalstvo v procese odločanja. Prek javnih razprav, sodelovanja z nevladnimi organizacijami ter priprave in izvajanja upravljalvskih načrtov se krepi participacija javnosti, kar je ključno za sprejemanje ukrepov ohranjanja biotske raznovrstnosti. Lokalna skupnost pogosto doživlja sistem Natura 2000 prav skozi prakso upravljanja TNP, ki s tem prevzema pomembno vlogo pri oblikovanju javne percepcije o varstvu narave (Šobot, 2017).

Na regionalni in nacionalni ravni TNP omogoča prenos dobrih praks v druga zavarovana in ekološko pomembna območja ter prispeva k razvoju sektorskega sodelovanja. Zaradi raznolikosti rabe prostora na območju parka, od planšarstva in turizma do upravljanja voda in gozdov, je nujno usklajevanje različnih interesov, kar TNP že vrsto let udejanja v praksi kot model učinkovitega medsektorskega sodelovanja (Šobot in Lukšič, 2020a).

Poleg izvajanja konkretnih varstvenih ukrepov je vloga TNP pomembna tudi pri razvoju naravovarstvene zakonodaje in politik na podlagi direktiv EU. Cilji in načela varstva narave se v parku

sistematično vključujejo v upravljalvske načrte, ki služijo kot pravna osnova za presojo posegov v prostor, uveljavljanje naravovarstvenih ciljev ter zagotavljanje pravice do sodelovanja in pravnega varstva (Šobot in Lukšič, 2020b).

Triglavski narodni park tako ni le zavarovano območje z izjemno naravno dediščino, temveč ključna upravljalvska in strokovna struktura za izvajanje omrežja Natura 2000 v Sloveniji, ki združuje varstvene cilje s participativnim pristopom in trajnostnim razvojem.

6.5 Zavarovane naravne in kulturne vrednote kot temelj krajinske identitete

Naravna in kulturna dediščina sta temeljna gradnika krajinske identitete, saj oblikujeta prepoznaven prostorski značaj in omogočata razumevanje povezave med človekom in okoljem. Krajina v tem kontekstu ni zgolj ozemlje s fizičnimi značilnostmi, temveč celostni izraz sobivanja naravnih procesov in družbeno-kulturnega delovanja, ki se oblikuje skozi čas (Panjek, 2015).

Naravne vrednote zajemajo izjemne, redke ali reprezentativne dele narave, ki imajo znanstveno, krajinsko, kulturno, estetsko ali ekološko vrednost (Berginc idr., 2007). Pravni okvir v Sloveniji jih opredeljuje kot posebne sestavine žive ali nežive narave, kot so geomorfološke tvorbe (npr. kraške jame, osamenci, skalne stene), hidrološki pojavi (reke, izviri, presihajoča jezera), posebni ekosistemi (npr. visoka barja, mokrišča), habitatni tipi ter posamezne rastlinske ali živalske vrste. Naravne vrednote so lahko tudi krajinski elementi ali območja z izrazitim estetskim in simbolnim pomenom. Opredeljujejo se po različnih zvrsteh, kot so geološki, geomorfološki, hidrološki, botanični, zoološki, ekosistemski, drevesni, oblikovani ali krajinski. Med najvidnejšimi primeri naravnih vrednot v Sloveniji so Škocjanske jame, izvir Krke in Pivška presihajoča jezera, ki združujejo geološko, hidrološko in biotsko raznolikost, pri čemer imajo pomembno vlogo pri ohranjanju biotske raznovrstnosti.

Kulturna dediščina obsega celotno dediščino človekovega ustvarjanja in posegov v prostor, ki imajo umetnostno, zgodovinsko, arhitekturno, arheološko, tehnično, etnološko ali družbeno vrednost. Ločimo jo na nepremično kulturno dediščino (gradovi, cerkve, vasi, etnološke krajine), premično (orodja, dokumenti, umetniški predmeti) ter nesnovno dediščino (običaji, jeziki, pesmi, obredi) (Berginc idr., 2007). V Beli krajini kulturno dediščino zaznamujejo tudi naselbine pravoslavnih Srbov iz 15. stoletja v vaseh Adlešiči, Bojanci, Miliči, Paunoviči idr., kjer stojijo pravoslavne cerkve, ki pričajo o verski in etnični raznolikosti. Ta dediščina se vgrajuje v krajino in oblikuje identiteto prostora, ki odseva sobivanje različnih kulturnih plasti od slovanske in balkanske do habsburške.

Krajina je v skladu z Evropsko konvencijo o krajini (*angl. European Landscape Convention*) opredeljena kot »območje, kakršno ljudje zaznavajo kot rezultat delovanja in medsebojnega vpliva naravnih in/ali človekovih dejavnikov«. Pojem krajine tako presega estetski ali zgolj fizični vidik prostora, vključuje okoljske, ekološke, kulturne, socialne in gospodarske dimenzije. Krajina je pomembna za kakovost bivanja, ohranjanje biotske raznovrstnosti, vzdrževanje naravnih vrednot, kulturno identiteto in trajnostni razvoj. Konvencija poudarja, da vse krajine, ne le izjemne, zaslužijo varstvo, upravljanje in načrtovanje. Varstvo krajine pomeni ohranjanje njenih značilnosti, ki izvirajo iz naravne strukturiranosti in zgodovinskih oblik rabe prostora. Upravljanje krajine vključuje usmerjanje sprememb, ki nastajajo zaradi družbenih, gospodarskih ali okoljskih dejavnikov.

V Sloveniji prepoznavamo raznolike krajine, ki jih delimo na alpske, predalpske, kraške, primorske in subpanonske regije (Ministrstvo za okolje in prostor, 2020). Med posebej prepoznavnimi krajinskimi enotami izstopa Krajinski park Kolpa v Beli krajini, kjer se stikajo naravne prvine reka Kolpa, poplavni travniki, bukovi gozdovi s kulturno krajino, zaznamovano z belokranjskimi hišami, vinogradi, sadovnjaki in sakralnimi objekti različnih veroizpovedi. Ta večplastnost prispeva k bogati krajinski identiteti, ki je ključna za trajnostni razvoj in lokalno prepoznavnost.

Naravna in kulturna dediščina v krajini ne pomenita zgolj ohranjenih objektov ali območij, temveč živ, dinamičen proces, ki omogoča trajno povezanost ljudi s prostorom. Zato ju je treba vključevati v prostorsko načrtovanje, okoljsko vzgojo, turistični razvoj in sistem upravljanja okolja. Z integracijo varstvenih vrednot v vsakdanje delovanje družbe postane krajina ne le odsev preteklosti, temveč tudi podlaga za trajnostno prihodnost.

6.5.1 Opredelitev in vrednotenje naravnih vrednot

Naravne vrednote predstavljajo posebej dragocene dele narave, ki izstopajo po svojih lastnostih, redkosti ali pomenu za znanstveno, kulturno in okoljsko razumevanje prostora. Gre za sestavine žive ali nežive narave, ki imajo izjemne značilnosti, kot so geološke posebnosti, značilni habitati, redki ekosistemi, drevesa posebnih dimenzij ali krajine z visoko prepoznavno vrednostjo. Njihovo prepoznavanje temelji na natančno določenih strokovnih merilih, ki omogočajo njihovo zaščito in vključitev v prostorsko načrtovanje (Berginc idr., 2007).

Za naravno vrednoto se šteje vsak del narave, ki ima izrazite vrednostne lastnosti. Te se lahko nanašajo na dele zemeljske skorje, bodisi na površju ali v podzemlju, z izjemno geološko ali geomorfološko strukturo, kot so kraške jame, fosilne plasti ali erozijske oblike. Prav tako med naravne vrednote uvrščamo tekoče in stoječe vode z edinstveno hidrološko dinamiko, kot so reke, izvira ali presihajoča jezera. Sem sodijo tudi celoviti ekosistemi z visoko naravnostjo, ki zagotavljajo življenjski prostor za številne vrste, ter habitatne enote, ki so ključne za ohranjanje ogroženih rastlin in živali (Republika Slovenija, 2023a).

Nekatera drevesa ali skupine dreves, kot so stoletne lipe, so naravne vrednote zaradi svoje velikosti, starosti, simbolne vloge ali botanične redkosti. Poseben primer naravnih vrednot so tudi oblikovani naravni elementi, kot so suhi kamniti zidovi ali nasadi, ki so nastali z delovanjem človeka, a so hkrati ohranili visoko naravno vrednost. Krajine, ki združujejo naravne in kulturne značilnosti prostora, kot je npr. Krajinski park Kolpa, so prav tako prepoznane kot naravne vrednote zaradi izjemne povezanosti naravnega okolja in človekovega delovanja.

Da se določen pojav ali območje prepozna kot naravna vrednota, mora zadostiti vsaj enemu izmed meril vrednotenja. Med ta merila sodijo izjemnost (npr. velikost, oblikovna posebnost, edinstvenost delovanja), tipičnost (značilna predstavitev določenega tipa naravnega pojava), kompleksna povezanost z drugimi naravnimi procesi, visoka stopnja ohranjenosti, redkost (na lokalni, državni ali evropski ravni), ekosistemska pomembnost (npr. vloga v kroženju vode ali hranil), znanstveno-raziskovalna vrednost ter pričevalna pomembnost, ki omogoča razumevanje naravnih procesov v širšem časovnem in prostorskem okviru (Berginc idr., 2007).

Naravne vrednote predstavljajo temelj za razumevanje prostora kot živega sistema, obenem pa so ključni element ohranjanja biotske raznovrstnosti, varstva naravnega okolja in identitete krajine. Njihovo

prepoznavanje in zaščita prispevata k trajnostnemu razvoju ter krepi naravovarstveno zavest v družbi. V nadaljevanju je navedenih nekaj značilnih primerov naravnih vrednot.

Primer izjemnosti: Otlica na robu Trnovskega gozda predstavlja izjemen primer naravne vrednote v slovenskem prostoru, saj združuje redke in izrazite geomorfološke pojave ter kraške procese v sklopu prepadnega roba planote (slika 81). Območje odlikujejo izjemne razgledne in krajinske kvalitete, obenem pa ima pomembno vlogo pri oblikovanju lokalne kulturno-krajinarske identitete. Naravovarstvena vrednost območja izhaja iz kombinacije naravnogeografskih posebnosti in simbolnega pomena v prostoru.

Slika 81: Otlica na robu Trnovskega gozda



Podgoršek, M. (10. 5. 2024). *Nasvet za izlet v hribe (49.): pot po robu in še naprej, ko razgledov kar ne zmanjka*. Siol.net. <https://siol.net/sportal/naj-planinska-koca/nasvet-za-izlet-v-hribe-pot-po-robu-in-se-naprej-ko-razgledov-kar-ne-zmanjka-video-633507>

Primer tipičnosti: gre za dele narave z jasno izraženimi in prepoznavnimi naravnogeografskimi ali geomorfološkimi značilnostmi, ki jih strokovna literatura pogosto opredeljuje kot značilne ali reprezentativne za določen tip pokrajine ali pojav. Tak primer predstavljajo Ponikve pri Preserju, ki so uveljavljene kot reprezentativen zgled pretočnega kraškega polja (slika 82).

Slika 82: Ponikve pri Preserju kot značilen primer pretočnega kraškega polja



Korelc, M. (b. d.). *Presihajoče jezero Ponikve*. Moja jezera.

https://mojajezera.si/seznam_mojih_jezer/270/presihajoce_jezero_ponikve/

Primer kompleksne povezanosti: naravni pojavi in oblike sestavljajo medsebojno povezan, funkcionalno skladen in prostorsko zaokrožen sistem, bodisi kot rezultat integriranega razvoja geomorfoloških oblik v soodvisnosti z naravnimi procesi bodisi zaradi njihove prostorske koncentracije znotraj geografsko opredeljene enote, kjer specifične naravnogeografske razmere pogojujejo njihov nastanek, prostorsko razporeditev ter značilne morfološke in ekološke lastnosti. Takšen primer predstavlja Rakov Škocjan, ki kot sestavni del kraškega sistema reke Ljubljanice ponazarja visoko stopnjo naravne povezanosti med površinskimi in podzemnimi kraškimi pojavi, hidrološkimi tokovi ter biotsko pestrostjo v izrazito dinamičnem kraškem okolju (slika 83).

Slika 83: Rakov Škocjan – del kraškega sistema Ljubljanice



Schein, T. (b. d.). *Rakov Škocjan*. eNotranjska.

<https://www.enotranjska.si/narava/?groupid=66&id=322>

Primer ohranjenosti: gre za območje, kjer so naravni pojavi in oblike ostali v veliki meri nespremenjeni, bodisi zaradi minimalnega človekovega vpliva bodisi zato, ker je od morebitnih posegov preteklo dovolj časa, da so se naravni procesi znova vzpostavili in povrnili v prvotno stanje. Takšna območja so pomembna za ohranjanje referenčnih naravnih stanj ter za proučevanje naravnih dinamik v neokrnjenem okolju. Značilen primer predstavlja barje Za Blatom na Jelovici, ki se odlikuje po visoki stopnji ekološke in geomorfološke ohranjenosti ter predstavlja redko ohranjeno barjansko združbo v alpskem prostoru (slika 84).

Slika 84: Barje Za Blatom na Jelovici



Poles, P. (2012). *Barje za blatom na Jelovici*. Peter S Foto.

<https://www.petersfoto.si/displayimage.php?pid=5371>

Primer redkosti: del narave se opredeli kot redek, kadar vključuje naravne oblike ali pojave, ki se pojavljajo izjemno redko v prostoru oziroma imajo omejeno prostorsko razširjenost. Ločimo absolutno redkost pojavljanja, kadar je na določenem območju evidentiranih največ pet delov narave z enakimi ali primerljivimi lastnostmi, ter relativno redkost pojavljanja, kadar se posamezni naravni pojavi pojavljajo izolirano zunaj območij, kjer so primerljive lastnosti sicer pogosteje prisotne. Značilen primer absolutne redkosti predstavlja žvepleni izvir v strugi Lučnice pri Riherju v Podvolovjeku, ki je eden izmed zgoj dveh znanih žvepljenih izvirov na območju Slovenije, kar mu daje izjemno naravovarstveno in znanstveno vrednost (slika 85).

Slika 85: Žvepleni izvir v strugi Lučnice pri Riherju v Podvolovjeku



Moja Slovenija na dlani. (b. d.). Zanimivi Žvepleni izvir. *Slovenija na dlani*.
<https://www.slovenijanadlani.si/zvepleni-izvir/>

Primer ekosistemske pomembnosti: del narave ima ključno vlogo pri ohranjanju biotske raznovrstnosti in delovanju naravnih ekosistemov. Gre za območja z značilnostmi ekološko pomembnega prostora, ki vključujejo reprezentativne, redke, razširjene ali dobro ohranjene habitatne tipe ter življenjska okolja ogroženih, endemičnih ali mednarodno varovanih vrst. Ekosistemska pomembnost se lahko izraža tudi skozi prisotnost velikih ali vitalnih populacij vrst, prisotnost vrst s posebnimi habitatnimi zahtevami ali funkcionalno vlogo v ekosistemu. Med tovrstna območja sodijo tudi naravne genske banke, ki omogočajo dolgoročno ohranjanje genetske raznolikosti avtohtonih rastlinskih in živalskih vrst. Značilen primer predstavlja mrtvica Muriša, ki kot redek in značilen habitatni tip rečnega sistema Mure prispeva k ohranjanju hidrološko pogojenih mokrišč in z njimi povezanih ogroženih vrst ter habitatnih tipov evropskega pomena (slika 86).

Slika 86: Mrtvica Muriša – redki in značilen habitatni tip, prepoznaven za rečni sistem Mure



Občina Lendava. (b. d.). *Mrtvice reke Mure: Muriša in Potkova*. Občina Lendava. <https://www.lendava.si/objava/212118>

Primer znanstvenoraziskovalne pomembnosti: gre za del narave, ki predstavlja vir znanstvenih spoznanj in referenčno osnovo za razvoj naravoslovnih ved. Sem sodijo naravne oblike, pojavi in procesi, ki so prispevali k razvoju znanstvenih teorij ali predstavljajo klasična nahajališča (*Loci typici*) vrst, fosilov, mineralov ali geoloških struktur. Pomembna so tudi območja, ki so zaradi svoje ohranjenosti, edinstvenosti ali neraziskanosti ključna za nadaljnje temeljne raziskave. Značilen primer je Cerknjsko jezero, prvo znanstveno opisano presihajoče jezero, ki ostaja pomembno referenčno območje za raziskovanje kraških hidroloških pojavov (slika 87).

Slika 87: Cerkniško jezero – prvo opisano presihajoče jezero, pomembno za znanstvene raziskave



Schein, T. (17. 11. 2007). *Cerkniško jezero - čudež narave*. RTV Slovenija.

<https://www.rtvlo.si/zabava-in-slog/ture-avanture/po-sloveniji/cerknisko-jezero-cudez-narave/200667>

Primer pričevalne pomembnosti: deli narave s pričevalno vrednostjo odražajo pomembno povezanost s kulturno-zgodovinskimi, znanstvenimi ali mitološkimi procesi, ki so zaznamovali kolektivni spomin in identiteto prostora. Pojavi s takšnim pomenom so pogosto povezani z ljudskim izročilom, narodno simboliko ali prelomnimi zgodovinskimi dogodki, pri čemer zaradi svoje vizualne izraznosti prispevajo k oblikovanju kulturne krajine. Značilen primer je Triglav, simbol slovenske narodne identitete, vključen v državne simbole in globoko zakoreninjen v umetnosti, literaturi in kolektivni zavesti slovenskega naroda (slika 88).

Slika 88: Triglav kot simbol slovenske narodne identitete



Kranjska gora. (b. d.). *Highest mountain in slovenia – mount Triglav*. <https://kranjska-gora.si/en/attractions/mount-triglav/>

6.5.2 Varstvo naravnih vrednot

Postopek določitve naravnih vrednot se začne z evidentiranjem, ki zajema poimenovanje, opis vrednostnih značilnosti ter natančno geografsko opredelitev. Poimenovanje omogoča jasno prepoznavnost naravnega pojava ali oblike, medtem ko opis utemeljuje, zakaj določen del narave ustreza merilom, kot so tipičnost, redkost, ohranjenost, kompleksna povezanost, ekosistemski pomen, znanstvenoraziskovalna ali pričevalna pomembnost. Na podlagi teh značilnosti se naravna vrednota razvrsti v eno ali več zvrsti, kot jih določa Uredba o zvrsteh naravnih vrednot (2002). Geografska lega se določi s pomočjo kartografskih prikazov in georeferenciranih podatkov, pri čemer se jasno razlikujeta entiteta naravne vrednote (npr. posamezno drevo, izvir) in njena neposredna okolica, ki je s to entiteto prostorsko in funkcionalno povezana. Postopek se zaključi s pravnim aktom, ki ga izda minister, pristojen za varstvo narave. Ta določi uradno ime naravne vrednote, oznako, zvrst, pomen (državni ali lokalni), geografsko lego ter v primeru podzemnih jam tudi režim vstopa (Berginc idr., 2007). Posebna pravila za varstvo jam ureja Zakon o varstvu podzemnih jam (2003). Poimenovanje naravne vrednote temelji na uveljavljenem lastnem imenu, kjer to obstaja; kadar ne, se ime oblikuje na podlagi krajevnega imena, dopolnjenega z opisom pojava (npr. Godovič – kačja smreka, Kriška stena – nahajališče fosilov). Med pomembnejše zvrsti naravnih vrednot sodijo tudi površinske geomorfološke oblike, ki vključujejo značilne reliefne strukture, kot so: kraške oblike (npr. vrtače, škraplje, uvale), ledeniške oblike (npr. morene, krnice, ledeniške doline), rečnodenudacijske oblike (npr. soteske, rečna korita, vršaji), poligenetske oblike (npr. grebeni, naravni mostovi, skalni osamelci), obalne oblike (npr. klif, abrazijski spodmoli). Te oblike so rezultat dolgotrajnih naravnih procesov in pomembno prispevajo k razumevanju geomorfološkega razvoja pokrajine ter ohranjanju naravne in kulturne dediščine Slovenije (Berginc idr., 2007).

V nadaljevanju je nekaj primerov manj znanih naravnih, kulturnih in krajinskih vrednot.

Primer podzemeljske geomorfološke naravne vrednote: Podzemeljska geomorfološka naravna vrednota obsega dele narave, ki so s stališča podzemnih geomorfoloških pojavov izjemni, reprezentativni, redki, dobro ohranjeni ali pomembni za znanstvenoraziskovalne in pričevalne namene. Gre za naravne podzemne oblike, ki so rezultat raztapljanja karbonatnih kamnin, erozijskih procesov ali tektonskega delovanja, pri čemer nastajajo značilne jame različnih morfoloških tipov. Te oblike se v naravi pojavljajo kot votline, razpoke, brezna ali podzemni rovi, pogosto kot del kompleksnih kraških sistemov. Njihova naravovarstvena vrednost je lahko povezana z geološkimi, hidrološkimi, biotskimi ali kulturnozgodovinskimi značilnostmi, pri čemer pomembno prispevajo k ohranjanju naravne dediščine in razumevanju kraških procesov. Značilen primer takšne vrednote predstavlja jamski rov v Planinski jami, ki je del enega izmed največjih znanih podzemnih jamskih sistemov v Sloveniji ter pomemben za raziskovanje podzemnih kraških voda in speleobiotskih združb (slika 89).

Slika 89: Jamski rov v Planinski jami



Korelc, M. (17. 10. 2025). *Izlet na jezera v Planinski jami*. The Slovenia. <https://the-slovenia.com/slovenija/kam-na-izlet/izlet-na-jezera-v-planinski-jami/>

Primer hidrološke naravne vrednote: hidrološka naravna vrednota je del narave, ki je z vidika pojavov, povezanih s tekočimi ali stoječimi vodami, izjemen, tipičen, redek, dobro ohranjen, znanstvenoraziskovalno pomemben, kompleksno povezan z drugimi naravnimi elementi ali nosilec pričevalne vrednosti. V naravi se te vrednote pojavljajo v različnih oblikah, kot so reke, potoki, jezera, morje, posamezni odseki vodotokov, izviri, slapišča, slapovi ter tudi ledeniki, kjer voda nastopa v trdni obliki. Njihov pomen ne izhaja zgolj iz fizikalno-hidroloških lastnosti, temveč pogosto vključuje tudi krajinske, ekološke, geološke in kulturnozgodovinske značilnosti, ki jim dajejo večdimenzionalno vrednost v okviru naravne dediščine. Značilen primer predstavlja Matkov škaf, izrazita naravna kotanja, ki je nastala z delovanjem padajoče vode in predstavlja redko obliko erozijskega reliefa. Poleg hidrološkega izvora ima tudi geološki pomen in krajinsko izrazito pojavnost, zaradi česar je prepoznan kot izjemna hidrološka naravna vrednota v alpskem prostoru (slika 90).

Slika 90: Matkov škaf



Naravni parki Slovenije. (5. 6. 2022). *Pohod na Matkov škaf*. Naravni parki Slovenije <https://www.naravniparkislovenije.si/slo/prireditve/krajinski-park-logarska-dolina/pohod-na-matkov-skaf/1479>

Primer krajinske vrednote: krajinska vrednota je del narave, ki izstopa zaradi prepoznavne prostorske strukture, ki jo tvorijo značilno prepletene žive in nežive naravne prvine ter sledovi oziroma vplivi človekove dejavnosti. Njena vrednost se izraža v izjemni, tipični ali redki obliki, razporeditvi ali raznolikosti krajinskih elementov, ki prispevajo k estetski izraznosti, prostorski skladnosti in prepoznavnosti krajine. Takšne vrednote se v prostoru pojavljajo kot gorski vrhovi, slemena, grebeni, prostorsko raznolika območja z značilnim prepletom reliefnih, vegetacijskih in rabi primernih kulturnih elementov, ali kot krajine z izrazito krajinsko identiteto in visoko stopnjo vizualne koherence. Značilen primer krajinske vrednote predstavlja greben nad Karavankami, ki z izrazitim reliefom, jasnimi krajinskimi prehodi in neokrnjeno naravno strukturo soustvarja prepoznavno krajinsko silhueto, značilno za severni rob Slovenije (slika 91).

Slika 91: Greben v Karavankah



V naravi. (b. d.). *Košutnikov Turn: grebenško doživetje na Košuti*. Moja oprema. <https://vnaravo.si/kosutnikov-turn/>

6.5.3 *Naravne vrednote in krajina*

Krajinska vrednota se obravnava kot sestavni del narave, vendar temelji na drugačnem vrednostnem pristopu kot druge naravne vrednote. Medtem ko se vrednotenje narave osredotoča predvsem na posamezne naravne pojave, kot so geološke, geomorfološke, hidrološke, botanične ali zoološke značilnosti, je vrednotenje krajinske vrednote usmerjeno v celovito prostorsko sestavo krajine, s poudarkom na raznolikosti, razporeditvi in skladnosti krajinskih elementov. Ker gre za dva različna zorna kota enega, ki vrednoti celovit krajinski vzorec, in drugega, ki se osredotoča na posamezne naravne prvine, se lahko zgodi, da je določen naravni pojav prepoznan bodisi kot naravna bodisi kot krajinska vrednota, odvisno od konteksta vrednotenja.

V preteklih sistemih varstva narave krajinske vrednote kot samostojna zvrst niso bile posebej opredeljene. Krajina je bila sicer priznana kot del naravne dediščine, vendar so območja z izrazitimi krajinskimi značilnostmi pogosto uvrščali med geomorfološke naravne vrednote, čeprav so njihova prepoznavnost, simbolna vrednost ali estetska izraznost presegali zgolj geomorfološke kriterije. Šele sodobnejši pristopi k varstvu narave in krajine omogočajo prepoznavanje krajinskih celot, torej območij z izrazito prostorsko, estetsko ali identitetno vrednostjo kot posebne oblike naravnih vrednot, upravičene do samostojnega varstvenega statusa (Berginc idr., 2007).

Vse naravne vrednote, vključno s krajinskimi, ki so bile uradno določene s predpisom, so vpisane v Register naravnih vrednot. Ta predstavlja osrednjo evidenco, v kateri so zbrani ključni podatki o imenu, oznaki, zvrsti, pomenu, legi ter drugih značilnostih naravnih vrednot, in služi kot temeljno orodje za njihovo varstvo, upravljanje in načrtovanje rabe prostora.

6.5.4 Varstvo krajinskih vrednot

Varstvo krajinskih vrednot temelji na ohranjanju značilnih krajinskih lastnosti, zaradi katerih je bil določen del narave prepoznan kot krajinska vrednota. Te lastnosti izhajajo iz značilne prepletenosti naravnih in kulturnih prvin, njihove prostorske razporeditve, estetske izraznosti in pomena za prepoznavnost ter identiteto prostora. Poleg teh kvalitativnih vidikov se varujejo tudi fizične, vizualne in funkcionalne značilnosti, ki prispevajo k celovitosti krajinskega vzorca. Osnovno načelo varstva krajinskih vrednot je, da se vsi posegi, dejavnosti in raba prostora izvajajo na način, ki ne povzroča vizualnih, prostorskih ali vsebinskih okrnitev krajinske strukture. To načelo se uresničuje prek varstvenih usmeritev, varstvenih režimov in razvojnih usmeritev, ki skupaj omogočajo trajnostno upravljanje krajine in njeno vključevanje v prostorsko načrtovanje (Cialdea in Privitera, 2021).

Varstvene usmeritve določajo načine posegov v prostor, s katerimi se ohranjajo krajinske vrednote. Lahko so splošne, kjer so opredeljena temeljna načela za ravnanje v krajini, podrobne, ki obravnavajo konkretne vire ogrožanja, kot so pozidava, zaraščanje ali infrastrukturni posegi, ter konkretne, namenjene točno določenemu prostoru, posegu ali dejavnosti. Posebno vlogo imajo varstveni režimi, ki predstavljajo pravno zavezujoče omejitve ali prepovedi na območjih krajinskih vrednot, s ciljem preprečiti posege, ki bi porušili značilno krajinsko strukturo, zmanjšali vizualno kakovost prostora ali ogrozili prepoznavnost naravne in kulturne identitete. Razvojne usmeritve pa usmerjajo dejavnosti, ki prispevajo k trajnostnemu ohranjanju in nadgradnji krajine, med drugim izobraževalne, raziskovalne, rekreativne, kulturne in turistične dejavnosti. Tudi te so lahko splošne, podrobne ali konkretne, glede na obseg, namen in prostorsko umeščenost (Berginc idr., 2007).

Vse varstvene in razvojne usmeritve ter režimi se v praksi uresničujejo preko načrtovanih ukrepov, ki jih izvajajo pristojni organi, upravljavci območij ter drugi deležniki. Cilj teh ukrepov je dolgoročna ohranitev krajinskih vrednot v njihovi prostorski, funkcionalni in simbolni celovitosti, ter njihovo vključevanje v širše naravovarstvene in prostorske politike.

6.5.5 Naravne vrednote in kulturna dediščina

Posamezni oblikovani deli narave in krajinske strukture so lahko hkrati prepoznani kot naravna vrednota in kot kulturna dediščina, kadar izpolnjujejo merila, določena s predpisi s področja varstva kulturne dediščine. Gre za pojavne oblike, ki kljub vzpostavitvi dveh ločenih pravnih in upravnih sistemov, za varstvo narave in za varstvo kulturne dediščine ohranjajo skupne značilnosti in zahtevajo usklajeno varstveno obravnavo. Sodelovanje med obema resornima področjema je formalno urejeno tako, da mora minister, pristojen za varstvo kulturne dediščine, podati soglasje k varstvenim in razvojnim usmeritvam, kadar gre za oblikovane naravne vrednote ali krajinske vrednote, vključene v postopek določitve naravnih vrednot. Obratno pa mora minister za varstvo narave podati soglasje pri sprejemanju aktov o razglasitvi kulturnih spomenikov, kadar ti vključujejo vrednote, ki so hkrati del naravne dediščine. V preteklosti je bilo varstvo celotne oblikovane dediščine urejeno znotraj enotnega sistema varstva naravne in kulturne dediščine, kot ga je določal Zakon o naravni in kulturni dediščini (1980) iz leta 1981–1999. V tem okviru so bile v evidenco naravne dediščine vključene tudi prvine, ki jih danes razumemo predvsem kot del kulturne dediščine denimo grajski, zdraviliški in zasebni vrtni parki. Z razmejitvijo pristojnosti po sprejetju Zakona o ohranjanju narave (1999) in novega sistema varstva kulturne dediščine ti objekti praviloma niso več del registra naravnih vrednot. Od približno 70 enot nekdanje naravne dediščine, večinoma parkov ob graščinah in vilah, jih je danes 28 še vedno zavarovanih kot naravne znamenitosti (spomeniki oblikovane narave) ali kot del širših zavarovanih območij, vse pa so vključene tudi v register kulturne dediščine (Berginc idr., 2007).

To ponazarja, kako tesno prepleteni sta bili področji varstva naravne in kulturne dediščine v zgodovini ter kako pomembno je tudi danes njuno sodelovanje, kadar gre za skupne prostorske enote, ki izražajo naravne, kulturne in identitetne vrednote krajine.

6.5.6 Varstvo kulturne dediščine

Pri urejanju prostora je bistvenega pomena, da se varstvo kulturne dediščine in naravnega okolja, zlasti naravnih vrednot in značilnih krajinskih prvin, obravnavata celostno in usklajeno. Ključno je, da akti o razglasitvi nepremičnih kulturnih spomenikov vključujejo tudi naravovarstvene usmeritve, s čimer se zagotovi, da vzpostavljeni varstveni režimi ne posegajo v obstoječe naravovarstvene cilje ter ne ogrožajo naravnih vrednot, zavarovanih območij, ekološko pomembnih območij ali območij Natura 2000. Čeprav gre za dve ločeni pravni in upravni področji, varstvo narave in varstvo kulturne dediščine ju povezuje skupno izhodišče: prizadevanje za ohranitev prostorskih vrednot, ki so pomembne z vidika identitete, zgodovine, simbolike, znanosti, izobraževanja ali estetike. Tako naravovarstveni kot kulturnovarstveni sistem temeljita na načelu, da sta narava in kultura neprecenljivi sestavini prostora, ki ju je treba varovati v javnem interesu. To načelo je jasno izraženo tudi v 100. členu Zakona o ohranjanju narave (1999), ki določa, da je treba pri razglasitvi kulturnih spomenikov in oblikovanju režimov njihove zaščite upoštevati naravovarstvene usmeritve, s čimer se spodbuja usklajevanje varstvenih interesov obeh področij. Sodelovanje med varstvom naravne in kulturne dediščine je še posebej pomembno z vidika krajinskega varstva, saj krajina kot celota odraža preplet naravnih in kulturnih vplivov skozi čas. Krajina je hkrati nosilka kulturnega spomina, prostorski izraz narodove zgodovine in prostor delovanja ekoloških procesov, biotske raznovrstnosti in naravne dinamike. Zato mora biti njeno varstvo celovito, vključujoče in usklajeno, kar pomeni, da morajo vsi pravni akti in izvedbeni ukrepi s področja kulturne dediščine upoštevati tudi naravne značilnosti prostora in obratno. Tak integrativen pristop ne le zmanjšuje možnost konfliktov med varstvenimi režimi, temveč omogoča sinergetsko nadgradnjo varstva, ki prispeva h krepitvi identitete prostora, izboljšanju kakovosti življenjskega okolja ter trajnostnemu prostorskemu razvoju.

6.6 Programiranje in načrtovanje varstva narave

Za učinkovito varstvo narave je ključno celostno razumevanje naravnih sistemov, poznavanje njihovega stanja ohranjenosti ter dejanskih in potencialnih pritiskov, ki ogrožajo njihove funkcije in strukturo. Le na podlagi zanesljivih, celovitih in strokovno utemeljenih podatkov je mogoče načrtovati ustrezne ukrepe za ohranjanje biotske raznovrstnosti, naravnih vrednot in ekosistemskih storitev. Zakon o ohranjanju narave (1999) in Zakon o varstvu podzemnih jam (2003) zagotavljata pravni okvir za vzpostavitev in upravljanje podatkovnih baz, ki zajemajo ključne sestavine naravnega okolja med njimi naravne vrednote (vključno s podzemnimi jamami, minerali, fosili), zavarovana območja, habitatne tipe, ekološko pomembna območja, območja Natura 2000, ter ogrožene in zavarovane vrste s pripadajočimi habitatami. Te evidence vodi Agencija Republike Slovenije za okolje kot uradni register naravnih vrednot in evidenco območij pomembnih za ohranjanje narave. Podatki so javno dostopni preko interaktivnega naravovarstvenega atlasa, kar omogoča njihovo široko uporabo v načrtovalske, raziskovalne, izobraževalne in odločevalske namene.

Osrednji programski dokument, ki v Sloveniji usmerja sistem varstva narave, je Nacionalni program varstva narave do leta 2030.⁵ Gre za strateški akt, ki ga na podlagi Zakona o ohranjanju narave sprejme Državni zbor za obdobje najmanj desetih let. Program opredeljuje javne interese na področju ohranjanja narave, določa cilje, ukrepe in prednostne naloge, hkrati pa zagotavlja usklajenost politik na področju prostora, izobraževanja, raziskovanja, varstva kulturne dediščine, kmetijstva, gozdarstva in upravljanja voda.

Nacionalni program varstva narave do leta 2030 vsebuje številne konkretne ukrepe, med katerimi so ključni:

- A) Vzpostavljanje in posodabljanje upravljavskih načrtov za zavarovana območja in območja Natura 2000 (npr. Triglavski narodni park, Mura, Sečoveljske soline).
- B) Vzpostavitev sistematičnega monitoringa stanja habitatnih tipov in vrst, zlasti tistih z mednarodnim varstvenim statusom (npr. ris, človeška ribica, suhi travniki).
- C) Obnova degradiranih habitatov, kot so renaturacija poplavnih območij, revitalizacija mrtvic ter nadzor nad invazivnimi tujerodnimi vrstami (npr. projekti na Muri in Ljubljanskem barju).
- D) Zavarovanje novih naravnih vrednot, vključno z razglasitvijo naravnih spomenikov, krajinskih parkov in varovanih gozdov.
- E) Sistematično vključevanje krajinskega vidika v prostorsko načrtovanje, predvsem preko identifikacije in varstva krajinskih vrednot na ravni občinskih prostorskih aktov.
- F) Izvajanje programov ozaveščanja, izobraževanja in usposabljanja, vključno z vključevanjem naravovarstvenih vsebin v formalno izobraževanje ter sodelovanjem z lokalnimi skupnostmi.
- G) Razvoj zelene infrastrukture, ki ohranja in povezuje naravne elemente ter omogoča funkcionalno ekološko povezanost (npr. habitatni koridorji za velike zveri in druge vrste).

Program določa tudi sistemska izhodišča za uresničevanje mednarodnih zavez, kot so Bernska konvencija, Konvencija o biotski raznovrstnosti in evropska zakonodaja (Direktiva o habitatih, Direktiva o pticah). Pomembno vlogo ima tudi družbena podpora, saj so informiranost, izobraženost in aktivna vključenost javnosti ključni dejavniki za uspešno izvajanje varstvene politike. Nacionalni program varstva narave do leta 2030 zato predvideva zagotavljanje stabilnih finančnih virov iz državnega proračuna, evropskih kohezijskih in okoljskih skladov ter drugih javnih in zasebnih mehanizmov.

Načrtovanje in izvajanje varstva narave v okviru nacionalnega programa varstva narave predstavlja povezovalni okvir med strokovnim znanjem, zakonodajo, prostorskim razvojem in politično usmerjenostjo, s ciljem dolgoročne ohranitve naravnih vrednot, biotske raznovrstnosti ter kulturne in krajinske dediščine v Sloveniji.

⁵ Nacionalni program varstva narave je sestavni del nacionalnega programa varstva okolja do leta 2030.

6.7 Povzetek

Biotska raznovrstnost je temeljna značilnost življenja na Zemlji, saj zagotavlja stabilnost, odpornost in trajnostno delovanje naravnih sistemov. Razumevanje njenega pomena temelji na taksonomski razvrstitvi, ki omogoča vpogled v sorodstvene povezave in ekološke vloge organizmov. Linnejev sistem dvočlenskega poimenovanja ter Whittakerjeva delitev na pet kraljestev ostajata ključna za znanstveno raziskovanje, ekološko interpretacijo in varstvo narave. Prokarioti s svojo raznolikostjo omogočajo kroženje snovi, vezavo dušika, nastanek kisikove atmosfere in razgradnjo organske snovi, hkrati pa delujejo kot pionirji v ekstremnih habitatih. Evkarioti tvorijo osnovo prehranskih verig, saj s fotosintezo, filtracijo in razgradnjo uravnavajo pretok hranil ter omogočajo obstoj višjih organizmov. Glive imajo nepogrešljivo vlogo razkrojevalcev in simbiotov, pomembne so v mikorizi, bioindikaciji in bioremediaciji, njihova funkcija pa presega naravne ekosisteme in zajema tudi antropogena okolja. Rastline kot primarni producenti proizvajajo kisik, ustvarjajo habitate in stabilizirajo tla, mahovi zadržujejo vlogo in preprečujejo erozijo, praprotnice uravnavajo mikroklimo, semenke pa s svojo dolgoživostjo prispevajo k prilagodljivosti ekosistemov. Živali odražajo evolucijski prehod od preprostih do kompleksnih oblik; spužve filtrirajo vodo, deževniki izboljšujejo rodovitnost tal, mehkužci uravnavajo kakovost vodnih teles, vretenčarji pa s svojo raznolikostjo opravljajo nepogrešljive funkcije v ekosistemih in hkrati služijo kot občutljivi bioindikatorji stanja okolja. Habitat kot osnovna enota prostora združuje naravne dejavnike in odnose med organizmi ter predstavlja celovite ekološke pogoje za preživetje in razmnoževanje. V evropskem okoljevarstvu imajo posebno vlogo habitatni tipi, ki vključujejo morske, obalne, sladkovodne, travniške, gozdne, barjanske in jamske ekosisteme, vsi pa so hkrati dragoceni in ranljivi zaradi človeških posegov, urbanizacije, invazivnih vrst in podnebnih sprememb. Slovenija kot vroča točka biotske raznovrstnosti združuje izjemno pestrost vrst in habitatov, kar je povezano z njenim razgibanim reliefom in stičiščem biogeografskih regij. Ohranjanje te pestrosti poteka z zaščito vrst in habitatov, vključevanjem v omrežje Natura 2000, upravljanjem zavarovanih območij in izvajanjem programov za obnovo degradiranih prostorov. Naravne vrednote in kulturna dediščina skupaj oblikujejo krajinsko identiteto ter predstavljajo osnovo kakovosti bivanja in trajnostnega razvoja, zato je njuno varstvo etična in naravovarstvena obveznost.

6.8 Vprašanja, ki spodbujajo razmislek in razpravo

1. Zakaj je Carl Linnaeus pomemben?
2. Kaj pomeni dvočlensko poimenovanje vrst in kakšne prednosti prinaša?
3. Kaj označuje okrajšava »sp.« pri poimenovanju organizmov?
4. Kako binomska nomenklatura prispeva k mednarodnemu sporazumevanju?
5. Zakaj je vrsta temeljna enota biološke klasifikacije in varstva okolja?
6. Kakšna je vloga Whittakerjeve delitve na pet kraljestev?
7. Kaj so prokariotski organizmi in kako se razlikujejo od evkariontov?
8. Katere tri glavne skupine vključuje kraljestvo *Monera*?
9. Kakšna je vloga arheobakterij v ekstremnih okoljih?
10. Kako metanogene arheobakterije sodelujejo v ogljikovem ciklu?
11. Kakšna je ekološka vloga evbakterij pri kroženju snovi?
12. Zakaj je *Escherichia coli* pokazatelj fekalnega onesnaženja vode?
13. Kakšen je pomen cianobakterij v prehranskih verigah vodnih ekosistemov?
14. Kakšno vlogo ima rod *Anabaena* pri ekološkem kmetijstvu?
15. Kako se protisti razlikujejo od prokariotov?

16. Zakaj so spremembe v populacijah protistov pokazatelj onesnaženja?
17. Kako *Paramecium* prispeva k čiščenju vode?
18. Kako saprobni protisti sodelujejo pri samoočiščevanju voda?
19. Kako *Amoeba proteus* prispeva k razgradnji organskih snovi?
20. Zakaj so protisti ključni za kroženje ogljika, dušika in fosforja v naravi?
21. Katere so osnovne značilnosti gliv in kako se razlikujejo od rastlin?
22. Zakaj so glive ključne za kroženje snovi v naravi?
23. Katere so štiri glavne skupine gliv?
24. Kako se *Rhizopus stolonifer* uporablja v industriji?
25. Kako lišaji delujejo kot pionirski organizmi in bioindikatorji?
26. Kakšen je pomen *Penicillium notatum* za medicino?
27. Kako glive sodelujejo pri bioremediaciji okolja?
28. Zakaj je *Agaricus bisporus* pomemben za naravo in človeka?
29. Katere so osnovne značilnosti rastlin?
30. Kako ločimo nižje od višjih rastlin?
31. Zakaj so rastline ključne za življenje na Zemlji?
32. Kako alge prispevajo k proizvodnji kisika?
33. Zakaj so cianobakterije ključne za razvoj življenja na Zemlji?
34. Kako *Spirulina* prispeva k prehrani in trajnosti?
35. Zakaj so peclji dobri bioindikatorji kakovosti vode?
36. Kakšna je ekološka vloga diatomej?
37. Kako diatomeje prispevajo k globalni fotosintezi?
38. Zakaj so diatomeje bioindikatorji kakovosti rek?
39. Zakaj je *Ulothrix zonata* pokazatelj čiste vode?
40. Zakaj so rdeče alge dober kazalnik kakovostnih voda?
41. Zakaj so vretenčaste alge pomembni bioindikatorji sladkih voda?
42. Zakaj so lišaji bioindikatorji onesnaženja zraka?
43. Zakaj so listasti lišaji občutljivi na onesnaženje zraka?
44. Kako grmičasti lišaji kažejo na čistost zraka?
45. Zakaj je vrsta *Usnea sp.* pomembna kot bioindikator?
46. Kako mahovi preprečujejo erozijo tal?
47. Zakaj so praproti pomembni pokazatelji stabilnih habitatov?
48. Kakšna je ekološka vloga vrste moške praproti (*Dryopteris filix-mas*)?
49. Zakaj so praproti bioindikatorji kakovosti zraka in okolja?
50. Katere so osnovne skupne značilnosti vseh živali (*Animalia*)?
51. Kako so živali razvrščene glede na raven organiziranosti?
52. Kako lahko žarnice (*Cnidaria*) služijo kot bioindikatorji stanja morskega okolja?
53. Zakaj je množična pojavnost *Aurelia aurita* pogosto znak sprememb v morskimi ekosistemih?
54. Kako valjasti črvi (*Nematoda*) prispevajo k plodnosti tal in zakaj so pomembni bioindikatorji?
55. Katere so glavne ekološke vloge deževnikov (*Lumbricus terrestris*) v prsti in naravi?
56. Zakaj so mehkužci, zlasti školjke, nepogrešljivi pri naravnem prečiščevanju vodnih teles?
57. Zakaj so dvoživke, kot je *Proteus anguinus* (človeška ribica), zelo občutljive na spremembe okolja?
58. Kako plazilci, kot je modras (*Vipera ammodytes*), prispevajo k regulaciji populacij glodavcev v ekosistemih?
59. Zakaj so ptice (*Aves*) pogosti bioindikatorji stanja okolja in podnebnih sprememb?
60. Kako netopirji (*Chiroptera*) zmanjšujejo število žuželčnih škodljivcev in odražajo kakovost okolja?
61. Kako človek (*Homo sapiens*) vpliva na ekosisteme kot vrsta primata in kakšno odgovornost ima pri njihovem varstvu?

62. Kako je pojem biotske raznovrstnosti definiran in katere tri ravni obsega?
63. Zakaj je genetska raznovrstnost ključna za prilagodljivost vrst in prehransko varnost?
64. Katere ekosistemske storitve zagotavlja biotska raznovrstnost in kako vplivajo na človekovo življenje?
65. Zakaj se Slovenija uvršča med vroče točke biotske raznovrstnosti v Evropi?
66. Kaj pomenita *in situ* in *ex situ* varstvo ter kakšne so prednosti in slabosti obeh pristopov?
67. Kako ekosistemsko varstvo presega vrstno usmerjene ukrepe?
68. Katere pravne instrumente uporabljamo za varstvo biotske raznovrstnosti v Sloveniji in EU (npr. direktivi, Natura 2000, CITES)?
69. Kako se v praksi uporablja sistem kategorij ogroženosti IUCN in kakšen pomen imajo rdeči sezname?
70. Zakaj je človeška ribica (*Proteus anguinus*) primer vrste, ki zahteva posebno skrb v okviru evropske in slovenske zakonodaje?
71. Kakšna je vloga človeka pri ohranjanju biotske raznovrstnosti in kako etična načela dopolnjujejo naravovarstvene ukrepe?
72. Katere ključne razlike ločujejo abiotske in biotske dejavnike habitata ter kako ti skupaj vplivajo na preživetje vrst?
73. Zakaj so habitatni tipi v Direktivi o habitatih bistveni za ohranjanje biotske raznovrstnosti in trajnostno rabo naravnih virov?
74. Zakaj so morski, obalni in priobalni habitatni tipi kljub majhnemu obsegu v Sloveniji ključni za evropsko biotsko raznovrstnost in katere ukrepe je treba izvajati za njihovo dolgoročno ohranitev?
75. Zakaj so fragmenti celinskih sipin in mikrosipin v Sloveniji kljub majhnemu obsegu pomembni za ohranjanje biotske raznovrstnosti in katere ukrepe je treba izvajati za njihovo varstvo?
76. Kako lahko ciljno varstveno upravljanje sladkovodnih habitatov v Sloveniji zmanjša vplive evtrofikacije in podnebnih sprememb ter zagotovi dolgoročno ohranjanje biotske raznovrstnosti?
77. Kako lahko z usklajevanjem tradicionalne rabe prostora in sodobnih naravovarstvenih ukrepov dolgoročno ohranimo resave in grmišča kot pomemben del slovenske kulturne krajine?
78. Kako lahko z uravnoveženim varstvom in trajnostnim upravljanjem ohranimo sklerofilna grmišča kot ključni del mediteranske krajine in hkrati preprečimo njihovo izgubo zaradi človekovih pritiskov in podnebnih sprememb?
79. Kako lahko uravnovežimo potrebe kmetijstva z varstvom naravnih in polnaravnih travnišč, da ohranimo njihovo izjemno biotsko raznovrstnost in kulturno krajinsko vrednost?
80. Kako lahko z obnovo naravnega vodnega režima in tradicionalnih praks dolgoročno ohranimo barja kot ponore ogljika in edinstvene habitate v Sloveniji?
81. Kako lahko uravnovežimo potrebo po raziskovanju in turistični rabi jam ter skalnatih habitatov z nujnostjo njihovega dolgoročnega ohranjanja?
82. Kako lahko z usmerjenim sonaravnim gospodarjenjem gozdov najbolje uravnovežimo njihove ekološke, gospodarske in družbene funkcije v času podnebnih sprememb?
83. Katere so ključne značilnosti ekološko pomembnih območij in kako prispevajo k ohranjanju biotske raznovrstnosti?
84. Kakšna je razlika med ekološko pomembnimi območji in območji Natura 2000?
85. Kaj pomenita kratici SPA in SAC ter kakšna je njuna vloga v omrežju Natura 2000?
86. Zakaj ima Slovenija med državami EU enega največjih deležev območij Natura 2000?
87. Kako se v upravljanje območij Natura 2000 vključujejo lokalne skupnosti in zakaj je to ključno za uspešno varstvo?
88. Kakšna je vloga Triglavskega narodnega parka v omrežju Natura 2000?
89. Kako naravne vrednote in kulturna dediščina skupaj oblikujejo krajinsko identiteto?
90. Katere so glavne značilnosti in zvrsti naravnih vrednot ter po katerih merilih se določajo?

91. Kako se razlikujejo nepremična, premična in nesnovna kulturna dediščina?
92. Zakaj je krajina kot prostorska enota ključna za povezovanje naravovarstvenih in kulturnovarstvenih ciljev?

7 VODA: TEMELJNE VSEBINE ZA VARSTVO OKOLJA

7.1 Voda v biosferi: topnost in oblike pojavljanja

Voda je ena izmed najpomembnejših kemičnih spojin na Zemlji. Njena kemična formula je H_2O , kar pomeni, da je sestavljena iz dveh atomov vodika in enega atoma kisika. Čeprav gre na videz za preprosto spojino, ima voda številne edinstvene lastnosti. Ena od njih je vrelišče pri $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ pod normalnim zračnim tlakom, kar pomeni, da pri tej temperaturi prehaja iz tekočega v plinasto stanje. Poleg tega ima voda največjo gostoto pri $4\text{ }^{\circ}\text{C}$, zaradi česar led plava na njeni površini. Te lastnosti omogočajo kroženje vode v naravi in so ključne za obstoj življenja na Zemlji (Kićović idr., 2004).

Voda se v naravi pojavlja v različnih oblikah, ki jih skupaj imenujemo hidrosfera. Hidrosfero sestavljajo kopenske vode, kot so reke, jezera, potoki in močvirja, ter morja in oceani, ki prekrivajo večino zemeljskega površja. Skupna prostornina vode v hidrosferi znaša približno 1,5 milijarde kubičnih kilometrov, kar hidrosfero uvršča med največje življenjske prostore za številne organizme. Kljub tej navidezni razširjenosti pa je le približno 5,3 % vse vode na Zemlji dejansko prisotne v hidrosferi kot tekoča ali plinasta voda. Preostanek, kar okoli 94,7 %, je vezan v litosferi v obliki kristalne ali strukturne vode v kamninah. To razmerje jasno kaže, da je voda, čeprav prisotna povsod, pravzaprav omejen in dragocen vir (Jablanović idr., 2003).

Ena izmed ključnih okoliščin, ki omogočajo obstoj tekoče vode na Zemlji, je njena optimalna oddaljenost od Sonca. Prav to omogoča, da je ustrezna količina vode v tekočem agregatnem stanju, kar je nujno za življenje. Največji delež svetovne vode se nahaja v oceanih in ledenikih. Povprečna letna prostornina morskega ledu v svetovnih oceanih znaša približno 35.400 km^3 , pri čemer je na severni polobli trikrat več ledu kot na južni. Kopenske vode (reke, jezera, podzemna voda idr.) predstavljajo le 2,7 % vse svetovne vode, kar še dodatno poudarja pomen trajnostnega ravnanja z vodnimi viri (Kićović idr., 2003).

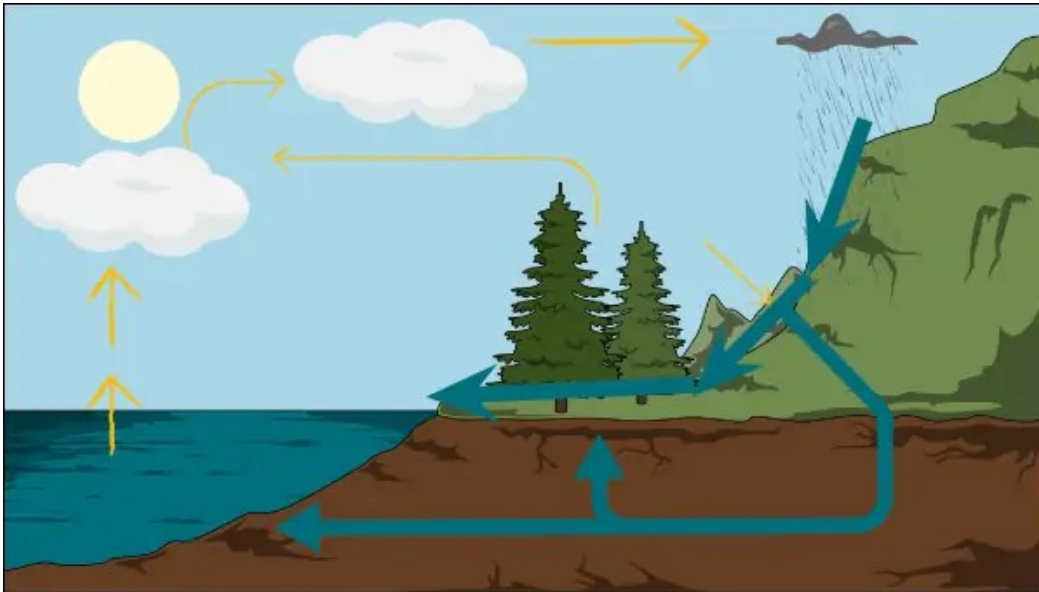
Voda ima še eno izjemno lastnost, je **univerzalno topilo**. Zaradi svoje molekulske strukture lahko raztaplja številne snovi, kar omogoča, da iz tal raztaplja minerale in iz atmosfere zajema pline. Ti procesi so ključni za biokemične procese, ki omogočajo življenje. Vendar pa visoke koncentracije raztopljenih snovi lahko naredijo vodo za življenje neprimerno. Tako je na primer v Rdečem morju, zaradi visoke vsebnosti raztopljenega žveplovega vodika, življenje skoraj povsem onemogočeno (Zaghloul idr., 2023).

Znanstveniki verjamejo, da je življenje na Zemlji nastalo prav v morski vodi, in da so se osnovne življenjske funkcije organizmov razvile v tesni povezavi z vodnim okoljem. Sčasoma so se nekateri organizmi prilagodili tudi na življenje v sladki vodi, pozneje pa tudi na kopno. Kljub temu je danes le malo vrst, ki uspešno preživijo tako v vodi kot na kopnem, kar znova poudarja, kako pomembna in nepogrešljiva je voda za večino živih bitij.

Voda v naravi **neprestano kroži**. Zaradi svoje fizikalne narave lahko pod vplivom toplote prehaja iz tekočega v plinasto stanje – izhlapeva. Ko vodna para iz morij, oceanov in kopenskih površin pride v

višje, hladnejše plasti ozračja, kondenzira in prehaja v oblake. Nato se v obliki padavin (dež, sneg, toča) vrača na površje. Ta nenehni proces kroženja vode imenujemo vodni krog (slika 92). Gre za enega izmed temeljnih naravnih ciklov na Zemlji, ki omogoča neprekinjeno oskrbo ekosistemov z vodo. Vodni krog ima izjemno pomembno vlogo tudi za rastline, saj kar 90 % vse vode, ki je v obtoku, porabijo rastline za svoje življenjske procese. Za pridelavo 20 ton sveže rastlinske biomase rastline preko koreninskega sistema absorbirajo kar 2000 ton vode, ki jo nato oddajo nazaj v ozračje s transpiracijo. Ta primer nazorno pokaže, kako pomembna je voda za vzdrževanje življenja in delovanje biosfere kot celote (Ruggiero idr., 2017).

Slika 92: Vodni krog



Smith, O. (b. d.). *Vodni krog*. Storyboardthat. <https://www.storyboardthat.com/sl/lesson-plans/vodni-krog>

7.2 Fizikalno-kemične in biološke lastnosti vode

Voda s svojimi edinstvenimi fizikalnimi in kemičnimi lastnostmi predstavlja temeljni gradnik vodnih ekosistemov ter ključni pogoj za obstoj in raznolikost življenja na Zemlji. Lastnosti, kot so hidrostatski tlak, gostota, viskoznost, toplotna kapaciteta, topnost snovi, električna prevodnost, prosojnost in barva, določajo abiotične razmere v vodnem okolju ter bistveno vplivajo na prostorsko razporeditev, funkcionalno ekologijo in prilagoditve vodnih organizmov.

Tlak vode se z globino povečuje za približno 1 bar na vsakih 10 metrov, kar pomeni, da organizmi, kot so globokomorske ribe (npr. *Abysobrotula galathea*) ali cefalopodi (npr. *Vampyroteuthis infernalis*), razvijejo posebne anatomske in fiziološke prilagoditve, da lahko preživijo pod ekstremnim pritiskom. Glede na stopnjo tolerance do okoljskih nihanj ločimo evribiontne vrste (npr. *Daphnia pulex*), ki prenašajo širok spekter tlakov, temperatur ali slanosti (slika 93), in stenobiontne vrste (npr. *Proteus anguinus*), ki preživijo le v ozkem območju specifičnih pogojev.

Slika 93: Daphnia pulex



Pearson, A. A. C. (2019). *Evaluating the implications of recent filter-feeding Daphnia invasions for kākahi (Echydridella menziesii)* [Magistrsko delo, Univerza Waikato, Biološka fakulteta]. <https://researchcommons.waikato.ac.nz/server/api/core/bitstreams/eec3ac5e-e0ef-408e-9ac9-28d795ba90b2/content>

Gostota sladke vode doseže maksimum pri +4 °C, kar omogoča, da se led oblikuje na površini in ne na dnu, s čimer se ohranja življenjski prostor za organizme v hladnejših mesecih. Slanost in temperatura dodatno vplivata na gostoto in viskoznost, morska voda ima večjo gostoto, kar npr. omogoča planktonskim organizmom (npr. *Noctiluca scintillans*) lebdenje v vodi. Viskoznost, ki se z višanjem temperature zmanjšuje, določa hidrodinamične razmere, pomembne za gibanje planktona, sedimentacijo in turbulenco.

Kroženje vode v naravi poteka pod vplivom sončne energije, vetra in lunine gravitacije. Dnevno-nočne termične razlike povzročajo **termoklino** v jezerih (npr. Ohridsko jezero), kjer se vodni stolpec poleti razsloji v topli **epilimnij**, prehodno termoklino in hladni **hipolimnij** (Stanković, 1957). Plimovanje in valovanje v morjih (npr. ob slovenski obali) pospešujeta izmenjavo plinov, razširjanje hranil in omogočata migracije rib in nekatere morske razmnoževalne cikle.

Prosojnost in barva vode sta ključna optična parametra. Na svetlobno penetracijo vplivajo suspendirani delci, plankton in raztopljene snovi. V bistrih alpskih jezerih svetloba prodira do več kot 10 metrov globoko, medtem ko je v evtrofnih vodah prosojnost močno zmanjšana. *Secchijev disk* se uporablja za oceno prosojnosti, *Forell-Ulejeva lestvica* pa za določanje barve, kar omogoča standardizirano spremljanje trofičnega stanja vodnih teles (Kićović, 2004).

Voda ima zaradi visoke specifične toplotne kapacitete **spodobnost blaženja temperaturnih sprememb**, kar omogoča stabilne življenjske pogoje. Temperaturna platenja pomembno vplivajo na distribucijo kisika, npr. v zmerno globokih jezerih se v hipolimniju lahko pojavi hipoksija (premalo kisika), če ni zadostnega mešanja.

Voda je dober **prevodnik elektrike** zaradi raztopljenih ionov, kot so Na^+ , Cl^- , Ca^{2+} in HCO_3^- . Električna prevodnost, ki se povečuje s koncentracijo raztopljenih snovi in temperaturo, služi kot pomemben indikator za oceno stopnje mineralizacije ali antropogenega onesnaženja (Jablanović idr., 2003). Na primer, povečana prevodnost v reki Krki lahko kaže na prisotnost komunalnih ali industrijskih izpustov.

Vse navedene lastnosti so osnova za kemične in biološke procese, ki omogočajo fotosintezo, razgradnjo organskih snovi, kroženje hranil (C, N, P) ter uravnavajo dinamiko populacij in združb. Voda kot življenjski medij nudi dom številnim organizmom, od planktonskih alg, preko makroinvertebratov do rib, katerih prisotnost in stanje sta neposredno povezana s fizikalno-kemičnimi razmerami v okolju.

7.3 Fizikalno-kemični in biološki procesi v vodnem okolju

Fizikalno-kemični in biološki procesi v vodnem okolju so ključni za delovanje in stabilnost vodnih ekosistemov ter za vzdrževanje kakovosti vode. Voda kot univerzalno topilo omogoča kompleksno mrežo interakcij med anorganskimi in organskimi snovmi, plini, trdnimi delci in živimi organizmi. Ti procesi vplivajo na kroženje snovi, samočistilno sposobnost vodnih teles, razpoložljivost hranil ter prisotnost in transformacijo onesnaževal.

Raztapljanje je osnovni fizikalno-kemični proces, pri katerem se plini (npr. O_2 , CO_2), soli (npr. NaCl , CaCO_3) ali organske snovi (npr. pesticidi) raztopijo v vodi. Hitrost raztapljanja je odvisna od temperature, tlaka in kemične narave raztopine. Tako je na primer vsebnost kisika v hladnih rekah (npr. Soča) bistveno višja kot v toplih vodah, kar ima neposreden vpliv na oksigenacijo in življenje ribjih vrst, kot je postrv (*Salmo trutta fario*).

Adsorpcija pomeni vezavo raztopljenih snovi (npr. težke kovine, fosfati) na površino delcev suspendiranih snovi ali sedimentov. Ta proces je pomemben za zmanjševanje mobilnosti in toksičnosti onesnaževal. V rečnih sedimentih Save so na primer pogosto zabeležene visoke koncentracije cinka in svinca, vezanih na fine delce, ki lahko pri spremembi pH ali pogojev redoks znova preidejo v raztopino.

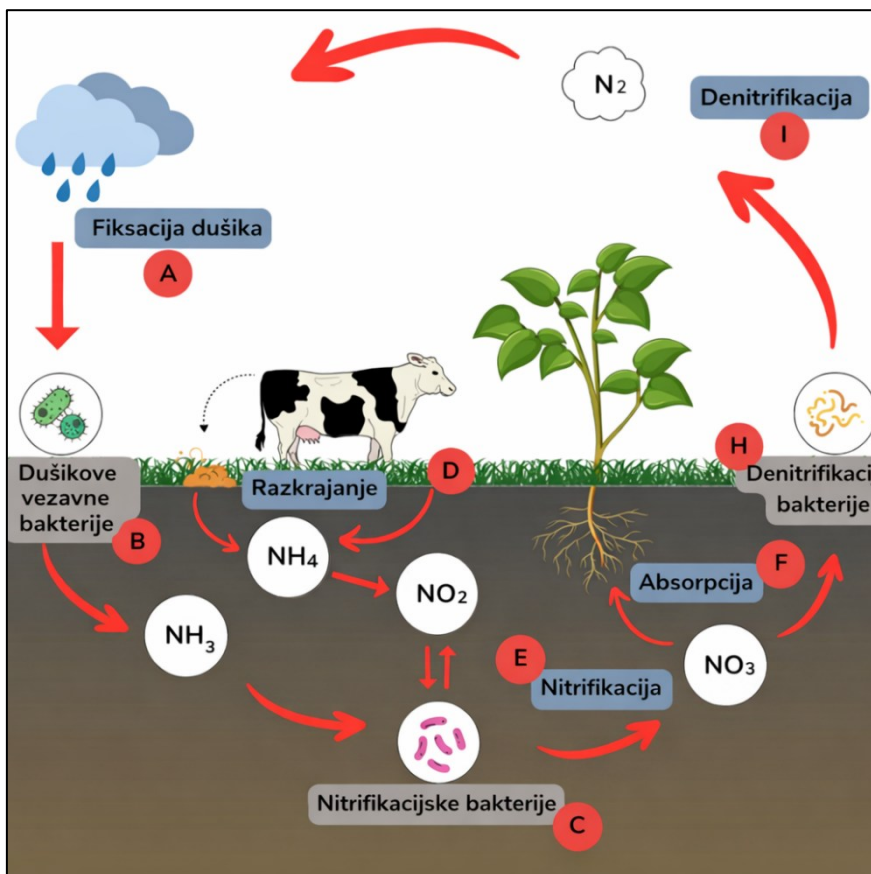
Izpiranje topnih snovi iz tal v podzemne vode je posebej problematično na območjih z intenzivnim kmetijstvom in prepustno geološko podlago, kot je kraški svet Notranjske, kjer nitrati in pesticidi ogrožajo kakovost pitne vode v vodonosnikih.

Izhlapevanje (evaporacija) omogoča odstranitev hlapnih snovi, kot so amoniak, klor ali elementarno živo srebro. Ta proces vpliva na zračno-vodno izmenjavo snovi, zlasti v plitvih in toplih vodnih telesih, npr. v lagunah ali ribnikih.

Fotokemične reakcije so sprožene s sončnim sevanjem in vključujejo razgradnjo organskih spojin (npr. *Polycyclic aromatic hydrocarbons* – PAH) ter tvorbo reaktivnih kisikovih vrst, ki pospešujejo razgradnjo naravnih ali antropogenih onesnaževal. Fotodegradacija je še posebej izrazita v zgornjih plasteh jezer in rek z visoko prosojnostjo, kot sta Blejsko in Bohinjsko jezero.

Redoks procesi (oksidacijsko-redukcijske reakcije) regulirajo prehode dušikovih spojin (npr. amonij – nitrit – nitrat) (slika 94), določajo obliko in mobilnost kovin (npr. $\text{Fe}^{2+} \leftrightarrow \text{Fe}^{3+}$) ter vplivajo na tvorbo plinov, kot so metan (CH_4) in vodikov sulfid (H_2S), značilna za anaerobna okolja, kot so barjanski sediment ali hipolimniji eutrofnih jezer.

Slika 94: Kroženje dušika



Brochado, M. G. d. S., Silva, L. B. X. d., Lima, A. d. C., Guidi, Y. M. in Mendes, K. F. (2023). Herbicides versus nitrogen cycle: Assessing the trade-offs for soil integrity and crop yield—An in-depth systematic review. *Nitrogen*, 4(3), 296–310. <https://doi.org/10.3390/nitrogen4030022> (priredba in prevod v slovenščino, izdelano v programu Canva)

Hidroliza pomeni kemično razgradnjo snovi z udeležbo vode. Primer so razgradni produkti nekaterih herbicidov (npr. atrazin), ki se v vodi razgrajujejo hitreje pri povišani temperaturi in ustreznem pH.

Biološki procesi vključujejo:

- Fotosintezo (npr. s fitoplanktonom *Micractinium pusillum*), ki proizvaja kisik in fiksira ogljik.
- Dihanje (npr. bakterij v sedimentu), ki porablja kisik in sprošča CO_2 .
- Mikrobno razgradnjo (npr. *Pseudomonas putida*), ki pretvarja organske spojine v enostavne oblike.
- Denitrifikacijo, pri kateri bakterije (npr. *Paracoccus denitrificans*) v anaerobnih pogojih pretvarjajo nitrate v dušik.

Bioakumulacija pomeni kopičenje strupenih snovi (npr. živo srebro, PCB) v tkivih vodnih organizmov. Ti toksini se s prehransko verigo koncentrirajo (biomagnifikacija), kar je dokumentirano npr. pri velikih predatorskih ribah, kot je ščuka (*Esox lucius*), in lahko vpliva na zdravje ljudi, ki uživajo kontaminirano ribo (Jablanović idr., 2003).

Skupni vpliv teh procesov določa kakovost vode, biotsko raznovrstnost in stabilnost vodnih ekosistemov, zato je njihovo razumevanje ključno za učinkovito upravljanje vodnih virov in zmanjševanje okoljskih pritiskov.

7.4 Raztopljene snovi in plini v vodi ter njihov vpliv na vodne ekosisteme

Raztopljene snovi in plini v vodi imajo ključno vlogo pri oblikovanju kemizma vodnih teles, uravnavanju biogeokemičnih procesov in določanju ekološke kakovosti vodnih ekosistemov (slika 95). Glede na koncentracijo raztopljenih soli ločimo morske (povprečna saliniteta ~35 g/L) in celinske (sladke) vode, pri čemer slednje predstavljajo manj kot 3 % svetovnih zalog. Med najpogostejšimi ioni v morski vodi so Na^+ , Cl^- , Mg^{2+} , SO_4^{2-} , Ca^{2+} in K^+ , medtem ko je v sladkih vodah kemična sestava močno odvisna od geološke podlage (npr. karbonatne kamnine v kraškem svetu), podnebja in antropogenih vplivov (npr. kmetijstvo, industrija) (Kićović idr., 2004).

Slanost, izražena v promilih ali g/L, pomembno vpliva na gostoto, viskoznost, električno prevodnost in topnost plinov v vodi. Glede na slanost ločimo štiri osnovne kategorije: sladke vode (< 0,5 g/L), brakične vode (0,5–30 g/L), morske vode (~ 35 g/L) in slanice (> 50 g/L) (Kićović idr., 2003). Vsaka kategorija zahteva posebne ekofiziološke prilagoditve organizmov. Na primer, v brakičnih lagunah uspevajo halotolerantne vrste, kot sta *Artemia salina* in *Salicornia europaea*.

Različni geokemični tipi voda, hidrogenkarbonatni, sulfatni, kloridni so povezani z litologijo zaledja in antropogenimi vplivi. Hidrogenkarbonatne vode, značilne za kraška območja (npr. Pivška presihajoča jezera), so bogate z raztopljenim CaCO_3 , medtem ko sulfatne vode prevladujejo v rudarskih območjih (npr. Meža na Koroškem), kjer prisotnost železovega sulfata povzroča kisló rdečo obarvanost (kislá rudarska drenaža).

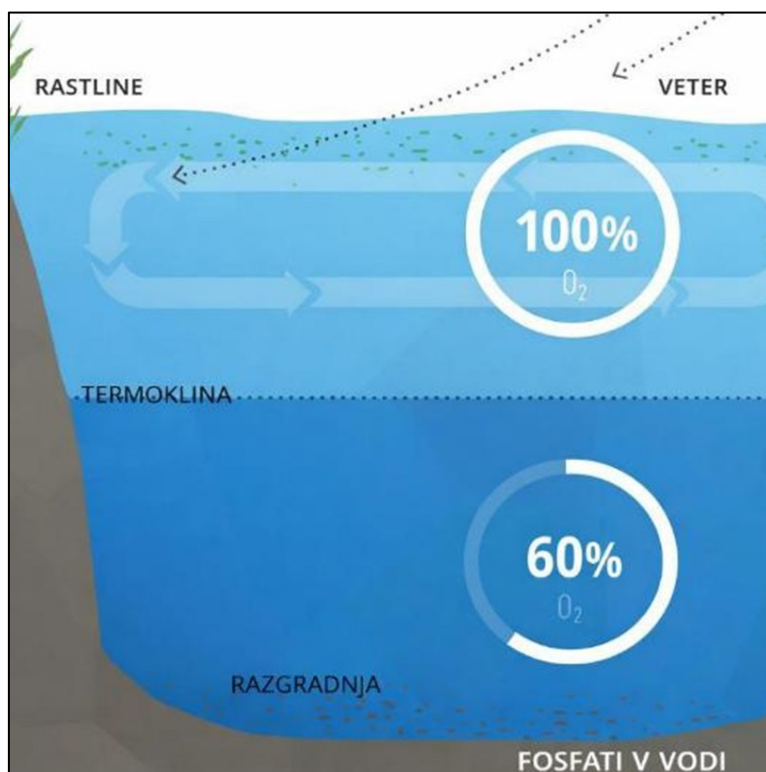
Posebno pozornost zahtevajo kraške vode, kjer zaradi velike poroznosti in hitrega pretakanja pride do hitrega vnosa onesnaževal. Zaradi omejene samočistilne sposobnosti je njihova ranljivost visoka, kar ogroža podzemne habitate in endemite, kot je človeška ribica.

Med ključnimi raztopljenimi plini so:

- A) Kisik (O_2), ki je nujen za aerobne organizme. Njegova topnost pada s temperaturo in saliniteto; nizke vrednosti (hipoksija < 2 mg/L) vodijo do množičnega pogina rib, kar se lahko pojavi v eutrofnih jezerih (npr. Šmartinsko jezero) (slika 95).
- B) Ogljikov dioksid (CO_2), ki vpliva na pH preko karbonatnega ravnotežja. Presežek CO_2 vodi do zakisanja (npr. v stoječih vodah z razpadanjem biomase), kar zmanjšuje biodostopnost kisika.
- C) Dušik (N_2) je relativno inerten, vendar se v obliki amonijaka (NH_4^+), nitritov (NO_2^-) in nitratov (NO_3^-) aktivno vključuje v dušikov cikel. V anaerobnih razmerah poteka

denitrifikacija, kjer mikroorganizmi pretvarjajo nitrata v dušik (N_2), s čimer zmanjšujejo eutrofni potencial vode.

Slika 95: Raztopljeni O_2 v vodi



Fondriest. (b. d.). *Dissolved Oxygen*. Fondriest. <https://www.fondriest.com/environmental-measurements/parameters/water-quality/dissolved-oxygen/> (priredba in prevod v slovenščino, izdelano v programu Canva)

Topnost plinov je obratno sorazmerna s saliniteto, morska voda zaradi višje ionske jakosti veže manj kisika kot sladkovodna. To vpliva na nižjo koncentracijo raztopljenega kisika v obalnih območjih (npr. Jadransko morje), kar lahko ogroža organizme, kot so školjke.

Prisotnost hranil, predvsem fosfatov in nitratov, vpliva na produktivnost in stabilnost vodnih ekosistemov. Vnos hranil iz odpadnih vod pogosto vodi v eutrofikacijo, katere posledice so cvetenje alg (npr. *Microcystis aeruginosa*), kisikov primanjkljaj in pogin vodnih organizmov.

Termična stratifikacija v jezerskih sistemih (npr. Bohinjsko jezero) povzroča sezonsko razslojenost vodnega stolpca na topli epilimniji, hladni hipolimniji in vmesni metalimniji (termoklina). Jeseni pride do premešanja slojev, kar lahko sprosti akumulirane pline (npr. metan, CO_2) in spremeni oksidacijski režim.

pH vode se običajno giblje med 6.5 in 8.5. Odstopanja vplivajo na biodostopnost kovin, npr. pri $pH < 6$ se topnost aluminija poveča, kar zavira rast vodnih rastlin in je lahko toksično za ribe. Kisli dež in industrijski izpusti lahko znižajo pH, medtem ko fotosintetsko aktivni fitoplankton zvišuje pH z izločanjem CO_2 .

7.5 Pojem onesnaženje voda

Onesnaženje voda opredeljujemo kot vsako trajno ali začasno spremembo fizikalnih, kemičnih ali bioloških lastnosti vodnega okolja, ki vodi v poslabšanje njegove kakovosti, zmanjšanje uporabnosti za človeka ali druge organizme, zmanjšanje sposobnosti samoobnavljanja ali oslabitev funkcionalnosti vodnih in obvodnih ekosistemov. Do takšnega stanja pride, kadar koncentracije določenih snovi presegajo naravno prisotne vrednosti ali zakonsko določene mejne vrednosti, kar lahko povzroča negativne posledice za zdravje ljudi, stanje biotske raznovrstnosti, oskrbo s pitno vodo, kmetijsko proizvodnjo, industrijsko rabo in ekosistemske storitve, kot so regulacija temperature, kroženje hranil, ohranjanje habitata ter rekreacijska in kulturna vrednost voda.

Pojavi onesnaženja imajo lahko naravni izvor, povezan z geološkimi in podnebnimi dejavniki, ali pa so posledica človekovega delovanja, pri čemer so antropogeni vplivi danes bistveno pogostejši in bolj problematični zaradi njihove intenzivnosti in prostorske razširjenosti.

Negativni vplivi naravnega izvora vključujejo (Kićović idr., 2004):

- A) Motnost in zmanjšana fotosinteza v rekah zaradi erozijskih procesov, ki ob močnih padavinah povečajo količino suspendiranih delcev (npr. motnost Savinje med spomladanskim taljenjem snega) (slika 96).
- B) Povišana koncentracija fluoridov in težkih kovin v kraških vodonosnikih (npr. območje Pivke), ki zaradi geoloških značilnosti naravno vsebujejo višje vsebnosti teh snovi in lahko predstavljajo tveganje za pitno vodo.
- C) Pojav vodikovega sulfida (H_2S) v zabarjenih vodah (npr. Škocjanske jame), ki povzroča toksične razmere za jamske organizme, kot je človeška ribica.

Slika 96: Povečana motnost vode



Uлага, F. (2017). Spremljanje motnosti rek za ustrežnejše vrednotenje kakovostnega stanja površinskih voda. *Ujma*, 31. <https://ojs-gr.zrc-sazu.si/ujma/article/view/8502>

Negativni vplivi antropogenega izvora vključujejo (Kićović idr., 2004):

- A) Pretirano vnašanje hranil (nitrati, fosfati) iz kmetijstva, kar sproži eutrofikacijo vodnih teles. Primer: veliko jezer je doživljalo redna cvetenja alg in znižanje vsebnosti kisika zaradi gnojenja bližnjih kmetijskih površin in neposrednega odvajanja komunalnih vod (slika 97).
- B) Izpusti industrijskih kemikalij brez ustreznega čiščenja. Primer: reka Meža, ki je bila dolga desetletja močno onesnažena s težkimi kovinami zaradi delovanja železarne in metalurške industrije na Ravnah na Koroškem. Povečana vsebnost svineca in kadmija je vplivala na sediment in akvatično favno.
- C) Izlitje kurilnih olj in goriv s cestne infrastrukture (npr. ob večjih prometnih nesrečah ali okvarah), ki neposredno vstopajo v meteorno kanalizacijo in se izlivajo v reke. V Ljubljani so pritoki Ljubljanice, kot je kanal Curnovec, pogosto obremenjeni z oljnimi madeži in mikroplastiko po močnih nalivih.
- D) Turistična obremenitev jezerskih ekosistemov, kot v primeru Bohinjskega jezera, kjer povečano kopanje, čolnarjenje in kampiranje brez ustreznega ravnanja z odpadnimi vodami vodi do lokalnega povečanja bakterijske obremenjenosti in poslabšanja kakovosti vode v poletnih mesecih.
- E) Neurejena kanalizacija v podeželskih naseljih, kjer so fekalne vode speljane neposredno v potoke ali ponikovalnice. Primer: območja Notranjske in Bela krajina, kjer manjkajoča komunalna infrastruktura vodi do povečane prisotnosti fekalnih koliformnih bakterij in onesnaženja podzemnih voda.
- F) Nevarne snovi iz industrijskih nesreč, kot je razlitje nevarnih tekočin v obratih (npr. eksplozija v kemični tovarni Kemis na Vrhniki leta 2017), ki lahko prek požarne vode in podtalnice onesnažijo rečne sisteme, kar povzroča smrtnost vodnih organizmov in dolgoročno kontaminacijo sedimentov.
- G) Odlagališča odpadkov, ki ob nepravilnem tesnjenju povzročajo izcejanje onesnaženih izcednih voda (t. i. curog), ki vsebujejo težke kovine, amonijak, fenole in organske kisline. Ti lahko kontaminirajo vodonosnike, kar se je v preteklosti pokazalo v primerih odlagališč Barje in Stara vas.

Slika 97: Množični pogin rib v Pernškem jezeru poleti 2021



Ciano. (2021). *Ali lahko cianobakterije cvetijo?* CianoSLO. <https://www.ciano.si/ali-lahko-cianobakterije-cvetijo/>

Ti negativni vplivi vodijo do večsmernih posledic: izgube habitatov, pogin ribjih populacij, zmanjšanja biotske raznovrstnosti, povečanja toksinov v prehranski verigi ter nevarnosti za pitno vodo in zdravje ljudi.

7.6 Raba vode in njen vpliv na onesnaženje vodnega okolja

Raba vode predstavlja enega izmed temeljnih vidikov človekovega vpliva na naravne vodne sisteme. Voda je nepogrešljiv vir za zagotavljanje osnovnih življenjskih potreb, za proizvodne in storitvene dejavnosti ter za vzdrževanje ekoloških funkcij v pokrajini. Ključne oblike rabe vključujejo oskrbo s pitno vodo, kmetijsko in živinorejsko dejavnost, industrijsko proizvodnjo, energetski sektor (hlajenje, hidroenergija), komunalne potrebe, pa tudi prostorske funkcije, povezane z rekreacijo, turizmom in krajino.

Vsaka oblika rabe povzroča določeno stopnjo vpliva na kakovost in količino vodnih virov. Zaradi odvzema, vračanja in onesnaževanja vode se v vodna telesa vnašajo različne fizikalne, kemične in mikrobiološke obremenitve, ki presegajo naravne samočistilne sposobnosti ekosistemov. To vodi v kumulativne učinke, kot so eutrofikacija, zmanjšanje vsebnosti kisika, poslabšanje stanja habitatov, izguba biotske raznovrstnosti in povečano tveganje za zdravje ljudi.

V nadaljevanju je prikazanih **nekaj reprezentativnih primerov rabe vode** (Jablanović idr., 2003):

- A) Pitna voda in gospodinjstva: javni vodovodni sistemi zajemajo velike količine podzemne ali površinske vode, ki se po uporabi vrača v okolje kot odpadna voda. Kjer so čistilne naprave pomanjkljive ali preobremenjene, lahko pride do neposrednega onesnaženja rek in vodonosnikov. Na primer, v manjših naseljih brez ustrezne kanalizacije (npr. nekatera

območja Dolenjske) fekalne vode pogosto ponikajo neposredno v podzemne vire pitne vode.

- B) Kmetijstvo in živinoreja: kmetijska raba vode vključuje namakanje poljščin in vzrejo živine (slika 98). Ob tem nastajajo velike količine gnojevke, gnojil in pesticidov, ki se ob dežju izpirajo v površinske vode ali infiltrirajo v podzemlje. Tipičen primer so povišane koncentracije nitratov v podzemni vodi v Pomurju in na Dravskem polju, ki presegajo mejne vrednosti za pitno vodo po Direktivi o varstvu voda pred onesnaževanjem z nitrati iz kmetijskih virov – t. i. Nitratni direktivi (*Council Directive of 12 December 1991 Concerning the Protection of Waters against Pollution Caused by Nitrates from Agricultural Sources (91/676/EEC)*). Prekomerna raba fosforjevih gnojil prispeva k eutrofikaciji jezer, kot sta Ptujsko in Šmartinsko jezero.
- C) Industrija: v industrijskih panogah se voda uporablja kot hladilno, tehnološko ali izpiralno sredstvo. Brez učinkovitega čiščenja lahko industrijske odpadne vode vsebujejo težke kovine, fenole, topila, naftne derivate in druge toksične snovi. Zgodovinski primer predstavlja onesnaženje Meže in Drave zaradi izpustov iz rudarske in kemijske industrije v 20. stoletju. Tudi danes obstajajo primeri neustrezno nadzorovanih izpustov iz manjših obrti in servisov (npr. pralnice vozil, galvanske delavnice), ki povzročajo lokalno obremenitev vodnih teles.
- D) Energetika: termoelektrarne in industrijski obrati za hlajenje potrebujejo velike količine vode, ki se vrača segreta v okolje. To t. i. toplotno onesnaženje spremeni temperaturni režim rek in vpliva na ribje populacije, saj višja temperatura zmanjšuje topnost kisika. Primer tega je rečna struga Save v spodnjem toku, kjer je iztok termoelektrarne Brestanica dolgoletno spreminjal ekološke razmere v reki.
- E) Turizem in rekreacija: neposredno vplivata na kakovost vode predvsem v poletnih mesecih, ko se bistveno poveča obremenitev z obiskovalci. Na turistično izpostavljenih območjih (npr. Bohinjsko jezero, Savinja v Logarski dolini) se ob pomanjkljivi infrastrukturi pogosto pojavi onesnaženje z odplakami, detergenti in fekalnimi bakterijami, kar vpliva na kakovost kopalnih voda in povečuje tveganje za javno zdravje.
- F) Urbanizacija in promet: povečanje neprepustnih površin vodi v večje površinsko odtekanje padavinskih vod, ki s seboj prenašajo onesnaževala (olja, mikroplastiko, težke kovine, suspendirane delce). Ta se brez predčiščenja stekajo v vodotoke, zlasti v času močnih nalivov. Ljubljana in njeni pritoki so pogosto izpostavljeni tovrstnim obremenitvam.

Slika 98: Namakanje poljščin in travinja



Kmetijsko gozdarski zavod Novo mesto. (2021). *Namakanje poljščin in travinja*. https://www.kmetijskizavod-nm.si/uploads/kgz_nm/dokumenti/namakanje_poljscin_in_travinja_splet.pdf

Prekomerni odvzemi vode za kmetijstvo, turizem in industrijo zmanjšujejo pretočnost rek (npr. Vipava v sušnih mesecih) ter vplivajo na sušenje mokrišč in habitatov, kar dolgoročno zmanjšuje ekološko odpornost vodnih sistemov.

7.7 Sodobne oblike in stopnje onesnaženosti voda

V sodobnem okolju so vodna telesa vse pogosteje izpostavljena sočasnim, kompleksno prepletenim in kumulativnim obremenitvam, pri čemer se točkovni (npr. izpusti iz čistilnih naprav, industrijskih obratov) in difuzni viri onesnaženja (npr. izpiranje s kmetijskih površin, urbana odvodnja) prostorsko in časovno prekrivajo. Posledično postaja upravljanje kakovosti voda vse bolj zahtevno, saj je težko ločevati vplive posameznih virov in napovedovati njihove sinergijske učinke.

Stopnja onesnaženosti določenega območja je odvisna od številnih dejavnikov, med katerimi izstopajo (Kićović idr., 2004):

- 1) Intenzivnost in vrsta rabe prostora v zaledju porečij (npr. industrija v dolinah rek Meže, Dravinje in Savinje; intenzivno poljedelstvo v Pomurju, Spodnji Savinjski dolini ali na Dravskem polju).
- 2) Geološke in hidrološke značilnosti (npr. visoka prepustnost kraških tal, majhna zadrževalna kapaciteta medzrnskega vodonosnika).

- 3) Učinkovitost komunalne in industrijske infrastrukture za odpadne vode (npr. manjkajoča kanalizacija v posameznih ruralnih območjih in zaselkih, slabo vzdrževane čistilne naprave).
- 4) Raven izvajanja, nadzora in uveljavljanja okoljske zakonodaje, zlasti v primeru difuznega onesnaženja, ki zahteva dolgoročne spremembe praks (npr. prilagoditev kmetovanja v vodovarstvenih območjih).

Čeprav so v številnih slovenskih regijah podzemne vode še vedno razmeroma kakovostne in pogosto predstavljajo glavni vir oskrbe s pitno vodo, monitoring Agencije RS za okolje vse pogosteje zaznava prisotnost specifičnih onesnaževal, ki nakazujejo na vpliv človekovih dejavnosti (Agencija Republike Slovenije za okolje, 2024).

Med najpogosteje identificiranimi so:

- A) Nitrati (NO_3^-): povezani so predvsem z uporabo dušikovih gnojil v intenzivnem kmetijstvu. Visoke koncentracije nitratov (nad 50 mg/L) predstavljajo zdravstveno tveganje, zlasti za dojenčke (sindrom methemoglobinemije). Problematična območja v Sloveniji vključujejo vodonosnike na Murskem in Dravskem polju, pa tudi v Slovenski Istri.
- B) Mikroonesnaževala: sem sodijo farmacevtske učinkovine (npr. antibiotiki, hormoni), ostanki pesticidov (npr. glifosat, atrazin), biocidi in kozmetične učinkovine (npr. UV-filtri). Njihove koncentracije so pogosto v sledovih (ng/L– $\mu\text{g/L}$), vendar imajo lahko kljub temu pomembne učinke na vodne organizme (npr. endokrine motnje pri ribah). V reki Ljubljanici in Dravinji so bile zaznane sledi farmacevtskih spojin, ki izvirajo iz bolnišnic in gospodinjstev.
- C) Težke kovine: na območjih z zgodovinsko industrijo (npr. Mežiška dolina – svinec, kadmij; Celjska kotlina – cink, nikelj) so tla, sedimenti in podzemne vode obremenjeni s kovinami, ki se akumulirajo v bioti ter predstavljajo tveganje za zdravje ljudi in prehransko verigo.
- D) Mikrobiološke obremenitve: neposredni ali nezadostno očiščeni izpusti komunalnih voda povzročajo prisotnost fekalnih indikatorjev (npr. *Escherichia coli*, enterokoki), kar zmanjšuje kopalno in rekreacijsko vrednost voda (npr. Savinja med Celjem in Laškim). Mikrobiološko onesnaženje je tudi glavni razlog za omejevanje vodne oskrbe iz plitvih vodnjakov v nekaterih ruralnih območjih.

Poseben izziv predstavljajo kraška območja, kjer je zaradi visoke prepustnosti karbonatne podlage in hitrega pretakanja vode zmanjšana sposobnost naravnega filtriranja in razgradnje onesnaževal. Kraški vodonosniki, kot so Planinsko polje, Cerknjsko polje, Notranjski trikotnik (Pivka – Rakek – Postojna), so zaradi kratkega zadrževalnega časa in neposrednih povezav med površinskimi in podzemnimi vodami med najbolj ranljivimi vodnimi sistemi v Sloveniji (slika 99). Tudi manjše epizode onesnaženja (npr. razlitje gnojevke, izpust iz greznice) lahko povzročijo nenadno in obsežno poslabšanje kakovosti pitne vode ali vpliv na jame s podzemnimi vodnimi habitatami (*Proteus anguinus*).

Slika 99: Planinsko polje v času kraških poplav



Kumulativni učinki onesnaževal v vodnem okolju so pogosto dolgotrajni in težko reverzibilni. Zato je ključnega pomena nenehno spremljanje stanja voda, integrirano upravljanje porečij, določitev ranljivih območij in uvedba preventivnih ukrepov, kot so omejitve gnojenja na vodovarstvenih območjih, izgradnja modernih čistilnih naprav in vzpostavitev pasivnih filtrirnih pasov ob vodotokih.

7.8 Najpogostejše vrste in viri onesnaževanja voda

Onesnaženje voda predstavlja enega izmed najresnejših okoljskih izzivov sodobne družbe. Razumevanje različnih vrst onesnaženja ter njihovih virov je ključno za učinkovito upravljanje vodnih virov, oblikovanje ustrezne okoljske zakonodaje in razvoj tehničnih ter prostorskih ukrepov za zmanjševanje pritiskov. Vsaka oblika onesnaženja negativno vpliva na kakovost vode, zdravje ljudi, delovanje vodnih in obvodnih ekosistemov ter naravno sposobnost voda za samočiščenje. Najpogostejše vrste onesnaževanja so komunalno, industrijsko in kmetijsko onesnaževanje.

7.8.1 Komunalno onesnaževanje voda

Komunalno onesnaževanje zajema obremenitve, ki izvirajo iz naseljenih območij, gospodinjstev, javnih ustanov, kot so šole, bolnišnice in druge infrastrukture, vključno s kanalizacijskimi sistemi in čistilnimi napravami (slika 100). Gre za enega izmed najpogostejših in obsežnejših virov onesnaženja vodnega okolja, saj vključuje tako točkovne vire, kot so neposredni izpusti iz komunalnih čistilnih naprav, kot tudi difuzne vire, kot so površinski odtoki z urbanih območij med padavinami. Odplake iz gospodinjstev vključujejo izlive iz sanitarnih prostorov, kuhinj, kopalnic in pralnic, meteorne vode pa s cest, streh in dvorišč spirajo olja, težke kovine, mikroplastiko in kemikalije v okolje (Singh idr., 2022).

Slika 100: Komunalno onesnaževanje voda



Očistimo vodo. (3. 1. 2018). Čiščenje odpadnih voda. <http://ocistimo-vodo.si/o-ciscenju-odpadnih-voda/>

Med pogostimi onesnaževali v komunalnih odpadnih vodah so organske snovi, izražene kot biokemična (BPK₅) in kemična potreba po kisiku (KPK), ki povzročajo zmanjšanje koncentracije raztopljenega kisika v vodi. Ta pojav lahko vodi v pogin rib, zmanjšanje biotske raznovrstnosti in širjenje tolerantnih vrst, kot so ličinke komarjev (Duan idr., 2025). Prisotnost hranil, kot so nitrati, amonij in fosfati, pospešuje evtrofikacijo, prekomerno rast alg in vodnih rastlin (Matičič, 1999). Ob razgradnji teh organizmov se dodatno porablja kisik, kar lahko povzroči hipoksične (nizkokisikove) ali anoksične (brez kisika) razmere, kot se je v preteklosti zgodilo v Blejskem jezeru.

Zdravstvena tveganja izvirajo predvsem iz fekalnih bakterij in patogenih mikroorganizmov (*Escherichia coli*, *Enterococcus spp.*), ki lahko v primeru izpustov v rekreacijske vode povzročijo okužbe prebavil, kožna obolenja in druge bolezni. Reka Savinja v urbanem delu Celja pogosto presega higienske standarde za kopalne vode (Uhan, 2017), zlasti po močnem deževju, ko pride do izpiranja kanalizacijskih sistemov in cestnih površin.

Komunalni izpusti vsebujejo tudi nevarne mikroonesnaževalce: detergente, farmacevtske učinkovine (antibiotike, hormone), kozmetične kemikalije in mikroplastiko. Te snovi so pogosto biološko obstojne, se kopičijo v vodnih organizmih in delujejo kot endokrini motilci, kar lahko povzroča motnje razmnoževanja, feminizacijo rib ter dolgotrajne učinke na prehranske verige. Na območju Ljubljane so raziskave pokazale prisotnost mikroplastike v sedimentih in organizmih reke Ljubljanice, kar kaže na razširjenost teh onesnaževal, zlasti iz meteorne kanalizacije (Matjašič idr., 2023).

Notranjsko-kraški vodonosniki so zaradi razpršene poselitve, pomanjkanja kanalizacije in prisotnosti greznic izpostavljeni neposrednemu onesnaženju. Izvir Štebersčica, pomemben vir pitne vode na Cerkljanskem polju, je občasno kontaminiran s fekalnimi mikroorganizmi, saj kraška podlaga ne zagotavlja filtracije ali zadrževanja onesnaževal (Dolinar idr., 2010).

Posledice komunalnega onesnaženja so tako ekološke kot tudi družbenoekonomske. Onesnaževanje vpliva na spremembe biotske strukture: občutljive vrste (npr. enodnevnice, mladoletnice) izginjajo,

prevladujejo tolerantne vrste, kar zmanjšuje naravno kakovost ekosistema. Poleg tega onesnaženje zmanjšuje rekreacijsko in turistično vrednost vodnih teles, kjer so vodne aktivnosti pomemben del lokalne gospodarske dejavnosti. Dolgoročni vplivi vključujejo tudi kumulativno obremenjevanje podzemnih vodonosnikov, kot so Dravsko, Mursko in Krško polje, ki predstavljajo ključne vire pitne vode v Sloveniji.

7.8.2 Industrijsko onesnaževanje voda

Industrijsko onesnaženje je eden izmed najbolj kompleksnih in okoljsko zahtevnih virov obremenjevanja vodnega okolja, pri čemer so vrsta industrije, uporabljene surovine in tehnologije čiščenja ključni dejavniki, ki določajo sestavo in stopnjo nevarnosti odpadnih voda (Kićović idr., 2004). V Sloveniji pomemben delež k tej obliki onesnaženja prispevajo kemijska, kovinskopredelovalna, tekstilna, papirna, lesno-predelovalna in živilska industrija. Vsaka od teh panog proizvaja specifična onesnaževala, ki imajo lahko ob pomanjkljivem čiščenju dolgoročne negativne posledice za vodne ekosisteme, podtalnico in zdravje ljudi (slika 101).

Slika 101: Industrijsko onesnaževanje voda



Alfa-laval. (b. d.). Čiščenje industrijske odpadne vode in obdelava odpadkov. <https://www.alfa-laval.si/industrije/ienje-vode-in-obdelava-odpadkov/ciscenje-industrijske-odpadne-vode-in-obdelava-odpadkov/>

Kemijska industrija prispeva predvsem organske toksične spojine, kot so fenoli, klorirani ogljikovodiki (trikloreten), pesticidi in topila, pa tudi kisline, baze ter različne anorganske soli. Takšni izpusti so pogosto perzistentni, toksični in biološko slabo razgradljivi. Na območju Celja so iz kemične proizvodnje dolgo časa v reko Savinjo iztekale vode, kontaminirane s kadmijem in svincem, kar je povzročilo dolgotrajno kontaminacijo sedimentov in onemogočilo obnovo ekološkega ravnovesja (Frančišković-Bilinski idr., 2006).

Kovinskopredelovalna industrija, vključno z galvanskimi postopki, je vir težkih kovin, kot so svinec, kadmij, cink, baker in krom, ki so že v sledovih toksični za vodne organizme in se kopičijo v prehranskih verigah. Klasičen primer je Zgornja Mežiška dolina, kjer so izpusti iz Železarne Ravne in nekdanje topilnice svina povzročili izjemno obremenitev reke Meže, kontaminacijo obrežnih sedimentov in celo povišane vrednosti svina v krvi otrok v okolici (Goltnik idr., 2022).

Tekstilna industrija pogosto vnaša v vode barvila, površinsko aktivne snovi, težke kovine in organska topila (Panhwar idr., 2024). Takšne spojine lahko povzročijo spremembe barve in motnosti vode, motnje v fotosintezi in razgradnjo kisika v vodi. Čepprav tovrstna industrija v Sloveniji ni več tako razširjena kot nekoč, so nekatera območja, kot npr. dolina reke Drave, še vedno obremenjena zaradi zgodovinskih vplivov.

Papirna industrija obremenjuje vodno okolje z visokimi vrednostmi BPK in KPK zaradi vsebnosti organskih snovi, celuloznih vlaken, kislin in aditivov. Slabo prečiščene odpadne vode povzročajo zmanjšanje razpoložljivega kisika in s tem propad občutljive vodne favne (Boguniewicz-Zabłocka in Kłosok-Bazan, 2020). Takšni vplivi so bili v preteklosti zaznani ob izpustih nekaterih papirnic v Savinjsko dolino.

7.8.3 Kmetijsko onesnaževanje voda

Kraški ekosistemi sodijo med hidrološko najranljivejša okolja, saj zaradi visoke infiltracijske sposobnosti in pomanjkanja naravne filtracije že majhne količine onesnaževal hitro prehajajo v podzemne vodonosnike. V takšnih razmerah je vpliv kmetijstva, zlasti mlečne industrije, izrazit in neposredno ogroža ekološko stabilnost kraških habitatov ter populacije vrste *Proteus anguinus*. Odpadne vode mlečne industrije vsebujejo kompleksne mešanice ogljikovih hidratov, beljakovin (npr. kazeina), lipidov, laktoze in različnih mineralov (npr. Na, K, Fe, Cu, Mn), ki lahko v povišanih koncentracijah delujejo toksično na jamske organizme (Šobot in Bilić, 2025a).

Eden ključnih učinkov takšnega onesnaženja je sprememba pH-vrednosti ter povečana vsebnost organske snovi, kar vodi v znižanje koncentracije raztopljenega kisika zaradi intenzivne mikrobne razgradnje. Ker je *Proteus anguinus* odvisen od stabilnih razmer, pH med 6,5 in 7,5 ter koncentracij kisika nad 7 mg/L, lahko že manjša odstopanja bistveno vplivajo na njegovo presnovo, razpoložljivost plena in reproduktivni cikel. Dolgotrajna organska obremenitev povzroča degradacijo podzemnih habitatov, kar vodi v zmanjšanje populacij nevretenčarjev, ključne prehranske skupine človeške ribice, in posledično v poslabšanje pogojev za njeno preživetje (Šobot in Bilić, 2025b).

Dodatno tveganje predstavljajo detergenti, razkužila ter kisline in baze iz postopka čiščenja CIP (*angl. Cleaning in Place*), ki se uporablja za vzdrževanje higienskih standardov v mlečni industriji. Ker kraška podlaga skoraj ne zadržuje kislinskih ali bazičnih raztopin, te hitro spreminjajo pH podzemne vode ter povečujejo topnost kovin in drugih potencialno toksičnih snovi. Zaradi hitrega prenosa onesnaževal v podzemlje so primarne faze (kemično čiščenje), sekundarne (biološko čiščenje) in terciarne (tehnično-tehnološko čiščenje) obdelave odpadnih voda ključnega pomena za ohranjanje stabilnih fizikalno-kemijskih razmer in s tem za dolgoročno varstvo kraških ekosistemov ter vrste *Proteus anguinus* (Šobot idr., 2025) (slika 102).

Slika 102: Kemično čiščenje kmetijskih odpadnih voda



Šobot, A., Gričar, S. in Bilić-Šobot, D. (2025). Optimising chemical treatment of dairy wastewater for sustainable protection of karst ecosystems. *Sustainability*, 17, članek 10556. <https://doi.org/10.3390/su172310556>

7.9 Fizikalni učinki in fizikalni indikatorji onesnaženja voda

Fizikalni učinki in indikatorji onesnaženja voda predstavljajo osnovno orodje za hitro zaznavanje sprememb v kakovosti vodnega okolja. Zaradi svoje neposredne povezave z naravnimi in antropogenimi viri vplivov so fizikalni parametri pogosto prvi pokazatelj, da je v vodnem telesu prišlo do spremembe, ki lahko pomeni začetek degradacijskih procesov ali posledico obstoječih obremenitev. Med ključne fizikalne kazalce sodijo temperatura, motnost, barva, vonj, okus, električna prevodnost, trdota, prisotnost suspendiranih in plavajočih snovi ter druge senzorično zaznavne značilnosti (Kićović idr., 2004).

Temperatura vode ima osrednjo vlogo pri regulaciji topnosti plinov (zlasti kisika), hitrosti kemičnih reakcij in presnovnih procesov pri vodnih organizmih. Umestitev termoenergetskih objektov v bližino rek (npr. termoelektrarna Brestanica) pomeni, da se v vodotoke pogosto odvaja segreta voda, kar lahko vodi v toplotno onesnaženje. Povišane temperature znižajo vsebnost raztopljenega kisika in povzročajo toplotni stres občutljivim vrstam, kot sta potočna postrv (*Salmo trutta fario*) in lipan (*Thymallus thymallus*), ki se zato umikata z degradiranih območij.

Motnost vode je pokazatelj prisotnosti suspendiranih delcev, kot so glina, mulj, organski ostanki, fitoplankton ali mikroplastika. Do povišane motnosti pogosto prihaja ob močnem deževju in erozijskih procesih (npr. v reki Soči ob taljenju snega), zaradi gradbenih posegov (npr. gradnja tretje razvojne osi) ali ob izpustih iz neustrezno urejenih čistilnih naprav. Motna voda zmanjšuje prodiranje svetlobe, kar

neposredno vpliva na fotosintetsko aktivnost alg in vodnih rastlin v evfotični coni. Obenem pa lahko suspendirani delci mehansko poškodujejo škrge rib in prispevajo k prenosu vezanih toksičnih snovi.

Barva vode je v naravnem stanju običajno posledica prisotnosti huminskih in fulvinskih kislin, raztopljenih iz šote in vegetacije. Vendar lahko nenavadne barvne spremembe opozarjajo na vnos industrijskih barvil, naftnih derivatov ali razmnožitev cianobakterij. Na primer zeleno obarvanje zaradi algnega cvetenja, pogosto povezano z evτροφikacijo, je bilo zabeleženo tudi v Šmartinskem jezeru pri Celju.

Vonj in okus sta indikatorja, ki se ocenjujeta organoleptično in lahko opozarjata na prisotnost razpadajoče organske snovi, fekalnih mikroorganizmov, naftnih produktov ali kemikalij. Intenziven vonj po gnilobi, je posledica razgradnje organskih snovi ob nizkem kisiku in visoki temperaturi. Takšne lastnosti zmanjšujejo estetsko in rekreacijsko vrednost vode ter pomenijo potencialno tveganje za zdravje ljudi.

Električna prevodnost je neposredno povezana s koncentracijo raztopljenih ionov (npr. Na^+ , K^+ , Cl^- , NO_3^- , SO_4^{2-}), ki izvirajo iz kmetijskih, industrijskih ali komunalnih virov (Kićović idr., 2004). V rekah Muri in Ščavnici so bile zabeležene višje vrednosti prevodnosti zaradi vnosov mineralnih gnojil in raztopljenih anorganskih spojin. Visoka prevodnost lahko kaže na splošno kemično obremenjenost, medtem ko nenadna nihanja signalizirajo akutne dogodke (npr. razlitja industrijskih raztopin).

Trdota vode, ki je povezana s koncentracijo kalcija in magnezija, je v Sloveniji močno odvisna od geološke sestave vodonosnikov. Kraške vode, kot so izviri v notranjski regiji, so pogosto srednje do zelo trde, kar vpliva na raztapljanje kovin, uporabnost vode v industriji ter na občutljivost organizmov na pH nihanja. Spremembe trdote zaradi industrijskih izpustov ali neustreznega mešanja voda lahko motijo homeostatske mehanizme pri vodnih organizmih.

Prisotnost vidnih snovi, kot so oljni madeži, maščobe, plastični delci, pena in usedline, pomeni neposreden vizualni indikator onesnaženja. Oljni madeži na površini Ljubljanice v bližini cestnih mostov so pogosto posledica izpustov z vozil in cestne infrastrukture, medtem ko plastični odpadki v reki Dravi v okolici Maribora predstavljajo problem mikro- in makroplastike, ki vpliva na vodne ptice in ribe. Primer oljnih madežev je potok Tojnica po požaru v podjetju Kemis (slika 103).

Slika 103: Potok Tojnica po požaru v podjetju Kemis, 2017



Reporter. (27. 7. 2017). *Arso od Kemisa zahteva sanacijo škode po požaru; očistiti mora Tojnico*. Reporter. <https://reporter.si/clanek/slovenija/arso-od-kemisa-zahteva-sanacijo-skode-po-pozaru-ocistiti-mora-tojnico-525634>

Fizikalni parametri so zaradi svoje enostavne merljivosti in takojšnje opaznosti ključni pri zgodnjem odkrivanju sprememb v kakovosti vode. Uporabljajo se v okoljskem monitoringu (npr. državna mreža ARSO za spremljanje kakovosti voda), kot podlaga za odločanje o nadaljnjih kemičnih ali bioloških analizah, ter pri oceni stanja vodnih teles v skladu z Okvirno vodno direktivo (*org. Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2000 establishing a framework for Community action in the field of water policy*). Njihovo spremljanje omogoča ne le hitro identifikacijo onesnaževalnih dogodkov, temveč tudi razumevanje širših sprememb v vodnem okolju, povezanih s podnebnimi spremembami, rabo prostora in antropogenimi pritiski.

7.10 Kemični učinki in kemični indikatorji onesnaženja voda

Kemični učinki in indikatorji onesnaženja voda predstavljajo ključno kategorijo okoljskih sprememb, ki vplivajo na funkcionalnost, stabilnost in zdravje vodnih ekosistemov ter pomenijo tveganje za zdravje ljudi. Voda v naravnem okolju sicer vedno vsebuje vrsto raztopljenih anorganskih in organskih snovi, vendar lahko že manjša odstopanja od naravnega kemičnega ravnovesja, povzročena z antropogenimi dejavnostmi, vodijo v resne spremembe v kakovosti vodnih teles.

Eden izmed temeljnih indikatorjev kemičnega stanja vode je **kisikova bilanca**. Biokemična potreba po kisiku (BPK₅) predstavlja količino kisika, ki ga mikroorganizmi porabijo za razgradnjo biološko razgradljivih organskih snovi, in s tem kaže na prisotnost onesnaženja iz komunalnih, kmetijskih ali industrijskih virov (Jablanovič idr., 2003). Visoke vrednosti BPK₅ so bile zabeležene v reki Rinži v času delovanja usnjarske industrije v Kočevju, kar je prispevalo k zmanjšani razpoložljivosti kisika in propadu ribjih populacij. Kemična potreba po kisiku (KPK) pa zajema širši spekter oksidirljivih snovi, vključno z bolj obstojnimi organskimi spojinami, in je pomembna za hitro oceno splošne kemijske obremenitve vode (Rauh, 2015).

Dušikove spojine so pomembni indikatorji kemične obremenjenosti. Amonijev ion (NH_4^+) je značilen produkt razgradnje organske snovi, ki postane toksičen pri višjih pH vrednostih in temperaturah (jablanović idr., 2003). Nitriti (NO_2^-), ki nastajajo kot vmesna stopnja v nitrifikacijskem procesu, nakazujejo na sveže onesnaženje in motnje v mikrobioloških procesih (Čomić, 1999). Povišane koncentracije nitritov so bile npr. zaznane v porečju reke Mure v obdobju intenzivne rabe gnojevke. Nitrati (NO_3^-), kot oksidirana oblika dušika, v višjih povzročajo zdravstvena tveganja in pospešujejo eutrofikacijo. Podobno velja za fosfate, ki spodbudijo razrast fitoplanktona in vodnih makrofitov pojav, ki je bil v preteklosti značilen za Blejsko jezero in Šmartinsko jezero, kjer je prišlo do alnega cvetenja in posledičnega znižanja kisika.

Težke kovine, kot so živo srebro (Hg), kadmij (Cd), svinec (Pb), krom (Cr) in nikelj (Ni), predstavljajo trajna kemična onesnaževala zaradi svoje toksičnosti, obstojnosti in sposobnosti kopičenja v sedimentih in bioti. Primer dolgotrajne kontaminacije je Zgornja Mežiška dolina, kjer so rudarsko-metalurške dejavnosti povzročile akumulacijo svinca v reki Meži in njeni okolici (slika 104). Takšne snovi se bioakumulirajo in biomagnificirajo vzdolž prehranske verige, kar lahko vpliva tudi na človeka (npr. z uživanjem rib).

Slika 104: Naplavine v zgornji Mežiški dolini, 2023



RTVSLO. (2023). *Vzorci naplavin v zgornji Mežiški dolini kažejo na presežne vrednosti svinca, cinka in kadmija*. <https://www.rtvsllo.si/okolje/vzorci-naplavin-v-zgornji-meziski-dolini-kazejo-na-presezne-vrednosti-svinca-cinka-in-kadmija/679668>

Kislost ali bazičnost vode, izražena s pH, je bistvena za biološko ravnovesje. Močna odstopanja vplivajo na toksičnost številnih snovi, npr. povečana toksičnost amonijaka v bazičnem okolju ali povečana topnost kovin v kislem okolju. Zakisljevanje površinskih voda zaradi kislilnih padavin je bilo v preteklosti zabeleženo v območjih z manj alkalnimi kamninami, kar je vplivalo na reprodukcijo in preživetje dvoživk.

Prevodnost vode je posreden kazalnik vsebnosti raztopljenih ionov (npr. Cl^- , SO_4^{2-} , Na^+), značilnih za vplive industrijskih in kmetijskih izpustov. Visoke vrednosti prevodnosti so značilne za podzemne vode

na območjih intenzivne rabe gnojil, npr. na Dravskem in Murskem polju, ter v obalnih vodonosnikih, kjer je prisotno vdiranje morske vode (npr. pri Kopru).

Specifični organski onesnaževalci, kot so pesticidi (npr. atrazin, glifosat), farmacevtske učinkovine (npr. antibiotiki, analgetiki, hormoni), hlapne organske spojine (npr. benzen, toluen) in naftni derivati, so prisotni v sledovih, a imajo pomembne ekotoksikološke učinke. V Sloveniji so bile v okviru državnega monitoringa večkrat zaznane prisotnosti herbicidov in insekticidov v površinskih in podzemnih vodah, kar kaže na vpliv intenzivnega kmetijstva. Farmacevtski ostanki so bili zaznani v reki Ljubljanici in Savi, kjer povzročajo endokrine motnje pri ribah.

Kemične spremembe se v vodnem okolju manifestirajo kot zmanjšanje razpoložljivega kisika, eutrofikacija, toksičnost in bioakumulacija. Te posledice vodijo v zmanjšanje biotske raznovrstnosti, motnje v trofičnih mrežah ter neposredna tveganja za zdravje ljudi. V okviru izvajanja Okvirne vodne direktive so zato določeni mejni standardi za številne kemične parametre, s ciljem zagotavljanja dobrega kemičnega stanja vseh vodnih teles v EU.

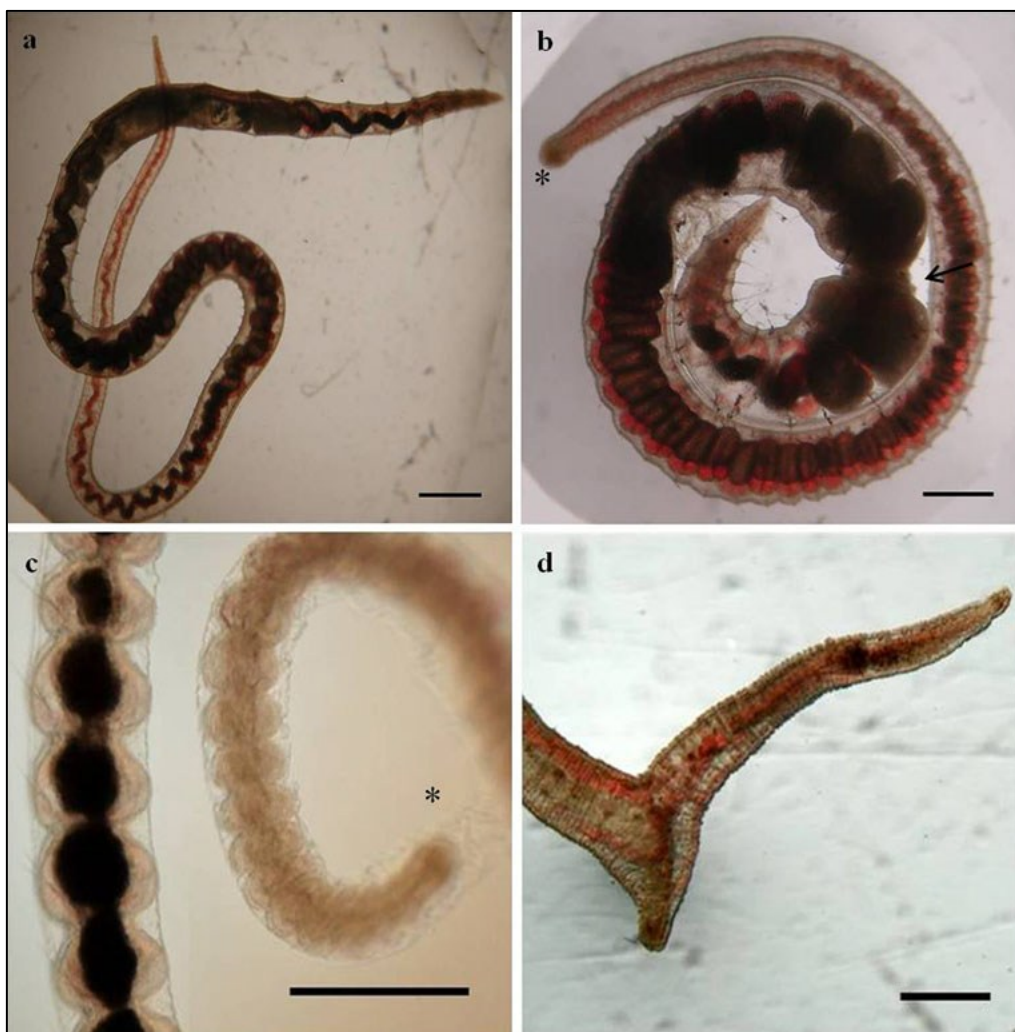
7.11 Biološki učinki in biološki indikatorji onesnaženja voda

Biološki učinki onesnaženja voda se v vodnih ekosistemih kažejo kot spremembe v zgradbi združb, vrstni sestavi, funkcionalnih značilnostih in celotnem delovanju ekosistemov (Kićović idr., 2004). Ker so vodni organizmi nenehno izpostavljeni razmeram v svojem habitatu, se hitro in občutljivo odzivajo na spremembe v kakovosti okolja, kar jih uvršča med naravne bioindikatorje. V nasprotju s fizikalno-kemičnimi parametri, ki dajejo pretežno trenutne informacije, omogočajo biološki indikatorji zaznavanje dolgoročnih, kumulativnih vplivov in celotno oceno stanja vodnih teles.

Biološki indikatorji so posamezne vrste ali skupine organizmov, katerih pojavnost, številčnost ali razmerja med vrstami neposredno odražajo stanje okolja. Na podlagi njihove znane ekološke tolerance je možno oceniti stopnjo onesnaženosti od oligotrofnih, ekološko stabilnih vodnih teles do eutrofnih, degradiranih sistemov. Občutljive vrste, kot so enodnevnice (npr. *Baetis rhodani*), kamenjarke (npr. *Perla marginata*) in mladoletnice (npr. *Hydropsyche angustipennis*), so značilne za hitro tekoče, hladne in s kisikom bogate vode. Njihova prisotnost pomeni visoko ekološko kakovost in dobro naravno stanje (Fiałkowski idr., 2003).

Nasprotno pa v obremenjenih habitatih pogosto prevladujejo tolerantne vrste, kot so pijavke (npr. *Erpobdella octoculata*), ličinke komarjev (*Culicidae*) ter nekatere vrste črvičev (npr. *Tubifex tubifex*) (slika 105), ki uspevajo v vodah z nizko vsebnostjo kisika in visoko organsko obremenitvijo (Moreno-Ocio idr., 2024).

Slika 105: Tubifex tubifex



Méndez-Fernández, L., Martínez-Madrid, M. in Rodríguez, P. (2013). Toxicity and critical body residues of Cd, Cu and Cr in the aquatic oligochaete *Tubifex tubifex* (Müller) based on lethal and sublethal effects. *Ecotoxicology*, 22(10), 1445–1460. <https://doi.org/10.1007/s10646-013-1131-4>

Makrofiti, kot so trst (*Phragmites australis*), rogoz (*Typha latifolia*) in močvirska metlika (*Mentha aquatica*), so pogosti v plitvih jezerih, kanalih in mokriščih. Njihova množična prisotnost nakazuje povečano koncentracijo hranil in hidromorfološke spremembe (Dahija idr., 2022).

Ribe kot višji trofični organizmi omogočajo dolgoročno spremljanje stanja vodnega okolja. Postrv (*Salmo trutta*) uspeva v hladnih, hitro tekočih potokih s stabilnim pretokom in visoko koncentracijo raztopljenega kisika; njihova prisotnost je indikator naravno ohranjenega toka. Po drugi strani so vrste, kot sta krap (*Cyprinus carpio*) in zelenika (*Lepomis gibbosus*), značilne za počasi tekoče, tople in evtrofne vode, kjer zmorejo preživeti kljub nizki vsebnosti kisika in visoki trofični obremenjenosti.

Posebno vlogo ima človeška ribica (*Proteus anguinus*), endemit kraškega podzemlja, ki uspeva le v izredno čistih, stabilnih, hladnih in s kisikom bogatih podzemnih vodah. Najdemo jo v Planinski jami, Tominčevem breznu in Jelševniku pri Črnomlju. Njena prisotnost je neposreden indikator neonesnaženega, ekološko stabilnega kraškega sistema. Kakršna koli sprememba v številnosti populacije ali opazovanje poginov nakazuje resno kontaminacijo podzemne vode, pogosto zaradi mikroonesnaževal, gnojil ali patogenih mikroorganizmov.

Biološki monitoring vključuje uporabo različnih biotskih indeksov, kot sta BMWP (*angl. Biological Monitoring Working Party*), ki temelji na prisotnosti vodnih nevretenčarjev, in saprobni indeks, ki razvršča vode glede na stopnjo organskega onesnaženja. Med pogoste metode spada ocenjevanje prisotnosti in relativne pogostosti taksonov z različnimi stopnjami tolerance. Tako lahko že preprosta analiza združbe razkrije stanje vode denimo prevlada enodnevnice in kamenjark kaže na oligosaprobne, čiste vode, medtem ko dominanca pijavk in *Tubifex* na polisaprobne, močno onesnažene vode. Biološki elementi pa so pogosto najbolj občutljiv kazalnik sprememb zaradi svoje integrirane odzivnosti na okoljske obremenitve.

7.12 Prečiščevanje onesnaženih odpadnih voda

Učinkovito čiščenje odpadnih voda poteka v več fazah, ki so zasnovane tako, da postopoma odstranjujejo posamezne skupine onesnaževal. Prva faza, mehansko predčiščenje, vključuje odstranjevanje grobih delcev brez uporabe kemikalij. V tej fazi voda prehaja skozi mehanske rešetke, grablje in peskolove, kjer se ločijo plavajoči in potopljeni trdni delci, kot so plastični odpadki, pesek, listje in drugi anorganski delci (Kićović idr., 2004). V Sloveniji je tipičen primer mehanskega čiščenja centralna čistilna naprava Domžale–Kamnik, kjer predhodno odstranjevanje grobih delcev bistveno zmanjša obremenitev na nadaljnje stopnje čiščenja.

Sledi primarno oziroma **fizikalno-kemično čiščenje**, pri katerem se s pomočjo koagulantov (npr. železove ali aluminijeve soli) doseže vezava manjših koloidnih delcev v večje kosmiče, ki se lažje usedejo v primarnih usedalnikih. Istočasno se z nevtralizacijo pH ustvarijo optimalni pogoji za nadaljnjo biološko čiščenje. Ta faza je pomembna predvsem za odstranjevanje fosfatov in zmanjševanje motnosti (Šobot in Bilić-Šobot, 2025a). Kemično obdelavo pogosto izvajajo večje čistilne naprave, kot je Čistilna naprava Maribor, ki s tem dosega visoko učinkovitost tudi pri čiščenju industrijskih odpadnih voda iz okoliških podjetij.

Jedro sodobnega čiščenja predstavlja **biološka faza čiščenja**, v kateri mikroorganizmi (predvsem bakterije in praživali) presnavljajo organske snovi ter zmanjšujejo vsebnost dušikovih spojin (slika 106). Najpogosteje se uporabljajo sistemi z aktivnim blatom, kjer se v aeriranih bazenih vzdržujejo optimalni pogoji za mikrobno razgradnjo (temperatura, kisik, pH). Alternativno se uporabljajo tudi biološki filtri, rastlinske čistilne naprave ali stabilizacijski ribniki (Čomić, 1999). V manjših krajih, kot je na primer Gorišnica v Podravju, uspešno delujejo naravne rastlinske čistilne naprave, ki so primerne za razpršene poselitve in manjše količine odpadne vode. Ti sistemi posnemajo naravne samočistilne procese in imajo zelo nizko energijsko potrebo.

Slika 106: Biološko čiščenje z aktivnim blatom



V terciarni oziroma **napredni fazi čiščenja** se iz vode odstranijo še preostala mikroonesnaževala, ostanki hranil, patogeni mikroorganizmi in ostanki farmacevtskih snovi. Uporabljajo se metode, kot so ultrafiltracija, UV-dezinfekcija, ozonizacija, adsorpcija na aktivno oglje ter membranske tehnike, vključno z reverzno osmozo (Kićović idr., 2004). V Ljubljani je Čistilna naprava Brod eden od primerov, kjer se za zaščito vodonosnika izvajajo dodatni ukrepi naprednega čiščenja, predvsem za preprečevanje vnosa dušikovih spojin v podzemno vodo. Takšni postopki so ključni na območjih, kjer se očiščena voda vrača v okolje z visoko ekološko ali sanitarno vrednostjo, na primer v bližini naravnih kopališč, Natura 2000 območij ali zajetij pitne vode.

Poleg zmanjševanja ekološkega vpliva na površinske vode ima prečiščena voda vedno večjo vlogo tudi v ponovni rabi. V Sloveniji je ta pristop še v razvoju, vendar se v nekaterih kmetijskih območjih (npr. Vipavska dolina) že razmišlja o ponovni rabi očiščene vode za namakanje. Industrijski obrati pa prečiščeno tehnološko vodo že vračajo v proizvodne procese, dober primer je mlekarna Krepko, ki z lastno čistilno napravo reciklira tehnološko vodo in zmanjšuje obremenitev vodonosnikov.

Celotni postopek prečiščevanja odpadnih voda je v Sloveniji pravno urejen z Uredbo o emisiji snovi in toplote pri odvajanju odpadnih voda v vode in javno kanalizacijo (2012), ki določa mejne vrednosti za izpuste, pogostost monitoringa in obveznosti izvajalcev. Učinkovitost čiščenja nadzira ARSO, medtem ko inšpekcijski nadzor izvaja Inšpektorat RS za okolje in prostor.

7.13 Sanitaro-ekološki nadzor voda

Sanitaro-ekološki nadzor voda je temeljni del sistema za varstvo okolja in javnega zdravja, ki omogoča celostno ocenjevanje stanja vodnih virov, zgodnje odkrivanje onesnaževal ter preverjanje učinkovitosti obratovanja komunalne in industrijske infrastrukture za čiščenje voda. Njegov namen ni le zagotavljanje skladnosti z zakonodajnimi zahtevami, temveč tudi dolgoročno spremljanje kakovosti in ekološke funkcionalnosti vodnih teles. Nadzor se izvaja s pomočjo trih osrednjih vrst analiz: fizikalne, kemične in biološke, ki se dopolnjujejo in skupaj omogočajo celostno presojo vplivov na vodno okolje (Kičović idr., 2004).

Fizikalni parametri, kot so temperatura, motnost, barva, vonj, okus, električna prevodnost in pH, so pogosto prvi pokazatelji sprememb. Povišane temperature na iztoku iz hidroelektrarn na Dravi (npr. HE Drava) povzročajo zmanjšanje vsebnosti kisika in toplotni stres za ribe. Zvišana motnost ob gradbenih posegih v vodotokih (npr. regulacija Krke) omejuje prodiranje svetlobe in negativno vpliva na fotosintezo vodnih rastlin. Spremembe v pH in prevodnosti so pogosto povezane z industrijskimi izpusti, na primer zvišana prevodnost in nizek pH ob stiku z lužnatimi izcednimi vodami iz odlagališč (npr. stare rudniške jame).

Kemične analize so namenjene določanju koncentracij raztopljenih snovi in ugotavljanju prisotnosti snovi, ki so toksične, obstojne ali lahko vodijo v eutrofikacijo. Vključujejo merjenje biokemične (BPK₅) in kemične potrebe po kisiku (KPK), ki kažeta na organsko obremenitev – npr. visoke vrednosti BPK v surovih odpadnih vodah mlekarne brez predčiščenja (do 600 mg/L) (slika 107). Dušikove spojine (amonijak, nitriti, nitrati) in fosfati se pogosto pojavljajo v kmetijskih območjih Pomurja in Spodnje Savinjske doline, kjer povzročajo zaraščanje vodotokov, zmanjšanje kisika in posledično pogine rib. Posebno pozornost zahtevajo tudi težke kovine (Hg, Pb, Cd, Cr), ki so še vedno prisotne v sedimentih reke Meže in Savinje v okolici Celja (npr. vpliv Cinkarne). Prisotnost pesticidov, ostankov zdravil in mikroplastike postaja vse bolj pomembna zlasti v urbaniziranih območjih.

Slika 107: Primer izvajanja monitoringa na iztoku iz čistilne naprave



Biološki nadzor vključuje identifikacijo mikrobioloških in makroskopsko vidnih bioindikatorskih vrst, ki omogočajo zaznavanje kroničnih in kumulativnih vplivov. Ključno je spremljanje fekalnih indikatorjev, kot sta *Escherichia coli* in fekalne koliformne bakterije, zlasti na kopalnih mestih (npr. kopalnišče Kolezija v Ljubljani, gramoznica Velenje). Na osnovi njihove prisotnosti se ocenjuje sanitarna neoporečnost površinskih voda. V okviru biološkega monitoringa se izvajajo tudi analize vodnih nevretenčarjev (npr. BMWP in saprobni indeks), prisotnost ličink enodnevnice in kamenjark v Soči ali Kolpi pomeni visoko ekološko kakovost, medtem ko prevlada pijavk ali ličink komarjev v nižinskih odsekih Mure kaže na organsko obremenjenost. Razrast cianobakterij v Cerknškem jezeru in Šmartinskem jezeru v poletnem času odraža posledico dotoka hranil, kar predstavlja potencialno tveganje zaradi produkcije toksinov (mikrocistinov).

Sanitarni nadzor poteka v skladu z načrti monitoringa, ki jih predpiše ARSO in je obvezen za vsa komunalna podjetja, upravljavce čistilnih naprav in odgovorne subjekte na vodovarstvenih območjih. Podatki se zbirajo v nacionalni informacijski sistem, ki omogoča sledenje trendom kakovosti voda in načrtovanje korektivnih ukrepov (tabela 3).

Tabela 3: Primer referenčnih vrednosti za kvantitativno oceno stanja surovih odpadnih voda

Parameter	Enota	Običajne vrednosti za surovo komunalno odpadno vodo
Temperatura	°C	12–30
pH	–	6,5–9,0
BPK ₅	mg/L	200–600
KPK	mg/L	300–1000
Amonijak (NH ₄ ⁺)	mg/L	10–80
Fosfati (PO ₄ ³⁻)	mg/L	5–20
Trdne snovi (TSS)	mg/L	150–500
<i>Escherichia coli</i>	CFU/100 mL	10 ⁴ –10 ⁷
Prevodnost (EC)	μS/cm	500–2000

Sanitarno-ekološki nadzor voda ni le diagnostično orodje, temveč ključno sredstvo za preprečevanje okoljskih nesreč, zmanjševanje tveganj za zdravje ljudi in zaščito občutljivih ekosistemov. V prihodnje bosta njegovo vlogo še okrepili digitalizacija in vključitev avtomatiziranih merilnih sistemov (predlog nove zakonodaje), ki bodo omogočali kontinuirano spremljanje kakovosti voda v realnem času, zlasti na kopalnih mestih, vodnih zajetjih ter iztokih večjih komunalnih čistilnih naprav.

7.14 Povzetek

Voda je najpomembnejša kemična spojina na Zemlji, saj zaradi svojih edinstvenih lastnosti omogoča kroženje snovi in obstoj življenja. Njene ključne značilnosti, kot so največja gostota pri 4 °C, visoka toplotna kapaciteta in dejstvo, da led plava, zagotavljajo stabilnost ekosistemov. Kot univerzalno topilo omogoča raztapljanje mineralov, plinov in organskih snovi, s čimer poganja biokemične procese. Hidrosfera obsega vsa vodna telesa, vendar sladke vode predstavljajo le majhen delež, kar poudarja njihovo omejenost in dragocenost.

Kroženje vode v naravi poteka preko vodnega kroga, v katerem imajo rastline pomembno vlogo s transpiracijo. Fizikalno-kemične lastnosti vode, kot so gostota, prosojnost in električna prevodnost, določajo življenjske razmere v ekosistemih in vplivajo na razpoložljivost svetlobe, kisika ter na prilagoditve organizmov. V vodi se odvijajo številni procesi, med katerimi so ključni raztapljanje plinov in soli, redoks reakcije, fotokemične spremembe ter biološke aktivnosti, kot so fotosinteza, dihanje in mikroba razgradnja. Ti procesi uravnavajo kakovost vode, kroženje hranil in stabilnost ekosistemov.

Kakovost voda je močno odvisna od raztopljenih snovi in plinov. Slanost določa fizikalne lastnosti in pogojuje življenjske strategije organizmov. Kisik omogoča aerobno življenje, ogljikov dioksid uravnava pH preko karbonatnega sistema, nitrati in fosfati pa ob presežku povzročajo eutrofikacijo. Ekološko ravnotežje dodatno oblikujejo sezonski procesi, kot je termična stratifikacija, medtem ko zakisanje in prisotnost kovin lahko vodijo v toksične razmere.

Onesnaženje voda je posledica naravnih in predvsem antropogenih virov, kot so kmetijstvo, industrija, urbanizacija in promet. Med najpogostejše obremenitve sodijo nitrati, mikroonesnaževala, težke kovine in fekalni mikroorganizmi, ki ogrožajo zdravje ljudi, zmanjšujejo biotsko raznovrstnost in poslabšujejo ekološko funkcijo voda. Posebej ranljivi so kraški vodonosniki, kjer onesnaženje hitro prodre v

podzemne habitate. Komunalno onesnaženje prispeva hranila, detergente, farmacevtike in mikroplastiko, industrija pa številna organska in anorganska onesnaževala.

Onesnaženost se kaže skozi fizikalne, kemične in biološke spremembe. Fizikalni indikatorji, kot so temperatura, motnost in električna prevodnost, hitro razkrivajo spremembe. Kemični kazalniki vključujejo kisikovo bilanco, prisotnost hranil in trajnih polutantov, biološki pa temeljijo na odzivnosti organizmov, kjer občutljive vrste kažejo na dobro stanje, tolerantne pa na degradacijo. Pomembno vlogo imajo bioindikatorske vrste, med njimi človeška ribica.

Za izboljšanje kakovosti voda je ključno prečiščevanje odpadnih voda v mehanskih, kemičnih, bioloških in naprednih fazah ter njihov ponovni izkoristek v industriji in kmetijstvu. Sanitarno-ekološki nadzor združuje fizikalne, kemične in biološke analize, spremljanje pa poteka v okviru državnega monitoringa. V prihodnje bo kakovost voda vse bolj temeljila na digitalizaciji, avtomatiziranih sistemih in realnočasovnem nadzoru, zlasti na občutljivih območjih in iztokih čistilnih naprav.

7.15 Vprašanja, ki spodbujajo razmislek in razpravo

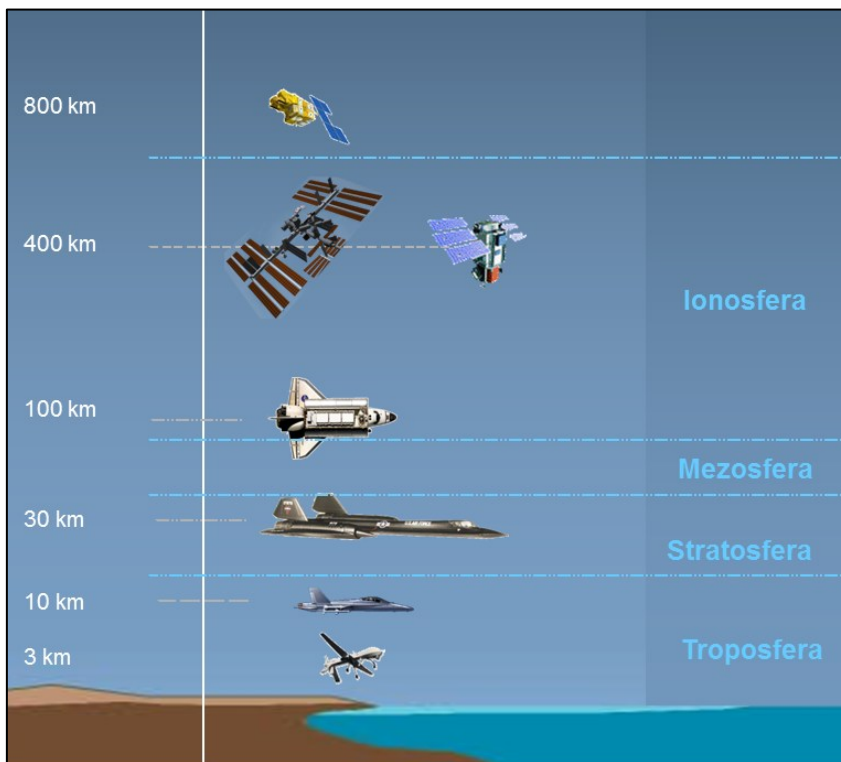
1. Katera so ključna fizikalno-kemična lastnosti vode, ki omogočajo stabilnost vodnih ekosistemov?
2. Zakaj pravimo, da je voda univerzalno topilo in zakaj je ta lastnost ključna za življenje?
3. Kaj je hidrosfera in katere oblike pojavljanja vode vključuje?
4. Zakaj je sladkih voda na Zemlji malo in zakaj so te zaloge še posebej dragocene?
6. Katere so glavne faze vodnega kroga in kakšna je vloga rastlin pri transpiraciji?
7. Katere fizikalno-kemične lastnosti vode vplivajo na organizme v ekosistemih?
8. Katere so značilne prilagoditve organizmov na ekstremne vodne razmere, npr. pri globokomorskih ribah ali človeški ribici?
9. Katere so glavne skupine procesov v vodi (fizikalno-kemični in biološki) in kakšen je njihov pomen?
10. Kaj pomenijo redoks procesi in denitrifikacija ter kako vplivajo na kroženje snovi?
11. Kako se onesnaženost voda kaže prek fizikalnih, kemičnih in bioloških učinkov?
12. Katere fizikalne kazalnike štejemo za prve opozorilne znake onesnaženja?
13. Kako dušikove in fosforjeve spojine povzročajo eutrofikacijo in kakšne so njene posledice?
14. Kako pH vpliva na toksičnost snovi in biodostopnost kovin v vodi?
16. Katere vrste organizmov uporabljamo kot občutljive in katere kot tolerantne bioindikatorje?
17. Zakaj ima človeška ribica (*Proteus anguinus*) posebno bioindikatorsko vlogo?
18. Kako delujejo biotski indeksi pri ocenjevanju ekološkega stanja voda?
19. Zakaj je dolgoročni biološki monitoring ključen za zaznavanje kumulativnih vplivov?
20. Katere so glavne razlike med točkovnimi in difuznimi viri onesnaženja voda?
21. Kako kmetijstvo, industrija in urbanizacija prispevajo k onesnaženju voda (primeri iz Slovenije)?
22. Zakaj so kraški vodonosniki med najbolj ranljivimi vodnimi sistemi?
23. Katere so najpogostejše skupine onesnaževal, ki jih monitoring zazna v slovenskih vodah?
24. Katere so glavne faze čiščenja odpadnih voda in kaj se odstranjuje v posamezni fazi?
25. Kako bodo digitalizacija, avtomatizirani sistemi in realnočasovni monitoring izboljšali nadzor kakovosti voda v prihodnje?

8 ZRAK: TEMELJNE VSEBINE ZA VARSTVO OKOLJA

Zrak je kompleksna zmes različnih plinov, ki obdajajo Zemljo. Sestavlja atmosfero, tanek, a življenjsko pomemben ovoj, ki omogoča obstoj življenja na našem planetu. Atmosfera ni homogena, temveč je strukturirana v več navpičnih plasti, ki se med seboj razlikujejo po fizikalnih lastnostih, sestavi, temperaturi in vlogi v delovanju planetarnega sistema. Vsaka plast ima specifično funkcijo pri uravnavanju podnebja, zaščiti pred škodljivim sončnim sevanjem, omogočanju kroženja vode in vzdrževanju toplotnega ravnovesja.

Atmosferski ovoj se razteza od površja Zemlje do višine približno 1000 kilometrov, vendar je kar 99 % celotne mase zraka skoncentrirane v najnižjih 30 kilometrih. Na podlagi temperaturnih gradientov z višino atmosfero običajno razdelimo na več značilnih slojev: troposfero, stratosfero, mezosfero, termosfero in eksosfero, z dodatnim funkcionalnim slojem ionosfero, ki prekriva del mezosfere in termosfere (Kićović idr., 2004) (slika 108).

Slika 108: Plasti Zemljine atmosfere



Etorba. (b. d.). Atmosferski pojavi. <https://etorba.sio.si/etorba/sl/files/epubs/41/page-30.xhtml>

Troposfera je najnižji in življenjsko najpomembnejši sloj, ki se razteza od zemeljskega površja do približno 8 kilometrov nad polarnimi območji in do 18 kilometrov nad ekvatorjem. V tej plasti potekajo skoraj vsi vremenski pojavi, saj vsebuje okoli 75–80 % celotne mase atmosfere in skoraj vso vodno paro. Temperatura z višino pada, v povprečju za 6,5 °C na kilometer, kar ustvarja pogoje za konvekcijo in vertikalno gibanje zraka. Troposfera omogoča ključne procese, kot so fotosinteza, dihanje in kroženje

vode. Zaradi neposredne povezanosti z življenjskim okoljem so vplivi onesnaženosti v tem sloju takojšnji in izraziti, vplivajo na zdravje ljudi (npr. povišane koncentracije PM10 v urbanih območjih), kakovost zraka in stabilnost ekosistemov (Jablanović idr., 2003).

Stratosfera leži nad troposfero, med približno 10–20 in 50 kilometri višine. V njej temperatura z višino narašča, kar je posledica absorpcije ultravijoličnega (UV) sevanja s strani ozonskega sloja. Ta inverzija povzroča stabilno zračno platenje brez večjih turbulenc, zaradi česar je stratosfera idealno območje za komercialni letalski promet. Ozonski maksimum, ki se nahaja približno med 15 in 35 kilometri višine, ima ključno vlogo pri zaščiti biosfere pred škodljivim UV-B in UV-C sevanjem. Zmanjšanje ozona na primer nad Antarktiko povzroča povečano izpostavljenost živih organizmov ultravijolični svetlobi, kar ima lahko za posledico motnje v DNK, oslabiljen imunski sistem in propadanje fitoplanktona v oceanih (Kićović idr., 2004).

Za ionosfero, funkcionalni sloj, ki zajema zgornji del mezosfere in velik del termosfere (od približno 60 do 1000 kilometrov), je značilna visoka koncentracija ioniziranih delcev, ki nastanejo pod vplivom sončnega UV in rentgenskega sevanja. Zaradi ionizacije je ta plast ključnega pomena za propagacijo radijskih valov dolgega dosega, saj omogoča njihov odboj nazaj proti površju Zemlje. V ionosferi potekajo tudi spektakularni pojavi, kot sta polarni sij (aurora borealis in aurora australis), ki nastaneta zaradi interakcije nabitih delcev sončnega vetra z magnetosfero in zgornjo atmosfero. Na območjih nad Slovenijo se pojav severnega sija občasno zazna v izjemno močnih geomagnetnih razmerah (Kićović idr., 2004).

Vsak atmosferski sloj prispeva k stabilnosti planetarnega sistema: troposfera omogoča izmenjavo plinov in vode ter uravnava toplogredne učinke, stratosfera deluje kot zaščitna pregrada pred UV-sevanjem, ionosfera pa omogoča globalne komunikacijske in navigacijske sisteme. Razumevanje dinamike teh slojev in njihovih medsebojnih vplivov je temelj za spremljanje podnebnih sprememb, oceno učinkov onesnaženosti zraka ter za oblikovanje učinkovitih strategij v okoljskem in prostorskem načrtovanju.

8.1 Glavne sestavine zraka

Zrak, ki obdaja Zemljo, je zmes različnih plinov. Nekateri so prisotni v velikih količinah in tvorijo osnovno sestavo atmosfere, drugi pa se pojavljajo le v sledovih, a kljub majhnemu deležu pomembno vplivajo na podnebje, življenje in vremenske pojave. Med osnovnimi komponentami prevladujeta dušik in kisik, medtem ko imajo sledni plini, kot so ogljikov dioksid, ozon in vodna para, ključno vlogo pri naravnih procesih, kot so fotosinteza, toplotna regulacija in zaščita pred škodljivim sevanjem (tabela 4).

Čeprav plini, kot so ogljikov dioksid, metan in ozon, zavzemajo izjemno majhen delež atmosfere, so njihovi vplivi na podnebje, energijsko bilanco Zemlje in zdravje ljudi zelo pomembni. Ravno ti t. i. sledni plini imajo osrednjo vlogo pri uravnavanju globalnega segrevanja, kroženju ogljika ter zaščiti pred ultravijoličnim sevanjem.

Tabela 4: Preglednica sestave suhega zraka pri morski gladini

Plin	Kemična oznaka	Volumski delež (%)	Opis / funkcija
Dušik	N ₂	78,08 %	Glavna sestavina zraka, kemično skoraj nedejaven (inerten)
Kisik	O ₂	20,95 %	Bistven za dihanje, gorenje in presnovne procese
Argon	Ar	0,93 %	Plemeniti plin, kemično nereaktiven, brez biološke funkcije
Ogljikov dioksid	CO ₂	0,04 % (narašča)	Toplogredni plin, ključen za fotosintezo in podnebne spremembe
Neon	Ne	0,0018 %	Plemeniti plin, brez večjega vpliva
Helij	He	0,0005 %	Lahek plin, pomemben v industriji in znanstvenih raziskavah
Metan	CH ₄	0,0002 %	Zelo učinkovit toplogredni plin, povezan s kmetijstvom in energijo
Vodik	H ₂	0,00005 %	Najlažji plin, v sledovih v atmosferi
Ozon	O ₃	0,000004 %	V stratosferi ščiti pred UV-sevanjem, v troposferi lahko škodljiv
Vodna para*	H ₂ O	0–4 %	Ključna pri vremenskih pojavih, padavinah in toplotnem učinku

Kićović, D., Vujanović, D., in Jakšić, P. (2004). *Osnove zaštite i unapređenja životne sredine*. Univerzitet u Prištini (sa sedištem u Kosovskoj Mitrovici), Prirodno-matematički fakultet.

8.2 Vrste onesnaževanja zraka

Onesnaževanje zraka je eden izmed najresnejših okoljskih problemov sodobne družbe, saj negativno vpliva na zdravje ljudi, delovanje ekosistemov in podnebno stabilnost. Gre za prisotnost škodljivih snovi v atmosferi, ki izvirajo tako iz naravnih virov kot iz antropogenih dejavnosti (Kićović idr., 2004).

8.2.1 Naravni viri onesnaževanja

Naravni viri prispevajo k osnovni obremenjenosti zraka, ki se lahko pod določenimi pogoji bistveno poveča. Med te vire sodijo (Kićović idr., 2004):

- A) Vulkanski izbruhi, ki v zrak sproščajo velike količine žveplovega dioksida, pepela, CO₂ in drugih plinov. Primer je islandski vulkan Eyjafjallajökull, ki je leta 2010 vplival na kakovost zraka v širši Evropi.
- B) Gozdni požari, ki tvorijo dimne oblake, bogate z delci in ogljikovimi plini; dim iz požarov v Sredozemlju (npr. Istra, Dalmacija) pogosto doseže Slovenijo (slika 109).
- C) Puščavski prah, ki ga vetrovi iz severne Afrike (saharski prah) občasno prinesejo nad Slovenijo, kar vpliva na povečanje koncentracij PM₁₀.
- D) Biološki viri, kot so pelod, spore plesni in mikroorganizmi, ki so pomemben vir naravno prisotnih alergenov v zraku, zlasti v spomladanskem času v urbanih območjih.
- E) Geološki viri, kot so emisije metana in CO₂ iz kraških jam, toplih izvirov in močvirij (npr. Planinsko polje, Cerčniško jezero), ki lokalno vplivajo na sestavo zraka.

Slika 109: Požar na Krasu, Slovenija, 2022



Gasilska zveza Slovenije. (15. 7. 2024). *Povečana možnost nastanka požarov v naravnem okolju*. <https://gasilec.net/povecana-moznost-nastanka-pozarov-v-naravnem-okolju/>

Čeprav naravni viri običajno ne predstavljajo resnejših dolgotrajnih tveganj, lahko v kombinaciji z antropogenimi emisijami povzročijo preseganje mejnih vrednosti onesnaževal, zlasti v neugodnih vremenskih razmerah.

8.2.2 Antropogeni viri onesnaževanja

Glavni vir trajne in intenzivne onesnaženosti zraka so človekove dejavnosti. Te so prostorsko koncentrirane in povezane z uporabo energentov, industrijsko proizvodnjo, mobilnostjo in kmetijstvom. Spodaj so naštet najpogostejši primeri:

- A) Promet je najpomembnejši vir NO_x , VOC, CO in PM v mestih (npr. Ljubljana, Maribor, Novo mesto). Zgorevanje goriv, obraba cestnih površin, pnevmatik in zavor prispevajo k visoki koncentraciji delcev. Na območjih z inverzijami (npr. Ljubljanska kotlina) se onesnaževala zadržujejo v spodnjih plasteh ozračja, kar še povečuje izpostavljenost prebivalstva (Titos idr., 2015).
- B) Industrija prispeva k emisijam žveplovega dioksida, dušikovih oksidov, CO_2 , hlapnih spojin in težkih kovin. Zasavje je zgodovinski primer območja z izredno visoko obremenjenostjo s SO_2 in kovinami (svinec, kadmij), kar je povzročilo degradacijo gozdov in povečano pojavnost kroničnih bolezni (Faganeli Pucer in Štrumbelj, 2018).
- C) Energetika, predvsem termoelektrarne na fosilna goriva (npr. TE Šoštanj), sprošča velike količine CO_2 , SO_2 in NO_x , ki prispevajo k toplogrednemu učinku in kislim padavinam (Ivanovski idr., 2023) (slika 110).
- D) Gospodinjska kurišča, predvsem uporaba zastarelih peči na drva, predstavljajo pomemben vir $\text{PM}_{2.5}$, CO in organskih spojin. V dolinskih mestih, kot so Jesenice, Zagorje ali Novo mesto, so v zimskih mesecih koncentracije delcev pogosto nad zakonsko določenimi mejami.
- E) Kmetijstvo, zlasti intenzivna živinoreja, sprošča velike količine amoniaka (NH_3), metana (CH_4) in dušikovega oksidulja (N_2O), kar vodi do tvorbe sekundarnih delcev in prispeva k spremembam v globalnem podnebnju. Severovzhodna Slovenija s koncentrirano živinorejo predstavlja pomembno območje emisij amonijaka.

Slika 110: Termoelektrarna Šoštanj



Termoelektrarna Šoštanj. (2009). *Posodobitev in obnova Termoelektrarne Šoštanj (ne-tehnični povzetek)*. Holding Slovenske elektrarne, d.o.o. TeachEngineering.

https://www.teachengineering.org/lessons/view/cub_carbon_lesson01

8.3 Razvrstitev virov onesnaževanja zraka

Razvrstitev virov onesnaževanja zraka predstavlja temelj za celovito ocenjevanje emisij, načrtovanje ukrepov za izboljšanje kakovosti zraka ter zaščito zdravja ljudi in naravnega okolja. Vire lahko razdelimo glede na prostorsko razporeditev ter glede na način nastanka in kemično naravo onesnaževal (Kićović idr., 2004).

Glede na prostorske značilnosti ločimo:

- A) Točkovne vire, ki imajo jasno določen izpustni vir, npr. dimnik. Sem sodijo industrijski obrati, termoelektrarne (npr. TE Šoštanj), toplarne in sežigalnice. Značilni onesnaževali sta žveplov dioksid (SO_2) in dušikovi oksidi (NO_x), pogosto tudi trdni delci in težke kovine.
- B) Površinske vire, kjer onesnaževala izhajajo s širših območij brez točno določenega izpustnega mesta. Primeri so mestna kurišča na les (npr. kurišča v Novemu mestu), odprta skladišča surovin, sežiganje odpadkov na prostem in gradbišča. Takšni viri prispevajo k povišanim koncentracijam delcev (PM_{10} , $\text{PM}_{2.5}$), zlasti v zimskem času (slika 111).
- C) Linijske vire, kot so prometnice, železnice in letališke steze. Ti povzročajo emisije vzdolž linijskega toka in pomembno prispevajo k obremenitvi zraka z dušikovimi oksidi (NO_x), ogljikovim monoksidom (CO), benzenom ter finimi delci (PM). Promet v Ljubljani in Mariboru je značilen primer takšnega izvora.

Slika 111: Kurjenje v zimskem obdobju, Novo mesto



Dnevnik. (18. 12. 2025). *Novomeška občina: Pravilno kurjenje je pomembno za zmanjšanje onesnaženosti zraka.* <https://www.dnevnik.si/novice/slovenija/novomeska-obcina-pravilno-kurjenje-je-pomembno-za-zmanjsanje-onesnazenosti-zraka-2774531/>

Glede na način nastanka in kemično naravo onesnaževal ločimo na primarna in sekundarna (Jablanović idr., 2003) (tabela 5).

Tabela 5: Primer primarnih in sekundarnih onesnaževal zraka

Dejavnost	Primarna onesnaževala	Sekundarna onesnaževala
Promet	CO, NO, NO ₂ , VOC, PM ₁₀ , PM _{2.5}	O ₃ , PAN, sekundarni PM _{2.5}
Termoelektrarne	SO ₂ , NO _x , CO ₂	H ₂ SO ₄ , HNO ₃ , sekundarni sulfati/nitrati
Industrijski izpusti	SO ₂ , NO _x , PM, VOC, težke kovine	O ₃ , kisline, sekundarni aerosoli
Kmetijstvo	NH ₃ , CH ₄ , N ₂ O	Amonijevi sulfati in nitrati, troposferski ozon
Gospodinjstva kurišča	CO, PM _{2.5} , VOC	Sekundarni delci, O ₃

Primarna onesnaževala, ki se v ozračje sproščajo neposredno iz virov. Mednje sodijo:

- A) CO, ki nastaja pri nepopolnem zgorevanju goriv (npr. avtomobili, peči),
- B) SO₂, ki se sprošča pri zgorevanju premoga in mazuta (npr. v toplarnah),
- C) NO in NO₂, ki nastajata v motorjih z notranjim zgorevanjem in industrijskih procesih,
- D) Delci PM₁₀ in PM_{2.5}, ki izhajajo iz kurjenja lesa, prometa in industrije,
- E) VOC, kot sta benzen in toluen, ki izhajata iz goriv, topil in industrijskih procesov.

Sekundarna onesnaževala, ki v ozračje ne pridejo neposredno, temveč nastanejo z reakcijami med primarnimi onesnaževali in komponentami zraka. Mednje sodijo:

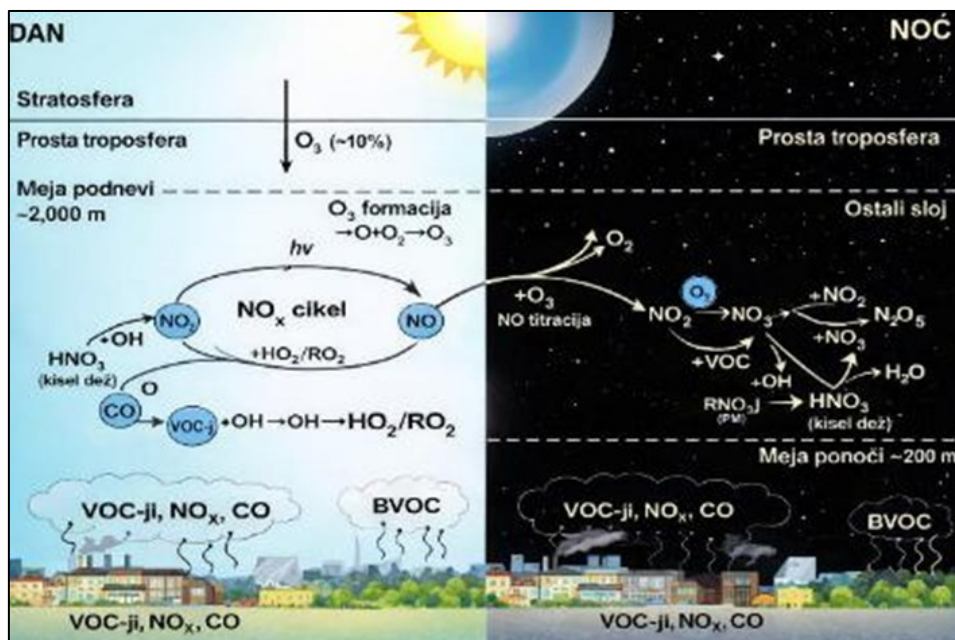
- A) ozon (O_3), ki nastaja iz NO_x in VOC ob sončni svetlobi,
- B) peroksiacetil nitrat (PAN), značilen za fotokemični smog,
- C) žveplova in dušikova kislina, ki prispevata h kislim padavinam,
- D) sekundarni delci (npr. sulfati in nitrati), ki povečujejo obremenitev s $PM_{2.5}$.

8.4 Distribucija onesnaževal v atmosferi

Distribucija onesnaževal v atmosferi je izredno kompleksen in dinamičen proces, ki presega zgolj lokalno raven emisij. Ko onesnaževala vstopijo v ozračje, se ne zadržujejo le na mestu nastanka, temveč se zaradi različnih atmosferskih mehanizmov širijo v prostoru in času. Na njihovo gibanje vplivajo višina v atmosferi, meteorološke razmere, fizikalno-kemične lastnosti snovi, topografija ter dinamika vetrovnih in temperaturnih tokov. Širjenje onesnaževal ima lahko lokalne, regionalne in globalne posledice, kar zahteva multidisciplinaren pristop k spremljanju in obvladovanju kakovosti zraka.

V troposferi, ki obsega najnižji sloj ozračja (približno 10–18 km nad zemeljsko površino), poteka večina vremenskih procesov in se nahaja največja koncentracija onesnaževal (slika 112). Horizontalna distribucija poteka predvsem po prevladujočih vetrovih; močan vetrovni transport omogoča hitro širjenje snovi daleč od izvora (Kićović idr., 2004). Znani primer je radioaktivni oblak po nesreči v Černobilu (1986), ki je v nekaj dneh dosegel Slovenijo in večino Evrope. Podobno so požari v Kanadi (2023) povzročili zaznavne koncentracije delcev $PM_{2.5}$ celo v Skandinaviji in delih Srednje Evrope.

Slika 112: Antropogena onesnaževala v troposferi



Nguyen, D.-H., Lin, C., Vu, C.-T., Cheruiyot, N. K., Nguyen, M. K., Le, T. H., Lukkhasorn, W., Vo, T.-D.-H. in Bui, X.-T. (2022). Tropospheric ozone and NO_x: A review of worldwide variation and meteorological influences. *Environmental Technology & Innovation*, 28, članek 102809. <https://doi.org/10.1016/j.eti.2022.102809> (priedba in prevod v slovenščino, izdelano v programu Canva)

Vertikalna porazdelitev onesnaževal pa je odvisna predvsem od velikosti delcev, njihove gostote ter prisotnosti temperaturnih inverzij. Inverzije preprečujejo vertikalno mešanje zraka, kar vodi v kopičenje onesnaževal v spodnjih plasteh atmosfere, predvsem v kotlinah in dolinah. V Sloveniji je tak pojav pogost v Ljubljanski kotlini, kjer v zimskih mesecih prihaja do večdnevni presegevanj mejnih vrednosti PM_{10} in NO_2 zaradi akumulacije emisij iz prometa in ogrevanja. Delci $PM_{2.5}$ zaradi svoje majhnosti ostajajo v zraku dalj časa (tudi več tednov), kar jim omogoča širjenje na velike razdalje. Ti delci predstavljajo večje tveganje za zdravje, saj lahko vstopajo v krvni obtok in povzročajo sistemske bolezni.

V stratosferi (približno med 10 in 50 km višine) je gibanje zračnih mas bistveno počasnejše, vertikalna izmenjava s troposfero pa omejena. Onesnaževala, ki dosežejo ta sloj, se tam lahko zadržujejo več let. Kemične reakcije v stratosferi imajo dolgoročne posledice, kot je razgradnja ozonske plasti. Tipičen primer so klorofluorogljikovodiki (*angl. Chlorofluorocarbons – CFC*), ki se zaradi svoje stabilnosti dvignejo v stratosfero, kjer pod vplivom UV-sevanja sproščajo klorove atome, ti pa katalizirajo razpad ozona (Jablanović idr., 2003). Posledica je ozonska luknja nad Antarktiko, ki je bila v 80. in 90. letih izrazito povečana. Tudi vulkanski izbruhi, kot je bil izbruh vulkana Pinatubo (1991), lahko v stratosfero vnesejo sulfatne aerosole, ki povzročijo začasno globalno ohladitev.

Distribucija onesnaževal tako ni naključna, temveč je rezultat kompleksnega prepleta fizikalnih, kemičnih in meteoroloških dejavnikov. Zaradi teh procesov onesnaženje, ki nastane lokalno (npr. zaradi prometa v Ljubljani ali kurjenja biomase v Novemu mestu), pogosto presega administrativne meje in povzroča regionalne (npr. čezmejni kisli dež) ali globalne učinke (npr. učinek tople grede zaradi CO_2 in CH_4).

Zaradi tega je upravljanje in zaščita kakovosti zraka nujno vezano na mednarodno sodelovanje, stalni monitoring, modeliranje širjenja emisij in uporabo satelitskih opazovanj. Ukrepi za zmanjšanje vplivov morajo vključevati tako lokalne rešitve (npr. zmanjšanje prometa, filtracija industrijskih emisij) kot tudi globalne dogovore, kot sta Pariški sporazum in Kjotski protokol, ki naslavljata največje izzive povezane z onesnaževanjem atmosfere.

8.5 Učinek tople grede

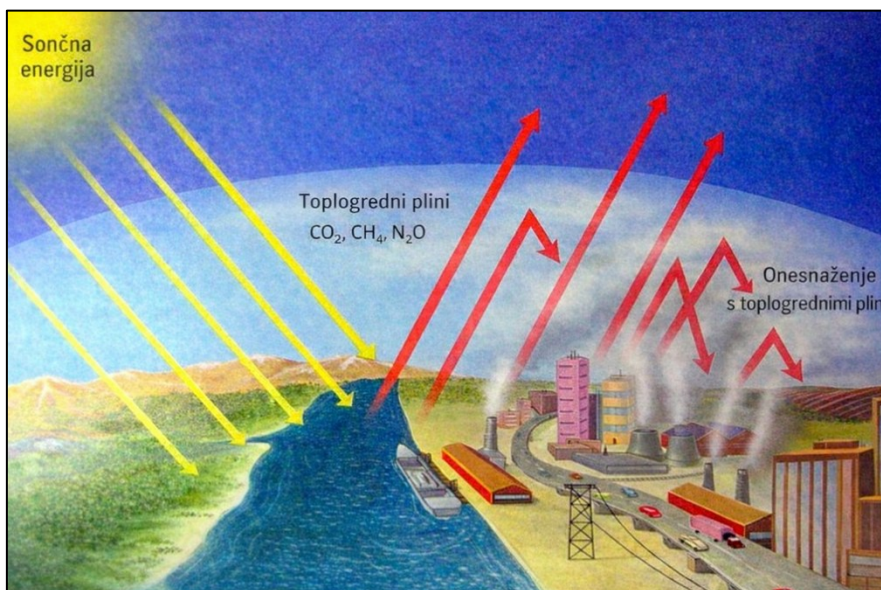
Zemljina atmosfera deluje kot zaščitni ovoj, ki omogoča obstoj življenja na planetu. Eden izmed ključnih naravnih mehanizmov, ki ohranja temperaturno ravnovesje, je učinek tople grede, proces, pri katerem del toplote, ki jo oddaja Zemlja, ostaja ujet v atmosferi, s čimer se preprečuje njeno prekomerno ohlajanje. Brez tega pojava bi bila povprečna temperatura na Zemlji približno 33 °C nižja, kar bi pomenilo -18 °C namesto današnjih $+15\text{ °C}$, pogoji, ki bi bili nezdružljivi z večino oblik življenja (Kićović idr., 2004).

Učinek tople grede povzročajo toplogredni plini, ki absorbirajo infrardeče (toplotno) sevanje, ki se z Zemljine površine vrača proti vesolju, in ga deloma usmerjajo nazaj proti površju. Najpomembnejši toplogredni plini vključujejo ogljikov dioksid (CO_2), ki nastaja pri zgorevanju fosilnih goriv, izsekavanju gozdov in industrijskih procesih; metan (CH_4), ki se sprošča iz kmetijstva, deponij in močvirij; dušikove okside (NO_x), ki nastajajo pri zgorevanju goriv in uporabi gnojil; halogenirane spojine (npr. CFC-ji), ki izhajajo iz hladilnih sistemov in aerosolov ter močno vplivajo na segrevanje in razgradnjo ozona; ozon (O_3), ki ima v troposferi negativne učinke na zdravje, a v stratosferi deluje

zaščitno; ter vodno paro (H_2O), ki je naravno prisoten in najmočnejši toplogredni plin, odvisen od temperature ozračja (Kweku idr., 2017).

Sonce oddaja kratkovalovno sevanje, ki zlahka prodira skozi atmosfero in segreva Zemljino površje. Ta nato oddaja dolgovalovno infrardeče sevanje, ki bi se brez toplogrednih plinov večinoma izgubilo v vesolje. Zaradi njihove prisotnosti pa se del tega sevanja zadrži v spodnjih plasteh atmosfere, kar povzroča dodatno ogrevanje površja (slika 113). Ta mehanizem je primerljiv z dogajanjem v steklenjaku, kar pojasnjuje izvor izraza »učinek tople grede« (Kićović idr., 2004).

Slika 113: Primer segrevanja Zemljine površine



Thacker, I. in Sinatra, G. M. (2019). Visualizing the Greenhouse Effect: Restructuring mental models of climate change through a guided online simulation. *Education Sciences*, 9, članek 14. <https://doi.org/10.3390/educsci9010014> (priredba in prevod v slovenščino, izdelano v programu Canva)

Naravni učinek tople grede omogoča življenje, vendar človekove dejavnosti, zlasti od industrijske revolucije dalje povzročajo nenaravno povečanje koncentracij toplogrednih plinov. Posledično se zadrži več toplote, kot bi bilo običajno, kar vodi v globalno segrevanje in podnebne spremembe. Povprečna temperatura Zemlje se je od predindustrijskega obdobja povečala že za več kot $1\text{ }^{\circ}\text{C}$, z izrazitim trendom naraščanja. Posledice so že vidne: hitro taljenje ledenikov na Grenlandiji, Antarktiki in v Alpah, dvig morske gladine, spremembe padavinskih vzorcev (npr. suše na Primorskem, pogostejše poplave v porečju Save), ter povečanje intenzivnosti in pogostosti ekstremnih vremenskih pojavov, kot so vročinski valovi, neurja in gozdni požari.

Učinek tople grede tako ni zgolj naravni pojav, temveč ključen proces, ki ob dodatnem antropogenem vplivu postaja osrednji dejavnik globalnih okoljskih sprememb. Njegovo razumevanje je temelj za oblikovanje podnebnih politik, zmanjševanje emisij in prehod na nizkoogljične oblike delovanja družbe.

8.6 Zmanjševanje ozonskega sloja v stratosferi

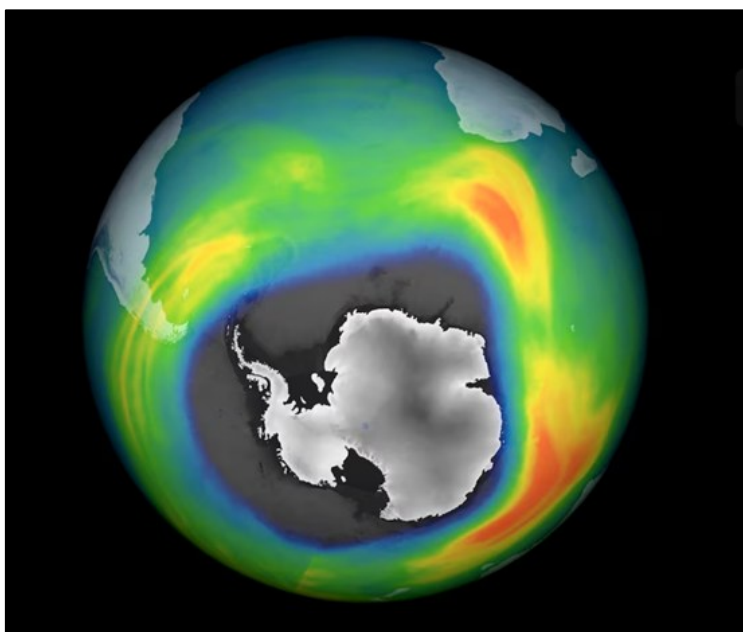
Ozonski sloj predstavlja tanek, a izjemno pomemben zaščitni pas molekul ozona (O_3) v stratosferi, ki absorbira večino škodljivega ultravijoličnega (UV-B) sevanja s Sonca in s tem omogoča obstoj življenja na Zemlji. Brez tega sloja bi bile posledice za zdravje ljudi in ekosisteme izjemno resne, pogostejši kožni raki, očesne mrežnice, oslabitev imunskega sistema ter poškodbe rastlinstva in planktona, ki je osnova morskih prehranskih verig (Kićović idr., 2004).

Ozon v stratosferi nastaja in razpada v naravnem fotokemičnem ciklu. Sončno UV-sevanje razcepi molekule kisika (O_2) na atome, ki se nato vežejo na druge molekule kisika in tvorijo ozon (O_3). V stabilnih razmerah se vzpostavi dinamično ravnovesje med nastajanjem in razpadanjem ozona, ki ohranja zaščitno funkcijo sloja (Jablanović idr., 2003).

Vendar so človekove dejavnosti, zlasti izpusti sintetičnih kemikalij, kot so klorofluorogljikovodiki (CFC-ji), haloni, ogljikov tetraklorid (CCl_4) in metil bromid (CH_3Br), porušile to ravnovesje. Te spojine so bile v preteklosti množično uporabljane v industriji (hladilniki, aerosoli, topila, pesticidi), zaradi svoje stabilnosti pa preživijo pot do stratosfere, kjer jih sončna svetloba razgradi in sprosti atome klora ali broma. Ti delujejo kot katalizatorji razpada ozona, pri čemer en sam atom klora lahko uniči več tisoč molekul ozona, saj se v procesu regenerira (Kim idr., 2011).

Najbolj znana posledica tega procesa je t. i. ozonska luknja nad Antarktiko (slika 114), ki se pojavi vsako pomlad, ko nizke temperature omogočijo nastanek polarnih stratosferskih oblakov, na katerih potekajo reakcije, ki sprostijo klor v aktivno obliko. Ko se pojavi spomladansko sonce, UV-sevanje sproži množično razgradnjo ozona. V določenih letih je bilo zabeleženo zmanjšanje ozona za več kot 70 % v nekaterih plasteh. Podoben, čeprav manj izrazit pojav se občasno pojavi tudi nad Arktiko (Kuttippurath idr., 2021).

Slika 114: Ozonska luknja nad Antarktiko



Jacobo, J. (4. 10. 2023). *Ozone hole over Antarctica grows to one of the largest on record, scientists say.* ABCNews. <https://abcnews.go.com/International/ozone-hole-antarctica-grows-largest-record-scientists/story?id=103719972>

Zaradi povečane prepustnosti UV-B sevanja so posledice zmanjšane ozonskega sloja globalne narave, vplivajo na zdravje ljudi, zmanjšujejo kmetijske pridelke, ogrožajo morske ekosisteme in dolgoročno vplivajo na stabilnost celotnega biosistemskega ravnovesja.

V odgovor na te ugotovitve je bila leta 1997 sprejet eden izmed najuspešnejših okoljskih sporazumov – Montrealski protokol, ki je predpisal postopno opustitev proizvodnje in uporabe ozonu škodljivih snovi. Z globalno podporo, tudi s strani Slovenije, je protokol omogočil občutno zmanjšanje emisij teh spojin. Meritve iz zadnjih dveh desetletij kažejo, da se ozonski sloj počasi obnavlja, pri čemer znanstvene napovedi kažejo na možno popolno regeneracijo v drugi polovici 21. stoletja pod pogojem, da se spoštujejo omejitve in ne uvajajo nove škodljive kemikalije (Park idr., 2021).

Zmanjševanje ozonskega sloja je tako postalo simbol globalnega okoljskega sodelovanja in dokaz, da lahko pravočasno in usklajeno ukrepanje prepreči ali omili najhujše posledice človeškega vpliva na naravne sisteme.

8.7 Acidifikacija

Zakisanje okolja pomeni postopno zniževanje pH vrednosti v naravnih sistemih zaradi vnosa kislinskih snovi iz atmosfere, predvsem kot posledica onesnaženja zraka. Gre za enega izmed pomembnejših okoljskih procesov, ki negativno vpliva na kopenske in vodne ekosisteme, kakovost tal, zdravje rastlin in celo kulturno dediščino. Ključni povzročitelji zakisanja so žveplov dioksid (SO_2), dušikovi oksidi (NO_x) in amoniak (NH_3), ki izvirajo iz zgorevanja fosilnih goriv, industrijskih procesov, prometa in intenzivnega kmetijstva. V atmosferi ti plini reagirajo z vlago in drugimi sestavinami zraka ter tvorijo kisline, kot sta žveplova (H_2SO_4) in dušikova (HNO_3), ali amonijeve soli, ki vplivajo tudi na prehransko obremenjenost okolja (Kićović idr., 2004).

Kisle snovi dosežejo zemeljsko površje v obliki kislega dežja, snega, megle ali z usedanjem plinov in delcev (suha depozicija). Ob stiku s tlemi, vodami ali rastlinami sprožijo kemične spremembe, ki zmanjšujejo biotsko raznovrstnost, slabijo fiziološko stabilnost rastlin in spodbujajo sproščanje toksičnih kovin. V vodnih okoljih se zaradi zakisanja pH lahko zniža pod kritično mejo, kar vodi v propad občutljivih vrst, kot so ribe, školjke in dvoživke. Zakisana tla izgubijo kalcij in magnezij, hkrati pa se iz njih izločajo strupeni elementi, predvsem aluminij, ki dodatno zavira rast vegetacije (Jablanović idr., 2003). Posebej občutljiva so območja z nizko zmožnostjo nevtralizacije kislin, kot so gorski gozdovi (slika 115), kjer so v Sloveniji opazili propadanje smrek na Pohorju, Jelovici in v Karavankah.

Slika 115: Gorski gozdovi pod vplivom kislega dežja



Fischer, K. (10. 10. 2025). *What Is Acid Rain?* Webmd. <https://www.webmd.com/lung/acid-rain-what-is-it>

K zakisanju je pogosto pridružena tudi prehranska prenasičenost (eutrofikacija), ki jo povzroča predvsem amonijak iz kmetijstva. V povezavi z dušikovimi spojinami vodi do pretiranega razraščanja alg, zmanjšanja vsebnosti kisika v vodi ter posledičnega pogina rib in motenj v vodnih ekosistemih (Kim in Chae, 2016).

Negativni vplivi zakisanega zraka se kažejo v številnih fizioloških, biokemičnih in morfoloških spremembah pri rastlinah, saj plini, kot so SO_2 , NO_x in O_3 , prodirajo skozi stomate, poškodujejo celične membrane ter motijo ključne metabolične procese. Posledično se zmanjšata fotosintetska aktivnost in tvorba biomase, pojavljajo se nekroze, kloroza ter upad rasti, rastline pa postanejo bolj dovzetne za bolezni, sušne stresne razmere in škodljivce. Ozon, ki nastaja kot sekundarno onesnaževalo iz NO_x in VOC pod vplivom sončnega sevanja, povzroča značilne pegaste poškodbe na listih (slika 116) in dokazano zmanjšuje pridelek številnih kultur, med drugim fižola, krompirja, paradižnika in tobaka; pri dolgotrajni izpostavljenosti lahko vpliva tudi na zorenje in kakovost pridelka. Žveplov dioksid povzroča klorozo, rumenenje in sušenje listnih tkiv, pri čemer so nanj posebej občutljivi iglavci in listnate vrtnine, saj že nizke koncentracije vplivajo na fotosintetske pigmente in encimske procese. Dušikovi oksidi dodatno motijo presnovo dušika, povečujejo kislost listnega tkiva ter porušijo ravnotežje med asimilacijo in respiracijo, kar dolgoročno oslabi fiziološko kondicijo rastlin (Krstić idr., 2006).

Slika 116: Primer vpliva kislega dežja na poškodbo lista



Vreme-info. (24. 4. 2025). *Kisel dež: vse, kar morate vedeti o njegovem nastanku, nevarnostih in rešitvah*. Vreme-info. <https://www.vreme-info.si/kisel-dez-nevarnosti-in-resitve/>

Zaradi kompleksnih interakcij med zakisanim, onesnaženem in biološkimi odzivi se spreminjajo celotni ekosistemi. Občutljive vrste izginjajo, odpornejše prevladajo, biotska pestrost se zmanjšuje, zmanjšuje se tudi sposobnost ekosistemov za regeneracijo in odpornost na podnebne spremembe. Zakisanje okolja je zato eden od ključnih procesov degradacije naravnega okolja, ki zahteva usklajene ukrepe na področju energetike, kmetijstva, prometa in varstva narave.

8.8 Posledice onesnaženega zraka na zdravje ljudi

Zrak je ključen, a pogosto prezrt element našega okolja, brez katerega življenje ni mogoče. Medtem ko človek lahko preživi več tednov brez hrane in nekaj dni brez vode, brez zraka ne preživi niti nekaj minut. Vsak dan vdihnemo približno 13 kilogramov zraka ali več kot 10.000 litrov, kar pomeni, da njegova kakovost neposredno vpliva na zdravje ljudi, ne le na dihala, temveč tudi na srčno-žilni sistem, živčevje in imunsko odpornost (Kićović idr., 2004).

V onesnaženem zraku so prisotne številne škodljive snovi, med katerimi so najnevarnejši drobni delci (PM₁₀ in PM_{2.5}), ki lahko prodrejo globoko v pljuča in celo preidejo v krvni obtok. Žveplov dioksid draži sluznice dihal, dušikovi oksidi povzročajo vnetne procese in sodelujejo pri nastanku prizemnega ozona, ki obremenjuje dihalne poti, povzroča kašelj ter zmanjšuje pljučno funkcijo. V zraku se nahajajo tudi številne rakotvorne snovi, kot so policiklični aromatski ogljikovodiki, benzen in težke kovine (npr. svinec, kadmij, živo srebro), ki imajo lahko sistemske učinke na zdravje (Eržen idr., 2010).

Ob vdihu onesnažen zrak potuje skozi nosno votlino, grlo, sapnik in bronhije vse do alveolov v pljučih, kjer poteka izmenjava plinov. Na tej poti lahko draži in poškoduje sluznico, povzroča vnetja, zmanjšuje elastičnost dihalnih poti ali pa preko pljučnih mešičkov preide v kri in se razširi po telesu. Dihala so tako neposredna in najpogostejša tarča vdihanih onesnaževal.

Povezava med onesnaženostjo zraka in pojavnostjo bolezni je znanstveno dobro utemeljena. Bronhitis, kronično vnetje dihalnih poti, je pogosto povezan z dolgotrajno izpostavljenostjo žveplovemu dioksidu (SO₂) in delcem (PM). Astma, ki prizadene predvsem otroke, je pogosto sprožena ali poslabšana zaradi prisotnosti prizemnega ozona in alergenov, ki se vežejo na delce. Emfizem, bolezen, pri kateri pride do propada sten alveolov in zmanjšanja dihalne površine, se razvije pri dolgotrajni izpostavljenosti drobnim delcem, pogosto v kombinaciji s kajenjem (Eržen idr., 2010). Kronična obstruktivna pljučna bolezen pa združuje značilnosti kroničnega bronhitisa in emfizema ter je ena izmed vodilnih diagnoz v mestih z visoko onesnaženostjo zraka, kot sta Sarajevo ali Delhi.

Zgodovinski primer katastrofalnega vpliva onesnaženega zraka je londonski smog decembra 1952, ki je zaradi kombinacije goste megle, žveplovega dioksida (SO₂) in saj povzročil smrt več kot 4.000 ljudi v nekaj dneh, pozneje pa še dodatne tisoče zaradi dolgoročnih posledic (slika 117). Ta dogodek je pomenil prelomnico v okoljski politiki Velike Britanije in vodil k sprejetju zakonodaje o čistem zraku leta 1956 (von Hinke in Sørensen, 2023).

Slika 117: Londonski smog



Kershner, K. (b. d.). *The Great London Smog of 1952*. History.

<https://history.howstuffworks.com/historical-events/great-london-smog-1952.htm>

Zdravstvene posledice onesnaženega zraka niso omejene le na dihala. Epidemiološke študije potrjujejo povečano tveganje za srčni infarkt, možgansko kap, arterijsko hipertenzijo ter presnovne bolezni. Izpostavljenost med nosečnostjo je povezana s prenizko porodno težo, prezgodnjim porodom in motnjami v razvoju ploda. Pri otrocih lahko onesnaženje vpliva na kognitivni razvoj, koncentracijo in pojavnost vedenjskih motenj. Pri starejših pa raziskave kažejo na povezavo z večjo verjetnostjo za pojav nevrodegenerativnih bolezni, kot je Alzheimerjeva demenca (Eržen idr., 2010).

Določene skupine prebivalstva so zaradi fizioloških, razvojnih ali zdravstvenih razlogov še posebej ranljive. Otroci vdihavajo več zraka na enoto telesne mase kot odrasli in imajo nerazvit imunski sistem, kar pomeni večje tveganje za dolgoročne posledice. Starejši, zlasti tisti s kroničnimi obolenji srca in pljuč, so občutljivi že na manjše povečanje koncentracije onesnaževal. Nosečnice predstavljajo posebno skupino, saj vplivi zraka ne prizadenejo le njih samih, temveč tudi razvoj ploda.

Zdravstveno tveganje, povezano z onesnaženim zrakom, je mogoče zmanjšati z različnimi preventivnimi ukrepi. Priporočljivo je redno spremljanje kakovosti zraka, izogibanje intenzivnim telesnim dejavnostim na prostem ob opozorilih o povečani onesnaženosti, ter uporaba zaščitnih mask v posebej onesnaženih okoljih. Na sistemski ravni k izboljšanju kakovosti zraka prispevajo trajnostna prometna politika, zmanjševanje emisij v industriji, spodbujanje uporabe javnega prevoza, elektromobilnosti in obnovljivih virov energije.

8.9 Analiza onesnaženosti zraka

Za ocenjevanje kakovosti zraka uporabljamo različne znanstvene pristope, ki jih razdelimo na kemične, biološke in tehnično-tehnološke metode (Kićović idr., 2004).

Kemične metode so temelj spremljanja atmosferskih onesnaževal. V Sloveniji se sistematično merijo koncentracije ključnih snovi, kot so žveplov dioksid (SO₂), dušikovi oksidi (NO_x), ogljikov monoksid (CO), prizemni ozon (O₃), hlapne organske spojine (VOC) in delci PM₁₀ ter PM_{2.5} (Republika Slovenija, 2017, 2018). Ti onesnaževalci nastajajo predvsem v urbanih središčih (npr. Ljubljana, Maribor, Novo mesto) in ob večjih prometnicah. V preteklosti so v Zasavju zabeležili presežene vrednosti SO₂, ki so izhajale iz termoelektrarne Trbovlje, medtem ko PM delci ostajajo pereč problem v kotlinah, kot je npr. Kranj v zimskem času zaradi ogrevanja s trdnimi gorivi.

Za merjenje se uporabljajo pasivni in aktivni vzorčevalniki ter napredne laboratorijske tehnike, kot so spektrofotometrija, ionska kromatografija, plinska kromatografija z masno spektrometrijo idr. (Jablanović idr., 2003). Ti podatki se nato primerjajo z mejnimi in opozorilnimi vrednostmi, ki jih določajo evropska in slovenska zakonodaja.

Biološke metode dopolnjujejo kemično spremljanje in omogočajo dolgoročno spremljanje kumulativnih učinkov onesnaženja. V Sloveniji se za biomonitoring pogosto uporabljajo lišaji, ki so zelo občutljivi na žveplove spojine. Njihova odsotnost v urbanih območjih, kot je osrednja Ljubljana, kaže na dolgotrajno onesnaženost, medtem ko njihova prisotnost v višje ležečih predelih nakazuje čistejši zrak. Mahovi se uporabljajo za analizo kopičenja težkih kovin, npr. v okolici Celja, kjer so s pomočjo biomonitoringa potrdili prisotnost svinca, kadmija in cinka iz pretekle industrijske dejavnosti. Listi dreves, zlasti breze in platane, se analizirajo za določanje količine usedlih delcev in kovin, npr. ob ljubljanski severni obvoznici (Jeran idr., 2007).

Tehnično-tehnološki pristopi omogočajo visoko prostorsko in časovno ločljivost spremljanja kakovosti zraka. Avtomatizirane merilne postaje, ki jih upravlja ARSO, delujejo na več kot 20 lokacijah po Sloveniji in omogočajo 24-urno spremljanje koncentracij onesnaževal (slika 118). Poleg tega se uporabljajo mobilne merilne enote, zlasti za spremljanje razmer v prometnih žariščih (npr. Dolgi most v Ljubljani), ter modeli disperzije onesnaževal (npr. Gaussovi modeli), ki omogočajo napoved širjenja emisij na osnovi meteoroloških in topografskih podatkov.

Pomemben del analiz predstavlja tudi uporaba GIS, ki omogočajo vizualizacijo onesnaženosti v prostoru ter identifikacijo kritičnih točk. Primer take uporabe je interaktivna karta kakovosti zraka ARSO, kjer so dostopni podatki o trenutni in zgodovinski onesnaženosti zraka po regijah. Napredne oblike daljinskega zaznavanja, vključno s satelitskimi opazovanji (npr. program Copernicus), omogočajo spremljanje onesnaženosti tudi na regionalni in globalni ravni.

Slika 118: Merilna postaja Vešter



Agencija Republike Slovenije za okolje. (22. 3. 2025). *Spremljanje vremena in voda nekoč in danes*. ARSO. <https://www.gov.si/novice/2023-03-22-spremljanje-vremena-in-voda-nekoc-in-danes/>

8.10 Ukrepi za zaščito atmosfere pred onesnaženjem

Atmosfera predstavlja bistveno zaščitno plast Zemlje, ki omogoča ohranjanje življenja, uravnavanje podnebja in kroženje snovi v biosferi. Zaradi intenzivnih človekovih dejavnosti, kot so zgorevanje fosilnih goriv, promet, industrijska proizvodnja in intenzivno kmetijstvo, je zračni prostor vse bolj obremenjen s toplogrednimi plini, trdnimi delci in toksičnimi snovmi. Zato je izvajanje celovitih, znanstveno utemeljenih ukrepov za zaščito atmosfere ključnega pomena za ohranjanje kakovosti zraka, zdravja ljudi ter stabilnosti ekosistemov.

Eden izmed osrednjih ukrepov je tehnološka posodobitev in prehod na čistejšo vire energije. V Sloveniji so bili v zadnjih letih pomembni koraki doseženi z modernizacijo industrijskih obratov, npr. v Salonitu (Ilirska Bistrica, Anhovo), kjer so bile nameščene naprave za zmanjšanje emisij (npr. elektrofiltri, katalitični reaktorji, čiščenje dimnih plinov). Tako uvedba električnih in hibridnih vozil kot tudi izboljšanje javnega prometa v Ljubljani z uvedbo električnih mestnih avtobusov pomembno prispevata k zmanjševanju emisij v urbanih središčih. Filtrirne naprave v večjih kurilnih sistemih in spodbude za prehod iz kurjenja lesa na toplotne črpalke v stanovanjskih naseljih prispevajo k zmanjšanju onesnaženja s PM delci.

Poleg tehnoloških ukrepov ima pomembno vlogo zelena infrastruktura, ki prispeva k vezavi ogljikovega dioksida, zadrževanju prašnih delcev in ohlajanju mestnega okolja. V Ljubljani je bilo v sklopu projekta »Zelena prestolnica Evrope 2016« zasajenih več tisoč dreves, kar je izboljšalo zračno kakovost in zmanjšalo učinek toplotnega otoka. Zeleni pasovi okoli industrijskih con, kot je to primer v Velenju in Kidričevem, omejujejo širjenje onesnaževal v okoliško okolje.

Učinkovita raba energije in prehod na obnovljive vire (npr. sončne elektrarne na javnih stavbah v občini Ajdovščina ali hidroelektrarne na Savi) zmanjšujeta potrebo po fosilnih gorivih, s tem pa tudi emisije CO₂ in drugih onesnaževal.

Trajnostna mobilnost, ki vključuje izgradnjo kolesarskih poti ter spodbujanje uporabe javnega prevoza (primer predstavljajo odpiranje centrov za trajnostni razvoj mobilnosti), je ključna za zmanjšanje emisij iz prometa, ki so glavni vir dušikovih oksidov in trdnih delcev v mestih (slika 119).

Slika 119: Center trajnostne mobilnosti Kranj



Kranj24.com. (2025). *Evropski teden mobilnosti v Kranju 2025: Čas je, da stopimo skupaj za bolj zdrav in aktiven vsakdan.* <https://www.kranj24.com/evropski-teden-mobilnosti-v-kranju-2025-cas-je-da-stopimo-skupaj-za-bolj-zdrav-in-aktiven-vsakdan/>

Ukrepi za zaščito atmosfere vključujejo tudi ekološko obnovo naravnih ekosistemov, ki delujejo kot naravni filtri. Gozdovi, npr. Kočevski rog, imajo izjemno sposobnost vezave ogljikovega dioksida, medtem ko obnova mokrišč, kot so Škocjanski zatok, Cerkniško jezero ali Ljubljansko barje, prispeva k uravnavanju mikroklimе, zadrževanju onesnaževal in izboljšanju kakovosti zraka.

Pomembno vlogo ima okoljska zakonodaja. V Sloveniji kakovost zraka ureja Zakon o varstvu okolja (2022), Uredba o kakovosti zunanjega zraka (2011) in Pravilnik o ocenjevanju kakovosti zunajnega zraka (2011) postavljata mejne, ciljne in opozorilne vrednosti za onesnaževalce. Spremljanje teh vrednosti poteka prek državnega merilnega omrežja ARSO, ki vključuje merilne postaje v večjih mestih (npr. Ljubljana, Koper, Nova Gorica, Celje, Maribor, Kranj, Novo mesto). Ko so vrednosti presežene, so lahko uvedeni kratkoročni ukrepi (omejitev prometa, prepoved kurjenja na prostem) ali dolgoročne strategije (lokalni načrti za kakovost zraka).

Mednarodni okviri, kot sta Pariški sporazum in Evropski zeleni dogovor, dodatno usmerjajo prizadevanja za zmanjšanje emisij toplogrednih plinov, zlasti CO₂ in CH₄. Slovenija je v skladu z

evropskimi cilji zavezana k razogljičenju do leta 2050, kar vključuje spodbujanje krožnega gospodarstva, zmanjšanje rabe fosilnih goriv in povečanje energetske učinkovitosti.

Ekonomski instrumenti, kot so okoljski davki, subvencije za sončne elektrarne in sistemi za trgovanje z emisijskimi kuponi, imajo pomembno vlogo pri preusmerjanju investicij v trajnostne tehnologije. Primer dobre prakse je dodeljevanje nepovratnih sredstev Eko sklada za zamenjavo kurilnih naprav in energetska sanacija stavb, kar prispeva k zmanjšanju emisij v gospodinjstvih.

8.11 Povzetek

Zrak je kompleksna zmes plinov, ki sestavlja atmosfero, življenjsko pomemben ovoj Zemlje. Atmosfera je razdeljena v več slojev, ki imajo različne lastnosti in funkcije. Troposfera omogoča vremenske procese in vsebuje večino vodne pare, stratosfera z ozonskim slojem ščiti pred UV-sevanjem, ionosfera pa omogoča širjenje radijskih valov. Sestava zraka je razmeroma stalna: prevladujeta dušik in kisik, sledni plini, kot so ogljikov dioksid, metan in ozon, pa pomembno vplivajo na podnebje, zdravje ljudi in energijsko ravnovesje.

Onesnaževanje zraka izhaja iz naravnih in antropogenih virov. Naravni viri, kot so vulkani, gozdni požari in puščavski prah, imajo kratkotrajnejši vpliv, medtem ko človekove dejavnosti trajno obremenjujejo ozračje. Promet, industrija, energetika, kurišča in kmetijstvo prispevajo največje količine dušikovih oksidov, ogljikovega monoksida, prašnih delcev, žveplovega dioksida, amonijaka in toplogrednih plinov. Razvrščamo jih na točkovne, površinske in linijske vire ter na primarna in sekundarna onesnaževala. Onesnaževala se širijo glede na meteorološke razmere in topografijo ter povzročajo lokalne, regionalne in globalne posledice, ki pogosto presegajo državne meje.

Med ključnimi problemi so globalno segrevanje zaradi učinka tople grede, tanjšanje ozonskega sloja, zakisanje ekosistemov ter neposredne posledice za zdravje ljudi. Drobni delci PM₁₀ in PM_{2.5} prodirajo globoko v organizem in povzročajo bolezni dihal, srčno-žilne in presnovne motnje. Posebej ranljive so otroci, starejši in nosečnice.

Kakovost zraka ocenjujemo s kemičnimi metodami merjenja koncentracij onesnaževal, z biološkimi metodami, kjer so bioindikatorji lišaji, mahovi in listi dreves, ter s tehnično-tehnološkimi pristopi, ki vključujejo avtomatizirane merilne postaje, mobilne enote, modele disperzije, GIS in satelitska opazovanja.

Za zaščito atmosfere so nujni tehnološki ukrepi, kot so naprave za zmanjšanje emisij, električna vozila in energetska sanacija stavb, pa tudi zelena infrastruktura, sajenje dreves in obnova mokrišč. Prehod na obnovljive vire energije in trajnostna mobilnost zmanjšujeta obremenitve okolja, pravni okviri in mednarodni dogovori pa določajo cilje in meje emisij. Pomembni so tudi ekonomski instrumenti, kot so davki, subvencije in emisijski kuponi, ki spodbujajo trajnostne tehnologije.

8.12 Vprašanja, ki spodbujajo razmislek in razpravo

1. Kaj je atmosfera in zakaj je ključna za življenje na Zemlji?
2. Katere sloje atmosfere poznamo in kakšne so njihove glavne značilnosti?
3. Katere so glavne sestavine zraka in kakšno vlogo imajo sledni plini pri podnebjju in zdravju ljudi?
4. Katere so razlike med naravnimi in antropogenimi viri onesnaževanja zraka?
5. Zakaj je promet eden izmed najpomembnejših virov onesnaženja v mestih?
6. Katere so značilnosti točkovnih, površinskih in linijskih virov onesnaževanja?
7. Kako ločimo primarna in sekundarna onesnaževala in kateri so njihovi primeri?
8. Zakaj so delci PM_{2.5} posebej nevarni za zdravje ljudi?
9. Kaj je učinek tople grede in kako človekove dejavnosti povečujejo njegov vpliv?
10. Katere so glavne posledice globalnega segrevanja za okolje in družbo?
11. Kakšna je zaščitna vloga ozonskega sloja in kaj pomeni pojem »ozonska luknja«?
12. Katere kemikalije povzročajo razgradnjo ozona in kakšen pomen ima Montrealski protokol?
13. Kaj je zakisanje (acidifikacija) in kako vpliva na gozdove ter vodne ekosisteme?
14. Katere bolezni so povezane z onesnaženim zrakom ter zakaj so otroci in starejši posebej ranljivi?
15. Zakaj je londonski smog leta 1952 pomemben zgodovinski primer onesnaženja zraka?
16. Katere so glavne metode za ocenjevanje kakovosti zraka (kemične, biološke, tehnične)?
17. Kako zelena infrastruktura in trajnostna mobilnost prispevata k čistejšemu zraku?
18. Kakšna je vloga okoljske zakonodaje in mednarodnih sporazumov pri zmanjševanju emisij?

9 HRUP: TEMELJNE VSEBINE ZA VARSTVO OKOLJA

9.1 Pojem hrupa

Hrup je vsak nezaželen, moteč ali škodljiv zvok, ki lahko negativno vpliva na zdravje ljudi, dobrobit živali in kakovost okolja. V strokovnem smislu ga opredeljujemo kot obliko zvočnega onesnaženja, ki nastane zaradi mehanskih vibracij, ki se skozi medij, najpogosteje zrak, širijo kot zvočni valovi različnih frekvenc in intenzitet (Maleš Bilić, 2014). Čeprav je zaznava hrupa subjektivna in odvisna od posameznikove občutljivosti, trajanja izpostavljenosti ter konteksta, se v okoljskih in zdravstvenih vedah hrup obravnava kot škodljiv, kadar presega mejne vrednosti, opredeljene v zakonodaji.

Zvok kot fizikalni pojav nastane zaradi nihanja delcev v snovi, pri čemer se spremembe tlaka širijo kot vzdolžni valovi. Hitrost širjenja je odvisna od medija v zraku pri sobni temperaturi približno 334 m/s, v vodi okoli 1428 m/s, v jeklu pa lahko preseže 5000 m/s. Ključne značilnosti zvoka so frekvenca (izražena v hercih), jakost (v decibelih) in trajanje, ki vplivajo na njegovo zaznavo in potencialno škodljivost. Višina tona je odvisna od frekvence, višja kot je, višji je ton, medtem ko barvo zvoka določa spekter harmoničnih sestavin (Mlinarić, 2015).

Hrup v nasprotju z govorom ali glasbo nima urejene zvočne strukture, saj običajno vključuje širok spekter frekvenc in neredno valovno obliko. Glede na naravo zvočnega valovanja ga delimo na impulzni hrup (na primer strelji, udarci kladiv v industriji), neprekinjeni hrup (npr. prometna obremenitev na avtocesti) ter variabilni oziroma fluktuirajoči hrup (npr. množično navijanje na športnih igriščih).

9.2 Viri hrupa

Hrup je lahko posledica naravnih ali antropogenih (človekovih) dejavnosti. Za njegovo učinkovito merjenje, upravljanje in zmanjševanje škodljivih vplivov je ključno razumevanje raznovrstnih virov, njihove intenzitete, pogostosti in prostorske razširjenosti.

Naravni viri hrupa so sestavni del okolja in običajno ne povzročajo večjih motenj, saj so del vsakdanjega zaznavanja okolja. Vendar lahko v določenih okoliščinah, zlasti ob intenzivnih vremenskih ali geoloških pojavih, postanejo zelo izraziti. Med najmočnejše naravne zvočne pojave spada grmenje, ki med nevihtami povzroča kratkotrajne, a zelo močne zvočne sunke. V Sloveniji so nevihte z močnim grmenjem pogoste v poletnih mesecih, še posebej na območjih Julijskih Alp, Kamniško-Savinjskih Alp ter v kraških regijah, kot so Trnovski gozd, Nanos ali okolica Ilirske Bistrice (slika 120). Potresi so še en vir naravnega hrupa, ki poleg tresenja tal povzročata tudi zvočne pojave zaradi premikanja zemeljskih plasti, porušenih stavb in lomljenja materialov. Primer takšnega dogodka je bil potres leta 1998 v Zgornjem Posočju. Prebivalci so poročali o močnem bobnenju, podobnem podzemni eksploziji. Veter in valovanje prav tako pomembno prispevata k naravni zvočni kulisi. Močni sunki burje na območjih, kot so Vipavska dolina, Kras, Črni Kal ali predel okoli Postojne, ustvarjajo šumeč in žvižgajoč hrup, ki je lahko dolgotrajen in moteč. Na slovenski obali, zlasti na območju Strunjana, Debelega rtiča in Piranskega zaliva, pa valovanje morja ob nevihtah ali močni plimi ustvarja globoke in ponavljajoče se

zvočne efekte. Pomemben vir naravnega hrupa so tudi živalski zvoki. V Sloveniji so znani primeri množičnega oglašanja žab spomladi v mokriščih, kot so Cerkniško jezero, Ljubljansko barje ali Škocjanski zatok

Slika 120: Grmenje, naravni vir hrupa

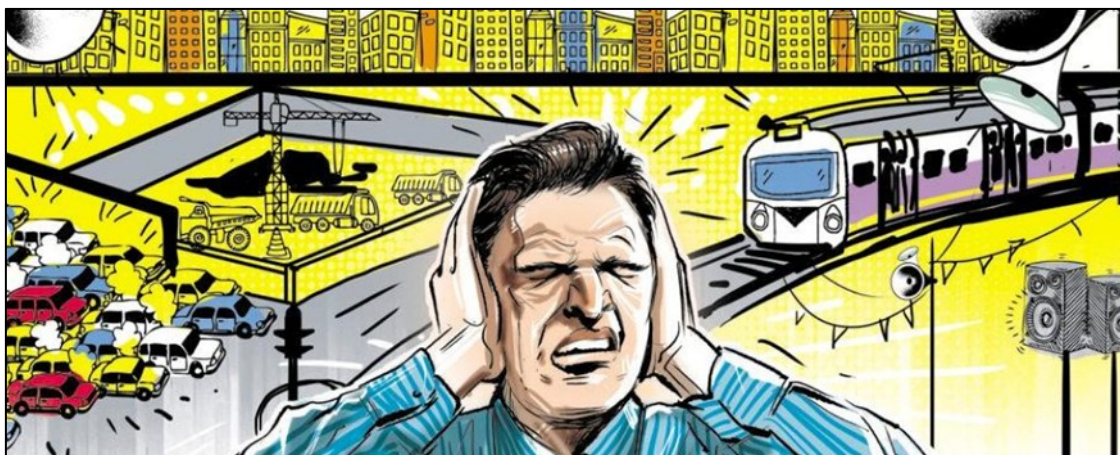


Andrei, M. (7. 8. 2007). *Understanding thunder and lightning*. ZME Science. <https://www.zmescience.com/feature-post/natural-sciences/climate-and-weather/weather-and-atmosphere/science-abc-thunder-and-lightning/>

Prav tako rukanje jelenov v gozdovih Kočevske, Notranjske ali Pohorja v času paritve ustvarja glasno in odmevajočo zvočno kuliso, ki jo lahko slišimo tudi več kilometrov daleč. Med pticami pa množično oglašanje škorcev, vrabcev in galebov v urbanem okolju ali kolonijah na Štajerskem in Primorskem predstavlja izrazit primer naravnega, a včasih motečega zvočnega pojava. Ne nazadnje k naravnim virom hrupa sodi tudi človeški glas.

Antropogeni oziroma umetni viri hrupa predstavljajo danes glavni vir zvočnega onesnaženja, zlasti v urbanih, industrijskih in prometno obremenjenih območjih (slika 121). Ti viri so pogosto stalni, razširjeni in dolgotrajno vplivajo na kakovost bivanja ter zdravje ljudi. Med najpomembnejše kategorije sodijo promet, industrija, gradbišča ter prostori za rekreacijo in zabavo.

Slika 121: Antropogeni izvori hrupa



Najzdravnik. (14. 4. 2021). *Hrup v urbanem okolju*. <https://najzdravnik.si/hrup-v-urbanem-okolju/>

Prometni hrup je daleč najpogostejši vir zvočne obremenitve sodobnega okolja (Jiménez-Uribe idr., 2020). V Sloveniji je najbolj izrazit v bližini glavnih prometnih osi, kot so avtocesta A1 med Ljubljano in Mariborom, severna in južna ljubljanska obvoznica ter hitra cesta H3. Obremenitev pogosto presega 70 do 80 decibelov, ponekod tudi več, kar predstavlja resno tveganje za zdravje ljudi, predvsem ob dolgotrajni izpostavljenosti. Železniški promet povzroča hrup ob glavnih progah, na primer med Divačo in Koprom, kjer poteka tudi obremenjena tovorna povezava, ali med Ljubljano in Zidanim Mostom, kjer se železniški hrup pogosto prepleta z vibracijami tal. Letalski hrup pa prizadene prebivalce v okolici Letališča Jožeta Pučnika Ljubljana, predvsem naselja v smereh vzletov in pristankov, kot so Šenčur, Zgornji Brnik in Vodice.

Industrijski hrup izvira iz obratovanja različnih naprav, kot so stroji, kompresorji, ventilatorji in udarni mehanizmi, ki v proizvodnih procesih ustvarjajo trajne zvočne obremenitve (Atmaca idr., 2005). V Sloveniji so značilni primeri takšnega okolja industrijski obrat Štore Steel ter proizvodni kompleksi Gorenja v Velenju. V teh območjih raven hrupa pogosto preseže 90 decibelov, kar že presega zakonsko dovoljene meje brez zaščitnih sredstev in ogroža zdravje zaposlenih.

Gradbišča predstavljajo pomemben vir tako impulznega kot neprekinjenega hrupa (Mir idr., 2023). Udarna orodja, bagri, žage in vrtalniki povzročajo visoke ravni hrupa, zlasti v gosto poseljenih območjih. V Ljubljani so takšni viri pogosti ob gradnji cestne, železniške in stanovanjske infrastrukture v okolici Emonike, Šiške ali na območju BTC, kjer meritve pogosto kažejo vrednosti nad 85 decibelov.

Rekreacijski in zabavni viri hrupa so povezani z različnimi dogodki, kjer se uporablja zelo glasna glasba ali kjer prihaja do množičnega navijanja, petja in glasnega obnašanja udeležencev (Olgun idr., 2024). V Sloveniji so takšni dogodki pogosti na večjih festivalih, kot sta Festival Lent v Mariboru in Metaldays na Tolminskem, ali na športnih prireditvah, kot so nogometne tekme v ljubljanskih Stožicah in mariborskem Ljudskem vrtu. Hrupne obremenitve na teh dogodkih pogosto presegajo 100 decibelov, kar pomeni tveganje za sluh že ob krajši izpostavljenosti, še posebej brez zaščite.

9.3 Dejavniki, poti prenosa in posledice hrupa

Hrup kot nezaželen, moteč ali škodljiv zvočni pojav predstavlja enega izmed najpogostejših okoljskih stresorjev v sodobnem življenjskem in delovnem okolju. Njegov vpliv presega raven zaznavanja neprijetnih zvokov, saj ima lahko pomembne in merljive posledice za tehnične sisteme, zdravje ljudi in stabilnost ekosistemov (tabela 6). V okoljsko-tehničnem diskurzu je hrup obravnavan kot pomemben dejavnik tveganja, saj ob določenih intenzitetah in pogojih deluje destruktivno na več ravneh (Maleš Bilić, 2014).

Na tehnični ravni visoke ravni hrupa pogosto povzročajo mehanske vibracije, ki negativno vplivajo na delovanje občutljivih naprav, zmanjšujejo natančnost meritev, pospešujejo obrabo mehanskih delov in zmanjšujejo stabilnost konstrukcij. V industrijskih obratih je stalna zvočna obremenitev povezana z zmanjšano življenjsko dobo strojev, večjo potrebo po vzdrževanju ter uporabo protihrupnih in protivibracijskih ukrepov. Vplivi so zlasti izraziti pri precizni industriji, merilnih laboratorijih in v visoko avtomatiziranih proizvodnih linijah (Wegener idr., 2021).

Biološki učinki hrupa so še izrazitejši in zajemajo tako specifične (slušne) kot nespecifične (sistemske) odzive. Dolgotrajna izpostavljenost zvočnim ravnam nad 85 dB lahko povzroči progresivno naglušnost, tinitus in akustične travme, medtem ko že ravni nad 35 dB vplivajo na kakovost spanja in povzročajo motnje v regenerativnih fazah. Nespecifični vplivi vključujejo povišan krvni tlak, motnje srčnega ritma, povečano izločanje stresnih hormonov (npr. kortizola), zmanjšano kognitivno učinkovitost in porast anksioznih motenj. Zaradi teh učinkov je hrup prepoznan kot pomemben dejavnik tveganja za bolezni srca in ožilja ter za motnje centralnega živčnega sistema. Tovrstne posledice so še posebej izrazite v urbanih okoljih, kjer se prepletajo visoka prometna obremenjenost, pomanjkanje zelenih površin in neustrezna zvočna izolacija objektov (Maleš Bilić, 2014). V Sloveniji so obremenjena območja zabeležena ob avtocesti A1, na ljubljanskem avtocestnem obroču, ob železniški progi Ljubljana–Zidani Most in v okolici Letališča Jožeta Pučnika, kjer trajna izpostavljenost presega priporočene mejne vrednosti in predstavlja tveganje za zdravje prebivalcev.

Na obseg in vpliv hrupa pomembno vplivajo tudi poti njegovega prenosa. Najpogostejša oblika je zračni prenos, pri katerem se zvočni valovi širijo od vira skozi zrak do sprejemnika. Ta prenos prevladuje v prostorskih okoljih z odprtimi površinami ali nezadostno zvočno izolacijo, zlasti v urbanih soseskah ob prometnicah in industrijskih conah. Druga oblika je konduktivni oziroma strukturirani prenos, pri katerem se mehanske vibracije širijo skozi trdne materiale, kot so stene, talne plošče in konstrukcije. Ta pojav je značilen za večstanovanjske stavbe in industrijske hale, kjer prenos poteka preko strukturnih elementov, kar ustvarja dodatno zvočno obremenitev v sosednjih prostorih. Razumevanje obeh poti prenosa je ključno za učinkovito zvočno zaščito, ki vključuje uporabo protihrupnih fasad, konstrukcijsko ločitev hrupnih virov, protivibracijske temelje ter namestitvev dušilcev in absorpcijskih materialov (Mlinarić, 2015).

Negativni vplivi hrupa niso omejeni zgolj na ljudi, temveč segajo tudi v živalski svet. Živali uporabljajo zvok za orientacijo, iskanje hrane, obrambo in komunikacijo, zato lahko zvočno onesnaženje povzroči spremembe v njihovem vedenju, selitvenih vzorcih, razmnoževanju in uspešnosti prehranjevanja. Ptiči, dvoživke in netopirji, ki so močno odvisni od akustične zaznave okolja, so še posebej občutljivi (Erbe idr., 2022). Na območjih, kot sta Ljubljansko barje in Krajinski park Tivoli–Rožnik–Šišenski hrib, je bilo opaženo, da prometni hrup vpliva na oglašanje ptic, njihovo teritorialno obnašanje in reprodukcijsko uspešnost, kar dolgoročno ogroža stabilnost populacij.

Pogosto se hrupu pridružijo tudi mehanske vibracije, zlasti v industriji in pri uporabi težke opreme. Dolgotrajna izpostavljenost takim vibracijam lahko privede do okvar perifernega živčevja (npr. Raynaudov sindrom), degenerativnih sprememb hrbtenice ter zmanjšane občutljivosti v rokah in prstih. Delavci v gradbeništvu, kovinskopredelovalni industriji in gozdarstvu so še posebej izpostavljeni tovrstnim tveganjem (Maleš Bilić, 2014).

Zaradi kompleksnosti in večdimenzionalnosti vplivov hrupa je nujna njegova sistematična kontrola z uporabo tehničnih, organizacijskih in prostorskih ukrepov. Ključna je uporaba standardiziranih merilnih metod, pri čemer se uporablja A-uteženi decibel (dBA), ki upošteva različno občutljivost človeškega ušesa na različne frekvence.

Zavedanje o razsežnostih hrupa in njegovih posledicah je temelj za oblikovanje učinkovite okoljske politike, preventivnih ukrepov in trajnostnega načrtovanja. Hrup je namreč več kot zgolj moteč dejavnik predstavlja resno, merljivo in pogosto prezrto obremenitev, ki pomembno vpliva na kakovost življenja, zdravje ljudi in ravnovesje naravnega okolja. Zato njegovo obvladovanje ostaja ena izmed ključnih nalog trajnostnega razvoja sodobne družbe.

Tabela 6: Tipični viri hrupa in njihovi učinki na človekovo zdravje

Jakost zvoka (dB)	Vir hrupa	Možni učinki na človeka
30–40 dB	Tih pogovor, knjižnica	Brez večjih učinkov
50–60 dB	Običajen pogovor	Rahla razdražljivost pri občutljivih posameznikih
70–85 dB	Promet, gospodinjski aparati	Možni negativni vplivi ob dolgotrajni izpostavljenosti
85–100 dB	Industrijski stroji, motorji	Tveganje za trajno poškodbo sluha
100–120 dB	Koncert, gradbena dela	Možnost akustične travme, bolečine v ušesih
130+ dB	Letalski motor, eksplozija	Neposredna poškodba sluha, resna zdravstvena tveganja

9.4 Monitoring in zaščitni ukrepi proti hrupu

Hrup je eden izmed najpogostejših in najbolj razširjenih virov onesnaževanja v sodobnem urbanem in industrijskem okolju, saj je prisoten tako v mestnih središčih kot v obratih z intenzivno proizvodno dejavnostjo. Njegovo obvladovanje je ključnega pomena za varstvo zdravja ljudi, zmanjšanje stresa in zagotavljanje kakovosti bivanja. Zvočno onesnaženje ni zgolj moteč dejavnik, temveč dokazano vpliva na srčno-žilni sistem, psihološko počutje, kognitivne sposobnosti in kakovost spanja. Zaradi tega je nujno izvajanje celovitih ukrepov za preprečevanje, spremljanje in zmanjševanje hrupa.

Ukrepi za zmanjšanje vpliva hrupa se izvajajo na treh ravneh: pri viru hrupa, na poti njegovega prenosa in na ravni posamezne izpostavljenosti (Maleš Bilić, 2014). Zmanjševanje hrupa pri viru vključuje uporabo tišjih strojev, optimizacijo proizvodnih procesov ter redno vzdrževanje opreme, saj obrabljeni deli pogosto povzročajo povečane vibracije in zvočne emisije. V slovenski industriji so tovrstni ukrepi že dolgo uveljavljeni v podjetjih, kot je Cinkarna Celje, kjer so na podlagi obremenitev iz preteklosti

uvedli celovit sistem za obvladovanje industrijskega hrupa. V okviru okoljskih posodobitev je podjetje izvedlo sistematični monitoring zvočnih virov z uporabo stalnih in občasnih meritev, ki pokrivajo ključne vire, kot so kompresorski agregati, prezračevalni sistemi in tehnološki izpusti. Na podlagi zbranih podatkov so identificirali najbolj problematične točke in implementirali več tehničnih ukrepov. Med najučinkovitejšimi so vgradnja dušilcev hrupa na zračnih odprtinah, zamenjava starega strojnega parka s sodobnejšimi in tišjimi enotami, ter optimizacija prostorske postavitve naprav, da se zmanjša prenos hrupa na sosednja območja. Posebna pozornost je bila namenjena zunanjemu vplivu hrupa na stanovanjsko sosesko v neposredni bližini, kjer so v sodelovanju z lokalno skupnostjo in strokovnjaki za akustiko izvedli dodatne meritve v nočnem času. Rezultati so pokazali pomembno zmanjšanje ravni hrupa po vpeljavi ukrepov v nekaterih primerih tudi pod mejno vrednost 45 dBA ponoči, kar je pomembno za zdravje in dobro počutje prebivalcev. Cinkarna Celje je tudi ena izmed redkih tovarn v Sloveniji, ki vključuje akustični vpliv kot redno postavko v svojem letnem okoljskem poročilu, s čimer zagotavlja transparentnost in sledljivost dolgoročnega zmanjševanja vplivov na okolje (Republika Slovenija, 2023b). Podobne prakse najdemo tudi v Revozu Novo mesto in Acronu v Slovenj Gradcu, kjer so posodobili proizvodne linije z manj hrupnimi stroji, kar zmanjšuje tveganje za zdravje zaposlenih in vpliv na okolico.

Na ravni urbanega prostora so pogosti ukrepi pasivne zaščite, kot so protihrupne ograje ob avtocesti (slika 122), zvočno izolirani gradbeni materiali ter strateško umeščanje hrupnih dejavnosti stran od občutljivih objektov, kot so šole, bolnišnice ali stanovanjske soseske. V mestnih središčih, kot je Ljubljana, se za zaščito prebivalcev uvajajo časovne omejitve za glasne prireditve ter nočno delo v gradbeništvu, pri čemer so civilne iniciative, na primer »Ljubljana brez hrupa«, pomemben akter pri ozaveščanju in pritisku na lokalne oblasti.

Slika 122: Protihrupna ograja



Davids Landau, M. (27. 12. 2017). *On Highway Noise Barriers, the Science Is Mixed. Are There Alternatives?* Undark. <https://undark.org/2017/12/27/highway-noise-barrier-science/>

Monitoring hrupa je temelj za ustrezno načrtovanje ukrepov in temelji na natančnih meritvah z uporabo standardizirane opreme, kot so zvočni analizatorji (npr. *Brüel in Kjær*) in kalibracijski sistemi. Meritve potekajo po standardih, ki predpisujejo metodologijo merjenja in vrednotenja okoljskega hrupa. Poleg neposrednih meritev se za oceno širjenja hrupa uporabljajo računalniški modeli, katerih rezultati se

predstavljajo v obliki strateških kart hrupa. Te so ključni instrument za pripravo operativnih programov varstva pred hrupom, ki jih v Sloveniji izvaja ARSO. Primer strateškega kartiranja je viden v Ljubljani, kjer so najbolj obremenjena območja ob južni in severni obvoznici ter v bližini železniških koridorjev.

Pravni okvir za upravljanje hrupa v Sloveniji določata Zakon o varstvu okolja (2022) in Uredba o mejnih vrednostih kazalcev hrupa v okolju (2025), ki za stanovanjska območja predpisujeta mejno raven 55 dBA podnevi in 45 dBA ponoči. Poleg nacionalne zakonodaje je pomembna tudi Direktiva za ocenjevanje in upravljanje okoljskega hrupa (*org. Directive 2002/49/EC of the European Parliament and of the Council of 25 June 2002 relating to the assessment and management of environmental noise*), ki zahteva, da države članice EU pripravijo strateške karte hrupa in akcijske načrte za prometna omrežja, urbana območja in industrijske cone. V Sloveniji so znotraj tega okvira kartirani prometni koridorji v Ljubljani in Mariboru, kjer je hrup cestnega prometa največji vir obremenitev.

Kadar hrupa ni mogoče zadostno zmanjšati na ravni okolja, se uporabljajo individualni zaščitni ukrepi. Na delovnih mestih z ravnimi nad 85 dB, kot so Luka Koper ali gradbišča, so za zaposlene nepogrešljivi ušesni čepi in zaščitne slušalke, ki zmanjšujejo intenziteto zvoka tudi za 20 do 30 dB. Prav tako je pomembna osebna akustična higiena, izogibanje dolgotrajni izpostavljenosti hrupu, uporaba zaščite med spanjem v bližini prometnic ter ozaveščanje o tveganjih.

9.5 Povzetek

Hrup je vsak nezaželen ali škodljiv zvok, ki nastane zaradi mehanskih vibracij in se širi v obliki zvočnih valov različnih frekvenc in intenzitet. Čeprav je zaznava hrupa subjektivna, postane hrup problematičen, ko presega zakonsko določene mejne vrednosti in vpliva na zdravje, kakovost bivanja ter delovanje okolja. V primerjavi z glasbo ali govorom je hrup nestrukturiran in pogosto vključuje širok spekter frekvenc. Glede na obliko se pojavlja kot impulzni, neprekinjeni ali variabilni.

Njegovi viri so naravni ali posledica človekove dejavnosti. Naravni viri vključujejo grmenje, veter, valovanje, potrese in oglašanje živali, medtem ko so antropogeni viri bistveno pomembnejši za zvočno onesnaženje v sodobnem svetu. Prometni hrup je najpogostejši in najbolj razširjen, sledijo industrijski obrati, gradbišča ter rekreativne in zabavne dejavnosti. V urbanih območjih so obremenitve pogosto tako visoke, da dolgoročno škodijo zdravju prebivalcev.

Hrup deluje večplastno. Na tehnični ravni zmanjšuje natančnost procesov in pospešuje obrabo strojev, biološko pa povzroča okvare sluha, motnje spanja, srčno-žilne bolezni ter psihične obremenitve. Posebej ranljive so skupine, kot so otroci, starejši in prebivalci urbanih središč ob prometnicah. Poleg ljudi prizadene tudi živali, saj moti njihovo komunikacijo, razmnoževanje in selitve. Pomembno je razlikovanje med prenosom zvoka po zraku in po trdnih materialih, kar vpliva na načrtovanje zaščitnih ukrepov.

Obvladovanje hrupa poteka na treh ravneh: pri viru, na poti prenosa in pri posamezniku. Uporabljajo se tehnične rešitve, kot so tišji stroji, dušilci hrupa, protihrupne ograje in zvočna izolacija, pa tudi individualna zaščita, kot so ušesni čepi in slušalke. Monitoring temelji na merjenju, modeliranju in strateških kartah hrupa, ki so osnova za pripravo ukrepov. V Sloveniji so ključni pravni okvir Zakon o varstvu okolja in uredbe o mejnih vrednostih kazalcev hrupa, ki se usklajujejo z evropskimi direktivami.

9.6 Vprašanja, ki spodbujajo razmislek in razpravo

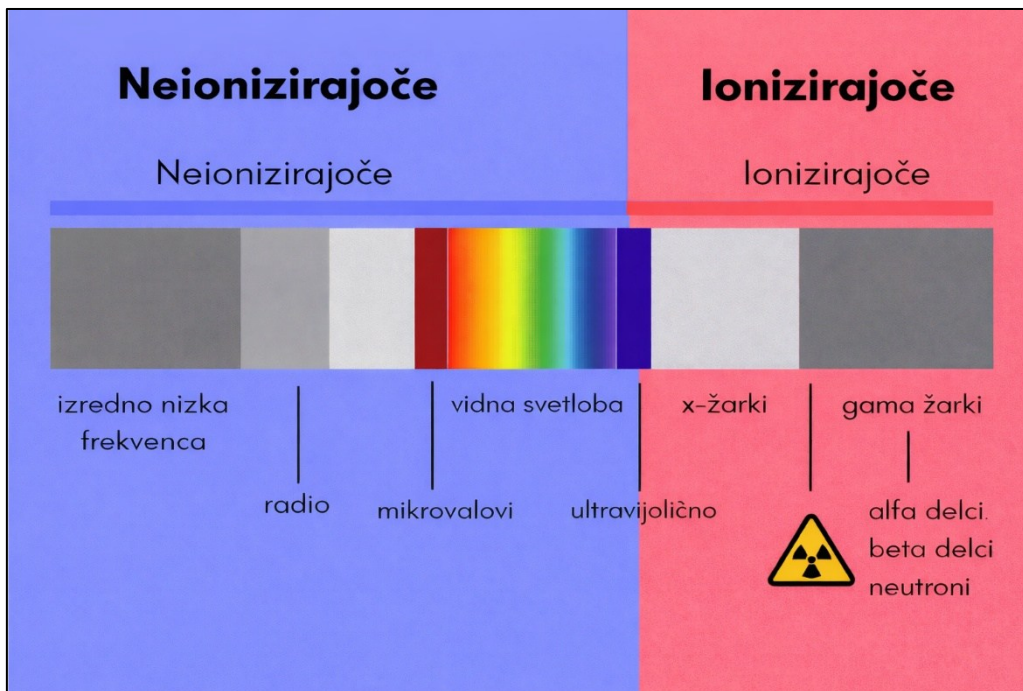
1. Kako strokovno definiramo hrup in zakaj ga obravnavamo kot obliko zvočnega onesnaženja?
2. Katere so ključne fizikalne značilnosti zvoka in kako vplivajo na njegovo zaznavo ter škodljivost?
3. Kako delimo hrup glede na naravo zvočnega valovanja?
4. Katere naravne in antropogene vire hrupa poznamo in kako se razlikujejo po vplivu na okolje ter zdravje ljudi?
5. Zakaj je prometni hrup najpomembnejši vir zvočnega onesnaženja in kateri prometni koridorji v Sloveniji so najbolj obremenjeni?
6. Katere so glavne poti prenosa hrupa in kako vplivajo na načrtovanje zaščitnih ukrepov?
7. Katere so biološke posledice hrupa za človeka?
8. Kako hrup vpliva na živali (npr. ptice, dvoživke, netopirji) in njihove vedenjske vzorce?
9. Katere so tri ravni ukrepanja za zmanjševanje vpliva hrupa?
10. Katere so zakonske mejne vrednosti hrupa v Sloveniji in kako se usklajujejo z evropskimi direktivami?

10 ELEKTROMAGNETNO SEVANJE: TEMELJNE VSEBINE ZA VARSTVO OKOLJA

10.1 Pojem in razvrstitev elektromagnetnega sevanja

Elektromagnetno sevanje je temeljni fizikalni pojav, pri katerem se energija prenaša skozi prostor v obliki elektromagnetnih valov. Ti valovi so sestavljeni iz električnega in magnetnega polja, ki nihata pravokotno drugo na drugo in na smer širjenja, pri čemer se gibajo s hitrostjo svetlobe. Za razliko od mehanskih valov, elektromagnetno sevanje ne potrebuje snovnega medija, kar pomeni, da se lahko širi tudi skozi vakuum. Z vidika energije, interakcije s snovjo ter vpliva na žive organizme se elektromagnetno sevanje deli na neionizirajoče in ionizirajoče (Maleš Bilić, 2014) (slika 123).

Slika 123: Neionizirajoče in ionizirajoče sevanje



Helmenstine, A. (3. 9. 2025). *Difference Between Ionizing and Non-Ionizing Radiation*. Science Notes. <https://sciencenotes.org/difference-between-ionizing-and-non-ionizing-radiation/> (priredba in prevod v slovenščino, izdelano v programu Canva)

Neionizirajoče sevanje nima dovolj energije, da bi povzročilo ionizacijo atomov, lahko pa pri visokih intenzitetah povzroča segrevanje tkiv in druge biološke učinke. Med neionizirajoče oblike sevanja sodijo radijski valovi, mikrovalovi, infrardeča svetloba, vidna svetloba ter UV-sevanje tipa A in B (Guleria idr., 2020). V Sloveniji so takšni viri prisotni v vsakdanjem življenju, npr. pri delovanju mobilnih omrežij, Wi-Fi usmerjevalnikov, gospodinjskih naprav ter v infrardečem ogrevanju prostorov. V zdravstvenem sektorju se uporabljajo terapevtski laserji in IR-senzorji, v komunalni infrastrukturi pa UV-sevanje za dezinfekcijo pitne vode, na primer v vodarni Kleče.

Ionizirajoče sevanje pa ima zadostno energijo, da iz atomov izbije elektrone, s čimer nastanejo ioni. To lahko povzroča spremembe v DNK, mutacije in celično smrt, kar pomeni, da ima tovrstno sevanje pomembne biološke in zdravstvene učinke. Med ionizirajoče elektromagnetno sevanje sodijo UV-sevanje tipa C, rentgenski žarki in gama žarki (Talapko idr., 2024). V Sloveniji se ionizirajoče sevanje uporablja v medicinski diagnostiki (npr. RTG, CT) in onkologiji (radioterapija), prav tako v industriji, kjer se z njim izvaja nadzor kakovosti (npr. v letalski industriji ali metalurgiji). Obenem je prisotno tudi v naravi, v obliki kozmičnega sevanja, radona iz zemeljske skorje (posebej izrazitega v Zasavju, na Goriškem in v nekaterih alpskih dolinah), ter sevanja radionuklidov, kot sta kalij-40 in ogljik-14, ki se nahajajo v človeškem telesu. Razpon elektromagnetnega spektra je izjemno širok, sega od dolgovalovnih radijskih valov, ki se uporabljajo v telekomunikacijah (npr. pri Radioteleviziji Slovenija), do kratkovalovnih gama žarkov, ki so značilni za jedrske reakcije. Valovna dolžina in frekvenca sevanja določata njegovo energijo in prodorno moč, kar vpliva na način in intenzivnost interakcije s snovjo.

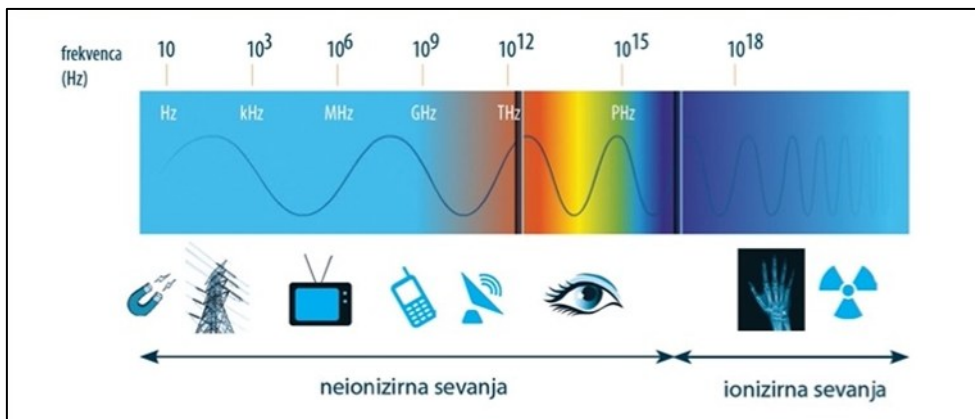
V živalskem svetu obstajajo številni primeri zaznavanja elektromagnetnih polj, ki omogočajo orientacijo, navigacijo ali lociranje plena. Ptice selivke, kot so galebi in evropski rjavčki, se med migracijami orientirajo s pomočjo Zemljinega geomagnetnega polja. Podobno uporabljajo ribe, kot so somi in morske pse, elektroreceptorje za zaznavanje šibkih električnih impulzov v vodi (Nyqvist idr., 2020). Pri čebelah so zaznali prisotnost magnetita v abdominalnem predelu, ki jim omogoča orientacijo glede na zemeljsko magnetno polje, ta lastnost se odraža tudi v »plesu čebel«, s katerim sporočajo lokacijo hrane.

Človek nima specializiranih senzoričnih organov za zaznavanje elektromagnetnih polj, zato teh ne občutimo neposredno. Vendar pa lahko močno elektromagnetno polje povzroči posredne fiziološke učinke, npr. občutke slabosti, svetlobne bliske (fosfene) ali kovinski okus v ustih, kar se lahko pojavi ob izpostavljenosti zelo močnim statičnim ali spremenljivim magnetnim poljem. Zaznavanje radiofrekvenčnega (RF) sevanja je običajno omejeno na učinke pregrevanja tkiv, kot se to zgodi pri izjemno visokih močeh mikrovalovnega sevanja (Maleš Bilić, 2014).

10.2 Neionizirajoče sevanje: značilnosti, učinki in zaščitni ukrepi

Neionizirajoče sevanje nima dovolj energije, da bi iz atomov odstranilo elektrone, zato praviloma ne povzroča ionizacije, lahko pa pri visokih intenzitetah povzroča termične in fotokemične učinke. V to skupino sodijo radijski valovi, mikrovalovi, infrardeča (IR) svetloba, vidna svetloba ter ultravijolično sevanje tipa A in B (Maleš Bilić, 2014) (slika 124). V vsakdanjem življenju srečujemo te oblike sevanja pri uporabi mobilnih telefonov, mikrovalovnih pečic, daljinskih upravljalnikov, ogrevalnih panelov in LED-razsvetljave. V Sloveniji je uporaba mikrovalov zelo razširjena tudi v industriji (npr. sušenje keramike in lesa), UV-svetloba pa se uporablja v sterilizacijskih komorah v bolnišnicah in laboratorijih, na primer v UKC Ljubljana. Čeprav so ti viri običajno varni, lahko neustrezna zaščita (npr. dolgotrajna izpostavljenost IR-sevanju brez zaščitnih očal v livarnah) povzroči poškodbe tkiv.

Slika 124: Neionizirajoče sevanje



Inštitut za neionizirna sevanja. (b. d.). *Kaj so neionizirna sevanja*. https://inis.si/nf-emp/nf-emp_nf-emp0/nf-emp_nf-emp1/kaj-so-neionizirna-sevanja/

Področje optičnega in drugega neionizirajočega sevanja zajema širok spekter fizikalnih pojavov, ki vključujejo različne oblike elektromagnetnega in mehanskega valovanja. Skupna značilnost teh pojavov je, da njihova energija ni dovolj visoka za ionizacijo atomov ali molekul v bioloških tkivih, vendar lahko kljub temu vplivajo na organizme in tehnične sisteme. V okviru elektromagnetnega spektra to področje obsega optično sevanje, kamor sodijo ultravijolično, vidno in infrardeče sevanje (Jablanović idr., 2003). Ultravijolično sevanje z valovnimi dolžinami med 100 in 400 nanometri se glede na biološke učinke in energijsko vsebnost deli na tri podskupine: UVA, UVB in UVC (Maleš Bilić, 2014). Vidna svetloba, ki jo zaznava človeško oko, obsega valovne dolžine med 400 in 780 nanometri, medtem ko infrardeče sevanje, z valovnimi dolžinami od približno 780 nanometrov do 1 milimetra, zaznavamo predvsem kot toplotno energijo. Posebno obliko optičnega sevanja predstavlja lasersko sevanje, ki je usmerjeno, koherentno in pogosto izjemno energijsko gosto, zato ima izrazite fotobiološke in fizikalne učinke.

Pomembno mesto v spektru neionizirajočega sevanja zaseda tudi radiofrekvenčno sevanje, ki obsega frekvenčno območje od približno 30 kilohertzov do 300 gigahertzov. V to skupino sodijo tudi mikrovalovi, ki se pogosto uporabljajo v telekomunikacijah, medicinski diagnostiki in industrijskih procesih. Poleg tega področje vključuje električna in elektromagnetna polja nizkih, zelo nizkih in ekstremno nizkih frekvenc. Ta polja nastajajo pri delovanju električnih vodnikov, transformatorjev in gospodinjskih naprav, njihove frekvence pa segajo od nekaj hercev do nekaj sto kilohertzov. Značilna so tudi statična električna in magnetna polja, ki se s časom ne spreminjajo in se pogosto pojavljajo v okolju naprav z enosmernim tokom, vključno z elektromagneti in napravami za magnetno resonanco (Jablanović idr., 2003).

Neionizirajoče sevanje poleg elektromagnetnih oblik obsega tudi mehanske valove, ki se prenašajo skozi različne medije. Med njimi je ultrazvok, torej mehanske vibracije s frekvencami nad zgornjo mejo človeškega sluha, ki jih široko uporabljamo v medicini, industriji in raziskovalne namene. Nasprotno pa infrazvok predstavlja valovanje s frekvencami pod 20 herci (Hz), ki ga povzročajo naravni pojavi, kot so veter, potresi ali vulkanska dejavnost, pa tudi številni tehnični viri, na primer turbinske naprave ali prezračevalni sistemi.

10.2.1 Ultravijolično sevanje: značilnosti, učinki in zaščitni ukrepi

Ultravijolično (UV) sevanje je del optičnega območja elektromagnetnega spektra in obsega valovne dolžine med približno 100 in 400 nanometri. Gre za elektromagnetno sevanje višje frekvence in večje energije kot vidna svetloba, vendar energija UV-fotonov še ni zadostna za ionizacijo atomov ali molekul. Kljub temu ima UV-sevanje velik biološki pomen, saj sproža številne fotokemične in fotobiološke procese, zaradi katerih je pomembno z vidika zdravja ljudi, varnosti pri delu ter varovanja okolja. Glede na valovno dolžino in biološke učinke se UV-spekter deli na tri območja: UVA (315–400 nm), ki prodira najgloblje v kožo in povzroča fotostaranje, UVB (280–315 nm), ki ima večjo energijo in povzroča sončne opekline ter poškodbe DNK, ter UVC (100–280 nm), ki je najbolj energetski, vendar ga v naravnih pogojih večinoma absorbira ozonska plast v zgornjih plasteh atmosfere (Maleš Bilić, 2014).

Glavni naravni vir UV-sevanja je Sonce. Zaradi površinske temperature okoli 6000 Kelvinov oddaja celoten spekter optičnega sevanja, vključno z UV-svetlobo. Atmosfera, predvsem ozonski sloj v stratosferi, deluje kot učinkovit filter, ki zaustavi celoten UVC in večji del UVB-sevanja. Do površja Zemlje zato večinoma prispe UVA- in delno UVB-sevanje. Degradacija ozonskega sloja, ki jo povzročajo emisije halogeniranih ogljikovodikov, kot so klorofluorogljiki (CFC), zmanjšuje to naravno zaščito. Posledično se povečuje tveganje za zdravje ljudi in stabilnost ekosistemov (Tang idr., 2024). V Sloveniji so najbolj izpostavljeni zunanji delavci, kot so gradbeniki, gozdarji, kmetovalci in zaposleni v pomorstvu, zlasti v poletnih mesecih in na višjih nadmorskih višinah. Ko UV-sevanje doseže površino in pride v stik z biološkimi tkivi, se delno absorbira in pretvori v toplotno energijo. Vendar so fotobiološki učinki, kot so tvorba prostih radikalov, poškodbe celičnih membran in DNK, bistveno pomembnejši. Ti učinki lahko povzročijo maligne spremembe, zlasti bazalnocelični karcinom, ploščatocelični karcinom in melanom, ki je najnevarnejša oblika kožnega raka.

Poleg naravnih obstajajo tudi številni umetni viri UV-sevanja, ki se uporabljajo v industriji, medicini, znanosti in kozmetiki. Mednje sodijo živosrebrove, metal-halogenidne in plinske svetilke, baktericidne svetilke v bolnišnicah, na primer za dezinfekcijo operacijskih prostorov v UKC Ljubljana, devterijeve svetilke v laboratorijih, kot jih uporablja Institut Jožef Stefan, fluorescenčne UV-cevi v kozmetičnih salonih, laserski sistemi v dermatologiji in zobozdravstvu ter električni aparati za varjenje, ki so močni viri UVA- in UVB-žarkov (slika 125). Zaradi razširjene uporabe UV-virov so določenim poklicnim skupinam, kot so varilci, laboratorijsko osebje, tehniki v UV-obdelavi materialov in zaposleni v solarijih, vsakodnevno izpostavljeni tveganjem za poškodbe kože in oči. V Sloveniji so UV-solariji registrirani kot kozmetične dejavnosti in jih nadzoruje Zdravstveni inšpektorat Republike Slovenije. Pri pretirani in nenadzorovani uporabi, zlasti v UV-komorah brez strokovnega nadzora, se lahko pojavijo kronične poškodbe kože, pospešeno staranje in povečano tveganje za razvoj kožnega raka. UV-sevanje poleg kože močno prizadene tudi oči. Visokoenergijsko UVB-sevanje lahko povzroči fotokeratitis oziroma tako imenovano snežno slepoto, kar je boleče, začasno vnetje roženice, pogosto pri smučarjih, alpinistih, delavcih na ledenikih in zunanjem osebju v visokogorju. Pri varilcih brez zaščite se pogosto pojavi električna oftalmija, ki povzroči poškodbe mrežnice in roženice. Dolgotrajna izpostavljenost UV-sevanju pa dokazano prispeva k razvoju sive mreže oziroma katarakte ter degeneraciji rumene pege (Maleš Bilić, 2014).

Slika 125: Varenje



Emajstor. (b. d.). *Opasnosti nenošenja maske za varenje.*

https://www.emajstor.hr/clanak/1383/opasnosti_nenosnja_maske_za_varenje

Učinkovita zaščita pred škodljivimi učinki UV-sevanja temelji na kombinaciji tehničnih, organizacijskih in osebnih varnostnih ukrepov. Najosnovnejši ukrep je izogibanje izpostavljenosti, predvsem v urah najvišje jakosti sončnega sevanja. Pomembni so zaščitna oblačila, očala z UV-filtri, širok klobuk ter kreme z zaščitnim faktorjem SPF 30 ali več. V industriji se uporabljajo UV-absorbirajoče zaslone, avtomatizirani sistemi, zaščitni vizirji in očala, v skladu s standardi EN 166 (Evropski standard za osebno zaščito oči). Razdalja od vira in omejevanje časa izpostavljenosti sta prav tako bistvena varovalna dejavnika. Za spremljanje izpostavljenosti se uporabljajo spektrofotometri, radiometri in dozimetrijski sistemi, ki omogočajo natančne meritve jakosti in spektralne sestave UV sevanja.

Na mednarodni ravni znanstveno utemeljene mejne vrednosti za izpostavljenost določa Mednarodna komisija za varstvo pred neionizirnimi sevanji (*ICNIRP – International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection*). Evropski zakonodajni okvir predstavlja Direktiva o minimalnih zahtevah za varovanje zdravja delavcev pred tveganji zaradi izpostavljenosti umetnim optičnim sevanjem (*org. Directive 2006/25/EC of the European Parliament and of the Council of 5 April 2006 on the minimum health and safety requirements regarding the exposure of workers to risks arising from physical agents (artificial optical radiation) (19th individual Directive within the meaning of Article 16(1) of Directive 89/391/EEC*)), ki velja tudi za Slovenijo. Nacionalno zakonodajo v Sloveniji ureja Zakon o varnosti in zdravju pri delu (2011), ki določa osnovne obveznosti delodajalcev glede ocenjevanja tveganj. Konkretno določbe za UV-sevanje vsebuje Uredba o varovanju delavcev pred tveganji zaradi izpostavljenosti umetnim optičnim sevanjem (2010), ki določa mejne vrednosti, nadzor, meritve in obvezne zaščitne ukrepe.

10.2.2 Infrardeče sevanje: značilnosti, učinki in zaščitni ukrepi

Infrardeče (IR) sevanje je oblika elektromagnetnega valovanja z valovnimi dolžinami med približno 780 nanometri in 1 milimetrom, ki se nahaja tik za vidno rdečo svetlobo. Za človeško oko je nevidno, a ga zaznamo kot toploto, saj ima izrazite toplotne učinke, zaradi katerih se v vsakdanji rabi pogosto imenuje tudi toplotno sevanje. IR-sevanje nastaja kot posledica toplotnega gibanja molekul in atomov, zato ga oddajajo vsa telesa z absolutno temperaturo nad 0 kelvinov. Najpomembnejši naravni vir je Sonce, ki poleg vidne in ultravijolične svetlobe oddaja tudi precejšnje količine infrardeče energije, ki je ključna za ogrevanje zemeljskega površja (Maleš Bilić, 2014).

IR-spekter se glede na fizikalne lastnosti in prodornost v materiale deli na tri podpodročja. Kratkovalovno IR-sevanje prodira globlje in ima pomembne biološke učinke, zlasti na očesno mrežnico in notranje plasti kože. Srednjevalovno IR-sevanje vpliva predvsem na površinske sloje, dolgi valovi pa se absorbirajo na zunanji površini kože ali materiala. V naravi IR-sevanje srečujemo ob stiku z vsako ogreto površino, od sončnega obsevanja do telesnih iz žarkov živih bitij (Jablanović idr., 2003).

Umetni viri IR-sevanja so prisotni v številnih panogah, od industrije do medicine. Med glavnimi viri v industriji so visoke peči, električni obloki, vrela plina in toplotni generatorji, ki se pojavljajo v metalurgiji, steklarstvu in obdelavi keramike. V Sloveniji je prisotna izpostavljenost IR-sevanju na primer v jeklarnah na Jesenicah, v steklarnah v Hrastniku ali v obratih za proizvodnjo avtomobilskih delov, kjer se uporablja IR-tehnologija za utrjevanje barv in lakov (slika 126). V avtomobilski industriji se karoserije vozil sušijo s pomočjo IR-luč, ki vozilo obdajo s toplotno energijo v posebnih sušilnih komorah. IR-tehnologije se uporabljajo tudi v nadzornih sistemih, kjer termalne kamere omogočajo zaznavanje oseb in predmetov v temi. V medicini se infrardeče svetilke uporabljajo v fizioterapiji za lajšanje mišičnih napetosti, izboljšanje prekrvavitve in pospeševanje regeneracije tkiv. Uporabljajo se tudi v diagnostiki, kjer infrardeči senzorji omogočajo brezstično merjenje telesne temperature, kar je bilo posebej pogosto med epidemijo covid-19.

Slika 126: Visoka peč v jeklarni



Hočevar, B. (16. 3. 2017). *SIJ Acroni in SIJ Metal Ravne: 240 milijonov za trajnostni razvoj*. Finance. <https://www.finance.si/okolje-%26-energija/sij-acroni-in-sij-metal-ravne-240-milijonov-za-trajnostni-razvoj/a/8855062>

Biološki učinki infrardečega sevanja so večinoma posledica njegove sposobnosti prodiranja in segrevanja tkiv. Ob neposredni in daljši izpostavljenosti lahko pride do poškodb kože, kot so rdečina, mehurji in retikularni dermatitis. Daljša izpostavljenost lahko povzroči tudi pregrevanje telesa, kar se kaže z glavoboli, vrtoglavico, sončarico, padcem krvnega tlaka in v skrajnih primerih s toplotnim udarom. Posebej občutljive so oči kratkovalovno IR-sevanje lahko poškoduje mrežnico in povzroči toplotno koagulacijo tkiv, srednjevalovno pa je povezano s pojavom sive mreže, motnosti očesne leče. Dolgovalovno sevanje lahko povzroča vnetne spremembe vek in veznice, kar je pogost pojav pri delavcih, ki niso ustrezno zaščiteni (Maleš Bilić, 2014).

Za zaščito pred IR-sevanjem so ključni ukrepi, ki zmanjšujejo intenziteto izpostavljenosti. Med osnovne spada povečanje razdalje od vira, saj jakost sevanja z razdaljo hitro upada. Učinkovito je tudi zmanjševanje temperature vira, kadar je to mogoče, ter uporaba zaslonov in zaščitnih pregrad iz materialov, ki dobro odbijajo toploto, kot sta aluminij ali keramika. Osebna zaščitna oprema vključuje aluminizirana oblačila, toplotno odporne rokavice in zaščitna očala z IR-filtri, ki preprečujejo poškodbe oči. Pomembna je tudi organizacija dela, ki omejuje čas izpostavljenosti, omogoča dovolj počitka v hladnem okolju ter vključuje redne zdravstvene preglede delavcev, ki delajo v bližini močnih virov toplotnega sevanja. V Sloveniji se tovrstni ukrepi izvajajo v skladu z določili Zakona o varnosti in zdravju pri delu (2011), ki obravnava tudi tveganja zaradi toplotnega sevanja v delovnem okolju.

10.2.3 Radiofrekventno sevanje: značilnosti, učinki in zaščitni ukrepi

Radiofrekvenčno (RF) sevanje predstavlja obliko neionizirajočega elektromagnetnega sevanja v območju frekvenc med približno 100 Hz in 300 GHz. V ta spekter sodijo vse radijske in televizijske frekvence, brezžične komunikacije, radarske tehnologije ter mikrovalovno sevanje, ki obsega višje frekvenčno območje od 300 MHz do 300 GHz. Zaradi široke uporabe v sodobni tehnologiji ima RF-sevanje velik pomen na področju telekomunikacij, industrije, medicine, pa tudi pri razumevanju bioloških učinkov na zdravje ljudi (Maleš Bilić, 2014).

Naravni viri radiofrekvenčnega sevanja vključujejo Sonce, zvezde, galaksije, Zemljo samo ter elektromagnetno aktivnost v atmosferi. Človeško telo prav tako oddaja zelo nizkofrekvenčno sevanje v območju nizkih radiofrekvenc, vendar so ti naravni viri običajno nizke intenzitete. Veliko večjo izpostavljenost predstavljajo umetni viri, ki jih najdemo v vsakdanjem življenju in delovnem okolju. Med njimi so najpogostejši radijske in televizijske oddajne postaje, mobilna telefonija, brezžične komunikacije (Wi-Fi, Bluetooth), radarji, mikrovalovne pečice, radijske zveze ter industrijske naprave, kot so RF-grelni in mikrovalovne sušilne komore (Maleš Bilić, 2014). V Sloveniji med najpomembnejše RF-vire sodijo oddajniki RTV Slovenija na Krvavcu, Nanosu, Trdinovem vrhu in Pohorju, ki pokrivajo večino državnega ozemlja (slika 127). Bazne postaje mobilnih operaterjev (Telekom Slovenije, A1, Telemach) so široko razporejene po urbanih in ruralnih območjih. Mikrovalovne pečice in RF-sušilniki se uporabljajo v predelovalni industriji, na primer v podjetjih, ki se ukvarjajo s pakiranjem hrane in obdelavo tekstila. Delavci v podjetjih, kot so Iskra (elektronika) ali TPV (avtomobilska industrija), so lahko izpostavljeni RF-sevanju v proizvodnih linijah, kjer se uporabljajo visokofrekvenčni grelni sistemi. V vojaškem in letalskem sektorju, na primer na Brniku in v vojaškem letalstvu, se uporabljajo radarji, ki oddajajo intenzivno RF-sevanje. V industriji so posebej izpostavljeni delavci, ki delujejo v neposredni bližini virov močnega RF-sevanja, na primer pri delovanju industrijskih mikrovalovnih naprav, lepljenju plastičnih mas, vulkanizaciji gume, termičnem oblikovanju materialov in v tehnoloških procesih, ki vključujejo visokofrekvenčno segrevanje. V Sloveniji se tovrstne dejavnosti pojavljajo zlasti v industriji gumarstva, plastike, prehrabni predelavi ter v telekomunikacijskih centrih, kjer vzdrževalci delujejo v bližini baznih postaj, radarjev in oddajnikov RTV-signalov.

Slika 127: Oddajnik Nanos



Žolnir, N. (2. 9. 2013). *Življenje pod oddajniškimi stolpi na Nanosu*. Panorama. <https://old.delo.si/druzba/panorama/zivljenje-pod-oddajniškimi-stolpi-na-nanosu.html>

Biološki učinki radiofrekvenčnega sevanja so lahko termični in netermični (Maleš Bilić, 2014). Termični učinki nastanejo zaradi absorpcije elektromagnetne energije v tkivih, kar vodi v lokalno povišanje temperature. Dolgotrajna izpostavljenost visokim intenzitetam lahko povzroči poškodbe, kot so katarakta (zaradi segrevanja očesne leče), hipertermija v testisih, kar je povezano z zmanjšanjem reproduktivne sposobnosti, ter opekline in edemi kože. Netermični učinki pa so povezani z delovanjem električnega ali magnetnega polja na živčni sistem in presnovne procese. V literaturi je opisan t. i. mikrovalovni sindrom, pri katerem se pojavijo simptomi, kot so prekomerno znojenje, hitro utrujanje, motnje koncentracije, nespečnost, nihanje razpoloženja, hipotenzija in splošno slabo počutje. Lokalna izpostavljenost lahko povzroči motnje senzibilitete, prehodne nevrološke motnje ali lokalna vnetja (Jablanović idr., 2003).

Zaščita pred RF-sevanjem temelji na naboru tehničnih, organizacijskih, osebnih in administrativnih ukrepov. Med tehnične ukrepe sodijo uporaba zaščitnih zaslonov iz aluminijaste folije, bakrenih mrež ali jeklenih pregrad, ki absorbirajo ali odbijajo elektromagnetno energijo. Učinkovita zaščita vključuje tudi povečanje razdalje od izvora sevanja in omejevanje časa izpostavljenosti. Na osebni ravni se uporabljajo zaščitna oblačila iz metaliziranih materialov, ki odbijajo RF-valovanje, npr. kombinezoni, zaščitni plašči, kapuce, obutev in pelerine, ter posebna zaščitna očala ali vizirji iz metaliziranega stekla oziroma fine kovinske mreže. Medicinski ukrepi vključujejo preventivne zdravstvene preglede delavcev, ki so redno izpostavljeni RF-sevanju, s poudarkom na prepoznavanju zgodnjih znakov preobremenjenosti ali okvar.

V Sloveniji in EU je zaščita pred RF-sevanjem zakonsko urejena. Ključna evropska direktiva na tem področju je Direktiva o minimalnih zahtevah za varovanje zdravja in varnosti delavcev pred tveganji zaradi izpostavljenosti elektromagnetnim poljem (*org. Directive 2013/35/EU of the European Parliament and of the Council of 26 June 2013 on the minimum health and safety requirements regarding the exposure of workers to risks arising from physical agents (electromagnetic fields) (20th individual Directive within the meaning of Article 16(1) of Directive 89/391/EEC) and repealing*

Directive 2004/40/EC), ki je v slovenski pravni red prenesena z Uredbo o varovanju delavcev pred tveganji zaradi izpostavljenosti elektromagnetnim sevanjem (2016). Zakon o varnosti in zdravju pri delu (2011) določa splošna pravila za oceno tveganj in ukrepe za varno delo, ki vključujejo tudi RF-področje. Dodatno nadzor nad uporabo RF-naprav izvajajo Inšpektorat za delo, Agencija za komunikacijska omrežja in storitve RS, Zdravstveni inšpektorat ter v posebnih primerih tudi Uprava RS za zaščito in reševanje.

10.2.4 Elektromagnetno sevanje ekstremno nizkih frekvenc: značilnosti, učinki in zaščitni ukrepi

Elektromagnetno sevanje ekstremno nizkih frekvenc (ELF), ki zajema frekvenčno območje do 300 Hz, vključuje naravne in umetne vire šibkih električnih in magnetnih polj, s katerimi se srečujemo tako v naravnem okolju kot v vsakdanjem življenju. Naravna elektromagnetna polja izvirajo iz Zemljinega statičnega magnetnega polja ter iz električnih potencialov, ki nastajajo zaradi razlike med površjem Zemlje in zgornjimi plastmi atmosfere. Povprečna jakost naravnega električnega polja v jasnem vremenu dosega približno 130 V/m, z dnevnimi nihanji (okoli 120 V/m zjutraj in 170 V/m zvečer), medtem ko lahko med nevihtami in padavinami zraste tudi do 20 kV/m. Naravno magnetno polje Zemlje, katerega horizontalna komponenta je najmočnejša na ekvatorju, lahko pred potresi doživi opazne spremembe, pri čemer prihaja do t. i. geomagnetnih motenj ali »magnetnih neviht«, ki so povezane s sončevo aktivnostjo. Magnetno mirni ali aktivni dnevi so odvisni od ciklične aktivnosti Sonca in Lune, kar vpliva tudi na geomagnetne indekse, ki se spremljajo na globalni ravni (Maleš Bilić, 2014).

V vsakdanjem življenju pa smo bistveno bolj izpostavljeni umetnim virom elektromagnetnega sevanja nizkih frekvenc, predvsem zaradi obsežne elektrifikacije in uporabe električnih naprav. Največji vpliv ima omrežno električno polje frekvence 50 Hz, ki ga ustvarjajo nizkonapetostna omrežja, daljnovodi, transformatorji in električne naprave v domovih, šolah, bolnišnicah ter industrijskih obratih. V Sloveniji so najbolj izpostavljeni zaposleni na infrastrukturnih objektih, kot so daljnovodi, transformatorske postaje, proizvodne enote Termoelektrarne Šoštanj ali Hidroelektrarn na spodnji Savi, kjer se ELF polja pojavljajo kot del tehnoloških procesov (slika 128).

Slika 128: Visokonapetostni daljnovod



Kos, J. (b. d.). *Vpliv visokonapetostnih daljnovodov na ptice*. DOPPS. <https://ptice.si/naravovarstvo-in-raziskave/ekoloske-raziskave/vpliv-daljnovodov-na-ptice/>

Zdravstveni učinki izpostavljenosti elektromagnetnim poljem ekstremno nizkih frekvenc so predmet številnih raziskav. Elektromagnetna polja lahko v človeškem telesu povzročijo inducirane električne tokove, ki so praviloma zelo šibki, vendar v določenih pogojih lahko vplivajo na delovanje celičnih membran in signalne poti. Močni viri ELF-polj lahko vplivajo na živčni in endokrini sistem, motijo orientacijo molekul RNK in DNK ter povzročijo deformacije celic. Med znanimi fiziološkimi in subjektivnimi učinki so rdečica, občutek toplote, srbečica, vibracije las ali dlak, glavoboli, omotica, tinitus (brenčanje v ušesih), povečano znojenje, motnje prebave, utrujenost, razdražljivost, nespečnost, depresivna stanja in zmanjšana kognitivna sposobnost. Poročana je tudi hipersenzitivnost na električna in elektromagnetna polja, zlasti pri osebah, ki delajo z računalniškimi zasloni (npr. na video terminalih), kar se kaže v dermatoloških in nevrovegetativnih simptomih (Wei idr., 2025).

Učinkovita zaščita pred elektromagnetnim sevanjem nizkih frekvenc vključuje vrsto tehničnih, organizacijskih in osebnih ukrepov. Osnovno načelo je zmanjšanje časa izpostavljenosti in povečanje razdalje do vira sevanja. Tehnični ukrepi obsegajo avtomatizacijo in daljinsko upravljanje naprav, namestitve zaščitnih kabin iz kovinskih materialov, uporabo stacionarnih strojev z jeklenimi ali aluminijastimi ohišji ter ozemljitev naprav. Za posameznike, ki se redno gibljejo v območjih z večjo izpostavljenostjo, se uporabljajo osebna zaščitna sredstva, kot so zaslonjena oblačila, ščitniki za glavo in zaščitna obuvala iz materialov, ki zmanjšujejo prepustnost elektromagnetnih valov. V Sloveniji se taka zaščitna oprema lahko uporablja v okoljih, kot so elektroenergetski obratovalni centri ali prostori z močnimi transformatorji.

Meritve elektromagnetnega sevanja v naravnem in bivalnem okolju izvajajo pooblaščenice institucije, kot sta Institut Jožef Stefan ali Zavod za varstvo pri delu, pri čemer se uporabljajo kalibrirana merilna oprema in metodologije, določene v nacionalnih in evropskih predpisih. Monitoring vključuje spremljanje tako stacionarnih virov (npr. baznih postaj) kot mobilnih virov v industriji.

Slovenska zakonodaja na področju elektromagnetnega sevanja temelji na več aktih. Uredba o elektromagnetnem sevanju v naravnem in življenjskem okolju (1996) določa mejne vrednosti za električna in magnetna polja, ki jih oddajajo različni viri, vključno z baznimi postajami, RTV-oddajniki in visokonapetostno infrastrukturo. Pravilnik o prvih meritvah in obratovalnem monitoringu za vire elektromagnetnega sevanja ter o pogojih za njegovo izvajanje (1996) opredeljuje načine izvajanja

meritev v skladu z veljavnimi standardi. Zakon o elektronskih komunikacijah (2022) določa pogoje za postavitev telekomunikacijske infrastrukture, vključno z obveznimi ocenami vplivov na zdravje. Skupaj z mednarodnimi priporočili, kot so smernice Mednarodne komisije za varstvo pred neionizirajočimi sevanji (*ICNIRP – International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection*) in priporočila Svetovne zdravstvene organizacije (*World Health Organization – WHO*), tvorijo nacionalni predpisi temelj za nadzor in upravljanje tveganj zaradi izpostavljenosti elektromagnetnemu sevanju ekstremno nizkih frekvenc v Sloveniji.

10.3 Ionizirajoče sevanje: značilnosti, učinki in zaščitni ukrepi

Ionizirajoče sevanje je vsaka oblika sevanja, ki ima dovolj energije, da ob prehodu skozi snov povzroči ionizacijo atomov ali molekul, kar pomeni, da izbijne elektrone iz njihovih orbital in povzroči nastanek prostih ionov ter radikalov. Ti lahko sprožijo vrsto fizikalnih, kemičnih in bioloških sprememb v materialu in živih organizmih (Maleš Bilić, 2014). V naravi se s to obliko sevanja srečujemo nenehno, prisotno je v obliki kozmičnega sevanja, naravnih radionuklidov v tleh in kamninah ter radona, radioaktivnega plina, ki se sprošča iz tal in gradbenih materialov. Prisotno je tudi v umetno ustvarjenih virih, ki jih človek uporablja v medicini, industriji, raziskavah in energetiki.

Med osnovnimi vrstami ionizirajočega sevanja so naelektreni delci, kot so alfa in beta delci, ter nevtralnno sevanje, kamor sodijo gama in rentgenski žarki ter nevtroni. Alfa delci so sestavljeni iz dveh protonov in dveh nevtronov in imajo veliko maso ter naboj, kar jim daje izjemno ionizacijsko moč, a zelo omejeno prodornost. Zrak prepotujejo le nekaj centimetrov in jih ustavi že list papirja ali zunanja plast kože. Nevarni postanejo predvsem ob vdihu ali zaužitju radioaktivnih delcev, saj takrat povzročajo hude notranje poškodbe tkiv. Beta delci so elektroni ali pozitroni, ki nastanejo pri radioaktivnem razpadu in imajo večjo prodornost kot alfa delci, a manjšo ionizacijsko moč; za zaščito zadostujejo tanki sloji aluminija ali pleksi stekla. Gama žarki so visokoenergijsko elektromagnetno sevanje iz jedra atoma, izjemno prodorni, a z manjšo sposobnostjo ionizacije; za učinkovito zaščito so potrebni svinec, jeklo ali masivni betonski zidovi. Rentgenski žarki so po lastnostih podobni gama žarkom, le da nastanejo ob prehodu elektronov med energijskimi nivoji v atomskih ovojnicah. Nevtroni, ki nastanejo pri jedrskih reakcijah, nimajo električnega naboja, zato lahko prodrejo globoko v snov; za zaščito se uporabljajo materiali, ki jih učinkovito upočasnijo, kot sta voda ali parafin (Maleš Bilić, 2014).

V Sloveniji so naravni viri sevanja tesno povezani z geološkimi značilnostmi tal in kamnin. Radon, ki nastaja pri razpadu urana, se pojavlja v višjih koncentracijah v območjih uranove mineralizacije, kot sta Žirovski vrh in okolica Idrije. Zaradi svoje radioaktivnosti in sposobnosti vdora v notranje prostore je radon pomemben dejavnik tveganja za pljučnega raka, zlasti v slabše prezračenih stavbah. Kozmično sevanje je na našem ozemlju izrazitejše na višjih nadmorskih višinah, denimo v Julijskih Alpah in Karavankah, kjer je atmosfera tanjša in omogoča večji dotok visokoenergijskih delcev iz vesolja. Med umetnimi viri so najpomembnejši medicinski aparati za diagnostiko in zdravljenje, kot so rentgenski aparati, računalniška tomografija, oprema za jedrsko medicino in radioterapijo, ki so v uporabi na Onkološkem inštitutu Ljubljana, v UKC Ljubljana, UKC Maribor in drugih bolnišnicah (slika 129). Industrija uporablja vire sevanja za radiografsko kontrolo varov v energetiki in gradbeništvu ter za merjenje debeline, gostote in vlage v papirni in kovinski industriji. V raziskovalne namene se radioizotopi uporabljajo na Inštitutu "Jožef Stefan" ter na univerzah. Zgodovinsko pomemben vir izpostavljenosti je bil rudnik urana na Žirovskem vrhu, kjer je bila potrebna stroga radiološka zaščita zaradi nevarnosti vdihavanja radioaktivnih prašnih delcev in plinov.

Slika 129: Radiofarmaki



Branković, J. (b. d.). *Odkrivanje in zdravljenje bolezni z majhnimi radioaktivnimi odmerki*. JedarskaSI. <https://www.jedrska.si/pojasnjujemo/221-odkrivanje-in-zdravljenje-bolezni-z-majhnimi-radioaktivnimi-odmerki>

Biološki učinki sevanja izhajajo iz dveh osnovnih mehanizmov: neposredne poškodbe dednega materiala in encimov zaradi ionizacije ter posredne poškodbe, ki nastane kot posledica ionizacije molekul vode v celicah. Ta proces sprošča proste radikale, ki lahko povzročijo verižno poškodbo beljakovin, lipidov in nukleinskih kislin (Gruppen, 2010). Izpostavljenost je lahko profesionalna, medicinska ali okoljska (Maleš Bilić, 2014). Profesionalno so izpostavljeni zdravstveni delavci na radioloških in onkoloških oddelkih, raziskovalci, delavci v jedrskih objektih ter rudarji, medicinska izpostavljenost pa je povezana z diagnostičnimi in terapevtskimi postopki pri bolnikih. Okoljska izpostavljenost se nanaša na prebivalce območij s povišano naravno radioaktivnostjo ali v bližini virov umetnega sevanja.

Kratkotrajna izpostavljenost visokim dozam lahko povzroči akutno radiacijsko bolezen, ki se pri celotnem telesu pojavi že pri odmerkih nad 1 sivert. Hematopoetski sindrom pri odmerkih med 1 in 7 Sv poškoduje kostni mozeg, povzroči zmanjšanje krvnih celic in odpoved imunskega sistema. Gastrointestinalni sindrom pri odmerkih nad 7 Sv povzroča krvavitve in okužbe zaradi poškodbe črevesne sluznice, medtem ko nevrološki sindrom pri ekstremno visokih odmerkih nad 50 Sv povzroči hude poškodbe centralnega živčnega sistema in vodi v smrt v nekaj urah. Potek bolezni običajno vključuje prodromalno fazo z nespecifičnimi simptomi, nato latentno obdobje, fazo izrazitih kliničnih znakov ter bodisi okrevanje bodisi smrt (Maleš Bilić, 2014). Čeprav so takšni primeri v Sloveniji izjemno redki, so bile zabeležene posamezne lokalne radiacijske poškodbe zaradi nepravilnega ravnanja z industrijskimi viri.

Dolgotrajna izpostavljenost manjšim odmerkom povzroča kronične okvare, kot so kronični radiodermatitis na rokah radiološkega osebja, katarakta, povečano tveganje za levkemijo in osteosarkome ter pojav t. i. šneberskih pljuč – pljučnega raka pri rudarjih, ki so bili dolgotrajno izpostavljeni radonu, kot se je to dogajalo v rudnikih na območju Mežice in Žirovskega vrha.

Za nadzor izpostavljenosti se uporabljajo natančne meritve, pri katerih so ključni parametri absorbirana, ekvivalentna in efektivna doza, aktivnost vira ter čas razpolovitve radionuklida. Meritve potekajo z ionizacijskimi komorami, termoluminiscenčnimi dozimetri ali filmskimi dozimetri, pri čemer v Sloveniji sistemski nadzor izvaja Uprava RS za jedrsko varnost, zdravstveni nadzor nad delavci pa pooblaščen zdravstvene ustanove. Zaščita temelji na treh osnovnih načelih, zmanjšanju časa izpostavljenosti, povečanju razdalje od vira in uporabi zaščitnih pregrad. V praksi to pomeni uporabo svinčenih predpasnikov, ščitnikov za ščitnico, zaščitnih očal in masivnih zaščitnih sten, pa tudi organizacijske ukrepe, kot so rotacija osebja, skrajšan delovni čas, dodatni dopust in beneficirana delovna doba. Pomembno vlogo imajo tudi medicinski ukrepi, med katerimi so redni pregledi, usposabljanje in izobraževanje, kar skupaj zagotavlja varno delo v prisotnosti ionizirajočega sevanja.

10.4 Povzetek

Elektromagnetno sevanje je osnovni fizikalni pojav, pri katerem se energija prenaša v obliki elektromagnetnih valov, sestavljenih iz električnega in magnetnega polja, ki se širita s hitrostjo svetlobe tudi skozi vakuum. Glede na energijo in vpliv na žive organizme ga delimo na neionizirajoče in ionizirajoče. Neionizirajoče nima dovolj energije za ionizacijo atomov, povzroča pa segrevanje tkiv in druge biološke učinke. Vanj sodijo radijski valovi, mikrovalovi, infrardeče in vidno sevanje ter UVA- in UVB-sevanje. Prisotni so v vsakdanji uporabi mobilnih naprav, gospodinjskih aparatov, industrijskih in medicinskih tehnologij, ob neustrezni zaščiti pa lahko povzročijo poškodbe tkiv. Ionizirajoče sevanje ima dovolj energije, da izbija elektrone iz atomov in povzroča ionizacijo. Mednje sodijo UVC rentgenski in gama žarki, ki imajo pomembno vlogo v medicini in industriji, hkrati pa predstavljajo tveganje zaradi naravnih in umetnih virov. Posebno mesto zavzema ultravijolično sevanje, ki ga večinoma filtrira ozonski sloj, a je kljub temu pomemben naravni dejavnik z izrazitimi fotobiološkimi učinki. UVA povzroča staranje kože, UVB poškodbe DNK in opekline, UVC pa je najnevarnejši, čeprav ga večinoma zaustavi atmosfera. Umetni viri so industrijske svetilke, baktericidne naprave, solariji in laserski sistemi, pretirana izpostavljenost pa vodi v kožne rake, očesne bolezni in druge kronične poškodbe.

Infrardeče sevanje zajema valovne dolžine od 780 nm do 1 mm in ga zaznavamo kot toploto. Naravni vir je Sonce, umetni pa industrijski procesi, medicinske terapije in termalne kamere. Glede na prodornost ga delimo na kratkovalovno, srednjevalovno in dolgovalovno. Njegovi učinki so opekline, pregretje, toplotni udar in poškodbe oči, zaščita pa temelji na povečevanju razdalje, uporabi zaslonov, aluminiziranih oblačil in zaščitnih očal. Radiofrekvenčno sevanje obsega frekvence od 100 Hz do 300 GHz, z naravnimi in umetnimi viri, kot so radijske in TV-postaje, mobilna telefonija, Wi-Fi, radarji in mikrovalovne pečice. Termični učinki vključujejo segrevanje tkiv, netermični pa motnje koncentracije in nespečnost. Zaščita obsega tehnične in organizacijske ukrepe ter osebno zaščitno opremo, obvezni pa so tudi zdravstveni pregledi delavcev. Elektromagnetno sevanje ekstremno nizkih frekvenc obsega frekvence do 300 Hz. Naravni viri so Zemljino magnetno polje in atmosferska električna polja, umetni pa daljnovodi, transformatorji in električne naprave. Povzroča lahko glavobole, utrujenost, motnje koncentracije in nespečnost. Zaščita temelji na zmanjšanju časa izpostavljenosti, povečanju razdalje ter uporabi zaščitnih kabin in opreme.

Ionizirajoče sevanje sproža fizikalne, kemične in biološke spremembe v organizmih. Med osnovne vrste sodijo alfa delci, beta delci, gama in rentgenski žarki ter nevtroni. Viri so naravni, kot so radon in kozmično sevanje, ter umetni, kot so medicinska diagnostika, industrijske kontrole in raziskave. Biološki učinki izhajajo iz neposredne ionizacije DNK ali posrednega delovanja prostih radikalov. Kratkotrajna izpostavljenost visokim dozam povzroča akutno radiacijsko bolezen, dolgotrajna pa

kronične okvare, kot so radiodermatitis, katarakta, levkemija in rak pljuč pri rudarjih. Zaščita temelji na zmanjšanju časa izpostavljenosti, povečanju razdalje in uporabi zaščitnih pregrad. Nadzor sevanja poteka z meritvami dozimetričnih parametrov, v Sloveniji pa ga izvajajo pristojne institucije. Poleg tehničnih so pomembni tudi organizacijski in medicinski ukrepi, ki zagotavljajo varno delo v prisotnosti elektromagnetnega in ionizirajočega sevanja.

10.5 Vprašanja, ki spodbujajo razmislek in razpravo

1. Kaj je elektromagnetno sevanje in kako se razlikuje od mehanskih valov?
2. Kakšna je razlika med neionizirajočim in ionizirajočim sevanjem?
3. Katere vrste neionizirajočega sevanja poznamo in kateri so njihovi glavni viri?
4. Kakšni so biološki učinki infrardečega sevanja in kako se pred njim zaščitimo?
5. Katere so glavne lastnosti radiofrekvenčnega sevanja ter njegovi termični in netermični učinki?
6. Kako se zaščitimo pred radiofrekvenčnim sevanjem in kakšna je zakonska ureditev v Sloveniji in EU?
7. Kaj so viri elektromagnetnega sevanja ekstremno nizkih frekvenc in kako vplivajo na zdravje ljudi?
8. Katere zaščitne ukrepe uporabljamo pri zmanjševanju izpostavljenosti ELF-sevanju?
9. Kaj je ionizirajoče sevanje in katere osnovne vrste ga sestavljajo?
10. Katere naravne in umetne vire ionizirajočega sevanja poznamo v Sloveniji?
11. Kako ionizirajoče sevanje povzroča poškodbe celic in kakšne so posledice za zdravje ljudi?
12. Katere zaščitne materiale in ukrepe uporabljamo za zmanjšanje tveganja pri izpostavljenosti ionizirajočemu sevanju?
13. Katere institucije izvajajo meritve in nadzor nad elektromagnetnim ter ionizirajočim sevanjem v Sloveniji?
14. Katere tehnične, organizacijske in medicinske ukrepe predvideva zakonodaja za varno delo z elektromagnetnimi in ionizirajočimi sevanji?

11 ZAKLJUČEK

V 19. stoletju je slovenski prostor še vedno nosil izrazito kmetijsko podobo. Podeželje je prevladovalo, večina prebivalstva se je ukvarjala s poljedelstvom, živinorejo in gozdarstvom. Monarhija Avstro-Ogrska je uvedla prve oblike sistematičnega gozdarskega upravljanja in začela z oblikovanjem okoljevarstvenih načel, hkrati pa so železnice, rudniki in prve industrije povzročili začetne okoljske obremenitve. Onesnaženje zraka v rudarskih območjih Zasavja, krčenje gozdov in onesnaževanje rek z obrtniški odpadki so bili prvi znaki, da se gospodarski razvoj neposredno odraža na naravi. Že takrat se je pokazal vpliv na biodiverzitetu, zmanjševanje števila velikih zveri, kot sta medved in volk, ter izginjanje mokrišč, kjer so živela številna vodna in močvirna življenjska okolja. Energija v tej dobi je temeljila na premogu in lesu, kar je omogočalo industrializacijo, a povzročalo degradacijo lokalnih ekosistemov.

V prvi polovici 20. stoletja so globalni dogodki odločilno zaznamovali tudi okoljski razvoj. Dve svetovni vojni sta prinesli razdejanje okolij, množične posege v prostor in uničevanje naravnih virov. Posebno poglavje predstavljata atomska napada na Hirošimo in Nagasaki avgusta 1945, ki sta svetu pokazala nepredstavljivo uničevalno moč jedrskega orožja. Posledice radioaktivnega sevanja na zdravje ljudi, tla in ekosisteme so za vedno spremenile dojemanje tehnologije in varstva okolja ter postavile temelje globalnim razpravam o omejitvi jedrskega orožja. V Sloveniji je to obdobje zaznamovala industrializacija, ki je zlasti po drugi svetovni vojni v socialistični Jugoslaviji dobila silovit pospešek. Težka industrija, rudarstvo, kemijska in energetska dejavnost so ustvarile nova delovna mesta in gospodarski razvoj, a obenem povzročile hudo degradacijo okolja: onesnaženje zraka v Zasavju, zastrupitev Mežiške doline s težkimi kovinami, onesnaženje Krupe s PCB ter močno obremenitev rek Save, Ljublanice in Drave s komunalnimi in industrijskimi odpadnimi vodami. Industrijski posegi so znižali kakovost habitatov in zmanjšali število vrst v rekah ter mokriščih. Energija je postajala ključni dejavnik razvoja, gradnja hidroelektrarn na Dravi in Savi je pomenila pomemben premik k obnovljivim virom, hkrati pa je spremenila rečne ekosisteme in populacije rib.

Druga polovica 20. stoletja je prinesla še en globalni prelom, jedrsko nesrečo v Černobilu leta 1986. Ta katastrofa je pokazala, da so tveganja jedrskih tehnologij povezana ne le z vojno, temveč tudi z miroljubno rabo energije. Radioaktivni oblak, ki je dosegel celotno Evropo, vključno s Slovenijo, je povzročil strah, nezaupanje in zahteve po strožjem nadzoru nad jedrskimi elektrarnami. Černobil je postal simbol nujnosti sistematičnega varstva okolja, transparentnega obveščanja javnosti in mednarodnega sodelovanja. V Sloveniji je prav to obdobje sprožilo tudi krepitev okoljevarstvenih gibanj, oblikovanje prvih sodobnih okoljskih zakonov in uveljavitev Triglavskega narodnega parka kot osrednjega simbola zaščite narave. Za biotsko raznovrstnost so bili to ključni trenutki: spoznanje, da onesnaženje in degradacija habitatov ogrožata dolgoročno preživetje številnih vrst, je pripeljalo do oblikovanja prvih rdečih seznamov ogroženih vrst. Hkrati so se pojavila prva razmišljanja o trajnostni rabi energije, saj je svet začel iskati ravnotežje med jedrsko energijo, fosilnimi gorivi in obnovljivimi viri.

Po osamosvojitvi leta 1991 je Slovenija stopila na pot demokratizacije in evropske integracije. Sprejeti so bili ključni zakoni o varstvu okolja, začelo se je sistematično vključevanje javnosti v postopke, razvila se je mreža čistilnih naprav in uvedeni so bili celoviti ukrepi za sanacijo degradiranih območij. Biotska raznovrstnost je dobila osrednje mesto v politiki varstva okolja: nastali so Rdeči seznam, Zakon o

ohranjanju narave ter obsežna zaščitena območja. Vstop v Evropsko unijo leta 2004 je prinesel še večjo institucionalno moč: Natura 2000 je vključevala okoli 38 % slovenskega ozemlja, kar je med največjimi deleži v EU, in Slovenijo uvrstila med vodilne države na področju ohranjanja biotske raznovrstnosti. Energijska politika je dobila novo dimenzijo, spodbujanje obnovljivih virov, uvajanje energetske učinkovitosti in postopna tranzicija od premoga, ki še vedno močno zaznamuje Šaleško dolino.

V 21. stoletju se globalni in lokalni okoljski izzivi še poglobljajo. Podnebne spremembe, izguba biotske raznovrstnosti, degradacija tal in naraščajoče onesnaženje zahtevajo usklajene odzive. Biotska raznovrstnost je danes ključni pokazatelj zdravja ekosistemov: izginjanje oprasevalcev ogroža prehransko varnost, zmanjševanje populacij rib vpliva na morske ekosisteme, v Sloveniji pa so izjemno občutljivi visokogorski habitati, kraška mokrišča in življenjski prostor človeške ribice. Energija ostaja dvorezen meč: po eni strani omogoča prehod na nizkoogljično družbo z obnovljivimi viri in jedrsko tehnologijo nove generacije, po drugi pa prinaša tveganja geopolitičnih konfliktov in nevarnost novih jedrskih nesreč. Grožnje morebitnih novih jedrskih konfliktov, ob sporih med velikimi silami, znova obujajo spomine na Hirošimo, Nagasaki in Černobil ter poudarjajo, da je prihodnost okolja in človeštva tesno povezana z vprašanjem jedrske varnosti.

Zaključek, ki se ponuja iz zgodovinskih in sodobnih izkušenj, je jasen: okolje, energija in mir so neločljivo povezani. Brez stabilnega mednarodnega sodelovanja, dialoga in zavez za preprečevanje jedrskih konfliktov ni mogoče zagotoviti niti varnosti ljudi niti prihodnosti okolja. Tako kot je varstvo okolja v Sloveniji postalo temelj identitete in razvoja, je tudi globalno varstvo pred jedrskimi grožnjami in ohranitev naravne raznovrstnosti nujen pogoj za trajnostni obstoj človeštva. Potreben je stalen dialog, vključevanje vseh deležnikov in krepitev zavedanja, da lahko le sodelovanje in medsebojno spoštovanje preprečita scenarije, ki bi ogrozili ne le civilizacijo, temveč tudi temeljne pogoje življenja na Zemlji.

12 VIRI IN LITERATURA

1. Agencija Republike Slovenije za okolje. (2024). *Kemijsko stanje površinskih voda v Sloveniji: poročilo za leto 2022*. ARSO. <https://www.gov.si/assets/organi-v-sestavi/ARSO/Vode/Stanje-voda/Porocilo-o-kemijem-stanju-povrsinskih-voda-za-leto-2022.pdf>
2. Agencija Republike Slovenije za okolje. (22. 3. 2025). *Spremljanje vremena in voda nekoč in danes*. <https://www.gov.si/novice/2023-03-22-spremljanje-vremena-in-voda-nekoc-in-danes/>
3. Ahmad, A., Banat, F., Alsafar, H., in Hasan, S. W. (2022). Algae biotechnology for industrial wastewater treatment, bioenergy production, and high-value bioproducts. *Science of The Total Environment*, 806(Pt 2), 150585. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.150585>
4. Alfa-laval. (b. d.). *Čiščenje industrijske odpadne vode in obdelava odpadkov*. <https://www.alfa-laval.si/industrije/ienje-vode-in-obdelava-odpadkov/ciscenje-industrijske-odpadne-vode-in-obdelava-odpadkov/>
5. Alm, T. (2016). Fern rhizomes as fodder in Norway. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*, 12, 37. <https://doi.org/10.1186/s13002-016-0112-0>
6. Amidžić, L. (2009). *Biološka raznovrsnost*. Beograd: Multimedijalni centar Fakulteta za primenjenu ekologiju Futura.
7. Anderson, O. (2022). Recent advances in application of transcriptomics: Research on heterotrophic and autotrophic protists. *Acta Protozoologica*, 61, 47–75. <https://doi.org/10.4467/16890027AP.22.003.16206>
8. Andrei, M. (7. 8. 2007). *Understanding thunder and lightning*. ZME Science. <https://www.zmescience.com/feature-post/natural-sciences/climate-and-weather/weather-and-atmosphere/science-abc-thunder-and-lightning/>
9. Angelstam, P., Bush, T. in Manton, M. (2023). Challenges and solutions for forest biodiversity conservation in Sweden: Assessment of policy, implementation outputs, and consequences. *Land*, 12(5), 1098. <https://doi.org/10.3390/land12051098>
10. Aretano, R., Petrosillo, I., Zaccarelli, N., Semeraro, T. in Zurlini, G. (2013). People perception of landscape change effects on ecosystem services in small Mediterranean islands: A combination of subjective and objective assessments. *Landscape and Urban Planning*, 112, 63–73. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2012.12.010>
11. Asha, S. in Sangeetha Vani, G. (2023). The study of filamentous fungi in potable water and its biofilm formation in water pipeline system. *Nature Environment and Pollution Technology*, 22(1), 535–539. <https://doi.org/10.46488/NEPT.2023.v22i01.054>
12. Atmaca, E., Peker, I. in Altin, A. (2005). Industrial noise and its effects on humans. *Polish Journal of Environmental Studies*, 14(6), 721–726. <https://www.pjoes.com/Industrial-Noise-and-Its-Effects-on-Humans,87814,0,2.html>
13. Baczewska, I., Hawrylak-Nowak, B., Zagórska-Dziok, M., Ziemlewska, A., Nizioł-Łukaszewska, Z., Borowski, G. in Dresler, S. (2024). Towards the use of lichens as a source of bioactive substances for topical applications. *Molecules*, 29(18), 4352. <https://doi.org/10.3390/molecules29184352>
14. Bačkor, M., Paulíková, K., Geralská, A. in Davidson, R. (2003). Monitoring of air pollution in Košice (Eastern Slovakia) using lichens. *Polish Journal of Environmental Studies*, 12(2), 141–150. <https://www.pjoes.com/pdf-87537-21396?filename=Monitoring%20of%20Air.pdf>
15. Baggio, J. S., Gonçalves, F. P., Lourenço, S. A., Tanaka, F. A. O., Pascholati, S. F. in Amorim, L. (2016). Direct penetration of *Rhizopus stolonifer* into stone fruits causing rhizopus rot. *Plant Pathology*, 65(4), 633–642. <https://doi.org/10.1111/ppa.12434>
16. Bakaloudis, D. E., Thoma, C. T., Makridou, K. N., Kotsonas, E. G., Arsenos, G., Theodoridis, A. in Kotsiotis, V. (2024). Home range and habitat selection of feral horses (*Equus ferus f. caballus*) in a mountainous environment: A case study from northern Greece. *Land*, 13(8), 1165. <https://doi.org/10.3390/land13081165>

17. Baker, S. (2003). The dynamics of European Union biodiversity policy: Interactive, functional and institutional logics. *Environmental Politics*, 12(3), 23–41. <https://doi.org/10.1080/09644010412331308264>
18. Barsanti, L. in Gualtieri, P. (2019). Paramylon, a potent immunomodulator from WZSL mutant of *Euglena gracilis*. *Molecules*, 24(17), 3114. <https://doi.org/10.3390/molecules24173114>
19. Baumann, S. in Schernewski, G. (2012). Occurrence and public perception of jellyfish along the German Baltic coastline. *Journal of Coastal Conservation*, 16, 555–566. <https://doi.org/10.1007/s11852-012-0199-y>
20. Bearzi, G., Fortuna, C. M. in Reeves, R. R. (2008). Ecology and conservation of common bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) in the Mediterranean Sea. *Mammal Review*, 39(2), 92–123. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2907.2008.00133.x>
21. Bednarik, R. G. (2012). The origins of human modernity. *Humanities*, 1, 1–53. <https://doi.org/10.3390/h1010001>
22. Beilby, M. J., Bisson, M. A. in Schneider, S. C. (2022). How characean algae take up needed and excrete unwanted ions – An overview explaining how insights from electrophysiology are useful to understand the ecology of aquatic macrophytes. *Aquatic Botany*, 181, 103542. <https://doi.org/10.1016/j.aquabot.2022.103542>
23. Bennett, N. J. (2016). Using perceptions as evidence to improve conservation and environmental management. *Conservation Biology*, 30(3), 582–592. <https://doi.org/10.1111/cobi.12681>
24. Beran, L. (2013). Aquatic molluscan fauna (Mollusca) of the Korana River (Croatia). *Natura Croatica*, 22(2), 223–234.
25. Berginc, M., Kremesec – Jevšenak, J. in Vidic, J. (2007). *Sistem varstva narave v Sloveniji*. Ministrstvo za okolje in prostor. https://www.gov.si/assets/ministrstva/MOP/Publikacije/a501ce9279/sistem_varstva.pdf
26. Berry, L.H, Koski, J., Verkuijl, C., Strambo, C. in Piggot, G. (2019). *Making space: how public participation shapes environmental decision-making*. SEI. <https://www.sei.org/publications/how-public-participation-shapes-environmental-decision-making/>
27. Bevilacqua, S., Airoidi, L., Ballesteros, E., Benedetti-Cecchi, L., Boero, F., Bulleri, F., Cebrian, E., Cerrano, C., Claudet, J., Colloca, F., Coppari, M., Di Franco, A., Fraschetti, S., Garrabou, J., Guarnieri, G., Guerranti, C., Guidetti, P., Halpern, B. S., Katsanevakis, S., ... Terlizzi, A. (2021). Mediterranean rocky reefs in the Anthropocene: Present status and future concerns. In C. Sheppard (Ed.), *Advances in Marine Biology* (letn. 89, str. 1–51). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/bs.amb.2021.08.001>
28. Bino, G., Kingsford, R. T., Archer, M., Connolly, J. H., Day, J., Dias, K., Goldney, D., Gongora, J., Grant, T., Griffiths, J., Hawke, T., Klamt, M., Lunney, D., Mijangos, L., Munks, S., Sherwin, W., Serena, M., Temple-Smith, P., Thomas, J., ... Whittington, C. (2019). The platypus: Evolutionary history, biology, and an uncertain future. *Journal of Mammalogy*, 100(2), 308–327. <https://doi.org/10.1093/jmammal/gyz058>
29. Blenckner, T., Österblom, H., Larsson, P., Andersson, A. in Elmgren, R. (2015). Baltic Sea ecosystem-based management under climate change: Synthesis and future challenges. *Ambio*, 44(3), 507–515. <https://doi.org/10.1007/s13280-015-0661-9>
30. Boguniewicz-Zabłocka, J. in Kłosok-Bazan, I. (2020). Sustainable processing of paper industry water and wastewater: A case study on the condition of limited freshwater resources. *Polish Journal of Environmental Studies*, 29(3), 2063–2070. <https://doi.org/10.15244/pjoes/111676>
31. Botanični vrt. (b. d.). *Splošni podatki o rastlini (Eryngium amethystinum)*. Rastline ki rastejo v botaničnem vrtu. Univerza v Ljubljani. <https://www.botanicni-vrt.si/component/rastline/eryngium-amethystinum>
32. Branković, J. (b. d.). *Odkrivanje in zdravljenje bolezní z majhnimi radioaktivnimi odmerki*. JedrskaSI. <https://www.jedrska.si/pojasnjujemo/221-odkrivanje-in-zdravljenje-bolezni-z-majhnimi-radioaktivnimi-odmerki>
33. Brimblecombe, P. (1977). London air pollution, 1500–1900. *Atmospheric Environment*, 11(12), 1157–1162. [https://doi.org/10.1016/0004-6981\(77\)90091-9](https://doi.org/10.1016/0004-6981(77)90091-9)

34. Brochado, M. G. d. S., Silva, L. B. X. d., Lima, A. d. C., Guidi, Y. M. in Mendes, K. F. (2023). Herbicides versus nitrogen cycle: Assessing the trade-offs for soil integrity and crop yield—An in-depth systematic review. *Nitrogen*, 4(3), 296–310. <https://doi.org/10.3390/nitrogen4030022>
35. Burki, F., Sandin, M. M. in Jamy, M. (2021). Diversity and ecology of protists revealed by metabarcoding. *Current Biology*, 31(19), R1267–R1280. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2021.07.066>
36. Caitano, C. E. C., Vieira Júnior, W. G., Soares, D. M. M., Alves, L. d. S., Nóbrega, B. d. B., Pardo-Giménez, A., Stevani, C. V. in Zied, D. C. (2023). Management of water supply in the cultivation of different *Agaricus bisporus* strains. *Agronomy*, 13(10), 2626. <https://doi.org/10.3390/agronomy13102626>
37. Cantonati, M., Angeli, N., Virtanen, L., Wojtal, A. Z., Gabrieli, J., Falasco, E., Lavoie, I., Morin, S., Marchetto, A., Fortin, C. in Smirnova, S. (2014). *Achnantheidium minutissimum* (Bacillariophyta) valve deformities as indicators of metal enrichment in diverse widely-distributed freshwater habitats. *Science of The Total Environment*, 475, 201–215. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2013.10.018>
38. Cardoso, R. C., Ferreira, R. L. in Souza-Silva, M. (2024). Caves' environmental stability shaping subterranean biodiversity in the neotropics. *Acta Oecologica*, 125, 104036. <https://doi.org/10.1016/j.actao.2024.104036>
39. Carosi, A., Talarico, L., Greco, C., Vecchiotti, A., D'Antoni, S., Longobardi, A., Macchio, S., Carafa, M., Casula, P., Perfetti, A., Amprimo, P., Rossetti, A., Morandi, F., Alberti, D., Serroni, P., Raimondi, S., Mattioli, D., Mucci, N. in Lorenzoni, M. (2025). The LIFE STREAMS project for the recovery of the native Mediterranean trout in six Italian pilot areas: Planning and adoption of conservation actions. *Biology*, 14(5), 573. <https://doi.org/10.3390/biology14050573>
40. Carreras, H. A., Gudiño, G. L. in Pignata, M. L. (1998). Comparative biomonitoring of atmospheric quality in five zones of Córdoba city (Argentina) employing the transplanted lichen *Usnea* sp. *Environmental Pollution*, 103(2–3), 317–325. [https://doi.org/10.1016/S0269-7491\(98\)00116-X](https://doi.org/10.1016/S0269-7491(98)00116-X)
41. Casado-Arzuaga, I., Madariaga, I. in Onaindia, M. (2013). Perception, demand and user contribution to ecosystem services in the Bilbao Metropolitan Greenbelt. *Journal of Environmental Management*, 129, 33–43. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2013.05.059>
42. Cent, J., Grodzińska-Jurczak, M. in Pietrzyk-Kaszyńska, A. (2014). Emerging multilevel environmental governance: A case of public participation in Poland. *Journal for Nature Conservation*, 22(2), 93–102. <https://doi.org/10.1016/j.jnc.2013.09.005>
43. Cernatič Gregorič, A. (2013). *Strokovne podlage za zavarovanje presihajočih jezer Zgornje Pivke in Javornikov*. Zavod RS za varstvo narave, OE Nova Gorica. https://pivskajezera.si/wp-content/uploads/2021/11/Strokovne_podlage_za_zavarovanje_presihajocih_jezer_in_javornik_ov.pdf
44. Chwałczyk, F. (2020). Around the Anthropocene in eighty names—Considering the Urbanocene proposition. *Sustainability*, 12(11), 4458. <https://doi.org/10.3390/su12114458>
45. Cialdea, D. in Privitera, S. (2021). Landscape values as a driving force to increase nature conservation. Environmental and Planning Policies as a Possible Integration. *Sustainable*, 13(12), 6621. <https://doi.org/10.3390/su13126621>
46. Ciano. (2021). *Ali lahko cianobakterije cvetijo?* CianoSLO. <https://www.ciano.si/ali-lahko-cianobakterije-cvetijo/>
47. Cvijan, M. (2013). *Algologija*. Biološki fakultet, Univerzitetu u Beogradu.
48. Čomić, L. (1999). *Ekologija mikroorganizama*. Prirodno-matematički fakultet, Univerzitet u Kragujevcu.
49. Dahija, S., Karalija, E., Bešta-Gajević, R., Pilić, S., Čaušević, A., Đug, S. in Muratović, E. (2022). Efficiency assessment of rhizofiltration by *Mentha aquatica* L. of polluted water from urban rivers. *Desalination and Water Treatment*, 280, 262–270. <https://doi.org/10.5004/dwt.2022.29091>
50. Dai, J., He, J., Chen, Z., Qin, H., Du, M., Lei, A., Zhao, L. in Wang, J. (2022). *Euglena gracilis* promotes *Lactobacillus* growth and antioxidants accumulation as a potential next-generation prebiotic. *Frontiers in Nutrition*, 9, 864565. <https://doi.org/10.3389/fnut.2022.864565>

51. Dai, Y., Li, Y., Xue, Y., Hacker, C. E., Li, C., Zahoor, B., Liu, Y., Li, D. in Li, D. (2022). Mitigation strategies for human–Tibetan brown bear (*Ursus arctos pruinosus*) conflicts in the hinterland of the Qinghai-Tibetan Plateau. *Animals*, 12, 1422. <https://doi.org/10.3390/ani12111422>
52. Davids Landau, M. (27.12.2017). *On highway noise barriers, the science is mixed. Are there alternatives?* Undark. <https://undark.org/2017/12/27/highway-noise-barrier-science/>
53. Deora, G. S., Shekhawat, M. K. in Sarswati. (2020). Ethnobotanical, phytochemical and pharmacological potential of *Cycas revoluta* Thunb.: A review. *Pharmacognosy Journal*, 12(5), 1165–1171. <https://doi.org/10.5530/pj.2020.12.164>
54. Desbiez, A. L. J., Medri, I. M., Chiarello, A. G., Mourão, G., Rodrigues, F. H. G., de Miranda, F. R. in Tomas, W. M. (2016). Local and continental determinants of giant anteater (*Myrmecophaga tridactyla*) abundance: Biome, human and jaguar roles in population regulation. *Mammalian Biology*, 81(3), 274–280. <https://doi.org/10.1016/j.mambio.2016.03.002>
55. Dietz, T., Ostrom, E. in Stern, P. (2003). Struggle to govern the commons. *Science*, 302(5652), 1907–1912. <https://doi.org/10.1126/science.1091015>
56. Dimitrakopoulos, P. G., Jones, N., Iosifides, T., Florokapi, I., Lasda, O., Paliouras, F. in Evangelinos, K. I. (2010). Local attitudes on protected areas: Evidence from three Natura 2000 wetland sites in Greece. *Journal of Environmental Management*, 91(9), 1847–1854. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2010.04.010>
57. Direktiva za ocenjevanje in upravljanje okoljskega hrupa. (2002). *Directive 2002/49/EC of the European Parliament and of the Council of 25 June 2002 relating to the assessment and management of environmental noise.* <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2002/49/oj/eng>
58. Dittmar, C., Zech, W. in Elling, W. (2003). Growth variations of common beech (*Fagus sylvatica* L.) under different climatic and environmental conditions in Europe—A dendroecological study. *Forest Ecology and Management*, 173(1–3), 63–78. [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(01\)00816-7](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(01)00816-7)
59. Dnevnik. (18. 12. 2025). *Novomeška občina: pravilno kurjenje je pomembno za zmanjšanje onesnaženosti zraka.* <https://www.dnevnik.si/novice/slovenija/novomeska-obcina-pravilno-kurjenje-je-pomembno-za-zmanjsanje-onesnazenosti-zraka-2774531/>
60. Dolinar, N., Rudolf, M., Šraj, N. in Gaberščik, A. (2010). Environmental changes affect ecosystem services of the intermittent Lake Cerknica. *Ecological Complexity*, 7(3), 403–409. <https://doi.org/10.1016/j.ecocom.2009.09.004>
61. Dono, J., Webb, J. in Richardson, B. (2010). The relationship between environmental activism, pro-environmental behaviour and social identity. *Journal of Environmental Psychology*, 30(2), 178–186. <https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2009.11.006>
62. Duan, Y., Xi, H., Qin, Z., Guo, R., Wang, F. in Yuan, Y. (2025). Water quality characteristics of municipal wastewater treatment plants and the prospect of reclaimed water utilization in lower-middle income and water-scarce areas: A case study of Puyang. *Water Cycle*, 6, 61–70. <https://doi.org/10.1016/j.watcyc.2024.11.002>
63. Edberg, S. C., Rice, E. W., Karlin, R. J. in Allen, M. J. (2000). *Escherichia coli*: The best biological drinking water indicator for public health protection. *Journal of Applied Microbiology*, 88(S1), 106S–116S. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2672.2000.tb05338.x>
64. Egami, K., Miyazono, K., Yamashita, R., Wakabayashi, K., Kodama, T. in Takahashi, K. (2024). Use of pelagic tunicate *Salpa fusiformis* as biological sampler to estimate in-situ density of microplastics smaller than 330 μm . *Marine Pollution Bulletin*, 206, 116756. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2024.116756>
65. Elkhateeb, W. A., Elnahas, M. O. in Daba, G. M. (2021). Lichentherapy: Highlights on the pharmaceutical potentials of lichens. *Open Access Journal of Microbiology & Biotechnology*, 6(1). <https://doi.org/10.23880/oajmb-16000190>
66. Eloranta, P. (2019). Freshwater red algae in Finland. *Plant and Fungal Systematics*, 64(1), 41–51. <https://doi.org/10.2478/pfs-2019-0006>
67. Eloranta, P., Eloranta, A. in Perämäki, P. (2016). Intensive study of freshwater red algae (Rhodophyta) in Finland. *Fottea*, 16(1), 122–132. <https://doi.org/10.5507/fot.2015.025>

68. Emajstor. (b. d.). *Opasnosti nenošenja maske za varenje*. https://www.emajstor.hr/clanak/1383/opasnosti_nenosenja_maske_za_varenje
69. Erbe, C., Dent, M. L., Gannon, W. L., McCauley, R. D., Römer, H., Southall, B. L., Stansbury, A. L., Stoeger, A. S. in Thomas, J. A. (2022). The effects of noise on animals. V C. Erbe in J. A. Thomas (ur.), *Exploring animal behavior through sound: Volume 1: Methods* (str. 459–506). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-97540-1_13
70. Erpenbeck, D., Galitz, A., Wörheide, G., Albrecht, C., Pronzato, R. in Manconi, R. (2020). Having the balls to colonize – The *Ephydatia fluviatilis* group and the origin of (ancient) lake “endemic” sponge lineages. *Journal of Great Lakes Research*, 46(5), 1140–1145. <https://doi.org/10.1016/j.jglr.2019.09.028>
71. Eržen, I., Gajšek, P., Hlastan Ribič, C., Kukec, A., Poljšak, B. in Zaletel Kragelj, L. (2010). *Zdravje in okolje: izbrana poglavja*. Fakulteta za zdravstvene vede, Univerza v Mariboru. https://www.fzv.um.si/sites/default/files/2018/Zdravje_in_okolje.pdf
72. Etorba. (b. d.). Atmosferski pojavi. <https://etorba.sio.si/etorba/sl/files/epubs/41/page-30.xhtml>
73. Faganeli Pucer, J. in Štrumbelj, E. (2018). Impact of changes in climate on air pollution in Slovenia between 2002 and 2017. *Environmental Pollution*, 242(Part A), 398–406. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2018.06.084>
74. Federico, S., Glaviano, F., Esposito, R., Tentoni, E., Santoro, P., Caramiello, D., Costantini, M. in Zupo, V. (2023). The “bald disease” of the sea urchin *Paracentrotus lividus*: Pathogenicity, molecular identification of the causative agent and therapeutic approach. *Microorganisms*, 11, 763. <https://doi.org/10.3390/microorganisms11030763>
75. Ferranti, F., Beunen, R., in Speranza, M. (2010). Natura 2000 network: A comparison of the Italian and Dutch implementation experiences. *Journal of Environmental Policy & Planning*, 12(3), 293–314. <https://doi.org/10.1080/1523908X.2010.505417>
76. Fiałkowski, W., Klonowska-Olejniak, M., Smith, B. D. in Rainbow, P. S. (2003). Mayfly larvae (*Baetis rhodani* and *B. vernus*) as biomonitors of trace metal pollution in streams of a catchment draining a zinc and lead mining area of Upper Silesia, Poland. *Environmental Pollution*, 121(2), 253–267. [https://doi.org/10.1016/S0269-7491\(02\)00214-2](https://doi.org/10.1016/S0269-7491(02)00214-2)
77. Fischer, K. (10. 10. 2025). *What Is Acid Rain?* Webmd. <https://www.webmd.com/lung/acid-rain-what-is-it>
78. Fitzsimons, J. A. in Michael, D. R. (2017). Rocky outcrops: A hard road in the conservation of critical habitats. *Biological Conservation*, 211(Part B), 36–44. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2016.11.019>
79. Fløjgaard, C., De Barba, M., Taberlet, P. in Ejrnæs, R. (2017). Body condition, diet and ecosystem function of red deer (*Cervus elaphus*) in a fenced nature reserve. *Global Ecology and Conservation*, 11, 312–323. <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2017.07.003>
80. Fondriest. (b. d.). *Dissolved Oxygen*. <https://www.fondriest.com/environmental-measurements/parameters/water-quality/dissolved-oxygen/>
81. Frančičković-Bilinski, S., Bilinski, H., Tibljaš, D. in Hanžel, D. (2006). Sediments from Savinja, Voglajna and Hudinja rivers (Slovenia), reflecting anomalies in an old metallurgic area. *Fresenius Environmental Bulletin*, 15(3), 220–228. <https://doi.org/10.5474/geologija.2002.034>
82. Freschi, P., Cosentino, C., Napolitano, F., Pacelli, C., Manicone, D., Mallia, E., Ragni, M., Paolino, R. in Braghieri, A. (2023). First report on a cliff-nesting pair of black storks (*Ciconia nigra* Linnaeus, 1758) and their nestlings. *Forests*, 14, 1941. <https://doi.org/10.3390/f14101941>
83. Gasilska zveza Slovenije. (15. 7. 2024). *Povečana možnost nastanka požarov v naravnem okolju*. <https://gasilec.net/povecana-moznost-nastanka-pozarov-v-naravnem-okolju/>
84. Gazzard, A., Macdonald, D. W. in Rasmussen, S. L. (2025). Conservation concern for Europe’s hedgehog species (Erinaceidae): Current statuses, issues and needs. *Biological Conservation*, 304, 111033. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2025.111033>
85. Geitzener, M., Hognl, K. in Weiss, G. (2016). Improving the implementation of Natura 2000: An exchange with practitioners on barriers and opportunities. *Journal for Nature Conservation*, 33, 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.jnc.2016.05.007>

86. Gifford, R. in Nilsson, A. (2014). Personal and social factors that influence pro-environmental concern and behaviour: A review. *International Journal of Psychology*, 1–17. <https://doi.org/10.1002/ijop.12034>
87. Giubilei, I., Brugneti, F., Turco, S., Drajs, M. I. in Mazzaglia, A. (2023). First report of anthracnose on *Fagus sylvatica* caused by *Colletotrichum fioriniae* in Italy. *New Disease Reports*, 48, e12226. <https://doi.org/10.1002/ndr2.12226>
88. Golež, U. (2006). *Kulturni boj na Slovenskem* [Diplomsko delo, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za družbene vede]. <http://dk.fdv.uni-lj.si/dela/Golez-Urban.PDF>
89. Goltnik, T., Burger, J., Kranjc, I., Turšič, J. in Zuliani, T. (2022). Potentially toxic elements and Pb isotopes in mine-draining Meža River catchment (NE Slovenia). *Water*, 14(7), 998. <https://doi.org/10.3390/w14070998>
90. Gorris, P., Bodin, Ö., Giralt, D., Hass, A. L., Reitalu, T., Cabodevilla, X., Hannappel, I., Helm, A., Prangel, E. in Westphal, C. (2025). Social-ecological perspective on European semi-natural grassland conservation and restoration: Key challenges and future pathways. *Biological Conservation*, 304, 111038. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2025.111038>
91. Gost, M., Pinya, S., Sureda, A., Tejada, S. in Ferriol, P. (2023). Effect of alkalinity and light intensity on the growth of the freshwater sponge *Ephydatia fluviatilis* (Porifera: Spongillidae). *Aquatic Ecology*, 57, 353–367. <https://doi.org/10.1007/s10452-023-10014-0>
92. Gošar, D. (2015). *Kvaliteta voda na območju dveh opuščenih kovinskih rudnikov v Sloveniji in na Portugalskem* [Diplomsko delo, Univerza v Novi Gorici, Fakulteta za okoljske znanosti]. <https://repositorij.ung.si/IzpisGradiva.php?id=2005&lang=slv>
93. Grant, T. R. in Temple-Smith, P. D. (2003). Conservation of the platypus, *Ornithorhynchus anatinus*: Threats and challenges. *Aquatic Ecosystem Health & Management*, 6(1), 5–18. <https://doi.org/10.1080/14634980301481>
94. Greenshields, M. W. C. C., Cunha, B. B., Coville, N. J., Pimentel, I. C., Zawadneak, M. A. C., Dobrovolski, S., Souza, M. T. in Hümmelgen, I. A. (2016). Fungi active microbial metabolism detection of *Rhizopus* sp. and *Aspergillus* sp. section Nigri on strawberry using a set of chemical sensors based on carbon nanostructures. *Chemosensors*, 4, 19. <https://doi.org/10.3390/chemosensors4030019>
95. Gruby, R. L. in Basurto, X. (2013). Multi-level governance for large marine commons: Politics and polycentricity in Palau's protected area network. *Environmental Science & Policy*, 33, 260–272. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2013.08.001>
96. Grupen, C. (2010). Biological effects of ionizing radiation. V C. Grupen, *Introduction to radiation protection: Practical knowledge for handling radioactive sources* (str. 212–228). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-642-02586-0_13
97. Guleria, R., Bhushan, B., Guleria, A., Bhushan, A. in Dulari, P. (2020). Non-ionizing radiation and human health. *International Journal for Scientific Research & Development (IJSART)*, 6(1), 130–134. <https://www.ijart.com>
98. Häder, D.-P. in Hemmersbach, R. (2022). *Euglena*, a gravitactic flagellate of multiple usages. *Life*, 12(10), 1522. <https://doi.org/10.3390/life12101522>
99. Haderlé, R., Bouveret, L., Serranito, B., Méndez-Fernandez, P., Adam, O., Penel, M., Couvat, J., Le Berre, I. in Jung, J.-L. (2025). Identification of two common bottlenose dolphin (*Tursiops truncatus*) ecotypes in the Guadeloupe Archipelago, Eastern Caribbean. *Animals*, 15, 108. <https://doi.org/10.3390/ani15010108>
100. Hagen, J. B. (2012). Five kingdoms, more or less: Robert Whittaker and the broad classification of organisms. *BioScience*, 62(1), 67–74. <https://doi.org/10.1525/bio.2012.62.1.11>
101. Hamilton, A. J. (2005). Species diversity or biodiversity? *Journal of Environmental Management*, 75(1), 89–92. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2004.11.012>
102. Hanžek, N., Gligora Udovič, M., Kajan, K., Borics, G., Várбірó, G., Stoeck, T., Žutinić, P., Orlić, S. in Stanković, I. (2021). Assessing ecological status in karstic lakes through the integration of phytoplankton functional groups, morphological approach and environmental DNA metabarcoding. *Ecological Indicators*, 131, 108166. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2021.108166>
103. Hardin, G. (1968). The tragedy of the commons. *Science*, 162(3859), 1243–1248. <https://doi.org/10.1126/science.162.3859.1243>

104. Harvey, A. M., Beausoleil, N. J., Ramp, D. in Mellor, D. J. (2020). A ten-stage protocol for assessing the welfare of individual non-captive wild animals: Free-roaming horses (*Equus ferus caballus*) as an example. *Animals*, 10, 148. <https://doi.org/10.3390/ani10010148>
105. Helmenstine, A. (3. 9. 2025). *Difference Between Ionizing and Non-Ionizing Radiation*. Science Notes. <https://sciencenotes.org/difference-between-ionizing-and-non-ionizing-radiation/>
106. Hiedanpää, J. (2002). European-wide conservation versus local well-being: The reception of the Natura 2000 reserve network in Karvia, SW Finland. *Landscape and Urban Planning*, 61(2-4), 113–123. [https://doi.org/10.1016/S0169-2046\(02\)00106-8](https://doi.org/10.1016/S0169-2046(02)00106-8)
107. Higuero, A., Constenla, M., Padrós, F., Sánchez-Marín, P., Carrassón, M., Soler-Membrives, A. in Dallarés, S. (2024). Coping with current impacts: The case of *Scylliorhinus canicula* in the NW Mediterranean Sea and implications for human consumption. *Marine Pollution Bulletin*, 201, 116200. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2024.116200>
108. Hinke, S. in Sørensen, E. N. (2023). The long-term effects of early-life pollution exposure: Evidence from the London smog. *Journal of Health Economics*, 92, 102827. <https://doi.org/10.1016/j.jhealeco.2023.102827>
109. Hlad, B. in Skoberne, P. (2001). *Biological and landscape diversity in Slovenia: An overview CBD*. Ministry of the Environment and Spatial Planning, Environmental Agency of the Republic of Slovenia. https://www.gov.si/assets/ministrstva/MOP/Publikacije/biological_landscape_diversity_in_slovenia.pdf
110. Hoban, S., Bruford, M., D'Urban Jackson, J., Lopes-Fernandes, M., Heuertz, M., Hohenlohe, P. A., Paz-Vinas, I., Sjögren-Gulve, P., Segelbacher, G., Vernesi, C., Aitken, S., Bertola, L. D., Bloomer, P., Breed, M., Rodríguez-Correa, H., Funk, W. C., Grueber, C. E., Hunter, M. E., Jaffe, R., ... Laikre, L. (2020). Genetic diversity targets and indicators in the CBD post-2020 Global Biodiversity Framework must be improved. *Biological Conservation*, 248, 108654. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2020.108654>
111. Hočevár, B. (16. 3. 2017). *SIJ Acroni in SIJ Metal Ravne: 240 milijonov za trajnostni razvoj*. Finance. <https://www.finance.si/okolje-%26-energija/sij-acroni-in-sij-metal-ravne-240-milijonov-za-trajnostni-razvoj/a/8855062>
112. Holt, C. D. S., Watts, K., Nevin, O., Ramsey, A. in Bailey, S. (2013). *Modelling ecological networks and dispersal in grey squirrels* (Forestry Commission Research Note FCRN014). Forestry Commission. https://www.researchgate.net/publication/262636951_Modelling_ecological_networks_and_dispersal_in_grey_squirrels
113. Hull, L. (b. d.). *Splošni podatki o rastlini (Calluna vulgaris)*. Botanični vrt Univerze v Ljubljani. <https://www.botanicni-vrt.si/component/rastline/calluna-vulgaris>
114. Imperial, M. (1999). Institutional analysis and ecosystem-based management: The institutional analysis and development framework. *Environmental Management*, 24(4), 449–465. <https://doi.org/10.1007/s002679900246>
115. Ingrao, C., Failla, S. in Arcidiacono, C. (2020). A comprehensive review of environmental and operational issues of constructed wetland systems. *Current Opinion in Environmental Science & Health*, 13, 35–45. <https://doi.org/10.1016/j.coesh.2019.10.007>
116. Inštitut za neionizirna sevanja. (b. d.). *Kaj so neionizirna sevanja*. Inštitut za neionizirana sevanja. https://inis.si/nf-emp/nf-emp_nf-emp0/nf-emp_nf-emp1/kaj-so-neionizirna-sevanja/
117. Ivanov, M., Valkanov, K., Tsvetkov, R. in Natchev, N. (2025). Hybridization in vipers: A case study on mating between *Vipera ammodytes transcaucasiana* and *V. a. ammodytes* in captivity. *Journal of Zoological and Botanical Gardens*, 6, 34. <https://doi.org/10.3390/jzbg6020034>
118. Ivanovski, M., Alatič, K., Urbancl, D., Simonič, M., Goričanec, D. in Vončina, R. (2023). Assessment of air pollution in different areas (urban, suburban, and rural) in Slovenia from 2017 to 2021. *Atmosphere*, 14(3), 578. <https://doi.org/10.3390/atmos14030578>
119. Jablanović, M., Jakšić, P. in Kosanović, K. (2003). Uvod u ekotoksikologiju. Univerzitet u Prištini (sa sedištem u Kosovskoj Mitrovici), Prirodno-matematički fakultet.
120. Jacobo, J. (4. 10. 2023). *Ozone hole over Antarctica grows to one of the largest on record, scientists say*. ABCNews. <https://abcnews.go.com/International/ozone-hole-antarctica-grows-largest-record-scientists/story?id=103719972>

121. Jaksic, F. M. (2023). Historical ecology and current status of the European hare *Lepus europaeus* in South America: A new species in new countries. *Studies on Neotropical Fauna and Environment*, 59(2), 474–501. <https://doi.org/10.1080/01650521.2023.2217064>
122. James, S. W., Porco, D., Decaëns, T., Richard, B., Rougerie, R. in Erséus, C. (2010). DNA barcoding reveals cryptic diversity in *Lumbricus terrestris* L., 1758 (Clitellata): Resurrection of *L. herculeus* (Savigny, 1826). *PLOS ONE*, 5(12), e15629. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0015629>
123. Jelić, D., Ajtić, R., Sterijovski, B., Crnobrnja-Isailović, J., Lelo, S. in Tomović, L. (2013). Legal status and assessment of conservation threats to vipers (Reptilia: Squamata: Viperidae) of the Western and Central Balkans. *Herpetological Conservation and Biology*, 8(3), 764–770.
124. Jeong, M., Wang, Y., Kim, J. I. in Shin, W. (2023). Multigene phylogeny reveals a cryptic diversity in the genus *Dinobryon* (Chrysophyceae) with integrative description of five new species. *Frontiers in Plant Science*, 14, 1150814. <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1150814>
125. Jeran, Z., Mrak, T., Jaćimović, R., Batič, F., Kastelec, D., Mavsar, R. in Simončič, P. (2007). Epiphytic lichens as biomonitors of atmospheric pollution in Slovenian forests. *Environmental Pollution*, 146(2), 324–331. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2006.03.032>
126. Jiménez-Urbe, D. A., Daniels, D., González-Álvarez, Á. in Vélez-Pereira, A. M. (2020). Influence of vehicular traffic on environmental noise spectrum in the tourist route of Santa Marta City. *Energy Reports*, 6(Suppl. 1), 818–824. <https://doi.org/10.1016/j.egyr.2019.11.008>
127. Jisha, K. C. in Puthur, J. T. (2021). Ecological importance of wetland systems. In S. Sharma in P. Singh (ur.), *Wetlands: Conservation, management, and utilization* (str. 51–72). Wiley. <https://doi.org/10.1002/9781119692621.ch3>
128. Jogan, N. in Strgulc Krajšek, S. (2010). *Izbrane invazivne tujerodne vrste rastlin* [Predavanje na delavnici]. Mestna občina Ljubljana. https://www.gov.si/assets/ministrstva/MNVP/Dokumenti/Narava/Invazivne-vrste/invazivke_mol_2010_izbrane_vrste_izrock_jogan_strgulc.pdf
129. Jogan, N., Kaligarič, M., Leskovar, I., Seliškar, A. in Dobravec, J. (2004). *Habitatni tipi Slovenije HTS 2004: Tipologija*. Agencija Republike Slovenije za okolje. <https://www.gov.si/assets/organi-v-sestavu/ARSO/Narava/Porocila-in-publikacije/Habitatni-tipi-Slovenije-tipologija-2004.pdf>
130. Jordan, A. (1998). *The politics of a multi-level environmental governance system: European Union environmental policy at 25* (CSERGE Working Paper No. 98-01). Centre for Social and Economic Research on the Global Environment.
131. Juda, E. K. in Khalaf, K. J. (2024). Effect of some metal ions on hemolysin production from clinical isolates of *Escherichia coli*. *Journal of Contemporary Medical Sciences*, 10(1), 71–76. <https://doi.org/10.22317/jcms.v10i1.1450>
132. Justman, M. in Gradstein, M. (1999). The Industrial Revolution, political transition, and the subsequent decline in inequality in 19th-century Britain. *Explorations in Economic History*, 36(2), 109–127. <https://doi.org/10.1006/exeh.1999.0713>
133. Kačičnik Jančar, M., Žitnik, D., Kosor, N., Naglič, M. in Vukelič, E. (2022). *Pregled stanja vrst in habitatnih tipov omrežja Natura 2000*. Ministrstvo za okolje in prostor. https://natura2000.gov.si/fileadmin/user_upload/Dokumenti/LIFE_IP_NATURA_SI/Rezultati/A.3_Pregled_stanja_vrst_in_habitatnih_tipov_omrezja_Natura_2000_ZRSVN.pdf
134. Kang, H.-K., Kim, G., Kang, J.-H., Kim, M. in Noh, J. H. (2019). Mass occurrence of the salp *Salpa fusiformis* during spring 2017 in the southern waters of Korea and the northern East China Sea. *Ocean and Polar Research*, 41(3), 135–145. <https://doi.org/10.4217/OPR.2019.41.3.135>
135. Kati, V., Hovardas, T., Dieterich, M., Ibsch, P. L., Mihok, B. in Selva, N. (2014). The challenge of implementing the European network of protected areas Natura 2000. *Conservation Biology*, 29(1), 260–270. <https://doi.org/10.1111/cobi.12366>
136. Kelc, T. (2023). *Problematika PCB na območju Bele krajine in njeno poznavanje s strani prebivalcev Semiča (Diplomsko delo)*. Fakulteta za varstvo okolja, Velenje. <https://fvo.si/wp-content/uploads/2023/09/TJASA-KELC-1.pdf>
137. Kershner, K. (b. d.). *The Great London Smog of 1952*. History. <https://history.howstuffworks.com/historical-events/great-london-smog-1952.htm>

138. Kićović, D., Vujanović, D. in Jakšić, P. (2004). *Osnove zaštite i unapređenja životne sredine*. Univerzitet u Prištini (sa sedištem u Kosovskoj Mitrovici), Prirodno-matematički fakultet.
139. Kim, K.-H., Shon, Z.-H., Nguyen, H. T. in Jeon, E.-C. (2011). A review of major chlorofluorocarbons and their halocarbon alternatives in the air. *Atmospheric Environment*, 45(7), 1369–1382. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2010.12.029>
140. Kim, T. H. in Chae, C. U. (2016). Environmental impact analysis of acidification and eutrophication due to emissions from the production of concrete. *Sustainability*, 8(6), 578. <https://doi.org/10.3390/su8060578>
141. Kirn, A. (2008). Varstvo narave in kriza napredka. *Varstvo narave*, 21(21), 25–40. Zavod Republike Slovenije za varstvo naravne in kulturne dediščine. <http://www.dlib.si>
142. Kleist, M. H., Mortensen, R. M., Bregnballe, T. in Mayer, M. (2024). Dune hares: Population indices, home range size, and habitat selection of the European hare on a Danish island. *Ecology and Evolution*, 14(10), e70415. <https://doi.org/10.1002/ece3.70415>
143. Kmetijsko gozdarski zavod Novo mesto. (2021). *Namakanje poljščin in travinja*. https://www.kmetijskizavod-nm.si/uploads/kgz_nm/dokumenti/namakanje_poljscin_in_travinja_splet.pdf
144. Koch, A.-K., Grunow, B. in Moritz, T. (2025). Recommendations for scientific fish husbandry: *Scyliorhinus canicula* (Carcharhiniformes, Scyliorhinidae): A model species for sharks. *Bulletin of Fish Biology*, 21, 1–17. <https://doi.org/10.53188/BFB0012>
145. Kojić, M., Pekić, S. in Dajić, Z. (2003). *Botanika (VII izmenjeno i dopunjeno izdanje)*. Romanov, Banja Luka.
146. Kok, C. J., Van der Velde, G. in Landsbergen, K. M. (1990). Production, nutrient dynamics and initial decomposition of floating leaves of *Nymphaea alba* L. and *Nuphar lutea* (L.) Sm. (Nymphaeaceae) in alkaline and acid waters. *Biogeochemistry*, 11(3), 235–250. <https://doi.org/10.1007/BF00004498>
147. Kollmuss, A. in Agyeman, J. (2002). Mind the gap: Why do people act environmentally and what are the barriers to pro-environmental behavior? *Environmental Education Research*, 8(3), 239–260. <https://doi.org/10.1080/13504620220145401>
148. Korelc, M. (17.10.2025). *Izlet na jezera v Planinski jami*. The Slovenia. <https://the-slovenia.com/slovenija/kam-na-izlet/izlet-na-jezera-v-planinski-jami/>
149. Korelc, M. (b. d.). *Presihajoče jezero Ponikve*. Moja jezera. https://mojajezera.si/seznam_mojih_jezer/270/presihajoce_jezero_ponikve/
150. Koroški pokrajinski muzej. (b. d.). *Železarska zbirka*. <https://www.kpm.si/razstave/zelezarska-zbirka/>
151. Kos, J. (b. d.). *Vpliv visokonapetostnih daljnovodov na ptice*. DOPPS. <https://ptice.si/naravovarstvo-in-raziskave/ekoloske-raziskave/vpliv-daljnovodov-na-ptice/>
152. Koskei, M., Kolowski, J., Wittemyer, G., Lala, F., Douglas-Hamilton, I. in Okita-Ouma, B. (2022). The role of environmental, structural and anthropogenic variables on underpass use by African savanna elephants (*Loxodonta africana*) in the Tsavo Conservation Area. *Global Ecology and Conservation*, 38, e02199. <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2022.e02199>
153. Kotchen, M. J. in Reiling, S. D. (2000). Environmental attitudes, motivations, and contingent valuation of nonuse values: A case study involving endangered species. *Ecological Economics*, 32(1), 93–107. [https://doi.org/10.1016/S0921-8009\(99\)00069-5](https://doi.org/10.1016/S0921-8009(99)00069-5)
154. Kozmus, P. (b. d.). *Carniolan honey bee*. Javna služba nalog genske banke v živinoreji. <https://www.genska-banka.si/breeds/carniolan-honey-bee/>
155. Krajinski park Strunjan. (b. d.). *Klif*. <https://parkstrunjan.si/presezniki/klif/>
156. Kranj24.com. (2025). *Evropski teden mobilnosti v Kranju 2025: čas je, da stopimo skupaj za bolj zdrav in aktiven vsakdan*. Kranj24.com. <https://www.kranj24.com/evropski-teden-mobilnosti-v-kranju-2025-cas-je-da-stopimo-skupaj-za-bolj-zdrav-in-aktiven-vsakdan/>
157. Kranjska gora. (b. d.). *Highest mountain in Slovenia – Mount Triglav*. <https://kranjska-gora.si/en/attractions/mount-triglav/>
158. Krippel, Y. (2023). Les prêles (*Equisetaceae*) au Luxembourg – Notes chorologiques et liste rouge. *Bulletin de la Société des Naturalistes Luxembourgeois*, 125, 3–16. <https://doi.org/10.59513/snl.2023.125.003>

159. Krstić, Ž., Krstić, B., Petrović, M. in Erić, Ž. (2006). *Fiziologija biljaka*. Prirodno-matematički fakultet, Univerzitet u Novom Sadu.
160. Krunić, M. (1994). *Zoologija invertebrata (I deo)*. Zavod za udžbenike i nastavna sredstva.
161. Krunić, M. (1995). *Zoologija invertebrata (II deo)*. Zavod za udžbenike i nastavna sredstva.
162. Kulczycka, A., Łukomska-Kowalczyk, M., Zakryś, B. in Milanowski, R. (2018). PCR identification of toxic euglenid species *Euglena sanguinea*. *Journal of Applied Phycology*, 30, 1759–1763. <https://doi.org/10.1007/s10811-017-1376-z>
163. Kuttippurath, J., Lefèvre, F., Raj, S., Kumar, P. in Abhishek, K. (2021). The ozone hole measurements at the Indian station Maitri in Antarctica. *Polar Science*, 30, 100701. <https://doi.org/10.1016/j.polar.2021.100701>
164. Kweku, D. W., Bismark, O., Maxwell, A., Desmond, K. A., Danso, K. B., Oti-Mensah, E. A., Quachie, A. T. in Adormaa, B. B. (2017). Greenhouse effect: Greenhouse gases and their impact on global warming. *Journal of Scientific Research & Reports*, 17(6), 1–9. <https://doi.org/10.9734/JSRR/2017/39630>
165. Lallanilla, M. (18. 4. 2023). *Chernobyl: The world's worst nuclear disaster*. LiveScience. <https://www.livescience.com/planet-earth/nuclear-energy/chernobyl-the-worlds-worst-nuclear-disaster>
166. Lamarque, P., Quéfier, F. in Lavorel, S. (2011). The diversity of the ecosystem services concept and its implications for their assessment and management. *Comptes Rendus Biologies*, 334(5–6), 441–449. <https://doi.org/10.1016/j.crv.2010.11.007>
167. Lan, Z., Liu, X.-L., Lv, Q.-B., Zeng, M.-H., Gao, J.-F., Chang, Q.-C., Chen, Y.-Y. in Wang, C.-R. (2021). Proteomic analysis of *Fasciola hepatica* excretory and secretory products co-immunoprecipitated using time course infection sera. *Pathogens*, 10, 749. <https://doi.org/10.3390/pathogens10060749>
168. Layzer, J. A. (2012). Part I: Managing the Earth's life support systems: The emergence of sustainability science and transdisciplinarity. V M. P. Weinstein in R. E. Turner (ur.), *Sustainability science: The emerging paradigm and the urban environment* (str. 177–197). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-1-4614-3188-6>
169. Li, M., Leso, M., Buti, M., Bellini, E., Bertoldi, D., Saba, A., Larcher, R., Sanità di Toppi, L. in Varotto, C. (2022). Phytochelatin synthase de-regulation in *Marchantia polymorpha* indicates cadmium detoxification as its primary ancestral function in land plants and provides a novel visual bioindicator for detection of this metal. *Journal of Hazardous Materials*, 440, 129844. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2022.129844>
170. Li, Z., Wang, Q., Sun, K. in Feng, J. (2021). Prevalence of *Batrachochytrium dendrobatidis* in amphibians from 2000 to 2021: A global systematic review and meta-analysis. *Frontiers in Veterinary Science*, 8, 791237. <https://doi.org/10.3389/fvets.2021.791237>
171. Libralato, G., Inversini, M., Signorini, S. G., Magni, S., Angelillo, S., Trifuoggi, M., Binelli, A. in Della Torre, C. (2025). Effects of environmental concentrations of gadolinium on adults and juveniles of the earthworm *Lumbricus terrestris*. *Environmental Research*, 278, 121621. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2025.121621>
172. Liepiņš, K. in Bleive, A. (2025). The potential of European beech (*Fagus sylvatica* L.) in the hemiboreal Baltic region: A review. *Forests*, 16(1), 109. <https://doi.org/10.3390/f16010109>
173. LIFE Kočevsko. (2019). *LIFE Kočevsko – Improving the conservation status of Natura 2000 species and habitats in Kočevsko*. Zavod RS za varstvo narave. <https://www.lifekocevsko.eu/>
174. Lima, M. L., Marques, S. in Moreira, S. (2011). “A house in the woods”: Values, attitudes and behaviours towards forests. *Psychology*, 2(1), 87–100. <https://doi.org/10.1174/217119711794394662>
175. Lobutova, E., Li, L., Voges, D. in Resagk, C. (2012). Micro PIV measurements of the internal flow of an *Amoeba proteus*. V *Proceedings of the 16th International Symposium on Applications of Laser Techniques to Fluid Mechanics* (str. 1–7), Lisbon, Portugal, 9.–12. julij 2012. https://www.researchgate.net/profile/Christian-Resagk/publication/258480894_Micro_PIV_Measurements_of_the_Internal_Flow_of_an_Amoeba_proteus/links/55ec0b7f08aeb65162677bd9/Micro-PIV-Measurements-of-the-Internal-Flow-of-an-Amoeba-proteus.pdf

176. Lombardo, E., Bancheva, S., Domina, G. in Venturella, G. (2020). Distribution, ecological role and symbioses of selected shrubby species in the Mediterranean Basin: A review. *Plant Biosystems – An International Journal Dealing with All Aspects of Plant Biology*, 154(4), 1–31. <https://doi.org/10.1080/11263504.2020.1727988>
177. Long, J., Jia, J., Gong, Y., Han, D. in Hu, Q. (2022). Assessment of eicosapentaenoic acid (EPA) production from filamentous microalga *Tribonema aequale*: From laboratory to pilot-scale study. *Marine Drugs*, 20(6), 343. <https://doi.org/10.3390/md20060343>
178. Lorenčič, A. in Prinčič, J. (2018). *Slovenska industrija od nastanka do danes* (Zbirka Razpoznavanja = Recognitiones, št. 38). Inštitut za novejšo zgodovino. https://www.sistory.si/cdn/publikacije/43001-44000/43082/38_razpoznavanja_splet.pdf
179. Luca, S. V., Skalicka-Woźniak, K., Mihai, C.-T., Gradinaru, A. C., Mandici, A., Ciocarlan, N., Miron, A. in Aprotosoia, A. C. (2023). Chemical profile and bioactivity evaluation of *Salvia* species from Eastern Europe. *Antioxidants*, 12(8), 1514. <https://doi.org/10.3390/antiox12081514>
180. Ludes, E. in Anderson, J. R. (1996). Comparison of the behaviour of captive white-faced capuchin monkeys (*Cebus capucinus*) in the presence of four kinds of deep litter. *Applied Animal Behaviour Science*, 49(3), 293–303. [https://doi.org/10.1016/0168-1591\(96\)01056-8](https://doi.org/10.1016/0168-1591(96)01056-8)
181. Lukšič, A. (1999). *Rizična tehnologija: izziv demokraciji – k politični ekologiji*. Študentska založba Univerze v Ljubljani.
182. Lukšič, A. (2010). Trajnostni razvoj, znanstveni diskurzi in nova politika. V A. A. Lukšič (ur.), *Politološke refleksije* (str. 423–435). Center za kritično politologijo, Univerza v Ljubljani.
183. MacDicken, K. G., Sola, P., Hall, J. E., Sabogal, C., Tadoum, M. in de Wasseige, C. (2015). Global progress toward sustainable forest management. *Forest Ecology and Management*, 352, 47–56. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2015.02.005>
184. Maleš Bilić, L. (2014). *Medicina rada*. Medicinski fakultet, Univerzitet u Banjoj Luci.
185. Marinović, R. (1991). *Osnovi mikologije i lihenologije*. Naučna knjiga.
186. Marler, T. E. (2023). Infestations of *Aulacaspis yasumatsui* reduce asexual propagation and transplantation success of *Cycas revoluta* plants. *Horticulturae*, 9(10), 1108. <https://doi.org/10.3390/horticulturae9101108>
187. Marletta, G. in Lombardo, A. (2023). The Fucales (Ochrophyta, Phaeophyceae) of the Island of Pantelleria (Sicily Channel, Mediterranean Sea): A new contribution. *Italian Botanist*, 15, 137–163. <https://doi.org/10.3897/italianbotanist.15.103217>
188. Mata-Silva, V., Wilson, L. D. in Johnson, J. (2013). *Hemidactylus frenatus* (Common house gecko): Predation by capuchin monkey. *Herpetological Review*, 44(3). https://www.researchgate.net/publication/325370907_Hemidactylus_frenatus_Common_House_Gecko_Predation_by_Capuchin_Monkey_Natural_History_Note
189. Maticič, B. (1999). The impact of agriculture on ground water quality in Slovenia: Standards and strategy. *Agricultural Water Management*, 40(2–3), 235–247. [https://doi.org/10.1016/S0378-3774\(98\)00124-3](https://doi.org/10.1016/S0378-3774(98)00124-3)
190. Matjašič, T., Mori, N., Hostnik, I., Bajt, O. in Kovač Viršek, M. (2023). Microplastic pollution in small rivers along rural–urban gradients: Variations across catchments and between water column and sediments. *Science of the Total Environment*, 858(Part 3), 160043. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.160043>
191. McAdam, S. A. M., Duckett, J. G., Sussmilch, F. C., Pressel, S., Renzaglia, K. S., Hedrich, R., Brodribb, T. J. in Merced, A. (2021). Stomata: The holey grail of plant evolution. *American Journal of Botany*, 108(3), 1–6. <https://doi.org/10.1002/ajb2.1619>
192. McCarthy, M. A. (1996). Red kangaroo (*Macropus rufus*) dynamics: Effects of rainfall, density dependence, harvesting and environmental stochasticity. *Journal of Applied Ecology*, 33(1), 45–53. <https://doi.org/10.2307/2405014>
193. Meadows, D. H., Meadows, D. L., Randers, J. in Behrens, W. W., III. (1972). *The limits to growth*. Universe Books. <https://www.donellameadows.org/wp-content/userfiles/Limits-to-Growth-digital-scan-version.pdf>
194. Medvedec, B., Jurčević Šangut, I., Macanović, A., Karalija, E. in Šamec, D. (2025). Biflavonoid profiling of *Juniperus* species: The influence of plant part and growing location. *Applied Sciences*, 15(13), 7082. <https://doi.org/10.3390/app15137082>

195. Méndez-Fernández, L., Martínez-Madrid, M. in Rodríguez, P. (2013). Toxicity and critical body residues of Cd, Cu and Cr in the aquatic oligochaete *Tubifex tubifex* (Müller) based on lethal and sublethal effects. *Ecotoxicology*, 22(10), 1445–1460. <https://doi.org/10.1007/s10646-013-1131-4>
196. Mestna občina Kranj. (b. d.). *Cilji trajnostnega razvoja*. <https://www.kranj.si/podrocja-mok/misija-podnebno-nevtralna-in-pametna-mesta/cilji-trajnostnega-razvoja>
197. Mikhailov, K. V., Slyusarev, G. S., Nikitin, M. A., Logacheva, M. D., Penin, A. A., Aleoshin, V. V. in Panchin, Y. V. (2016). The genome of *Intoshia linei* affirms orthonectids as highly simplified spiralian. *Current Biology*, 26, 1768–1774. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2016.05.007>
198. Mikulič, Z. in Souvent, P. (2006). Prvo načrtovanje črpalne elektrarne v Sloveniji. V *Hidroenergetska raba vode v Sloveniji* (str. 47–56). Mišičev vodarski dan 2006. <https://www.mvd20.com/LETO2006/R6.pdf>
199. Ministrstvo za okolje in prostor. (2020). *Concept of the landscape policy of Slovenia*. https://www.krajinskapolitika.si/wp-content/uploads/2020/06/Koncept_krajinske_politike_ang_ekran_kazalo.pdf
200. Ministrstvo za okolje, podnebje in energijo. (23. 6. 2023). HESS opens Slovenia's biggest solar power plant as part of Brežice hybrid system. *Balkan Green Energy News*. <https://balkangreenenergynews.com/hess-opens-slovenias-biggest-solar-power-plant-as-part-of-brevice-hybrid-system/>
201. Mir, M., Nasirzadeh, F., Bereznicki, H., Enticott, P., Lee, S. in Mills, A. (2023). Construction noise effects on human health: Evidence from physiological measures. *Sustainable Cities and Society*, 91, 104470. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2023.104470>
202. Mlinarić, M. (2015). *Mjerenje i zaštita od buke u proizvodnom prostoru na primjeru poduzeća Muraplast d.o.o.* (Završni rad br. 153/PS/2015). Sveučilište Sjever, Odjel za proizvodno strojarstvo. <https://core.ac.uk/download/pdf/54540532.pdf>
203. Mohorič, J. (2013). *Zgodovinska utemeljitev teritorialno-upravne razdelitve na območju nekdanje rapalske meje* [Diplomsko delo, Univerza v Mariboru, Filozofska fakulteta, Oddelek za zgodovino]. <https://dk.um.si/IzpisGradiva.php?id=39492&lang=slv>
204. Moja Slovenija na dlani. (b. d.). Zanimivi Žvepleni izvir. *Slovenija na dlani*. <https://www.slovenijanadlani.si/zvepleni-izvir/>
205. Moreno-Ocio, I., Aquilino, M., Llorente, L., Martínez-Madrid, M., Rodríguez, P., Méndez-Fernández, L. in Planelló, R. (2024). Toxicogenomics of the freshwater oligochaete *Tubifex tubifex* (Annelida, Clitellata) in acute water-only exposure to arsenic. *International Journal of Molecular Sciences*, 25(6), 3382. <https://doi.org/10.3390/ijms25063382>
206. Muri, G., Čermelj, B., Jačimović, R., Ravnikar, T., Šmuc, A., Turšič, J. in Vreča, P. (2018). Factors that contributed to recent eutrophication of two Slovenian mountain lakes. *Journal of Paleolimnology*, 59(4), 411–426. <https://doi.org/10.1007/s10933-017-9996-5>
207. Muzej premogovništva Slovenije. (b. d.). Underground adventure from the coal to the energy of the future. *Muzej premogovništva Slovenije*. <http://muzej.rlv.si/en/visit>
208. Najzdravnik. (14. 4. 2021). *Hrup v urbanem okolju*. <https://najzdravnik.si/hrup-v-urbanem-okolju/>
209. Naravni parki Slovenije. (5. 6. 2022). *Pohod na Matkov škof*. Naravni parki Slovenije <https://www.naravniparkislovenije.si/slo/prireditve/krajinski-park-logarska-dolina/pohod-na-matkov-skof/1479>
210. Nastran, M. (2015). Why does nobody ask us? Impacts on local perception of a protected area in designation, Slovenia. *Land Use Policy*, 46, 38–49. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2015.02.001>
211. Neugarten, R. A., Moull, K., Acero Martinez, N., Andriamaro, L., Bernard, C., Bonham, C., Cano, C. A., Ceotto, P., Cutter, P., Farrell, T. A., Gibb, M., Goedschalk, J., Hole, D., Honzák, M., Kasecker, T., Koenig, K., Larsen, T. H., Ledezma, J. C., McKinnon, M., ... Turner, W. (2020). Trends in protected area representation of biodiversity and ecosystem services in five tropical countries. *Ecosystem Services*, 42, 101078. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2020.101078>

212. Newig, J. in Fritsch, O. (2009). Environmental governance: participatory, multi-level – and effective? *Environmental Policy Governance*, 19, 197–214. <https://doi.org/10.1002/eet.509>
213. Nguyen, D.-H., Lin, C., Vu, C.-T., Cheruiyot, N. K., Nguyen, M. K., Le, T. H., Lukkhasorn, W., Vo, T.-D.-H. in Bui, X.-T. (2022). Tropospheric ozone and NO_x: A review of worldwide variation and meteorological influences. *Environmental Technology & Innovation*, 28, 102809. <https://doi.org/10.1016/j.eti.2022.102809>
214. Nicolescu, B. (2007). *Transdisciplinarity as methodological framework for going beyond the science-religion debate*. Fernando Santiago dos Santos. <http://www.fernandosantiago.com.br/transdisx.pdf>
215. Nicolescu, B. (2014). Methodology of transdisciplinarity. *Journal of New Paradigm Research*, 70(2), 186–199. <https://doi.org/10.1080/02604027.2014.934631>
216. Niedziałkowski, K., Paavola, J. in Jędrzejewska, B. (2012). Participation and protected areas governance: The impact of changing influence of local authorities on the conservation of the Białowieża Primeval Forest, Poland. *Ecology and Society*, 17(1), 2. <http://dx.doi.org/10.5751/ES-04461-170102>
217. Nilsson, A. K. in Bohman, B. (2015). Legal prerequisites for ecosystem-based management in the Baltic Sea area: The example of eutrophication. *Ambio*, 44(3), 370–380. <https://doi.org/10.1007/s13280-015-0656-6>
218. Nilsson, A., Schuitema, G., Jakobsson Bergstad, C., Martinsson, J. in Thorson, M. (2016). The road to acceptance: Attitude change before and after the implementation of a congestion tax. *Journal of Environmental Psychology*, 46, 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2016.01.011>
219. Nowicki, M., Houston, L. C., Boggess, S. L., Huff, M. L., Staton, M. E. in Trigiano, R. N. (2025). Integrative analysis of *Diphasiastrum digitatum* Holub: Unveiling genetic variation and ecological adaptations for sustainable ecosystem management. *Ecology and Evolution*, 15(3), e71079. <https://doi.org/10.1002/ece3.71079>
220. Nurashov, S., Jumakhanova, G., Barinova, S., Romanov, R., Sametova, E., Jiyenbekov, A., Shalgimbayeva, S. in Smith, T. E. (2023). Charophytes (Charophyceae, Charales) of South Kazakhstan: Diversity, distribution, and tentative Red List. *Plants*, 12(2), 368. <https://doi.org/10.3390/plants12020368>
221. Nyqvist, D., Durif, C., Johnsen, M. G., De Jong, K., Forland, T. N. in Sivle, L. D. (2020). Electric and magnetic senses in marine animals, and potential behavioral effects of electromagnetic surveys. *Marine Environmental Research*, 155, 104888. <https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2020.104888>
222. Nyumah, D. S. in Brambilla, M. (2025). Balancing habitat conservation and community livelihoods: An evaluation of community-based wetlands management in the Lake Piso multiple-use nature reserve. *Journal of Environmental Management*, 386, 125740. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2025.125740>
223. O'Reilly, M., Nowacki, S., Baptie, M., Gerrie, E. in MacKenzie, M. (2019). New records of the lancelet *Branchiostoma lanceolatum* in Scottish waters. *The Glasgow Naturalist*, 27(1). <https://www.glasgownaturalhistory.org.uk/gnat.html>
224. Občina Lendava. (b. d.). *Mrtvice reke Mure: Muriša in Potkova*. Občina Lendava. <https://www.lendava.si/objava/212118>
225. Oberli, S. (2020). *Thlaspi rotundifolium*. SwissNature. <https://www.swissnature.org/Pages/PhotoDet.aspx?PictId=F166727&Lang=E>
226. Ociński, D., Augustynowicz, J., Wołowski, K., Mazur, P., Sitek, E. in Raczyk, J. (2021). Natural community of macroalgae from chromium-contaminated site for effective remediation of Cr(VI)-containing leachates. *Science of the Total Environment*, 786, 147501. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.147501>
227. Očistimo vodo. (3. 1. 2018). *Čiščenje odpadnih voda*. <http://ocistimo-vodo.si/o-ciscenju-odpadnih-voda/>
228. Olgun, R., Karakuş, N., Selim, S. in Eyileten, B. (2024). Assessment and mapping of noise pollution in recreation spaces using geostatistic method after COVID-19 lockdown in Turkey. *Environmental Science and Pollution Research*, 31, 33428–33442. <https://doi.org/10.1007/s11356-024-33434-3>

229. Ord, M. J. (1971). *Amoeba proteus* as a cell model in toxicology. V W. N. Aldridge (ur.), *A symposium on mechanisms of toxicity* (str. 175–186). Macmillan Education. https://doi.org/10.1007/978-1-349-01085-1_12
230. Ostrom, E. (1990). *Governing the commons: The evolution of institutions for collective action*. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511807763>
231. Pachaiyappan, V., Anand, R. S., Nishanth, B. C., Sivasankar, R., Kumar, P. S., Arunachalam, K. D., Subramaniyan, S. B., Paulraj, A. M., Doss, C. G. P. in Chidambaram, R. (2024). Ecological factors affecting minerals and nutritional quality of *Dryopteris filix-mas* (L.) Schott: An underutilized wild leafy vegetable in rural communities. *Frontiers in Nutrition*, 11, 1276307. <https://doi.org/10.3389/fnut.2024.1276307>
232. Pagana, I., Nava, V., Puglia, G. D., Genovese, C., Emma, G., Salonia, C., Cicero, N. in Alongi, G. (2024). *Cystoseira compressa* and *Ericaria mediterranea*: Effective bioindicators for heavy- and semi-metal monitoring in marine environments with rocky substrates. *Plants*, 13(4), 530. <https://doi.org/10.3390/plants13040530>
233. Palanisamy, K. M., Bhuyar, P., Ab. Rahim, M. H., Govindan, N. in Maniam, G. P. (2023). Cultivation of microalgae *Spirulina platensis* biomass using palm oil mill effluent for phycocyanin productivity and future biomass refinery attributes. *International Journal of Energy Research*, 2023, 2257271, 1–9. <https://doi.org/10.1155/2023/2257271>
234. Panhwar, A., Jatoi, A. S., Mazari, S. A., Kandhro, A., Rashid, U. in Qaisar, S. (2024). Water resources contamination and health hazards by textile industry effluent and glance at treatment techniques: A review. *Waste Management Bulletin*, 1(4), 158–163. <https://doi.org/10.1016/j.wmb.2023.09.002>
235. Panjek, A. (2015). *Kulturna krajina in okolje Krasa: o rabi naravnih virov v novem veku*. Založba Univerze na Primorskem. <https://zalozba.upr.si/ISBN/978-961-6963-35-0.pdf>
236. Papagiannakis, G. in Lioukas, S. (2012). Values, attitudes and perceptions of managers as predictors of corporate environmental responsiveness. *Journal of Environmental Management*, 100, 41–51. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2012.01.023>
237. Park, S. (2000). A causal analysis of human values and behaviors in waste management and environmental policies. *International Review of Public Administration*, 5(2), 93–106. <https://doi.org/10.1080/12294659.2000.10804946>
238. Park, W. Y., Shah, N., Vine, E., Blake, P., Holuj, B., Kim, J. H. in Kim, D. H. (2021). Ensuring the climate benefits of the Montreal Protocol: Global governance architecture for cooling efficiency and alternative refrigerants. *Energy Research & Social Science*, 76, 102068. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2021.102068>
239. Parker, R. D. R. in Drown, D. B. (1982). Effects of phosphorus enrichment and wave simulation on populations of *Ulothrix zonata* from northern Lake Superior. *Journal of Great Lakes Research*, 8(1), 16–26. [https://doi.org/10.1016/S0380-1330\(82\)71937-9](https://doi.org/10.1016/S0380-1330(82)71937-9)
240. Pearson, A. A. C. (2019). *Evaluating the implications of recent filter-feeding Daphnia invasions for kākahi (Echyridella menziesii)* (Magistrsko delo). Univerza Waikato, Biološka fakulteta. <https://researchcommons.waikato.ac.nz/server/api/core/bitstreams/eec3ac5e-e0ef-408e-9ac9-28d795ba90b2/content>
241. Permyakov, A., Osipova, S., Bondarenko, N., Obolkina, L., Timoshkin, O., Boedeker, C., Geist, B. in Schäffner, A. R. (2015). Proteins homologous to aquaporins of higher plants in the freshwater alga *Ulothrix zonata* (Ulotrichales, Chlorophyta). *European Journal of Phycology*. <https://doi.org/10.1080/09670262.2015.1106588>
242. Pikalo, J. (2003). *Neoliberalna globalizacija in država*. Sophia.
243. Pladevall-Izard, E., Pérez-Haase, A., Carrillo, E., Escolà, N. in Ninot, J. M. (2025). Restoring high mountain *Sphagnum* communities in the Central Pyrenees. *Ecologies*, 6(4), 67. <https://doi.org/10.3390/ecologies6040067>
244. Plut, D. (2005). Teoretična in vsebinska zasnova trajnostno sonaravnega napredka. *Dela*, 23, 59–113. <https://doi.org/10.4312/dela.23.59-113>
245. Plut, D. (2023a). *Ekosistemska družbena ureditev. Prvi zvezek: Podstati in gradniki ekosistemske družbene ureditve* (GeograFF 27). Založba Univerze v Ljubljani. <https://doi.org/10.4312/9789612970376>

246. Plut, D. (2023b). *Ekosistemska družbena ureditev. Drugi zvezek: Slovenija in Evropa* (GeograFF 28). Založba Univerze v Ljubljani. <https://doi.org/10.4312/9789612970673>
247. Podgoršek, M. (10. 5. 2024). *Nasvet za izlet v hribe (49.): Pot po robu in še naprej, ko razgledov kar ne zmanjka*. Siol.net. <https://siol.net/sportal/naj-planinska-koca/nasvet-za-izlet-v-hribe-pot-po-robu-in-se-naprej-ko-razgledov-kar-ne-zmanjka-video-633507>
248. Polajžer, T. (2013). *Jugosfera: fikcija ali resničnost* [Diplomsko delo, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za družbene vede]. http://dk.fdv.uni-lj.si/diplomska_dela_1/pdfs/mb11_polajzertilen.pdf
249. Poles, P. (2012). *Barje za blatom na Jelovici*. PeterSFoto. <https://www.petersfoto.si/displayimage.php?pid=5371>
250. Pop, I. M., Bereczky, L., Chiriac, S., Iosif, R., Nita, A., Popescu, V. D. in Rozyłowicz, L. (2018). Movement ecology of brown bears (*Ursus arctos*) in the Romanian Eastern Carpathians. *Nature Conservation*, 26, 15–31. <https://doi.org/10.3897/natureconservation.26.22955>
251. Popescu, G. (2014). Human behavior, from psychology to a transdisciplinary insight. *Procedia – Social and Behavioral Sciences*, 128, 442–446. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.03.185>
252. Potapova, M. in Hamilton, P. B. (2007). Morphological and ecological variation within the *Achnantheidium minutissimum* (Bacillariophyceae) species complex. *Journal of Phycology*, 43, 561–575. <https://doi.org/10.1111/j.1529-8817.2007.00332.x>
253. Pravilnik o ocenjevanju kakovosti zunanega zraka (2011). *Uradni list RS*, št. 55/11, 6/15, 5/17. <https://pisrs.si/pregledPredpisa?id=PRAV10250>
254. Pravilnik o prvih meritvah in obratovalnem monitoringu za vire elektromagnetnega sevanja ter o pogojih za njegovo izvajanje. (1996). *Uradni list RS*, št. 70/96, 41/04 – ZVO-1, 17/11 – ZTZPUS-1 in 44/22 – ZVO-2. <https://pisrs.si/pregledPredpisa?id=PRAV3184>
255. Pronin, E., Banaś, K., Chmara, R., Ronowski, R., Merdalski, M., Santoni, A.-L. in Mathieu, O. (2023). Do stable carbon and nitrogen isotope values of *Nitella flexilis* differ between softwater and hardwater lakes? *Aquatic Sciences*, 85(1), 79. <https://doi.org/10.1007/s00027-023-00976-6>
256. Queirós, L., Pereira, J. L., Gonçalves, F. J. M., Pacheco, M., Aschner, M. in Pereira, P. (2019). *Caenorhabditis elegans* as a tool for environmental risk assessment: Emerging and promising applications for a “nobelized worm”. *Critical Reviews in Toxicology*, 49(5), 411–429. <https://doi.org/10.1080/10408444.2019.1626801>
257. Radević, M. in Šorić, V. (2009). *Ekologija i raznovrsnost hordata*. Prirodno-matematički fakultet, Univerzitet u Banjoj Luci.
258. Rakićević, T. (1978). *Opšta fizička geografija* (4. izd.). Naučna knjiga.
259. Rasmussen, S. L., Pertoldi, C., Roslev, P., Vorkamp, K. in Nielsen, J. L. (2024). A review of the occurrence of metals and xenobiotics in European hedgehogs (*Erinaceus europaeus*). *Animals*, 14(2), 232. <https://doi.org/10.3390/ani14020232>
260. Rauh, T. (2015). *Analiza kvalitete različnih vodnih virov na lokaciji mesta Kočevje* [Diplomsko delo, Univerza v Novi Gorici, Fakulteta za znanosti o okolju]. <https://www2.ung.si/~library/diplome/OKOLJE/156Rauh.pdf>
261. Ray, S. N. in White, W. J. (1979). *Equisetum arvense* – An aquatic vascular plant as a biological monitor for heavy metal pollution. *Chemosphere*, 8(3), 125–128. [https://doi.org/10.1016/0045-6535\(79\)90059-6](https://doi.org/10.1016/0045-6535(79)90059-6)
262. Rendell-Bhatti, F., Bull, C., Cross, R., Cox, R., Adediran, G. A. in Lahive, E. (2023). From the environment into the biomass: Microplastic uptake in a protected lamprey species. *Environmental Pollution*, 323, 121267. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2023.121267>
263. Reporter. (27. 7. 2017). *Arso od Kemisa zahteva sanacijo škode po požaru; očistiti mora Tojnico*. <https://reporter.si/clanek/slovenija/arso-od-kemisa-zahteva-sanacijo-skode-po-pozaru-ocistiti-mora-tojnico-525634> Teachengineering. (b.d.). Carbon Cycles. Teachengineering. https://www.teachengineering.org/lessons/view/cub_carbon_lesson01
264. Rolston, H. (1996). Nature, culture, and environmental ethics. V D. Ogrin (ur.), *Nature conservation outside protected areas/Varstvo narave zunaj zavarovanih območij* (str. 25–33). Office for Spatial Planning, Ministry of Environment and Spatial Planning; Institute for Landscape Architecture, Biotechnical Faculty.
265. Rolston, H. (2010). Value in nature and the nature of value. V D. Keller (ur.), *Environmental ethics: The big questions* (6. izd., str. 130–137). Wiley-Blackwell.

266. Rosa, H. D. in Da Silva, J. M. (2005). From environmental ethics to nature conservation policy: Natura 2000 and the burden of proof. *Journal of Agricultural and Environmental Ethics*, 18(2), 107–130. <https://doi.org/10.1007/s10806-005-0634-2>
267. Rota, E., Perra, G. in Focardi, S. (2009). The European lancelet *Branchiostoma lanceolatum* (Pallas) as an indicator of environmental quality of Tuscan Archipelago (Western Mediterranean Sea). *Chemistry and Ecology*, 25(1), 61–69. <https://doi.org/10.1080/02757540802641361>
268. RTVSLO. (2023). *Vzorci naplavin v zgornji Mežiški dolini kažejo na presežne vrednosti svinca, cinka in kadmija*. <https://www.rtvsl.si/okolje/vzorci-naplavin-v-zgornji-meziski-dolini-kazejo-na-presezne-vrednosti-svinca-cinka-in-kadmija/679668>
269. Ruggiero, A., Punzo, P., Landi, S., Costa, A., Van Oosten, M. J. in Grillo, S. (2017). Improving plant water use efficiency through molecular genetics. *Horticulturae*, 3(2), 31. <https://doi.org/10.3390/horticulturae3020031>
270. Sakashita, T., Takanami, T., Yanase, S., Hamada, N., Suzuki, M., Kimura, T., Kobayashi, Y., Ishii, N. in Higashitani, A. (2010). Radiation biology of *Caenorhabditis elegans*: Germ cell response, aging and behavior. *Journal of Radiation Research*, 51, 107–121. <https://doi.org/10.1269/jrr.09100>
271. Samuels, W. J. (1992). The political economy of Adam Smith. V *Essays in the history of mainstream political economy* (str. 89–107). Palgrave Macmillan. https://doi.org/10.1007/978-1-349-12266-0_5
272. Sancho Santos, M. E., Grabicová, K., Steinbach, C., Schmidt-Posthaus, H., Šálková, E., Kolářová, J., Vojs Staňová, A., Grabic, R. in Randák, T. (2020). Environmental concentration of methamphetamine induces pathological changes in brown trout (*Salmo trutta fario*). *Chemosphere*, 254, 126882. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.126882>
273. Sarly, M. S., Pedro, C. A., Bruno, C. S., Raposo, A., Quadros, H. C., Pombo, A. in Gonçalves, S. C. (2023). Use of the gonadal tissue of the sea urchin *Paracentrotus lividus* as a target for environmental contamination by trace metals. *Environmental Science and Pollution Research*, 30, 89559–89580. <https://doi.org/10.1007/s11356-023-28472-2>
274. Sartori, R. Q., Lopes, A. G., Aires, L. P. N. idr. (2021). Identifying priority giant anteater (*Myrmecophaga tridactyla*) populations for conservation in São Paulo State, Brazil. *Ecology and Evolution*, 11, 700–713. <https://doi.org/10.1002/ece3.6809>
275. Scerbo, R., Ristori, T., Possenti, L., Lampugnani, L., Barale, R. in Barghigiani, C. (2002). Lichen (*Xanthoria parietina*) biomonitoring of trace element contamination and air quality assessment in Pisa Province (Tuscany, Italy). *Science of the Total Environment*, 286(1–3), 27–40. [https://doi.org/10.1016/S0048-9697\(01\)00959-7](https://doi.org/10.1016/S0048-9697(01)00959-7)
276. Schein, T. (17. 11. 2007). *Cerkniško jezero - čudež narave*. RTV Slovenija. <https://www.rtvsl.si/zabava-in-slog/ture-avanture/po-sloveniji/cerknisko-jezero-cudez-narave/200667>
277. Schein, T. (b. d.). *Rakov Škočjan*. eNotranjska. <https://www.enotranjska.si/narava/?groupid=66&id=322>
278. Schnittler, M., Inoue, M., Shchepin, O. N., Fuchs, J., Chang, H., Lamkowski, P., Knapp, R., Horn, K., Bennert, H. W. in Bog, M. (2024). Hybridization and reticulate evolution in *Diphasiastrum* (flat-branched clubmosses, Lycopodiaceae) – New data from the island of Taiwan and Vietnam. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 196, 108067. <https://doi.org/10.1016/j.ympev.2024.108067>
279. Schultz, P. W. (2011). Conservation means behavior. *Conservation Biology*, 25(6), 1080–1083. <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2011.01766.x>
280. Schumacher, G. in Juniper, L. (2013). Coal utilisation in the cement and concrete industries. V D. Osborne (ur.), *The coal handbook: Towards cleaner production* (letn. 2, str. 387–426). Woodhead Publishing. <https://doi.org/10.1533/9781782421177.3.387>
281. Schwartz, K. R., Parsons, E. C. M., Rockwood, L. in Wood, T. C. (2017). Integrating in-situ and ex-situ data management processes for biodiversity conservation. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 5, 120. <https://doi.org/10.3389/fevo.2017.00120>

282. Sedej, I. (1988–1990). Vsakdanje življenje večinskega prebivalstva na Slovenskem v 19. stoletju. *Slovenski etnograf*, 33/34, 7–23. <https://www.dlib.si/details/URN:NBN:SI:DOC-LU5T9GL5>
283. Sherr, E. B., Sherr, B. F. in Fessenden, L. (1997). Heterotrophic protists in the Central Arctic Ocean. *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, 44(8), 1665–1682. [https://doi.org/10.1016/S0967-0645\(97\)00050-7](https://doi.org/10.1016/S0967-0645(97)00050-7)
284. Sinetova, M. A., Kupriyanova, E. V. in Los, D. A. (2024). *Spirulina/Arthrospira/Limnospira*—Three names of the single organism. *Foods*, 13(17), 2762. <https://doi.org/10.3390/foods13172762>
285. Singh, N., Poonia, T., Siwal, S. S., Srivastav, A. L., Sharma, H. K. in Mittal, S. K. (2022). Challenges of water contamination in urban areas. V A. L. Srivastav, S. Madhav, A. K. Bhardwaj, in E. Valsami-Jones (ur.), *Current directions in water scarcity research* (letn. 6, str. 173–202). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-91838-1.00008-7>
286. Skoberne, P. (2022). Razvoj poklicnega varstva narave v Sloveniji. *Varstvo narave, Supl.* 2, 9–26. <https://www.dlib.si/details/URN:NBN:SI:DOC-FKCKH26C>
287. Smith, O. (b. d.). *Vodni krog*. Storyboardthat. <https://www.storyboardthat.com/sl/lesson-plans/vodni-krog>
288. Spiegel, N. B. in Wynn, P. (2014). Promoting kangaroo as a sustainable option for meat production on the rangelands of Australia. *Animal Frontiers*, 4(4), 38–45. <https://doi.org/10.2527/af.2014-0032>
289. Stanković, S. (1957). *Ohridsko jezero i njegov živi svet*. Kultura.
290. Stanković, S. (1962). *Ekologija životinja*. Zavod za izdavanje udžbenika Narodne Republike Srbije.
291. Stanković, S. (1977). *Okvir života: Načela ekologije*. Glas.
292. Stevanović, B. in Janković, M. (2001). *Ekologija biljaka sa osnovama fiziološke ekologije biljaka*. NNK International.
293. Stirké, V. (2019). Ecological aspects of red squirrel (*Sciurus vulgaris*) dreys in city parks. *Acta Zoologica Academiae Scientiarum Hungaricae*, 65(1), 75–84. <https://doi.org/10.17109/AZH.65.1.75.2019>
294. Stringer, L. C. in Paavola, J. (2013). *Participation in environmental conservation and protected area management in Romania: A review of three case studies*. Cambridge University Press.
295. Stritar, A. (1996). *Černobil: nesreča, posledice in nauki*. Društvo jedrskih strokovnjakov Slovenije. <https://www.icjt.org/wp-content/uploads/cernobil.pdf>
296. Szczodrak, J., Pleszczyńska, M. in Fiedurek, J. (1994). *Penicillium notatum* 1: A new source of dextranase. *Journal of Industrial Microbiology*, 13, 315–320. <https://doi.org/10.1007/BF01569734>
297. Škornik, I. (2022). *Poročilo o izvajanju javne službe upravljanja Krajinskega parka Sečoveljske soline 2011–2021*. Krajinski park Sečoveljske soline. https://www.gov.si/assets/ministrstva/MOP/Javne-objave/Javne-obravnavne/KPSS_porocilo/KPSS_porocilo_NU2011_2021.pdf
298. Šobot, A. (2017). *The impact of Europeanisation on the nature protection system of selected countries of Southeast Europe on the example of the establishment of multi-level governance system of Natura 2000* [Doktorska disertacija, Univerza v Novi Gorici]. RUNG. <http://repozitorij.ung.si/IzpisGradiva.php?id=3309>
299. Šobot, A. (2022a). Upravljanje prirodnim resursima prema konceptu održivog razvoja: Primjer nastanka Nature 2000. *Aktuelnosti: Časopis Banja Luka College-a*, (42), 59–69. <https://doi.org/10.7251/AKT2242059S>
300. Šobot, A. (2022b). Upravljanje z okoljem na primeru Evropske ekološke mreže Natura 2000. V *Izzivi globalizacije in družbeno-ekonomsko okolje EU = Globalisation challenges and the social-economic environment of the EU: Zbornik prispevkov = Conference proceedings: 11. mednarodna znanstvena konferenca = 11th international scientific conference, Novo mesto, 19. maj 2022* (str. 498–504). Univerza v Novem mestu. <https://www.zalozba-unm.si/index.php/press/catalog/book/34>

301. Šobot, A. (2023). Vloga Evropske unije pri implementaciji programa Natura 2000: Primerjava med Slovenijo in Hrvaško. *Revija za ekonomske in poslovne vede = Journal of Economic and Business Sciences*, 10(1), 56–68. <https://doi.org/10.55707/eb.v10i1.122>
302. Šobot, A. in Bilić Šobot, D. (2025b). Praksa biološke faze čiščenja mlekarske odpadne vode za zaščito habitata *Proteus anguinus*. *Revija za ekonomske in poslovne vede*, 12(2), 3–17. <https://doi.org/10.55707/eb.v12i2.150>
303. Šobot, A. in Bilić-Šobot, D. (2025a). Environmental practice from Slovenia for habitat protection of *Proteus anguinus*. *Preprints*. <https://doi.org/10.20944/preprints202502.0914.v1>
304. Šobot, A. in Lukšič, A. (2017). The impact of Europeanisation on the nature protection system of Slovenia: Example of the establishment of multi-level governance system of protected areas Natura 2000. V *Exploration of political ecology in Slovenia* (str. 112–146). http://dk.fdv.uni-lj.si/ek/pdfs/Exploration_of_political_ecology_in_Slovenia.pdf
305. Šobot, A. in Lukšič, A. (2020a). Ensuring the sustainable development of Natura 2000: Challenges and solutions. *Teorija in praksa*, 57(1), 368–388. Fakulteta za družbene vede, Univerza v Ljubljani. <https://www.fdv.uni-lj.si/docs/default-source/tip/zavarovanje-trajnostnega-razvoja-nature-2000-izzivi-in-re%C5%A1itve.pdf?sfvrsn=0>
306. Šobot, A. in Lukšič, A. (2020b). Natura 2000 experiences in Southeast Europe. *Journal of Comparative Politics*, 13(1), 46–57. <https://www.jofcp.org/assets/jcp/JCP-January-2020.pdf>
307. Šobot, A., Gričar, S. in Bilić-Šobot, D. (2025). Optimising chemical treatment of dairy wastewater for sustainable protection of karst ecosystems. *Sustainability*, 17, 10556. <https://doi.org/10.3390/su172310556>
308. Šorić, V. (1997). *Morfologija i sistematika hordata*. Prirodno-matematički fakultet, Univerzitet u Kragujevcu.
309. Talapko, J., Talapko, D., Katalinić, D., Kotris, I., Erić, I., Belić, D., Vasilj Mihaljević, M., Vasilj, A., Erić, S., Flam, J., Bekić, S., Matić, S. in Škrlec, I. (2024). Health effects of ionizing radiation on the human body. *Medicina*, 60(4), 653. <https://doi.org/10.3390/medicina60040653>
310. Tang, X., Yang, T., Yu, D., Xiong, H. in Zhang, S. (2024). Current insights and future perspectives of ultraviolet radiation (UV) exposure: Friends and foes to the skin and beyond the skin. *Environment International*, 185, 108535. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2024.108535>
311. Taubner, R.-S., Schleper, C., Firneis, M. G. in Rittmann, S. K.-M. R. (2015). Assessing the ecophysiology of methanogens in the context of recent astrobiological and planetological studies. *Life*, 5, 1652–1686. <https://doi.org/10.3390/life5041652>
312. Teachengineering. (b. d.). *Carbon Cycles*. Teachengineering. https://www.teachengineering.org/lessons/view/cub_carbon_lesson01
313. Termoelektrarna Šoštanj. (2009). *Posodobitev in obnova Termoelektrarne Šoštanj (ne-tehnični povzetek)*. Holding Slovenske elektrarne d.o.o. TeachEngineering. https://www.teachengineering.org/lessons/view/cub_carbon_lesson01
314. Thacker, I. in Sinatra, G. M. (2019). Visualizing the Greenhouse Effect: Restructuring mental models of climate change through a guided online simulation. *Education Sciences*, 9, 14. <https://doi.org/10.3390/educsci9010014>
315. Titos, G., Lyamani, H., Drinovec, L., Olmo, F. J., Močnik, G. in Alados-Arboledas, L. (2015). Evaluation of the impact of transportation changes on air quality. *Atmospheric Environment*, 114, 19–31. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2015.05.027>
316. Tomović, J., Simić, V., Petrović, A., Atanacković, A., Zorić, K., Paunović, M. in Raković, M. (2023). Distribution range of the endangered species *Unio crassus* Philipsson, 1788 in Serbia (Western Balkans region), historical and recent data. *Water*, 15(24), 4248. <https://doi.org/10.3390/w15244248>
317. Torkar, G. (2014). Learning experiences that produce environmentally active and informed minds. *NJAS: Wageningen Journal of Life Sciences*, 69, 49–55. <https://doi.org/10.1016/j.njas.2014.03.002>
318. Torkar, G. in McGregor, S. L. T. (2012). Reframing the conception of nature conservation management by transdisciplinary methodology: From stakeholders to stakeholders. *Journal of Nature Conservation*, 20(2), 65–71. <https://doi.org/10.1016/j.jnc.2011.10.002>
319. Torkar, G., Mohar, P., Gregorc, T., Nekrep, I. in Adamič, M. H. (2010). The conservation knowledge and attitudes of teenagers in Slovenia toward the Eurasian otter. *International*

- Journal of Environmental and Science Education*, 5(3), 341–352. <https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ895742.pdf>
320. Tran, L., Toet, H. in Beddoe, T. (2022). Environmental detection of *Fasciola hepatica* by loop-mediated isothermal amplification. *PeerJ*, 10, e13778. <https://doi.org/10.7717/peerj.13778>
321. Triglavski narodni park. (2016). *Načrt upravljanja Triglavskega narodnega parka 2016–2025*. https://www.tnp.si/media/1458/jz_tnp_nacrt_upravljanja_tnp_2016_2025.pdf
322. Tüfekcioğlu, İ., Bilgin, C. C., Güngöroğlu, C., Kavgacı, A. in Tavşanoğlu, Ç. (2023). Maquis vegetation in Mediterranean-climate region of Türkiye and recommendations for conservation and forestry practices. *Turkish Journal of Forestry*, 24(4), 452–461. <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/3163300>
323. Tupy, M. (4. 4. 2019). *The industrial revolution was dirty, but pre-industrial europe was worse*. FEE. <https://fee.org/articles/the-industrial-revolution-was-dirty-but-pre-industrial-europe-was-worse/>
324. Tzaberis, N., Xanthakou, P., Papavasileiou, V., Matzanos, D., Hatzidiakos, D. in Papadomarkakis, I. (2012). A comparative investigation of the knowledge and attitudes of high school graduates in the topic of protected areas. *Procedia – Social and Behavioral Sciences*, 69, 404–413. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.11.427>
325. Uhan, J. (2017). Groundwater vulnerability to nitrate pollution of alluvial aquifers in Slovenia – Lower Savinja Valley case study. *Geologija*, 60(1), 27–35. <https://doi.org/10.5474/geologija.2017.002>
326. Ulaga, F. (2017). Spremljanje motnosti rek za ustreznejše vrednotenje kakovostnega stanja površinskih voda. *Ujma*, 31. <https://ojs-gr.zrc-sazu.si/ujma/article/view/8502>
327. Uljan, M. (2004). *Prehod Slovencev iz Avstro-Ogrske monarhije v Kraljevino SHS* [Diplomsko delo, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za družbene vede]. <https://repozitorij.uni-lj.si/IzpisGradiva.php?id=7022&lang=eng>
328. Uredba o ekološko pomembnih območjih. (2004). *Uradni list RS*, št. 48/04, 33/13, 99/13, 47/18. <https://pisrs.si/pregledPredpisa?id=URED629>
329. Uredba o elektromagnetnem sevanju v naravnem in življenjskem okolju. (1996). *Uradni list RS*, št. 70/96, 41/04 – ZVO-1 in 44/22 – ZVO-2. <https://pisrs.si/pregledPredpisa?id=URED1387>
330. Uredba o kakovosti zunanjega zraka. (2011). *Uradni list RS*, št. 9/11, 8/15, 66/18. <https://pisrs.si/pregledPredpisa?id=URED5493>
331. Uredba o mejnih vrednostih kazalcev hrupa v okolju. (2025). *Uradni list RS*, št. 107/25. <https://pisrs.si/pregledPredpisa?id=URED9432>
332. Uredba o varovanju delavcev pred tveganji zaradi izpostavljenosti umetnim optičnim sevanjem. *Uradni list RS*, št. 34/10 in 43/11 – ZVZD-1 (2010). <https://pisrs.si/pregledPredpisa?id=ODRE2041>
333. Uredba o zvrsteh naravnih vrednot. (2002). *Uradni list RS*, št. 52/02, 67/03. <https://pisrs.si/pregledPredpisa?id=URED2354>
334. Uredbo o emisiji snovi in toplote pri odvajanju odpadnih voda v vode in javno kanalizacijo (2012). *Uradni list RS*, št. 64/12, 64/14, 98/15, 44/22 – ZVO-2, 75/22 in 157/22.
335. Uredbo o varovanju delavcev pred tveganji zaradi izpostavljenosti elektromagnetnim sevanjem. (2016). *Uradni list RS*, št. 49/16. <https://pisrs.si/pregledPredpisa?id=URED7280>
336. V naravi. (b. d.). *Košutnikov Turn: grebensko doživetje na Košuti*. Moja oprema. <https://vnaravo.si/kosutnikov-turn/>
337. Van Houten, J. (2023). A review for the special issue on *Paramecium* as a modern model organism. *Microorganisms*, 11, 937. <https://doi.org/10.3390/microorganisms11040937>
338. Velidova, L. (1986). Volitve v avstrijski državni zbor v slovenskih deželah 1848. *Zgodovinski časopis*, 40(4), 451–466. <https://zgodovinskicasopis.si/index.php/zc/sl/article/view/1759>
339. Vikolainen, V., Bressers, H. in Lulofs, K. (2013). The role of Natura 2000 and project design in implementing flood defence projects in the Scheldt estuary. *Journal of Environmental Planning and Management*, 56(9), 1359–1379. <https://doi.org/10.1080/09640568.2012.724014>
340. Vintar Mally, K. (2006). Prednosti in omejitve uporabe kazalcev sonaravnega razvoja. *Dela – Oddelek za geografijo Filozofske fakultete v Ljubljani*, 26, 43–59. <https://doi.org/10.4312/dela.26.43-59>

341. Virjamo, V., Fyhrquist, P., Koskinen, A., Lavola, A., Nissinen, K., in Julkunen-Tiitto, R. (2020). 1,6-Dehydropinidine is an abundant compound in *Picea abies* (Pinaceae) sprouts and 1,6-dehydropinidine fraction shows antibacterial activity against *Streptococcus equi* subsp. *equi*. *Molecules*, 25, 4558. <https://doi.org/10.3390/molecules25194558>
342. Vitezović, S. (2024). Taking the deer by the antlers: Deer in material culture in the Balkan Neolithic. *Arts*, 13, 64. <https://doi.org/10.3390/arts13020064>
343. Vovk Korže, A. (2008). Pogled na indikatorje – kazalce za merjenje trajnostnega razvoja. *Dela*, 29, 103–118. <https://doi.org/10.4312/dela.29.103-118>
344. Voyles, J., Johnson, L. R., Briggs, C. J., Cashins, S. D., Alford, R. A., Berger, L., Skerratt, L. F., Speare, R. in Rosenblum, E. B. (2012). Temperature alters reproductive life history patterns in *Batrachochytrium dendrobatidis*, a lethal pathogen associated with the global loss of amphibians. *Ecology and Evolution*, 2(9), 2241–2249. <https://doi.org/10.1002/ece3.334>
345. Vreme-info. (24. 4. 2025). Kisel dež: vse, kar morate vedeti o njegovem nastanku, nevarnostih in rešitvah. <https://www.vreme-info.si/kisel-dez-nevarnosti-in-resitve/>
346. Vrezec, A. (2016). The ecology of the Ural owl at south-western border of its distribution (Slovenia). *Raptors Conservation*, 32, 8–20. <https://doi.org/10.19074/1814-8654-2016-32-8-20>
347. Vrezec, A., Saurola, P., Avotins, A., Kocijančič, S. in Sulkava, S. (2018). A comparative study of Ural Owl *Strix uralensis* breeding season diet within its European breeding range, derived from nest box monitoring schemes. *Bird Study*, 65(Suppl. 1), S85–S95. <https://doi.org/10.1080/00063657.2018.1553026>
348. Wang, H., Cui, Z., Gao, Y., Yan, B., Wu, B., Wang, Y., Ma, X., Han, J. in Li, Y. (2025). Advances on microbial mechanisms of nitrogen transformation during nitrification and denitrification at soil aggregates scale. *Applied Soil Ecology*, 213, 106326. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2025.106326>
349. Watanabe, T. (1990). The role of ciliary surfaces in mating in *Paramecium*. V R. A. Bloodgood (ur.), *Ciliary and flagellar membranes* (str. 125–141). Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-4613-0515-6_6
350. Wegener, K., Bleicher, F., Heisel, U., Hoffmeister, H.-W. in Möhring, H.-C. (2021). Noise and vibrations in machine tools. *CIRP Annals*, 70(2), 611–633. <https://doi.org/10.1016/j.cirp.2021.05.010>
351. Wei, X. L., Han, K. S., Lee, Y. M., Koh, Y. J. in Hur, J. S. (2007). New record of *Lecanora muralis* (lichenized fungus) in South Korea. *Mycobiology*, 35(2), 45–46. <https://doi.org/10.4489/MYCO.2007.35.2.045>
352. Wei, X., Huang, Y. in Sun, C. (2025). A review of effects of electromagnetic fields on ageing and ageing dependent bioeffects of electromagnetic fields. *Science of the Total Environment*, 963, 178491. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2025.178491>
353. Wilkins, J. in Schoville, B. J. (2024). Did climate change make *Homo sapiens* innovative, and if yes, how? Debated perspectives on the African Pleistocene record. *Quaternary Science Advances*, 14, 100179. <https://doi.org/10.1016/j.qsa.2024.100179>
354. Wilson, J. (2025). *Link Roundup: The atomic bombings of Hiroshima and Nagasaki*. The Unwritten Record. <https://unwritten-record.blogs.archives.gov/2025/08/05/link-roundup-the-atomic-bombings-of-hiroshima-and-nagasaki/>
355. Wojciechowski, M. S., Jefimow, M. in Tęgowska, E. (2007). Environmental conditions, rather than season, determine torpor use and temperature selection in large mouse-eared bats (*Myotis myotis*). *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology*, 147(4), 828–840. <https://doi.org/10.1016/j.cbpa.2007.02.007>
356. World Commission on Environment and Development. (1987). *Our common future*. <https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/5987our-common-future.pdf>
357. Wurzel, R. K. W. (2008). European Union environmental policy and Natura 2000: From adoption to revision. In J. Keulartz in G. Leistra (Eds.), *Legitimacy in European nature conservation policy: Case studies in multilevel governance* (pp. 259–282). Springer.
358. WWF. (b. d.). *African elephants*. WWF. <https://www.worldwildlife.org/species/elephant/african-elephant/>
359. Yang, M., Zhang, Y., Dai, Z., Chen, H., Chen, F. in Gao, G. (2022). Archaeal contribution to carbon-functional composition and abundance in China's coastal wetlands: Not to be

- underestimated. *Frontiers in Microbiology*, 13, 1013408. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2022.1013408>
360. Yemets, O. A. (2016). *Assessments of traffic pollutants along a rural highway roadside in Southern Norway by quantifying lichen responses* [Master's thesis, MS in General Ecology]. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.1913.6881>
361. Yu, S., Song, D., Fan, M. in Xie, C. (2023). Effects of temperature and salinity on growth of *Aurelia aurita*. *Ecological Modelling*, 476, 110229. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2022.110229>
362. Zaghoul, G. Y., El-Sawy, M. A., Kelany, M. S., Elgendy, A. R., Abdel Halim, A. M., Sabrah, M. M. in Ezz El-Din, H. M. (2023). A comprehensive evaluation of water quality and its potential health risks using physicochemical indices in coastal areas of the Gulf of Suez, Red Sea. *Ocean & Coastal Management*, 243, 106717. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2023.106717>
363. Zgajmajster, M., Milanović, V., Rexhepi, B., Premate, E., Borko, Š. in Vorauer, A. (2023). Study of bats in the Upper Neretva River Valley (Bosnia and Herzegovina). *Natura Sloveniae*, 25(3), 181–200. <https://doi.org/10.14720/ns.25.3.181-200>
364. Zakon o elektronskih komunikacijah (ZEKom-2). (2022). *Uradni list RS*, št. 130/22, 18/23 – ZDU-10 in 40/25 – ZInfV-1. <https://pisrs.si/pregledPredpisa?id=ZAKO8611>
365. Zakon o naravni in kulturni dediščini (ZNKD). (1980). *Uradni list RS*, št. 1/81, 42/86, Uradni list RS, št. 26/92, 75/94 – ZUIPK, 7/99 – ZVKD in 56/99 – ZON.
366. Zakon o ohranjanju narave (ZON). (1999). *Uradni list RS*, št. 56/99, 31/00 - popr., 110/02 - ZGO-1, 119/02, 41/04, 61/06 - ZDru-1, 32/08 - odl. US, 8/10 - ZSKZ-B, 46/14, 21/18 - ZNOrg, 31/18, 61/20 - ZIUZEOP-A, 82/20, 3/22 - ZDeb, 105/22 - ZZNŠPP, 18/23 - ZDU-10, 131/23 - ZORZFS, 97/25. <https://pisrs.si/pregledPredpisa?id=ZAKO1600>
367. Zakon o varnosti in zdravju pri delu (ZVZD-1). (2011). *Uradni list RS*, št. 43/11. <https://pisrs.si/pregledPredpisa?id=ZAKO5537>
368. Zakon o varstvu okolja (ZVO-2). (2022). *Uradni list RS*, št. 44/22, 18/23 – ZDU-10, 78/23 – ZUNPEOVE, 23/24, 21/25 – ZOPVOOV, 56/25 – PoZ in 11/26 – odl. US. <https://pisrs.si/pregledPredpisa?id=ZAKO8286>
369. Zakon o varstvu podzemnih jam (2003). *Uradni list RS*, št. 2/04, 61/06 – ZDru-1, 46/14 – ZON-C, 21/18 – ZNOrg. <https://pisrs.si/pregledPredpisa?id=ZAKO2068>
370. Zalar, P., Gubenšek, A., Gostinčar, C., Kostanjšek, R., Bizjak-Mali, L. in Gunde-Cimerman, N. (2022). Cultivable skin mycobiota of healthy and diseased blind cave salamander (*Proteus anguinus*). *Frontiers in Microbiology*, 13, Article 926558, 1–14. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2022.926558>
371. Zawadzki, K., Sokołowska, K., Samecka-Cymerman, A., Kolon, K., Dubińska, A. in Kempers, A. J. (2014). Mercury in *Pleurozium schreberi* and *Polytrichum commune* from areas with various levels of Hg pollution – An accumulation and desorption experiment with microscopic observations. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 108, 36–41. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2014.06.013>
372. Zhang, C., Kakishima, M., Xu, J., Wang, Q. in Li, Y. (2017). The effect of *Hypomyces perniciosus* on the mycelia and basidiomes of *Agaricus bisporus*. *Microbiology*, 163(9), 1273–1282. <https://doi.org/10.1099/mic.0.000521>
373. Zítková, J., Hegrová, J. in Anděl, P. (2018). Bioindication of road salting impact on Norway spruce (*Picea abies*). *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 59, 58–67. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2017.12.010>
374. Zvezdin, A. O., Kucheryavyy, A. V., Kolotei, A. V., Polyakova, N. V. in Pavlov, D. S. (2021). Invasion of the European river lamprey *Lampetra fluviatilis* in the Upper Volga. *Water*, 13, 1825. <https://doi.org/10.3390/w13131825>
375. Žolnir, N. (2. 9. 2013). *Življenje pod oddajniškimi stolpi na Nanosu*. Panorama. <https://old.delo.si/druzba/panorama/zivljenje-pod-oddajniškimi-stolpi-na-nanosu.html>



Aleksandar Šobot

Doc. dr. Aleksandar Šobot je predstojnik Katedre za upravljanje z okoljem na Fakulteti za ekonomijo in informatiko Univerze v Novem mestu. Z Univerzo v Novem mestu sodeluje od leta 2022, pred tem pa je akademsko in strokovno sodeloval z več univerzami v Sloveniji in tujini. Ima več kot deset let delovnih izkušenj v zasebnem sektorju na področjih ekologije, varstva okolja, upravljanja z okoljem in trajnostnega razvoja ter bogate izkušnje s sodelovanjem z nevladnimi organizacijami in vladnimi institucijami. Kot strokovnjak je sodeloval pri mednarodnih okoljskih projektih, financiranih s strani IPBES in GEF. Je član Sveta za trajnostni razvoj in varstvo okolja Republike Slovenije.



Cena: 00,00 eur