GIMNAZIJA POŽEGA
NON PROGREDI EST REGREDI

Kurikul za gimnazije i druge srednje škole

Zaštita okoliša i održivi razvoj

PRIRUČNIK ZA UČENIKE

GEL Gimnazijski Ekološki Laboratorij

Ulaganje u budućnost
Europska unija

Projekt je sufinancirala Europska unija iz Europskog socijalnog fonda

STRUKTURNI I INVESTICIJSKI FONDOVI

IPA Razvoj ljudskih potencijala

GIMNAZIJA POŽEGA
NON PROGREDI EST REGREDI

Kurikul za gimnazije i druge srednje škole

Zaštita okoliša i održivi razvoj

Priručnik za učenike

Program Europske unije za Hrvatsku
IPA IV. Komponenta - Razvoj ljudskih potencijala
„Daljnji razvoj i provedba Hrvatskoga kvalifikacijskog okvira"

Partneri

PAPUK
Park prirode • Nature park

Zavod za javno zdravstvo Požeško-slavonske županije

Suradnici

HRVATSKE ŠUME
Hrvatske šume d.o.o. UPŠ POŽEGA

HRVATSKE VODE
VGI POŽEGA

RB
Institut Ruđer Bošković

GEL Gimnazijski Ekološki Laboratorij

Europska unija

Ulaganje u budućnost
Projekt je sufinancirala Europska unija iz Europskog socijalnog fonda

STRUKTURNI I INVESTICIJSKI FONDOVI

IPA RAZVOJ LJUDSKIH POTENCIJALA

Naslov	Zaštita okoliša i održivi razvoj
Podnaslov	Priručnik za učenike
Nadnaslov	Kurikul za gimnazije i druge srednje škole
Izdavač	Gimnazija, Dr. Franje Tuđmana 4/a, Požega
Za izdavača	Pavle Bucić
Urednik	Ivo Žanetić
Autori	Marina Ništ, Diana Garašić, Dragutin Kovačević, Ivo Žanetić, Ljiljana Žanetić, Pavle Bucić, Maja Regić, Ivana Kajinić Čenić, Jasmina Nekić, Antonio Petošić, Silvio Mandek, Željko Andreić, Vanja Radolić
Recenzenti	prof. dr. sc. Ines Radanović, izv. prof. Borjanka Smojver, dipl. ing.
Lektor i korektor	Kristina Lešić, Nataša Puljašić, Valentina Pranjić
Oblikovao naslovnicu i grafički uredio	Tomislav Čenić
Dizajn logotipa projekta	Agencija Točka, Požega
Podatak o izdanju	1. izdanje
Mjesto i godina izdavanja	Požega, 2015.
Naziv tiskare i sjedište	MediaPrint – Tiskara Hrastić, Zagreb
Podatak o CIP-u	CIP zapis dostupan je u računalnom katalogu Gradske i sveučilišne knjižnice Osijek oid brojem 140125084.
ISBN	978-953-58453-1-7 (meki uvez) 978-953-58453-5-5 (PDF)

Ova publikacija rezultat je projekta „GEL – Gimnazijski ekološki laboratorij", što ga je s partnerima i suradnicima provela Gimnazija u Požegi od 19. kolovoza 2013. do 18. veljače 2015. godine. Projekt je sufinancirala Europska unija iz Europskog socijalnog fonda, a Gimnazija je dobila sredstva na natječaju: Daljnji razvoj i provedba Hrvatskoga kvalifikacijskog okvira, IPA BGUE 04 06 – Razvoj ljudskih potencijala – Referentni broj: Europeaid/131254/M/ACT/HR, Lot 1: primjena HKO-a u općem obrazovanju.

Ugovaratelj:
Agencija za strukovno obrazovanje i obrazovanje odraslih, Odjel za financiranje i ugovaranje EU programa (www.asoo.hr/defco; defco@asoo.hr)
Ugovor broj: IPA4.1.3.1.06.01.c05
Ugovoreni iznos: 196.458,42 Eura
Iznos darovnice: 158.286,55 Eura
Za više informacija o EU fondovima posjetite www.strukturnifondovi.hr.

Sadržaj ove publikacije isključiva je odgovornost Gimnazije u Požegi.

Ova publikacija dostupna je na hrvatskom jeziku u elektroničkoj formi na internetskoj stranici www.gelnet.hr .

Riječi i pojmovni sklopovi koji imaju rodno značenje bez obzira jesu li u tekstu korišteni u muškom ili ženskom rodu odnose se na jednak način na muški i ženski rod.

© Sva prava pridržana. Niti jedan dio ove publikacije ne smije biti objavljen ili pretiskan bez prethodne suglasnosti nakladnika i vlasnika autorskih prava.

Sadržaj

PREDGOVOR 6

1. KOMPETENCIJE ZA ZAŠTITU OKOLIŠA I ODRŽIVI RAZVOJ 7

2. KAKO RADITI U GRUPI? KAKO VREDNOVATI DOPRINOS SVAKOG ČLANA? 8

PRVI DIO – OBVEZNI SKUPOVI ISHODA UČENJA (MODULI)

3. OSNOVNI POJMOVI ZAŠTITE OKOLIŠA I ODRŽIVOG RAZVOJA 9

3.1 Osnovni ekološki pojmovi i njihovi međusobni odnosi 9
3.2 Onečišćenja i poremećaji u okolišu, utjecaj na zdravlje ljudi 11
3.3 Ekološki otisak 12
3.3.1 Svjetski eko kafić 12
3.3.2 Utrka za bogatstvom i moći 13
3.4 Sastavnice održivog razvoja 13
3.4.1 Prilog: Povezanost sastavnica održivog razvoja 13
3.5 Analiza problemske društvene situacije 14
3.5.1 Osmislite igrokaz 14
3.6 Održiva potrošnja i proizvodnja 15
3.7 Povijest razvoja ideje o održivom razvoju 15
3.8 Zakonska regulativa u zaštiti okoliša i prirode 16
3.9 Ponašanje prijatelja okoliša 16

4. OSNOVE ISTRAŽIVANJA I RADA NA TERENU 17

4.1 Što je istraživanje? 17
4.2 Etape istraživanja 17
4.3 Istraživačko pitanje i hipoteza – vježba 19
4.4 Istraživanje na terenu – praktičan rad 19
4.4.1 Radni list za rad na terenu 20
4.5 Načela znanstvenog istraživanja i zaključivanja 20
4.6 Izvori o zaštiti okoliša i održivom razvoju 21
4.7 Koncept mapa kao alat za prikazivanje znanja i lakše učenje 21
4.7.1 Primjer izrade koncept mape: Istraživanje i znanstvena metodologija 21

5. ANALIZA PROBLEMA TE IZBOR STRATEGIJE ZA NJIHOVO RJEŠAVANJE 24

5.1 Analiza uzroka i mogućnosti rješavanja problema 24
5.2 Izbor strategije za rješavanje problema 26
5.3 Analiza okružja za provedbu strategije 26
5.4 Prijedlog društvene akcije za rješavanje problema 28
5.4.1 Predložak za predstavljanje ideje akcije 29
5.5 Procjena projektnih ideja (okvirna evaluacijska matrica) 30
5.5.1 Literatura i preporuke za čitanje 30

6. DRUŠTVENA AKCIJA ZA RJEŠAVANJE PROBLEMA ODRŽIVOG RAZVOJA 31

6.1 Formiranje tima, suradničke mreže i partnerstva 31
6.2 Logički okvir za upravljanje društvenom akcijom 31
6.3 Očekivani rezultati, aktivnosti i pokazatelji uspjeha 33
6.4 Proračun za provedbu društvene akcije 35
6.5 Provedba društvene akcije 36
6.6 Procjena uspješnosti društvene akcije 36

DRUGI DIO – IZBORNI SKUPOVI ISHODA UČENJA (MODULI)

7. POKROV ZEMLJIŠTA – ISTRAŽIVANJE I MONITORING 37

7.1 Što je pokrov? 37
7.2 Zašto se istražuje pokrov? 37
7.3 Istraživanje pokrova 38
7.4 Kvalitativna i kvantitativna biometrijska mjerenja 40
7.4.1 Priprema za praktičan rad 41
7.5 Fenološka opažanja 43
7.5.1 Kako različiti čimbenici utječu na promjene pokrova? 44
7.5.2 Otvaranje pupova - pupanje 44
7.6 Ozelenjavanje pokrova 45
7.7 Žućenje lišća 46
7.8 Što nam podaci govore? - Je li tu kraj istraživanja pokrova? 47
7.8.1 Preporuke za daljnje čitanje i istraživanje 47

8. ISTRAŽIVANJE TLA 48

8.1 Uvod 48
8.1.1 Što je tlo? 48
8.1.2 Kada i kako nastaje tlo? 49
8.1.3 Od čega se tlo sastoji? 49
8.1.4 Zašto nam je tlo važno? 49
8.1.5 Kako štetno djelujemo na tlo? 49
8.2 Ispitivanje tla 50
8.2.1 Praktični rad: karakterizacija (opis) tla 50
8.3 Umjesto zaključka 56
8.4 Nove ideje za istraživanja 56
8.5 Preporuka za daljnje čitanje i istraživanje 57
8.6 Obrazac za karakterizaciju tla 57

9. ISTRAŽIVANJE VODE 58

9.1 Uvod 58
9.2 Biološke metode za određivanje kvalitete vode i biološke raznolikosti 58
9.2.1 Prilog 1.: Tablica za očitavanje Belgijskog biotičkog indeksa (BBI) 60
9.2.2 Prilog 2.: Obrazac za terenski rad 61
9.3 Fizikalno-kemijska analiza vode 62
9.3.1 Zašto ispitujemo fizikalno-kemijska svojstva vode? 62
9.3.2 Koji je kemijski sastav prirodnih voda? 62
9.3.3 Koje su vrste i stupnjevi onečišćenja vode? 62
9.3.4 Koje su posljedice zagađivanja i nekontrolirane potrošnje vode? 62
9.3.5 Koja se fizikalno-kemijska svojstva ispituju u sklopu Programa GLOBE? 63
9.3.6 Redoslijed mjerenja 63
9.4 Umjesto zaključka 64
9.5 Nove ideje za istraživanja 64
9.6 Koraci za rad u grupi 64
9.7 Preporuka za daljnje čitanje i istraživanje 64
9.8 Obrazac za unos podataka o fizikalno-kemijskim svojstvima vode (prema programu GLOBE) 65

10. BUKA 66

10.1 Uvod 66
10.2 Osnovni parametri zvučnog vala 66
10.3 Zvučno onečišćenje i zvučni krajobraz 67
10.4 Mjerenje razine intenziteta zvuka zvukomjerom 68
10.5 Razina buke prema normama ISO 1996[3] 69
10.6 Najveće dopuštene razine buke 70
10.7 Metode zaštite od buke 72
10.8 Preporuke za daljnje čitanje i istraživanje 73

11. NEIONIZIRAJUĆE ZRAČENJE - ELEKTRIČNA I MAGNETSKA POLJA U OKOLIŠU 74

11.1 Uvod 74

11.2 Elektromagnetski valovi 74
11.3 Neionizirajuća zračenja i njihovi izvori 76
11.4 Ispitivanje zračenja baznih stanica za mobitele 79
11.5 Zračenje izvora ekstremno niskih frekvencija 79
11.6 Mjerenje magnetskih polja kućnih električnih uređaja 80
11.7 Mjerenje zračenja izvora jakog električnog polja 81
11.8 Preporuke za daljnje čitanje i istraživanje 82

12. RADIOAKTIVNOST 83
12.1 Uvod 83
12.2 Tipovi radioaktivnih raspada 83
12.3 Zakon radioaktivnog raspada 84
12.4 Izvori radioaktivnog zračenja u okolišu 85
12.5 Osnovne dozimetrijske veličine 85
12.6 Godišnja ekvivalentna doza zračenja po čovjeku 86
12.7 Funkcioniranje detektora ionizirajućeg zračenja 86
12.8 Laboratorijske vježbe 87
12.8.1 Vježba 1.: UTVRĐIVANJE TIPA ZRAČENJA GEIGER-MŰLLEROVIM BROJAČEM 87
12.8.2 Vježba 2.: ISPITIVANJE PROMJENE INTENZITETA BETA ZRAČENJA S UDALJENOŠĆU OD IZVORA ZRAČENJA 88
12.8.3 Vježba 3.: ISTRAŽIVANJE RADIOAKTIVNIH SVOJSTAVA PREDMETA IZ OKOLIŠA 89
12.8.4 Vježba 4.: MJERENJE UKUPNE AMBIJENTALNE BRZINE DOZE ZRAČENJA NA ODABRANOJ LOKACIJI 91
12.9 Preporuke za daljnje čitanje i istraživanje 91
12.10 Prilog 1. Procjena prosječne ozračenosti čovjeka danas 92
12.11 Prilog 2. Neke fizikalne veličine i mjerne jedinice ionizirajućeg zračenja 93

13. SVJETLOSNO ONEČIŠĆENJE 94
13.1 Uvod 94
13.2 Posljedice povećane svjetline neba 94
13.2.1 Biološka problematika 94
13.2.2 Prometna problematika 95
13.2.3 Astronomska problematika 95
13.2.4 Problematika javne sigurnosti 95
13.3 Nesavršenost rasvjetnih tijela ulične rasvjete 96
13.4 Procjenjivanje i mjerenje svjetline noćnog neba 97
13.4.1 Pripremanje opažačkog mjesta za noćno mjerenje svjetline neba 97
13.4.2 Ispitivanje noćnog neba prostim okom 97
13.4.3 Procjenjivanje granične zvjezdane veličine noćnog neba 97
13.4.4 Mjerenje svjetline noćnog neba standardnim instrumentom 98
13.4.5 Pisanje izvješća o noćnom mjerenju svjetline neba 98
13.5 Preporuke za daljnje čitanje i istraživanje 99
13.6 Prilog 1.: Bortleova skala 99
13.7 Prilog 2.: Obrazac mjerenje svjetlosnog onečišćenja 100
13.8 Prilog 3.: Izvještaj o mjerenju svjetlosnog onečišćenja – sažetak 101

14. METEOROLOŠKA MOTRENJA I MJERENJA 103
14.1 Klimatski elementi
14.8.1 Temperatura zraka (trenutna, maksimalna i minimalna) 103
14.8.2 Oborina (padalina) 103
14.8.3 Naoblaka 105
14.8.4 Relativna vlažnost zraka 106
14.8.5 Tlak zraka 106
14.8.6 Vjetar 106
14.1 Smjernice za mjerenje osnovnih klimatskih elemenata 107
14.1.1 Temperatura zraka 107
14.1.2 Oborina 108
14.1.3 Naoblaka 109
14.1.4 Relativna vlažnost zraka 109
14.1.5 Tlak zraka 110
14.1.6 Vjetar 110
14.2 Obrazac za atmosferska mjerenja 112

PREDGOVOR

Drage učenice i učenici, poštovane čitateljice i čitatelji!

Priručnik za učenike uz međupredmetni kurikul „Zaštita okoliša i održivi razvoj za gimnazije i druge srednje škole“ nastao je u okviru projekta „GEL – Gimnazijski ekološki laboratorij“, što ga je s partnerima i suradnicima provodila Gimnazija u Požegi od 19. kolovoza 2013. do 18. veljače 2015. godine. Projekt je sufinancirala Europska unija iz Europskog socijalnog fonda, a njegov glavni cilj bio je izraditi novi međupredmetni kurikul kojim će gimnazije i druge srednje škole obogatiti ponudu izbornih sadržaja i izvannastavnih aktivnosti namijenjenih razvoju učeničkih kompetencija u području zaštite okoliša i održivog razvoja. Kurikul su suradnički izrađivali učenici, nastavnici i eksperti, a zasnovan je na ishodima učenja te izrađen prema instrumentariju Hrvatskoga kvalifikacijskog okvira (HKO-a).

Provedbom projekta stvoreni su kadrovski i materijalni uvjeti za primjenu novoga kurikula u požeškoj Gimnaziji te njegovo širenje na druge zainteresirane gimnazije i srednje škole: izrađeni su priručnici za učenike i nastavnike te internetski portal za e-učenje, informiranje i suradnju u području zaštite okoliša i održivog razvoja zavičaja (www.gelnet.hr). Priručnici su logično međusobno povezani te se skladno dopunjuju kao osnovni pomoćni materijal u ostvarivanju međupredmetnog kurikula „Zaštita okoliša i održivi razvoj“, ali ne pokrivaju sve teme i ishode učenja planirane tim kurikulom. S nastavnicima ćete suradnički kreirati scenarije za ostvarenje tih neobrađenih tema i ishoda, sukladno vašim potrebama, prethodnim znanjima i vještinama te mogućnostima škole, pri čemu vam rješenja ponuđena u priručnicima mogu poslužiti kao ogledni primjeri. Naravno, rješenja ponuđena u priručnicima tek su jedan od mnogobrojnih načina ostvarivanja nekog ishoda ili skupa ishoda učenja. Ponuđeni su kao uzori što ih korisnici mogu, ali ne moraju slijediti pridržavajući se skupova ishoda učenja opisanih u kurikulu.

Učenički priručnik nudi vam osnovne teorijske sadržaje o temama obuhvaćenim kurikulom „Zaštita okoliša i održivi razvoj“, upute za ostvarivanje pojedinih aktivnosti i praktičnog rada, protokole za mjerenja i odgovarajuće radne listove. U dogovoru s nastavnicima, koristit ćete ono što će dobro poslužiti u ostvarivanju ciljeva kurikula i postizanju očekivanih ishoda učenja. Priručnik nije zamišljen kao cjelovit i sveobuhvatan udžbenik, već kao polazište i osnovni smjerokaz u proučavanju širokog područja održivog razvoja, pa vas u njemu upućujemo i potičemo na upotrebu različitih dodatnih izvora znanja.

Na početku priručnika upućujemo vas u osnovna pravila kojih se valja pridržavati pri suradničkom radu u grupi jer je za izučavanje mnogih sadržaja predviđen takav rad. Jedno potpoglavlje namijenili smo prikazivanju znanja u obliku koncept mapa, jer ćete rješenja nekih zadataka oblikovati pomoću takvih karata, odnosno grafičkih organizatora znanja. Smatra se da takav način organiziranja znanja doprinosi razumijevanju pojmova, prepoznavanju pogrešaka i zabluda te boljoj organizaciji i osamostaljivanju učenika u učenju. U kurikulu je naglasak na iskustvenom i istraživačkom učenju pa vas u posebnom poglavlju detaljno upućujemo u osnove istraživanja i rada na terenu, a u izbornim modulima (praktikumima) upoznajete konkretne instrumente i postupke u istraživanju sastavnica okoliša.

Posebnost kurikula je usmjerenje na osposobljavanje učenika za argumentirano društveno djelovanje u području zaštite okoliša i održivog razvoja pa su tome namijenjena dva poglavlja. Jedno vas upućuje na postupke i tehnike analize problema okoliša i održivog razvoja te izbor strategije za njihovo rješavanje, a drugo na pripremu i uspješnu izvedbu društvene akcije s ciljem rješavanja odabranog problema.

Kurikul čine obvezni i izborni skupovi ishoda učenja (moduli). Četiri su obvezna modula, nužna za stjecanje općih kompetencija u području zaštite okoliša i održivog razvoja:

- osnovni pojmovi zaštite okoliša i održivog razvoja
- osnove istraživanja, rada na terenu i izvještavanja
- analiza problema te izbor strategije za njihovo rješavanje
- društvena akcija za rješavanje problema održivog razvoja.

Izborni moduli (praktikumi) namijenjeni su praktičnoj primjeni teorijskih znanja o istraživanju i radu na terenu te stjecanju specifičnih kompetencija u monitoringu i/ili istraživanju neke od sastavnica održivog razvoja. Obvezni moduli s jednim izbornim (bilo kojim) čine zaokruženu cjelinu za učenje u jednoj školskoj godini, odnosno ciklusu učenja, ali učenje se može i drukčije urediti. U priručniku vam nudimo tek osam gotovih izbornih modula za istraživanje sastavnica okoliša, a vaši će nastavnici s vama osmisliti nove praktikume za istraživanje ostalih područja zaštite okoliša i održivog razvoja. Predviđeno je da u istoj školskoj godini ostvarite jedan izborni istraživački modul (praktikum), ali moguće je ostvariti i više njih, a neka obimnija istraživanja mogu se nastavljati u više etapa tijekom više godina. Naš autorski i suradnički tim već priprema nove izborne module što ćemo ih po završetku sustavno uključiti u kurikul.

Ovaj priručnik izrađen je u interakciji autora s ostalim sudionicima GEL projekta, od učenika i nastavnika Gimnazije u Požegi, do vrsnih eksperata edukatora u pojedinom području te stručnjaka iz partnerskih i suradničkih ustanova, ali i mnogih drugih organizacija i pojedinaca. Stoga, zahvaljujemo svima koji su na bilo koji način doprinijeli aktivnostima i rezultatima GEL projekta, pa tako i nastanku ove publikacije, a kojih je toliko mnogo da ih na ovom mjestu ne možemo sve navesti. Posebnu zahvalnost iskazujemo recenzenticama na njihovim konstruktivnim kritičkim osvrtima i prijedlozima, a osobito prof. dr. sc. Ines Radanović koja nas je potakla da u priručnike uključimo vrlo vrijedan odjeljak o konceptualnom pristupu učenju i kartiranju znanja te ponudila njegovo cjelovito sadržajno rješenje. Zahvaljujemo grafičkom uredniku, gospodinu Tomislavu Čeniću, čija je vještina, strpljenje i predanost bitno doprinijela preglednosti i lijepom izgledu knjige.

Drage učenice i učenici, poštovane čitateljice i čitatelji, u ime svih autora i suradnika želim da vam ovaj priručnik bude zanimljiv i poticajan oslonac u usvajanju kompetencija za argumentirano i aktivno djelovanje u zaštiti okoliša i održivom razvoju. Molim Vas da nam dojavite ukoliko uočite bilo koju pogrešku ili propust te pozivam na suradnju u daljnjem razvoju kurikula i ovog priručnika kao općega dobra, uvjeren kako je ovo tek početak njihovoga razvoja, a ne kraj.

Ivo Žanetić, voditelj projekta

1. KOMPETENCIJE ZA ZAŠTITU OKOLIŠA I ODRŽIVI RAZVOJ

Ivo Žanetić i Diana Garašić

Prostor što ga obitavamo temeljni je životni resurs, a pitanja zaštite okoliša i održivosti razvoja među ključnim su pitanjima našega doba jer sadašnjom razinom crpljenja, onečišćenja, zagađivanja i uništavanja resursa čovjek bitno ugrožava prirodu, kakvoću življenja i vlastitu opstojnost. Stoga pri donošenju odluka o intervencijama u životnom prostoru građani i institucije trebaju znalački, vješto i odgovorno štititi i razvijati životne uvjete te ukupnu kakvoću življenja. Dobro obaviješten, odgovoran i aktivan građanin u demokratskom društvu glavni je nositelj zaštite okoliša i održivog razvoja. U tom kontekstu, pitamo se što trebaju naučiti, koje vještine usvojiti i koliko odgovornosti preuzeti srednjoškolci, osobito gimnazijalke i gimnazijalci, tijekom srednjoškolskog obrazovanja i odgoja kako bi postali svjesni i savjesni građani?

Mislimo kako primjeren odgovor na ovo složeno pitanje nudi kurikul „Zaštita okoliša i održivi razvoj za gimnazije i druge srednje škole“ razvijen pod pretpostavkom da učenice i učenici, odnosno građani u ovom području mogu biti kompetentni ukoliko su „pet Z“:

- ***Znalci*** osnova ekologije koji dobro poznaju prostor gdje žive, razumiju osnove prirodnih, društvenih i gospodarskih procesa na lokalnoj i globalnoj razini te mogu i umiju argumentirati svoj stav znanstvenim, stručnim i iskustveno provjerenim činjenicama.
- ***Zaljubljenici*** u raznolikost zavičajne, nacionalne i svjetske prirode i kulture.
- ***Zaštitnici*** ugroženog oblika života i kulturnog dobra, neobnovljivog životnog resursa i prava svakog čovjeka na zdravlje kao stanje potpunog fizičkog, psihičkog i socijalnog blagostanja, a ne samo odsustvo bolesti.
- ***Zagovornici*** održivog razvoja u svakom vidu osobnog, obiteljskog i društvenog života.
- ***Začetnici*** pozitivnih društvenih promjena u smjeru održivog razvoja, pravednog društva znanja i vrlina čovjekoljublja i domoljublja.

Dakle, oni koji poznaju i razumiju život i životne uvjete u zavičaju kao sastavni dio jedinstvenog i nedjeljivog sustava planeta Zemlje te žele i mogu uspješno aktivno utjecati na intervencije u životnom prostoru te održivo iskorištavanje resursa. Jednom će to biti zaštita prirode od nesavjesnog čovjekovog djelovanja, primjerice napuštenih ruševnih zdanja ili divljeg odlaganja smeća, a drugi put zaštita vrijednih djela ljudskih ruku, primjerice suhozida u Dalmaciji. Naravno, valja uvijek dobro odmjeriti stupanj i način zaštite neke vrste ili područja jer su moguće neželjene posljedice takve zaštite. Tako zabrana ikakvog ljudskog djelovanja u strogom prirodnom rezervatu kao vrijednom krajobrazu nastalom suživotom čovjeka i prirode može taj krajobraz toliko promijeniti da izgubi značajke zbog kojih je zaštićen. Primjerice, u zaštićenom području tek se lovom može držati pod kontrolom brojnost jedinki neke vrste ili se tek sustavnom sječom grmlja može otvoriti prostor za život neke ugrožene vrste koju želimo zaštiti. Posebno su složeni problemi kad je nužno „od dva zla izabrati manje“, primjerice zahvatom u prostoru uništiti ugroženu vrstu ili čuvanjem ugrožene vrste zapriječiti zahvat kojim se kvalitetno i trajno rješava zaštita od poplava i vodoopskrba nekog naseljenog područja.

Vi, današnji učenici, budući ste aktivni članovi društva, roditelji, nositelji različitih društvenih uloga i odgovornosti na različitim razinama. Netko od vas buduća je gradonačelnica ili političar na visokom položaju pa će znanja i vrijednosti oblikovane tijekom vašega školovanja usmjeravati odluke s mogućim dalekosežnim posljedicama što ćete ih donositi s tog društveno utjecajnog položaja. Međutim, svatko od vas jednako će biti odgovoran za osobno ponašanje i postupke, kao i za mogući širi utjecaj na održivi razvoj putem institucija i instrumenata demokratskoga društva. To podrazumijeva da se tijekom školovanja trebate sustavno, temeljito, osmišljeno i ozbiljno pripremiti za budućnost stalnim kritičkim propitivanjem sadašnjosti i vrijednosti sadržaja što ih učite za naredno školovanje i život u budućnosti.

Već desetljećima živimo u informatičkom dobu, a razvoj tehnologije napredovat će brzinom koju teško možemo i zamisliti. Već je danas vrlo jednostavno u trenutku doći do različitih informacija, štoviše u tom obilju problem postaje pronaći i odabrati valjane i pouzdane podatke ili čak obraniti se od pretrpanosti informacijama. Stoga uloga nastavnika i škole više zasigurno nije (pre)dati učenicima znanje, već ih treba osposobiti za selekciju, klasificiranje i povezivanje. Učenička su znanja često raspršena, to su djelići informacija sakupljeni na različitim mjestima i na različite načine. Ponekad učenici takve sporadično skupljene čestice informacija stave u krivi kontekst ili krivo uspostave veze među njima pa stvore pogrešne pojmove ili zablude, koje su ozbiljna smetnja u učenju s razumijevanjem. Zadaća je škole i nastave otkrivanje i ispravljanje takvih pogrešaka, organiziranje znanja, poticanje njegove primjene te razvijanje složenih spoznajnih vještina.

U situaciji informacijskog buma, jasno je da tradicionalna škola više ne odgovara svim zahtjevima vremena, ali nije sasvim jasno kakva bi trebala postati. Školovanje treba pripremiti učenike za budućnost, a ta je zadaća vrlo maglovita jer nitko zapravo ne zna kako će budućnost izgledati. Načelno se može zaključiti da školovanje treba razviti sposobnost prilagođavanja novim tehnologijama, a to podrazumijeva osposobljenost za cjeloživotno učenje. U tom stalnom učenju, pojedinac je često prepušten sam sebi pa je važno razvijati samostalnost i samopouzdanje („ja to mogu“). Važno je upoznati različite načine učenja i razvijati vlastite strategije te spoznati kojom se od njih postiže najbolji učinak, dakle naučiti kako učiti i osamostaliti se u tome. Istodobno, škola treba pripremiti učenike za funkcioniranje u društvu te za uspješno uključivanje u svijet rada, korištenje psihomotoričkih vještina, kvalitetan razvoj osobnosti i ostvarivanje vlastitih potencijala.

Mislimo da smo sve prethodno navedeno zadovoljavajuće uvažili i ugradili u kurikul „Zaštita okoliša i održivi razvoj za gimnazije i druge srednje škole“. Gimnazija u Požegi za provedbu tog kurikula opremila je i ustrojila Gimnazijski ekološki laboratorij (GEL) kao novi organizacijski oblik odgojno-obrazovnoga rada u okviru svoga školskog kurikula. GEL je zamišljen i djeluje kao društveno odgovorna srednjoškolska istraživačka zajednica koja osposobljava učenice i učenike za znanstveno utemeljeno, samostalno i odgovorno građansko djelovanje u zaštiti okoliša i promicanju održivoga razvoja kako bi umjeli čuvati i očuvati planet Zemlju i na njemu Lijepu našu da vazda bude lijepa i naša. Aktivnošću u laboratoriju učenice i učenici povezuju i organiziraju znanja iz različitih nastavnih predmeta, povezuju školu i život, znanja i vrednote, znanstvene spoznaje i praksu te sve dionike zaštite okoliša i održivog razvoja. Dakle, jedna je od ključnih zadaća GEL-a okupljanje i povezivanje lokalnih motritelja, istraživača, upravitelja, nadziratelja i zagovornika zaštite okoliša i održivog razvoja u jedinstvenu suradničku mrežu u svrhu stalnog sveobuhvatnog stručnog i znanstvenog snimanja i praćenja stanja okoliša te uvažavanja tako dobivenih spoznaja pri demokratskom odlučivanju o zahvatima u prostoru i razvojnim planovima. Stoga je za njegov uspjeh presudna spremnost i sposobnost učenika za suradnju u grupi i timu te stvaranje i razvijanje partnerstva, a ovaj priručnik oslonac je za razvoj takvih socijalnih vještina.

2. KAKO RADITI U GRUPI? KAKO VREDNOVATI DOPRINOS SVAKOG ČLANA?

Marina Ništ

Rad u grupi učenicima je omiljena metoda rada. Mogu si međusobno pomagati, povezivati se i učvršćivati društvene kontakte, a ne osjećaju da nastavnik vrši pritisak na njih.

Zadatak

- Promislite nekoliko minuta o prethodnim rečenicama te o tome volite li ili ne volite raditi u grupi.
- Napišite u dva stupca razloge za i protiv, a zatim u paru usporedite odgovore.
- Okrenite se paru iza sebe i usporedite razmišljanja.

Vjerojatno je među razlozima zbog kojih neki od vas ne vole raditi u grupi bilo i ovakvih: ne naučim gradivo ostalih grupa, ne razumijem zadatak, uvijek samo jedan učenik radi, premalo je vremena, ne možemo se dogovoriti oko podjele zadataka, neki učenici ništa ne rade i stalno ometaju, volim raditi sam.

Međutim, rad u grupi može biti jako zabavan i uz to se može puno naučiti. Velika odgovornost za kvalitetan rad u grupi pripada nastavniku i ako on dobro organizira rad, vi učenici možete posao obaviti izvrsno, na zajedničko zadovoljstvo. Svakako trebate imati na umu da svatko treba odgovornim pristupom osobno pridonijeti preuzetom zadatku kako bi grupa kvalitetno obavila zadatak. Važno je pri tome da donesete zajednička pravila na koja povremeno trebate jedni druge podsjećati. Najbolje što možete učiniti je donijeti pravila zajednički, napisati ih na plakat i objesiti ga na vidno mjesto u učionici.

Jednostavan način da donesete zajednička pravila je da se nasumično podijelite u manje grupe (4 do 5 učenika) i da svaka grupa napiše pravila za koja misli da su važna za uspješan rad u grupi. Nakon toga, svaka grupa pročita jedno svoje pravilo i ako se ostale grupe slože, jedan učenik zapiše ga na zajednički plakat. I tako redom dok ne iscrpite sve ideje. Na kraju možete zajednički preoblikovati neka pravila (da bi svima bila jasna), promijeniti redoslijed (ako mislite da je to uopće važno) ili nešto slično.

Možda ćete nekada biti u situaciji da morate raditi s učenikom s kojim ne volite surađivati. To baš nije jako ugodno, ali i na nekom svom budućem poslu možda ćete se naći u sličnoj situaciji, a zadatak treba obaviti. Raspodjelu u grupe prepustite svome nastavniku.

U svakom slučaju, surađivati je lakše kada točno znate koji vam je zadatak i kad imate (ili sami dodijelite) određene uloge (npr. vođa grupe, osoba koja promatra pridržavanje pravila, organizator vremena, izlagatelj,...). Broj uloga ovisi o obimu i složenosti zadataka koje treba obaviti. Važno je da razumijete značenje pojedine uloge i da vam bude jasno da je to tek sekundarna uloga, a da je svima prva uloga ista - kvalitetno obaviti preuzeti zadatak. Vjerojatno ćete svi poželjeti biti u različitim ulogama, a to možete postići ako se dogovorite s nastavnikom da neko vrijeme ostanete u istim grupama (npr. dok svi ne prođete sve uloge).

Kako biste provjerili koliko ste pridonijeli radu u grupi, važno je samovrednovati svoj rad, ali i rad ostalih članova svoje grupe. U tome će vam pomoći vaš nastavnik. Pokušajte biti što objektivniji u procjeni pa će tako biti veća usklađenost s vrednovanjem ostalih učenika te s nastavnikovom procjenom.

Vrednovanje ne mora uvijek biti brojčano, važno je da vas i/ili vaše kolege potakne da popravite kvalitetu uratka ili da sljedeći put bolje obavite zadatak.

U nastavku je jedan jednostavan primjer samovrednovanja, a izvjesno je da će vam vaš nastavnik ponuditi i neke druge mogućnosti.

Primjer samovrednovanja rada u grupi

(Na strelici označite križićem ili nekim drugim simbolom mjesto koje najviše odgovara vašem današnjem osjećaju tijekom rada u grupi)

1. Dobro sam se osjećao/osjećala u grupi

POTPUNO TOČNO — TOČNO — POTPUNO NETOČNO

←————————————————→

2. Kratko obrazloženje

(važno je iskreno odgovoriti jer to može pomoći nastavniku pri budućem oblikovanju grupa)

Vrednovati svoje kolege u grupi nije uvijek jednostavno. Kako bi vam bilo lakše, dobro je da zajedno s ostalim učenicima i vašim nastavnikom dogovorite koje ćete elemente vrednovati i na koji način. Za početak možete se dogovoriti da to ne bude brojčano ocjenjivanje, nego da u svojoj grupi razgovarate o tome kako ste se osjećali u zajedničkom radu; što vam se svidjelo i olakšalo vam rad, a s čim baš niste bili zadovoljni i kako biste to mogli poboljšati. Jasno vam je da je ključ rješenja u **dobroj komunikaciji**. Evo nekoliko **pravila važnih za dobru komunikaciju:**

- slušamo jedni druge (dok jedan priča, ostali slušaju)
- nema izrugivanja
- postavljamo pitanja o onome što nam nije jasno
- ne prisvajamo vrijeme (svi trebaju imati priliku nešto reći)
- ...

Ova pravila ugradite u pravila o radu u grupi.

U vrednovanju rada ostalih grupa pomoći će vam vaš nastavnik tako što ćete dogovoriti elemente i kriterije prilagođene onome što se vrednuje (izlaganje, plakat, ppt, praktičan rad,...).

Ovo nije sasvim jednostavno jer ne slušate uvijek pažljivo izlaganja predstavnika ostalih grupa, kao ni oni vaša. No svi vole da ih drugi slušaju (i čuju) kad su se potrudili uspješno i dobro obaviti zadatke. Ovo možete lako riješiti ako se u svojoj grupi dogovorite kako će izvjestitelj zanimljivo prikazati vaš uradak. Evo nekoliko ideja:

- ne čitajte nego pričajte svojim riječima (jasno i jednostavno)
- gledajte u „publiku"
- uključite ostale učenike u svoju prezentaciju
- postavite im jedno (nekoliko) pitanja na koja će dobiti odgovor dok vas slušaju
- pripremite im djelomičan plan zapisa koji trebaju dopuniti
- napravite mali igrokaz
- ...

Sigurno ćete se sjetiti još mnogo zanimljivih ideja. Ipak, brinite o tome da se usmjerite na zadatak i ono što je važno da ostali učenici usvoje kako prezentacija ne bi postala sama sebi svrhom.

3. OSNOVNI POJMOVI ZAŠTITE OKOLIŠA I ODRŽIVOG RAZVOJA

Marina Ništ

3.1 Osnovni ekološki pojmovi i njihovi međusobni odnosi

Ishod učenja: Objasniti osnovne ekološke pojmove

Potražite u udžbenicima iz osnovne škole (Priroda 6) ili na internetu definicije osnovnih ekoloških pojmova: jedinka, populacija, životna zajednica, stanište, ekosustav, biocenoza. Prisjetite se primjera za svaki od tih pojmova jer će vam to trebati u rješavanju zadataka prikazanih u radnom listu broj 1.

OSNOVNI EKOLOŠKI POJMOVI I NJIHOVI MEĐUSOBNI ODNOSI *RADNI LIST*	
Redni broj	ZADATAK
1.	Izradite *Mali ekološki pojmovnik* u kojem ćete osnovnim ekološkim pojmovima pridružiti njihovo tumačenje i primjere *Ovo je ponavljanje pojmova koje ste naučili u osnovnoj školi. Samo ih se trebate prisjetiti, kako biste ih u nastavku rada nesmetano koristili.* *Pojmovnik ispišite na posebnom papiru ili na računalu.*
2.	*Razmislite, raspravite i odgovorite* Zašto se jedinke iste vrste zadržavaju u skupinama? Koji odnosi povezuju jedinke iste vrste? Nabrojite ih!
3.	Kakvi odnosi postoje među jedinkama različitih vrsta? Nabrojite ih!
4.	Kakva je razlika između hranidbenog lanca i hranidbene mreže?
5.	Razmislite, raspravite i protumačite simbolički prikaz hranidbene piramide?
6.	Definirajte ekosustav!
7.	Prisjetite se na poznatim primjerima kako različiti čimbenici nežive prirode djeluju na živa bića? Iznesite svoj primjer u raspravi.
8.	Prikažite shematski ili simbolično utjecaj određenog čimbenika na odabranu biljku i odabranu životinju (što će se sa živim bićem događati kad utjecaj čimbenika raste, a što kad se smanji ili izostane?) Crtež prikažite na posebnom papiru.
9.	U grupi izradite plakat sa shematskim prikazom osnovnih ekoloških pojmova i njihovih međusobnih odnosa! Po načelima za izradu koncept mapa prikažite odnose među navedenim ekološkim pojmovima, odnosno prikažite ih shematski i hijerarhijski (od najobuhvatnijeg do pojedinačnog). Shemi pridružite definicije iz vašeg pojmovnika. Prije izrade koncept mape, odnosno postera s koncept mapom ekoloških pojmova, razmislite o kriterijima vrednovanja, raspravite o tome u grupi i s nastavnikom.

Zadatak: Izgradnja koncept mape hijerarhije ekoloških pojmova i njihovih međusobnih odnosa (slikovni prikaz nastajanja mape i dodatne upute vidi na stranicama 33 – 38).

1. *Oluja ideja*

- Napišite pojmove okoliš, ekosustav, biocenoza, populacija, jedinka, biosfera na samoljepljive listiće, tako da na svakom listiću bude samo jedan pojam.
- Individualno se prisjetite pojmova i ključnih objašnjenja koji su bitni za razumijevanje ekoloških međuodnosa. Utvrdite činjenice, pojmove i ideje za koje mislite da su u svakom slučaju povezane s temom. Sve pojmove i ključne riječi kojih se prisjetite zabilježite na papir.
- U grupi (3-5 članova) objedinite i po potrebi dopunite pojedinačne popise. Ne brinite o suvišnosti, relativnoj važnosti ili odnosima u ovom trenutku. Vaš je trenutni cilj stvoriti najveći mogući popis koji možete. Prije nego što grupa završi ovaj korak, možete imati više od 50 ključnih riječi. Pri tome možete koristiti svoje bilješke koje ste pripremili pri izradi prethodnih zadataka i koje ste zabilježili u Malom ekološkom rječniku.
- Raspravite o svakom pojmu i ključnoj riječi koju ste kao grupa zapisali na papir. Odaberite one ključne riječi koje su neophodne za razumijevanje ekoloških međuodnosa i napišite na zasebni samoljepljivi listić jednu odabranu ključnu riječ ili kratku frazu.

2. *Organiziranje*

- Raširite svoje ključne riječi na samoljepljivim listićima na ravnu površinu, tako da se svi mogu lagano pročitati.
- Zajedno u grupi organizirajte skupove i podskupove srodnih natpisa sa samoljepljivih listića.
- Pokušajte u svakom skupu organizirati hijerarhiju zapisanih ključnih riječi.
- Odredite pojmove koji mogu predstavljati naziv skupa, odnosno odredite osnovne koncepte
- Slobodno rasporedite pojmove i uvedite nove pojmove koji su izostavljeni u početku. Imajte na umu da neki pojmovi spadaju u više grupacija - to će postati jako važno kasnije.

3. *Prikaz*

- Pokušajte u grupi, na velikom listu papira, dogovoriti razmještaj pojmova sa samoljepljivih listića, tako da taj razmještaj predstavlja vašu kolektivnu predodžbu o međuodnosima pojmova i vezama među skupinama pojmova.
- Slobodno mijenjajte i preslagujte raspored pojmova uz međusobnu raspravu tijekom ove faze rada. Koristite dosljednu hijerarhiju u kojoj su najvažniji pojmovi u sredini ili na vrhu jer je u ovom zadatku važno prikazati hijerarhiju ekoloških pojmova.
- Unutar podskupina, stavite usko povezane pojmove blizu jedne drugima.
- Nemojte očekivati da će svi pojmovi i njihov razmještaj biti jednaki kao oni kod ostalih grupa. Bit će poželjno, po završetku ovog zadatka, komentirati i usporediti razlike u prikazima pojedinih grupa uz prijedloge i plan za njihovo dovršenje.

4. *Povezivanje*

- Razmislite o smislu povezivanja pojmova u jednostavnim rečenicama koje prikazuju odnos između njih.
- Koristite linije sa strelicama za spajanje i pokazivanje odnosa između povezanih ključnih riječi i nacrtajte ih olovkom između pojmova na samoljepljivim listićima. Pri tome pazite na smjer veza koji određuju strelice.
- Napišite riječ ili kratku frazu na svaku strelicu kako biste odredili odnos između ključnih riječi. Pri tome koristite jednostavne rečenice kojima ste ranije prikazali odnos pojmova u skupini.
- Razmislite o mogućnostima povezivanja ključnih riječi u raznim skupinama pojmova.
- Više strelica može potjecati ili završavati na osobito važnim ključnim riječima.

5. *Uređivanje*

- Nakon što ste u grupi dogovorili konačan raspored ključnih riječi na samoljepljivim papirićima, strelica poveznica i riječi povezivanja koje prikazuju vaše razumijevanje ekoloških odnosa, pretvorite koncept mape u trajniji oblik koji drugi mogu lagano sagledati i o njemu raspravljati.
- Debelim flomasterima jasno ispišite i nacrtajte sve dijelove koje ste skicirali.
- Budite kreativni na konstruktivan način koristeći boje, fontove, oblike, debljinu crta itd. kako biste pokazali i s drugim grupama raspravili kako je vaša grupa razumjela zadatak.
- Dajte vašoj koncept mapi naslov.
- Ako želite izraditi svoju konačnu koncept kartu na računalu, pokušajte koristiti PowerPoint u kojemu možete animirati pojavu dijelova koncept mape i tako vizualno potkrijepiti vaše objašnjenje koncepta. Možete napraviti prikaz i prezentaciju koristeći neki od računalnih alata za izradu koncept mapa (npr. VUE ili CampTools).

6. *Vrednovanje*

- U dovršavanju svoje koncept mape razmotrite sljedeće zahtjeve koje bi koncept mapa trebala zadovoljiti:
  - Točnost i temeljitosti: Jesu li pojmovi i odnosi u skladu? Nedostaju li neki važni pojmovi? Jesu li razriješeni svi problemi i moguća nerazumijevanja?
  - Organizacija: Je li koncept mapa postavljena na način da su viši odnosi reda lako uočljivi? Ima li svaki viši red pojmova svoj naslov? Pokazuje li dovoljno potrebnih detalja za jasno razumijevanje?
  - Izgled: Je li zadatak učinjen s pažnjom i trudom? Jeste li poštovali pravopis? Je li rukopis čitak i uredan? Je li prikaz jasan ili je kaotičan i neuredan?
  - Kreativnost: Jesu li korišteni elementi (boje, primjeri, oblici, slike) koji olakšavaju razumljivost prikaza i potiču li interes, bez da odvlače pažnju?

Izrađene koncept mape vrednuju se pomoću dokumenata koje zovemo RUBRIKE jer u obliku popisa ili tablice sadrže opis očekivanja, odnosno opis razina kvalitete onoga što je važno pri rješavanju pojedinog zadatka. Rubrike, osim za vrednovanje već izrađenog zadatka, pomažu pri njegovoj izradi i doprinose razvijanju pouzdane prosudbe o kvaliteti vlastitog rada. Njihov je cilj razjasniti standarde kvalitete za izradu zadataka te omogućuju stalnu povratnu informaciju o napretku prema tim standardima.

- Uz pomoć nastavnika pogledajte primjere rubrika za vrednovanje koncept mape i odlučite želite li da se koncept mapa boduje prema jednom od ovih primjera.
- Raspravom korak-po-korak, uz pomoć nastavnika, osigurajte jednoznačno razumijevanje zahtjeva i očekivanja odabranog primjera.
- Prema potrebi komentirajte prijedlog i prilagodite ga zajedno s nastavnikom tako da osigura jednoznačan i pravedan način vrednovanja konkretnog zadatka.

Nevezano samo uz izradu koncept mapa, dogovorite s nastavnikom rubrike za sljedeće zadatke tako da prvo odredite elemente koji su nužni za provjeru kvalitete, a zatim za svaki element opišite razinu kvalitete prema odabranoj skali bodova te zajedno dogovorite skalu ocjenjivanja.

KARTA ZNANJA			
ELEMENTI	***KRITERIJI***		
	USPJEŠNO *3*	*PRIKLADNO* *2*	*U RAZVOJU* *1*
RASPORED	Glavni koncept lagano se identificira. Grane podkoncepata smještene su na odgovarajući način u odnosu na glavne ideje.	Glavni koncept lagano se identificira. Većina podkoncepata smještena je na odgovarajući način u odnosu na glavne ideje.	Glavni koncept nije jasno identificiran. Podkoncepti nisu dosljedno prikazani u odnosu na glavnu ideju.
VEZE	Poveznice prikazuju odnose pojmova u pravom smjeru. Riječi povezivanja točno opisuju odnose između svakog pojma. Potrebne veze sistematizacije točno su prikazane i opisane.	Većina poveznica povezuje pojmove ispravno. Većina riječi povezivanja točno opisuje odnose između pojmova. Izostaju neke neophodne veze sistematizacije ili one nisu u potpunosti točno prikazane i opisane.	Poveznice nisu uvijek u pravom smjeru, povezivanje riječi ne razjasni odnose između pojmova. Izostaju veze sistematizacije ili nisu funkcionalne te ne služe poboljšanju razumijevanja teme.
SADRŽAJ	Odražava logično raspoređene bitne informacije. Pojmovi su ukratko predstavljeni. Nema pravopisnih ili gramatičkih pogrešaka.	Odražava većinu bitnih informacija koje su općenito logično raspoređene. Koncepti su predstavljeni bez previše suvišnih riječi. Sadrži manje od tri pravopisne ili gramatičke pogreške.	Sadrži nepotrebne informacije i/ili informacije nisu logično raspoređene. Sadrži brojne pravopisne i gramatičke pogreške.
GRAFIKA	Grafika se koristi na odgovarajući način, uvelike poboljšava objašnjenje teme i pomaže u razumijevanju. Elementi su jasni i dobro raspoređeni na stranici.	Grafika je većinom prikladna i pridonosi razumljivosti teme. Neki elementi ne nalaze se na logičkim mjestima na stranici.	Grafika se koristi neprimjereno i/ili pretjerano. Elementi grafike loše su odabrani i/ili ne pomažu razumijevanju teme. Neki grafički elementi nejasni su i/ili neuredni i/ili loše postavljeni.
TEKST	Jednostavan za čitanje i prikladne veličine. Tekst je prikladan za dob. Koriste se različita grafička rješenja i/ili različiti fontovi za naglasak.	Većina teksta se jednostavno prati. Količina i način prikaza teksta uglavnom odgovara dobi učenika.	Font je premalen za lako čitanje. Količina i način prikaza teksta prejednostavni su ili presloženi za dob učenika.
DIZAJN	Čist izgled velike vizualne privlačnosti. Prati se bez puno pomicanja. Boja se učinkovito koristi za naglasak elemenata i bolje razumijevanje međusobnih odnosa.	Izgled je prilično čist, uz nekoliko iznimaka. Prikaz ima vizualnu privlačnost. Koristi boju učinkovito većinu vremena.	Neuredan izgled s malo privlačnoga. Zahtijeva puno pomicanja kako bi se mogao pratiti cijeli prikaz. Izbor boja smanjuje vizualnu privlačnost i onemogućuje razumijevanje.
OCJENE	8 - 10 = 2 11 - 13 = 3 14 - 16 = 4 17 - 18 = 5		

3.2 Onečišćenja i poremećaji u okolišu, utjecaj na zdravlje ljudi

Ishod učenja: Analizirati utjecaj različitih vrsta onečišćenja okoliša na čovjekovo zdravlje i na zdravlje okoliša

U uvodu ove teme bit će važno raspraviti o značenjima pojmova:

- okoliš, zaštita okoliša
- priroda, zaštita prirode
- poremećaji prirodne ravnoteže
- ekologija.

Zadaci za samostalan rad:

- Potražite u udžbenicima iz osnovne škole (na internetu ili u školskoj knjižnici) značenja navedenih pojmova. Jeste li naišli na različite definicije? Raspravite o tome s nastavnikom.
- Potražite u različitim izvorima tumačenje pojma ekologija. Susreće li se u svakodnevnom govoru pojam ekologije u ponešto drugačijem kontekstu? Raspravite o tome s nastavnikom.

Da bi se poremećaji u okolišu mogli analizirati, prvo ih treba nabrojiti i nekako klasificirati. Najčešće se onečišćenja ili poremećaji u okolišu prikazuju prema području djelovanja (zrak, voda, tlo….). Stoga ćete u sljedećem koraku obrade ove teme što iscrpnije navesti što sve onečišćuje ili ugrožava ravnotežu u pojedinom području ili zemljinoj sferi.

Zadaci za rad u grupi ili u paru:

- Ispišite na papiriće (ili kartice) sve poremećaje ili onečišćenja koja utječu na pojedino područje Zemlje (sferu).
- Izvijestite o svojem uratku. Usporedite rezultate drugih grupa sa svojima.
- Osim po području na koje djeluju, prema čemu bi se još mogli poremećaji/ onečišćenja razvrstati? Predložite druge kriterije klasifikacije (raspodjele) poremećaja ili onečišćenja.

Odaberite (ili izvucite) jedan od predloženih kriterija za klasifikaciju poremećaja/onečišćenja i prema njemu ponovno razvrstajte svoje papiriće (kartice).

Kriterij: _____

» **Podjela:**

- Raspravite u grupi/paru kako pojedina vrsta onečišćenja utječe na zdravlje čovjeka. Za ono što ne znate, odgovore potražite u školskoj knjižnici ili na internetu.
- Izradite poster na kojem ćete prikazati utjecaj različitih poremećaja/ onečišćenja na ljudsko zdravlje. Predstavite svoj poster ostalim kolegama i usporedite svoje nalaze. Raspravite o razlikama, ukoliko su se pojavile pa pokušajte utvrditi razloge tih razlika.
- Zaključite je li svaka od klasifikacija poremećaja/onečišćenja posve iscrpna!

3.3 Ekološki otisak

Ishod učenja: Objasniti pojam ekološkog otiska usporedbom primjera bogatih i siromašnih društava

Svaki puta kada uključimo svjetlo, vozimo se automobilom, pojedemo obrok, uključimo TV ili koristimo bilo što troši energiju, proizvodimo ugljikov dioksid i ostale stakleničke plinove koji uzrokuju klimatske promjene.

Ovim radnjama ostavljamo na Zemlji svoj otisak - **ekološki otisak**. Znate li što je to?

Slika 3.1 Ekološki otisak

Da biste više saznali o ekološkom otisku, poslušajte upute nastavnika i pronađite na mrežnim stranicama objašnjenja pojmova ekološki otisak, globalni hektar, biokapacitet. Nakon 15-ak minuta razgovarajte s ostalim učenicima kako biste navedene pojmove međusobno povezali. Možete raditi u paru, a za dodatna objašnjenja potražiti pomoć nastavnika.

» ***Prijedlog nekih adresa na mrežnim stranicama:***

- http://croatia.panda.org/wwf/izvjetaj_o_stanju_planeta/izvjetaj_o_stanju_planeta_2014/indeks_ivueg_planeta/ekoloki_otisak/
- http://croatia.panda.org/wwf/izvjetaj_o_stanju_planeta/http://wwf.panda.org/about_our_earth/all_publications/living_planet_report/

Pregledavajući navedene stranice, vjerojatno ste pronašli i sljedeći podatak:

Deset zemalja s najvećim ekološkim otiskom po stanovniku su: **Kuvajt, Katar, Ujedinjeni Arapski Emirati, Danska, Belgija, Trinidad i Tobago, Singapur, Sjedinjene Američke Države, Bahrein i Švedska.**

Što je zajedničko svim tim državama?

Ovi se podaci povremeno mijenjaju, ali slika 2.2 ilustrira globalni odnos čovječanstva prema planetu tijekom proteklih 50-ak godina.

Pronađite podatak kakvo je stanje u Hrvatskoj. Što su uzroci tome? Usporedite svoj rezultat s rezultatima ostalih učenika u razredu i raspravite sličnosti i razlike.

» ***Prijedlog nekih adresa na mrežnim stranicama za računanje ekološkog otiska:***

- http://footprint.stanford.edu/calculate.html http://pikai-prijatelji.com/site/modules/mastop_publish/?tac=85

Slika 3.2 Globalni odnos čovječanstva prema planetu

- UNDP: http://www.undp.hr/show.jsp?p
- CSE: http://www.myfootprint.org/en/visitor_information/
- http://www.footprintnetwork.org

Napomena: Možete koristiti i neke druge adrese, ali bi zbog usporedbe bilo dobro da svi u razrednom odjelu koristite isti upitnik.

Ekološki otisak utječe na biološku raznolikost na Zemlji, a posebno na klimatske promjene.

Najnoviji Izvještaj o stanju planeta objavljen je 30.9.2014., a na mrežnoj stranici: http://croatia.panda.org/wwf/izvjetaj_o_stanju_planeta/ pronaći ćete podatke o odnosima ekološkog otiska, biološke raznolikosti na Zemlji te nastalih klimatskih promjena.

Na istoj stranici pronaći ćete **seriju kratkih video filmova** koji dotiču neka pitanja postavljena u ovom Izvještaju. Izaberite jedan film, izvijestite ostale učenike o tome što ste saznali te podijelite s njima svoje razmišljanje.

Razumijevanje uzroka klimatskih promjena i spoznaja kako **možemo i moramo izbjeći najgore moguće posljedice predstavlja pravi IZAZOV.**

Jeste li spremni prihvatiti IZAZOV?

Ako jeste, krenite u Svjetski eko kafić!

3.3.1 Svjetski eko kafić

Svjetski kafić vrlo je dinamičan način rada koji vam omogućuje aktivno sudjelovanje i razmjenu mišljenja sa svojim kolegama. Na nekoliko radnih mjesta naći ćete velike papire na kojima su navedene određene teme o kojima ćete raspravljati 10-ak minuta i zabilježiti glavne ideje. Na nastavnikov znak, a prema prethodnom dogovoru, jedan od vas ostaje kao „domaćin", a ostali izabiru drugo radno mjesto, gdje ih dočekuje „domaćin". Uloga "domaćina" je da ukratko ispriča novim „gostima" o čemu je razgovarala prethodna grupa i da, nakon nekoliko izmjena, sa završnom grupom pripremi kratko izvješće.

Ovisno o vremenu kojim raspolažete, svaka će grupa glasno izvijestiti o zaključcima vezanim uz pojedinu temu.

Nakon sudjelovanja u radu Svjetskog eko kafića, neće vam sljedeći tjedan biti problem napisati i predati svojem nastavniku referat na temu: Eko-pismenost nas uči kako zgaženo može ponovno izrasti i živjeti održivo (ili Kako smanjiti ekološki otisak?)

Potaknite i svoje ukućane i susjede da smanje svoj ekološki otisak.

Prijedlog za sljedeći IZAZOV

Proučite 5R koncept (Rethink/promisli, Reduce/uštedi, Reuse/ponovno iskoristi, Repair/popravi i Recycle/recikliraj) i provodite ga u životu!

3.3.2 Utrka za bogatstvom i moći

Sljedeća aktivnost potaknut će vas na promišljanje o svjetskoj raspodjeli bogatstva i siromaštva. Pažljivo poslušajte upute svoga nastavnika, pokušajte se uživjeti u zadane (i neočekivane) situacije, promišljajte o raspodjeli bogatstva i preispitujte svoje stavove. Vi ste generacije koje će u velikoj mjeri utjecati na budućnost, između ostalog i ovih problema.

3.4 Sastavnice održivog razvoja

Ishod: Analizirati međusobnu povezanost sastavnica održivog razvoja

Promotrite sliku i pokušajte odgonetnuti zašto ona simbolizira održivi razvoj. Raspravite u grupi i s nastavnikom o svojim idejama.

Slika 3.3 *Simbolika održivog razvoja*

- Koje je, po vašem mišljenju značenje simbola vage u sredini slike?

Zadatak za individualni/grupni rad:

- Prije nego pročitate tekst u PRILOGU, potražite u dostupnim izvorima informacija definicije pojmova *društvo* i *gospodarstvo*. Stečene predodžbe tada ćete usporediti s idejama iz priloženog teksta!

Nakon što ste proučili i raspravili sadržaj pojmova društvo, gospodarstvo i okoliš, pokušajte odrediti kako svaki od njih ovisi o ostalim dvama i kako na njih utječe. Svoja razmišljanja pokušajte prikazati grafički. U grafičkom prikazu naznačite međusobne odnose sastavnica (ako smatrate da je neka sastavnica značajnija od ostalih, obrazložite svoju tvrdnju).

Zadatak za individualni/ grupni rad:

- Grafički prikažite odnose među sastavnicama održivog razvoja i naznačite kako svaka sastavnica ovisi o ostalim dvjema te kako na njih djeluje.

Kao pomoć za dublju analizu, mogu vam poslužiti primjeri opisanih situacija.

Zamislite situaciju države ili grada u kojem

1. Društvo i gospodarstvo dobro funkcioniraju, ali se dogodi kalvarija koja uništi veći dio prirodnih resursa. Kakve su posljedice za društvo i gospodarstvo?
2. Okoliš je očuvan, a društvo dobro razvijeno i organizirano, no dogodi se gospodarski slom, tvrtke bankrotiraju, banke propadnu, zavlada masovna nezaposlenost. Posljedice?
3. Okoliš je očuvan i gospodarstvo razvijeno, no društvo je raslojeno pa šačica bogatih i privilegiranih raspolaže materijalnim dobrima, dok većina stanovništva jedva preživljava. Često i djeca moraju raditi kako bi obitelj imala za hranu. Socijalna i zdravstvena skrb je slaba, obrazovanje je dostupnije bogatima. Zašto je ta situacija neodrživa?

3.4.1 Prilog: Povezanost sastavnica održivog razvoja

Društvo (socijalna komponenta): društvo u cjelini teži zadovoljenju osnovnih potreba svih svojih članova, a različite društvene skupine teže zadovoljenju svojih specifičnih potreba vršeći pritisak na vladajuće i upravljačke strukture. Ti su pritisci uzrokom promjena koje dovode do razvoja društva. Napretkom smatramo promjene koje doprinose zadovoljenju egzistencijalnih potreba zajednice, a u skladu su s općeprihvaćenim civilizacijskim vrijednostima poput jednakosti i jednakopravnosti.

Gospodarstvo (ekonomska komponenta): gospodarstvo je zamašnjak razvoja države jer omogućuje stvaranje dobiti koja se ulaže u zadovoljavanje potreba i poboljšanje uvjeta života društva u cjelini, društvenih skupina i pojedinaca. No, te potrebe i životni uvjeti jako se razlikuju u pojedinim državama, a i među društvenim skupinama unutar pojedinih država. Velike razlike između bogatih i siromašnih država, a i između bogatih i siromašnih društvenih skupina danas su tolike da postaju ozbiljna prijetnja daljnjem razvoju svjetskog gospodarstva. Mnogi se danas slažu da je ozbiljna ugroženost kako svjetskog okoliša, tako i svjetske ekonomije posljedica neumjerene, nezasitne i čak bezumne potrošnje onog malog udjela bogatih u ukupnom svjetskom stanovništvu. Nažalost, njihov način života nametnuo se kao opći ideal i cilj, mada danas postaje jasno da Zemlja naprosto ne može podnijeti još veći pritisak potrošnje i porast ekološkog otiska ukupnog njezinog stanovništva. Upravo ova komponenta održivog razvoja sadrži najveći unutarnji konflikt i kontradikciju: potrošnja pokreće gospodarstvo i time omogućuje razvoj društva, ali istodobno proizvodi neminovne štete za okoliš. Stoga je za odgovorne gospodarstvenike i političare najveći izazov odabrati takve djelatnosti i stimulirati takve razvojne projekte i tehnologije koji će donositi dobit za razvoj društva, ali će minimalno utjecati na okoliš.

Prirodni okoliš (ekološka komponenta): priroda je okvir, temelj i preduvjet razvoja društva i gospodarstva. Sve ljudske aktivnosti unose poremećaj u održavanje krhke prirodne ravnoteže, no neke poremećaje priroda može neutralizirati ili apsorbirati, a da se ravnoteža dugoročno ne remeti. Problem predstavlja gomilanje onih poremećaja koji će rezultirati trajnom promjenom ravnoteže nekog sustava. Ekosusta-

vi su međusobno povezani pa se poremećaj ravnoteže u jednom može očitovati u mreži ekosustava ili čak u globalnom sustavu. Posebno je važno imati na umu da su mnogi resursi, bez kojih ne možemo zamisliti današnji svijet, neobnovljivi, odnosno da im je količina ograničena pa jedino logično postupanje može biti racionalnost iskorištavanja i istodobna stimulacija istraživanja zamjenskih sirovina i nove tehnologije. Takvo logično postupanje podrazumijeva smanjenje profita zbog ulaganja u istraživanja pa ono često padne kao žrtva u utrci za brzom zaradom. Neki poremećaji u okolišu uzrokuju „domino efekt" i njihove su dalekosežne posljedice još uvijek teško sagledive. Primjer za ovu tvrdnju je uništavanje tropskih prašuma radi prodaje drvne sirovine ili radi krčenja prostora za poljoprivredne površine.

Dalekosežne posljedice tog divljačkog uništavanja zbog kojeg su već nestale mnoge biološke vrste su erozija i nestajanje tla te smanjenje udjela tropskih prašuma u globalnoj proizvodnji kisika i apsorpciji ugljikovog dioksida. Ipak, valja imati na umu da se sve to događa u ekstremno siromašnim i nerazvijenim zemljama, koje pritisnute funkcioniranjem svjetskog tržišta, često nemaju drugog izbora za ostvarenje ekonomske dobiti da bi osigurale minimum egzistencije svojeg pučanstva i opstanak vlastite države.

3.5 Analiza problemske društvene situacije

Ishod učenja: Analizirati problemsku društvenu situaciju iz uloge pojedinih dionika.

Kao što ste naučili u prethodnim poglavljima, za održivi razvoj često je potrebno riješiti konfliktne situacije i naći zadovoljavajuće rješenje za suprotstavljene interese. Kako bi se to postiglo, važno je sagledati problemsku situaciju s različitih strana i razumjeti stajališta i argumente sukobljenih strana.

Zadatak za rad u grupi

U situacijama koje su predstavljene vrlo kratkim opisom ponuđena su uvijek samo 2 rješenja. Zamislite za početak da nema mogućnosti trećeg, kompromisnog rješenja. Unutar grupe podijelite se na 2 podgrupe podjednake veličine

Podgrupa 1 analizira situaciju zastupajući 1. mogućnost rješenja navodeći za to što čvršće argumente.

Podgrupa 2 analizira situaciju zastupajući 2. mogućnost rješenja navodeći za to što čvršće argumente.

Nakon zadanog vremena za pripremu argumenata, svaka podgrupa iznosi svoje argumente pred svim ostalim grupama.

» ***Zajednička završna aktivnost:***

Slijedi rasprava u kojoj svi sudionici mogu pridodati argumente za 1. ili za 2. mogućnost ukoliko nisu bili izneseni, ocjenjuje se koje je rješenje bilo bolje argumentirano i iznose se ideje za neko treće rješenje, odnosno za kompromis.

PRIMJER I. – Vi ste direktor tvrtke koja ne posluje baš najbolje. Morate donijeti presudnu odluku, a imate dvije mogućnosti:

1. Proizvesti proizvode koji nakon uporabe ozbiljno zagađuju okoliš, ali ste za njih dogovorili siguran plasman, uz odličnu cijenu. Dobit se iskazuje odmah.
2. Proizvesti proizvode koji puno manje štete okolišu, ali im je cijena nešto viša radi ugrađenih ekoloških troškova. Dobit će se pokazati tek nakon dvije godine.

PRIMJER II. – Kao član Parlamenta trebate glasovati za sljedeći zakonski prijedlog: Reklamiranje proizvoda putem prospekata treba zabraniti radi zaštite okoliša.

1. Glasovat ćete za DA.
2. Glasovat ćete za NE.

PRIMJER III. – Vaša škola može dobiti vrlo značajnu donaciju od tvrtke X koja je u javnosti često prozivana kao zagađivač okoliša. Od vas traže da ih za uzvrat u svojim nastupima ili publikacijama ističete kao sponzore ekoloških aktivnosti. Kao član školskog odbora

1. Glasovat ćete za DA
2. Glasovat ćete za NE

3.5.1 Osmislite igrokaz

Za igrokaz vam treba dobra priča! Možete koristiti priču koja je predložena u ovom priručniku ili neku drugu koja na sličan način prikazuje problematiku zaštite okoliša i održivog razvoja.

Kao pripremu za dodjelu uloga raspravite o tome tko bi sve u toj situaciji bio zainteresiran, tko bi bio nadležan za rješavanje problema ili sukoba. Popišite dionike te situacije i grubo/okvirno definirajte njihova stajališta (ono što očekujete da bi bila njihova stajališta). Dobra priča imat će dionike (likove) čija su stajališta različita i njihovo viđenje problema ovisit će o njihovim osobnim interesima ili interesima društvene grupe koju zastupaju.

U pripremi uloga ipak ostavite prostora za „glumačku" interpretaciju, odnosno ostavite interpretatoru uloge mogućnost da dodatno profilira lik.

Kad ste raspravili u čemu je problem i što zastupaju pojedini dionici, organizirajte scenu sastanka. Sad je svaki interpretator uloge prepušten vlastitoj kreativnosti, domišljatosti i rječitosti. Ako se radi s većom grupom, dio sudionika može igrati ulogu gledatelja, novinara, sudaca (ako sukob dođe do „suda").

Primjer priče

U okolici vašeg mjesta otkrivena je termalna voda, a neki znanstvenici tvrde da je ljekovita.

Bogati strani investitor želi uložiti veliki kapital u izgradnju punionice vode i welness-kompleksa koji bi, uz ostalo uključivao 4 bazena, teniska igrališta i teren za golf. Taj bi kompleks obogatio ponudu rekreativnog i zdravstvenog turizma, što za vaš gradić obećava gospodarski procvat.

Problem je u tome što bi se kompleks trebao graditi na području iznimne biološke raznolikosti (rijetke i zaštićene biljke, vodozemci i endemski leptiri).

Gradonačelnik saziva sastanak na kojem će sudjelovati sve zainteresirane strane. Dionici se okupljaju, gradonačelnik ih pozdravlja i svi se redom predstavljaju. Gradonačelnik vodi sastanak i kao dobar domaćin nastoji dati riječ svakom od sudionika.

Zadatak za grupnu raspravu ili individualno izvješće (esej)

Na temelju igrokaza analiziraj dobre i loše strane predloženih rješenja i prosudi koja su od njih održiva.

3.6 Održiva potrošnja i proizvodnja

Ishod učenja: Analizirati na zadanom primjeru održivu potrošnju i proizvodnju

Razmislite o životnom ciklusu proizvoda koje koristite poput majica, tenisica ili traperica. Što su sirovine iz kojih su ti proizvodi nastali i koje im je podrijetlo? Kako su i gdje te sirovine prerađene i kakvi su poluproizvodi izrađeni da bi od njih nastao konačni proizvod? Gdje su nastali poluproizvodi (primjerice tkanina), a gdje se šiva odjeća? Kakvi su tehnološki procesi tijekom proizvodnje i koliko se pri tome koristi energije i vode? Što se događa s odjevnim proizvodom kad ga odbacite?

Još je zanimljivije pitanje mobitela ili drugih suvremenih informacijsko-komunikacijskih naprava.

Odgovore na ta i slična pitanja možete naći u brošuri „Održiva potrošnja i proizvodnja" na stranicama Ministarstva zaštite okoliša i prirode: http://www.mzoip.hr/doc/publikacije/Odrziva_potrosnja_i_proizvodnja.pdf

Zadatak

Možete otići u posjet nekom proizvodnom pogonu ili informacije potražite u spomenutoj brošuri ili na drugim adresama, ali u svakom slučaju odaberite proizvod iz svakodnevne potrošnje i pokušajte rekonstruirati njegov životni ciklus.

» ***Sirovine***

Kakvo je podrijetlo sirovina i troši li se pri njihovom crpljenju ili obradi energija i voda, narušava li se okoliš i stvara li se otpad?

» ***Transport***

Kolike udaljenosti sirovina prijeđe od mjesta crpljenja do mjesta prerade u gotovi proizvod i koliko dok dođe do potrošača? Izračunajte prijeđene kilometre i utrošak goriva! Koliko se pri tome ispusti CO_2? Koristeći omjer množinskih udjela, okvirno izračunaj volumen ugljičnog dioksida koji se oslobađa izgaranjem 1 l benzina ili lakog plinskog ulja (dizel gorivo).

» ***Prerada sirovina, proizvodnja i oblikovanje proizvoda***

Odigrava li se proizvodnja na jednome mjestu ili se poluproizvodi transportiraju u udaljene krajeve? Koliko se energije i vode troši, koliko se otpada stvara? Kako otpad utječe na okoliš, kako se okoliš štiti i kako se otpad zbrinjava? Kolika je cijena neutraliziranja štetnog djelovanja na okoliš?

» ***Pakiranje proizvoda – ambalaža***

Cijeloj prethodnoj računici treba pridodati i učinke procesa proizvodnje papira, posebno ukrasnog papira, specijalnih kutija u kojima se kombinira plastika i papir, a možda i aluminij ili drugi metal!

» ***Korištenje proizvoda***

Stvara li se prilikom korištenja proizvoda otpad, koristi li se energija i voda? Troši li se deterdžent i koliko se ukupno potroši tijekom korištenja proizvoda?

» ***Otpad***

Što se događa s proizvodom kad postane nepotreban? Kamo se odlaže? Može li se reciklirati (oporabiti)? Koliko oporaba troši energije i vode? Stvara li se otpad? Može li se u konačnici proizvod odložiti bez štete za okoliš? Ako se spaljuje u spalionici, koliko se pri tome ispušta CO_2?

3.7 Povijest razvoja ideje o održivom razvoju

Ishod učenja: Prikazati povijest razvoja ideje i međunarodnih dogovora o održivom razvoju u širem društveno-političkom i kulturno-povijesnom kontekstu.

Zadatak za rad u grupi

» Pretražujući internet i ostale dostupne izvore informacija, pokušajte što više saznati o navedenim događajima i o tome zašto se smatraju važnima u povijesnom razvoju ideje o održivom razvoju.
- 1962. – knjiga *Tiho proljeće autorice Rachel Carson*
- 1971. - Rimski klub
- 1972. - Stockholmska konferencija
- 1987. – *Izvještaj* "Naša zajednička budućnost", *Gro Harlem Brundtland*
- 1992. - Svjetski summit o okolišu Rio de Janeiro, Agenda 21
- 2002. - Svjetski summit u Johannesburgu
- 2012. – Svjetski summit o održivom razvoju - "Rio + 20"

» Potražite informacije o važnim eko datumima i drugim danima, tko ih je i kada predložio te usvojio
- Svjetski dan zaštite okoliša, Dan planeta Zemlje, Svjetski dan ozona, Dan voda, Dan bioraznolikosti, drugi važni eko datumi…
- Drugi dani obilježavanja važnih humanih vrijednosti i demokratskih načela - ljudskih prava, prava djeteta, dan jezika, dan prijateljstva…

» Poredajte događaje i informacije koje ste o njima skupili uz lentu vremena i na lenti također (s druge strane) označite događaje koji su obilježili pojedino desetljeće. Uzmite u obzir ostala politička zbivanja, kulturu (film, glazbu…) i sport, znanstvena otkrića i značajna tehnološka dostignuća.

» U kronologiju događanja unesite i važne događaje iz vlastite obitelji, potkrijepljene fotografijama (uz pristanak osoba na fotografijama) ili preslikama drugih dokumenata (uz pristanak osoba čijeg se života to tiče). Organizirajte izložbu s prikazom kronologije događanja na svjetskoj, nacionalnoj i osobnoj razini.

» Provedite vrednovanje cijelog grupnog uratka i vrednovanje doprinosa članova radne grupe.

» Produžite lentu vremena i označite na njoj razdoblje u kojima očekujete važne događaje svojeg budućeg života.

3.8 Zakonska regulativa u zaštiti okoliša i prirode

Ishod učenja: Povezati zakonsku regulativu u području zaštite okoliša s rješavanjem problema u vlastitoj sredini

- Raspravite u grupi o stanju okoliša u vlastitoj sredini i popišite identificirane probleme
- U sljedećem koraku pokušajte za svaki od problema utvrditi kako bi se on mogao riješiti. Razmislite što bi bilo potrebno da se problem potpuno eliminira ili barem smanji.

Ponekad je potrebna promidžba, dugotrajna društvena akcija edukacije i podizanja svijesti građana, no u nekim je slučajevima moguće i relativno brzo rješenje. Ako uzmete primjer rješavanja divljih deponija otpada, potrebno je sagledati dvije razine djelovanja.

Prvo, želite li da se otpad ukloni iz prirodnog okoliša ili s javne površine. Razmislite tko bi sve u takvu akciju trebao biti uključen i što uopće znači „ukloniti otpad".

Drugo, ne želite da se stvaraju nove divlje deponije. Tu je potrebna uključenost drugih dionika i drugačije su strategije djelovanja. Ovisno o razini rješavanja problema, razlikuju se dionici i nadležnosti institucija.

Zadatak za grupni rad

- Istražite ustroj jedinica lokalne samouprave i utvrdite postoji li služba koja se bavi zaštitom okoliša.
- Utvrdite postoje li na internetskim stranicama lokalne samouprave navedeni zakoni i propisi po kojima se regulira zaštita okoliša.
- Istražite postoji li na vašem području sanitarna inspekcija i koja je njezina nadležnost te postoje li komunalni redari i koji im je opis poslova. Na temelju kojih propisa te službe rade?
- Raspitajte se kod odraslih sugrađana o nadležnostima vezanim uz problem kojeg ste odabrali.
- Ako na internetskim stranicama grada ili županije ne možete otkriti tko je nadležan za konkretan problem, napišite pismo čelnoj osobi grada ili županije.
- Posjetite stranice Ministarstva za zaštitu okoliša i utvrdite postoje li propisi koji reguliraju vaš problem.
- Pozovite kao gosta na nastavu predstavnika lokalne vlasti i predstavnika neke udruge koja se bavi zaštitom okoliša i za njih pripremite pitanja (simulirajte kontakt emisiju na TV-u).
- Izradite grupno izvješće o provedenom istraživanju vezanom za problem koji ste željeli riješiti.

3.9 Ponašanje prijatelja okoliša

Ishod učenja: Kreirati „Pravila ponašanja prijatelja okoliša"

Da bi se što više osoba koje su na bilo koji način povezane s vašom školom ponašale kao „prijatelji okoliša", dobro je izraditi pravila ponašanja koja će biti prihvatljiva za sve. Važno je izraditi takav kodeks ponašanja koji će motivirati sve učenike i djelatnike (koliko je moguće i roditelje) da ga stvarno i primjenjuju, a ne doživljavaju kao prisilu.

Uz nešto uloženog vašeg truda i truda vaših nastavnika ova se aktivnost može provesti na razini cijele škole (npr. na satu razrednika) ili se može izabrati nekoliko razrednih odjela koji će sudjelovati u izradi kodeksa.

Zadatak za grupni rad

- Podijelite se u grupe od 5 do 6 članova. Svaka grupa treba veliki papir i flomaster za svakog učenika. Slijedite upute koje će vam dati nastavnik i napišite pravila ponašanja prijatelja okoliša za koja mislite da ih svatko u školi i u svome domu može svakodnevno poštivati.
- Za vrijeme rasprave pri usklađivanju pravila svoje grupe brinite o argumentiranom, ali uljudnom zastupanju svojih ideja. Usuglasite se oko što jasnije i jednostavnije oblikovanih pravila.
- Prilikom usklađivanja pravila svih grupa izaberite predstavnika svoje grupe koji će vas zastupati. Ako predstavnik vaše grupe ne izlaže prvi, ne treba čitati sva vaša pravila ako su neka ista kao ona prethodnih grupa, nego pažljivo slušajte i dopunite ili sudjelujte u preoblikovanju pojedinih pravila.
- Kao razredni odjel izaberite predstavnika koji će s predstavnicima drugih odjela donijeti završnu verziju ***„Pravila ponašanja prijatelja okoliša"*** i pobrinuti se da bude stalno vidljiva (na mrežnoj stranici škole ili na nekom mjestu koje je određeno za ovakve namjene).

Tijekom vremena predviđenog za doradu završne verzije vašega kodeksa možete pregledati mrežne stranice nekih drugih škola i usporediti kodekse ponašanja prijatelja okoliša u drugim sredinama.

4. OSNOVE ISTRAŽIVANJA I RADA NA TERENU

Marina Ništ i Diana Garašić

Pitanja kojima se bavimo

- Što je istraživanje i gdje ga susrećemo?
- Koji je slijed aktivnosti tijekom istraživanja?
- Kako pojedine etape prepoznati na primjeru?
- Kako samostalno planirati i izvesti istraživanje?
- Što je to znanstveni dokaz i kakvo je to znanstveno razmišljanje?

4.1 Što je istraživanje?

Istraživanje je proces prikupljanja podataka ili informacija, s ciljem nalaženja odgovora na neko pitanje. Mala djeca istražuju svijet ispitivanjem svoje okoline. Pri tome upoznaju značajke predmeta i osoba pa svaki sljedeći predmet ili osobu uspoređuju s onim što već znaju. Postupno, dolaze do općih zajedničkih značajki, grupiraju predmete, životinje i druge pojavnosti (i osobe) te oblikuju generalizacije i utvrđuju njihove međusobne odnose. U njihovom slučaju, to su zaključci istraživanja.

Kad želimo kupiti odjevni predmet, istražujemo ponudu i cijene, a možda i što se ove godine nosi. Kad želimo novi automobil, također prethodno istražujemo situaciju na tržištu. Kad nekamo putujemo, potrudimo se saznati što više o tom mjestu i kako ćemo do tamo stići – istražimo mogućnosti.

Drugim riječima, istraživanje je sastavni dio života, a to je ujedno prirodni način učenja i proces kojim proširujemo svoja znanja. Znanstveno istraživanje u osnovi slijedi obrazac prirodnog učenja, ali podrazumijeva stroži oblik primijenjene metodologije, što treba omogućiti donošenje pouzdanih zaključaka i stavljanje ostvarenih rezultata na raspolaganje znanstvenoj i široj društvenoj zajednici.

U ovom ćete pod-modulu upoznati metodologiju znanstvenih istraživanja, a na samome kraju modula pokušat ćete doći do zaključaka o temeljnim postavkama ili načelima znanstvenih istraživanja.

Osim znanstvenih istraživanja koja podrazumijevaju otkrivanje novih činjenica, onih koje nisu prethodno već bile objavljene u znanstvenoj zajednici, postoje i stručna istraživanja. Stručna istraživanja rukovode se istim načelima i metodologijom, također doprinose boljem razumijevanju ili sagledavanju svijeta u kojem živimo, ali nemaju dimenziju novog otkrića. Primjerice, to je istraživanje poznate zakonitosti na novom primjeru ili na drugom području. Vaša će istraživanja najčešće biti u kategoriji stručnih istraživanja, no to im ne umanjuje važnost za sve one koji budu željeli nastaviti što su započeli ili objediniti sve rezultate prikupljene tijekom istraživačkog rada u GEL projektu radi njihove interpretacije. Možda će neki od vaših rezultata pripasti i znanstvenoj kategoriji, ali to je teško unaprijed prognozirati ili odrediti jer kad se upustite u istraživanje, ponekad vas proces odvede u sasvim neočekivanom smjeru.

- Možete li se sjetiti nekih velikih otkrića koja su se dogodila slučajno?

4.2 Etape istraživanja

Ishod učenja: Obrazložiti ulogu svake od etapa istraživačkog procesa

Znanstvena metodologija podrazumijeva posve određene etape u provedbi istraživanja. Etape koje su ovdje opisane predstavljaju logičan slijed i osiguravaju sustavnost u pristupu istraživača.

- U shemu prikazanu na slici 1 nije ucrtan jedan važan korak: pretraživanje literature o problemu kojeg istražujete. Razmislite na kojem bi mjestu ova aktivnost trebala stajati?
- Također razmislite i raspravite u grupi zbog čega je shema prikazana kao ciklus, a ne linearno?

Važno je razumjeti da svako istraživanje počinje od nekog pitanja. Pitanju prethodi **promatranje prirodnih procesa ili pojava**. Najčešće se pitamo u kakvom su međusobnom odno-

Slika 4.1 Shematski prikaz etapa znanstvenog istraživanja

su neke pojave ili kako jedna ovisi o drugoj. Nastoji se kvantificirati rezultate, odnosno izraziti ih numerički te primjenom matematičkih metoda utvrditi i prikazati te međuovisnosti. To će biti moguće kad se radi o pojavama čije promjene možemo izraziti kao veličine koje se mogu mjeriti. Kad jedna veličina ovisi o drugoj, zovemo je **zavisna varijabla**. Druga je **nezavisna**. U eksperimentu po svojem nahođenju mijenjamo ili držimo pod kontrolom nezavisnu varijablu, a onda pratimo što se događa sa zavisnom. Ono što možemo otkriti je, primjerice ako N (nezavisna varijabla) raste, rast će i Z (zavisna varijabla).

Dakle, promatrali smo pojave N i Z i pitali smo se ovisi li Z o N. Istraživačko pitanje je: Ovisi li Z o N?

Dobro istraživačko pitanje prepoznajemo po tome što ono u sebi već sadrži nagovještaj toga kako ćemo doći do odgovora. Morat ćemo znati kako možemo varirati veličinu N, a kako pratiti promjenu veličine Z.

Pitanja koja preširoko zahvaćaju problem nisu dobra istraživačka pitanja. Njih je potrebno jasno usmjeriti da po mogućnosti zahvaćaju jedan međuodnos (samo dvije varijable). To znači da se proces istraživanja složenijeg problema treba rastaviti u više manjih ciklusa, a svaki od njih počinje od specifičnog istraživačkog pitanja. U znanosti se često događa da jedan istraživački tim otkrije neku zakonitost, a onda se drugi tim oslanja na njegove rezultate i nastavlja istraživanje, krećući od novog istraživačkog pitanja.

Sljedeći je korak postavljanje hipoteze (pretpostavke) na temelju istraživačkog pitanja. Služeći se navedenim primjerom, možemo izvesti hipotezu: Ako N raste, raste i Z. Hipoteza je tvrdnja koja pretpostavlja neki odnos varijabli. U samom istraživanju hipoteza se testira i prikupljaju se dokazi na temelju kojih se može sa sigurnošću zaključiti da se ona pokazala točnom ili nije. I negativan rezultat je znanstveno valjan. Dakle, važno je otkriće i ako promjene zavisne varijable Z ne pokazuju vezanost s promjenama nezavisne varijable N. Primjerice, *nije dokazano da stupanj obrazovanosti(N) ima utjecaj na poštenje ljudi* (Z) ili *interakcije između pojedinih lijekova nisu dokazane*.

- Upravo se iz navedenih primjera može izvesti jedno od načela znanstvenog zaključivanja – koje?

Valjanost istraživačkog pitanja i hipoteze odmah se može provjeriti zamišljanjem slijeda aktivnosti kojima bi se tvrdnja mogla dokazati, odnosno testirati. Ukoliko se ne vidi **način (nacrt) provedbe** istraživanja, znači da je hipoteza premalo specifična ili je cijela ideja nerealna, nedohvatljiva, odnosno neizvodljiva u zadanim uvjetima. U tom je slučaju potrebno preoblikovati hipotezu i zahvatiti manji dio problema.

Kad se krene u testiranje hipoteze ili prikupljanje podataka, potrebno je pomno unaprijed isplanirati sve aktivnosti i način njihove provedbe, materijal na kojem će se raditi i pribor kojim će se raditi, zaduženja, rokove i financijska sredstva. Potrebno je definirati metodologiju koja se planira primijeniti na jasan i nedvosmislen način, tako da sljedeći istraživači istog problema točno znaju što se i kako radilo. Sve će se to opisati u izvješću o provedenom istraživanju.

Iznimno je važno pitanje uzorka, a to je onaj materijal na kojem će se prikupljati podaci eksperimentom ili promatranjem i mjerenjem u prirodi. Uzorak mora biti reprezentativan, a to znači da mora vjerno predstavljati ono što je inače u prirodi rasprostranjeno. Ako želimo ispitati svojstva neke stajaće vode, nećemo uzeti uzorak uz samu obalu gdje je plitko i ima puno vodenog bilja. Pokušat ćemo zahvatiti uzorak iz područja slobodne vode (gdje je veća masa vode i gdje je veće miješanje). Naravno, ukoliko nas zanimaju uvjeti mikrostaništa uz samu obalu, uzet ćemo uzorak baš tamo. Ako pratimo stanje vode tijekom dužeg razdoblja, uvijek ćemo uzimati uzorak na isti način i na istome mjestu.

Ako želimo utvrditi razlike u svojstvima vode na različitim mjestima (izvorište, gornji, srednji i donji tok) ili razlike među različitim vodenim tijelima, potrebno je uzimati uzorke i obavljati mjerenja na jednak način. Neće biti moguće donijeti znanstveno korektan zaključak o usporedbi dvaju lokaliteta, ako je uzorkovanje provedeno na različit način. Također je važno da uzorak bude dovoljno velik. Primjerice, vrlo mala količina oborine u kišomjeru uopće se ne očitava kako bi se izbjegla pogrešna očitanja jer na tu malu količinu vode isparavanje može značajnije utjecati. Kemijske analize vode valja ponoviti na više uzoraka, jer se uzorak može proliti, može se dodati kriva kemikalija pa je potrebno imati rezervu.

Ako pratimo primjerice ponašanje životinja ili rast biljke, ne možemo donijeti valjane zaključke ako to pratimo na jednoj jedinki, odnosno ako nam je uzorak premali.

Posebno je važno predvidjeti u kojem će se obliku prikupljati podaci i što će se s njima raditi, odnosno za što nam podaci trebaju. Svrha određuje i oblik podataka koji se prikupljaju te način njihovog bilježenja i čuvanja.

Testiranje hipoteze, samo istraživanje ili prikupljanje podataka odvija se prema planu. Međutim, ukoliko se proučavaju podaci već tijekom istraživanja pa se uoče neki propusti ili manjkavosti plana, on se može i naknadno dopuniti. U svakom slučaju, valja prikupiti dostatan broj i opseg podataka koje je moguće povezati s istraživačkim pitanjem i testiranjem hipoteze.

Kad govorimo o testiranju hipoteze najčešće mislimo na eksperiment, koji je najvažnija metoda prirodoznanstvenih istraživanja. Kod eksperimenta je bitno po želji izazvati uvjete u kojima će biti moguće pratiti i mjeriti promjenu zavisne varijable. Ti uvjeti moraju biti kontrolirani, a to znači da eksperimentator mijenja (kontrolira) samo jedan uvjet – nezavisnu varijablu da bi utvrdio kako ona utječe na zavisnu. Da bi mogao nedvosmisleno zaključiti da baš N utječe na Z, svi ostali utjecaji moraju biti eliminirani. To znači da svi ostali čimbenici okoliša moraju biti stalni. Primjerice, ako učenici proučavaju utjecaj temperature na klijanje sjemenki, onda posude sa sjemenkama moraju imati isti oblik, istu količinu supstrata (zemlje), dobivati jednaku količinu vode, sjemenke moraju biti istog podrijetla i mora ih biti jednaka količina u svakoj od posuda. Tek tada učenici mogu biti sigurni da je na sjemenke djelovala samo temperatura.

Ipak, može se dogoditi da baš u pokusnoj posudi koja je bila u optimalnim uvjetima sjemenke prokliju kasnije nego one u hladnjaku.

- Ako su u takvom slučaju, s rezultatom potpuno suprotnom očekivanjima, učenici imali samo po jednu pokusnu posudu u različitim uvjetima, može li njihov zaključak biti valjan?

Nadalje, učenici su željeli utvrditi utjecaj različitih čimbenika na klijanje sjemenki pšenice pa su posude sa sjemenkama držali u istim uvjetima, ali su u jednu posudu dodavali kiselinu, u drugu sol, u treću deterdžent, a u četvrtu ulje. Svi su uzorci ubrzo propali, ali najduže je izdržao onaj tretiran deterdžentom.

- Što učenici mogu zaključiti na temelju rezultata koje su dobili? Smije li se u ovom slučaju zaključiti da biljke najbolje uspijevaju uz dodatak deterdženta?

Osim eksperimentom, prirodoslovna se istraživanja koriste i promatranjem, odnosno prikupljanjem podataka na temelju promatranja. Podaci se mogu prikupljati na nekom području koje želimo upoznati, utvrditi njegove značajke ili njegovo stanje. Primjer za to je kartiranje odabranih značajki ili obilježja područja ili utvrđivanje inventara (što sve postoji u tom području – primjerice inventarizacija bioloških vrsta). U takvom tipu istraživanja neće biti nužno slijediti sve navedene etape. No, rezultati mogu potaknuti istraživačka pitanja od kojih će krenuti novi ciklus istraživanja. Primjerice, ako se na

dva lokaliteta utvrdi različiti sastav životne zajednice, može se postaviti pitanje koji su čimbenici okoliša na to utjecali?

Podaci se mogu prikupljati u vremenu, što znači da se odabere jedna varijabla i prate se njezine promjene tijekom vremena. Primjerice, u nekom je nacionalnom parku zaštićena životinjska vrsta. Stručnjaci će pratiti brojnost jedinki tijekom više mjeseci ili godina kako bi pravovremeno otkrili čimbenike koji tu vrstu dodatno ugrožavaju ili joj pogoduju. Također, uobičajeno je pratiti kretanje gospodarski važnih, posebno ugroženih ili znanstveno zanimljivih vrsta riba (jata tuna, morski psi), ptica (selice, supovi), te kopnenih (vuk, medvjed) i morskih sisavaca (kitovi) tijekom vremena.

- Što bi u opisanim istraživanjima kretanja životinja bila nezavisna varijabla?
- Razmislite i u grupi raspravite kako je u istraživanju okoliša moguće dobiti pouzdane rezultate, kad uvjete ne možemo kontrolirati.

Uzmimo primjer da šumarski stručnjaci žele utvrditi kako pretjerana vlaga utječe na širenje nekih bolesti drveća, a dosadašnji eksperimentalni podaci nisu dali pouzdane rezultate. Oni će sustavno, tijekom niza godina obavljati različita mjerenja i prikupljati podatke promatranjem na licu mjesta. Ako se iz nizova podataka može utvrditi da su ostali čimbenici relativno stalni, a da razdoblje povećane vlažnosti uvijek prati ista promjena stanja bolesti, tek tada može se zaključiti neka međuovisnost. Dakle, za istraživanja u okolišu redovito je potrebno prikupiti više podataka i pratiti promjene koje nas zanimaju tijekom dužeg vremena.

Obrada podataka slijedi nakon provedbe istraživanja, a može se provoditi i usporedno s njim, da bi se već tijekom istraživanja mogle napraviti korekcije (uzoraka, broja mjerenja, teritorija koji je obuhvaćen…) ukoliko su potrebne. Tijekom obrade podataka koriste se statističke metode koje omogućuju da se u „šumi podataka“ uoče pravilnosti, trendovi, odnosi među varijablama. Grafičko prikazivanje podataka služi također lakšem uočavanju njihovih međusobnih odnosa.

Zaključak je obično kratak i nedvosmislen. U zaključku je potrebno referirati se na cilj, istraživačko pitanje i hipotezu. Tu se konstatira kakav je odnos između hipoteze i rezultata.

Da bi istraživanje bilo korisno i drugim istraživačima, odnosno društvenoj zajednici i gospodarstvu, poželjno je **objaviti rezultate**. To se čini u obliku znanstvenog ili stručnog članka u kojem se prema navedenim etapama opisuje cijeli tijek istraživanja, od cilja i izbora problema do rezultata i zaključka. Sjetimo se da je valjano istraživanje ono koje se može prema opisanoj metodologiji ponoviti, a da se dobiju isti rezultati.

- Istraživački radovi učenika s različitih natjecanja te projekti učenika objavljeni na www.globe.gov slijede ovaj model istraživanja, s tim da su u pojedinim znanstvenim područjima moguće manje modifikacije. Potražite neke učeničke istraživačke radove ili projekte i pokušajte u njima prepoznati opisane etape.

4.3 Istraživačko pitanje i hipoteza – vježba

Ishod učenja: Izvesti istraživačko pitanje i hipotezu iz primjera provedenog istraživanja

1. ***Primjer provedenog istraživanja:***
U projektu CLOUDSAT učenici u određeno vrijeme izlaze na otvoreni prostor i procjenjuju naoblaku: vrste oblaka i pokrivenost neba oblacima. Učenici obavljaju svoja mjerenja u vrijeme kad točno iznad njihovog prostora nadlijeće satelit koji također snima naoblaku.

Zadatak:

Razmislite i u grupi raspravite o ovom projektu pa pokušajte odrediti:

- Koji je cilj ovog projekta?
- Kako glasi istraživačko pitanje?
- Kako bi glasila hipoteza izvedena iz istraživačkog pitanja?

2. ***Primjer provedenog istraživanja***
Učenici su primijetili da lokalno rasprostranjena vrsta drveća u proljeće propupa najprije u nizini, a tek onda na okolnim brdima. Odlučili su pratiti količine oborina i temperaturu zraka i tla u nizini i na brdu. Označili su stabla na kojima će pratiti pupanje i to na 2 udaljena, ali po uvjetima slična mjesta na brdu i na nekoliko lokaliteta u gradu. U gradu su odabrali stablo smješteno u zaklonjenom dijelu školskog dvorišta, stablo koje stoji osamljeno u gradskom parku, stablo u gustoj sastojini parka i stablo uz prometnicu.

Zadatak:

Razmislite i u grupi raspravite o ovom projektu pa pokušajte odrediti:

- Koji je bio cilj istraživanja i što su učenici zapravo uspoređivali?
- Koje su istraživačko pitanje postavili? Uočavate li možda više od jednog istraživačkog pitanja? Istraživačkom pitanju pridružite odgovarajuću hipotezu.

4.4 Istraživanje na terenu – praktičan rad

Ishod učenja: Dizajnirati jednostavno istraživanje koje uključuje eksperiment izvodljiv u školskim uvjetima

- Odaberite lokalitet s nekim oblikom vegetacije u okolici škole. Obavite promatranje sa skiciranjem i prikupljanjem podataka prema Radnom listu 1.

» ***Upute za rad:***

Ograničite ili omeđite prostor na kojem će vaša grupa obaviti opažanje. Površina neka iznosi najmanje 20m^2, a ako je grupa veća od 6 učenika, neka bude 30m^2.

Učenici se rasporede po površini i svaki sa svojeg stajališta napravi simboličku skicu onoga što u prostoru promatranja uočava. Vidjet će možda mnogo trave, no ne treba količine i veličine vjerno prenositi na crtež, važno je simbolički naznačiti da je neki prirodni ili uneseni objekt prisutan u tom prostoru.

Nakon toga parovi učenika usporede svoje skice pa na svoj

crtež dodaju ono što sami prethodno nisu uočili. Nakon toga se grupa okupi uz plakat kojeg se stavlja na tvrdu podlogu i na plakat se unose svi detalji koje su učenici prethodno ucrtali na svoje skice. Po nekoliko učenika može istovremeno ucrtavati detalje, koristeći različite boje flomastera. Kad se svi slože da je crtež potpun, povede se razgovor o procesima koji se ovdje događaju i kojima su nacrtani objekti međusobno povezani.

Procesi se označe strelicama i njihovi se nazivi također unesu na plakat.

Intenzitet ili prisutnost procesa može se nekako detektirati – mjeriti. Treba razmisliti kojim se varijablama očituju pojedini procesi, odnosno što ukazuje na pojedine procese, a može se mjerenjem dokazati i pratiti. S obzirom na raspoloživi pribor, mogu se obaviti i neka mjerenja pa se i njihovi rezultati upišu na plakat.

U sljedećem koraku učenici promišljaju o svim podacima prikupljenim tijekom promatranja, o odnosima identificiranih varijabli, o međusobnoj ovisnosti procesa koji se na ovom prostoru događaju. Učenici individualno zapisuju pitanja koja im padnu na pamet.

Nakon što je svatko zapisao svoja, pitanja se razmijene u grupi. Odaberu se najbolja pitanja i svakome se pridruži hipoteza. Treba raspraviti o znanju koje u vezi pitanja već postoji u grupi. Učenici s nastavnikom odluče gdje će prikupiti još informacija o odabranom problemu.

S obzirom na prikupljene informacije, učenici u grupama sastavljaju nacrt istraživanja koje bi proveli na temelju odabranog pitanja i hipoteze.

» ***Potreban pribor:***

- blokovi za skice i bilješke s tvrdom podlogom i olovke,
- plakat za svaku grupu i flomasteri u bojama
- zermometar za tlo, IC termometar, fotometar
- psihrometar ili digitalni mjerač vlažnosti i temperature zraka
- mjerna traka, ključ za identifikaciju vrsta.

4.4.1 Radni list za rad na terenu

Zadatak 1

1. Uz pomoć mjerne trake odredite površinu na kojoj ćete obavljati promatranje i mjerenje.
2. Dogovori s kolegama u grupi da se rasporedite na različita mjesta unutar površine i skicirate na svoj papir sve što zapažate u svojoj okolini. (10')
3. Usporedi svoj crtež s crtežom kolegice/kolege koji ti je stajao najbliže. Nadopuni svoj crtež detaljima koje ti nisi zapazio/zapazila. (5')
4. Prenesi detalje sa svojeg crteža na zajednički plakat koristeći flomastere u boji.
5. Raspravi u grupi kakvi se procesi odvijaju unutar promatranog prostora, kakvi odnosi povezuju pojedine objekte
6. Ucrtajte procese na plakat pomoću strelica i označite ih.
7. Raspravite o tome što bi se sve moglo mjeriti, za ilustraciju navedenih procesa.
8. Obavite mjerenja priborom/instrumentima kojima raspolažete.
9. Odaberi zapažanje (npr. U sjeni je temperatura listova niža nego onih izloženih Sunčevu svjetlu.).
10. Oblikuj istraživačko pitanje (npr. Kakva je temperatura na različitim dubinama, ovisno je li u sjeni ili izloženo Sunčevu svjetlu?).
11. Oblikuj hipotezu (npr. Na 10 cm dubine nema razlike u temperaturi tla na svjetlu i u sjeni.).
12. Skiciraj nacrt istraživanja koje biste proveli u svrhu testiranja hipoteze.

Zadatak 2

1. Samostalno kreiraj malo istraživanje, primjenjujući sadržajni okvir i koristeći pribor prema uputama nastavnika.
2. Cijeli proces prikaži prema etapama istraživanja.

4.5 Načela znanstvenog istraživanja i zaključivanja

Ishod učenja: Obrazložiti temeljna načela znanstvenog istraživanja i zaključivanja

- Prema uputama nastavnika u grupama raspravite o primjerima nekih istraživanja u kojima nisu poštovana načela znanstvenog istraživanja i zaključivanja. Na temelju ovih primjera te na temelju svega što ste radili i teksta koji ste prethodno pročitali, pokušajte zaključiti koja su najvažnija načela znanstvenog istraživanja i zaključivanja na temelju znanstveno prihvatljivih dokaza.

» ***Primjer A***

Učenici su tijekom dvije godine mjerili temperature zraka na više mjesta u svojem istraživačkom području. Budući da je u drugoj godini temperatura bila prosječno viša, zaključili su da je to dokaz globalnog zatopljenja.

» ***Primjer B***

Učenici su stavili octenu kiselinu na uzorak tla. Nisu primijetili nikakvu reakciju. Zaključili su da karbonati nisu prisutni.

» ***Primjer C***

Analize vode u jednom morskom zaljevu pokazale su prisutnost žive. Vijest u kojoj je naveden točan protokol po kojem je obavljeno ispitivanje, objavljena je u lokalnim glasilima i podigla se velika prašina jer je živa otrovna. Kad je za nekoliko dana druga ekipa obavila mjerenja na istome mjestu, nije našla ništa sumnjivo.

» ***Primjer D***

Učenici GLOBE škole u kišomjeru su na svojem mjernom mjestu otkrili da u protekla 24 sata nije bilo kiše. Međutim, bili su svjedoci jakog pljuska tijekom noći kao i jutros kad su dolazili u školu. Netko iz grupe htio je zaključiti kako kiša kod škole nije padala i takav podatak unijeti u GLOBE bazu, ali ostali su se usprotivili. Kako otkriti tko je u pravu?

Zadatak

Na temelju rasprave i zajedničkih zaključaka izradite poster s načelima znanstvenog istraživanja i dogovorite mjesto na kojem ćete ga izložiti, kako bi bio na dohvat ruke tijekom idućih aktivnosti GEL projekta.

4.6 Izvori o zaštiti okoliša i održivom razvoju

Ivana Kajinić Čenić i Jasmina Nekić

Ishod: Prikupiti važne informacije o temi Zaštita okoliša i održivi razvoj zavičaja iz javnih baza podataka i literature.

Svakodnevno se susrećete s potrebom odabira važnih izvora informacija te navođenja literature pri pisanju referata, seminarskih i završnih radova. Prilikom navođenja bibliografskih jedinica, u popisu literature važno je navesti sve bitne knjižnične podatke. U tome će vam pomoći upute za navođenje literature objavljene na internetskoj stranici škole: http://www.gimpoz.hr/skola/knjiznica-i-citaonica/upute-za-navodenje-literature.

Aktivnost možete provesti u suradnji sa stručnim suradnikom – školskim knjižničarom ili nekim drugim nastavnikom na satu razrednika ili nekom drugom školskom satu.

» ***Upute za rad:***

1. vježba:

- podijelite se u grupe od 5 do 6 članova
- unutar grupe istražite temu s obzirom na vrstu izvora
- napišite popis literature
- pročitajte što su napisali ostali članovi grupe i raspravite koje izvore smatrate važnima.

2. vježba:

- svaka grupa dobije upute za navođenje literature za rad prema vrstama izvora, flomastere i nekoliko kartica u boji
- na svaku karticu ispišite po jedan izvor vodeći se pravilima u uputama
- na istu karticu napišite anotaciju i u slučaju postojanja sadržaja kopirajte/fotografirajte/skenirajte isti.
- ispisane kartice zalijepite na unaprijed odabrano mjesto u učionici
- izaberite predstavnike grupa koji će pročitati i objasniti koje ste izvore pronašli
- od prikupljenih podataka formirajte fizičku bazu podataka o izvorima o temi Zaštita okoliša i održivi razvoj zavičaja u obliku registratora.

» ***Dodatni zadatak:***

Kontinuirano istražujte zadanu temu i nadopunjujte registrator novim karticama.

» ***Napomena:***

Prikupljene podatke možete, u suradnji s prof. informatike ili stručnim suradnikom – knjižničarom, preoblikovati u elektronički oblik.

4.7 Koncept mapa kao alat za prikazivanje znanja i lakše učenje

Prema prijedlogu prof. dr. sc. Ines Radanović

Pitanja kojima se bavimo

- Što je koncept mapa?
- Zašto napraviti koncept mapu?
- Kako napraviti koncept mapu?

Koncept mapa je vizualni oblik prikaza određenog sadržaja. Kao shematski prikaz koji prikazuje osnovni koncept teme i specifične međuodnose pojmova vezanih uz njega, prikazuje znanje u vidljivom i lako uočljivom obliku. Njen je naglasak na pomoći razumijevanju značenja sadržaja učenja uz stvaranje jasnih i čistih odnosa između koncepata. Pri tome se koriste međusobno povezani pojmovi. Poveznice pojmova stvaraju izjave kao rezultat njihovog povezivanja. Postepenim razvojem koncept mape prikazuju se odnosi i karakteristike sadržaja koji su uključeni u odabranu temu, a detalji koncepta jednostavno se dodaju osnovnoj strukturi da se osigura razumljivost.

Učenje vrlo često ne ostvaruje svoju namjenu i često ne osigurava stvarni napredak u znanju. U mnogim nastavnim predmetima opterećenost činjeničnim detaljima onemogućava shvaćanje šire slike. Razlog tome je izostanak interakcije s nastavnim sadržajem, odnosno naglasak je na memoriranju podataka, bez ili s vrlo malo interakcije s prethodnim učenjem. Napredak u učenju moguć je samo ako se uči smisleno, što zahtijeva razumijevanje, analiziranje i procjenjivanje onoga što se uči i povezivanje s naučenim. Znanje organizirano u shemama omogućuje kategoriziranje višestrukih sklopova elemenata informacija, kao jedan element, čime se smanjuje opterećenje radne memorije. Ljudski um organizira i pohranjuje podatke u nizu mreža. Grafički organizatori su vizualni prikazi koji nalikuju mrežama i omogućuju izgradnju novog znanja ili mijenjanje predznanja uočavajući veze i proturječja između postojećih znanja i novih informacija. Pomažu pretvoriti i obuhvatiti naizgled mnoštvo nepovezanih informacija u strukturirani grafički prikaz jednostavan za čitanje. Pri tom je važno da nastali vizualni prikaz prenosi složene informacije na jednostavan način i omogućuje jasno razumijevanje.

4.7.1 Primjer izrade koncept mape: Istraživanje i znanstvena metodologija

1. **Krenuti od opisa neke teme ili opisati temu u sažetom obliku uz isticanje najvažnijih dijelova (sistematizirati).**

Istraživanje je proces prikupljanja podataka ili informacija, s ciljem nalaženja odgovora na neko pitanje. Istraživanje je sastavni dio života, a to je ujedno prirodni način učenja i proces kojim proširujemo svoja znanja. Znanstveno istraživanje u osnovi slijedi obrazac prirodnog učenja, ali podrazumijeva stroži oblik primijenjene metodologije, što treba omogućiti donošenje pouzdanih zaključaka i stavljanje ostvarenih rezultata na raspolaganje znanstvenoj i široj društvenoj zajednici. Osim znanstvenih istraživanja, koja podrazumijevaju otkrivanje novih činjenica, onih koje nisu prethodno već bile objavljene u znanstvenoj zajednici, postoje i stručna istraživanja. Stručna istraživanja rukovode se istim načelima i metodologijom, također doprinose boljem razumijevanju ili sagledavanju svijeta u kojem živimo, ali nemaju dimenziju novog otkrića. Primjerice, to je istraživanje poznate zakonitosti na novom primjeru ili na drugom području. Znanstvena metodologija podrazumijeva posve određene etape u provedbi istraživanja. Etape koje su ovdje opisane predstavljaju logičan slijed i osiguravaju sustavnost u pristupu istraživača….

Nastavak teksta možete pogledati na str. 26 ovog priručnika u poglavlju Metodologija istraživanja.

2. Podcrtati u tekstu ključne riječi (pojmove) za razumijevanje nastavnog sadržaja.

Istraživanje je proces prikupljanja podataka ili informacija, s ciljem nalaženja odgovora na neko pitanje. Istraživanje je sastavni dio života, a to je ujedno prirodni način učenja i proces kojim proširujemo svoja znanja. Znanstveno istraživanje u osnovi slijedi obrazac prirodnog učenja, ali podrazumijeva stroži oblik primijenjene metodologije, što treba omogućiti donošenje pouzdanih zaključaka i stavljanje ostvarenih rezultata na raspolaganje znanstvenoj i široj društvenoj zajednici. Osim znanstvenih istraživanja, koja podrazumijevaju otkrivanje novih činjenica, onih koje nisu prethodno već bile objavljene u znanstvenoj zajednici, postoje i stručna istraživanja. Stručna istraživanja rukovode se istim načelima i metodologijom, također doprinose boljem razumijevanju ili sagledavanju svijeta u kojem živimo, ali nemaju dimenziju novog otkrića. Primjerice, to je istraživanje poznate zakonitosti na novom primjeru ili na drugom području. Znanstvena metodologija podrazumijeva posve određene etape u provedbi istraživanja. Etape koje su ovdje opisane predstavljaju logičan slijed i osiguravaju sustavnost u pristupu istraživača...

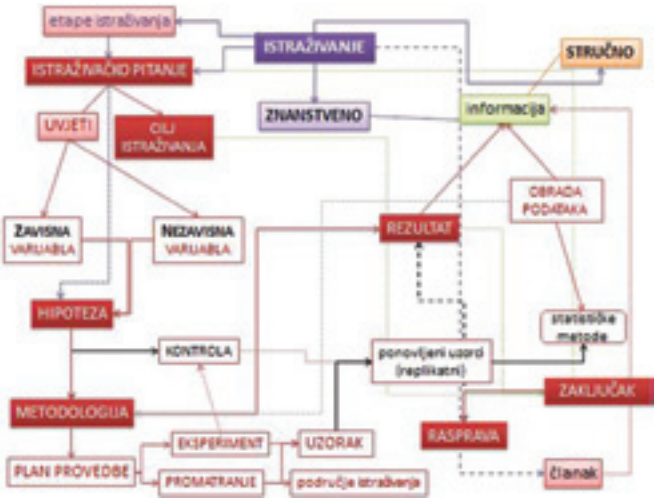
3. *Izdvojiti ključne pojmove (približno 20).*

- istraživanje
- etape istraživanja
- istraživačko pitanje
- zavisna varijabla
- nezavisna varijabla
- hipoteza
- metodologija
- uvjeti
- kontrola
- uzorak
- rezultat
- obrada podataka
- zaključak
- rasprava
- članak

4. *Ključne pojmove razmjestiti na papiru. Koristiti boje i različite načine pisanja da se prikaže povezanost.*

5. *Ključnim pojmovima dodati pojmove koji nedostaju da se osigura razumijevanje.*

6. *Povezati pojmove strelicama da se može pratiti povezanost između pojmova. Prvo povezati tijek osnovnog objašnjenja (u primjeru - pune crte između strelica), a zatim međusobno povezati istaknute pojmove prema potrebi (u primjeru - točkaste crte između strelica) da se istakne međusobna veza svih pojmova (najvažniji dio koncept mape).*



7. *Uz strelice napisati riječi povezivanja, tako da se vezom pojmova značenje prikaza može čitati u obliku rečenica.*

8. ***Provjeriti razumljivost mape uz provjeru teksta sažetka i sistematizacije od koje se krenulo.***

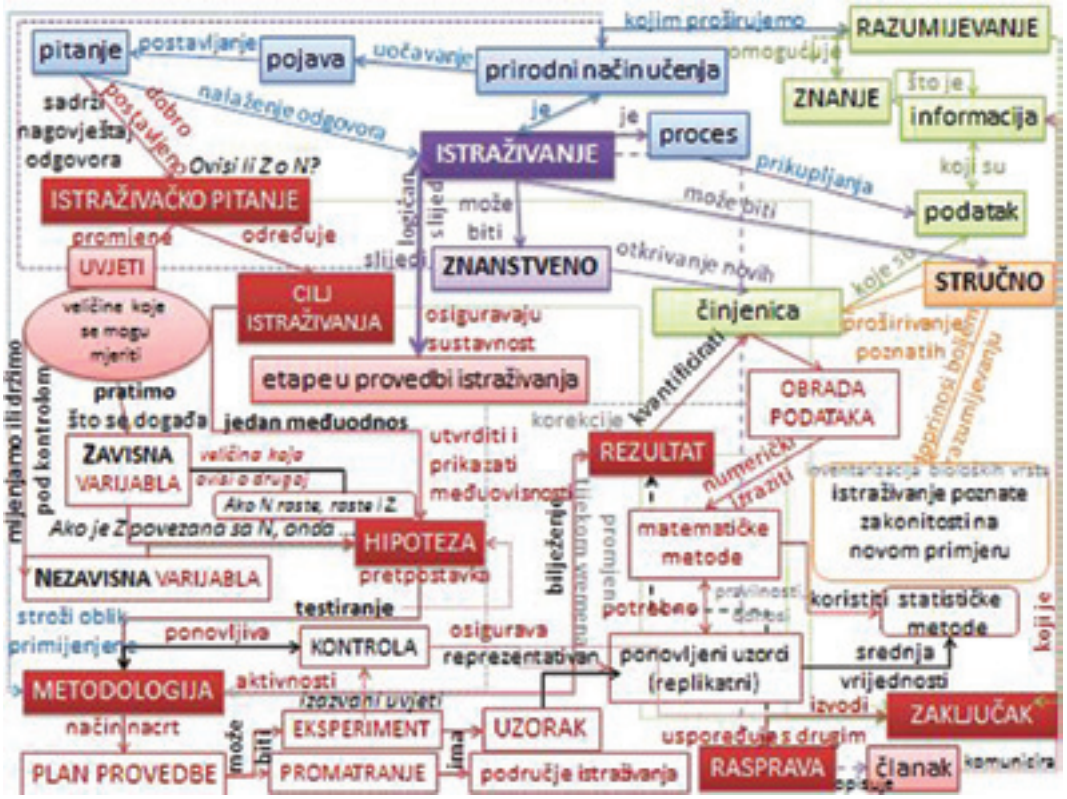
Istraživanje može biti znanstveno (kojim se otkrivaju nove informacije) ili stručno (kojim se proširuju poznate informacije). Istraživanje slijedi logičan slijed u etapama provedbe istraživanja. Polazište istraživanja je dobro postavljeno istraživačko pitanje…

Nakon malo vježbe koncept mapa može sadržavati i puno više informacija koje će prikazati potpuno razumijevanje.

» **Karakteristike dobrog kartiranja znanja:**

- karta je **uredna, jasna i razumljiva** samostalno, neovisno od verbalnog objašnjenja
- sve **riječi povezivanja su jasne i odgovarajuće** te u potpunosti povezuju korištene pojmove
- korišteni pojmovi u potpunosti **objašnjavaju potrebne koncepte**
- korištene **boje pridonose poboljšanju razumljivosti**
- dodane su **slike ili ilustracije**

Za izradu koncept mape možete koristiti neki od brojnih programa, kao što su Visual Understanding Environment (VUE) http://vue.tufts.edu/ ili CampTools http://cmap.ihmc.us/conceptmap.html, koji omogućuju lakše organiziranje pojmova, njihovo mijenjanje i preraspodjelu te međusobnu vezu različitih koncept mapa.



Primjeri alata za kartiranje i sistematizaciju znanja

- CMap
- XMind
- yEd
- Freemind
- VUE
- SimpleMind Free (Mac)

Online

- Creately
- Gliffy
- Lucid Chart (free for K-12 classrooms)
- Mindmeister
- Mindjet Maps
- SimpleMind Free
- Exploratree (Digging up Roots or Knowing Trees)
- bubbl.us
- Google Docs: Drawing
- Coggle.it
- Popplet
- Text 2 Mind Map
- UnConcept

Mobile Apps (iPad i iOS)

- Mindnode
- Idea Sketch
- Popplet
- weMap collaborative mapping tool Maptini
- Mindmeister
- Inspiration Maps ($) (Lite)
- Mindomo
- SimpleMind Free
- weMap collaborative mapping tool

Mobile Apps (Android)

- Thinking Space
- Mind Map Memo
- Mindomo
- Mindmeister

5. ANALIZA PROBLEMA TE IZBOR STRATEGIJE ZA NJIHOVO RJEŠAVANJE

Ljiljana Žanetić

U procesu analize stanja te planiranju i provođenju društvenih akcija koristit ćemo **skup alata za izradu, upravljanje i evaluaciju projekata** što ga je Europska komisija usvojila u ranim devedesetima pod nazivom **„Upravljanje projektnim ciklusom“ (UPC)** ili, što ćete često susresti, engleski naziv *Project Cycle Management* (PCM).

Glavne ključne točke UPC-a su:
- jasni i realistični ciljevi
- povećanje dugoročne koristi projekta
- usklađenost projekata i programa s «općim ciljevima politike» te njihov doprinos tim ciljevima.

5.1 Analiza uzroka i mogućnosti rješavanja problema

Ishod: Analizirati uzroke i mogućnosti utjecanja na probleme okoliša i održivog razvoja zavičaja (u kontekstu rasprave o rezultatima istraživanja).

Metoda **problemskog stabla** i **stabla ciljeva** poznata je tehnika koja pomaže razraditi ideje i oblikovati plan rješenja problema uočavajući neraskidive uzročno-posljedične veze između problema. Tehnika problemskog stabla probleme simbolički prikazuje putem stabla u kojemu deblo predstavlja središnji problem, korijen simbolizira uzroke tog problema, a krošnja posljedice problema. Kada smo, primjenjujući ovu metodu, logički artikulirali problem, tada je puno jasnije kako ga riješiti. Naš će problem postati cilj strategije, projekta i/ili akcije, uzroci tog problema trebaju se pretočiti u aktivnosti, a posljedice problema trebale bi postati projektni rezultati.

Razlika između analize problema i analize ciljeva:
- Analiza problema prikazuje **negativne aspekte postojeće situacije.**
- Analiza ciljeva prikazuje **pozitivne aspekte** željene **buduće** situacije.

Vježba: Problemsko stablo

» *Svrha vježbe:* Izraditi i razviti problemsko stablo problema okoliša i održivog razvoja zavičaja.

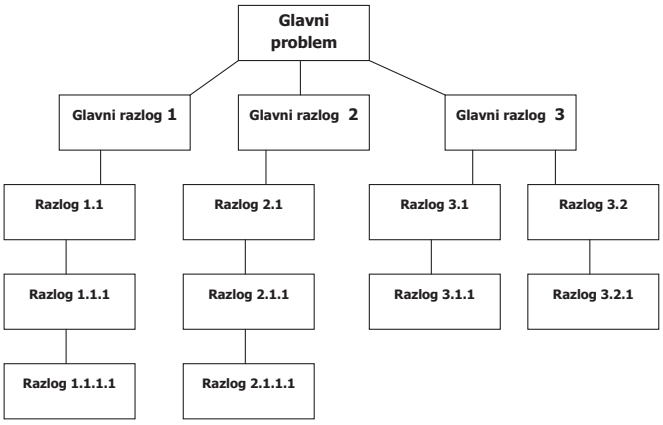
» Glavni zadaci:
- Identificirati sve postojeće negativne aspekte (probleme) okoliša i održivog razvoja u zavičaju.
- Utvrditi uzročno-posljedične veze problema koje ste identificirali.
- Izraditi problemsko stablo.

» Upute za rad:

Podijelite se u skupine od 5 do 6 učenika. Svaka skupina ima isti zadatak opisan u sljedećim koracima. Za rad imate 30 minuta nakon čega ćete predstaviti svoje problemsko stablo ostalim učenicima.

1. korak

Koristeći rezultate istraživanja sastavnica održivog razvoja te svoje praktično znanje identificirajte stvarne probleme okoliša u zavičaju te uzroke nastanka problema.
Pri analizi problema odgovorite na sljedeća pitanja:
1. U čemu je problem?
2. Zašto želimo napraviti baš to što želimo?



Slika 5.1 *Opća shema problemskog stabla*

3. Postoji li uzročno-posljedična veza među problemima?
4. Postoji li stvarna potreba za rješavanjem tog problema?
5. Radi li netko već nešto slično?
6. Što će se dogoditi bude li se problem zanemarivao?

2. korak

Na posebnim listovima papira (samoljepivi papirići iste boje) zapišite svaki identificirani i prihvaćeni problem i svaki razlog. Ovaj je pristup nužan kako biste mogli pomicati pojedinačne listove papira s problemima i razlozima dok ne ustanovite odgovarajuću hijerarhiju problema i uspostavite uzročno-posljedične veze. Konačna verzija je problemsko stablo projekta. Kao model možete koristiti problemsko stablo (opću, praznu strukturu) priloženo nakon ove upute.

3. korak

Kada ste dovršili problemsko stablo i odabrali žarišni problem, ponovno pogledajte konačnu verziju problemskog stabla i razmislite je li to jedina mogućnost. Ukoliko mislite kako postoji i druga mogućnost za izradu problemskog stabla, vratite se na 2. korak i ponovno započnite.

4. korak

Preslikajte konačnu verziju problemskog stabla s pojedinačnih listova papira na papire velikoga formata na ploči tako da ih možete prezentirati na kraju radionice.

» Praktični savjeti:
- Ne zaboravite da ćete identificirani problem ili probleme rješavati u okviru vašeg projekta, tj. akcije koju namjeravate provesti.

- Zapamtite dvije uobičajene poteškoće kod izrade problemskog stabla: neodgovarajuća specifikacija problema (preopćenito opisan problem, npr. „puno divljih deponija“) i izjava o nepostojećim rješenjima.
- Objasnite zašto žarišni problem smatrate najvažnijim.

Vježba: Stablo ciljeva

Problem rješavamo tako da problemsko stablo pretvorimo u stablo ciljeva. Dakle, problem postaje cilj! **Ciljeve formuliramo glagolima izraženima u infinitivu**, npr.:

- povećati
- ublažiti
- poboljšati
- pojačati
- potaknuti
- smanjiti.

» Analiza ciljeva metodološki je pristup kojim:

1. Opisujemo buduću situaciju jednom kad se problemi otklone, uz sudjelovanje uključenih strana.
2. Utvrđujemo hijerarhiju ciljeva.
3. Opisujemo odnos između sredstava i cilja pomoću dijagrama.

Stablo ciljeva može se zamisliti kao pozitivna zrcalna slika problemskog stabla, a uzročno-posljedična veza postaje odnos sredstava i ciljeva. Negativne situacije iz dijagrama problema pretvaraju se u rješenja, izražena kao pozitivna postignuća. Ta pozitivna postignuća u stvari su *ciljevi* i u dijagramu ciljeva pokazuju hijerarhiju između sredstava i ciljeva. Kad je dovršeno, stablo ciljeva pruža sveobuhvatnu sliku **željene buduće situacije**. Ciljeve je hijerarhijski moguće podijeliti na:

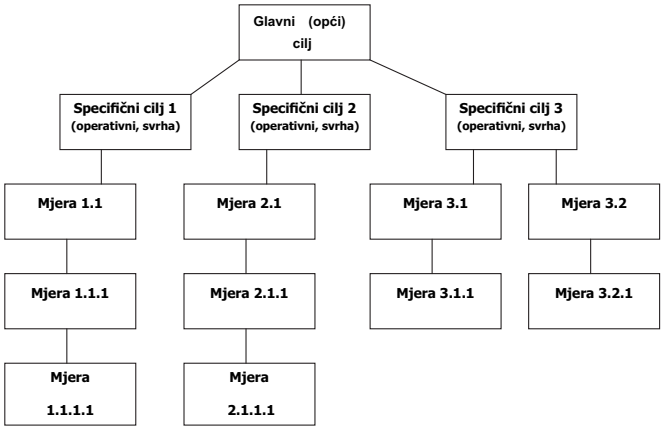
Opće ciljeve koji trebaju objasniti zašto je akcija/projekt/program važan za društvo u smislu dugoročne koristi za korisnike i šire koristi za druge skupine. Oni također trebaju pokazati kako se sve uklapa u regionalne/sektorske politike. Opći se ciljevi vjerojatno neće postići zamišljenom strategijom i akcijama, nego zahtijevaju utjecaje i drugih projekata i programa.

Svrha (specifični, operativni cilj) treba se baviti temeljnim problemom, a definira se s obzirom na koristi za korisnike ili ciljanu skupinu kao rezultat koji će akcijama/projektima biti ostvaren.

Planirani **rezultati** trebaju opisati usluge/proizvode koje će se pružiti korisnicima ili ciljnoj skupini. Rezultati se bave glavnim uzrocima problema s kojima je ciljna skupina suočena. Kako bi se osigurala važnost rezultata, analiza problema trebala bi identificirati stvarne potrebe korisnika.

Raspored **aktivnosti** treba opisati **kako** će se dobra i usluge pružati, tj. kako će se situacija mijenjati.

» *Svrha vježbe:* Izraditi i razviti stablo ciljeva stanja okoliša u zavičaju.



Slika 5.2 Opća shema stabla ciljeva

» Glavni zadaci:

1. Preformulirati probleme (iz izrađenog problemskog stabla) u ciljeve (stablo ciljeva).
2. Preformulirati odnos „uzroka i posljedice“ u odnos „sredstva i cilja“.
3. Izraditi stablo ciljeva stanja okoliša u zavičaju.

» Upute za rad:

Ostanite u istim skupinama kao u prethodnoj radionici. Prema sljedećoj uputi napravite stablo ciljeva stanja okoliša u zavičaju. Za izradu stabla ciljeva imate 30 minuta, a nakon toga predstavit ćete svoj rad ostalim učenicima.

1. korak

Koristeći problemsko stablo, razmislite kako preformulirati probleme u ciljeve (opći ili glavni cilj i svrhu tj. specifične ili operativne ciljeve.). Kako biste to ispravno učinili, pretvorite negativnu situaciju (razloge) iz problemskog stabla u rješenja problema (mjere) koja trebaju biti izražena u obliku pozitivnih postignuća. Uzmite u obzir da ispravno izrađeno stablo ciljeva prikazuje početnu metodologiju provedbe projekta (akcije). Kao model možete koristiti stablo ciljeva (opću, praznu strukturu) priloženo nakon ove upute. Najbolji način formuliranja ciljeva sadrži engleski akronim SMART. Ciljevi, dakle, trebaju biti:

ENGLESKI	HRVATSKI	OBRAZLOŽENJE
SPECIFIC	SPECIFIČNI	Smjer promjene.
MEASURABLE	MJERLJIVI	Stupanj promjene izražen kvantitativno.
ACHIEVIBILE	PROVEDIVI	Provedivi.
REALISTIC	REALNI	Stvarno izvedivi.
TIME BOUNDED	VREMENSKI ODREĐENI ILI OGRANIČENI	U određenom vremenskom razdoblju.

2. korak

Na posebnim listovima papira (samoljepivim papirićima u drugoj boji nego što su bili problemi) zapišite svaki identificirani i prihvaćeni cilj i svaku potencijalnu mjeru. Takav je pristup nužan kako biste mogli pomicati pojedinačne listove papira s ciljevima i potencijalnim mjerama dok ne ustanovite odgovarajuću hijerarhiju ciljeva i uspostavite odnose sredstva i cilja. Konačna verzija je stablo projektnih ciljeva.

3. korak

Kada je stablo ciljeva dovršeno, ponovno pogledajte konačnu verziju stabla ciljeva i razmislite je li to jedina mogućnost za postizanje ciljeva. Ukoliko odlučite kako postoji druga mogućnost za izradu stabla ciljeva, vratite se na 2. korak i ponovno započnite. Uzmite u obzir da možete izraditi nekoliko stabala ciljeva koji će prikazivati različite načine postizanja istog cilja ili ciljeva. Ako odlučite izraditi dva ili više stabla ciljeva, za svaki od njih ponovite korake 1 do 3.

4. korak

Preslikajte konačnu verziju stabla ciljeva s pojedinačnih listova papira na papire velikoga formata tako da ih možete prezentirati na kraju radionice. Svaka grupa ima 5 minuta za predstavljanje svoga stabla.

» Praktični savjeti:

- Zapamtite da se identificirani problem ili problemi mogu riješiti na različite načine (različitim strategijama).
- Objasnite zašto mislite da je Vaše stablo ciljeva najbolji i jedini način rješavanja problema.

5.2 Izbor strategije za rješavanje problema

Ishod: Odabrati strategiju rješavanja problema okoliša i održivog razvoja u zavičaju.

Vježba: Analiza stategije

Radeći stablo ciljeva utvrdili ste kako se isti ciljevi mogu postići na različite načine. Načine postizanja ciljeva nazivamo strategijama. Može se ustanoviti postojanje praznine u logici prvobitnog stabla ciljeva koje nisu bile očite u problemskom stablu. Stoga bi se veze između sredstava i ciljeva trebale pregledati i reorganizirati ako je potrebno. Isto tako, stablo ciljeva može pokazati kako se neki ciljevi ne mogu ostvariti u okviru naših mogućnosti te se njima treba baviti u drugim projektima. Neki ciljevi mogu biti nerealistični pa treba pronaći druga rješenja ili odustati od pokušaja rješavanja. Analiza strategije uključuje odluku koji će se ciljevi **uključiti,** a koji **isključiti** u organiziranju akcija i projekata. Jednom akcijom ili projektom ne možemo ostvariti sve ciljeve. Zato je potrebno procijeniti kakvi su izgledi za izvedivost različitih intervencija.

» *Svrha vježbe:* Konačna provjera načina i pristupa rješavanju problema okoliša koji proizlaze iz stabla ciljeva.

» Glavni zadaci:

1. Navesti kriterije za odabir strategija provedbe projekta, npr.:
   - stvarna potrebe zajednice
   - važnost problema za one koje pogađa
   - vjerojatnost uspjeha
   - proračun, mogućnost pribavljana financijskih sredstava
   - relevantnost strategije
   - potrebno vrijeme za provedbu
   - tehnička izvedivost
   - doprinos smanjenju nekog problema…
2. Identificirati različite moguće strategije pomoću kojih bi se mogao postići cilj ili ciljevi.
3. Odlučiti o konačnoj strategiji provedbe ciljeva.

» Upute za rad:

Radite u grupama istog sastava kao i u prethodnim radionicama. Sada tu grupu već možemo nazvati akcijskim timom koji će se u kasnijim fazama dopuniti ljudima izvan škole. Imate 30 minuta, nakon čega ćete svoje prijedloge prezentirati ostalim učenicima. Tijekom rada, slijedite navedene korake:

1. korak

Koristeći problemsko stablo i stablo ciljeva koje ste izradili, navedite i opišite na temelju čega ste odlučili da je izabrano stablo ciljeva najbolji način rješavanja problema i postizanja ciljeva. Napišite kriterije koje ste koristili u donošenju odluke te ih obrazložite u nekoliko riječi.

2. korak

Koristeći utvrđene kriterije, razmislite postoje li drugi načini postizanja ciljeva i provedbe projekta. Ukoliko postoje, preoblikujte vaše stablo ciljeva, a ukoliko ne postoje, neka prvobitna verzija stabla ciljeva ostane nepromijenjena.

3. korak

Ako ste izradili nekoliko stabala ciljeva koji prikazuju različite načine postizanja istog cilja ili istih ciljeva, odlučite o konačnoj strategiji ostvarivanja ciljeva koristeći utvrđene kriterije. Predstavite stabla ciljeva, za što svaka grupa ima 5 minuta.

5.3 Analiza okružja za provedbu strategije

Ishod: Analizirati okružje za provedbu izabrane strategije rješavanja problema okoliša u zavičaju.

Za konačan odabir strategije rješavanja problema okoliša u zavičaju i planiranja akcija, vrlo je važno utvrditi povezanost strategije s općim ciljevima na području održivog razvoja te njihov doprinos tim ciljevima. Akcije koje namjeravamo provoditi trebaju biti **relevantne** u odnosu na dogovorenu regionalnu ili lokalnu strategiju i na istinske potrebe korisnika, tj. ciljnih grupa. Trebaju također biti **povezane** sa sektorskim, nacionalnim, regionalnim i/ili lokalnim ciljevima. Kako biste utvrdili relevantnost i povezanost odabrane strategije, potrebno je napraviti sljedeće **analize**:

1. Analiza zakonodavnog i institucionalnog okvira.
2. Analiza dionika.
3. SWOT analiza.

Prije početka navedenih analiza, nekoliko uputa o tome **koje je informacije potrebno prikupiti**:

» **informacije o općoj situaciji:**
- zakonodavstvo povezano s područjem zaštite okoliša i održivog razvoja; nacionalni propisi i smjernice
- razvojne strategije i programi, stvaranje opće politike na području ZOOR
- tekući ili završeni srodni razvojni projekti (nacionalni ili međunarodni)
- opći razvojni trendovi, porast ekološkog aktivizma i sl.
- **informacije o regiji/županiji:**
- informacije o regionalnoj/županijskoj ili lokalnoj situaciji
- postojeći razvojni programi i planovi
- situacija u drugim sektorima povezanim s planiranom aktivnosti
- identifikacija srodnih interesnih skupina, njihova uloga u odnosu na planirani projekt

» **analizu strateških dokumenata:**
- propise Europske unije
- druge relevantne nacionalne i/ili regionalne dokumente
- sektorske kratkoročne i dugoročne strategije ili programe koji se tiču stanja okoliša i održivog razvoja
- županijsku razvojnu strategiju
- druge dokumente

» **informacije vezane uz akcije koje namjeravamo provesti:**
- osnovne informacije o ciljnoj skupini: interesi i navike, kulturološke značajke, itd.
- opće materijalne i gospodarske uvjete: tržišnu situaciju, raspoloživost opreme i objekata itd.

» **Zašto nam trebaju te informacije?**
- Za preciznije i jasnije sagledavanje potreba i gledišta uključenih dionika.
- Za planiranje drugih događaja izvan naših aktivnosti.
- Za planiranje radnog okruženja.

Vježba: Analiza zakonodavnog i institucionalnog okvira

» Svrha vježbe: Usklađivanje odabrane strategije sa zakonskim i institucionalnim okvirom.

» Glavni zadaci:
1. Prikupiti važne informacije o zakonodavnom i institucionalnom okviru planirane strategije.
2. Sistematizirati prikupljene informacije po područjima.
3. Utvrditi važnost planirane strategije u odnosu na zakonska i strateška određenja.

» Upute za rad - zadatak za samostalan rad kod kuće:
- Podijelite u grupi zaduženja za pojedina područja (županijski dokumenti, nacionalni, EU zakoni i strategije, udruge, projekti koji se provode ili su provedeni…). Prema navedenim uputama pronađite dostupne podatke i informacije vezane uz ZOOR. Potražite savjete knjižničara/knjižničarke u školi. Za bilježenje, citiranje i sistematiziranje građe svakako koristite prethodno dobivene o metodologiji istraživanja te izradi i predstavljanju izvještaja o rezultatima istraživanja sastavnica održivog razvoja.
- Razmijenite prikupljene informacije elektroničkom poštom tako da svi imate sve potrebne podatke.

Vježba: Analiza dionika

Dionici su sve osobe, skupine ljudi, ustanove ili poduzeća koja bi mogla biti u vezi s planiranom strategijom. Kako bi se do kraja povećala društvena i institucionalna korist naših akcija i smanjili negativni utjecaji, analiza dionika utvrđuje sve na koje akcije mogu utjecati (pozitivno ili negativno) i na koje načine. Dionici mogu u akciji djelovati tako da nas zastupaju i podržavaju, blokiraju i/ili kritiziraju. Kada odlučujete tko su dionici, mogu vam pomoći odgovori ne sljedeća pitanja:
- Čija su iskustva i perspektive važni?
- Tko će odlučivati o provođenju akcije?
- Čija je aktivna podrška ključna za uspjeh akcije?
- Tko ima pravo biti uključen u akciju?
- Kome je akcija prijetnja?
- Kako povećati utjecaj saveznika, a smanjiti utjecaj protivnika?

Prema važnosti i utjecaju na akciju, dionike dijelimo na:
- primarne (prioritetne) dionike – oni su izravno pogođeni, bilo pozitivno (korisnici) ili negativno
- sekundarne dionike - oni su posrednici u procesu pružanja pomoći, tj. provođenju akcije
- ključne dionike – oni mogu znatno utjecati na uspjeh akcija ili su važni za njihov uspjeh.

» Svrha vježbe: Provesti analizu dionika.

» Glavni zadaci:
1. Identificirati dionike.
2. Utvrditi primarne i sekundarne dionike, posebno izdvojiti ključne dionike.
3. Za svakog dionika odrediti važne elemente prema zadanim kriterijima.

» Uputa za rad:

Uvažavajući osnovne informacije o dionicima, u svom akcijskom timu napravite sljedeće korake:

1. korak

Utvrdite i popišite sve dionike (ili grupacije dionika) za koje smatrate kako mogu biti povezani s vašom strategijom za postizanje ciljeva poboljšanja stanja okoliša u zavičaju (ne zaboravite i na one koji mogu imati štete od vaših akcija, koji bi se mogli protiviti i sl.) Upišite dionike u donju tablicu.

2. korak

Kada ste napravili popis dionika, popunite ostale elemente u donjoj tablici za svakog navedenog dionika: moguće zadatke i odgovornosti u planiranim akcijama, njihova očekivanja i potencijalne strahove vezane uz akcije te potencijalnu podršku akciji.

3. korak

Ako ne možete domisliti sve potrebne elemente, kontaktirajte moguće dionike i u neposrednom razgovoru s njima doznajte što vas zanima.

4. korak

Neka svaka grupa u 5 minuta iznese osnovne informacije o svojoj analizi dionika.

Dionik ili grupacija dionika	Zadaci i odgovornosti	Očekivanja od akcije	Strahovi vezani uz akciju	Potencijalna podrška akciji

Vježba: SWOT analiza

SWOT analiza (engl. SWOT analysis) je kvalitativna analitička metoda kojom se stupnjevanjem elemenata u okviru četiri polja analize – snage, mogućnosti, slabosti i prijetnje – procjenjuju jake i slabe strane, pogodnosti i problemi razmatranog predmeta ili pojave, organizacije, tima i sl. Naziv potječe od početnih slova engleskog naziva pojedinih polja:
- **S**trengths - snage
- **W**eaknesses - slabosti
- **O**pportunities - mogućnosti
- **T**hreats - prijetnje.

Postoji nekoliko uopćenih **pravila** sukladno kojima je preporučljivo provesti SWOT analizu kako bi ona bila svrhovita:
- Analizu treba raditi u timu koji će provoditi akcije kako bi se ona provela objektivno i s više strana.
- Preporuča se da analiza bude kratka i jednostavna te da sudionici slijede prikazanu strukturu.
- Iako je analiza subjektivna, bilo bi dobro da sudionici budu realistični i precizni u svojim procjenama te da izbjegava uopćene zaključke, posebice kada se radi o samoprocjeni organizacije.

Koristi SWOT analize u pripremi i provedbi akcija i projekata su višestruke, s time da je ona temelj na kojemu se grade daljnje aktivnosti i postižu rezultati uz efikasnu uporabu resursa.

» *Svrha vježbe:* upoznavanje s pristupom SWOT analize kao jednim od često korištenih analitičkih pristupa.

» Glavni zadaci:
1. Izraditi SWOT analizu odabrane strategije rješavanja problema okoliša.

» Uputa za rad:
1. korak
Na sastanak akcijskog tima pozovite neke od dionika koje ste identificirali u prethodnoj vježbi. Bilo bi dobro da izradi SWOT analize nazoče barem ključni dionici.

2. korak
Tijekom polusatnog rada iznesite sve elemente koje možete domisliti za bilo koje polje analize i na zasebne papiriće zapišite svoje prijedloge.

3. korak
Grupirajte elemente u svako od četiri zadana polja - snage, mogućnosti, slabosti i prijetnje.

4.korak
Predstavite svoju analizu drugim učenicima. Svaka grupa ima 5 minuta za prezentaciju.

S

Strengths – snage: pozitivne unutarnje strane odabrane strategije.

- Koje su prednosti i jake strane strategije?
- Kojim resursima (ljudstvo i oprema) raspolažemo? Što drugi vide kao prednosti?
- U čemu smo dobri ili najbolji?

O

Opportunities – mogućnosti: vanjski činitelji koji mogu pozitivno utjecati na provođenje odabrane strategije.

- Koje su dobre prigode koje se pružaju iz okoline? Postoje li pozitivni trendovi ili vanjski faktori koji mogu dobro utjecati na provedbu strategije?

W

Weaknesses – slabosti: negativne unutarnje strane odabrane strategije.

- Što se može poboljšati u provođenju strategije?
- Koji postupci i metodologije nisu na visokoj razini? Postoje li poslovi koji nisu dobro obavljeni?
- Prijeti li slabost redovitom obavljanju poslova?

T

Threats – prijetnje: vanjski čimbenici što mogu negativno utjecati, odnosno umanjiti mogućnosti odabrane strategije.

- S kojim se preprekama susrećemo?
- Što rade ostali, jesu li nam konkurencija?
- Postoji li potražnja i prava potreba za poslovima i akcijama koje namjeravamo provesti?

5.4 Prijedlog društvene akcije za rješavanje problema

Ishod: Predložiti odgovarajuću ideju akcije za rješavanje odabranih problema okoliša u zavičaju.

Do sada ste već napravili brojne analize koje su dale sliku problema, mogućih rješenja, uputile na potencijalne suradnike i partnere, oslikale okružje vašeg djelovanja te iznjedrile razne ideje za provođenje akcija u zajednici. Sada ćete te podatke objediniti i iskoristiti te ukratko opisati projektni prijedlog akcije koju namjeravate provesti.

Vježba: Projektni prijedlog društvene akcije

» Svrha vježbe: Izrada projektnog prijedloga društvene akcije i odabir najprimjerenije akcije koja će biti provedena u zajednici.

» Glavni zadaci:
1. Izraditi projektne prijedloge društvenih akcija.
2. Prema zadanim kriterijima vrednovati sve izložene prijedloge.
3. Prema ukupnom rezultatu evaluacije odabrati prijedlog akcije koji je dobio najviše bodova i koji će biti razrađen za provedbu.

» Uputa za rad:
1. korak
Podijelite se ponovno u skupine, tj. akcijske timove. Koristeći sve dosadašnje podatke izradite prema zadanom predlošku projektni prijedlog društvene akcije za koju se vaš tim odlučio. U projektnom prijedlogu trebaju biti osnovni traženi podaci, dok će mnogi od njih detaljnije biti razrađeni kasnije, kada budemo detaljno planirali akciju.

2. korak
Tijekom polusatnog rada u zadani obrazac sažeto unesite sve potrebne elemente.

3. korak
Predstavite projektni prijedlog svoga tima ostalim učenicima. Koristite znanja koja ste stekli radeći izlaganja za objavu i predstavljanje na javnim skupovima. Svaka skupina ima deset minuta za predstavljanje svoje ideje. Budite uvjerljivi, jasni i precizni!

4.korak
Prema elementima zadanima u okvirnoj evaluacijskoj matrici (šest elemenata procjene) svatko od vas treba vrednovati svaku iznesenu projektnu ideju za provođenje akcije. Svakom od šest zadanih elemenata pripišite ocjenu od 1 (najslabija ocjena) do 5 (najbolja ocjena). Ocjene možete upisivati tijekom svakog pojedinačnog izlaganja pa ih nakon svih izlaganja eventualno korigirati ili možete sve ocjene dati nakon što čujete sva izlaganja.

5.korak
Upišite sve ocjene u zajedničku tablicu, izračunajte pro-

sječne ocjene za svaku kategoriju te na kraju prosječnu ocjenu za svaku projektnu ideju. Ako neke ideje budu imale vrlo bliske ocjene, pokušajte dogovorom utvrditi koju ćete od njih provesti. Dakle, možda će neki element procjene, npr. izvedivost, društvena korist ili bilo koji drugi, prevagnuti u vašoj procjeni pa možete odabrati ideju koja možda ima za nijansu manje „bodova“. Možda ćete moći provesti više od jedne akcije ili ćete neke dobre prijedloge ostaviti kao „projektnu zalihu“ za neko kasnije vrijeme.

5.4.1 Predložak za predstavljanje ideje akcije

Radni naziv akcije (kraći/duži naziv, skraćenica…)	
Okvirni cilj (na koje se određene probleme odnosi akcija)	
Ciljna skupina (definicija i kratki opis ciljnih skupina, kome je akcija namijenjena)	
Dionici (tko sudjeluje u provedbi akcije)	Partneri
	Suradnici
Trajanje akcije (predviđeno trajanje u danima/tjednima/mjesecima)	
Očekivani rezultati/postignuća (kratak opis glavnih očekivanih rezultata koji se odnose na ciljne skupine, ciljeve i glavne aktivnosti)	
Glavne aktivnosti (vrsta i opis glavnih aktivnosti kojima planiramo postići rezultate)	
Okvirni proračun troškova (procjena ukupne vrijednosti akcije)	
Izvori financiranja (tko i koliko može financijski sudjelovati)	
Vrednovanje (mjerljivi pokazatelji uspjeha)	

5.5 Procjena projektnih ideja (okvirna evaluacijska matrica)

KRITERIJ / IDEJA ZA AKCIJU	A	B	C	D	E	F	…	….
Predanost (koliko vjerujemo u projekt, koliko smo spremni uložiti, založiti se)								
Prihvatljivost (kolika je stvarna potreba, koliko je potrebno resursa, omjer između uloženog i dobivenog)								
Izvedivost (vjerojatnost uspjeha, dostupnost resursa, organiziranje i vođenje, mjerljivost rezultata)								
Društvena korist (dugoročna korist, unaprjeđenje situacije, ojačana partnerstva)								
Inovativnost/kreativnost								
Vrijeme provedbe (nakon koliko vremena od početka akcije će se vidjeti rezultati, bolje je ako je to vrijeme kraće)								

5.5.1 Literatura i preporuke za čitanje

1. Cetinski, V. Projektni menadžment. Opatija: Sveučilište u Rijeci, Fakultet za turistički i hotelski menadžment Opatija, 2006.
2. Forčić, G. Uokvirite svoju ideju: priručnik o upravljanju projektnim ciklusom i izradi logičkog okvira. Rijeka: Udruga za razvoj civilnog društva Smart, 2004. Europske perspektive demokratske Hrvatske: zbornik radova s konferencije: Zagreb, 6. lipnja 2001., Zagreb: Zaklada Heinrich Böll, 2001.
3. Horine, G. Vodič za upravljanje projektima: od početka do kraja; Zagreb: Dva i dva, 2009.
4. Pavić-Rogošić, L. Naša zajednica naša odgovornost: priručnik za uspješno organiziranje lokalne zajednice. Zagreb: Odraz - Održivi razvoj zajednice, 2004.
5. **Pojmovnik fondova Europske unije**, Središnji državni ured za razvojnu strategiju i koordinaciju fondova EU, drugo izmijenjeno izdanje
6. **Smjernice za upravljanje projektnim ciklusom**, Središnji državni ured za razvojnu strategiju i koordinaciju fondova EU, 2008., http://www.mrrfeu.hr/default.aspx?id=805
7. **Službeni termini u zakonodavstu o ekologiji,** http://www.ekoakcija.com/files/Termini-u-ekologiji-frequently-used-terms-in-ecology.pdf

- www.projekti.hr - On line self-paced tečajevi - Slobodan pristup
- http://eufondovi.ogi.hr/category/elearning/
- www.mrrfeu.hr
- http://www.mrrfeu.hr/default.aspx?id=805
- www.mobilnost.hr
- http://www.eu-projekti.info/
- http://www.strukturnifondovi.hr/
- http://www.eea.europa.eu/hr

6. DRUŠTVENA AKCIJA ZA RJEŠAVANJE PROBLEMA ODRŽIVOG RAZVOJA

Ivo Žanetić

6.1 Formiranje tima, suradničke mreže i partnerstva

Ishod: Organizirati tim, suradničku mrežu i partnerstvo za učinkovito zagovaranje i provedbu društvene akcije za rješavanje odabranog problema u zaštiti okoliša i održivom razvoju zavičaja.

U provedbi motrenja i snimanja stanja okoliša surađivali ste s raznim ustanovama, tvrtkama i pojedincima. Spomenuli ste ih i u procesu analize problema, određivanju ciljeva kao i pri iznošenju akcijskog plana koji namjeravate provesti. Oni su važni za uspjeh akcije, a njihov doprinos i ulogu preciznije ćete odrediti u niže navedenoj vježbi. Pri tome **partneri** imaju veću ulogu. Oni sudjeluju u oblikovanju i provođenju akcije i pridonose u ljudstvu i financijskim sredstvima. **Suradnici** su organizacije ili pojedinci čija vam pomoć može zatrebati u provođenju određene aktivnosti. Njihova je uloga, dakle, manja te nemaju formalnih obveza utvrđenim ugovorom. S partnerima potpisujemo **Izjavu o partnerstvu** ili **Partnerski sporazum** kojim se opisuju iskustva, kapaciteti partnera, ali i njegove obveze u akciji.

Vježba: Organiziranje tima, suradničke mreže i partnerstva za akciju

» *Svrha vježbe:* Organizirati tim, suradničku mrežu i partnerstvo za učinkovito zagovaranje i provedbu društvene akcije za rješavanje odabranog problema u zaštiti okoliša i održivom razvoju zavičaja.

» Glavni zadaci:
1. Pisanje pisma namjere s pozivom na sastanak mogućim članovima tima, suradničke mreže i partnerstva.
2. Organiziranje sastanka i razgovor sudionika o ideji i mogućim ulogama u akciji.
3. Biranje motiviranih i sposobnih članova tima, suradničke mreže i partnerstva.
4. Sastavljanje i potpisivanje partnerskog sporazuma o suradnji u pripremi i provedbi predložene društvene akcije.

Upute za rad:

» ***1. korak***

Prema podacima koje imate iz prethodnih vježbi, sastavite popis mogućih sudionika te odlučite koji su od njih partneri, a koji suradnici. Podijelite među članovima skupine zaduženja tko će kontaktirati kojeg partnera ili suradnika. Dogovorite osnovne elemente, tj. informacije koje treba sadržavati **pismo namjere**, kao što su npr.:
- namjera zašto se obraćamo
- veza između partnera/suradnika i naše akcije
- ciljevi akcije, koju promjenu želite postići
- korisnici akcije, ciljne skupine
- osnovne aktivnosti i njihovo trajanje
- očekivanja od partnera/suradnika
- termin prvog sastanka.

Zadatak za samostalan rad kod kuće:

a) Sastavite primjereno pismo namjere s opisom ideje za društvenu akciju i pozivom na suradnički sastanak mogućim članovima tima, suradničke mreže i partnerstva.

b) Sastavite partnerski sporazum o suradnji u pripremi i provedbi predložene društvene akcije. **Elementi partnerskog sporazuma** su:
- zajednički interesi i ciljevi
- iskustva i kapaciteti partnera
- doprinos partnera (resursi, financije…)
- odgovornosti i zaduženja.

Na sljedećem satu (susretu) odlučite koje je pismo najprimjerenije (sažeto, informativno, jezično i stilski najbolje oblikovano) te ga pošaljite odabranim partnerima i suradnicima. Prema ranije određenim zaduženjima, ako se pozvani partneri i suradnici ne jave, kontaktirajte ih telefonom, e-mailom i sl. te zamolite za potvrdu sudjelovanja i dolaska na prvi sastanak. Odlučite i koja je verzija partnerskog sporazuma najprihvatljivija (vjerojatno će to biti verzija nastala kombinacijom više prijedloga).

» ***2. korak***

Održite sastanak i razgovor sudionika o ideji društvene akcije te njihovim mogućim ulogama u akciji. Tijekom ovoga, ali i svakog sljedećeg sastanka vodite zapisnik s osnovnim podacima o tijeku sastanka. Možete dogovoriti i snimanje tonskog zapisa radi lakšeg pisanja zapisnika.

Izaberite motivirane i sposobne članove tima, suradničke mreže i partnerstva te im dodijelite odgovarajuće početne uloge u razradi i pripremi provedbe akcijskog plana.

Upriličite potpisivanje partnerskog sporazuma.

6.2 Logički okvir za upravljanje društvenom akcijom

Ishod: Izraditi logički okvir za upravljanje dogovorenom društvenom akcijom

Logički okvir (logička matrica) je **glavni alat unutar UPC**-a koji se koristi za planiranje, upravljanje, provedbu i evaluaciju projekta. Pristup logičkog okvira je djelotvorna tehnika identifikacije i analize problema, kao i definiranja ciljeva i aktivnosti budućeg projekta. Također olakšava praćenje i evaluaciju projekta.

Glavne značajke logičkog okvira su:
- uspostava logičkog okvira između ciljeva, svrhe, aktivnosti i rezultata projekta
- sustavno bilježenje očekivanih pokazatelja uspjeha te načini njihove provjere, odnosno izvori u kojima se nalaze relevantni podaci
- navedeni su vanjski faktori, odnosno pretpostavke, koje utječu na uspjeh projekta, ali nisu pod izravnom kontrolom provedbenih struktura; pokazatelji i pretpostavke sa-

stavni su dio horizontalne logike projekta
- materijalni i financijski resursi potrebni za pojedine aktivnosti opisani u posljednjem retku matrice u poljima sredstva i troškovi; preduvjeti za početak projekta navode se u posebnom polju.

Logički okvir jednostavan je logični pristup određenoj ideji. On predstavlja sažetak ključnih analiza u projektu koje prikazuje na sistematičan način. Uvidom u logički okvir mora biti očit cilj projekta, tj. što se projektom želi postići te koja su sredstva i načini predviđeni za realizaciju projekta.

Vježba: Izrada logičkog okvira za provedbu akcije

» *Svrha vježbe:* Praktična primjena logičkog okvira kao dosljednog i analitičkog pristupa izradi i upravljanju akcijom.

» Glavni zadaci:
1. Precizno iskazati i opisati opći i specifični cilj akcije (svrhu), očekivane rezultate i glavne aktivnosti.
2. Identificirati glavne pretpostavke i zapreke te njihov utjecaj na tijek akcije.
3. Opisati mjerljive pokazatelje ili postignuća te izvore njihove provjere.
4. Izraditi logički okvir dogovorene društvene akcije prema zadanim smjernicama i obrascu na temelju usvojene ideje akcije

Upute za rad:

» ***1. korak***

Precizno zapišite opći i specifični cilj akcije, očekivane rezultate i glavne aktivnosti.

» ***2. korak***

Identificirajte glavne pretpostavke i zapreke te njihov utjecaj na tijek akcije i upišite ih u predviđena polja. Pretpostavke su vanjski činitelji koji mogu utjecati na provođenje akcije te okolnosti koje moraju biti ispunjene/ostvarene prije nego započnemo akcije. Primjeri pretpostavki su:
- Osigurali smo financijska sredstva za provedbu.
- Dostupno je područje na kojem namjeravamo provesti akciju.
- Partneri i suradnici voljni su sudjelovati…..

» ***3. korak***

Dogovorite koji su to mjerljivi pokazatelji ili postignuća za opći i specifični cilj, za pojedine rezultate i glavne aktivnosti te odredite izvore njihove provjere. Prilikom određivanja **pokazatelja**/indikatora koristite se akronimom SMART koji smo primijenili kod analize ciljeva. (pogledaj str. xx.). Pokazatelji moraju biti i OPP, što je akronim riječi:
- ***O = objektivan*** – sve informacije koje se prikupljaju moraju biti iste bez obzira na to tko ih prikuplja (ne smiju se temeljiti na subjektivnoj procjeni i mišljenju pojedinca); to je puno lakše ako se radi o kvantitativnim pokazateljima nego o kvalitativnim.
- ***P = provjerljiv*** - možemo dokazati da situacija/okolnost stvarno postoji.
- ***P = pokazatelj*** – opisuje ili služi kao mjera onoga što se smatra uspjehom.

Izvore provjere navedite pojedinačno za svaki pokazatelj. To omogućuje automatsku provjeru mjerljivosti, trošak provjere i trud koji treba uložiti**. Izvori provjere trebaju odrediti**:
- kako će informacije biti prikupljene (jesu li potrebna istraživanja, administrativni izvještaji, promatranje…)
- koliko su izvori provjere dostupni (npr. za neke statističke pokazatelje treba platiti!)
- tko će prikupljati ili osigurati informacije (članovi tima, partneri i sl…)
- kada i kojom dinamikom će se prikupljati podatci (svaki dan, jednom tjedno…).

» ***4. korak***

Napravite popis glavnih financijskih potreba te opreme za provođenje akcije i upišite u predviđeni prostor. Detaljan proračun napravit ćete kasnije, a ovdje vam treba procjena glavnih troškova.

» ***5.korak***

Provjerite prema predlošku koji slijedi jesu li svi elementi logičkog okvira popunjeni. Plave brojke ispod teksta označavaju redoslijed popunjavanja polja logičkog okvira.

Opis akcije	Pokazatelji	Izvor provjere	Pretpostavke
Opći cilj - Doprinos akcije poboljšanju stanja okoliša (utjecaj). 1	Kako se mjeri opći cilj, uključujući kvantitetu, kvalitetu i vrijeme? 8	Kako će se prikupljati informacije, kada i tko će ih prikupljati? 9	
Svrha (specifični cilj) - Izravne koristi ciljnoj skupini ili ciljnim skupinama. 2	Kako se mjeri svrha akcije, uključujući kvantitetu, kvalitetu i vrijeme? 10	Kako će se prikupljati informacije, kada i tko će ih prikupljati? 11	Ako je svrha postignuta, koje pretpostavke moraju biti istinite da se postigne opći cilj? Koji su čimbenici i uvjeti, koji nisu pod izravnom kontrolom u akciji, nužni da bi se ciljevi postigli? Koje je rizike potrebno uzeti u obzir? 7
Rezultati - Stvarni proizvodi ili usluge koje akcija ostvaruje. Koji su konkretni izlazni elementi planirani radi postizanja specifičnih ciljeva? Koji su planirani učinci i koristi od akcije? Koja će se poboljšanja i promjene postići? 3	Kako se mjere rezultati akcije, uključujući kvantitetu, kvalitetu i vrijeme? 12	Kako će se prikupljati informacije, kada i tko će ih prikupljati? 13	Ako su rezultati postignuti, koje pretpostavke moraju biti istinite da bi se postigla svrha? Koje vanjske čimbenike i uvjete treba postići da bi se postigli očekivani izlazni elementi i rezultati u skladu s vremenskim planom? 6
Aktivnosti - Zadaci koje treba izvršiti da bi se postigli željeni rezultati i redoslijed njihova provođenja. 4	Sredstva: Koja su sredstva potrebna da bi se navedene aktivnosti implementirale (npr. osoblje, oprema, obuka, potrepštine, prijevozna sredstva itd.)? 14	Troškovi: 15	Ako su aktivnosti izvršene, koje pretpostavke moraju biti istinite da bi se postigli rezultati? Koje preduvjete treba ispuniti prije početka projekta? Koji bi uvjeti izvan kontrole trebali biti prisutni? 5

LOGIČKI OKVIR

Intervencijska logika	Objektivno provjerljivi pokazatelji postignuća	Izvori i sredstva provjere	Pretpostavke
Opći cilj			
Svrha (specifični ciljevi)			
Očekivani rezultati			
Aktivnosti			

6.3 Očekivani rezultati, aktivnosti i pokazatelji uspjeha

Ishod: Identificirati očekivane rezultate društvene akcije, aktivnosti nužne za njihovo ostvarenje te pokazatelje ostvarenosti.

Vježba: Formiranje rezultata akcije i aktivnosti za njihovo ostvarivanje

» *Svrha vježbe:* Identificiranje i jasno opisivanje očekivanih rezultata što logično doprinose ostvarivanju svrhe društvene akcije, pripadajućih aktivnosti te pokazatelje provjere.

» Glavni zadaci:

1. Odrediti pojam rezultata akcije (opis konačnih aktivnosti u obliku materijalnih proizvoda ili usluga).
2. Definirati logičku povezanost svrhe, rezultata i aktivnosti.
3. Utvrditi rezultate koji odgovaraju različitim komponentama akcije.
4. Napraviti popis glavnih aktivnosti i spojiti aktivnosti s odgovarajućim rezultatima.
5. Razdijeliti glavne aktivnosti u podaktivnosti i izvedive zadatke.
6. Pojasniti redoslijed i međuovisnost aktivnosti i zadataka.
7. Procijeniti početak, trajanje i dovršetak svake aktivnosti i zadatka.

8. Identificirati pokazatelje ili ključne korake (milestones) prema kojima se može mjeriti provođenje akcije.
9. Definirati potrebnu ekspertizu za poduzimanje aktivnosti i zadataka.
10. Dodijeliti zadatke članovima tima.
11. Provjerite slijed i međuovisnost aktivnosti.

Upute za rad:

» ***1. korak***

Uz korištenje Problemskog stabla, Stabla ciljeva i odabrane strategije provedbe akcije (s prethodnih radionica), promislite i identificirajte sve glavne aktivnosti potrebne za uspješno provođenje vaše akcije. Zapišite sve identificirane glavne aktivnosti na zaseban A4 list papira ili na samoljepive listiće za bilješke.

Pokušajte pripisati identificirane i prihvaćene glavne aktivnosti planiranim rezultatima koje treba postići do kraja provedbe akcije.

» ***2. korak***

Razdijelite svaku glavnu aktivnost u podaktivnosti i/ili izvedive zadatke. Možete koristiti samoljepive listiće kako biste zapisali svaku zasebnu podaktivnost i zadatak.

» ***3. korak***

Postavite sve identificirane glavne aktivnosti, podaktivnosti i zadatke u odgovarajući redoslijed koji će odražavati redoslijed provedbe neophodan za postizanje projektnih rezultata i ciljeva. Pritom treba uzeti u obzir sve međuovisnosti različitih aktivnosti i zadataka – je li aktivnost/zadatak ovisan o početku ili dovršetku bilo koje druge aktivnosti/zadatka?

Napomena: Kod planiranja aktivnosti, podaktivnosti i zadataka, molimo uzmite u obzir raspoložive ljudske, financijske i administrativne resurse.

» ***4. korak***

Preslikajte (prepišite) konačnu verziju popisa aktivnosti na papire velikog formata na ploči kako biste je predstavili na kraju radionice. Popis možete napraviti u tablici poput ove.

POPIS AKTIVNOSTI

Rezultat	Aktivnosti i podaktivnosti	Pokazatelji uspješnosti
R 1.	A1. A1.1. A1.2. A 1.2.1. A 2.	Za svaku aktivnost i podaktivnost moguće je imati više pokazatelja.
R 2.	A 2.	
R 3.	A 3.	

» Praktični savjeti:
- Zapamtite da će gantogram (raspored aktivnosti) biti napravljen i razvijen na temelju popisa aktivnosti pripremljenog u sklopu ove vježbe.
- Razmislite o odgovorima na ova pitanja:
- Zašto ste odabrali ove aktivnosti i podaktivnosti?
- Zašto ste se odlučili za ovaj redoslijed aktivnosti, podaktivnosti i zadataka?

Vježba: Izrada vremenskog rasporeda aktivnosti – GANTOGRAM

» *Svrha vježbe:* Izrada i razrada Gantt tabele ili gantograma (vremenski raspored aktivnosti) prijedloga akcije.

» Glavni zadaci:
1. Procijeniti početak, trajanje i završetak svake aktivnosti, podaktivnosti i zadatka uključenih u popis aktivnosti.
2. Izraditi gantogram akcije.

Upute za rad:

» ***1. korak***

Koristeći izrađeni popis ili popise aktivnosti, pokušajte procijeniti trajanje svih glavnih aktivnosti, podaktivnosti i zadataka.

» ***2. korak***

Ispunite prazan obrazac gantograma, uključujući sve aktivnosti, podaktivnosti i zadatke u skladu s prihvaćenim redoslijedom (iz popisa aktivnosti). Također naznačite (istaknite) faze provedbe akcije i ključne korake (milestones).

» ***3. korak***

Označite (u boji) odgovarajuće trajanje svih glavnih aktivnosti, podaktivnosti i zadataka.

» Praktični savjeti:
- Zašto ste odabrali baš to trajanje aktivnosti, podaktivnosti i zadataka?
- Zašto smatrate da su odabrane kontrolne točke prave kontrolne točke za vašu akciju? Obrazložite i opravdajte svoj izbor.

GANTOGRAM

R. br.	Naziv aktivnosti	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
		dani/tjedni/mjeseci											

Vježba: Identificiranje i planiranje resursa

» *Svrha vježbe:* Identificirati i planirati resurse.

» Glavni zadaci:
1. Identificirati potrebne resurse (ljudski resursi, tehnologija, informacije, oprema, materijali, prostor, financije).
2. Učiniti resurse dostupnima onda kada su potrebni.
3. Osigurati učinkovito korištenje resursa.

Upute za rad:

Odgovorite na sljedeća pitanja i odgovore upišite u tablicu:

» ***1. korak***
- Tko će provesti pojedine zadatke (npr. članovi tima, partneri, eksperti, itd.)?
- Koliko će im vremena za to trebati?
- Tko je još uključen u provedbu društvene akcije (npr. ciljna skupina, vanjski sudionici, donositelji odluka, itd.)?
- Koliko su dugo uključeni?

» ***2. korak***
- Koji su resursi potrebni kako bi se omogućilo sudjelovanje ljudskim resursima (npr. putovanje, hrana, smještaj, itd.)?
- Koliko će dugo ti resursi biti potrebni?

» ***3. korak***
- Jesu li su nužna neka posebna znanja (*know-how*), ili skup informacija za provedbu (npr. statistički podatci, rezultati istraživanja ili procjena potreba, računalni softveri, odobreni nastavni planovi, nastavni materijali, itd.)?
- Kako do njih doći?

» ***4.korak***
- Je li potrebna neka posebna oprema (npr. računala, štampači, papiri velikog formata itd.)?
- Koliko dugo ili kako često će ta oprema biti potrebna?

» ***5.korak***
- Je li potrebno neko određeno mjesto kako bi se provela aktivnost (npr. dvorane za predavanje, dvorane za sastanke, smještaj, ured, itd.)?
- Koliko dugo?
- Koje posebne uvjete to mjesto treba ispunjavati (npr. pristup internetu, pristup invalidskim kolicima, itd.)?

R. br.	Aktivnost/Zadatak	Odgovorna osoba	Uključeni članovi projekt. tima	Uključeni drugi ljudi	Know-how/ Informacije	Mjesto	Oprema	Ostalo

6.4 Proračun za provedbu društvene akcije

Ishod: Izraditi proračun društvene akcije sa svim uključenim troškovima i izvorima financiranja.

Vježba: Izrada proračuna akcije

» *Svrha vježbe:* Izrada troškovnika s opisom svih predviđenih troškova akcije prema zadanim odrednicama.

» Glavni zadaci:
1. Popisati moguće troškove i njihove količine.
2. Istražiti tržišta s ciljem pronalaženja i izbora najpovoljnijeg dobavljača potrebnih proizvoda i usluga sukladno zadanim smjernicama.
3. Tražiti odgovarajuće izvore financijskih sredstava za pokrivanje svih proračunskih stavki.

Upute za rad:

» ***1.korak***

Napravite u timu za provedbu akcije popis troškova za koje mislite da ćete ih imati te procijenite količinu svakog pojedinog troška. Za lakše planiranje, ovdje su navedene neke tipične jedinice za mjerenje resursa:
- Ljudski resursi – ljudi po danu, mjesecu ili jednokratni iznos ako se usluga kupuje od pružatelja usluge. Tipični dodatni troškovi vezani za ljudske resurse: putni troškovi (km), dnevnice...
- *Know-how*, tehnologije, informacije - uvelike ovise o vrsti *know-how*, tehnologiji ili informacijama (npr. kupnja specifičnog softwarea, plaćanje mjesečne naknade za dobivanje ažuriranih podataka ili plaćanje određenog iznosa za istraživanje tržišta za pružatelja usluga itd.).
- Oprema – količina određene vrste opreme i rezervni dijelovi ako su kupljeni; sati, dani i mjeseci ako je oprema unajmljena.
- Prostor – sati, dani ili mjeseci ako je prostor unajmljen. Tipični dodatni troškovi vezani za ured ili prostor gdje se pružaju usluge: telekomunikacijske usluge (npr. mjeseci), uredski materijali (potrošni materijal po mjesecu) itd.
- Troškovi prijevoza – prema danu ili prijeđenom kilometru.
- Troškovi prehrane i sl., npr. za vrijeme terenskog rada ili akcije na terenu.

Aktivnosti/Izdaci	Jedinica	Broj jedinica	Trošak po jedinici	Ukupni trošak

6.5 Provedba društvene akcije

Ishod: Upravljati provedbom planirane društvene akcije.

Svrha aktivnosti: Provesti planiranu društvenu akciju.

» Glavni zadaci:
1. Izraditi plan angažiranja resursa sukladno vremenskom rasporedu aktivnosti (gantogramu) i popisu resursa u tablici.
2. Provesti akciju sukladno partnerskom sporazumu, izrađenom logičkom okviru, gantogramu i proračunu.
3. Pratiti ostvarenje aktivnosti i rezultata prikupljanjem i razmjenom određenih pokazatelja iz svih dostupnih izvora među svim uključenima.

Upute za rad:

» ***1. korak***

Izradite plan angažiranja resursa koristeći vremenski raspored aktivnosti (gantogram) i tablicu s popisom predviđenih resursa za ostvarenje društvene akcije.

» ***2. korak***

Provedite društvenu akciju rukovodeći se podacima i rješenjima iz prethodno izrađenih dokumenata:
- partnerskog sporazuma
- logičkog okvira
- gantograma
- plana resursa
- proračuna.

» ***3. korak***

U logičkom okviru opisali ste pokazatelje uspješnosti i izvore njihove provjere. To će vam sada poslužiti za upisivanje indikatora ostvarenja aktivnosti i rezultata u tablicu nazvanu *Plan monitoringa*.

PLAN MONITORINGA ZA AKCIJU _____

Svrha, rezultati, aktivnosti	Određenje pokazatelj/jedinica	Izvor podataka	Metoda/pristup u prikupljanju podataka	Odgovorna osoba

6.6 Procjena uspješnosti društvene akcije

Ishod: Procijeniti ostvarenost ciljeva provedene društvene akcije.

» *Svrha vježbe:* Procijeniti ostvarenost ciljeva provedene društvene akcije.

» Glavni zadaci:
1. Sistematizirati i obraditi sve prikupljene podatke o ostvarenju aktivnosti, ciljeva i rezultata prema zadanim odrednicama.
2. Procjena i samoprocjena uključenosti i zadovoljstva svih sudionika akcije prema zadanim odrednicama.
3. Napisati završno izvješće o provedenoj društvenoj akciji prema zadanim odrednicama.

Upute za rad:

» ***1. korak***

Sistematizirajte i obradite sve prikupljene podatke o ostvarenju aktivnosti, ciljeva i rezultata prema zadanim odrednicama – koristiti odrednice naučene za obradu podataka nakon mjerenja, odnosno istraživanja.

» ***2. korak***

Provedite procjenu i samoprocjenu uključenosti i zadovoljstva svih sudionika akcije prema zadanim odrednicama.

Odrednice – izradite upitnike ili liste tvrdnji za procjenu i samoprocjenu glavnih pokazatelja zadovoljstva sudionika, slično upitnicima ili listama za procjenu uspješnosti koncept mape ili prezentacije neke teme.

» ***3. korak***

Napišite završno izvješće o provedenoj društvenoj akciji prema zadanim odrednicama.

Odrednice – iste kao za izradu izvještaja o provedenom istraživanju i za javno predstavljanje tog istraživanja.

7. POKROV ZEMLJIŠTA – ISTRAŽIVANJE I MONITORING

Diana Garašić

Pitanja kojima se bavimo:

- Što je pokrov?
- Zašto se istražuje pokrov?
- Što od istraživanja pokrova možemo raditi u školi?

7.1 Što je pokrov?

Pokrov Zemlje, u globalnom smislu čini sve ono što se nalazi na površini planeta. Koristimo naziv *pokrov zemljišta* ili *zemljišni pokrov* kad govorimo o prostorno ograničenim površinama ili lokalnim područjima. Ponekad se primjenjuje naziv *korištenje zemljišta*, ali on podrazumijeva sagledavanje prostora s gospodarskog stajališta. U najgrubljoj podjeli vrsta ili tipova pokrova možemo govoriti o vodi, naseljima i poljoprivrednim površinama te o šumama, šikarama i travnjacima, odnosno područjima pod prirodnom vegetacijom. Svaki od navedenih tipova pokrova može se dalje podijeliti na uže ili preciznije određene kategorije. Primjerice, voda na površini Zemlje može biti more ili kopnena voda. Precizni opisi tipova pokrova olakšavaju međusobno sporazumijevanje stručnjaka koji se bave pokrovom u okviru različitih znanstvenih ili stručnih područja. Daljnja podjela ili klasifikacija pokrova ovisi o tome koja je namjera ili svrha korisnika, odnosno za što se tipovi pokrova koriste. U ovom ćete priručniku naći prikaz Modificirane UNESCO-ve klasifikacije pokrova (MUC), koja je primjerena za korištenje u vašim istraživanjima.

7.2 Zašto se istražuje pokrov?

Ishod učenja: Objasniti utjecaj promjena zemljišnog pokrova na pojedine ekosustave i na cjelokupni sustav Zemlje

Sunčevo zračenje koje dospijeva do našeg planeta dolazi prvo do atmosfere. O gustoći i sastavu atmosfere ovisi koliko će se od prispjele količine elektromagnetskog zračenja reflektirati natrag u svemir, koliko će se apsorbirati u samoj atmosferi, a koliko će proći do Zemljine površine. Zračenje koje dospijeva do površine Zemlje također će se dijelom reflektirati, a dijelom apsorbirati pri čemu se apsorpcijska površina zagrijava. Uopćeno gledajući, tamne površine više će zračenja apsorbirati, više će se zagrijati pa će i same emitirati zračenje u toplinskom dijelu spektra. Od te se topline zagrijava zrak pa područje postaje toplije. Svijetle i glatke površine, poput leda i snijega veći će dio prispjelog zračenja reflektirati i za njihovo je zagrijavanje potreban veći dotok energije pa one djeluju kao Zemljin rashladni sustav. U posljednjim se desetljećima primjećuje smanjivanje površina pod ledom, što se pripisuje globalnom zatopljenju. Ako „rashladni sustav“ slabije radi, posljedica je zatopljenje pa se može očekivati daljnji porast srednje temperature Zemlje. No čimbenici koji djeluju na Zemlju kao sustav brojni su i njihove su interakcije vrlo složene, a mnoge od njih znanstvenici još nisu u stanju potpuno objasniti.

- Što se događa sa Sunčevim zračenjem koje pada na vegetaciju?

Fotosinteza je izvanredan mehanizam pretvorbe Em zračenja u kemijski vezanu energiju organskih spojeva, koji čine osnovu hranidbenih lanaca u biosferi. Izmjena plinova koji u tom procesu sudjeluju ima presudno značenje za formiranje životnih uvjeta na Zemlji. Fotosinteza koristi ugljikov dioksid (CO_2) iz atmosfere i veže ga u šećer iz kojeg nastaju ostali organski spojevi, odnosno u biomasu, a oslobađa se kisik (O2) koji živim bićima omogućuje efikasnije iskorištavanje kemijske energije iz hrane aerobnim disanjem. Dakle, pokrov pod vegetacijom iz atmosfere uklanja stakleni̇čki plin (CO2), a obogaćuje ju kisikom.

- Kako šumski pokrov regulira hidrološki ciklus (kruženje vode u nekom području)?

Nedvojbeno, pokrov ima značajnu ulogu u održavanju uvjeta koji pogoduju životu na Zemlji. No pokrov se u posljednjem stoljeću drastično mijenja kao posljedica povećanja ljudske populacije i ljudskih aktivnosti. Područja nekad pokrivena šumom, danas su poljoprivredne površine ili urbanizirana područja. Neke površine na kojima je šuma iskrčena nikad se ne oporave pa nastaje golet.

- Potraži na internetu ili u literaturi informacije o takvim pojavama.

Danas oko Zemlje kruže brojni sateliti snimajući njezinu površinu, snimajući atmosferu i mjereći različite parametre. Sve te podatke koriste znanstvenici da bi razumjeli i objasnili što se događa s našim planetom, koje su posljedice promjena koje su izazvane čovjekovim djelovanjem i kako će se trendovi koje danas zapažamo očitovati na život ljudi u budućnosti. Neke informacije, posebno što se tiče pokrova pod vegetacijom, nisu dostupne satelitskim snimkama, već je potrebna provjera na licu mjesta, odnosno istraživanja na Zemljinoj površini. Tu se otvaraju pitanja poput ovih: Koliko su se autohtone šume sposobne prilagoditi produženju ili skraćenju godišnjih doba? Kako dugotrajne ili nagle promjene atmosferskih prilika (vremena) djeluju na pojedine biljne vrste, odnosno na tipove

šumskih zajednica? Mijenja li se vrijeme pupanja i opadanja lišća, odnosno o čemu to ovisi? Ako se mijenja dužina trajanja vegetacijskog razdoblja dominantne autohtone vegetacije kroz duži vremenski period, to bi mogao biti pokazatelj klimatskih promjena.

- Potraži na stranicama Programa GLOBE (www.globe.gov) uvodne tekstove o istraživanju pokrova (Land Cover) i fenološkim istraživanjima (Earth as a System/ Phenology). Hrvatske prijevode potraži na adresi http://public.carnet.hr/globe pod naslovom izbornika Priručnik za mjerenja.

Možemo zaključiti da pokrov djeluje na stanje u atmosferi, djeluje na podzemne i na površinske vode, djeluje na tlo te omogućava životne uvjete mnogim živim bićima, uključujući čovjeka. Međutim, od svih bića, jedino je čovjek u stanju mijenjati pokrov toliko drastično, kako to inače mogu samo prirodne katastrofe ili dugotrajne promjene klime. Istraživanjem pokrova znanstvenici žele razumjeti opseg promjena koje se događaju i sagledati današnje te predvidjeti buduće posljedice tih promjena.

- Na stranicama Programa GLOBE (www.globe.gov) ili u drugim izvorima informacija potraži, te s kolegama raspravi kakvo je međudjelovanje pokrova i atmosfere, kakvo pokrova i voda te kakvo pokrova i tla.

Što od istraživanja pokrova možemo raditi u školi?

- Raspraviti pitanja i zadatke postavljene u uvodnom tekstu
- Kartirati pokrov na istraživačkom području škole prema MUC klasifikaciji
- Odrediti dominantne, karakteristične te rijetke i zaštićene vrste vegetacije na istraživačkom području
- Identificirati područja koja su pretrpjela najveće promjene pokrova, odrediti uzroke tih promjena i raspraviti o posljedicama za okoliš i za život ljudi
- Odabrati trajnu plohu za biološka mjerenja te planirati i započeti monitoring (praćenje) na temelju biometrijskih mjerenja i fenoloških opažanja (promjene vezane uz godišnja doba)
- Sve prikupljene podatke možemo koristiti za sudjelovanje u međunarodnom znanstveno-obrazovnom Programu GLOBE.

7.3 Istraživanje pokrova

Ishodi učenja:

- *Primijeniti klasifikaciju zemljišnog pokrova (MUC) za kartiranje vrsta pokrova na istraživačkom području škole*
- *Izraditi pribor za biometrijska mjerenja (klinometar i densiometar)*

Zašto bismo to radili?

Kartiranjem pokrova na istraživačkom području škole povezat će se tipovi pokrova s geografskim koordinatama, što je princip geografskog određivanja različitih podataka putem sustava GIS. Time podaci stoje na raspolaganju različitim korisnicima. Takva baza podataka moći će se koristiti kao polazište za monitoring stanja okoliša, a posebno za praćenje promjena pokrova zemljišta. Određivanje tipova pokrova spada u kvalitativna mjerenja Programa GLOBE pa se takvim aktivnostima škola može uključiti u taj svjetski program i pridonijeti stvaranju impresivne GLOBE baze podataka.

Cilj je izraditi zemljovid s označenim tipovima pokrova prema MUC klasifikaciji.

Upute za rad

1. Označavanje područja s različitim tipovima pokrova na satelitskoj snimci

Na otisak satelitske snimke istraživačkog područja (cca 15 X 15 km) na papiru pričvrstite prozirnicu i tankim flomasterom iscrtajte konture površina pod različitim tipovima pokrova. Prema MUC klasifikacijskom sustavu odredite vrste pokrova koje prepoznajete sa slike, barem do prve razine klasifikacije. Kad odvojite prozirnicu od snimke, vidjet ćete iscrtane oblike označene brojevima i možete ih obojati različitim bojama. Potpuno provedena klasifikacija na prirodnim pokrovima pod vegetacijom dovodi do 4. razine preciznosti, što podrazumijeva i određivanje dominantne biljne vrste u pokrovu. Do te je razine moguće doći tek odlaskom na lice mjesta, odnosno provođenjem odgovarajućih mjerenja i opažanja. Prema satelitskoj snimci i oznakama na prozirnici, odlučit ćete na koja područja treba otići radi preciznijeg utvrđivanja tipa pokrova.

Uz određivanje tipa ili klase pokrova, mogu se zabilježiti i druge značajke ili specifičnosti tog područja (ugrožene ili zaštićene vrste biljaka, specifične životinjske vrste, unesene i invazivne vrste, geološke, geografske, gospodarske ili kulturno-povijesne specifičnosti), a osobito je vrijedno i dokumentiranje fotografiranjem.

2. Upoznavanje Modificirane UNESCO-ve klasifikacije pokrova (MUC).

MUC sustav ima 10 osnovnih kategorija:

- MUC 0 - ZATVORENA ŠUMA
  Drveće visoko najmanje 5 m, krošnje su sastavljene i pokrivaju najmanje 40% površine tla.
- MUC 1 – OTVORENA ŠUMA ILI ŠUMOVITO PODRUČJE
  Drveće visoko najmanje 5 m, stoji odvojeno: krošnje se ne dodiruju, nisu sastavljene i pokrivaju najmanje 40% površine tla.
- MUC 2 - GRMLJE
  Krošnja grmlja/šikare pokriva najmanje 40 % površine tla; sastavljena je od združenih (grupiranih) šumskih biljaka, visine od 0,5 do 5 m.
- MUC 3 – PATULJASTO GRMLJE
  Grmovi rijetko prelaze 50 cm visine; krošnja im pokriva najmanje 40 % površine tla.
- MUC 4 – TRAVNJAČKA VEGETACIJA
  Dominira travnjačka zajednica s dva osnovna tipa biljaka: trave i širokolisne zeljaste biljke; ukupni pokrov prizemnog sloja mora biti veći od 60 %.
- MUC 5 – GOLET
  Ukupni pokrov tla iznosi manje od 40 %; golet ima ograničeni kapacitet podržavanja života i obično se sastoji od tankog sloja tla, pijeska ili stijena.
- MUC 6 – VLAŽNA PODRUČJA
  Močvare, bare i ostali tipovi staništa koji su periodički ili stalno potopljeni za vrijeme vegetacijske sezone; područje mora biti najmanje 40 % pokriveno vegetacijom.
- MUC 7 – OTVORENA VODA
  Jezera, ribnjaci, rijeke i more; podloga je trajno pokrivena

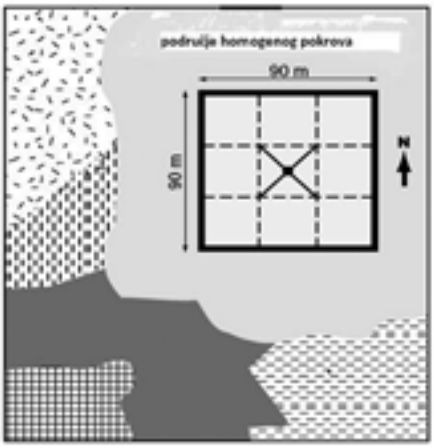
vodom, koja je najmanje 2m duboka i ima površinu od najmanje 1 ha; voda pokriva više od 60% površine.

- MUC 8 – KULTIVIRANO ZEMLJIŠTE
  Površina je pokrivena s više od 60% kultiviranih biljnih vrsta (koje nisu prirodno nikle) i obično se na njoj razlikuju pravilni geometrijski oblici travnjaka ili polja.
- MUC 9 – URBANIZIRANO ZEMLJIŠTE
  Područja razvijena za stambene, poslovne, industrijske ili transportne namjene; izgrađeno područje mora pokrivati više od 40 % površine.

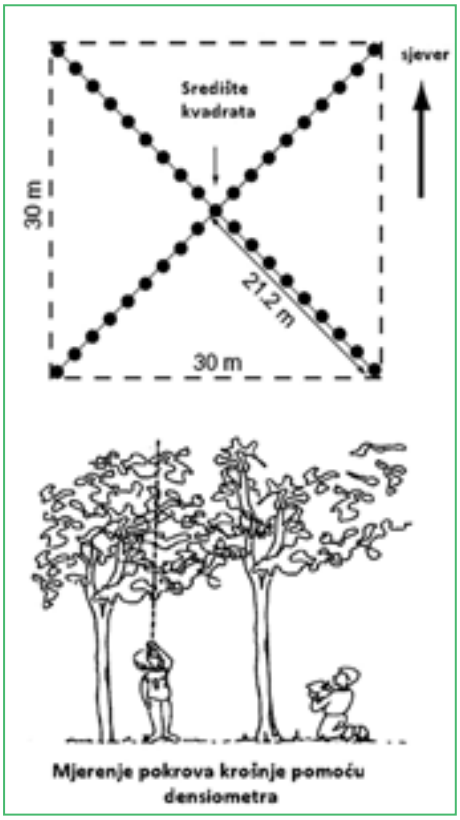
Svaka osnovna kategorija dijeli se u niže kategorije, sa sve preciznijim obilježjima. Ključ za klasifikaciju naći ćete na poveznici http://public.carnet.hr/globe i kao Prilog - POKROV

S aktivnostima kartiranja pokrova prema MUC klasifikaciji, možete sudjelovati u programu GLOBE: www.globe.gov/Land Cover investigations

3. Utvrđivanje koordinata kvalitativnih mjernih ploha za određivanje tipova pokrova

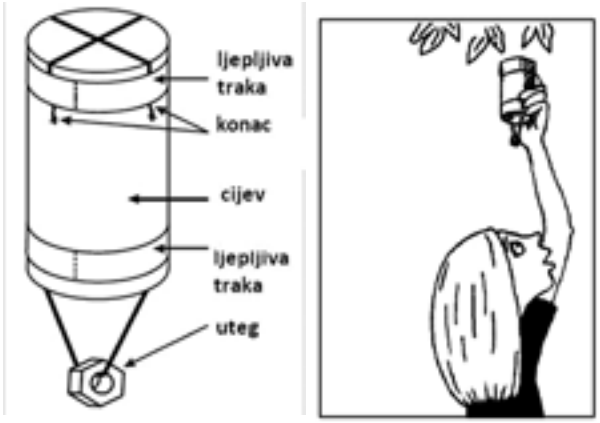


Slika 7.1 Smještaj istraživačke plohe u središte većeg kvadrata na području homogenog pokrova čije su dimenzije najmanje 90 X 90m



Slika 7.2 Obavljanje mjerenja na istraživačkoj plohi za biometriju

Za određivanje tipa pokrova (kvalitativno određivanje) potrebno je odabrati ograničenu plohu, koja je reprezentativna za određeno područje pokrova. Ta ploha trebala bi u malome predstavljati pokrov tipičan za šire homogeno područje (pod jednoličnim pokrovom). Ako omeđite kvadratnu plohu dimenzija 90 X 90m na reprezentativnom, homogenom području pa u središtu tog kvadrata odredite geografske koordinate, možete biti prilično sigurni da će se, uz sve moguće pogreške i mjeritelja i instrumenta, vaša ploha moći identificirati na satelitskoj snimci. Time će se povezati područje prikazano na satelitskoj snimci s tipom pokrova koji ste odredili. Kad ste u naseljenom području, uz ceste ili druge karakteristične oblike, koordinate ćete moći očitati sa satelitskih snimaka na Google Earth i Google maps. Međutim, ako ste na području gdje takvih karakterističnih oblika nema, bit će potrebno izmjeriti



Slika 7.3 Primjena densiometra za procjenu pokrovnosti krošnje

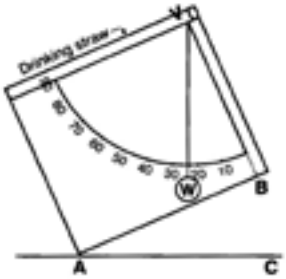
koordinate pomoću GPS prijemnika.

Postavljanje kvalitativne plohe na način da su stranice kvadrata okomite na glavne strane svijeta, daje još precizniju mogućnost njezinog identificiranja na satelitskim snimkama.

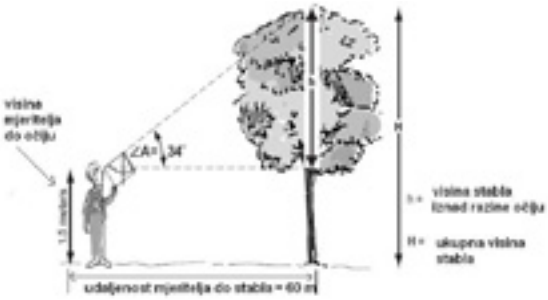
Svako područje koje se na prozirnici omeđi bit će u konačnici određeno s 2 oznake: MUC kategorija pokrova i geografske koordinate.

4. Biometrijska mjerenja za utvrđivanje MUC kategorije

Za utvrđivanje nekih MUC kategorija potrebno je provesti biometrijska mjerenja – mjerenja pokrovnosti krošnje



Slika 7.4 Klinometar u položaju viziranja vrha stabla



Slika 7.5 Mjerenje visine stabla klinometrom

ili travnjaka i mjerenja prosječne visine stabala, a ponekad će biti potrebno odrediti koja je vrsta drveća dominantna (najzastupljenija u lisnom pokrovu krošnji), a koja je kodominantna (druga po zastupljenosti).

Biometrijska se mjerenja obavljaju unutar kvadratne plohe dimenzija 30 X 30m, a taj se kvadrat smješta unutar onog većeg kvadrata od 90 X 90m (Slika 7.1).

Za određivanje pokrovnosti sloja krošnje mjeritelj korača dijagonalama kvadrata (42,2m) i zastane nakon svakog orijentacijskog koraka obaviti procjenu sloja krošnje (Slika 7.2).

Procjena postotka pokrovnosti krošnje obavlja se uz pomoć *densiometra* ili cijevi koja na jednom kraju ima učvršćene prekrižene konce, a na drugom obješeni uteg (Slika 7.3).

Kroz cijev se pogleda okomito uvis nakon svakog orijentacijskog koraka pa ako se u sjecištu konaca vidi živi dio krošnje, bilježi se (+), a ako se vidi nebo, bilježi se (—). Mjerenje se obavlja u paru, tako da jedan član opaža, a drugi zapisuje rezultat. Kad je opažanje za krošnju pozitivno, odmah se može utvrditi i o kojoj se biljnoj vrsti radi. Time će se odrediti koja je dominantna, odnosno koja prevladava u pokrovu (Slika 7.3).

Visina stabla određuje se pomoću klinometra (Slika 5.4) kojim se izmjeri kut uzdizanja ili elevacije između horizontale (koja se proteže od oka mjeritelja do stabla i čini jednu od kateta pravokutnog trokuta - AC) i kose linije (koja seže od oka mjeritelja do vrha stabla i čini dijagonalu pravokutnog trokuta AB). Ako udaljenost mjeritelja od stabla (koja je jednaka kateti trokuta) pomnožimo s tangensom kuta elevacije, dobit ćemo visinu stabla od vrha do horizontale u visini mjeriteljevih očiju (h). Stoga toj vrijednosti treba pribrojiti visinu od tla do očiju mjeritelja da se dobije ukupna visina objekta H (Slika 5.5).

7.4 Kvalitativna i kvantitativna biometrijska mjerenja

Ishodi učenja:

- *Izraditi nacrt istraživanja uz primjenu kvantitativnih biometrijskih mjerenja i fenoloških opažanja na biološkoj istraživačkoj plohi u šumi i na travnjaku*
- *Utvrditi dominantne, kodominantne i karakteristične vrste u autohtonom pokrovu istraživačkog područja*

Zašto bismo to radili?

Osim utvrđivanja vrsta pokrova na istraživačkom području, može se odabrati jedna ili više trajnih ploha, pokrivenih prirodnom vegetacijom za obavljanje biometrijskih mjerenja tijekom različitih godišnjih doba i tijekom više godina. Na taj se način mogu detaljnije pratiti i dokumentirati promjene pokrova, što može biti uspoređeno s rezultatima praćenja različitih drugih parametara koji na njih mogu utjecati (meteorološki podaci, antropogeni utjecaj…).

Cilj je pratiti parametre koji ukazuju na promjene biomase promatrane zajednice tijekom vremena.

Upute za rad

U prethodnom ste poglavlju naučili kako se određuju biometrijske značajke vegetacije koje su potrebne za utvrđivanje MUC kategorije pokrova. Prvo treba odrediti radi li se o prirodnom pokrovu ili izgrađenom/ urbaniziranom zemljištu, a zatim se pokuša odrediti prva ili glavna kategorija pokrova. Kad se radi o pokrovu u kojem dominiraju stabla, podaci koje trebate odnose se na prosječnu visinu stabala te na postotak površine koju njihove krošnje pokrivaju (pokrovnost krošnje). Jasno je da ovi podaci mogu biti jednaki ili slični, a da se radi o potpuno različitim biljnim zajednicama. Stoga je vrlo važno utvrditi i biljne vrste koje u promatranoj zajednici dolaze, odnosno odrediti njihovu sistematsku pripadnost.

- Prema uputama nastavnika biologije ili vanjskog suradnika (biologa ili šumara) odredite sistematsku pripadnost dominantne vrste drveća – one koja ima najveći postotni udio u pokrovu krošnje. Za determinaciju bioloških vrsta služimo se ključevima za determinaciju – priručnicima, u kojima se na temelju opisa pojedinih biljnih dijelova i drugih podataka (stanište) određuje sistematska pripadnost, u ovom slučaju do razine roda i vrste. Ukoliko ćete podatke unositi u bazu Programa GLOBE, tražit će se upravo ta razina klasifikacije.
- Kodominantna vrsta je ona koja je druga po postotku zastupljenosti u pokrovu. Za određivanje kodominantne vrste služite se istim, već opisanim postupkom. Važno je znati da možete imati slučaj u kojem je dominantna neka vrsta drveća, a kodominantna je travnjačka zajednica ili grmlje.
- Karakteristične biljke su one koje redovito dolaze u nekim zajednicama. Ne moraju dominirati brojnošću, ali su redoviti stanovnici takvih biocenoza. Odredite karakteristične vrste promatrane zajednice uz pomoć nastavnika biologije ili se raspitajte kod vanjskih suradnika (stručnjaka bioloških profila). U svakom slučaju, zastupljenost (pokrovnost) karakterističnih biljaka dat će također zanimljiv podatak o vašoj biocenozi.

Količina drvne biomase nekog drveta može se procijeniti prema biološkoj vrsti kojoj pripada, visini i opsegu debla na visini od 1,35m od tla (iz toga se izračunava *prsni promjer stabla* – mjera koja se koristi u šumarstvu). Šumari koriste tablice za svaku vrstu drveća te prema prsnom promjeru i visini mogu procijeniti drvnu biomasu. Svaka vrsta drveća ima i svoju tipičnu krivulju rasta, koja je u mladosti drveta strma, da bi nakon razdoblja intenzivnog rasta prešla u fazu stacionarnog rasta u kojoj drvo slabo raste u visinu. Na temelju izmjerenih promjena visine tijekom godina, može se procijeniti starost drveta, odnosno šume.

Osim pokrova krošnji, koji se može mijenjati kroz godišnja doba, usporedno se može pratiti pokrovnost prizemnog sloja biljaka, uz evidentiranje sastava životnih zajednica i određivanja pokrovnosti pojedinih vrsta biljaka prizemnog sloja.

Pokrovnost prizemnog sloja određuje se na istim točkama na kojima se određuje i pokrov krošnji, ali se procjenjuje pokrivenost i zastupljenost tipova vegetacije u području između stopala mjeritelja. Kategorije koje se mogu razlikovati su: zelena vegetacija, smeđa vegetacija (još ukorijenjena, ali suha) te golo tlo. Odabire se ona kategorija koja prevladava između stopala mjeritelja (na površini od oko 15 X 15cm). U slučaju kad prevladava zelena vegetacija, određuje se je li to travnjačka skupina biljaka, skupina širokolisnih prizemnica, patuljasto grmlje (niže od 50cm), grmlje (od 50cm do 5m) ili nešto drugo zeleno (primjerice mahovine).

Može se pratiti i uspoređivati biomasa travnjačkih zajednica. Ovdje je uobičajeno izražavati biomasu kao suhu tvar ili suhu biomasu. Ovakva se mjerenja izvode jednom ili nekoliko puta godišnje (primjerice uvijek prije košnje) na mjernoj plohi koja se omeđuje na isti način kao za šumu. Unutar reprezentativnog kvadrata od 30 X 30m odrede se, metodom slučajnog

uzorka 3 ili više kvadrata dimenzija 1 x 1m. Odstrani se lišće, grančice i drugi materijal koji je na plohu donesen vjetrom ili na drugi način. Zatim se vrtnim škarama poreže sva vegetacija unutar 1m2 i to tako da je rezna ploha uz samu površinu tla. Korijenje ostaje u zemlji da bi se iz njega biljka mogla obnoviti. Odrezani se dijelovi spreme u papirnate vrećice i suše (na zraku ili uz grijanje na najnižoj stalnoj temperaturi sušionika). Vrećice se važu svaki dan i kad prestanu gubiti na težini, dobili smo masu suhe tvari ili suhu biomasu. Ako smo prethodno izvagali vrećice, od dobivenog rezultata samo oduzmemo njihovu masu i tako dobijemo masu uzorka.

Rezultati biometrijskih istraživanja u šumskim zajednicama ili na travnjaku mogu se unijeti u bazu podataka programa GLOBE, čime škola može pridonijeti svjetskim naporima u razumijevanju promjena pokrova.

Sva navedena kvantitativna mjerenja mogu poslužiti šumarskim stručnjacima za interpretaciju stanja okoliša, no za učenička mjerenja kvantitativni podaci počinju imati smisla kad se međusobno uspoređuju. Primjerice, istraživačka pitanja mogu biti: koji će otkos trave u jednoj vegetacijskoj sezoni imati najveću bioprodukciju ili razlikuju li se po biometrijskim značajkama dva udaljena šumska lokaliteta na kojima dominira ista vrsta drveća? Ako su uočene razlike, čemu ih se može pripisati? Možda treba započeti novi ciklus mjerenja da bi se odgovorilo na to pitanje.

7.4.1 Priprema za praktičan rad

» Odredite područje koje želite podrobnije istražiti
» Pribavite što precizniji zemljovid za to područje
» Osmislite način kako ćete odrediti geografske koordinate
» Potražite dostupne podatke o vašem području istraživanja
» Izradite vlastiti densiometar (detaljnije upute za izradu densiometra potražite na adresi https://www.globe.gov/documents/355050/355099/land_prot_instruments.pdf).
» Izradite vlastiti klinometar (upute za izradu potražite na adresi https://www.globe.gov/documents/355050/355095/land_app.pdf).
» Pripremite sav potreban pribor, uključujući MUC klasifikacijski sustav (Prilog 1_POKROV). Detaljni prikaz MUC klasifikacije i terenski priručnik na engleskom jeziku dostupan je na adresi http://www.globe.gov/documents/10157/334459/MUC_guide.pdf
» Upoznajte biološke vrste na odabranoj plohi prije nego počnete procjenu pokrovnosti
- Ako želite samo odrediti MUC kategoriju šumskog pokrova, idealno vrijeme za to je kasno proljeće
- Ako želite provoditi biometrijska mjerenja, načinite plan aktivnosti ovisno o tome kakvi vas podaci zanimaju, odnosno što želite činiti s podacima (pratiti promjene na istom lokalitetu u godišnjim dobima, u isto doba godine tijekom niza godina, uspoređivati različite lokalitete…)
- Odlučite kako ćete voditi evidenciju, kako spremati rezultate, što ćete i kada objaviti.
- Odredite dužinu orijentacijskog koraka jer to može biti vrlo korisno za određivanje većih udaljenosti (90 X 90m). Koračajte svojim uobičajenim koracima duž trake od 50m i brojite dvokorake, odnosno svaki put zakoračite istom nogom (jer ponekad ne radimo jednake korake lijevom i desnom nogom). Udaljenost podijelite s brojem dvokoraka i dobili ste dužinu jednog.

POTREBAN PRIBOR

1. Kolor otisak satelitske snimke na papiru. Dimenzije istraživačkog područja od 10 do 15 km^2.
2. Prozirnica, ljepljiva traka za pričvršćivanje na papir i tanki flomasteri za pisanje po prozirnici.
3. GPS, topografska kartra ili Google karta.
4. Kompas.
5. Mjerna traka (50m) i kolčići za označavanje dimenzija mjerne plohe.
6. Cjevasti densiometar.
7. Klinometar.
8. Krojački metar za mjerenje opsega stabala.
9. Ključ za determinaciju biljnih vrsta.
10. Radni listovi, pribor za pisanje, listovi za skicu područja.
11. Fotoaparat.

Radni list – POKROV 1

ODREĐIVANJE MUC KATEGORIJE POKROVA I BIOMETRIJA

Naziv lokacije: _____ Mjeritelji _____

Geografske koordinate: _____ S, _____I _____ m

Označi kako su određene: GPS topografska karta Google Earth drugo_____

(podvuci, zaokruži izvor ili dopiši)

Podsjetnik: Mjerenje se obavlja koračanjem po dijagonalama mjerne plohe i to na početnoj točki i nakon svakog dvokoraka, odnosno *orijentacijskog koraka* (stanete prije nego zakoračite ponovno istom nogom)

KROŠNJA STABALA			PRIZEMNI SLOJ	
Određivanje pokrovnosti krošnje drveća	**Dominantna i kodominantna vrsta u krošnji**	**MUC** za zatvorenu ili otvorenu šumu	**Pokrov prizemnog sloja**	**Tip vegetacije prizemnog sloja**
opažanja krošnji (+) krošnja (-) nebo ili grmlje	latinsko ili narodno ime	tip krošnje D - listopadno E - vazdazeleno (—) - nebo	prizemni sloj G zeleno B smeđe (-) golo tlo	GD trave FB širokolisne zeljaste biljke OG ostala zelena vegetecija SB grmlje DS patuljasto grmlje
1.				
2.				
3.				
4.				
5.				
6.				
7.				
8.				
9.				
10.				
11.				
12.				
13.				
14.				
15.				
16.				
17.				
18.				
20.				
21.				
22.				
23.				
24.				
25.				
...				

Sažetak rezultata za pokrov krošnji		Sažetak rezultata za tip krošnje		Sažetak rezultata za prizemni sloj		Sažetak rezultata za tip prizemnog sloja	
Ukupno (+)		Ukupno "D"		Ukupno "G"		Ukupno GD	
Ukupno (-)		Ukupno "E"		Ukupno "B"		Ukupno FB	
				Ukupno (-)		Ukupno OG	
Ukupno opažanja krošnje		Ukupno opažanja tipa krošnje		Ukupno opažanja prizemnog sloja		Ukupno SB	
						Ukupno DS	
						Ukupno opažanja tipa prizemnog sloja	
% pokrova krošnje		**% D listopadnog**		**% golog tla**		% GD	
MUC 1. RAZINE =		**% E vazdazeleno**		**% zelenog**		% FB	
		MUC 2. i 3. RAZINE =				% OG	
						% SB	
						% DS	

Podsjetnik: Mjerenje visine stabla može se obaviti na više načina korištenjem matematičkih metoda. Za mjerenje uz pomoć klinometra potrebno je izmjeriti udaljenost od stabla te odrediti kut elevacije (uzdizanja).

Visina stabla = udaljenost mjeritelja od stabla x tg kuta elevacije + visina mjeritelja do očiju

Izmjerite najmanje 5 reprezentativnih (po veličini/starosti) stabala dominantne i 5 stabala kodominantne vrste, a svako izmjerite nekoliko puta pa odredite srednju vrijednost.
Za stabla kojima mjerite visinu, odredite i opseg na visini od 1,35m od tla.

Dominantna vrsta, naziv	Stablo br.					Kodominantna vrsta, naziv	Stablo br.				
	1	2	3	4	5		1	2	3	4	5
	Visina stabla (metri)						Visina stabla (metri)				
	Opseg stabla (centimetri)						Opseg stabla (centimetri)				

7.5 Fenološka opažanja

Ishodi učenja:

- *Izraditi nacrt istraživanja uz primjenu kvantitativnih biometrijskih mjerenja i fenoloških opažanja na biološkoj istraživačkoj plohi u šumi i na travnjaku*
- *Grafički prikazati početak i trajanje pojedinih fenofaza za dominantne i karakteristične biljne vrste na istraživačkom području.*

Zašto bismo to radili?

Fenologija je interdisciplinarna znanost koja proučava periodične prirodne pojave vezane uz godišnja doba. Te su promjene posljedica promjene duljine dana i količine Sunčevog zračenja koje dospijeva do površine Zemlje. Tijekom godine mijenja se prosječna temperatura, količina i raspored oborina, a sve to utječe na živi svijet. Biljne i životinjske vrste, pa i čovjek, u svojem životu također imaju cikluse ili ritmove, što je prilagodba na promjenu životnih uvjeta kao posljedicu smjene godišnjih doba. Ljudi su oduvijek promatrali prirodu i tumačili promjene u njoj kao signale za buduće događaje ili signale stanja okoliša o kojem su ovisili. Promatrali su početak promjena boje lišća i okupljanje ptica selica kao znak skoro nastupajuće jeseni, razumjeli su signale buđenja prirode u proljeće pa su prema tome mogli, barem donekle predvidjeti kad treba početi s poljoprivrednim radovima, kad treba orezati voćke ili lozu, kad započeti sjetvu….

Biljke iste vrste reagiraju slično na promjene temperature i vlage. Stoga varijacije uočene u datumima pojedinih stupnjeva razvoja biljaka iste vrste na različitim staništima, vjerojatno neće biti posljedica varijabilnosti među jedinkama, već posljedica varijacija u okolišu.

Provodeći fenološka motrenja i mjerenja i sami možemo bolje razumjeti biološke cikluse i povezati različita zbivanja u prirodi. Osim toga, sudjelujući u programu GLOBE svojim podacima možemo pridonijeti boljem znanstvenom razumijevanju promjena pokrova.

Cilj: odrediti i tijekom godina pratiti vrijeme pupanja odabranih biljnih vrsta, dužinu faze listanja - ozelenjavanja te početak žućenja lišća i trajanje gašenja vegetacije sve dok lišće ne otpadne.

7.5.1 Kako različiti čimbenici utječu na promjene pokrova?

Uvodna aktivnost:

Kategorizirajte do sada prikupljene podatke s terenskog istraživanja (numerički i grafički podaci, fotografije, ostalo…) te razgovarajte u grupi i s nastavnikom o onome što uočavate.

- Razmislite o tome kako se pojedine izmjerene vrijednosti (odnosno parametri) mogu mijenjati tijekom jedne godine (gustoća lisnog pokrova različitih slojeva šumske zajednice, brojnost vrsta u prizemnom sloju, visina grmolikih biljaka…).
- Pokušajte grafički prikazati promjene svake od mjerenih veličina po mjesecima. Možete uključiti i parametre za koje ste mjerenja obavili tijekom terenskog rada u modulu Metodologija istraživanja (temperatura zraka i tla, vlažnost zraka, intenzitet svjetlosti...).

» Svoje prikaze izložite u galeriju.

Na prikazu distribucije vrijednosti različitih parametara na površini planeta u pojedinim godišnjim dobima možete analizirati prostorne i vremenske promjene odabranog parametra (precipitacija – oborine, insolacija, temperatura itd.) u odnosu na promjene pokrova (biosfera). Prikaze možete naći na internetskim stranicama Programa GLOBE, u cjelini s naslovom Zemlja kao sustav https://www.globe.gov/teaching-and-learning/materials/earth-system-science-posters ili na stranici s animacijama http://mynasadata.larc.nasa.gov/globe/.

Svaka će grupa učenika iznijeti zapažanja o povezanosti promatranog parametra s promjenama u pokrovu u različitim dijelovima svijeta, a poglavito u našem području.

- Raspravite kako se mjerenjima na površini Zemlje mogu preciznije utvrditi ovisnosti promjena vegetacijskog pokrova u odnosu na promjene čimbenika okoliša, odnosno promjene mjerljivih fizikalnih veličina. Budući da promjene tih fizikalnih veličina ovise o godišnjim dobima i promjene u živome svijetu uglavnom se poklapaju sa smjenama godišnjih doba. Znanost koja to proučava zove se *fenologija*.
- Raspravite zbog čega je uputno pratiti fenološke promjene na autohtonim ili udomaćenim vrstama, a ne na unesenim te definirajte koje bi to biljne vrste bile zanimljive i dostupne za mjerenja u vašem projektu.

Upute za obavljanje fenoloških opažanja i mjerenja možete naći na internetskim stranicama http://public.carnet.hr/globe pod naslovom Priručnik za mjerenja/Fenologija.

- Nakon odabira biljne vrste, istražite u dostupnoj literaturi postojeće podatke o njezinim fenofazama (pupanje, cvatnja… kraj vegetacije).
- Izradite nacrt fenološkog istraživanja koje je moguće provesti na istraživačkom području škole u vremenu koje je na raspolaganju (ovisno o dobu školske godine u kojem se ovaj modul izvodi).
- Usporedite fenofaze iste biološke vrste na različitim lokalitetima i fenofaze različitih vrsta koje dolaze na istom lokalitetu.

7.5.2 Otvaranje pupova - pupanje

Upute za rad:

Za fenološka opažanja mogu se odabrati različite vrste koje su zbog nečega zanimljive, ali se u pravilu promatra dominantna i/ili kodominantna vrsta. Opažanje se obavlja dva puta tjedno, počevši otprilike 14 dana prije pretpostavljenog datuma otvaranja pupova (pretpostavljeno vrijeme pupanja treba saznati od stručnjaka ili iskusnih stanovnika). Nakon što se uoči bubrenje pupova, postaja se posjećuje svakodnevno.

Za fenološku postaju prikladno je odabrati mjesto blizu škole ili na putu pored kojeg učenici svakodnevno prolaze. Bitno je da tamo budu prirodna (autohtona) stabla, koja nisu zalijevana ili gnojena. Odredite koordinate mjernog mjesta, a radi povezivanja s meteorološkim podacima dobro je da fenološka postaja bude što bliže meteorološkoj. Reljef može biti uzrokom variranja meteoroloških podataka čak i unutar manjih udaljenosti. Stoga bi, posebice u brdskim predjelima, horizontalna udaljenost između dvije postaje morala biti manja od 2 km, a visinska razlika manja od 100 m.

Utjecaj oborina na rast biljaka i na početak pupanja mijenjat će se ovisno o tome je li postaja na vjetrovitoj ili zaklonjenoj strani brda ili značajne vodene mase (jezera). Stoga se preporučuje fenološko mjerno mjesto smjestiti na istoj strani brda ili jezera gdje je meteorološka postaja.

Ako je škola u ravnici, atmosferski čimbenici neće toliko varirati s porastom udaljenosti mjernih mjesta pa ih možete smjestiti čak i na međusobnoj udaljenosti do 10 km.

Blizu većih urbanih središta temperatura raste i može biti uzrokom značajnog variranja izmjerenih vrijednosti između dvije relativno bliske lokacije.

Na fenološkoj postaji identificirajte dominantnu vrstu – onu s najvećim udjelom u lisnom pokrovu (krošnje). To je najbolje učiniti u prethodnoj vegetacijskoj sezoni, kad je lišće potpuno razvijeno. Možete pratiti fenološke cikluse i za više vrsta drveća, grmlja ili prizemnica.

U mnogim šumama (i parkovima) postoje dvije razine drvenastih biljaka. Niži, zasjenjeni katovi često imaju posve drugačije fenološke cikluse od nadvisujućih vrsta pa bi bilo zanimljivo pratiti predstavnike obaju razina, ako je to moguće.

Kad ste odlučili što želite mjeriti, odaberite najmanje dva stabla iste vrste i obilježite ih bojom kojom se koriste šumari. Stabla koja odaberete moraju zadovoljiti nekoliko kriterija:

- Stabla moraju biti lako dostupna.
- Najbolje je ako se pojedini pupovi mogu vidjeti golim okom. U suprotnom, trebat ćete upotrijebiti dalekozor.
- Odaberite domaću vrstu drveća. Egzotično - uneseno drveće nema nužno fenološki ciklus koji je vezan uz lokalnu klimu. Dobar su primjer voćke. Možda ste čuli na vijestima da su voćke stradale od mraza, a to se događa jer se one nisu stigle prilagoditi uvjetima lokalne klime.

Otvaranje pupova na istoj grani nekog stabla može uslijediti tijekom više dana. Visoke je grane teže vidjeti. Stoga ćete kao podatak zabilježiti datum kad ste uočili otvorene pupove na najmanje tri različita mjesta na drvetu.

Važno je pribilježiti datum promjene koja se očituje kao bubrenje pupova. Kad se počinju uočavati znakovi sitnih listića koji izlaze iz pupova, to je znak skorog otvaranja pupova Od tog dana trebate posjećivati mjerno mjesto svakodnevno. Kad uočite tri odvojena mjesta na drvetu gdje su se pupovi otvorili, zabilježite taj datum. Ako su sva tri pupa na istoj grani, to se ne računa. Zabilježite datum otvaranja pupova za svako od odabranih stabala. Ovo se mjerenje može obavljati u bilo koje doba dana.

Ponekad je neiskusnom promatraču teško odrediti fazu otvaranja pupa. Stoga je dobro za vježbu prije očekivanog vremena pupanja odrezati grančicu i staviti je u vazu na sobnu

temperaturu. Tako iz blizine možete pratiti promjene na pupovima pa će biti lakše prepoznati kako izgleda otvoreni pup kad se to dogodi u prirodi.

Ako raspolažete nizovima meteoroloških podataka o količini oborina i temperaturama zraka unatrag nekoliko mjeseci, možete izračunati koja je količina akumulirane topline i raspoložive vlage potrebna da bi došlo do pupanja (www.globe.gov / Earth as a System; http://public.carnet.hr/globe / Priručnik za mjerenja/Fenologija).

PRIPREMA ZA PRAKTIČAN RAD

» Odaberite autohtonu vrstu vegetacije, koja raste u prirodnim uvjetima (bez zalijevanja ili prihranjivanja), a koja je dostupna za svakodnevno motrenje
» Odaberite biljku (stablo, grm), označite je, skicirajte položaj, fotografirajte (to je naročito važno kad više osoba sudjeluje u motrenju), odredite geografske koordinate lokaliteta
» Odredite tko će obavljati motrenja – motrenje se obavlja svaki dan, dogovorite zaduženja
» Dogovorite način dokumentiranja podataka i način prikazivanja.
» Raspitajte se o uobičajenom terminu pupanja vaše vrste jer motrenje treba započeti najmanje 2 tjedna prije tog datuma

POTREBAN PRIBOR

1. Ključ za determinaciju biljnih vrsta.
2. Boja za označavanje stabla (ili neka druga oznaka).
3. GPS.
4. Dalekozor.
5. Radni list i pribor za pisanje.

Radni list – FENOLOGIJA/PUPANJE

Biološka vrsta *(domaće i latinsko ime)*		**Oznaka stabla** *(treba naznačiti na koje se od odabranih stabala motrenja odnose)* **STABLO BR**		
Datum	Opažanje – opis stanja pupova *(mirovanje, bubrenje, pupanje)*	Broj nabubrenih	Broj otvorenih	Promatrač

Opažanja obično traju duže od 2 tjedna pa će biti potrebno pripremiti dovoljan broj radnih listova.

7.6 Ozelenjavanje pokrova

Upute za rad

Jeste li se ikad zapitali koliko dugo raste list? Koliko vremena prođe od trenutka otvaranja pupa do razvoja pune duljine listova? Je li to isto kod svih bioloških vrsta, je li jednako svake godine?

Mjerenje dužine faze ozelenjavanja daje odgovore na ova pitanja. Tu se mjeri dužina listova svakoga dana, sve od pojave pupa do trenutka kad se dužina više ne povećava.

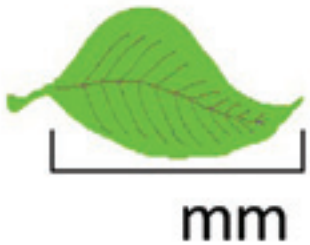
Ovo se mjerenje može obavljati za drveće, grmlje ili za biljke travnjačkih zajednica.

Budući da se mjeri žive listove svakoga dana, a njihova se dužina određuje u milimetrima (slika 6), važno je odabrati pristupačne grane i osigurati da se mjeri uvijek isti list. Opažati i mjeriti treba nekoliko listova kako bi se dobio pouzdani rezultat za pojedinu vrstu te da se izbjegne moguće uništavanje objekta opažanja (list se uništi, otpadne prije nego je dostigao punu veličinu).

Da se osigura obavljanje mjerenja na istim listovima, potrebno je označiti odabrane pupove stavljanjem točke na koru grančice vodootpornim markerom ili drugačije, ali uvijek vodeći računa o tome da se biljka ne ošteti i time ne omete normalan razvoj lista.

PRIPREMA ZA PRAKTIČAN RAD

» Odaberite autohtonu vrstu vegetacije, koja raste u prirodnim uvjetima (bez zalijevanja ili prihranjivanja), a koja je dostupna za svakodnevno motrenje.
» Odaberite biljku (stablo, grm), označite je, skicirajte položaj, fotografirajte (to je naročito važno kad više osoba sudjeluje u motrenju), odredite geografske koordinate lokaliteta; najbolje je nastaviti motrenje na istim biljkama na kojima ste pratili otvaranje pupova.
» Označite na grančici mjesto pupa čiji ćete razvoj pratiti (vo-



Slika 7.6 Mjerenje dužine lista (prikazana je dimenzija koja se mjeri)

dootpornim markerom ili drugačijom oznakom).

» Odredite tko će obavljati motrenja – motrenje se obavlja svaki dan, dogovorite zaduženja.
» Dogovorite način dokumentiranja podataka i način prikazivanja.
» Raspitajte se o uobičajenom terminu pupanja vaše vrste jer motrenje treba započeti najmanje 2 tjedna prije tog datuma.

POTREBAN PRIBOR

1. Ključ za determinaciju biljnih vrsta.
2. Vodootporni marker ili drugačija oznaka.
3. GPS.
4. Ravnalo s milimetarskom podjelom, milimetarski papir ili drugo mjerilo.
5. Radni list i pribor za pisanje.

Radni list – FENOLOGIJA/OZELENJAVANJE/ŽUĆENJE

Biološka vrsta *(domaće i latinsko ime)*		**Oznaka stabla** *(treba naznačiti na koje se od odabranih stabala motrenja odnose)*		**Mjeritelj**
		STABLO BR		
Datum	List 1 (dužina u mm)	List 2 (dužina u mm)	List 3 (dužina u mm)	List 4 (dužina u mm)

Opažanja obično traju duže od 2 tjedna pa će biti potrebno pripremiti dovoljan broj radnih listova.

7.7 Žućenje lišća

Upute za rad

Praćenje dužine vegetacijske sezone znanstvenicima može otkriti učinak klimatskih promjena i pridonijeti razumijevanju ciklusa ugljika (kruženja ugljika između žive i nežive prirode), jednog od biogeokemijskih ciklusa ključnog za funkcioniranje sustava Zemlje. Obavljajući fotosintezu, biljke transpiriraju (vuku vodu korijenovim sustavom iz tla, a ispuštaju je kroz puči na lišću). Time utječu na atmosfersku temperaturu i vlažnost te na vlažnost tla. S prestankom vegetacije (green-down) smanjuje se biljna transpiracija; biljke reduciraju gubitak vode u vrijeme kad su rezerve (dostupnost) vode za njih ograničene – u hladnom zimskom ili pustinjskom sušnom razdoblju. Stoga, razumijevanje globalne vegetacijske sezone pridonosi i razumijevanju globalnog ciklusa vode. Znanstvenici primjenjuju procjene zelenila i za kartiranje područja pod opasnošću od požara. Intenzivno zelena područja predstavljaju manju opasnost za pojavu požara. Kartiranje zelenila pomaže i razumijevanju migracijskih putanja za pojedine životinjske vrste.

Za ovo je motrenje najbolje uzeti iste biljke i lišće koje se pratilo na početku vegetacijske sezone. Ako se uzima druga vrsta ili druge biljke, potrebno je provesti pripremne radnje kao kod prijašnjih mjerenja. Odaberu se dostupni listovi, označe se i na njima se prati promjena boje. Boju je potrebno s nečim usporediti pa se za to preporuča karta boja za lišće koju je moguće naći na adresi: https://www.google.hr/search?q=plant+color+guide&client=firefox-a&hs=ILu&rls=org.mozilla:en-US:official&channel=nts&tbm=isch&imgil=6Cedd3W4zBfN_M%253A

Mogu se upotrijebiti i druge karte boja, ali je važno zabilježiti koja je karta korištena jer oznake boja mogu biti različite.

Motrenje treba započeti barem 2 tjedna prije uobičajenog termina promjene boje, odnosno u razdoblju dok je lišće još uvijek intenzivno zelene boje. Opažanja se obavljaju dva puta tjedno, sve dok se boja lišća potpuno ne promijeni i ustabili, odnosno dok lišće ne otpadne.

Završetak vegetacijske sezone za određenu biljku može biti povezan s položajem i ekspozicijom, temperaturom, oborinama, vlažnošću tla. Stoga je korisno povezati sve te podatke. Lokalna topografska obilježja mogu biti uzrokom variranja vremenskih obilježja unutar manjih udaljenosti.

PRIPREMA ZA PRAKTIČAN RAD

» Odaberite biljnu vrstu koju ćete pratiti i determinirajte je (najbolje je nastaviti motrenje onih biljaka na kojima ste obavljali mjerenja pri ozelenjavanju).
» Raspitajte se kod stručnjaka kad nastupa uobičajeno vrijeme početka promjene boje lišća i pripremite se na vrijeme za redovito motrenje koje treba početi najmanje 2 tjedna prije početka žućenja.
» Označite grane na 2 biljke i na njima po 4 lista čiju ćete promjenu boje pratiti (birajte niže, isturene grane na rubu krošnje).
» Opažanja se obavljaju 2 puta tjedno.
» Za svako opažanje učenik zabilježi boju lista, odnosno oznaku boje (broj i slovo) služeći se kartom boja za lišće. Ako list otpadne ili ga pokrije snijeg, mjerenje prestaje, a vi zabilježi-

te što se dogodilo.

» Boju određujete tako da ocijenite koja boja prevladava na ukupnoj površini lista, odnosno koja boja zauzima najveći postotak površine lista.
» Načinite fotografije, gledajući prema sve 4 strane svijeta u različitim fazama žućenja lišća.
» Možete koristiti isti radni list kao za ozelenjavanje (radni list 3 – FENOLOGIJA).

POTREBAN PRIBOR

1. Boja ili vrpca za označavanje (grana), naljepnice.
2. Kompas.
3. Fotoaparat.
4. Olovke.
5. GLOBE karta boja za biljke.
6. Radni list.
7. Vodootporni marker finog (tankog) vrha.

7.8 Što nam podaci govore? - Je li tu kraj istraživanja pokrova?

Ishod učenja: Oblikovati nova istraživačka pitanja na temelju analize rezultata bioloških mjerenja provedenih na različitim plohama i na istoj plohi tijekom vremena

Provedbom istraživanja pokrova prikupili ste različite podatke. Što iz njih možete zaključiti?

Ako ste obavili mjerenja na jednom lokalitetu i jednom u godini, vaši su rezultati vrijedan doprinos bazi podataka koju će utemeljiti projekt GEL. No za vaše zaključivanje o značenju podataka mogućnosti su vrlo ograničene ukoliko vaše nalaze nemate s čime usporediti.

Uspoređivati podatke o pokrovu možete u prostoru i vremenu, a možete ih uspoređivati i povezivati s drugim skupovima podataka, odnosno s rezultatima drugih mjerenja.

Ako ste obavljali ista mjerenja u različitim godišnjim dobima, već su vam mogućnosti uspoređivanja veće, no ako ih povezujete s meteorološkim podacima, možete doći do zanimljivih podudarnosti, koje bi trebalo dalje istraživati. Oprez! Da biste išta mogli zaključiti o povezanosti meteoroloških parametara s promjenama u pokrovu, trebate imati višegodišnje nizove podataka!

» Raspravite zašto!

Vaši podaci o pokrovu svake će se godine nadopunjavati podacima koje će prikupiti sljedeće generacije učenika. Iz vremenskih nizova podataka možda će se otkriti promjene u odnosu na stanje kakvo ste vi zabilježili.

Možda su otkrića promjena u prirodnom pokrovu tijekom vremena moguća tek uz uvjet dugogodišnjeg, sustavnog praćenja (monitoringa), no tijekom svojeg školovanja učenici mogu utvrditi promjene nastale djelovanjem čovjeka. Ukoliko ste i sami nastavili mjerenja koja je prethodno obavljao netko drugi, moći ćete uspoređivati svoje podatke s prethodnim nizovima.

Ono što je svakako dostupno uspoređivanju su promjene ili varijacije uslijed prostornog rasporeda ili razdvojenosti različitih lokaliteta (šumske ili livadne zajednice na različitim nadmorskim visinama ili na padinama različitih ekspozicija). Vaše podatke možete uspoređivati s podacima GLOBE škola koje se nalaze na lokacijama koje vam mogu biti zanimljive. Na razdvojenim lokacijama može biti razlika u geografskim obilježjima, u značajkama tla, u mogućem utjecaju čovjeka.

» Razmislite kako biste mogli nedvosmisleno zaključiti koji od čimbenika je uzrokom uočenih razlika!

Analiza podataka i svih prikupljenih informacija vjerojatno neće dati odgovore na sva pitanja koja vam se otvaraju. Može se čak dogoditi da sad imate više nedoumica nego kad ste počeli s istraživanjem, a to je ono što vam može biti putokaz u novom ciklusu istraživanja.

» Promatrajte sve prikupljene podatke. Organizirajte ih na različite načine. Uspoređujte. Zapišite individualno sva pitanja koja vam padnu na pamet, svako „*zašto?*“, „je li zaista…?“, „ovisi li…?“
» Razmijenite pitanja u grupi i odaberite ona koja mogu biti početak novog ciklusa istraživanja! Izradite nacrt novog istraživanja s vremenskim planom i svim ostalim potrebnim detaljima.

KORACI ZA RAD U GRUPI

» Pregledno, detaljno i korektno prikažite sve prikupljene podatke.
» Utvrdite, ukoliko je moguće, zajedničke značajke rezultata, podudarnosti (nešto što se uvijek ponavlja ili rezultate koji nedvojbeno ukazuju na isto ili upućuju na isti zaključak).
» Utvrdite postoji li ikakva povezanost u grafičkim prikazima rezultata (ako raste A, raste i B ili ako A raste, B pada….).
» Utvrdite postoji li podudarnost u pojavnosti (kad se pojavljuje A, pojavljuje se i B ili kad se pojavljuje A, B se ne pojavljuje…).
» Ako ste mogli izvesti jasan zaključak na temelju rezultata, raspravite što bi moglo utjecati da rezultati budu drugačiji
» Pobrojite i popišite sve moguće uzroke koji bi mogli mijenjati uočenu zakonitost ili trend.
» Zapišite pitanja koja su vam padala na pamet tijekom rasprave (individualno, a potom kao grupa).
» Odaberite najzanimljivija pitanja i ona za koja mislite da znate kako naći odgovor.
» Razvrstajte pitanja prema ključnim pojmovima pomoću kojih ćete tražiti odgovore.
» Odaberite pitanja na koja se može odgovoriti istraživanjem.
» Oblikujte dobra istraživačka pitanja i hipoteze.
» Izradite nacrt istraživanja koji bi testirao vašu hipotezu .

7.8.1 Preporuke za daljnje čitanje i istraživanje

Uz već navedene poveznice, cjelovite materijale o istraživanju pokrova i satelitskom snimanju Zemlje te o fenološkim motrenjima potražite na internetskim stranicama Programa GLOBE www.globe.gov pod naslovom izbornika *Explore Science*, podnaslov *GLOBE Investigations*, poglavlja *Land Cover/ Biology investigations* https://www.globe.gov/web/landcover/overview i *Earth as a System*: https://www.globe.gov/web/earth-systems/overview.

Dodatne materijale i zanimljive članke, kao i satelitske snimke možete naći na adresi američke Nacionalne svemirske agencije NASA http://www.nasa.gov/education/materials/ ili Europske svemirske agencije ESA http://www.esa.int/esasearch?q=land+cover

8. ISTRAŽIVANJE TLA

Diana Garašić

Hoćeš li ikada shvatiti značenje tla pod svojim nogama? Sve je sveto – od zrnca pijeska do najviše planine. Ono je postojalo jučer, postajat će sutra i ostat će vječno. (Peter Plavi Oblak, Mohawk)

8.1 Uvod

U ovom ćemo modulu pokušati odgovoriti na sljedeća pitanja:

- Što je tlo?
- Kada i kako nastaje tlo?
- Od čega se tlo sastoji?
- Zašto nam je tlo važno?
- Kako štetno djelujemo na tlo?

8.1.1 Što je tlo?

Tlo je prirodno povijesno tijelo i rastresiti medij nastalo iz čvrste ili rastresite stijene pod utjecajem pedogenetskih čimbenika (matičnog supstrata, klime, flore i faune, reljefa i vremena) i procesa (trošenja, stvaranja i razgradnje organske tvari sa sintezom humusa, tvorbom sekundarnih minerala i organomineralnih tvari te različitim oblicima migracije).

U primijenjenoj pedologiji ili/i specijalističkim prirodnim znanostima i strukama koriste se i druge definicije tla:

Tlo je prirodno tijelo mineralnog i organskog sastava podijeljeno na horizonte različite debljine. Od geološke podloge razlikuje se sastavom, morfološkim, kemijskim i biološkim značajkama (Međunarodna komisija za navodnjavanje i odvodnjavanje, 1978.).

Tlo u građevinarstvu čine sve rastresite ili nepotpuno vezane (geološke) naslage – šljunak, prah, pijesak, glina ili njihove smjese.

Tlo u poljoprivredi je tanji površinski sloj litosfere prorastao biljnim korijenjem, koji snabdijeva biljke vodom i drugim neophodnim tvarima.

Tlo u prehrani biljaka je stanište za rast i razvoj biljaka – izvor vode, zraka i hranjivih tvari. To je polidisperzna smjesa sastavljeno od krute, tekuće i plinovite faze, u kojima se nalaze nositelji plodnosti tla (hranjive tvari, voda, zrak, toplina).

Tlo u kemiji tla je smjesa čvrstih čestica tla – anorganskih i organskih tvari, vode, zraka **i** mikroorganizama.

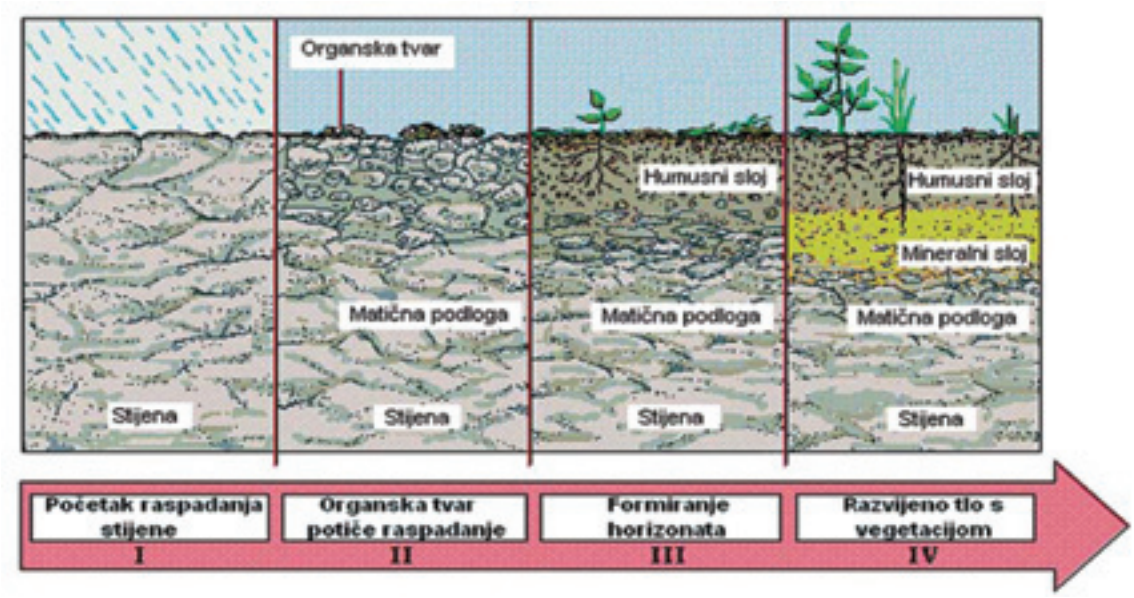
Tlo se može predočiti kao kompleksni prirodni laboratorij u kojem se istovremeno i uz međudjelovanje događaju fizikalne, kemijske, fizikalno-kemijske i biološke reakcije. Izmjena stanja i svojstva, kao i nove značajke tla, rezultat su stalne transformacije i pritjecanja tvari i energije, pa ih valja i tumačiti u njihovom stalnom mijenjanju. (A. Škorić, Zagreb, 1991.)

Znanstvena disciplina koja se bavi proučavanjem tla zove se **tloznanstvo** ili **pedologija** (od grčkih riječi „pedon" – tlo i „logos" – znanost) pa otuda i pojmovi pedosfera za površinski sloj kopnenog dijela Zemljine površine.

Na području Europe utvrđeno je više od 320 različitih vrsta tla, a u Hrvatskoj ih je nešto manje. U svakodnevnom govoru često susrećemo imena nekog manje ili više produktivnog tla, kao npr. kamenjar, crnica, crvenica, smeđe tlo i dr. Često, kada govorimo o debljini tla, pretpostavljamo da je tlo „sloj" od nekoliko centimetara do oko 200 cm. No javljaju se brojne iznimke. Na okomitom presjeku dubljeg tla lako se uočava uslojenost do matične stijene. Pojedini slojevi do matične podloge međusobno se razlikuju po važnosti i/ili po vidljivim značajkama, npr. boji, zbijenosti, sadržaju humusa i dr.

Slika 8.1 *Isječak pedosfere (Glavač, 1999.)*

8.1.2 Kada i kako nastaje tlo?



Slika 8.2 Faze razvoja tla (http://encarta.msn)

» *Koristeći se niže navedenom slikom objasni proces nastanka tla.*

Tlo nastaje kao posljedica razgradnje zemljine kore pod atmosferskim utjecajem. Kao što voda kruži u prirodi *(hidrološki ciklus)*, tako isto možemo govoriti o kruženju stijena koje tvore zemljinu koru. Razlika je jedino u vremenskom periodu promatranja pojave.

Tvorba tla je stalna, pa su tako neka tla tek sada u začetcima razvoja i nastanka, a druga su vrlo stara. Za sva je tla zajedničko da su procesi nastanka i razvoja tla vrlo dugi. Na primjer, za nastanak 1 cm sloja crvenice treba proći oko 10000 godina. Dakle, najmanje toliko godina su klima, odnosno oborine, toplina, plinovi koji dospijevaju u tlo, reljef, organizmi na i u tlu djelovali na izvornu matičnu stijenu.

8.1.3 Od čega se tlo sastoji?

Tlo je građeno od **mineralnih i organskih tvari, vode, zraka i organizama**. Udio tih sastojaka i procesi njihovog postanka razlikuju se kod različitih jedinica ili grupe tla.

Slika 8.3 Sastav tla

Mineralne tvari tla nastaju razgradnjom stijena i minerala izloženih fizikalnim, kemijskim i biološkim procesima. Među najpoznatije i najčešće spominjane stijene u nas pripadaju **les** ili **prapor** u ravnicama kontinentalne Hrvatske te **vapnenac** i **dolomit** u Istri, Primorju, Dalmaciji i na jadranskim otocima.

Tlo je različito ispunjeno većim i manjim porama ili šupljinama u kojima se nalaze zrak i voda s otopljenim tvarima neophodnim za život organizama u i na tlu.

Organska tvar u tlu potječe od biljnih i životinjskih ostataka.

» *Promotri sljedeću sliku i objasni put razgradnje organske tvari*

Slika 8.4 Od lista do humusa

Tlo je najnastanjeniji dio našega planeta. Uz dobro nam poznate gujavica, gljivice, bakterije, tu su i brojni kukci, a svi skupa sudjeluju u razgradnji organskih ostataka i stvaranju dragocjenog dijela tla – **humusa**, jednog od važnih čimbenika plodnosti tla.

8.1.4 Zašto nam je tlo važno?

Tlo je, uz zrak i vodu, jedan od temelja života na Zemlji te ograničeno i neobnovljivo prirodno dobro. Može se reći da je tlo središte prirodnih i društvenih djelatnosti i ima ključnu ulogu u njihovom skladnom djelovanju i opstanku čovjeka.

- Prisjetite se definicije tla s obzirom na prirodni i gospodarski značaj i pokušajte odgovoriti na pitanje zašto nam je ono važno i zašto ga ispitujemo?

8.1.5 Kako štetno djelujemo na tlo?

Tlo je izloženo mnogim pritiscima što uzrokuje njegovo onečišćenje. Uzroci onečišćenja mogu biti prirodni ili, što je puno češće, ljudske aktivnosti.

- *Promislite i raspravite u paru te odgovorite što sve uzrokuje onečišćenje tla?*

Mnogobrojni su uzročnici onečišćenja tla, a imajući u vidu dužinu vremena njegova nastanka i obnavljanja, problem postaje još veći.

- Raspravite o čimbenicima koji uzrokuju onečišćenje tla i pokušajte što detaljnije obrazložiti njihov štetni utjecaj. Popunite tablicu uz svaku kategoriju čimbenika i pokušajte se sjetiti primjera iz vlastitog iskustva i saznanja.

Čimbenici onečišćenja tla	Porijeklo, vrste, utjecaj - primjeri
industrijski i komunalni otpad	
djelovanje štetnih tvari iz atmosfere (kisele kiše, teški metali, radioaktivne tvari...)	
nekontrolirano unošenje gnojiva, pesticida i drugih štetnih tvari	
neodgovarajuće tehnologije u poljoprivredi i šumarstvu koje dovode do erozije tla	
elementarne katastrofe (poplave, potresi, požari, snijeg, led, vjetrovi....)	
neplansko širenje naselja i industrije, izgradnja prometnica i infrastrukture	

8.2 Ispitivanje tla

Zašto vršimo ispitivanje tla?

Kao što je već prethodno navedeno, tlo je jedna od temeljnih tvari bez kojih život na Zemlji ne bi bio moguć. O njegovoj vrsti, sastavu i svojstvima ovisi život biljnih i životinjskih vrsta te gospodarski i društveni prosperitet. Izloženost mnogobrojnim poremećajima u ekosustavu dovodi do njegova onečišćenja i trošenja zbog čega je potreban stalni monitoring i ukazivanje na njegovu ugroženost.

Ciljevi ispitivanja tla su:

- prikupljanje podataka o fizikalno-kemijskim svojstvima tla
- dobivanje podataka o utjecaju promjena u ekosustavu na svojstva tla
- analiza utjecaja promjena u tlu na život organizama
- bolje razumijevanje odnosa u biosferi.

U tlu se stalno odvijaju kompleksne fizikalne, kemijske i biološke reakcije koje mijenjaju njegova svojstva pa je važno prilagoditi intenzitet i vrstu mjerenja.

Tablica 8.1 *Promjena glavnih svojstava tla tijekom vremena*

Svojstva koja se mijenjaju u vremenu		
Unutar minute ili sata	Unutar mjeseca ili godine	Unutar stotina i tisuća godina
temperatura količina vlage količina zraka	pH boja struktura konzistentnost organski sastav fertilitet (plodnost) gustoća	minerali raspodjela čestica formiranje horizonata

8.2.1 Praktični rad: karakterizacija (opis) tla

Ishod učenja: Usporediti horizonte u profilu tla s obzirom na strukturu, konzistentnost i boju

» ***Ciljevi karakterizacije tla su:***

Identificirati, izmjeriti i zabilježiti horizonte u profilu tla na izabranom lokalitetu. Procijeniti i zabilježiti fizičke i kemijske karakteristike svakoga sloja. Fotografirati profil tla. Izdvojiti uzorke iz svakoga sloja za laboratorijsku analizu.

Slika 8.5 *Pribor potreban za karakterizaciju tla*

Potreban pribor:

1. pedološki nož
2. boca s destiliranom vodom
3. oznake koje se mogu zabiti u zemlju
4. motika, lopata ili drugi alat za kopanje
5. Munsellova skala boja za tlo
6. fotoaparat
7. marker
8. boca s octom
9. papirnati ručnici
10. metar
11. čekić ili drugi alat za razbijanje stijena i razdvajanje uzoraka
12. gumene rukavice
13. GPS
14. *Obrazac za karakterizaciju tla (dodatak - na kraju Priručnika).*

Tipovi profila (presjeka tla):

- postojeći profili - izbušene rupe
- iskopane jame - površinski (ako izostane mogućnost dubljeg kopanja).

Na terenu

1. Određivanje horizonata

Redoslijed postupaka:

1. Odabrati relativno ravne i vegetacijom pokrivene lokalitete najmanje 5 metara udaljene od zgrada i prometnica
2. Izmjeriti klinometrom nagib terena i GPS-om odrediti koordinate
3. Preporučljivo je da profil bude izložen suncu radi boljeg i jasnijeg promatranja i opisa tla
4. Kopati lopatom (mekša i vlažna tla) ili bušiti svrdlom (tvrđa i suha tla)
5. Iskopati pedološki profil najmanje 1 m dubok, ako to nije moguće uzeti barem 10 cm tla. Profil od vrha do dna treba zagladiti lopatom. (Također se preporuča 1/3-1/2 profila od vrha do dna gusto izbosti pedološkim nožem radi lakšeg uočavanja horizonata)
6. Počevši od vrha prema dnu profila, obratiti pažnju na karakteristike tla
7. Pažljivo promatrati profil tla i uočiti razlike između slojeva poput boje, teksture, oblika, korijenja, stijena, glista, malih životinja, insekata, tunela...
8. Na temelju opažanja odrediti i definirati **horizonte,** odnosno slojeve
9. Radeći u strogo okomitoj crti označiti gornji i donji rub svakog horizonta te ga tako identificirati. Za označavanje koristiti klinove ili čavle. Nastojati da se svi članovi grupe slože oko širine pojedinog horizonta
10. Izmjeriti širinu svakoga horizonta na taj način da oznaka 0 cm bude na vrhu horizonta. Također odrediti položaj vrha i dna svakoga sloja, odnosno dubinu horizonata.
11. Fotografirati profil s jasno vidljivim oznakama horizonata
12. Zabilježiti dobivene podatke u *Obrazac za karakterizaciju tla*.

2. Određivanje strukture tla

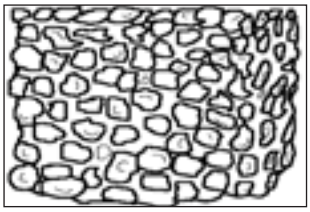
Struktura tla podrazumijeva oblik čestica ili **agregata**, a posljedica je fizikalno-kemijskih procesa. Pojedinačni grumen zemlje naziva se **strukturni agregat (individualna jedinica strukture tla) ili ped.**

Redoslijed postupaka:

1. Koristeći alat za kopanje izuzeti uzorak tla iz sloja koji proučavamo polazeći od dna profila prema površinskom sloju
2. Držati uzorak tla nježno u ruci i proučavati strukturu
3. Dogovorom i zajedničkom odlukom svih članova grupe odrediti tip strukture sloja.

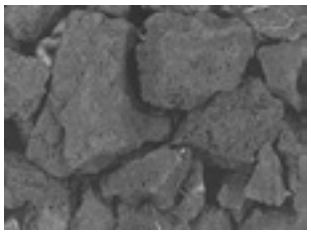
Mogući izbori su:

Granularna (granular): sastoji se od zrna tla čiji promjer nije veći od 0,5 cm. Uglavnom se nalazi u površinskom sloju u



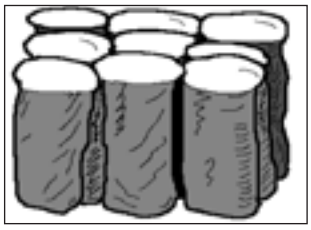
kojem raste korijenje

Grudasta ili kamenita (blocky): sastoji se od nepravilnih gruda promjera od 1,5 cm do 5 cm.

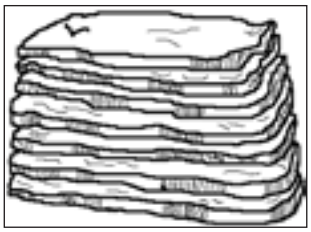


Prizmatična (prismatic): vertikalni redovi tla različite veličine. Obično u nižim slojevima.

Kolonasta (columnar): vertikalni stupovi tla koje imaju bijelu, slanu kapu na vrhu, najčešći je u tlima u suhoj, aridnoj klimi.



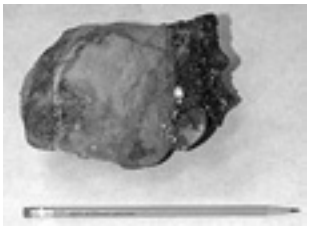
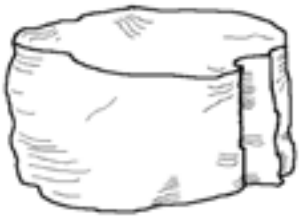
Plitka (platy): tanke, ravne ploče tla koje leže horizotalno, obično u kompaktnom tlu.



U nekim slučajevima neće biti moguće odrediti strukturu uzoraka. Tada se struktura može klasificirati kao:

- **Zrnata (single grained):** tlo je razbijeno u odvojene čestice koje se ne drže zajedno, najčešće u pješčanim tlima (plaže i sl.).

- **Masivna (massive):** tlo nema vidljive strukture, teško ga je razbiti na dijelove i pojavljuje se u velikim grumenima.

» Zabilježite tip strukture u *Obrazac za karakterizaciju tla.*

3. Određivanje glavne i sekundarne boje horizonta

Boja tla ovisi o mineralnom sastavu i fizikalno-kemijskim procesima u tlu te daje uvid u njegovu pedogenezu. Ona je odraz općeg sastava tla te prošlih i sadašnjih oksidacijsko-redukcijskih uvjeta u tlu. Glavni nositelji pigmentacije u tlu su organska tvar, željezo te u manjoj mjeri mangan i kalcijev karbonat. Radi se o naslagama mineralnih (koloidnih) čestica na organskoj tvari (tamno), željeznih oksida (žuto, smeđe, narančasto ili crveno) ili manganovih oksida (crno).

Redoslijed postupaka:

1. Uzeti grumen tla iz analiziranog horizonta i zabilježiti je li suh, mokar ili vlažan. Ako je suh, navlažiti ga destiliranom vodom.
2. Razdrobiti grumen i prisloniti uz tablicu boja (Munsell colour system).
3. Uzorak i tablicu mora obasjavati sunčeva svjetlost, odnosno danje svjetlo.
4. Pronaći boju na tablici koja odgovara boji agregata.
5. Zabilježiti rezultat u *Obrazac za karakterizaciju tla* na taj način da se gleda boja koja prekriva najveću površinu uzorka (glavna boja). Ponekad uzorak tla može imati više boja pa je tada potrebno odrediti i sekundarnu boju (koja prekriva manju površinu).

Slika 8.6 *Određivanje boje horizonta*

Prirodne boje tla često se koriste u slikarstvu. Potražite u dostupnim izvorima opis pripreme prirodne boje iz tla, sukladno svojim vještinama naslikajte sliku te izloži u prostoru Škole.

4. Određivanje konzistentnosti tla

Konzistentnost je pojam koji opisuje otpornost agregata prema deformaciji i lomu te određuje stupanj adhezije i kohezije agregata.

Redoslijed postupaka:

1. Uzeti grumen tla iz željenoga horizonta. Ako je uzorak tla suh potrebno ga je lagano namočiti vodom
2. Držeći grumen između palca i kažiprsta, nježno stiskati dok se ne raspadne ili ne ispadne iz ruke
3. U *Obrazac za karakterizaciju tla* zabilježiti jednu od sljedećih kategorija:
   - **Rahlo, mekano (loose):** s teškoćom se nalaze pojedinačni grumeni zemlje, struktura se raspada prije nego što se uspije stisnuti *Napomena: zrnata tla uvijek imaju ovakvu konzistentnost.*

   - **Prhko, zdrobljivo (friable)**: konzistentnost se gubi pri malom pritisku, grumen se lomi s malo snage

   - **Čvrsto (firm):** grumen se lomi tek pod jačim pritiskom.

   - **Jako čvrsto (exstremely firm):** grumen se ne može smrviti rukama već je za to potreban čekić.

Slika 8.7 *Određivanje konzistentnosti tla*

5. Određivanje sadržaja stijena

1. Ocijenite i kategorizirajte nalazi li se u tlu *ništa*, *malo* ili *puno* stijena ili fragmenta stijena. Stijenom ili fragmentom smatra se čestica veća od 2mm.
2. Zabilježite opažanja u *Obrazac za karakterizaciju tla.*

6. Određivanje sadržaja korijenja

1. Ocijenite i kategorizirajte nalazi li se u tlu *ništa*, *malo* ili *puno* korijenja po slojevima.
2. Zapisati opažanja u *Obrazac za karakterizaciju tla.*

Usporedite rezultate dobivene karakterizacijom (struktura, boja, konzistentnost, sadržaj stijena i korijenja) tla po pojedinim horizontima. Analiziraj ih i o njima raspravljaj u skupini primjenjujući znanja iz kemije, geografije i biologije te konzultaciju stručne literature.

7. Određivanje slobodnih karbonata

Ishod učenja: Pretpostaviti uzroke različitog udjela slobodnih karbonata u pojedinim horizontima tla

Određivanje slobodnih karbonata u tlu podrazumijeva određivanje udjela karbonatnih soli (uglavnom kalcijevih) u tlu. Oni su rezultat trošenja vapnenca ili se akumuliraju u tlu kao posljedica male količine oborina (aridna tla).

Redoslijed postupaka:

1. Za test slobodnih karbonata koristi se dio slobodnoga profila zemlje. Pripaziti da se uzorak ne dira golim rukama.
2. Otvoriti bocu s 9% octenom kiselinom i poprskati čestice tla počevši od najdonjeg horizonta prema vrhu. Paziti da se boca okrene prema tlu, u slučaju da dođe do kontakta s očima, ispirati vodom oko 15 minuta. Preporučljivo je korištenje bočice s pumpicom.
3. Pažljivo gledati i osluškivati je li došlo do pjenjenja. Što je veći udio slobodnih karbonata, pjenjenje će biti intenzivnije.

Slika 8.8 *Određivanje slobodnih karbonata*

U *Obrazac za karakterizaciju tla* unijeti podatke za svaki sloj prema sljedećim opisima:

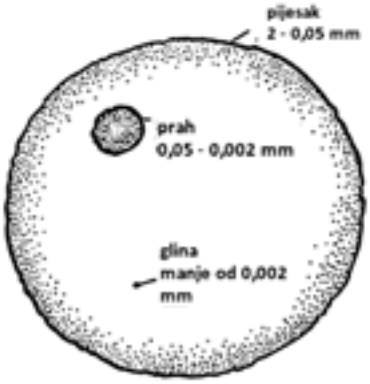
- *ništa*: nema reakcije, nema slobodnih karbonata
- *slabo*: slaba reakcija, mali udio karbonata
- *jako*: jaka reakcija pjenjenja, velika količina slobodnih karbonata.

» *Usporedi rezultate određivanja slobodnih karbonata po pojedinim horizontima, komentiraj ih i obrazloži. Koji čimbenici utječu na udio slobodnih karbonata u tlu? Jednadžbom kemijske reakcije prikaži reakciju između kalcijeva karbonata i otopine octene kiseline te ju objasni. Pretvorbu energije prikaži termokemijskom jednadžbom.*

8. Određivanje teksture tla

Ishod učenja: Usporediti rezultate određivanja teksture tla laboratorijskom analizom i procjene na temelju oblikovanja prstima

Tekstura u pedologiji podrazumijeva količinski odnos mineralnih zrna prema njihovoj veličini.



Slika 8.9 *Veličine čestica tla*

To su:

- **Sand (pjesak)** - od 2 mm do 0,02 mm
- **Silt (prah)** – od 0,02mm do 0,002 mm i
- **Clay (glina)** - manje od 0,002 mm.

Tekstura tla određuje se na više načina koji se bitno razlikuju po preciznosti. Prema GLOBE Protokolu za tlo određuju se na dva načina:

a) procjena na temelju oblikovanja prstima – uglavnom na terenu
b) laboratorijska analiza primjenom trokomponentnog dijagrama - distribucija zrna u uzorku tla.

Redoslijed postupaka:

a) **procjena na temelju oblikovanja prstima – na terenu**

(*Napomena:* Izuzeti 50 ml uzorka tla iz istog horizonta za određivanje teksture u laboratoriju).

» *Korak 1.*

Uzeti u ruku uzorak tla (veličine jajeta) iz ispitivanog horizonta i navlažiti ga vodom. Pričekati da voda prodre u unutrašnjost uzorka, a zatim prstima mijesiti dok se ne postigne jednaka vlažnost. Ako se od uzorka oblikuje grumen, nastaviti s korakom 2. Ako se kompaktni grumen nije uspio formirati tada tlo karakteriziramo kao **pijesak (sand)** i analiza teksture je završena, a rezultat se zabilježi u *Obrazac*.

» *Korak 2.*

Grumen tla uzeti između palca i kažiprsta i nježno stisnuti u vrpcu. Ako je moguće napraviti vrpcu dulju od 2,5 cm nastaviti s korakom 3. Ako je to nemoguće tada uzorak karakteriziramo kao **ilovasti pijesak (loamy sand).** Zabilježiti rezultat u *Obrazac*.

» *Korak 3.*

Ako je tlo jako ljepljivo, teško za stisnuti, ostavlja prljave ruke, sjajno je uslijed trljanja i može se formirati vrpca duža od 5 cm tada se karakterizira kao **glina (clay).** Ako je tlo slabije ljepljivo i lakše se stisne te stvara vrpcu od 2 cm do 5 cm naziva se **glinena ilovača (clay loam).**

Ako je tlo glatko, lagano za stisnuti, slabo ljepljivo i stvara vrpce manje od 2 cm, tada se naziva **ilovača (loam).**

» *Korak 4.*

Neka se tla teško klasificiraju, potrebno je provesti dodatnu analizu i to na sljedeći način:

Mali komadić tla staviti na dlan i trljati ga kažiprstom.

Ako je tlo:

- jako pješčano pri svakome stiskanju nastavlja se na imenovanje pod A
- jako glatko bez pjeskovitog osjećaja nastavlja se na imenovanje pod B
- samo malo pješčano, nastavlja se na imenovanje pod C

A - dodati riječ pjeskovit ispred kvalifikacije (npr. pjeskovita ilovača....)(sandy loam)

B - dodati riječ praškast ispred kvalifikacije (npr. praškasta ilovača...)(silty loam)

C - ostaviti originalnu kvalifikaciju.

Analiza teksture tla time je završena te rezultate treba zabilježiti u *Obrazc za karakterizaciju tla.*

b) **laboratorijska analiza primjenom trokomponentnog dijagrama – distribucija zrna u uzorku tla**

(*Napomena*: Odrediti teksturu uzorka tla iz istog horizonta za koji je određena tekstura na terenu.).

Redoslijed postupaka:

1. U menzuru od 100 ml nasuti 30 ml uzorka tla i lagano tresti da se slegne.

2. Dopuniti do 90 ml destiliranom vodom
3. Menzuru zatvoriti čepom, poklopcem ili rukom i tresti gore-dolje u trajanju od 2 minute. (Za postizanje boljeg rezultata potrebno je držati se točno propisanog vremena!)
4. Menzura se ostavi 40 sekundi mirovati i očita se volumen istaloženog pijeska (sand). Ako je prošlo više od 40 sekundi i niste očitali, postupak ponovite!
5. Menzura se ostavi mirovati daljnjih 30 minuta kako bi se iz suspenzije istaložio prah (silt). Tada se očita volumen praha. (Nastojte na svjetlu naći crtu taloga.)
6. Cijeli postupak ponoviti tri puta.

Izračunavanje postotnog udjela gline, praha i pijeska u uzorku:

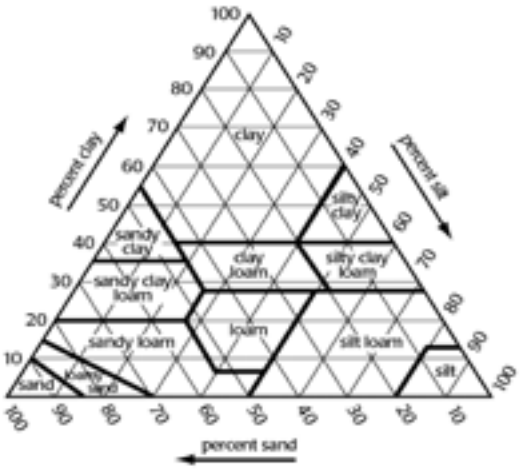
$$\frac{\text{Volumen istaloženog pijeska (40 sek)}}{\text{Originalni volumen mješavine}} \times 100 = \%\ \text{pijeska}$$

$$\frac{\text{Vol. ist. pijeska (30 min) - Vol. ist. pijeska (40 min)}}{\text{Originalni volumen mješavine}} \times 100 = \%\ \text{praha}$$

originalni volumen mješavine 100 - (% pijeska + % praha) = % gline

Prema udjelu pojedinih frakcija, tla se svrstavaju u ***12 teksturnih klasa***.

Koristeći trokomponentni dijagram odredite teksturu ispitivanog uzorka tla.



Slika 8.10 Trokomponentni dijagram

- *Usporedi rezultate određivanja teksture tla laboratorijskom analizom i procjenom na temelju oblikovanja prstima i komentiraj dobivene rezultate.*

9. Određivanje pH vrijednosti tla

Ishod učenja: Komentirati suodnos pH vrijednosti i plodnosti tla.

Mjerenje se vrši u laboratoriju ili učionici prema *GLOBE Protokolu za tlo.*

pH-vrijednost govori o kiselosti nekoga sustava, odnosno, to je negativni logaritam koncentracije oksonijevih iona u otopini. pH-vrijednost kreće se od 0 do 14. Otopine čija je pH vrijednost 7 *neutraln su*, one s nižom pH vrijednosti su *kisele*, a s višom *lužnate*.

» ***Cilj određivanja pH vrijednosti tla je:*** precizno odrediti pH vrijednost tla koristeći pH-metar i indikator listiće

Potreban pribor:

- suha, prosijana zemlja
- destilirana voda
- menzura od 100 ml
- čaša od 100 ml
- vaga (točnosti 0,1 g)
- stakleni štapić ili drugi pribor za miješanje
- pH-metar i indikator listići

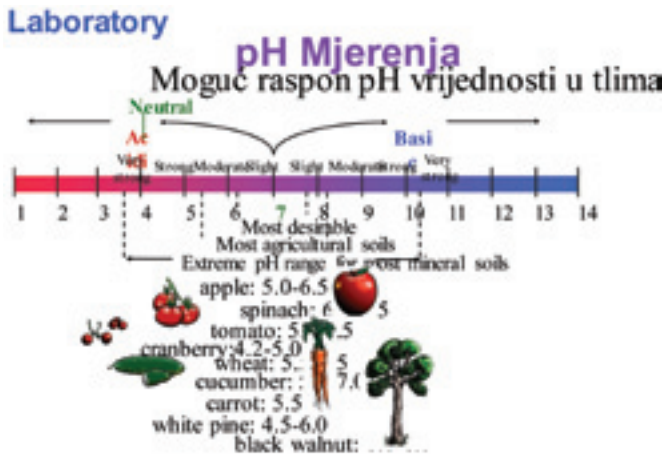
Redoslijed postupaka:

1. U čaši promiješati 40 g suhe i prosijane zemlje i 40 ml destilirane vode (ili druge vrijednosti u omjeru 1:1). Miješati dok smjesa ne bude dobro homogenizirana
2. Miješati smjesu po 30 sekundi svakih 3 min u pet krugova miješanja i čekanja. Pustiti da se smjesa smiri i nastane supernatant (čišći sloj tekućine iznad taloga).
3. Pomoću indikator listića i pH-metra odrediti pH-vrijednost supernatanta. Staviti dno pH-metra u supernatant i izmjeriti pH-vrijednost te zabilježiti vrijednost.
4. Mjerenje ponoviti tri puta.

(*Napomena*: Ako je pH-metru potrebna kalibracija, učiniti ju koristeći upute proizvođača)

Slika 8.11 postupak mjerenja pH vrijednosti tla

Određivanje pH-vrijednosti važno je zbog upoznavanja s geološkim postankom tla te kemizmom i plodnošću tla. Rast i razvoj određenih biljnih vrsta uvjetovan je pH vrijednošću tla što je vidljivo iz sljedećeg slikovnog prikaza:



Slika 8.12 Optimalna pH vrijednost za pojedine biljne vrste

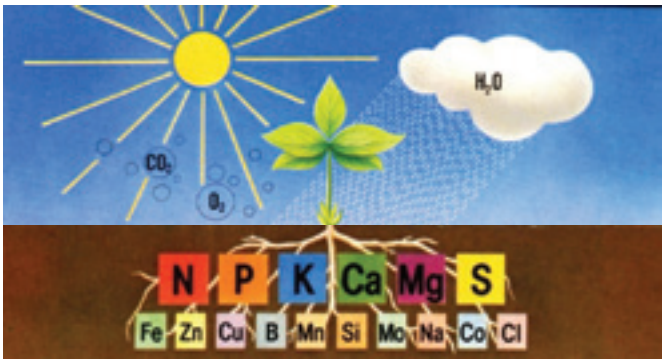
10. Određivanje plodnosti (fertiliteta) tla

Plodnost tla je sposobnost tla da biljci pruži istovremeno, kontinuirano i optimalno hranjiva, vodu, kisik, toplinu i medij za ukorjenjivanje. Plodna tla su **neutralna (ili blizu neutralne)** reakcije, bogata hranjivima koje biljke mogu iskoristiti, dobrih fizikalno-kemijskih svojstava i bez štetnih tvari.

» ***Cilj određivanja plodnosti tla je***: odrediti kemijski sastav tla kako bi ocijenio njegovu pogodnost za uzgoj određenih biljnih vrsta.

Pribor:

- komplet (kit) za određivanje plodnosti tla



Slika 8.13 Mineralne tvari – elementi koje biljka crpi iz tla

Prema *GLOBE Protokolu za tlo*, plodnost tla određuje se posebnim indikator testovima uz pripadajuću uputu o primjeni koja je različita za svakog proizvođača.

Primjeni stečena znanja iz kemije i biologije te konzultiraj ostalu stručnu literaturu iz područja pedologije i botanike kako bi objasnio ovisnost plodnosti tla o njegovoj pH vrijednosti i kemijskom sastavu.

O kiselosti tla ovisi dostupnost biljci važnih nutrijenata što je vidljivo iz sljedeće tablice.

Tablica 8.2 pH vrijednost i dostupnost najvažnijih nutrijenata (Jug, Danijel, 2000.)

pH vrijednost tla	N [%]	P [%]	K [%]
4,5	30	23	33
5,0	53	34	52
5,5	77	48	77
6,0	89	52	100
7,0	100	100	100

U paru prokomentirajte prikazanu prikazanu tablicu i objasnite zašto je uputno povrtnjak posipati pepelom

Dušik je biljci važan za izgradnju aminokiselina i bjelančevina. Fosfor izgrađuje stanične membrane i molekule ATP-a i drugih biološki važnih molekula. Kalij je biljkama primarno potreban u procesu izgradnje klorofila, aktivacije enzima, važan je elektrolit u regulaciji propusnosti membrane. Bitno je spomenuti da su u kiselom mediju ioni aluminija i mangana toksični za biljku. Također, dolazi do redukcije nitrata u nitrite, koji štetno djeluju na zdravlje čovjeka.

11. Određivanje temperature tla

Ishod učenja: Analizirati ovisnost temperature tla i atmosfere u određenom vremenskom periodu

Mjerenje se obavlja na terenu (prema GLOBE Protokolu za tlo).

» ***Ciljevi određivanja temperature tla su:***

- Odrediti temperaturu tla na 5 i 10 cm dubine u određenom vremenskom periodu te usporediti s atmosferskom temperaturom.
- Grafički prikazati odnos temperature zraka i tla u zadanom vremenskom periodu.

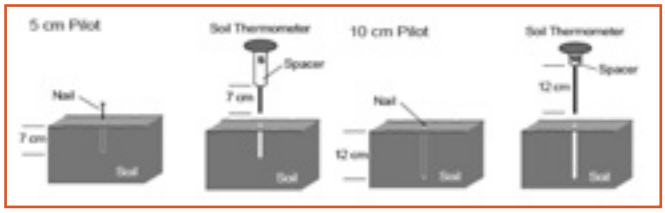
Temperatura tla ovisi o količini solarne radijacije koja do njega dopire, odnosno o geografskoj širini i oblasti, reljefu, svojstvima tla, dobu dana i godišnjem dobu, količini oborina i vlage, blizini vodene plohe, pokrovu te fizikalno-kemijskim svojstvima tla i antropogenom utjecaju.

Pribor za praktičan rad:

- termometar za tlo
- čavao markiran na 5, 7, 10 i 12 cm od početka (za čvrstu i vrlo čvrstu zemlju)
- sat
- čekić
- „štitnici“ („spaceri“) za termometar.

Redoslijed postupaka:

1. Odrediti područje uzimanja uzoraka.
2. Izmjeriti temperaturu zraka.
3. Pomoću čavla napraviti rupu od 5 cm dubine za ulazak termometra. Ako je tlo jako čvrsto, koristiti čekić i napraviti rupu od 7cm. Laganim rotiranjem oprezno izvući čavao, pazeći da se nastali otvor ne zatrpa zemljom. Ako se tlo ipak raspadne, pokušati ponovno na udaljenosti od 25 cm.
4. Kroz duži „štitnik“ gurnuti termometar da bi došao ispod dubine od 7cm.
5. Nježno gurnuti termometar u tlo.
6. Nakon 2 min očitati temperaturu i vrijeme te zabilježiti.
7. Pričekati jednu minutu te ponovno očitati temperaturu i vrijeme te ponovno zabilježiti.
8. Ako se dva očitanja razlikuju za manje od 1 o C, zabilježiti ih. Ako se dva uzastopna očitavanja više razlikuju, ponavljati mjerenja dok se ne dobiju dva bliska rezultata (razlika manja od 1° C).
9. Izvaditi termometar iz tla.



Slika 8.14 Postupci pri mjerenju temperature tla

Provedite mjerenja temperature zraka i tla u određenom vremenskom periodu, zabilježite podatke te ih točno i pregledno grafički prikažite i komentirajte.

12. Određivanje propusnosti (infiltracije) tla

Ishod učenja: Povezati propusnost (infiltraciju) tla s njegovom strukturom i teksturom

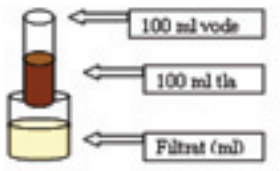
Propusnost ili infiltracija tla je vrijednost kojom se prikazuje volumen vode koja se infiltrira (uđe) u tlo u jedinici vremena. Propusnost tla ovisi o strukturi i teksturi tla.

» Ciljevi određivanja propusnosti tla:

- Vlastoručno izradite infiltrator, odredite propusnost uzoraka različitih tala i grafički prikažite odnos toka i vremena. Stavite u suodnos strukturu i teksturu tla s njegovom propusnošću.
  - *Izradite infiltrator koristeći se priloženom skicom. Budite kreativni kod odabira materijala za njegovu izradu.*
  - *Uzmite uzorke tala različite strukture i teksture te odredite njihovu propusnost.*
  - *Grafički prikažite odnos volumena vode koja je prošla kroz pojedino tlo u jedinici vremena.*
  - *Obrazložite ovisnost propusnosti tla o njegovoj strukturi i teksturi.*

Pribor za praktičan rad:

- uzorci tla
- materijal za infiltrator
- menzura
- sat



Slika 8.15 Princip rada infiltratora

Redoslijed postupaka:

1. U posudu sa sitno probušenim dnom, pazeći da dobro prianja, staviti filter papir. Ispod posude staviti čašu ili menzuru – napraviti tri (ili više) identične naprave.
2. U svaku usuti 100 ml različitog tla kojemu je prethodno određena struktura i tekstura.
3. Istovremeno, u svaku čašu ulijevati 100 ml vode.
4. Ostaviti u mirovanju dok traje proces infiltracije.
5. Menzurom izmjeriti volumen vode (filtrata) koji je prošao kroz svako tlo u vremenskim razmacima od 5, 10, 15 i 20 min.
6. Rezultate zabilježiti i grafički prikazati odnos volumena vode koja je prošla kroz pojedino tlo u jedinici vremena.

Kategorizaciju propusnost tla određuje volumen filtrata koji prođe kroz 100 ml tla u trajanju od 15 min ako je u analizirano tlo uliveno 100 ml vode.

Tablica 8.3 Kategorizacija propusnosti tla

Kategorije tla:	Udio propuštene vode
jako propusno:	više od 75 %
dobro propusno:	od 65 do 75 %
propusno:	od 55 do 65 %
osrednje slabo propusno:	od 40 do 55 %
jako slabo propusno:	manje od 40 %

8.3 Umjesto zaključka

Provedbom istraživanja tla prikupili ste različite podatke. Došli ste i do određenih zaključaka o kojima bi svako trebalo raspraviti, preispitati ih i provjeriti. Stoga je potrebno dodatno konzultirati stručnu literaturu i stručnjake iz područja pedologije ili ovlaštene institucije koje provode analizu tla. Uz to, primjenjujući interdisciplinarni pristup, iskoristite informacije i primijenite znanja dobivena u drugim nastavnim predmetima i područjima. Time ćete preispitati, sistematizirati i usustaviti vaše znanje, a učenje će dobiti dublji smisao.

Vaše podatke, rješenja i zaključke najbolje možete provjeriti tako da provedete nova istraživanja, na drugim lokalitetima, preispitujući primijenjene metode i uvodeći neke drugačije ili možda učinkovitije. Istraživanja bi, također, trebalo provoditi u različito doba godine, na različitim dubinama tla, s novim istraživačkim pitanjima i provjerama postavljenih hipoteza. Svakako bi bilo dobro, svoje rezultate usporediti s rezultatima drugih škola koje provode slična mjerenja, a imaju različita geografska i prirodna obilježja.

8.4 Nove ideje za istraživanja

Ishod učenja: Osmisliti istraživanje prema zadanom modelu na temelju podataka dobivenih karakterizacijom različitih tala

Analiza podataka i svih prikupljenih informacija vjerojatno neće dati odgovore na sva pitanja koja vam se otvaraju. Može se čak dogoditi da sad imate više nedoumica nego kad ste počeli s istraživanjem.

Pokušajte se, ponajprije individualno, prisjetiti svih pitanja koja su vam se javila dok ste analizirali podatke. Zapišite ih.

U grupi iznesite svoja pitanja i saslušajte pitanja kolega. Sva pitanja zapišite.

Odaberite najzanimljivija pitanja i ona za koja znate kako možete doći do odgovora.

Razvrstajte pitanja prema tome hoćete li odgovor potražiti u literaturi, konzultiranjem stručnjaka ili novim istraživanjem.

Odaberite i po potrebi doradite istraživačka pitanja za novi ciklus istraživanja, postavite hipoteze i oblikujte grubi nacrt istraživanja (kako mislite dokazati hipotezu?)

Koraci za rad u grupi

- Pregledno, detaljno i korektno prikažite sve prikupljene podatke.
- Utvrdite ukoliko je moguće, zajedničke značajke rezultata, podudarnosti) nešto što se uvijek ponavlja ili rezultate koji nedvojbeno ukazuju na isto ili upućuju na isti zaključak)
- Utvrdite postoji li ikakva povezanost u grafičkim prikazima rezultata (ako raste A, raste i B ili ako A raste, B pada...).
- Utvrdite postoji li podudarnost u pojavnosti (kad se pojavljuje A, pojavljuje se i B ili kad se pojavljuje A, B se ne pojavljuje…).

- Ako ste mogli izvesti jasan zaključak na temelju rezultata, raspravite što bi moglo utjecati da rezultati budu drugačiji
- Pobrojite i popišite sve moguće uzroke koji bi mogli mijenjati uočenu zakonitost ili trend.
- Zapišite pitanja koja su vam padala na pamet tijekom rasprave (individualno, a potom kao grupa).
- Odaberite najzanimljivija pitanja i ona za koja mislite da znate kako naći odgovor.
- Razvrstajte pitanja pomoću kojih ćete tražiti odgovore.
- Odaberite pitanja na koja se može odgovoriti istraživanjem.
- Oblikujte dobra istraživačka pitanja i hipoteze.
- Izradite nacrt istraživanja koje bi testiralo vašu hipotezu.

8.5 Preporuka za daljnje čitanje i istraživanje

Uz već navedene poveznice, cjelovite materijale o istraživanju tla potražite na internetskim stranicama Programa GLOBE www.globe.gov pod naslovom izbornika *Teaching&Learning*, podnaslov *GLOBE- Teacher's Guide*, poglavlja *Soil.*

8.6 Obrazac za karakterizaciju tla

Datum karakterizacije tla: _____ **Vrijeme:**_____

Mjesto: _____

Koordinate: _____.

Broj horizonta	Gornji dio *(cm)*	Donji dio *(cm)*	Struktura *(granularna, grudasta, prizmatična,…)*	Boja	Konzistentnost *(rahlo, prhko,...)*	Tekstura *(pijesak, ilovasti pijesak,…)*	Stijene *(ništa, malo, puno)*	Korijenje *(ništa, malo, puno)*	Karbonati *(ništa, slabo, jako)*

9. ISTRAŽIVANJE VODE

Diana Garašić

Ukoliko postoji čarolija na ovom planetu, ona je u vodi...

Pitanja kojima se bavimo:

- Kako onečišćenje djeluje na kvalitetu vode?
- Koje biološke metode za istraživanje kvalitete vode možemo koristiti u školi?
- Koje su fizičko-kemijske analize vode značajne za određivanje kvalitete vode?

9.1 Uvod

Oko 70% površine Zemlje prekriveno je vodom. Od toga samo 1% pripada kopnenim vodama, koje su glavni izvor pitke vode.

» Razmislite zašto je uopće važno proučavati vodu.

Voda je jedna od najvažnijih tvari u prirodi. Direktno utječe na oblikovanje klime, a svojim djelovanjem utječe na oblikovanje reljefa. Izgrađuje tijela biljnih i životinjskih organizama i omogućuje život na Zemlji.

Nažalost, djelovanjem čovjeka, kvaliteta, a i količina pitke vode, sve se više smanjuje. Uslijed različitih načina onečišćenja mijenja se i sastav životnih zajednica, toliko da čak dolazi i do nestajanja nekih biljnih i životinjskih vrsta što uzrokuje smanjivanje biološke raznolikosti. Tijekom prošlog desetljeća smanjila se količina ribnjaka i močvara.

Voda prolazi kroz različite slojeve tla, uz čiji sastav je, s kemijskog gledišta, vezan stupanj i vrsta onečišćenja vode. Svaka prirodna voda sadrži određene količine onečišćenja. Od fizikalno-kemijskih svojstava ispituju se: temperatura, pH, otopljeni kisik, električna vodljivost, salinitet, alkalitet, nitrati i prozirnost.

U mnogim zemljama Europske unije znanstvenici su odlučili poduzeti mjere koje će spriječiti uništavanje prirodnih izvora vode. Njima su se pridružile brojne škole i udruge građana.

Postoje mnogobrojne fizikalno – kemijske i biološke metode određivanja kvalitete vode. Ovdje ćete naučiti primijeniti neke od njih.

9.2 Biološke metode za određivanje kvalitete vode i biološke raznolikosti

Ishodi učenja:

- *Primijeniti BISEL metodu (protokol za makrobeskralješnjake) za određivanje kvalitete vode u vodotoku*
- *Odrediti indeks biološke raznolikosti na lokalitetu istraživanja*

Bavit ćemo se sljedećim pitanjima:

- Što je BISEL metoda?
- Zašto je pogodna za biološko određivanje kvalitete vode u školama?
- Zašto je za vodeni ekosustav važna biološka raznolikost?

Što je BISEL metoda?

BISEL metoda (Biotic Indeks at Secondary Education Level) je metoda procjene kvalitete vode u kojoj se vodeni makrobeskralješnjaci (makrozoobentos) koriste kao biološki indikatori.

Za određivanje kvalitete vode prema BISEL metodi koristi se belgijski biotički indeks (Belgian Biotic Index), koji je od 1984. u Belgiji službeno prihvaćena metoda za procjenu kvalitete vode.

Belgijski biotički indeks (BBI) određuje se prema broju i zastupljenosti određenih vrsta beskralježnjaka (makrozoobentos) s obzirom na njihovu osjetljivost na životne uvjete.

Makrozoobentos - sitni beskralježnjaci koji žive na površini ili na dnu vodenih ekostaništa i mogu se razaznati prostim okom ili pomoću lupe, bez pomoći mikroskopa. Uglavnom su veći od 0,5 mm. U slatkovodnim staništima tu skupinu organizama čine ličinke kukaca kao što su vodencvjetovi, vretenca, tulari i komarci, koji započinju svoj život u vodi, a kad sazriju do odraslog (imago) oblika postaju kopneni kukci. Drugi oblici uključuju rakove, pijavice i puževe. Različite vrste žive u različitim dijelovima toka vode, kao i u vodi različite kvalitete. Većina životinja koje žive u tekućim vodama, vezane su za dno, uglavnom su slabo pokretne ili žive sjedilački. Neke provode samo dio života u vodi, najčešće kao ličinke, a mogu se naći u mulju, ispod kamenja ili između čestica šljunka. Zbog svoje brojnosti, predstavnici makrozoobentosa važna su karika u hranidbenim lancima.

Zašto je pogodna za biološko određivanje kvalitete vode u školskim istraživanjima?

Makrobeskralješnjaci su dobri pokazatelji uvjeta u pojedinom staništu jer su mnogi osjetljivi na promjene kiselosti, temperature, količine otopljenog kisika i drugih čimbenika u vodi. Da bi preživio čitav životni ciklus, određeni organizam treba konstantnu kvalitetu vode. Organizmi su pouzdaniji pokazatelji stanja vodenog ekosustava jer su stalno izloženi različitim abiotičkim čimbenicima, dok kemijske analize pokazuju samo trenutno stanje.

BISEL metoda je jednostavna i zanimljiva, a organizmi se nakon istraživanja vraćaju neozlijeđeni u svoje stanište. Naravno da se ne mogu prikupiti svi primjerci na nekom lokalitetu, nego se uzima određeni uzorak. U BISEL metodi uzima se uzorak koji se sastoji od organizama koji tijekom 5 minuta uđu u mrežu, tj. zgrnu se u nju nogom. Neke metode koriste uzorak s određene površine (npr. $1m^2$).

U relativno kratkom vremenu mogu se usporediti rezultati, tj. kvaliteta vode na više postaja tijekom različitih godišnjih doba.

Prije više od 20 godina, metoda je prilagođena za rad s učenicima od 12 do 18 godina i prihvatili su je učenici i učitelji u mnogim zemljama Europe.

PRIPREMA ZA TERENSKI RAD

Prije odlaženja na teren, treba se pripremiti u školi: pripremiti materijal i pribor za terenski rad, protokole za bilježenje rezultata, a dobro je određeno vrijeme posvetiti prepoznavanju makrobeskralješnjaka koji žive na vašem području.

- Pomoću literature i slikovnih ključeva naučite prepoznati najčešće predstavnike makrozoobentosa koji žive u vodotokovima.
- Odredite lokalitete na kojima ćete provoditi istraživanja.

UPUTE ZA RAD NA TERENU

Na terenu pronađite odabrani lokalitet i provjerite dostupnost i sigurnost pri uzimanju uzoraka. Odredite tip dna.

1. Pomoću posebne mreže (Slika 9.1) uzimaju se uzorci tako da se mreža postavi na dno, suprotno od toka vode i nogom (pomoću gumenih čizama) se 5 minuta u mrežu gura podloga s dna.
2. Uzorak se zatim istrese u plitku posudu i pažljivo ispire više puta (Slike 9.2. i 9.3.)
3. **Pomoću jednostavnih slikovnih ključeva** (npr. autora mr. sc. Goran Klobučar, mr. sc. Ivana Maquire u izdanju Hrvatskog ekološkog društva, Zagreb, Rooseveltov trg 6, 1998., uz potporu Regionalnog centra zaštite okoliša za srednju i istočnu Europu, ali osim njih, mogu se koristiti i drugi izvori (Protokol za slatkovodne makrobeskralježnjake; Prevela i prilagodila: Renata Matoničkin Kepčija, Program GLOBE - Priručnik za mjerenja - Istraživanje vode - koristi se u GLOBE protokolima ili Priručnik za upoznavanje beskralješnjaka naših potoka i rijeka/Mladen Kerovec, Zagreb: SNL, 1986.) određuju se vrste organizama, nakon čega se pomoću učestalosti indikatorskih vrsta određuje biotički indeks (BBI) (Prilog 1).

Belgijski biotički indeks (BBI) određuje se tako da se zbroje sve vrste od kojih je nađen više od 1 organizam i u tablici očita okomita vrijednost. Zatim se traži najosjetljivija vrsta i s obzirom na broj pronađenih jedinki (1 ili više) očita vodoravna vrijednost. Prema boji polja odredi se kvaliteta vode.

Tablica 9.2 Objašnjenje biotičkog indeksa

Klasa	Biotički indeks	Boja	Osobine
I	10-9		Slabo onečišćeno ili čisto
II	8-7		Lagano onečišćeno
III	6-5		Umjereno onečišćeno
IV	4-3		Teško onečišćeno
V	2-1		Veoma teško onečišćeno
VI	0		Mrtva voda

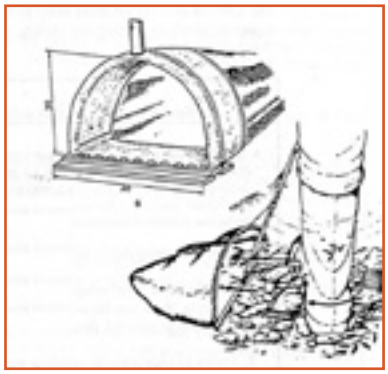
Zašto je za vodeni ekosustav važna biološka raznolikost?

Biološka raznolikost označava varijabilnost među živim bićima iz svih staništa, a uključuje raznolikost unutar vrste, između vrsta i ekološku (biocenološku) raznolikost (prema United Nations Environment Programme, 1992.). Najčešće se koristi raznolikost vrsta, koja se može numerički opisati s nekoliko indeksa. Uglavnom se koriste Simpsonov i Shannon-Wienerov indeks raznolikosti, ali za njihovu upotrebu treba točno odrediti vrste organizama.

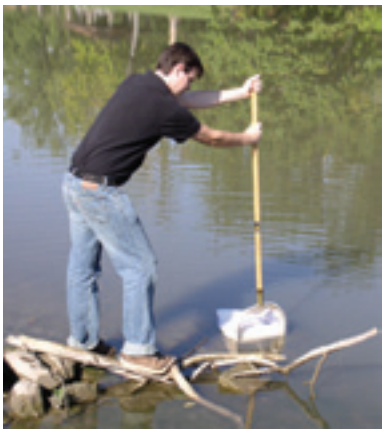
INDEKS RAZNOLIKOSTI VRSTA – SCI indeks (Sequential Comparison Indeks) zasniva se na vjerojatnosti da se nasumičnim uzorkovanjem iz sakupljenog uzorka izvuku dvije iste jedinke.

Postupak:

1. Na plitkoj kadici nacrta se mreža s poljima od 4x4 cm i kvadrati se numeriraju.
2. Uzorak se prebaci u kadicu tako da su organizmi manje-više jednoliko raspoređeni u otprilike 1 mm vode.

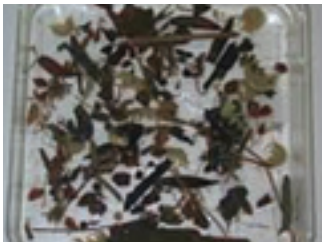


Slika 9.1 Mreža za uzimanje uzoraka (D mreža)



Slika 9.2 Mreža za uzimanje uzoraka (D mreža)

Slika 9.3 Ispiranje uzoraka



Slika 9.4 Uzorci u plitkoj posudi

3. Izvlači se numerirani papirić i na kadici pronalazi određeni kvadrat.
4. Jedan po jedan organizam uzima se pincetom ili kapalicom i prebacuje u odgovarajuće posude (istovrsni u istu posudu) i pri tome u tablicu bilježe znakovi x ili o. Ako su organizmi koje uzimamo iste vrste piše se isti znak, a kad se promijeni vrsta, mijenja se i znak. Kad se prebace svi organizmi iz jednog kvadrata, izvlači se broj sljedećeg kvadrata. Postupak se ponavlja dok se ne izvadi 50 uzoraka.
5. Preboji se broj «nizova» (znakova x i o), taj se broj podijeli s brojem uzoraka (50) i tako se dobije indeks biološke raznolikosti.
6. Izračunate vrijednosti očitavaju se na ljestvici od 0.1 (najmanja) do 1 (najveća).

Tablica 9.1 Objašnjenje vrijednosti SCI

Vrijednost 1.0	Vrijednost 0,5	Vrijednost 0,1
Veliki biodiverzitet	Uobičajeni biodiverzitet	Mali biodiverzitet
Prevladavanje vrsta osjetljivih na onečišćenje	Uobičajena kvaliteta vode	Prevladavanje vrsta neosjetljivih na onečišćenje
Visoka kvaliteta vode		Slaba kvaliteta vode

Sva bi ova istraživanja trebalo obaviti na nekoliko različitih lokacija, tijekom različitih godišnjih doba.

POTREBAN PRIBOR

» ***Za kemijska istraživanja:***

- pribor za terenski rad: kemijski pribor i kemikalije
- kitovi za pojedina mjerenja
- projekcijska tehnika, panoi za izložbu.

» ***Za biološka istraživanja:***

- pribor za uzorkovanje (gumene čizme, D-mreža, plitke posude za uzorke, male posude, kapalice, kistovi, lupe, tacne, boce štrcalice, papirići s brojevima, pribor za pisanje)
- protokoli za uzorkovanje
- ključevi za određivanje beskralješnjaka.

PREPORUKE

- Primijenite metode za određivanje kvalitete vode tako da osmislite istraživanje u nekom drugom vodotoku predlažući korake prema naučenoj metodologiji istraživanja.
- Za brzu procjenu raznolikosti staništa, američki ekolog John Cairns Jr. razvio je sa suradnicima 1968. SCI indeks (Sequential Comparison Indeks), koji se koristi u Globe istraživanjima. Više o tome pogledajte na http://public.carnet.hr/globe/prirucnik/MZB-novi.pdf
- Za svaku je postaju na kojoj se uzimaju uzorci u Obrazac za terenski rad (Prilog 2) potrebno temeljito zabilježiti podatke koji su korisni pri analiziranju i interpretaciji podataka.

9.2.1 Prilog 1.: Tablica za očitavanje Belgijskog biotičkog indeksa (BBI)

I. Skupine	II. Osjetljivost	III. Broj skupina	IV. Ukupan broj skupina				
			0 - 1	2 - 5	6 - 10	11-15	>16
			Biotički indeks				
Obalčari Vodencvjetovi	1	≥2	-	7	8	9	10
		1	5	6	7	8	9
Tulari	2	≥2	-	6	7	8	9
		1	5	5	6	7	8
Školjkaši Vodencvjetokrilaši	3	≥2	-	5	6	7	8
		1	3	4	5	6	7
Stjenice Vretenca Rakušci Puževi	4	≥1	3	4	5	6	7
Vodenbabure Pijavice Školjkaši Polukrilci	5	≥1	2	3	4	5	-
Glibnjače Trzalci	6	≥1	1	2	3	-	-
Pršilice	7	≥1	0	1	1	-	-

9.2.2 Prilog 2.: Obrazac za terenski rad

REZULTAT ISPITIVANJA VODE PO BISEL-u

LISTA PODATAKA

Ime ispitivača..... Naziv riječnog toka.....

Broj mjesta uzimanja uzorka..... Kooridate mjesta uzimanja uzorka.....

Datum..... Vrijeme ..... Vremenske prilike ..... kišno ..... sunčano

Tip vodotoka .... izvor ..... planinski ..... ravničarski ..... kanal

Širina vodotoka ..... < 1m ..... 1-5m ..... 5-25m ..... 25-10m .....>100m

Dubina vodotoka ..... < 0.1m .....0.1-0.5 m .....0.5-1.0m .....1.0-2.0m .....>2.0m

Brzina vodotoka ..... vrlo brz .....brz .....umjeren ..... sporo ..... stagnira

Sastavni materijal korita ..... kamen ..... šljunak ..... pijesak .....močvarno

Stanje korita ..... čisto .....algovito .....prekriveno organskim tvarima

Otvorenost ..... otvoreno ..... poluotvoreno ..... zatvoreno

Pad obale ..... blag ..... strm ..... vrlo strm-odron

Sastav obale ..... prirodan..... polu prirodan/polu umjetan ..... umjetan

Obala je ..... prekrivena prirodnim kamenom, ... betonskim pločama,.....drvetom

..... žbunjem, ...travom, ... pusta

Upotreba zemljišta uzvodno duž toka .....šuma, ... pašnjak,..... polje .....,močvara,.....oranica,

..... naseljeno mjesto,.....industrijska zona, ...glib, ...ostalo

Makro zagađenje ..... nema, ...plastika, ...staklo,.....građevinski otpad,.....ostalo

.....

FIZIKALNE I KEMIJSKE KARAKTERISTIKE

Prozirnost vode ..... čista (>50 cm).....mutna (10-50cm) .....veoma mutna (<10cm)

Boja vode .....bezbojna, ...smeđa, ...crna,.....crvenkasta,.....(plava)zelena, ...ostalo

Temperatura vode .....^{0} C Količina kisika (O_2) ..... mg/l

Kiselost pH ..... Količina amonij iona(NH_4^+).....mg N/l

Tvrdoća (Ca^{2+} + Mg^{2+}).....mg/l Količina nitrata (NO_3^-) .....mg N/l

Fosfati (PO_4^{3-}) .....mg/l Količina nitrita (NO_2^-) .....mg N/l

Alkalitet .....

BIOLOŠKE KARAKTERISTIKE

Opaženi makro beskralješnjaci (taksoni) Broj (1/više)

.....

Broj taksona koji se mogu uzeti u obzir..... Najosjetljivija grupa .....

Učestalost najosjetljivije grupe .....

BISEL INDEKS..... Čistoća vode..... Kod .....

9.3 Fizikalno-kemijska analiza vode

Ishodi učenja:

- *Ispitati fizikalna svojstva vode (prozirnost, temperatura, količina otopljenog kisika) na odabranom lokalitetu u istraživačkom području škole.*
- *Ispitati u laboratoriju fizikalno-kemijska svojstva (pH vrijednost, nitrati, električna vodljivost i alkalitet) vode uzorkovane na lokalitetima gdje se provodi istraživanje.*
- *Usporediti rezultate ispitivanja kvalitete vode dobivene biološkom i fizikalno - kemijskom analizom.*

Bavit ćemo se sljedećim pitanjima:

- Zašto ispitujemo fizikalno-kemijska svojstva vode?
- Koji je kemijski sastav prirodnih voda?
- Koje su vrste i stupnjevi onečišćenja vode?
- Koje su posljedice zagađivanja i nekontrolirane potrošnje vode?
- Koja se fizikalno-kemijska svojstva vode ispituju u sklopu Programa GLOBE ?

9.3.1 Zašto ispitujemo fizikalno-kemijska svojstva vode?

» *Možeš li isključivo na temelju organoleptičkih svojstva odrediti svojstva i stupanj kvalitete vode?*

Fizikalno-kemijska svojstva vode uglavnom se određuju zato što se time:

- ukazuje na promjenu kvalitete vode
- poboljšava monitoring površinskih kopnenih voda i priobalnog područja mora i oceana
- kod učenika razvija svijest o važnosti vode kao prirodnog i gospodarskog dobra.

9.3.2 Koji je kemijski sastav prirodnih voda?

» *Prisjetite se što ste do sada učili o kemijskom sastavu i fizikalno-kemijskim svojstvima vode te o tome raspravite u paru.*

Kemijski čista voda u prirodi ne postoji (važni anioni: CO_3^{2-}, HCO_3^-, NO_3^-, PO_4^{3-}, Cl^-; važni kationi: Ca^+, K^+, NH_4^+, Na^+; otopljeni plinovi: O_2, N_2, CO_2, SO_2).

Najčišća kišnica u sebi sadrži otopljene plinove i nečistoće iz atmosfere, npr. CO_2, O_2, N_2, NH_3.

Iz atmosfere nad industrijskim mjestima i velikim gradovima kišnica apsorbira SO_2, H_2S, H_2SO_4, čađu i prašinu. U primorskim krajevima sadrži morsku sol i to do 15 mg/l. Za vrijeme nevremena i oluja može doći do stvaranja ozona i dušične kiseline, koji se također otapaju u vodi.

U vodi se (u normalnim uvjetima) najbolje otapa:

- CO_2 - 1,713 volumnih dijelova u 1 volumenu vode
- O_2 - 0,049 vol/vol vode
- N_2 - 0,0235 vol/vol vode.

Voda u kojoj su otopljeni navedeni plinovi, kao dio tzv. kružnog toka vode u prirodi, poniranjem kroz gornje slojeve litosfere, prolazi kroz slojeve bogate humusnim tvarima i produktima raspadanja. Na tom putu apsorbira H_2S i daljnje količine CO_2 i nosi ih u donje dijelove tla.

Na prolazu kroz biološki aktivna tla, voda se obogaćuje sa slobodnom ugljičnom kiselinom (CO_2 i H_2O), rastvara inače u vodi netopljive karbonate (vapnenac, dolomit, magnezit, siderit) pretvarajući ih u topive bikarbonate.

Mnogo se teže rastvara granitno i vulkansko kamenje (sastoji se od otpornih silikata) pa vode s takvih terena sadrže manje otopljenih tvari. Takve se stijene ipak djelomično rastvaraju zajedničkim djelovanjem ugljične kiseline i mikroorganizama, a ponekad i djelovanjem podzemnih termalnih voda.

Voda na svom prolazu kroz zemljine slojeve nailazi, osim na karbonate i silikate, i na topive soli, npr. natrij-klorid, sulfate koji se lako otapaju, a njihova topivost ovisi o temperaturi i dužini otapanja.

Jedan dio podzemnih voda u obliku izvora pojavljuje se na površini, a pri tome se mijenja temperatura i pritisak te dolazi do izlučivanja jednog dijela ugljične kiseline. Slijedom toga, dio topivih bikarbonata - $Ca(HCO)_3$ izlučuju se kao netopivi karbonati - $CaCO_3$.

Površinske vode oksidativnim djelovanjem kisika iz zraka osiromašuju se željeznim i manganskim karbonatima jer oni prelaze u okside i talože se.

Površinske se vode razrjeđuju i kišom.

» *Objasni i jednadžbom kemijske reakcije prikaži proces otapanja i taloženja kalcijeva karbonata u vodi.*

9.3.3 Koje su vrste i stupnjevi onečišćenja vode?

Površinske vode su mekanije (imaju manje otopljenih iona) od izvorskih ili dubinskih voda**.** Stupanj i vrsta onečišćenja vode s kemijskog aspekta ovise o sastavu litosfere kroz koju voda prolazi.

Zato se vode dijele na:

- tvrde – vode s područja vapnenca, dolomita i gipsa
- mekane - vode s područja granita, bazalta i ostalog vulkanskog kamenja.

Svaka prirodna voda također sadrži određene količine onečišćenja koje uglavnom možemo podijeliti u tri skupine:

- grubo dispergirana onečišćenja - koja mogu plivati, lebditi ili tonuti u vodi, a uklanjaju se filtriranjem
- koloidno dispergirana onečišćenja - humini, masti i sl.
- molekularno dispergirana onečišćenja - prave otopine soli, kiselina, lužina i plinova.

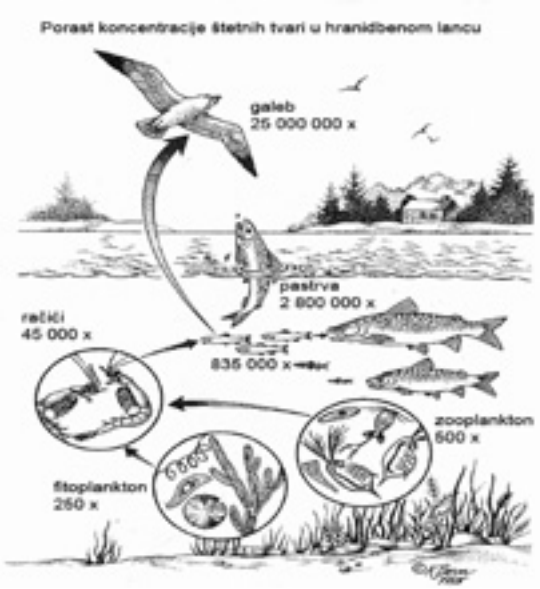
9.3.4 Koje su posljedice zagađivanja i nekontrolirane potrošnje vode?

Mnogobrojne su i teške posljedice nekontroliranog opterećenja i potrošnje vode zbog čega dolazi do poremećaja cijelog ekosustava.

Općeniti problemi su:

- onečišćenje vode ksenobioticima
- promjena prirodnih tokova i jezera
- promjena fizikalnih, kemijskih i bioloških svojstava vode
- promjene životnih zajednica voda, smanjenje biološke raznolikosti
- neravnopravna podjela vode na Zemlji (žeđ i suša/poplave i potopi).

» *Prisjeti se hranidbenih lanaca u vodenim ekosustavima i prikaza hranidbene piramide. Prouči i komentiraj vrijednosti prikazane na prethodnoj slici.*



Slika 9.5 *Koncentracije štetnih tvari u pojedinoj vrsti organizama vodenog eko sustava*

9.3.5 Koja se fizikalno-kemijska svojstva ispituju u sklopu Programa GLOBE?

Tablica 9.3 *GLOBE mjerenja*

	Fizičko-kemijski čimbenik	Mjerna jedinica
1.	TEMPERATURA VODA - mjerimo kako bismo razumjeli tzv. godišnji hod termike.	°C
2.	pH vode - mjerimo stupanj kiselosti.	
3.	OTOPLJENI KISIK- količina otopljenog kisika (O2) u vodi.	mg/l
4.	ELEKTRIČNA VODLJIVOST – mjerimo sposobnost vode da provodi električnu struju.	µS/cm
5.	TDS (ukupne otopljene tvari) – računamo iz električne vodljivosti (TDS = 0,67 x el. vodljivost).	Ppm
6.	SALINITET - mjerimo količinu otopljenih soli.	ppt (g/l)
7.	ALKALITET - mjerimo pufersku sposobnost vode, tj. sposobnost vode da neutralizira dodanu kiselinu.	ppm $CaCO_3$
8.	NITRATI - mjerimo koncentraciju nitratnih iona (NO_3^-) . NITRITI - mjerimo koncentraciju nitritnih iona (NO_2^-) .	• mg/l količine N_2 u nitrata • mg/l količine N_2 u nitrita
9.	PROZIRNOST - mjerimo prodor svjetlosti kroz vodu.	• mm • cm • m

Mjerenja fizikalno-kemijskih svojstava vode u pravilu se obavljaju jedanput tjedno.

Kroz godinu može doći do promjene dinamike mjerenja, a razlozi mogu biti različiti: zamrzavanje tijekom zime, isušivanje tijekom sušnih mjeseci, povećani protok ili veliki dotok bujica uslijed topljenja snijega i leda i sl.

9.3.6 Redoslijed mjerenja

1. Najprije treba izvršiti izbor postaje na kojoj će se vršiti ispitivanja te zatim odrediti koordinate, naoblaku, skicirati teren i izvršiti klasifikaciju vodene površine s obzirom na njen tip: (slana ili slatka; potok, rijeka, jezero,more,...)
2. Određivanje prozirnosti, temperature i otopljenog kisika vrši se odmah nakon uzimanja uzoraka, unutar 30 minuta
3. Određivanje nitrata i pH obavlja se unutar 2 sata nakon uzorkovanja.
4. Određivanje alkaliteta, električne vodljivosti i saliniteta obavlja se unutar 24 sata.

VAŽNO: Mjerenje otopljenog kisika nije potpuno ako ne mjerimo i temperaturu vode. Ukoliko je voda slana ili bočata mjeri se i salinitet.

» *Zašto su važni podatci o fizikalno-kemijskim svojstvima vode? Na što oni ukazuju?*

Tablica 9.4 *Važnost podataka o fizikalno-kemijskim svojstvima vode*

Mjerenja fizikalno-kemijskih svojstava vode	Poboljšavaju monitornig (praćenje) površinskih voda u kontinentalnim područjima i duž obala mora i oceana.
Prozirnost	Određuje kako duboko prodire svjetlost u vodu gdje omogućuje rast i razvoj alga i podvodnih viših biljaka (makrofita).
Temperatura	Prati se proces miješanja jezerske vode u cijelom stupcu. Prati se miješanje vode u estuarijima i duž obale. Pomaže u određivanju stope evaporacije. Omogućuje utvrđivanje uvjeta za život određenih organizama .
pH	Omogućuje utvrđivanje uvjeta za život određenih biljnih i životinjskih organizama. Omogućuje praćenje miješanja vode u estuarijima i duž obale. Pomaže povezivanju kvalitete vode s okolnim tlom i geologijom te s pH kišnice i otopljenog snijega .
Električna vodljivost	Određuje ukupno opterećenje vode sa solima i drugim komponentama otopljenim u vodi. Pomaže u određivanju kvalitete slatke vode i njene upotrebljivosti za različite namjene.
Salinitet	Omogućuje praćenje miješanja vode u estuarijima i duž obale. Pomaže u utvrđivanju stanja kopnenih slanih jezera.
Alkalitet	Pomaže u određivanju osjetljivosti slatkovodnih ekosustava na promjene pH zbog unosa kiselina .
Otopljeni kisik	Pokazuje koji životinjski organizmi mogu živjeti u vodi. Pomaže utvrđivanju stupnja miješanja zraka i vode na površini vode.
Nitrati	Pomažu utvrđivanju potencijalne upotrebe vode. Pomažu u određivanju utjecaja unosa hranjivih tvari u vodeni ekosustav.

UPUTE ZA RAD

Fizikalno-kemijska svojstva vode određuju se prema GLOBE Protokolu za vodu, a ispitivanja se obavljaju na terenu i u učionici.

Odlasku na teren treba prethoditi dobra priprema:

- upoznavanje s GLOBE Protokolom za vodu
- priprema pribora za uzorkovanje i mjerenje
- priprema *Obrasca za unos podataka*
- odabir lokaliteta koji je istraživački vrlo interesantan.

NA TERENU

Na terenu se, po pisanom redoslijedu, obavljaju mjerenja koja se obvezno izvode najmanje dva puta. Rezultati se uspoređuju i ako su u granici dozvoljenih odstupanja, bilježe se u *Obrazac za unos podataka.*

Mjeri se: prozirnost, temperatura, količina otopljenog kisika te pH vrijednost i količina otopljenih nitratnih iona.

Izuzimaju se uzorci vode za daljnju analizu koja se obavlja u učionici ili laboratoriju.

U UČIONICI

U učionici se vrše preostala ispitivanja (često se količina otopljenih nitrata i pH vrijednost određuju u učionici).

Mjere se: alkalitet, električna vodljivost i za slane vode, salinitet te se dobiveni rezultati zabilježe u *Obrazac.*

» *U grupnom radu pregledno prikažite sve rezultate bioloških i fizikalno-kemijskih metoda određivanja svojstava vode, analizirajte ih i znanstveno komentirajte te donesite smislene zaključke.*

9.4 Umjesto zaključka

Provedbom istraživanja vode prikupili ste različite podatke. Došli ste i do određenih zaključaka o kojima bi svakako trebalo raspraviti, preispitati ih i provjeriti. Stoga je potrebno dodatno konzultirati stručnu literaturu i stručnjake iz područja hidrologije ili ovlaštene institucije koje provode analizu vode. Uz to, primjenjujući interdisciplinarni pristup, iskoristite informacije i primijenite znanja dobivena u drugim nastavnim predmetima i područjima. Time ćete preispitati, sistematizirati i usustaviti vaše znanje, a učenje će dobiti dublji smisao.

Vaše podatke, rješenja i zaključke najbolje možete provjeriti tako da provedete nova istraživanja, na drugim lokalitetima, preispitujući primijenjene metode i uvodeći neke drugačije ili možda učinkovitije. Istraživanja bi, također, trebalo provoditi u različito doba godine, na različitim lokalitetima, s novim istraživačkim pitanjima i provjerama postavljenih hipoteza. Svakako bi bilo dobro svoje rezultate usporediti s rezultatima drugih škola koje provode slična mjerenja, a imaju različita geografska i prirodna obilježja.

9.5 Nove ideje za istraživanja

Ishod učenja: Osmisliti istraživanje kojim se utvrđuje stanje i kvaliteta površinske vode prema zadanom modelu

- Analiza podataka i svih prikupljenih informacija vjerojatno neće dati odgovore na sva pitanja koja vam se otvaraju. Može se čak dogoditi da sad imate više nedoumica nego kad ste počeli s istraživanjem.
- Pokušajte se, ponajprije individualno prisjetiti svih pitanja koja su vam se javila dok ste analizirali podatke. Zapišite ih.
- U grupi iznesite svoja pitanja i saslušajte pitanja kolega. Sva pitanja zapišite.
- Odaberite najzanimljivija pitanja i ona za koja znate kako možete doći do odgovora.
- Razvrstajte pitanja prema tome hoćete li odgovor potražiti u literaturi, konzultiranjem stručnjaka ili novim istraživanjem.
- Odaberite i po potrebi doradite istraživačka pitanja za novi ciklus istraživanja, postavite hipoteze i oblikujte grubi nacrt istraživanja (kako mislite dokazati hipotezu?)

9.6 Koraci za rad u grupi

- Pregledno, detaljno i korektno prikažite sve prikupljene podatke.
- Utvrdite ukoliko je moguće, zajedničke značajke rezultata, (podudarnosti koji nedvojbeno ukazuju na isto ili upućuju na isti zaključak)
- Utvrdite postoji li ikakva povezanost u grafičkim prikazima rezultata (ako raste A, raste i B ili ako A raste, B pada….)
- Utvrdite postoji li podudarnost u pojavnosti (kad se pojavljuje A, pojavljuje se i B ili kad se pojavljuje A, B se ne pojavljuje…)
- Ako ste mogli izvesti jasan zaključak na temelju rezultata, raspravite što bi moglo utjecati da rezultati budu drugačiji
- Pobrojite i popišite sve moguće uzroke koji bi mogli mijenjati uočenu zakonitost ili trend.
- Zapišite pitanja koja su vam padala na pamet tijekom rasprave (individualno, a potom kao grupa).
- Odaberite najzanimljivija pitanja i ona za koja mislite da znate kako naći odgovor.
- Razvrstajte pitanja pomoću kojih ćete tražiti odgovore.
- Odaberite pitanja na koja se može odgovoriti istraživanjem.
- Oblikujte dobra istraživačka pitanja i hipoteze.
- Izradite nacrt istraživanja koje bi testiralo vašu hipotezu.

9.7 Preporuka za daljnje čitanje i istraživanje

Uz već navedene poveznice, cjelovite materijale o istraživanju vode potražite na internetskim stranicama Programa GLOBE www.globe.gov pod naslovom izbornika *Teaching&Learning*, podnaslov *GLOBE- Teacher's Guide*, poglavlja *Hydrology.*

9.8 Obrazac za unos podataka o fizikalno-kemijskim svojstvima vode (prema programu GLOBE)

Ime škole: _____
Učenička grupa: _____
Naziv lokacije: _____
Datum uzimanja uzorka: _____ vrijeme: _____ (sati i minute) upišite jedno od idućeg: UT_____ lokalno _____

Prozirnost

Oblačnost (izaberite jedan opis): _____ čisto nebo _____ raštrkani oblaci _____ isprekidani oblaci _____ oblačno

Secchi Disk:

Učenik 1: Dužina užeta: kada disk nestane: _____ m kada se disk ponovno pojavi: _____ m
Udaljenost od mjesta gdje stoji učenik 1 do površine vode: _____ m
Učenik 2: Dužina užeta: kada disk nestane: _____ m kada se disk ponovno pojavi: _____ m
Udaljenost od mjesta gdje stoji učenik 2 do površine vode: _____ m
Učenik 3: Dužina užeta: kada disk nestane: _____ m kada se disk ponovno pojavi: _____ m
Udaljenost od mjesta gdje stoji učenik 3 do površine vode: _____ m

Turbidity cijev:

Voda u cijevi u trenutku kada slika nestane:
Učenik 1: _____ cm Učenik 2: _____ cm Učenik 3: _____ cm

Temperatura vode

Učenik 1: _____ °C Učenik 2: _____ °C Učenik 3: _____ °C Srednja vrijednost: _____°C

Otopljeni kisik

Učenik 1: _____ mg/l Učenik 2: _____ mg/l Učenik 3: _____ mg/l Srednja vrijednost: _____mg/l
Proizvođač kit-a i model:_____

pH

Metoda: _____indikator papir _____pen _____ meter
pH vrijednost pufera: pH 4: _____ pH 7: _____ pH 10: _____
Izmjerene vrijednosti pH:
Učenik 1: _____ Učenik 2: _____ Učenik 3: _____ Srednja vrijednost: _____

Električna vodljivost

Standard: _____ MicroSiemens/cm (µS/cm)
Učenik 1: _____ µS/cm Učenik 2: _____ µS/cm Učenik 3: _____ µS/cm
Srednja vrijednost: _____ µS/cm

Salinitet

Podaci o plimi/oseki

Vrijeme nastupanja morske mijene prije početka mjerenja: _____ sati i minute Označite jedno: Plima ___ Oseka___
Označite jedno: UT _____ lokalno vrijeme_____
Vrijeme nastupanja morske mijene nakon mjerenja:_____ sati i minute Označite jedno: Plima ___ Oseka___
Označite jedno: UT _____ lokalno vrijeme_____
Mjesto gdje se mjeri nastupanje plime/oseke (i koordinate): _____

Salinitet (Hidrometarska metoda)

	Učenik 1	Učenik 2	Učenik 3
Temperatura vode u cilindru:	_____ °C	_____ °C	_____ °C
Specifična težina:	_____	_____	_____
Salinitet uzorka:	_____ ppt	_____ ppt	_____ ppt

Prosječni salinitet: _____ ppt

Alternativna metoda - Titracija

Salinitet uzorka: Učenik 1: _____ ppt Učenik 2: _____ ppt Učenik 3: _____ ppt Prosječni salinitet: _____ ppt
Proizvođač opreme (kit-a) i model:_____

Alkalitet

Za uređaje koji direktno očitavaju alkalitet

Učenik 1: _____ mg/l CaCO3 Učenik 2: _____ mg/l CaCO3 Učenik 3: _____ mg/l CaCO3
Srednja vrijednost: _____ mg/l as CaCO3

Hach kit-ovi ili drugi uređaji u kojima se broje kapi:

	Učenik 1	Učenik 2	Učenik 3	Srednja vrijednost
Broj kapi:	_____kapi	_____ kapi	_____ kapi	_____ kapi
Konverzijska konstanta za vaš kit:	x_____	x_____	x_____	x_____
Ukupni alkalitet (mg/l CaCO3)	=_____mg/l	=_____ mg/l	=_____mg/l	=_____ mg/l

Proizvođač opreme (kit-a) i model:_____

Nitrati

Učenik 1: _____ mg/l NO_3^- - N + NO_2^- - N _____ mg/l NO_2^- - N
Učenik 2: _____ mg/l NO_3^- - N + NO_2^- - N _____ mg/l NO_2^- - N
Učenik 3: _____ mg/l NO_3^- - N + NO_2^- - N _____ mg/l NO_2^- - N
Srednja vrijednost: _____ mg/l NO_3^- - N + NO_2^- - N _____ mg/l NO_2^- - N
Proizvođač opreme (kit-a) i model:_____

10. BUKA

Dragutin Kovačević, Antonio Petošić, Silvio Mandek

10.1 Uvod

Buka je svakodnevni čimbenik okoliša koji djeluje stresogeno, a na koji čovjek nema sposobnosti privikavanja. Bukom se definira svaki neželjeni zvuk u sredini u kojoj ljudi borave i rade, a koji izaziva neugodan osjećaj ili može nepovoljno utjecati na zdravlje. Osjetljivost čovjeka na buku ovisit će o karakteristikama buke (razina, udio niskih frekvencija u zvuku, udio tonskih komponenti), individualnim karakteristikama izložene osobe (stanje organa sluha, životna dob, individualna osjetljivost na buku) te o duljini, vrsti i načinu izloženosti (položaj osobe prema izvoru buke, prisutnost ili neprisutnost buke u vrijeme odmora uzetog za radnog vremena te u slobodno vrijeme).

Glavni izvori buke u vanjskom prostoru su promet, građevinski i javni radovi, industrija, rekreacija, sport i zabava. U zatvorenom boravišnom prostoru izvori buke su servisni uređaji vezani uz stambenu zgradu, kućanski strojevi i buka iz susjedstva. U zadnje vrijeme sve više pažnje posvećuje se buci niže razine, koja ne oštećuje sluh, ali zato može izazvati druge zdravstvene poremećaje.

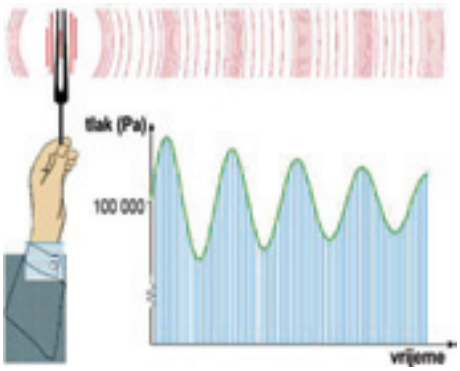
Krajem 19. stoljeća Robert Koch je izjavio: „Doći će vrijeme kada će buka postati jedan od najvećih neprijatelja čovjeka te će se protiv nje morati boriti kao što se borimo protiv kuge i kolere“. Danas je to stvarnost.

10.2 Osnovni parametri zvučnog vala

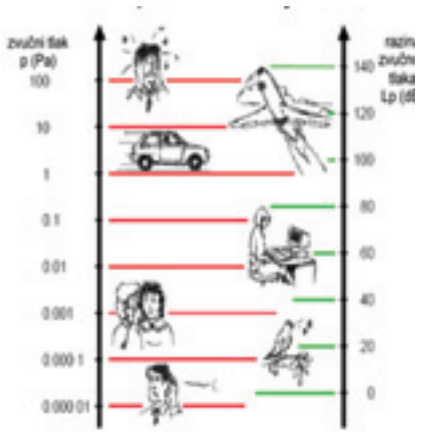
Osnove zvuka. Zvuk je ljudska percepcija nestalnih podražaja nastalih kao posljedica promjene razine atmosferskog tlaka koja se širi elastičnim sredstvom u kojeg je uronjen opažač (slušatelj). Te promjene tlaka nastaju zbog titranja molekula sredstva (zrak, voda...) koje su zbog vanjskog utjecaja (sile) izbačene iz ravnotežnog položaja. Zvuk se širi zbog elastične veze među molekulama sredstva. U plinovima i tekućinama valovi zvuka su isključivo longitudinalni (tj. šire se u istom pravcu u kojem se gibaju čestice sredstva pri titranju), dok u čvrstim tijelima valovi mogu biti također transverzalni, tj. čestice medija mogu titrati i okomito na pravac širenja vala. Zvuk se ne može širiti kroz vakuum. Zvučni se val kroz različita sredstva kreće različitim brzinama. Taj se val u zraku kreće brzinom od približno 300 m/s, u vodi se kreće približnom brzinom od 1500 m/s, a u željeznoj žici oko 5000 m/s. Što je materijal gušći, to se zvuk kroz njega prenosi duže i brže. Zvuk je određen, kao i ostali valovi, dvjema fizikalnim veličinama, frekvencijom (f) i valnom duljinom (λ). Općenito, brzina vala (v) računa se iz relacije: $v = \lambda \cdot f$. Broj titraja koje čestice materijala čine u jednoj sekundi naziva se frekvencija, a mjerna jedinica Hz (herc). Ljudsko uho može čuti zvukove frekvencije od 16 Hz do 20 000 Hz. Sve zvukove frekvencije ispod 16 Hz nazivamo infrazvukom ili podzvukom, a zvukove frekvencije više od 20 000 Hz nazivamo ultrazvukom ili nadzvukom; oni se koriste u tehnici i medicini.

Valna duljina je razmak između dva susjedna najveća zgušnjenja, kao i između dva susjedna razrjeđenja sredstva kroz koje se val širi. U akustičkom području omjer je valnih duljina, odnosno frekvencija, relativno velik. Zvuk je čujan od oko 16 Hz do oko 20 kHz (λ od >20 m pa do <2 cm), što je više od 10 oktava[1]. U osnovi zvukove možemo podijeliti na dvije skupine: šumove i tonove. Šum je zvuk koji nastaje nepravilnim titranjem zvučnog izvora pri čemu se frekvencija stalno mijenja, dok ton nastaje pravilnim titranjem zvučnog izvora i frekvencija je stalna. Razina zvuka često se izražava u decibelima u odnosu na referentnu razinu zvučnog tlaka koja odgovara pragu čujnosti čovjeka na 1 kHz, iako ju je moguće izraziti i preko snage ili intenziteta koju zvuk prenosi (W, W/m^2) ili kao efektivni. Decibel je bezdimenzionalna, logaritamska mjera odnosa dviju veličina te je potrebno odrediti iznos referentne veličine.

Prilikom širenja zvučnog vala, zvučni tlak (p) se superponira atmosferskom tlaku (slika 10.1). Zvučni tlak veoma je



Slika 10.1 Superponiranje zvučnog i atmosferskog tlaka



Slika 10.2 Razina zvučnog tlaka u decibelima

[1] *Oktava je frekvencijski pojas kojega se granične frekvencije odnose kao 1:2, tj. najviša frekvencija je dvostruko veća od najniže frekvencije. Terca je 1/3 oktave.*

mal u odnosu na atmosferski tlak. Zvučni je tlak najvažniji parametar zvučnog vala. Registriramo (čujemo) odstupanja od atmosferskog tlaka ($p_{at} \approx 10^5$ Pa). Uho može registrirati zvučne tlakove koji odstupaju od atmosferskog od 10^{-5} pa do 10^2 Pa. Standardno se razina zvuka u decibelima prikazuje u odnosu na referentni iznos od 20 μPa koji načelno odgovara pragu čujnosti. Točnim se mjerenjem utvrdilo da intenzitet zvučnog osjeta kakav registrira naše uho ne ovisi samo o jakosti zvuka, već i o njegovoj frekvenciji.

Područje zvučnih tlakova koje zamjećuje ljudsko uho je veliko, a uho nije linearni vodič zvučnih podražaja. Stoga je za mjerenje i uspoređivanje razine buke uveden logaritamski odnos vrijednosti ispitivanog i referentnog zvučnog tlaka koji opisuje razinu zvučnog tlaka u decibelima (dB). Ako jednu od veličina u omjeru proglasimo referentnom, onda se može izraziti razina druge veličine u odnosu na referentnu vrijednost (slika 10.2).

Važne razine vezane za mjerenje i analizu buke su:

- razina intenziteta:
- razina zvučnog tlaka:
- razina zvučne snage:

$$L_I = 10\log\left(\frac{I}{I_0}\right) \qquad I_0 = 10^{-12}\left(\frac{W}{m^2}\right)$$

$$L_p = 20\log\left(\frac{p}{p_0}\right) \qquad p_0 = 20\ \mu Pa$$

Izvori zvuka. Dva su tipa izvora zvuka: kuglasti (indu-

$$L_P = 10\log\left(\frac{P}{P_0}\right) \qquad P_0 = 10^{-12}\ W$$

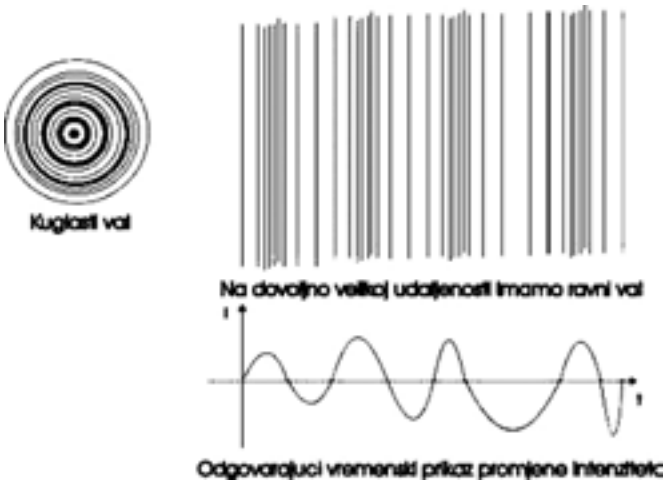
strijski izvori buke, radni strojevi, motorom pokretani alati i sl.) i cilindrični (ceste, željezničke pruge i sl.). Zvučni intenzitet koji daju oba tipa izvora jednak je akustičkoj snazi tih izvora podijeljenoj s površinom koju obasjavaju, odnosno kroz koju zrače. Od kuglastog izvora zvučni se valovi šire u sfernim frontama (slika 10.3) pa je na udaljenosti r površina kroz koju takav izvor zrači jednaka površini sfere:

$$S = 4r^2\pi$$

Intenzitet kuglastog izvora na udaljenosti r time postaje:

$$I = \frac{P}{4r^2\pi}$$

i pada s kvadratom udaljenosti. Ako se udaljenost poveća 2 puta, razina intenziteta se smanji 4 puta, odnosno za 6 dB.



Slika 10.3 *Na dovoljnoj udaljenosti od izvora kuglasti val postane ravni val*

Riješi zadatke:

1. Prosječna osoba može čuti zvučne valove u frekvencijskom opsegu od 20 Hz do 20 kHz. Odredite valne duljine koje odgovaraju tim granicama ako je brzina zvuka 340 $m \cdot s^{-1}$.
2. Točkasti izvor emitira zvuk snagom 12,56 μW. Odredite intenzitet zvuka na udaljenosti 1 m od izvora.
3. Neki zvuk ima intenzitet $3 \cdot 10^{-8}$ $W \cdot m^{-2}$. Kolika je razina zvuka u dB?
4. Prosječna površina uha odrasle osobe iznosi $2{,}1 \cdot 10^{-3}$ m^2. Intenzitet zvuka tijekom razgovora iznosi oko $3{,}2 \cdot 10^{-6}$ $W \cdot m^{-2}$ na uhu slušatelja. Pretpostavite da zvuk dolazi okomito na površinu uha. Kolika je snaga zvuka na uhu pri normalnom razgovoru?

» *Snimi, po tebi, ugodne (poželjne) i neugodne (nepoželjne) zvukove iz tvog okruženja (u stanu, na dvorištu, noćnom klubu, s prometnice,…) i prezentiraj ih na satu ostalim učenicima.*

10.3 Zvučno onečišćenje i zvučni krajobraz

Poslušajmo i prepoznajmo zvučne krajobraze. Razlučimo uhu poželjne i nepoželjne zvukove.[2]

1. Poslušajmo vlastite snimljene zvučne krajobraze.
2. Možete li prepoznati sljedeće zvučne krajobraze ?
   a) http://web.zpr.fer.hr/ergonomija/2004/pivac/10-24-14.mp3
   b) http://web.zpr.fer.hr/ergonomija/2004/pivac/mower1.wav
   c) http://web.zpr.fer.hr/ergonomija/2004/pivac/bare-exhaust2.wav
   d) http://web.zpr.fer.hr/ergonomija/2004/pivac/traffic.wav
   e) http://www.lunerouge.org/sons/engins/LRHighway%201%20by%20Lionel%20Allorge.ogg
   f) http://www.lunerouge.org/sons/engins/LRStart%20and%20stop%20car%20engine%201%20by%20Lionel%20Allorge.ogg
   g) http://www.lunerouge.org/sons/engins/LRChopper%2001%20by%20Lionel%20Allorge.ogg ,
   h) http://www.lunerouge.org/sons/engins/LRChopper%2002%20by%20Lionel%20Allorge.ogg
   i) http://www.lunerouge.org/sons/engins/LRTrain%20slowing%20down%2001%20by%20Lionel%20Allorge.ogg

(Preuzeto sa: http://web.zpr.fer.hr/ergonomija/2004/pivac/sound_samples_page.htm)

[2] *Pogledati još: http://www.lunerouge.org/spip/rubrique.php3?id_rubrique=49 (mnoštvo zanimljivih uzoraka zvuka)*

Slika 10.4 Ugodni zvukovi

Slika 10.5 Neugodni zvukovi

U životnim smo situacijama da čujemo ugodne zvukove (Slika 10.4) i nepoželjne zvukove-buku (Slika 10.5).

Buka je prejak ili neugodan zvuk, koji mijenja normalno stanje okoliša na određenom području izazivanjem neugodnog osjećaja. Ako se buka ne smanji ili se zadržava dugo tijekom vremena, može uzrokovati veliku štetu na kvalitetu života ljudi ili drugih živih bića. Pojam buke se odnosi na buku izazvanu ljudskom aktivnošću (prometom, industrijom, zabavom itd..). Zvuk ne mora biti glasan da bi nas uznemiravao (pod koji škripi, oštećenja na tonskim zapisima, kapljanje vode i sl.). Takav zvuk ima negativan utjecaj na zdravlje sluha, tijela i duševno stanje osoba. Prema izvješću Svjetske zdravstvene organizacije (WHO) smatra se da je razina zvučnog tlaka od 70 decibela poželjna gornja granica buke.

Tablica 10.1 Zvukovi različitih izvora zvuka i razina intenziteta zvuka

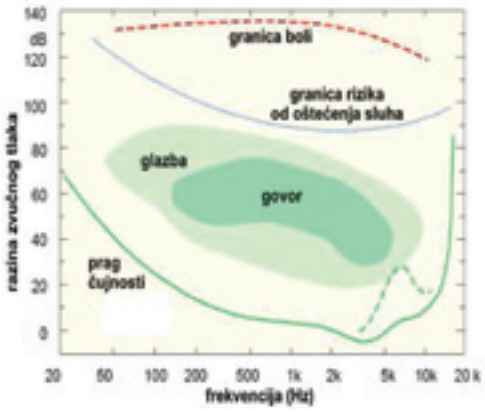
ZVUK	RAZINA JAKOSTI ZVUKA (dB)
Prag čujnosti	0
Šapat	20
Govor	40
TV	55
Stan u prometnoj ulici, buka u velikom uredu	60
Prometna ulica, buka u kafiću,	70
Automobil, fen za sušenje kose	70
Metro, velika gužva	80
Kamion, vrlo prometna križanja	90
Vlak u prolazu	95
Električna pila, bušilica	100
Pneumatski čekić	105
Glasna glazba	110
Rok koncert blizu zvučnika, grom	120
Pjevač čija je glasnost dostigla maksimum	130
Prag bola	130–140

10.4 Mjerenje razine intenziteta zvuka zvukomjerom

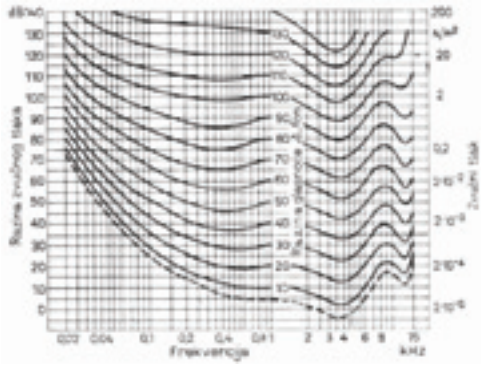
Ljudsko uho nema jednaku osjetljivost u cijelom području čujnih frekvencija (slika 10.6 i slika 10.7). Čovjek slabije čuje niske frekvencije (od 20 do 200 Hz), dok je puno osjetljiviji na visoke frekvencije (oko 1 kHz). Mjerenjem razine zvučnog tlaka ne dobivamo veličinu koja odgovara subjektivnom osjetu buke.

Zvukomjeri imaju ugrađene elektronične krugove (filtre) kod kojih osjetljivost varira s frekvencijom na isti način kao uho, tako simulirajući jednake krivulje glasnoće. Na taj način razina buke se prilagođava ljudskom sluhu. Upotrebljavaju se filtri koji imaju frekvencijsku karakteristiku obrnutu od karakteristike ljudskog uha (A-karakteristika). Na slici 10.8 (gore) prikazana je krivulja jednake glasnoće 40 dB normalizirana na 0 dB pri 1 kHz. Na slici 10.7 (ispod) prikazana je invertirana krivulja jednake glasnoće 40 dB i usporedba s A filtarskom karakteristikom.

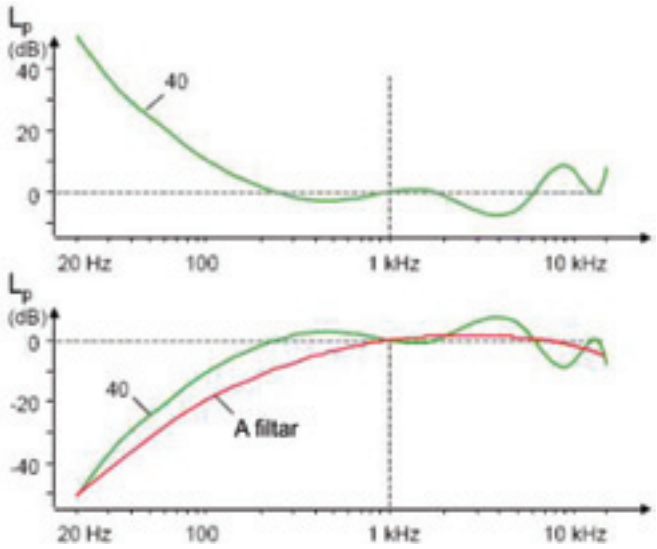
Mjerenje se izvodi u cjelokupnoj životnoj sredini koja obuhvaća stambeni prostor i radna mjesta. U građevinskoj in-



Slika 10.6 Područje čujnosti



Slika 10.7 Odnos decibela i fona



Slika 10.8 *gore: krivulja jednake glasnoće 40 dB normalizirana na 0 dB pri 1 kHz, dolje- invertirana krivulja jednake glasnoće 40 dB i usporedba s A filtarskom karakteristikom.*

dustriji, aparati za mjerenje buke koriste se pri akustičnim ispitivanjima građevinskog materijala, objekata i hala. U industriji se koriste za mjerenje buke u proizvodnim pogonima. Ispitivanje buke jednako je neophodno kako u stambenom prostoru, tako i na ulici. Osim ovoga, instrumenti služe i pri akustičnim ispitivanjima izvora buke.

Zvukomjer je uređaj za mjerenje razina zvučnog tlaka i njihove raspodjele u frekvencijskim pojasevima od interesa (oktave i terce). Sastoji se od mikrofona, pojačala, filtara, zaslona, sučelja za povezivanje na računalo, digitalnih ili analognih izlaza (slika 10.9, slika 10.10). Postoji mogućnost usrednjavanja zvučnih razina u vremenu mjerenja (integriranja) - ekvivalentna razina buke(L_{eq}).

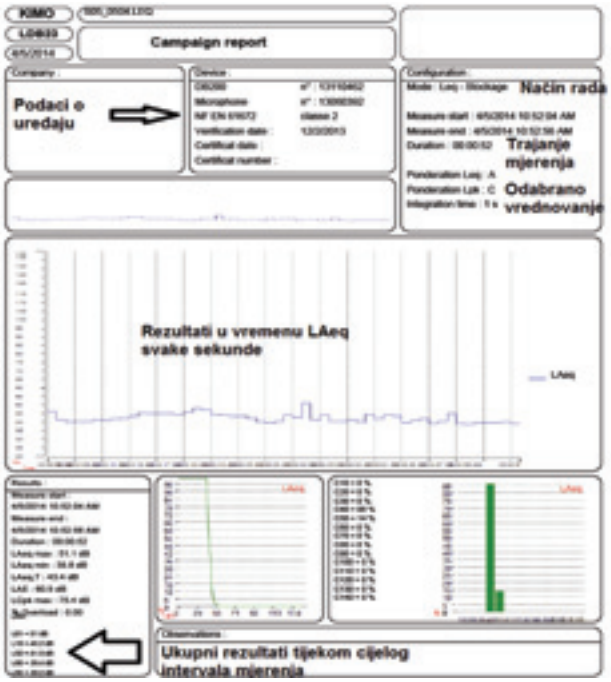
Različite frekvencije zvukomjer uzima u obzir na različiti način (niske s manjom težinom, a visoke s većom). Zvukomjer može snimati razinu zvučnog tlaka u vremenu, trenutni prikaz efektivne vrijednosti, maksimalne vrijednosti tlaka („peak") i usrednjenu vrijednost od početka mjerenja. Ovisno o vrstama zvučnog podražaja upotrebljavaju se brza („fast", 115 ms), spora („slow", 1 s) ili impulsna („impulse", 35 ms) konstanta integracije. Umjeravanje (kalibracija) se provodi kalibratorom prije i nakon svakog niza mjerenja te se zabilježi vrijednost prije i poslije kod pisanja izvještaja o mjerenju.

Kvalitetnim zvukomjerom snima se razina buke u odabranom vremenu u otvorenom ili zatvorenom prostoru. Zatim se

Slika 10.9 *Zvukomjer NTi Audio XL2*

Slika 10.10 *Zvukomjer Kimo DB 200*

te podatke prebaci na računalo. U računalu se prije instalirao program za obradu podataka. Tako program obradi prenesene podatke sa zvukomjera i izgenerira izvještaj kao pdf dokument (slika 10.11). Iz izvještaja se očitaju mjereni podaci.



Slika 10.11 *Izvještaj*

» *Proučimo nastavnikove upute za korištenje zvukomjera kojim raspolažemo.*
» *Izmjerimo razinu intenziteta zvuka odabranog izvora zvuka.*

10.5 Razina buke prema normama ISO 1996[3]

Profesionalno mjerenje buke izvodi se prema normama HRN ISO 1996-1 i HRN ISO EN 1996-2.

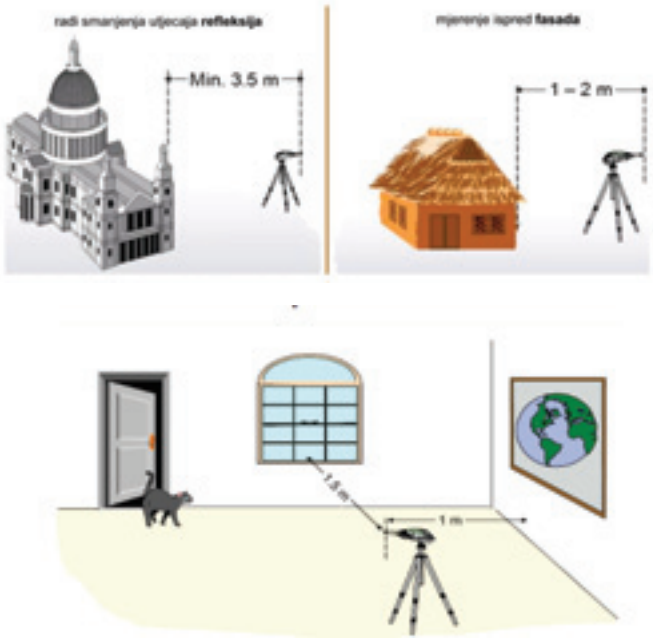
ISO 1996-1: 2003 definira osnovne veličine koje se koriste za opis buke okoliša u sredinama u kojima ljudi rade i borave te opisuje osnovne postupke ocjene razine buke. Ona također navodi metode za procjenu buke u okolišu i daje smjernice o predviđanju smetnji na zajednicu u dugotrajnoj izloženosti različitim izvorima buke. ISO 1996-1 ne određuje granice razine pojedinih parametara za buku okoliša s obzirom na sredinu u kojoj ljudi rade i borave.

ISO 1996-2: 2007 opisuje kako se razine zvučnog tlaka mogu odrediti izravnim mjerenjem, kako ekstrapolirati rezultate mjerenja pomoću izračuna s obzirom na različite mjerne konfiguracije (u slobodnom polju, u blizini refleksivne plohe – fasade zgrade). Preporuke su dane u svezi poželjnih uvjeta mjerenja i proračuna koji definiraju mjernu nesigurnost ovisno o povoljnim i nepovoljnim uvjetima mjerenja.

[3] *Međunarodna organizacija za normizaciju (engl. International Organization for Standardization; kratica ISO) je međunarodno tijelo za donošenje norma koje je sastavljeno od predstavnika raznih nacionalnih normizacijskih tijela. Organizacija izdaje industrijske i komercijalne norme. Iako se ISO definira kao nevladina organizacija, njegova sposobnost donošenja normi koje često postanu zakoni, bilo kao međunarodni ugovori ili kao nacionalne norme, čini ga moćnijim od većine nevladinih organizacija. U praksi, ISO se ponaša kao konzorcij usko povezan s vladama. Od svibnja 2011. postoje 162 člana od kojih svaki predstavlja jednu zemlju.*

Pozicija zvukomjera kod mjerenja buke

Kod mjerenja buke, minimalna udaljenost zvukomjera od tla treba biti od 1,2 do 1,5 metara radi izbjegavanja utjecaja refleksije. Ako mjerimo blizu velikih, tvrdih površina, npr. vanjskih zidova zgrada ili u zatvorenoj prostoriji, zvukomjer treba odmaknuti na propisanu udaljenost (sl. 10.12). Na rezultate mjerenja utječe i mjeritelj, stoga je najbolje postaviti zvukomjer na stalak i odmaknuti se.



Slika 10.12 *Pozicije zvukomjera kod mjerenja buke*

Zvukomjerom je moguće pratiti razine tlaka unutar svakih 0.5 s (ovisno o vremenu) dok uređaj skupi dovoljno podataka za obradu.

Postoji ekvivalentna razina (L_{Req}) koja je ustvari usrednjena razina tijekom cijelog vremena promatranja. Po zakonu najmanji interval vremena mjerenja je 15 minuta (ali može dulje). Osim mjerene ekvivalentne razine zvuka postoji i ocjenska razina buke koja se dobije dodavanjem odgovarajućih korekcija s obzirom na vrstu zvučnog izvora (istaknute tonske komponente, impulsna buka). Kod dodavanja ocjenskih vrijednosti razina buke potrebno je napraviti dodatnu frekvencijsku i vremensku analizu zvučnog signala izvora buke.

Treba uzeti u obzir da nijedno mjerenje nije savršeno niti apsolutno točno. Svaki instrument ima određenu mjernu nesigurnost. Mjerna nesigurnost je parametar pridružen mjernom rezultatu, koji opisuje rasipanje vrijednosti, koje se s razlogom može pripisati mjerenoj veličini, što se može opisati sljedećim izrazom: X = x ± U. X je mjerena fizikalna veličina, x je srednja vrijednost uzastopnog mjerenja fizikalne veličine, a U je mjerna nesigurnost.

Terenski rad: Mjerenje razine buke prema ISO 1996 normama.

Zadaci:

1. Izmjeriti buku u otvorenom prostoru uz prometnicu (pred školom).
2. Napisati izvještaj o mjerenju buke.

Napomene:

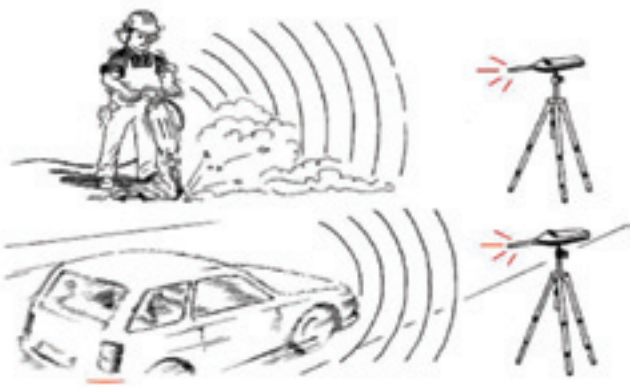
a) postaviti zvukomjer uz prometnicu te snimati razine zvučnog tlaka u intervalu od 15 minuta
b) nakon snimanja prikazati razine zvučnog tlaka u ovisnosti o vremenu te uočiti interval kada nije bilo prometa (rezidualna buka)
c) ocijeniti razinu pozadinske buke i koliko se maksimalno poveća buka kada prolaze različite vrste vozila
d) pobrojati vozila (osobna i teretna) u intervalu mjerenja;
e) očitati vrijednost L_{Req} (dBA) dobivenu usrednjavanjem tijekom cijelog mjerenja
f) pronaći vrijednost koja je prekoračena u 95 % vremena mjerenja buke (L_{95})
g) zapisati trenutke prolaska pojedinačnih vozila i vidjeti koliko se poveća razina buke pri njihovom prolasku.

10.6 Najveće dopuštene razine buke

a) **u otvorenom prostoru**

Mikrofon se za mjerenja u slobodnom zvučnom polju (vani) okreće prema zvučnom izvoru (slika 10.13).

Akustički zahtjevi dani su u članku 5. Pravilnika o najvišim dopuštenim razinama buke u sredini u kojoj ljudi rade i borave (NN 145/04) kao najviše ocjenske razine buka imisije u otvorenom prostoru prema Tablici 1. Pravilnika.



Slika 10.13 *Mjerenje razine buke u otvorenom prostoru*

Tablica 10.2 *Tablica 1 Pravilnika o najvećim dopuštenim razinama buke*

Zona buke	Namjena prostora	Najviše dopuštene ocjenske razine buke imisije LRAeq u dB(A)	
		za dan (L_{day})	noć (L_{night})
1.	Zona namijenjena odmoru, oporavku i liječenju	50	40
2.	Zona namijenjena samo stanovanju i boravku	55	40
3.	Zona mješovite, pretežno stambene namjene	55	45
4.	Zona mješovite, pretežno poslovne namjene sa stanovanjem	65	50
5.	Zona gospodarske namjene (proizvodnja, industrija, skladišta, servisi)	• Na granici građevne čestice unutar zone buka ne smije prelaziti 80 dB(A) • Na granici ove zone buka ne smije prelaziti dopuštene razine zone s kojom graniči	

Po Pravilniku dan je od 7.00-23.00 h, a noć od 23.00 – 7.00 h.

b) **u zatvorenom prostoru**

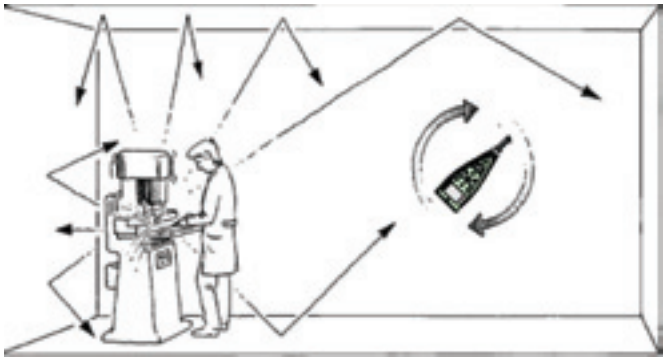
Kod mjerenja unutra (pretežno difuzno polje) nije bitna orijentacija mikrofona zvukomjera (slika 10.14).

Akustički zahtjevi dani su u članku 8. Pravilnika kao najviše ocjenske razine buka imisije u zatvorenim boravišnim prostorima prema Tablici 2. Pravilnika. One vrijede kod zatvorenih prozora i vrata prostorija.

Tablica 10.3 *Tablica 2 Pravilnika o najvećim dopuštenim razinama buke*

Zona prema Tablici 1. ovog Pravilnika	1	2	3	4	5
Najviše dopuštene ekvivalentne razine buke L_{Req} u dB(A)					
- za dan	30	35	35	40	40
- za noć	25	25	25	30	30

Pritužbe na buku mogu početi već od razine buke 40 dBA, ovisno o vrsti buke. Osim glasnoće, ključna je i vrsta buke (glazba, promet, industrijska buka, lavež psa), kao i doba dana. Najviše smeta uznemiravanje bukom tijekom spavanja ili vođenja razgovora. Prag smetanja tijekom spavanja: 45 dBA ili niže. Početak interferencije govorne komunikacije je 63 dBA ili nagrubo, razina zvuka govora normalne glasnoće između dvoje ljudi odvojenih 1 metar. U blizini prometnica i industrijskih postrojenja potrebno je ugraditi bukobrane kako bi se stanovnici zaštitili od prevelike razine buke.



Slika 10.14 *Mjerenje razine buke u zatvorenom prostoru*

» *Usporedi izmjerene razine buke na terenskom radu s najvećim dopuštenim razinama buke.*

S obzirom na djelovanje buke na čovjeka, postoji nekoliko klasifikacija razina buke: 1) do 60 dB - područje samo psihološkog djelovanja 2) od 60 do 90 dB (A) - područje ozbiljnih psiholoških i neurovegetativnih smetnji 3) iznad 90dB (A) - područje oštećenja sluha 4) iznad 120 dB (A) - područje akutnog oštećenja.

Svi ovi kriteriji uzeti su u obzir kod našeg Pravilnika o zaštiti radnika od izloženosti buci na radu (NN 46/08) te su na osnovu toga napravljeni kriteriji koji propisuju dopuštenu razinu buke ovisno o vrsti djelatnosti u Tablici 10.4.

Tablica 10.4 *Tablica 3 Pravilnika o najvećim dopuštenim razinama buke*

R. br.	Opis posla	Najviša dopuštena razina buke $L_{A,eq}$ u dB(A)	
		(a)*	(b)*
1	Najzahtjevniji umni rad, vrlo velika usredotočenost, rad vezan za veliku odgovornost, najsloženiji poslovi upravljanja i rukovođenja	45	40
2	Pretežno umni rad koji zahtijeva usredotočenost, kreativno razmišljanje, dugoročne odluke istraživanje, projektiranje, komuniciranje sa skupinom ljudi	50	40
3	Zahtjevniji uredski poslovi, liječničke ordinacije, dvorane za sastanke, školska nastava, neposredno govorno i/ili telefonsko komuniciranje	55	45
4	Manje zahtjevni uredski poslovi, pretežno rutinski umni rad koji zahtijeva usredotočenje ili neposredno govorno i/ili telefonsko komuniciranje, komunikacijske centrale	60	50
5	Manje zahtjevni i uglavnom mehanizirani uredski poslovi, prodaja, vrlo zahtjevno upravljanje sustavima, fizički rad koji zahtijeva veliku pozornost i usredotočenost, zahtjevni poslovi montaže	65	55
6	Pretežno mehanizirani uredski poslovi, zahtjevno upravljanje sustavima, upravljačke kabine, fizički rad koji zahtijeva stalnu usredotočenost, rad koji zahtijeva nadzor sluhom, rad koji se obavlja na temelju zvučnih signala	70	60
7	Manje zahtjevni fizički poslovi koji zahtijevaju usredotočenost i oprez, manje zahtjevno upravljanje sustavima	75	65
8	Pretežno rutinski fizički rad sa zahtjevom na točnost, praćenje okoline slušanjem	80	65

**LEGENDA:*
(a) razina buke na radnome mjestu koja potječe od proizvodnih izvora
(b) razina buke na radnome mjestu koja potječe od neproizvodnih izvora (ventilacija, klimatizacija, promet i dr.).

Ovisno o visini razine buke kojoj je zaposlenik izložen, propisano je i dopušteno vrijeme izlaganja određenoj razini buke prema Tablici 10.5

Tablica 10.5 Dopušteno vrijeme izlaganja određenoj razini buke

dnevno izlaganje u satima	razina buke u dB(A)
8	90
6	92
4	95
3	97
2	100
1 ½	102
1	105
½	110
¼ ili manje	115

Ako buka na radnom mjestu sadrži impulse ili istaknute tonove, ili ako se njezina razina tijekom vremena mijenja, treba odrediti ekvivalentnu razinu buke L_{eq}.

Buka se mjeri u radnim prostorijama pri zatvorenim vratima i prozorima te uključenim sustavom za provjetravanje, odnosno klimatizacijom. Ako se prostorija često upotrebljava pri otvorenim vratima ili prozorima, mjerenja buke treba ponoviti i pod takvim uvjetima.

Zakonska regulativa u svezi zaštite od buke u Republici Hrvatskoj je u dokumentima:

- Nacionalna strategija zaštite okoliša i Nacionalni plan djelovanja na okoliš (NN 46/02)
- Zakon o zaštiti okoliša (NN 110/07)
- Zakon o zaštiti od buke (NN 30/09);
- Pravilnik o načinu izrade i sadržaju arata buke i akcijskih planova (NN 05/07)
- Pravilnik o najvišim dopuštenim razinama buke u sredini u kojoj ljudi rade i borave (NN 145/04)
- Pravilnik o djelatnostima za koje je potrebno utvrditi provedbu mjera za zaštitu od buke (NN 91/07);Pravilnik o stručnom ispitu iz područja zaštite od buke (NN 91/07)
- Pravilnik o uvjetima glede prostora, opreme i zaposlenika pravnih osoba koje obavljaju stručne poslove zaštite od buke (NN 91/07)
- Pravilnik o zaštiti radnika od izloženosti buci na radu (NN46/08)
- Akustika u građevinarstvu. Tehnički propisi za projektiranje i građenje zgrada (HRN U.J6.201/89).

» *Dokumente u kojima je dana zakonska regulativa u svezi buke možete pronaći na internetu. Napravite poster i/ili prezentaciju o najvećim dopuštenim razinama buke u prostorima u kojima ljudi borave po danu i po noći.*

10.7 Metode zaštite od buke

Utjecaj buke na čovjeka

Buka dopire do organizma preko cijele njegove površine, a ne samo slušnim organima. Oštećuje ne samo sluh, nego i druge strukture organizma. Neke vrste zvukova mogu se nekim ljudima činiti jako ugodnima, a drugima jako iritantnim i neugodnima. Razlika između buke i zvuka sasvim je subjektivna.

Američka agencija za zaštitu okoliša tvrdi u svojoj publikaciji iz 1978. da „ljude najviše iritira neželjeni zvuk". Bit publikacije je da uznemirujuća buka ljudima uzrokuje različite zdravstvene probleme uključujući uznemiravanje sna, gubitak sluha i mentalnu tjeskobu. Čak i kad je osoba u stanju "ignorirati" buku, ne može spriječiti svoje uši da primaju signale, niti svoje tijelo da reagira na njih, svjesno ili nesvjesno. Buka djeluje na kardiovaskularni sustav ubrzavanjem rada srca, porastom krvnog tlaka itd. Glas i govor trpe, ne samo zbog povećanja intenziteta govora, nego i zbog poremećaja refleksnih lukova. Buka pojačava sekreciju, npr. adrenalina, što djelomice uzrokuje kontrakciju krvnih žila.

Zaštita od buke

Mjere ublažavanja štetnih učinaka i mjere nadzora buke mogu se u širem smislu svrstati među tehnike planiranja i upravljanja, nadzora izvora buke te nadzora širenja buke. Iako postoje očita preklapanja nekih od njih, u odjeljcima koji slijede navedeni su i primjeri dobre prakse te mogući pristupi nadzoru. Za ostvarenje postavljenog cilja na raspolaganju su nam u osnovi sljedeće mjere zaštite:

1. ORGANIZACIJSKE MJERE: vremensko ograničenje rada bučnih strojeva, uvođenje dodatnih stanki radi oporavka, promjena radnog mjesta.
2. ORGANIZACIJSKO-TEHNIČKE MJERE: izbor niskošumnih strojeva i tehnoloških procesa, redovno održavanje i remonti, mehanizacija, automatizacija i robotizacija.
3. GRAĐEVINSKO-PLANSKE MJERE: pravilan raspored objekata i pogona, prostorno odvajanje izvora buke, radnih mjesta i zaštićenih prostorija, pravilan raspored strojeva.
4. TEHNIČKE MJERE:
   a) na izvorima (sprečavanje emisije):
      - primarne: zamjena bučnih operacija malo šumnim
      - sekundarne: akustično oklapanje, vibroizolacija i prigušenje, ugradnja prigušivača u cjevovode
   b) na putu širenja zvuka:
      - izolacija i apsorpcija uzdušnog zvuka
      - izolacija i prigušenje strukturnog zvuka (vibracija)
   c) na mjestu prijema (sprečavanje imisije):
      - lokalne mjere izolacije, apsorpcije i prigušenja zvuka
      - osobna zaštita.

Ovisno o težini problema primjenjuju se različite kombinacije navedenih mjera. Rijetko se problem može uspješno riješiti samo jednom mjerom.

Obveza izrade strateških karata buke i akcijskih planova odnosi se i na vlasnike, odnosno koncesionare industrijskih područja, glavnih cesta s više od 3.000.000 prolaza vozila godišnje, glavnih željezničkih pruga s više od 30.000 prolaza vlakova godišnje i glavnih zračnih luka s više od 50.000 operacija (uzlijetanja ili slijetanja) godišnje. Na temelju strateških karata buke izrađuju se akcijski planovi vezani za zaštitu okoliša.

Barijere za zaštitu od buke

Industrijalizaciju praćenu naglim razvojem tehnike i tehnologije te stvaranje velikih urbanih sredina u 20. stoljeću posebno u razvijenim europskim zemljama te SAD-u, paralelno je pratio brz razvoj prometa i prometne infrastrukture. To je

dovelo do povećanja razine buke, kao i do produženja razdoblja u kojima je razina buke viša od dozvoljene propisane regulativom. U tim se zemljama zato već sredinom 20. stoljeća započelo s izgradnjom barijera za zaštitu od buke, a intenzivno se primjenjuju od 70-ih godina prošlog stoljeća. Prije desetak godina u Hrvatskoj je započela intenzivna izgradnja autocesta. Projektnom dokumentacijom predviđena rješenja zaštite od buke, redovito zidovi, izvedeni su na brojnim dionicama. Osim na novim prometnicama, ovakav tip zaštite u novije se vrijeme sve više izvodi i na ranije izvedenim dionicama cesta i autocesta koje prolaze uz ili kroz naselja. Osim zidova građevine za zaštitu od buke od prometa mogu se izvoditi u obliku nasada ili nasipa (sa ili bez zidova). No, najrasprostranjeniji oblik zaštite su zidovi koji se postavljaju neposredno uz prometnicu. To su linijske građevine izvedene od različitih materijala (plastika, mineralna vuna, kamen, beton, drvo, metal, staklo, itd.). Naravno, nije dovoljno napraviti bilo kakvu barijeru između kolnika i naselja da bi ona činila učinkovito te estetski i tehnički opravdano rješenje. Kako bi zaštita od buke bila učinkovita, građevina trajna i jednostavna za održavanje, moraju biti zadovoljeni zahtjevi koji se odnose na sposobnost apsorpcije zvuka, mehaničku otpornost i stabilnost, otpornost na smrzavanje, djelovanje soli, požar i sl. Osim navedenih zahtjeva, barijere za zaštitu od buke moraju zadovoljiti i estetske kriterije vezano za uklapanje u okoliš koje će uvelike utjecati na odabir tipa barijere, odnosno vrste materijala od kojega će barijera biti izrađena.

Općenito postoje dva tipa akustičnih barijera: reflektirajuće i apsorbirajuće (slika 10.15, slika 10.16). Osnovna razlika između ova dva tipa barijera je ta što reflektirajuće odbijaju zvučne valove bez smanjenja njihovog intenziteta, dok apsorbirajuće „upijaju" dio zvučne energije i reflektiraju zvučni val smanjenog intenziteta. Zvučna izolacija barijere uvjetovana je potrebnom redukcijom buke kod štićenih objekata. Za zvučnu izolaciju barijera postavlja se kriterij da smanjenje mora biti minimalno 24 dB za sve vrste barijera.

Slika 10.15 *Reflektirajuća barijera*

Slika 10.16 *Apsorbirajuća barijera*

Slika 10.17 *Različite barijere za zaštitu od buke*

Zidovi za zaštitu od buke mogu biti izrađeni od različitih materijala, ovisno o tehničkim i estetskim zahtjevima, ali i klimatskim uvjetima. Prema materijalu izvedbe postoje: drveni zidovi, metalni zidovi, betonski zidovi, zidovi od opeke, plastični zidovi, prozirni ili transparentni zidovi, zaobljene barijere, galerije i barijere na mostovima.

Na slikama i 10.17 su neki primjeri strukture zaštite od buke na prometnici (autocesti), u klimatizacijskom i ventilacijskom sustavu

» *Fotografirajmo zvučne barijere postavljene u našem gradu. Potražimo na internetu fotografije zvučnih barijera u drugim gradovima i opise tih barijera. Pripremimo skupnu prezentaciju o metodama zaštite od buke.*

10.8 Preporuke za daljnje čitanje i istraživanje

- Brüel & Kjær: Acoustic noise measurement, July 1969.
- Josip Rasinec, Elektroakustika, priručnik
- Fundamentals of Noise, dr. AshishDarpe
- B&K application note: Measuring sound, knjižica o osnovnim parametrima i mjerenjima zvuka proizvođača opreme B&K
- KIMO Instruments, Technical Data Sheet, Acoustic Calibrator CAL200, www. kimo.fr
- KIMO Instruments, Technical Data Sheet, Sound Level Meter DB200, www. kimo.fr

S interneta:

- Pravilnik o najvišim dopuštenim razinama buke u sredini u kojoj ljudi rade i borave-http://www.propisi.hr/print.php?id=255
- Studentske stranice Gorana Pivca o buci na radnom mjestu - http://web.zpr.fer.hr/ergonomija/2004/pivac/index.htm
- Barijere za zaštitu od prometne buke (gradimo.hr) - http://www.gradimo.hr/clanak/barijere-za-zastitu-od-prometne-buke/24415
- Fakultet elektrotehnike i računarstva (predmet: Zvuk i okoliš)-http://www.fer.unizg.hr/predmet/zio_a

11. NEIONIZIRAJUĆE ZRAČENJE - ELEKTRIČNA I MAGNETSKA POLJA U OKOLIŠU

Dragutin Kovačević

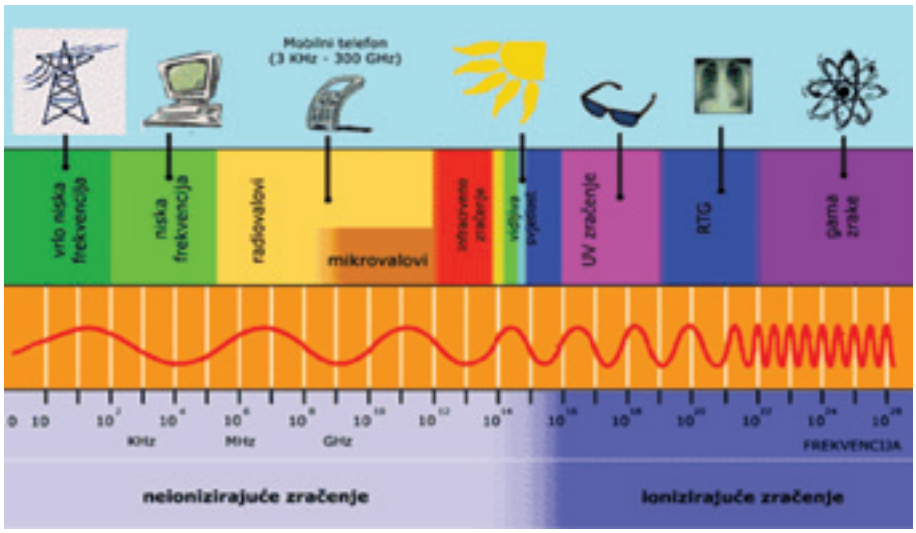
11.1 Uvod

U suvremenom svijetu izloženi smo raznim štetnim utjecajima, od onečišćenja zraka, vode i tla, genetski modificirane hrane, različitih izvora stresa pa do zračenja. Cijeli smo život izloženi elektromagnetskom zračenju, bilo od prirodnih ili ljudskom rukom načinjenih izvora. Od zračenja koje dopire iz svemira biosferu djelotvorno štiti Zemljina ionosfera.

Elektromagnetska polja jačih intenziteta mogu nastati kao posljedica prirodnih električnih fenomena. Ipak, jakost prirodnih polja i zračenja razmjerno je niska. Umjetni izvori elektromagnetskog zračenja povećavaju izloženost stanovništva i za nekoliko redova veličine iznad razine prirodnog zračenja. Kako su broj i vrsta umjetnih izvora zadnjih desetljeća višestruko povećani, čovjek se još nije uspio biološki prilagoditi dosegnutim intenzitetima elektromagnetskih polja. Sve šira primjena elektromagnetske energije dovela je do novog tipa onečišćenja okoliša, nazvanog „elektromagnetsko onečišćenje" ili elektrosmog.

Sva zračenja nemaju jednaka međudjelovanja s materijom pa se stoga dijele na dvije velike grupe- na ionizirajuće i neionizirajuće zračenje (slika 11.1). Neionizirajuća zračenja jesu elektromagnetska polja i elektromagnetski valovi frekvencija manjih od $3 \cdot 10^{15}$ Hz ili utrazvuk frekvencije niže od $5 \cdot 10^{8}$ Hz, a koja u međudjelovanju s tvarima ne stvaraju ione.

Kako se povećava broj izvora zračenja i nastaje sveopće zagušenje životnog prostora elektrosmogom, tako se povećava i potreba za kontrolom istoga. Potreba za kontrolom dijelom je regulirana zakonskim putem (obveza vlasnika zračenja), a dijelom potrebom građana za utvrđivanjem intenziteta zračenja u njihovoj životnoj i radnoj okolini.



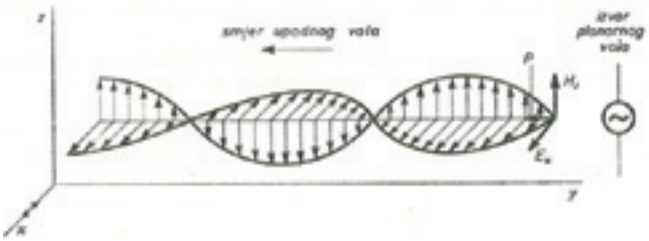
Slika 11.1 Spektar elektromagnetskog zračenja. Dio zračenja iz spektra su ionizirajuća, a dio neionizirajuća

11.2 Elektromagnetski valovi

J. C. Maxwell, škotski fizičar, objavio je 1873. godine knjigu u kojoj je opisao povezanost električnih i magnetskih pojava četirima jednadžbama. Maxwellove jednadžbe svode se na to da:

1. Električni naboj je izvor električnog polja. Silnice električnog polja izlaze iz pozitivnog naboja, a završavaju u negativnom naboju.
2. Svaki magnet ima dva različita magnetska pola koje se ne može razdvojiti. Magnetske silnice su zatvorene linije, tj. nemaju izvora niti ponora.
3. Magnetsko polje stvara električna struja ili vremenska promjena električnog polja.
4. Električno polje nastat će vremenskom promjenom magnetskog polja.

U nekoj točki prostora električno polje opisuje se s jakosti električnog polja E (jedinica je $V \cdot m^{-1}$), a magnetsko polje se opisuje s jakosti magnetskog polja H (jedinica $A \cdot m^{-1}$). Magnetsko polje može se opisati i pomoću magnetske indukcije B (jedinica T). Magnetsku indukciju (B) još se naziva gustoćom magnetskog toka. Veza između magnetske indukcije i jakosti magnetskog polja je: $B = \mu_0 \cdot \mu_r \cdot H$, gdje je $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ $T \cdot m \cdot A^{-1}$ –



Slika 11.2 Širenje elektromagnetskog vala

permeabilnost vakuma, μ_r – relativna permeabilnost sredstva.

Svako akcelerirano gibanje električnog naboja, bez obzira čime izazvano, mora biti praćeno promjenom magnetskog polja, a promjena magnetskog polja stvara električno polje, dok vremenska promjena električnog polja stvara magnetsko polje. U okolni prostor šire se jedna drugom izazvane promjene električnog i magnetskog polja. To je elektromagnetski val (slika 11.2).

Jednadžbe elektromagnetskog vala, analogno jednadžbi mehaničkog vala, su:

$$E = E_o \sin\omega\left(t - \frac{y}{c}\right) \quad , \quad B = B_o \sin\omega\left(t - \frac{y}{c}\right)$$

Značenje slova: E – trenutna jakost električnog polja u trenutku t na udaljenosti y od izvora vala, E_0- maksimalna vrijednost jakosti električnog polja, amplituda, ω – kružna frekvencija titranja ($\omega = 2\cdot\pi\cdot f$), c – brzina elektromagnetskog vala u vakuumu.

Općenito, kao i kod svih valova, brzina elektromagnetskih valova može se izračunati pomoću valne duljine vala (λ) i frekvencije titranja (f) iz izraza: $c = \lambda\cdot f$.

Elektromagnetski valovi imaju četiri važna svojstva:

1. Za razliku od ostalih valova koji se šire nekim sredstvom, elektromagnetski se valovi mogu širiti vakuumom.
2. Titrajuća električna i magnetska polja u linearno polariziranom elektromagnetskom valu su u fazi.
3. Smjerovi električnoga i magnetnog polja u elektromagnetskom valu okomiti su jedan na drugi i oba su okomita na smjer širenja vala, što ih čini transverzalnim valovima.
4. Brzina elektromagnetskih valova ovisi samo o električnim i magnetnim svojstvima sredstva kojim se šire.

Iz Maxwellovih jednadžbi proizlaze dva izraza koja se tiču elektromagnetskih valova:

1. Veza brzine (v) elektromagnetskih valova s permitivnošću i permeabilnošću:

$$v = \frac{1}{\sqrt{\varepsilon\mu}}$$

Permitivnost: $\varepsilon = \varepsilon_0\cdot\varepsilon_r$, $\varepsilon_0 = 8{,}8542\cdot10^{-12}$ F· m^{-1};
Permaabilnost: $\mu = \mu_0\cdot\mu_r$, $\mu_0 = 4\pi\cdot10^{-7}$ T·m·A^{-1}.
U vakuumu je $v = c = 3\cdot10^8$ m· s^{-1}. Relativna permitivnost (ε_r) i relativna permeabilnost (μ_r) ovise o sredstvu kroz koje se širi val.

2. Veza brzine elektromagnetskih valova u vakuumu (c) s amplitudama električnog i magnetskog polja:

$$E_0 = c\cdot B_0$$

Svakim valom prenosi se energija. Intenzitet vala (I)[1] je energija što se valom prenese u jedinici vremena kroz jediničnu površinu okomitu na smjer širenja vala (I = P/A).

Intenzitet elektromagnetskog vala može se izraziti pomoću gustoće energije (w) izrazom:

$$I = c\cdot w = c\,(w_e + w_m)$$

Gustoća energije električnog polja (w_e) se računa:

$$w_e = \frac{1}{2}\varepsilon E^2$$

Gustoća energije magnetskog polja (w_m) se računa:

$$w_m = \frac{1}{2}\mu H^2 = \frac{1}{2}\frac{B^2}{\mu}$$

Vrijedi: $w_{e,sr} = w_{m,sr}$

Sređivanjem izraza za intenzitet elektromagnetskog vala se tako dobije:

$$I = \frac{1}{2}c\varepsilon E_o^2 \qquad I = \frac{1}{2}c\mu H_o^2 = \frac{1}{2}\frac{c}{\mu}B_o^2$$

Jedinica za intenzitet vala je W·m^{-2}.

U području telekomunikacija uvodi se konstantu η koja se naziva valni otpor (impedancija) slobodnog prostora, a ona iznosi:

$\eta = 1/c\cdot\varepsilon_0 = (\varepsilon_0\cdot\mu_0)^{1/2}\cdot\varepsilon_0 = (\mu_0/\varepsilon_0)^{1/2}$.

Uvrštavanjem poznatih iznosa konstanti dobije se: $\eta = 120\cdot\pi\ \Omega \approx 377\ \Omega$.

Tako se prije navedeni izraz za intenzitet elektromagnetskog vala piše:

$$I = \frac{1}{2}\eta H_o^2 = \frac{1}{2\eta}E_o^2$$

Elektromagnetski valovi tradicionalno se dijele prema frekvencijama, odnosno valnim duljinama (vidi sl. 11.1). Spektar elektromagnetskih valova ima kontinuirani niz valnih duljina u rasponu od 10^8 m do čak 10^{-20} m. Elektromagnetski valovi se razlikuju samo po međudjelovanju, odnosno namjeni.

Elektromagnetski valovi imaju i svojstva snopa čestica (kvanata energije[2]) pa se zbog njihove dualne prirode više upotrebljava naziv elektromagnetsko zračenje.

» *Riješi zadatke:*

1. Elektromagnetski val je: a) longitudinalni val b) transverzalni val c) mehanički val.
2. Radio Vallis Aurea emitira svoj program na frekvenciji 90,2 MHz. Kolika je valna duljina tih elektromagnetskih valova?
3. Električno polje u nekom elektromagnetskom valu titra prema jednadžbi:

$$E = 100\ \text{V m}^{-1}\ \sin 6\cdot10^{14}\pi\ \text{s}^{-1}\left(t - \frac{x}{3\cdot10\ \text{m s}^{-1}}\right).$$

Odredite:

a) najveću jakost električnog polja
b) frekvenciju
c) brzinu
d) valnu duljinu.

5. Radiosignal mjeren na određenom mjestu ima maksimalnu vrijednost električnog polja (amplitudu) $5\cdot10^{-3}$ V·m^{-1}. Kolika je amplituda magnetske indukcije?
6. Intenzitet izvora zračenja na udaljenosti 2 m od izvora iznosi $4{,}3\cdot10^{-3}$ W·m^{-2}. Kolika je snaga izvora?

---

[1] *U nekim udžbenicima fizike i elektrotehnike intenzitet elektromagnetskog vala naziva se gustoća snage elektromagnetskog vala, a umjesto oznakom I označava se oznakom S.*

[2] *Energija kvanta nekog zračenja se računa iz izraza: $E_f = h\cdot f$, $h = 6{,}625\cdot10^{-34}$ J·s – Planckova konstanta, f- frekvencija zračenja.*

11.3 Neionizirajuća zračenja i njihovi izvori

Neionizirajuće zračenje je bilo koja vrsta elektromagnetskog zračenja koja nema dovoljno energije po kvantu da bi izazvala ionizaciju — odnosno da ukloni elektron iz atoma ili molekule. Umjesto stvaranja iona prilikom prolaska kroz materiju, elektromagnetsko zračenje ima dovoljno energije samo za pobuđivanje, odnosno prelazak elektrona na više energijsko stanje. Uočeni su različiti biološki učinci za različite vrste neionizirajućeg zračenja.

Niskofrekventno ultraljubičasto, vidljivo, infracrveno, mikrovalno i radio-valovi(ultrakratki, kratki, srednji, dugi) primjeri su neionizirajućeg zračenja. Sunčeva svjetlost koja dospije na Zemlju velikim je dijelom neionizirajuće zračenje, s izuzetkom ultraljubičastog zračenja. Većina ionizirajućeg zračenja filtrira se u Zemljinoj atmosferi.

U tablici 11.1. dani su neki važniji podaci o neionizirajućim zračenjima.

Tablica 11.1 Podaci o neionizirajućim zračenjima

Neionizirajuće zračenje	Izvori zračenja	Valna duljina	Frekvencija	Biološki učinci
ultraljubičasto-A (UV)	Sunce	318 nm- 400 nm	750 THz – 850 THz	Oko- fotokemijska katarakta; koža-eritem, pigmentacija
Vidljiva svjetlost (VL)	Sunce, laseri, vatra, LED, sijalice	400 nm –780 nm	385 THz – 750 THz	Koža- starenje; Oko- fotokemijske i termičke povrede retine
Infracrveno-A (IR)	Laseri, daljinski upravljači	780 nm – 1,4 μm	215 THz – 385 THz	Oko- termičke povrede retine, termička katarakta, opekline kože
Infracrveno-B	Laseri, telekomunikacije	1,4 μm – 3 μm	100 THz – 215 THz	Oko-opekline rožnice, katarakta, opekline kože
Infracrveno-C	Laseri, daleko IR područje	3 μm – 1 μm	300 GHz –100 THz	Oko-opekline rožnice, katarakta, zagrijavanje površine tijela
Mikrovalno (MW)	PCS telefoni, pojedini mobilni telefoni, mikrovalne pećnice, bežični telefoni, detektori gibanja, radar, Wi-Fi	1 mm – 33 cm	1 GHz – 300 GHz	Zagrijavanje tkiva
Radiofrekventno (RF)	Mobilni telefoni, televizija, FM, AM i kratki valovi,bežični telefoni	33 cm – 3 km	100 kHz – 1 GHz	Zagrijavanje tkiva, povišena tjelesna temperatura
Niskofrekventni radio valovi	Dalekovodi	> 3 km	< 100 kHz	Sakupljanje naboja na površini, smetnje nervnih i mišićnih impulsa
statička polja	Jaki magneti, magnetska rezonancija	beskonačno	0 Hz	Magnetsko- vrtoglavica/ mučnina; električno-naboj na površini tijela

Danas postoje dva znanstveno dokazana štetna učinka izlaganja čovjeka jakom elektromagnetskom polju: električna stimulacija na nižim frekvencijama (do 10 MHz) i zagrijavanje tkiva na višim frekvencijama (iznad 100 kHz).

Električna stimulacija je simulacija podražaja na podražljivim stanicama mišićnog i živčanog tkiva. Na niskim frekvencijama ljudsko je tijelo dobro vodljivo. Ako je tijelo izloženo promjenjivom električnom polju, slobodni naboji u tijelu se kreću, uzrokujući električnu struju. Ako je izloženo promjenjivom magnetskom polju, u tijelu se inducira struja. U oba slučaja izazvane struje uzrokuju okidanje živčanih impulsa ili grčenje mišića. U tom frekvencijskom području nema apsorpcije elektromagnetske energije. Na višim frekvencijama je dominantan toplinski učinak. Zagrijavanje tkiva predstavlja upijanje elektromagnetske energije. Ono se događa na višim frekvencijama zbog dielektričnih svojstava biološkog materijala. Dipolne strukture u tkivima, od kojih su najvažnije molekule vode, polariziraju se i gibaju u ritmu frekvencije elektromagnetskog polja, pretvarajući tako elektromagnetsku energiju u unutarnju toplinsku energiju. Ova pojava započinje već na frekvenciji od 100 kHz i nastavlja se do najviših radiofrekvencija. Elektromagnetska energija u čovjeku se najbolje apsorbira na frekvencijama od 10 MHz do 400 MHz. U tim uvjetima, tijelo (ili njegovi dijelovi) postaje rezonator koji vrlo učinkovito apsorbira energiju. To znači da su u tom frekvencijskom području propisane najoštrije granice izlaganja.

» *Pitanja i zadaci:*

1. *Prikupite na internetu zanimljive podatke za prezentaciju drugima o: a) ultraljubičastom zračenju b) vidljivom zračenju c) infracrvenom zračenju d) mikrovalnom zračenju e) radiovalnom zračenju.*
2. *Neionizirajuća zračenja (elektromagnetska polja, elektromagnetski valovi) su frekvencije niže od:*
   a) $3\cdot10^{15}$ Hz b) $3\cdot10^{12}$ Hz c) $3\cdot10^{9}$ Hz, d) $3\cdot10^{6}$ Hz ?

3. *Što ne spada u neionizirajuća zračenja ?*
a) ultrazvuk f < 500 MHz, b) radio valovi, c) infracrveno zračenje, d) rendgensko zračenje ?

Utjecaj bežične radiokomunikacijske tehnologije na zdravlje čovjeka

Sve je veća zabrinutost zbog mogućih negativnih zdravstvenih učinaka pokretnih telefona (mobitela) i baznih postaja (ili antena) koji tvore mrežu pokretnih komunikacija i omogućuju rad pokretnih telefona.

Bežična radiokomunikacijska tehnologija radi na frekvencijama koje su puno veće od onih za koje bi bila najveća apsorpcija elektromagnetske energije. U SAD-u mobilni telefoni rade na dvije osnovne frekvencije 850 MHz i 1900 MHz. Europski mobilni telefoni koriste GSM (drugačija tehnologija od većine telefona u SAD), frekvenciju blizu 900 MHz i 1800 Mz.

Znamo da se elektromagnetskim valovima prenosi energija. To je više energije što je jače električno, odnosno magnetsko polje. To slijedi iz izraza za intenzitet elektromagnetskog vala:

$$I = \frac{1}{2}\eta H_o^2 = \frac{1}{2\eta} E_o^2$$

Pitanje je jedino koliko se te energije apsorbira u ljudskom tijelu. Mjera apsorpcije elektromagnetske energije u čovjeku opisuje se veličinom SAR (Specific Apsorption Rate- gustoća apsorbirane snage), koja se izražava jedinicom $W \cdot kg^{-1}$. SAR opisuje učinak radiofrekvencijskih polja na čovjeka. Gustoća apsorbirane snage SAR i inducirana jakost električnog polja E u nekom tkivu povezani su izrazom:

$$SAR = \frac{\sigma E^2}{\rho}$$

gdje je σ specifična vodljivost tkiva ($S \cdot m^{-1}$), a ρ je gustoća tkiva. Također vrijedi izraz:

$$SAR = \frac{C}{\Delta t} \Delta T$$

gdje je C- specifični toplinski kapacitet tkiva, ΔT – porast temperature tkiva u kratkom intervalu vremena Δt. Apsorbirana energija pretvara se u unutarnju toplinsku energiju što rezultira porastom temperature (ΔT). Očekivani porast temperature u izloženom tkivu može se dobiti iz relacije:

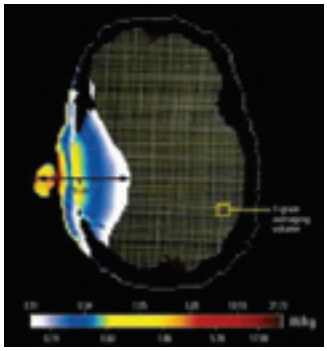
$$\Delta T = \frac{SAR \cdot t}{C},$$

Dosadašnja istraživanja pokazuju da 30 minuta izlaganja čovjeku u mirovanju elektromagnetskom polju koje proizvodi SAR cijelog tijela od 1-4 $W \cdot kg^{-1}$ uzrokuje porast temperature tijela do 1^0C. Smatra se da porast temperature veći od 1^0C može uzrokovati štetne biološke učinke.

Mjerenja SAR-a ne izvode se direktno, već pomoću kompjuterskih modela ili posuda s vodom u obliku glave (slika 11.3). Proizvođači mogu smanjiti izloženost zračenju mijenjajući dizajn slušalice. Bitno smanjenje u snazi stvara potrebu za bližim odašiljačima.

Instrumentima se mogu mjeriti karakteristične veličine elektromagnetskog zračenja. Koje vrijednosti one mogu imati da nam zračenje ne šteti ?

Na to pitanje moguće je odgovoriti samo ako raspolažemo precizno prikupljenim podacima (rezultatima mjerenja) i ako ih usporedimo s vrijednostima za koje se smatra da su kritične, a nazivaju se granične vrijednosti.



Slika 11.3 *Zagrijavanje dijela glave mobitelom*

Tek nakon usporedbe mjerenih i graničnih vrijednosti, možemo napraviti adekvatnu procjenu izloženosti zračenju. Na temelju opsežnih istraživanja Međunarodne komisije za zaštitu od neionizirajućeg zračenja – ICNIRP (International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection) određene su granične vrijednosti izloženosti ljudskog organizma električnim i magnetskim poljima u ovisnosti o frekvenciji.

Tablica 11.2 *Prema International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP): Guidelines for Limiting Exposure to Time-Varying Electric, Magnetic, and Electromagnetic Fields (up to 300 GHz), Health Phys., Vol. 74, 4, (1998) 494-522.*

	J [mA/m²]		SAR cijelog tijela (usrednjen) [W/kg]		Lokalizirani SAR (glava i trup) [W/kg]		Lokalizirani SAR (ruke i noge) [W/kg]	
Frekvencija	Radnici	Pučanstvo	Radnici	Pučanstvo	Radnici	Pučanstvo	Radnici	Pučanstvo
<1Hz	40	8	-	-	-	-	-	-
1-4Hz	40/*f*	8/*f*	-	-	-	-	-	-
4Hz-1kHz	10	2	-	-	-	-	-	-
1-100kHz	*f*/100	*f*/500	-	-	-	-	-	-
100kHz-10MHz	*f*/100	*f*/500	0,4	0,08	10	2	20	4
10MHz-10GHz	-	-	0,4	0,08	10	2	20	4

Spomenute su vrijednosti podložne promjenama i korekcijama ovisno o istraživanjima i novim spoznajama.

U Hrvatskoj je na snazi Pravilnik o zaštiti od elektromagnetskih polja (NN 98/2011) koji je izdalo Ministarstvo zdravlja. Sva telekomunikacijska oprema podliježe odredbama Pravilnika o posebnim uvjetima postavljanja i uporabe radijskih postaja (NN 45/2012) kojeg je izdala Hrvatska agencija za poštu i elektroničke komunikacije. Sigurnosna ograničenja koja je izdala ICNIRP dovoljno su sigurna za cjelokupnu populaciju i prihvatila ih je Svjetska zdravstvena organizacija UN-a za cijeli svijet pa ih primjenjuju i hrvatski operateri. Međutim, u usporedbi s tim standardima, hrvatski su pravilnici čak i 6,25 puta stroži. Za gustoću toka snage u Republici Hrvatskoj granične su razine u područjima profesionalne izloženosti 5 puta strože, a u područjima povećane osjetljivosti čak 6,25 puta strože od onih u Europskoj uniji. Usporedba je u Tablici 11.3.

Tablica 11.3

Država	Granične vrijednosti električnog polja za frekvenciju 936 MHz*	
	profesionalna izloženost	izloženost opće populacije
ICNIRP	91,7 V/m	42,0 V/m
Europska unija	91,7 V/m	42,0 V/m
Austrija	109,0 V/m	49,0 V/m
Australija	93,9 V/m	41,9 V/m
Francuska, Irska, Njemačka, Španjolska	91,7 V/m	42,0 V/m
Hrvatska	42,0 V/m	16,8 V/m
Italija	20 V/m (za boravak duži od 4 sata 6 V/m)	
Slovenija	41,9 V/m	13,1 V/m
Švedska	60 V/m	42,0 V/m
Švicarska	42,0 V/m 4,2 V/m	42,0 V/m 4,2 V/m
Velika Britanija	91,7 V/m	42,0 V/m

Granične vrijednosti polja za druge frekvencije za područja povećane osjetljivosti po Zakonu o zaštiti od neionizirajućeg zračenja (NN 91/10) i Pravilnika o zaštiti od elektromagnetskih polja (NN br. 98/11) su u Tablici 11.4.

Tablica 11.4

Frekvencija f	Jakost električnog polja E [V/m]	Jakost magnetskog polja H [A/m]	Gustoća magnetskog toka B [μT]	Gustoća snage (ekvivalentnog ravnog vala) S_{ekv} [W/m²]	Vrijeme uprosječenja t [min]
< 1 Hz	5 600	12 800	16 000		*
1 – 8 Hz	4 000	$12\,800/f^2$	$16\,000/f^2$		*
8 – 25 Hz	4 000	$1\,600/f$	$2\,000/f$		*
0,025 – 0,8 kHz	$100/f$	$1,6/f$	$2/f$		*
0,8 – 3 kHz	$100/f$	2	2,5		*
3 – 100 kHz	34,8	2	2,5		*
100 – 150 kHz	34,8	2	2,5		6
0,15 – 1 MHz	34,8	$0,292/f$	$0,368/f$		6
1 – 10 MHz	$34,8/f^{1/2}$	$0,292/f$	$0,368/f$		6
10 – 400 MHz	11,2	0,0292	0,0368	0,326	6
400 – 2000 MHz	$0,55\,f^{1/2}$	$0,00148\,f^{1/2}$	$0,00184\,f^{1/2}$	f/1250	6
2 – 10 GHz	24,4	0,064	0,08	1,6	6
10 – 300 GHz	24,4	0,064	0,08	1,6	$68/f^{1,05}$

*Relevantna je najviša efektivna vrijednost.

Napomena: Za izračunavanje graničnih vrijednosti polja za f se samo uvrštava brojčani iznos iz prvog stupca.

Područja povećane osjetljivosti su:

a) zgrade javne, stambene i poslovne namjene namijenjene boravku ljudi
b) čestice na kojima su izgrađene zgrade stambene namjene, škole, ustanove predškolskog odgoja, rodilišta, bolnice, smještajni turistički objekti te dječja igrališta (prema urbanističkom planu)
c) površine neizgrađenih čestica namijenjene prema urbanističkom planu za a) ili b).

Mjerenje vrijednosti polja će najvjerojatnije dati puno manje vrijednosti od graničnih vrijednosti. Trebalo bi doći pred samu antenu bazne stanice (< 50 cm) da se izmjere vrijednost koje su blizu graničnim vrijednostima.

Stanovništvo koje ima stanove blizu baznih stanica je zabrinuto jer je slabom zračenju izloženo vremenski dugo. Boje se posljedica ne sada već u budućnosti. Da bi se zornije prikazalo o čemu se radi, dovoljno je prisjetiti se drevne metode kineskog mučenja „kap vode". Ako nam kap vode kapne na čelo, neće se dogoditi ništa, ali ako ta jedna kap vode pada na čelo svakih nekoliko sekundi na isto mjesto u periodu mjesec dana, prouzročiti će ozbiljne tegobe.

Kako će se tegobe izazvane izloženosti zračenju manifestirati u ljudskom organizmu, individualna je stvar, jer svaki organizam je za nijansu drugačiji od drugoga. Za definiranje potpunog mehanizma djelovanja, biti će potrebne još godine istraživanja, mjerenja i rada timova stručnjaka.

» *Pitanja i zadaci:*

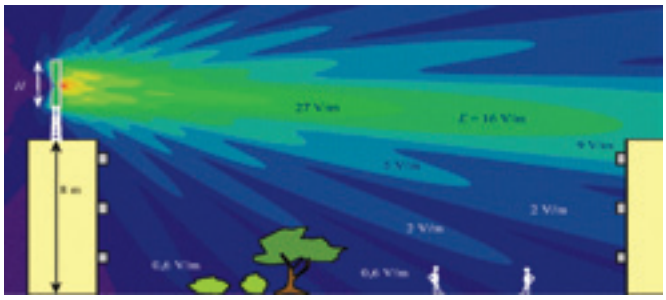
1. *Za elektromagnetski val frekvencije 936 MHz izračunaj graničnu vrijednost (izloženosti opće populacije) za: a) jakost električnog polja b) jakost magnetskog polja c) gustoću magnetskog toka d) gustoću snage .*
2. *U kojem frekvencijskom području je ljudsko tijelo najosjetljivije na izvore EM polja?*
   a) 1-10 MHz b) 10-400 MHz c) 400-2000 MHz.
3. *Da bi došlo do opasnosti za čovjeka od zračenja iz antene za radiokomunikaciju udaljenost čovjeka od antene mora biti manja od: a) 50 cm b) 5 m c) 50 m d) 500 m .*
4. *Koji od učinaka je najizrazitiji kod razgovaranja na mobilni telefon: a) glavobolja b) lokalno zagrijavanje tkiva c) gubljenje koncentracije d) ubrzano treptanje očima.*

11.4 Ispitivanje zračenja baznih stanica za mobitele

Za ispitivanje zračenja baznih stanica za mobitele postoje mjerni uređaji . Jedan od takvih uređaja je mjerač elektrosmoga TES-EM92. Tipkom MODE bira se os mjerenja: x, y,z ili u sve tri osi odjednom. Tipkom UNIT bira se veličina (jedinica), tj. što će se očitati . Može se izmjeriti: jakost električnog polja, jakost magnetskog polja, gustoća snage električnog polja i gustoća snage magnetskog polja. Tipka MAX/AVG služi za izbor mjerenja mjerene veličine: a) prosječna maksimalna vrijednost veličine (MAXAVG), b)srednja vrijednost mjerene veličine (AVG). Frekvencijsko područje instrumenta je 50 MHz – 3,5 GHz.

Slika 11.4 *Uređaj TES-EM92 na tronošcu*

Preporučuje se izvesti mjerenje u trajanju od 6 minuta. Instrument postaviti na tronožac (slika 11.4). Instrument možete postaviti na tlu ili u nekoj zgradi da visina bude što bliža visini bazne stanice. Izabrati mod za izotropno mjerenje (sve tri osi) i očitavati na MAXAVG. Mogući rezultati mjerenja su na slici 11.5.



Slika 11.5 *Jakosti električnih polja zračenja bazne stanice za mobitele*

Terenski rad: Ispitivanje zračenja bazne stanice za mobitele

» Pribor: Mjerač elektrosmoga TES-EM92, tronožac, obrazac za zapisivanje izmjerenih podataka.

» *Zadaci:*

1. *Sa TES-EM92 izmjerite kolika je prosječna maksimalna vrijednost (MAXAVG): a) jakosti električnog polja, b) jakosti magnetskog polja;*
2. *Ponovite prvo mjerenje, ali na većoj udaljenosti od bazne stanice;*
3. *Usporedite dobivene izmjerene vrijednosti s graničnim vrijednostima veličina prema Pravilniku o zaštiti od elektromagnetskih polja.*

11.5 Zračenje izvora ekstremno niskih frekvencija

Zračenje ekstremno niskih frekvencija uključuje izmjeničnu struju (50 Hz, u SAD- 60 Hz) i neionizirajuće zračenje od 1 Hz do 300 Hz. Budući da su to niske frekvencije, stvaraju se statička elektromagnetska polja. Odvojeno treba mjeriti električno i magnetsko polje. Električno polje stvaraju vodiči i uređaji pod naponom, a njegovim povećanjem, povećava se jakost električnog polja. Magnetsko polje stvara električna struja koja teče vodičima i njenim povećanjem, povećava se jakost magnetskog polja. Da bi se stvorilo magnetsko polje u blizini uređaja, električni uređaji moraju biti uključeni. Električna polja postoje i kada su električni uređaji isključeni, ali je utikač još uvijek u utičnici u zidu.

Magnetska polja i električna polja mogu biti veoma jaka oko električnih motora, generatora, transformatora (sl. 11.6), dalekovoda (sl. 11.7), video-terminala, faks-uređaja, električnih vodova, električne centrale, ispod vodova za električni vlak (sl. 11.8), električnih kablova građevina, električnih pila i bušilica, fotokopirnih uređaja i ostalih malih električnih uređaja (npr. sušilo za kosu, mikrovalna pećnica, električni brijač).

Znanstvenici su proveli brojna istraživanja zračenja ekstremno niskih frekvencija, ali se još nisu složili djeluju li ili ne ova zračenja na zdravlje. Zbog brige za radnike NIOSH (Nacional Institute for Occupational Safety and Health) izdala je određene mjere prevencije:

- Informirati radnike i zaposlenike o mogućim opasnostima od magnetskih polja.
- Odrediti gdje su glavni izvori zračenja na radnom mjestu. Povećati udaljenost radnika od izvora zračenja.
- Smanjiti vrijeme izlaganja zračenju.
- Ako je moguće koristiti opremu koja je dizajnirana tako da ima nisku emisiju zračenja.

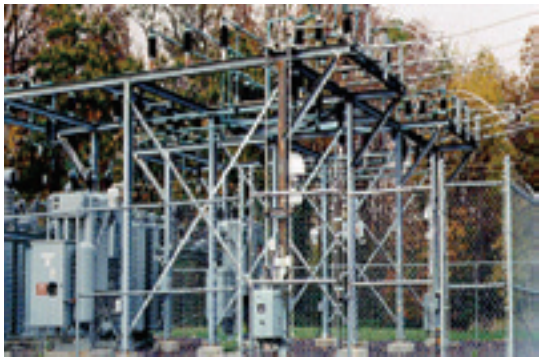
Na temelju Zakona o zaštiti od neionizirajućeg zračenja (NN 105/99) donesen je od strane Ministarstva zdravstva i socijalne skrbi Pravilnik o zaštiti od elektromagnetskih polja (NN 204/03) u kojem su utvrđene granične razine polja (tablica 11.5).

Tablica 11.5 *Granične razine polja u Republici Hrvatskoj*

Područje zaštite	Jakost električnog polja E(V/m)	Jakost magnetskog polja H (A/m)	Gustoća magnetskog toka B (μT)
Opća populacija	2000	32	40
Profesionalna izloženost	5000	80	100

Naše Ministarstvo opredijelilo se za strože granice od onih koje preporuča ICNIRP i Vijeće Europske unije.

Za mjerenje neionizirajućeg zračenja frekvencija do 1 MHz ima više uređaja. Jedan od njih je SPECTRAN NF-5035 (slika 11.9.). To je digitalni instrument koji može mjeriti promjenjiva i statična magnetska i električna polja u određenim



Slika 11.6 *Trafostanica*

Slika 11.7 *Dalekovod*

Slika 11.8 *Vodovi za električne vlakove*

frekvencijskim intervalima (15 – 30 Hz, 45-60 Hz, 90-500 Hz, 0,500-2 kHz, 2-400 kHz). Rezultate prikazuje numerički i grafički (raspodjelu frekvencija). Uređaj ima mjerna područja za jakost električnog polja od 0,1 V/m do 20 kV/m, a mjerno područje za magnetsko polje je od 1 pT do 2 mT. Potrebno je dobro proučiti upute uz uređaj i iskoristiti njegove mogućnosti.

Za mjerenje magnetskog polja električnih uređaja u kućanstvu može poslužiti mjerač elektrosmoga EMF-823 (slika 11.10). Ima mjerna područja: 20 μT, 200 μT, 200 μT.

Slika 11.9 *SPECTRAN NF-5035*

Slika 11.10 *EMF-823*

11.6 Mjerenje magnetskih polja kućnih električnih uređaja

Električni uređaji u kućanstvu uzrokuju električna i magnetska polja kojima su ljudi svakodnevno izloženi. U tablici 11.6 prikazane su jakosti električnih polja kućnih uređaja na 30 cm od uređaja (prema podacima Saveznog ureda za zaštitu od zračenja, Njemačka, 1999.)

Tablica 11.6 *Jakosti električnih polja nekih kućanskih uređaja na 30 cm od uređaja*

Električni uređaj	Jakost električnog polja (V/m)
Stereo uređaj	180
Glačalo	120
Hladnjak	120
Mikser	100
Toster	80
Sušilo za kosu	80
TV u boji	60
Aparat za kavu	60
Usisavač	50
Električna peć	8
Žarulja	5

U tablici 11.7. dane su karakteristične vrijednosti magnetskog polja kućanskih uređaja na udaljenostima 3 cm, 30 cm i 1 m od samog uređaja.

Tablica 11.7

Električni uređaj	Magnetska indukcija, tj. gustoća magnetskog toka (μT)		
	Udaljenost 3 cm	Udaljenost 30 cm	Udaljenost 1 m
Sušilo za kosu	6-200	0,01-7	0,01-0,03
Aparat za brijanje	15-1500	0,08-9	0.01-0,03
Usisavač	200-800	2-10	0,13-2
Fluor. svjetiljka	40-400	0,5-2	0,02-0,25
Mikrovalna pećnica	73-200	4-8	0,25-0,6
Radio aparat	16-56	1	< 0,01
Električni štednjak	1-50	0,15-0,5	0,01-0,04
Perilica rublja	0,8-50	0,15-3	0,01-0,15
Glačalo	8-30	0,12-0,3	0,01-0,03
Perilica suđa	3,5-20	0,6-3	0,07-0,3
Računalo	0,5-30	< 0,1	---
Hladnjak	0,5-1,7	0,01-0,25	< 0,01
Televizor	2,5-50	0,04-2	0,01-0,15

» *Zadaci*:

1. a) Izmjeri uređajem EMF-823 magnetsku indukciju na udaljenosti 3 cm, 10 cm, 15 cm, 30 cm, 50 cm i 1 m od uređaja: 1. Sušilo za kosu, 2. Mikrovalna pećnica, 3. Glačalo, 4. Računalo, b) Rezultate mjerenja prikaži grafički u B – r dijagramu, c) Usporedi dobivene rezultate s podacima u tablici 11.5.

2. a) Izmjeri uređajem SPECTRAN NF-5035 jakost električnog polja na udaljenosti 10 cm, 30 cm i 50 cm od uređaja: a) Glačalo 2) Sušilo za kosu. b) Usporedi dobivene rezultate s podacima u tablici 11.6.

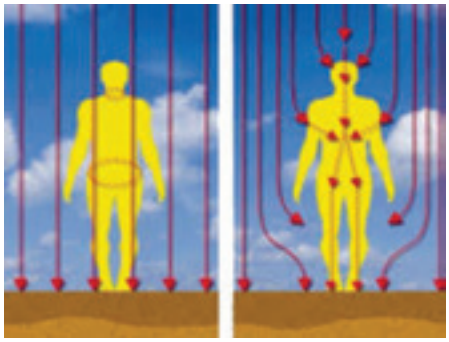
11.7 Mjerenje zračenja izvora jakog električnog polja

Veoma jaka električna polja su ispod prijenosnih linija dalekovoda.

Prijenosne linije dalekovoda prenose struju preko velikih udaljenosti, a obično rade na 100 kilovolta i više. U Hrvatskoj su u upotrebi izmjenični prijenosni nazivni naponi 110 kV, 220 kV i 400 kV. Duljine pojedinih dalekovoda dosežu danas i više tisuća kilometara.

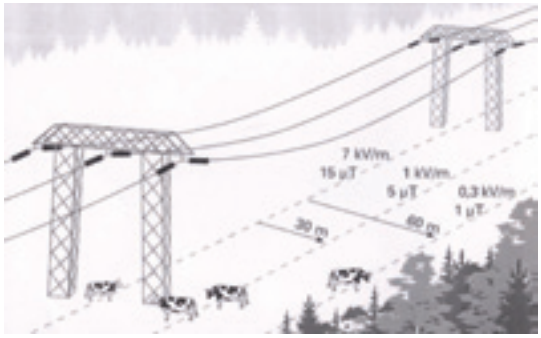
Jakost magnetskog polja tih linija određena je iznosom struje koja teče, uređenosti i blizinom prijenosnih linija i visinom prijenosnih linija iznad zemlje.

Kad je čovjek ispod prijenosnih linija dalekovoda manji je problem s magnetskim poljem jer je tijelo nemagnetično. Ipak pri gibanju čovjeka induciraju se struje čija jakost ovisi o jakosti magnetskog polja. Između prijenosnih linija i Zemlje veoma su jaka električna polja. Ako se čovjek nalazi u blizini dalekovoda onda silnice električnog polja, umjesto okomito prema Zemlji, završavaju na tijelu čovjeka, a najviše na glavi čovjeka (slika 1111). Utjecaji električnih polja na čovjeka nisu zanemarivi ako im se izlažemo jako dugo i intenzivno. Zbog velikih jakosti polja ispod dalekovoda (slika 11.12) pogubni utjecaji na ljude rano su otkriveni i dokazani te se zna da je jedino rješenje bijeg od dalekovoda.



a) b)

Slika 11.11 *ispod prijenosnih linija dalekovoda u: a) magnetskom polju, b) električnom polju*



Slika 11.12 *EMF-823*

Prijenosne linije dalekovoda započinju kod transformatora uz električne centrale, a završavaju kod trafostanica u mjestima korisnika električne energije. Zato treba računati na jaka električna i magnetska polja na transformatorima i njihovoj blizini (sl. 11.13) .

Slika 11.13 *Transformatori*

Maksimalne vrijednosti električnog i magnetskog polja moraju zadovoljavati Pravilnik o zaštiti od elektromagnetskih polja (NN 204/03).

Jakost električnog polja uz trafostanicu ovisi o naponu i o udaljenosti od transformatora.

Mjerenje polja uz transformator daju rezultate kao u tablici 8, odnosno u grafičkom prikazu na slici 11.14.

Iz tablice 11.8 vidljivo je da su iznosi električnih polja zanemarivo mali, čak i kad se radi o njihovim maksimalnim vrijednostima.

Kod mjerenja razina elektromagnetskih polja kod svakog objekta trebalo bi se zamijetiti nagloopadanje iznosa polja prilikom udaljavanja od njegovog izvora. Prostor izvan ograđene trafostanice je siguran.

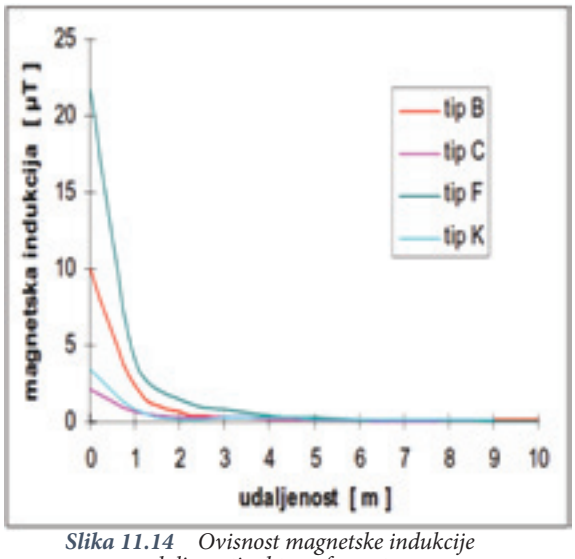
Terenski rad: Mjerenje polja u blizini dalekovoda i trafostanice.

» *Zadaci*:

1. *Izmjeri uređajem SPECTRAN NF 5035 magnetsko polje i električno polje u blizini dalekovoda. Mjerenje provedi na nekoliko udaljenosti od prijenosnih linija.*
2. *Izmjeri uređajem SPECTRAN NF 5035 magnetsko polje i električno polje u blizini trafostanice. Mjerenje provedi na nekoliko udaljenosti od ograđenog prostora trafostanice.*
3. *Usporedi dobivene rezultate s podacima o graničnim razinama polja u Pravilniku o zaštiti od elektromagnetskih polja.*

Tablica 11.8 **Mjerenje polja uz transformator**

Tip	Snaga (kVA)	Električno polje Emax(kV/m)	Magnetsko polje Bmax (μT)
A	630	0,002	9,85
B	630	0,001	10,04
C	250	0,024	3,61
D	250	0,080	2,39
E	100	0,020	0,34
F	1000	0,002	36,73
G	630	0,001	31,29
H	250	0,003	3,71
I	250	0,011	1,44
J	100	0,008	1,19
K	2x400	0,015	18,01
L	630	0,005	4,68



Slika 11.14 *Ovisnost magnetske indukcije o udaljenosti od transformatora*

11.8 Preporuke za daljnje čitanje i istraživanje

- Hrvoje Zirdum, Neionizirajuće zračenje- izvori,mjerenja, prevencija
  http://161.53.18.5/static/erg/2001/zirdum/index.htm
  http://161.53.18.5/static/erg/2001/zirdum/neion.pdf
- Prlić i dr., RF-Neionizrajuće zračenje, mjerenje i efekti: http://www.hamradio.hr/download/RF_neionizirajuce_zracenje.pdf
- HEP: http://www.hep.hr/ods/kupci/EMP_clanak1.pdf
- http://www.hep.hr/ods/kupci/EMP_Clanak2.pdf
- Megon d.o.o: http://www.megon.net/
- Zakon o zaštiti od neionizirajućeg zračenja (NN 91/10) http://www.zakon.hr/z/347/Zakon-o-za%C5%A1titi-od-neioniziraju%C4%87eg-zra%C4%8Denja
- Pravilnik o zaštiti od elektromagnetskih polja (NN 98/11) http://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2011_08_98_2036.html

12. RADIOAKTIVNOST

Dragutin Kovačević, Vanja Radolić

12.1 Uvod[1]

Svijet u kojem živimo radioaktivan je od svog postanka. Postoji oko 60 radionuklida (radioaktivnih elemenata), koje možemo pronaći u tlu, zraku, vodi, hrani, a time i u svim živim bićima. Po tome kako su nastali dijele se na one koji su oduvijek prisutni na Zemlji one koji nastaju kao posljedica djelovanja kozmičkih zraka, te one koji su posljedica ljudske tehnologije. Od zračenja se nikamo ne možemo sakriti.

Da živimo s radioaktivnim tvarima oko sebe otkrilo se tek krajem 19. stoljeća. U 20. stoljeću ljudi su svojim djelovanjem, posebno razvojem nuklearnih reaktora i testiranjem nuklearnog oružja, stvorili još neke umjetne radioaktivne elemente. Izvori umjetnih radioaktivnih elemenata našli su mnoge primjene: primjena zračenja u medicini (radiobiologija, nuklearna medicina, radioterapija), pokusne nuklearne eksplozije, industrija, nuklearne elektrane (zrače manje od televizijskog ekrana) i drugi izvori (aparati za radiobiologiju s rendgenskim zrakama ili neutronima, akceleratori čestica).

Radioaktivne tvari emitiraju zračenje koje je ionizirajuće. Ionizirajuće je zračenje pojava za koju ljudska osjetila nisu razvijena, za razliku od mnogih drugih pojava u prirodi. Izravne posljedice djelovanja ionizirajućeg zračenja na živi svijet većinom su zakašnjele i teško ih je povezati s uzrokom. Čovjek može biti izložen i smrtonosnoj dozi ionizirajućeg zračenja, a da u samom trenutku ozračivanja ništa ne osjeti. Posljedice ozračivanja, bez osjetilne veze s uzrokom zapažaju se tek nakon nekog vremena, od nekoliko sati do nekoliko dana ili čak godina, što ovisi o vrsti i svojstvima tog zračenja. Otuda je razumljiv čovjekov strah, a poznavanje osnovnih svojstava ionizirajućeg zračenja, međudjelovanja zračenja s tvari, a posebno djelovanja zračenja na živa bića, neobično je važno u stručnom i psihološkom smislu.

Zbog brige za zaštitu okoliša i utjecaja izvora ionizirajućeg zračenja na stanovnike vrši se mjerenje ionizirajućeg zračenja i utvrđivanje da je ono u granicama koje predviđa Zakon o zaštiti od ionizirajućeg zračenja i sigurnosti izvora ionizirajućeg zračenja (Narodne novine RH 64/2006).

12.2 Tipovi radioaktivnih raspada

Radioaktivnost je proces spontanog raspada i transformacije nestabilnih atomskih jezgara praćen emisijom nuklearne čestice i/ili elektromagnetskog zračenja. Određena je unutrašnjom strukturom jezgre i neovisna je o vanjskim uvjetima. Pojavu radioaktivnosti otkrio je 1896. godine Henri Becquerel u solima uranija. Vrlo brzo, radioaktivno zračenje otkriveno je i kod drugih spojeva, a Marie i Pierre Curie su izolirali polonij i radij koji su puno više radioaktivni nego uranij. Prolaskom radioaktivnog zračenja magnetskim poljem otkrilo se od čega se ono sastoji (slika 12.1).

Slika 12.1 *Zračenje iz radioaktivne tvari, skretanjem u magnetskom polju, pokazuje se da se sastoji od triju vrsta zračenja: α, β i γ*

Ernest Rutherford i suradnici otkrili su da su α-zrake ustvari jezgre atoma helija ($^{4}_{2}He$), β-zrake elektroni ($^{0}_{-1}e$) emitirani iz jezgre, a γ-zrake su elektromagnetsko zračenje (istih svojstava kao i vidljiva svjetlost, ali puno viših energija). Prema tome, α- i β-zrake zapravo su čestice, pa bi ih pravilnije bilo i zvati α- odnosno β- česticama, no zbog povijesnih razloga i danas je u upotrebi naziv zračenje.

Alfa raspad

Alfa raspad je pretvaranje jedne atomske jezgre u drugu uz emitiranje α-čestice. Jezgra se transformira („raspada") na manju jezgru masenog broja *(A-4)* i atomskog broja *(Z-2)* i na α-česticu. Doseg α-čestice svega je nekoliko centimetara u zraku, a već ju zaustavlja list papira jer one jako ioniziraju medij kroz koji prolaze pa brzo potroše svoju energiju. Primjer α-raspada je:

$$^{232}_{90}Th \rightarrow ^{4}_{2}He + ^{228}_{88}Ra$$

Beta raspad

Za određeni broj protona u jezgri postoji određeni optimalni broj neutrona pri kojem je jezgra najbolje vezana, odnosno najstabilnija. Prilikom odstupanja od tog optimuma postoji određena vjerojatnost da će se stabilnije stanje uspostaviti pretvaranjem neutrona u proton i obrnuto. Pritom se iz jezgre emitira β^-- ili β^+-čestica, odnosno pozitron (e^+) ili elektron

[1] *O radioaktivnosti se uči u redovnoj nastavi iz predmeta fizika (cjelina: Atomska jezgra). Proučite što o tome piše u udžbeniku fizike i popratnom priručniku (zbirci zadataka).*

(e^-). Ta se pojava naziva beta raspadom i njom se ne mijenja maseni*(A)*, već samo atomski broj (Z). Doseg β-čestica je nekoliko metara u zraku, a zaustavlja ih aluminijski lim debljine oko 3 mm. Karakteristika β-raspada jest kontinuirani spektar emitirane čestice sve do neke maksimalne energije raspada, a on se objašnjava postojanjem još jedne čestice - neutrina (ili antineutrina), koja se emitira prilikom beta raspada i koja energiju raspada dijeli s β-česticom. Primjer β^--raspada je:

$$^{228}_{88}Ra \rightarrow {}^{0}_{-1}e + {}^{228}_{89}Ac + \nu_e$$

Gama raspad

Gama raspad se očituje emitiranjem γ-zračenja te za razliku od α- i β-raspada, ne nastaje novi element. Uzbuđena jezgra emitira y-zračenje kako bi se oslobodila viška energije emisijom fotona (čestica elektromagnetskog zračenja). Takav foton ima energiju koja je i do milijun puta veća od fotona vidljive svjetlosti i naziva se y-foton ili γ-zraka. Broj protona i neutrona ostaje isti, a promijenjena je samo energija uzbude (uzbuđena energija najčešće označena sa *) jezgre koja se spustila s više na nižu razinu. S neke stepenice svog energijskog stepeništa jezgra može skočiti na dno odjednom ili preko jedne ili više međustepenica. Zato je rezultat gama raspada jedna ili više gama zraka različitih energija. Doseg y-zraka u zraku je nekoliko kilometara, a zaustavlja ih debeli sloj olova, betona ili vode. Primjer y raspada je:

$$^{228}_{89}Ac^* \rightarrow {}^{228}_{89}Ac + \gamma$$

Pozadinsko zračenje

Zemljina atmosfera ispunjena je visokoenergetskim česticama koje dolaze iz svemira. Ovo primarno zračenje uzrokuje sekundarno zračenje u gornjim slojevima zraka koje, iako oslabljeno slojevima zraka, uspijeva doći do površine Zemlje. Pozadinsko zračenje čine kozmičko zračenje i zračenje sa Zemlje od izotopa: uranija, torija, radija, radona, kalija, te ugljika, tricija, berilija... To pozadinsko zračenje želimo isključiti prilikom mjerenja radioaktivnosti nekog uzorka (jer ne dolazi od našeg uzorka).

» *Pitanja za provjeru:*

1. Koje od navedenih radioaktivnih zračenja ne skreće u magnetskom polju?
   a) α. b) β^-. c) β^+. d) γ-.
2. Pri kojem se raspadu mijenja samo energija jezgre?
   a) α. b) β^-. c) β^+. d) γ-.
3. Što moramo napisati umjesto X da bi zapis: $^{15}_{8}O \rightarrow X + e^+ + \nu$ bio valjan?
4.
   a) $^{16}_{8}O$. b) $^{14}_{7}N$. c) $^{15}_{9}F$. d) $^{15}_{7}N$.

12.3 Zakon radioaktivnog raspada

Vjerojatnost da će se pojedina atomska jezgra raspasti tijekom nekog vremenskog intervala ne ovisi o dobi dotične jezgre ili o tome kako je ona stvorena. Iako se stvarno vrijeme života pojedine jezgre ne može predvidjeti, srednje (ili prosječno) vrijeme života nekog uzorka identičnih jezgri može biti izmjereno i predviđeno. Jednostavan način određivanja vremena života nekih izotopa je mjerenje vremena raspada polovice jezgri tog promatranog uzorka. To se vrijeme naziva vremenom poluraspada, $\tau_{1/2}$. Od originalnog broja jezgri koje se nisu raspale, njih polovica će se raspasti ako čekamo drugi interval vremena poluraspada pa ih ostaje jedna četvrtina. Za još jedan interval vremena poluraspada ostat će ih samo osmina neraspadnutih, itd.

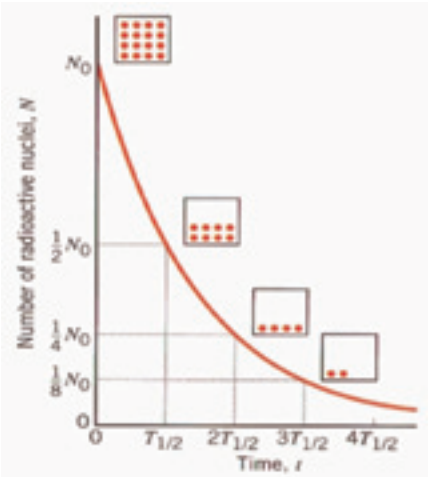
Broj jezgri nekog uzorka koji će se raspasti u datom vremenskom intervalu je razmjeran broju jezgri tog uzorka. To dovodi do zaključka da je proces radioaktivnog raspada eksponencijalni proces. Broj *N* atomskih jezgri koje su ostale neraspadnute nakon vremena *t*, u odnosu na izvorni broj jezgri N_0, je:

$$N(t) = N_0 e^{-\lambda t} = N_0 e^{-t/\tau}$$

gdje se λ naziva **konstanta radioaktivnog raspada** i vrijedi:

$$\tau = \frac{1}{\lambda},$$

a mjerna jedinica je recipročna sekunda, s^{-1}. Vrijeme poluraspada (τ = T), odnosno konstanta raspada, različita je za različite radioaktivne jezgre. Zakon radioaktivnog raspada može se grafički prikazati kao na slici 12.2. Neki radionuklidi imaju kratko (primjerice 15 s za ^{143}Ba), a neki vrlo dugo vrijeme poluraspada ($4{,}5 \cdot 10^9$ godina za ^{238}U).



Slika 12.2 Smanjenje broja radioaktivnih jezgri s vremenom

» *Riješi zadatke:*

1. Iz 10000 atoma neke radioaktivne tvari raspadne se u 10 sekundi 5 atoma. Koliko je vrijeme poluraspada ?
2. Koliko se atoma radona raspadne za 1 dan iz milijuna atoma ako je vrijeme poluraspada 3,82 dana?

» *Potraži na internetu i drugim izvorima što veći broj radionuklida. Zapisuj ih u tablici. U tablici ćeš još zapisati koliko im je vrijeme poluraspada, koji im je tip raspada i porijeklo.*

» *Na temelju istraživanja cijelog razreda izradite poster i/ili prezentaciju s podacima o radionuklidima.*

12.4 Izvori radioaktivnog zračenja u okolišu

Postoji oko 60 radionuklida (radioaktivnih elemenata), koje možemo pronaći u tlu, zraku, vodi, hrani, a time i u svim živim bićima.

Zračenje iz tla uvelike ovisi o sastavu tla. Radioaktivnost tla uglavnom potječe od uranija ^{238}U, torija ^{232}Th i kalija ^{40}K. Zračenje iz zidova zgrada ovisi o tome od kojeg su građevinskog materijala. Ozračivanje kozmičkim zračenjem ovisi o nadmorskoj visini mjesta. U ljudskom tijelu, kao i u svim živim bićima i stvarima oko nas, ugrađeni su mnogi prirodni radionuklidi koji nas ozračuju iznutra (plin radon ^{222}Rn, uranij ^{238}U, radij ^{226}Ra, kalij ^{40}K,...) (slika 12.3). Najveći ozračivač u ljudskom tijelu je ^{222}Rn (slika 12.4).

Procjenjuje se da u ukupnom ozračivanju čovjeka na prirodno otpada oko 74 % (zemaljsko – 50 %, kozmičko -24 %), umjetno ozračivanje sudjeluje s oko 26 %. Umjetno nas, izravno ili posredno ozračuju razni umjetni izvori zračenja za namjerno proizvođenje zračenja (rendgenski uređaji, akceleratori čestica itd.), uređaji kojima je zračenje sporedni proizvod (nuklearni reaktor) te prirodne i umjetne radioaktivne tvari, koncentrirane u lokalizirane izvore ili raznesene po okolini (nuklearni otpad).

U Prilogu 1.(na kraju) su tablice s brojčanim podacima o udjelu pojedinih izvora radioaktivnog zračenja na čovjeka. Tablice su preuzete iz: Jakobović, Zvonimir (1991.), Ionizirajuće zračenje i čovjek, Zagreb, Školska knjiga.

Slika 12.3 Izvori primljene godišnje doze

Slika 12.4 Izvori ionizirajućeg zračenja

12.5 Osnovne dozimetrijske veličine

Radioaktivna zračenja imaju energiju. Zračenje predaje ozračenoj tvari energiju, pa se zbog toga mijenjaju i svojstva zračenja i svojstva ozračene tvari. Radioaktivna zračenja su ionizirajuća zračenja. Dozimetrija se bavi mjerenjem tzv. doze zračenja i njenih posljedica u tvari.

Izvore zračenja se opisuje pomoću aktivnosti izvora i specifične aktivnosti. Aktivnost radioaktivnog izvora (A) je omjer broja nuklearnih pretvorbi ($-\Delta N$) i vremena u kojem se to događa (Δt). Jedinica aktivnosti radioaktivnog izvora je bekerel ($Bq = s^{-1}$). Specifična aktivnost radioaktivnog izvora (a) je omjer aktivnosti (A) i mase tog uzorka (m). Aktivnost i specifična aktivnost radioaktivnog izvora opada u tijeku vremena prema zakonu radioaktivnog raspada.

Predana energija tijelu (E) jednaka je razlici ulazne (upadne) energije E_u i izlazne energije (E_i) koja je prošla tijelom.

Apsorbirana doza zračenja (D) je omjer predane energije tijelu E i mase ozračenog tijela m: $D = E/m$. Jedinica apsorbirane doze je grej ($Gy = J/kg$).

Učinak zračenja u tvari ne ovisi samo o predanoj energiji tijela, već i o vrsti zračenja i o tvari. Zato se apsorbirana doza zračenja množi s tzv. faktorom modifikacije. Jedan od faktora modifikacije je faktor kvalitete Q, koji služi za opisivanje biološkog djelovanja zračenja na čovjeka. Tako se dobije ekvivalentnu dozu zračenja ili dozni ekvivalent (H): $H = D \cdot Q$. Jedinica ekvivalentne doze (za biološki učinak) je sivert ($Sv = J/kg$).

Faktor kvalitete zračenja za biološki učinak dan je u Tablici 12.1.

Tablica 12.1 Faktor kvalitete zračenja

Zračenje	Faktor kvalitete Q
rendgensko i gama	1
β-zračenje	1…2
neutronsko zračenje	3…10
protonsko i α-zračenje	~ 10
teško ionsko zračenje	~ 20

Apsorbirane doze zračenja mjere se instrumentom, a ekvivalentne doze se izračunavaju. Za rendgensko i gama zračenje apsorbirana i ekvivalentna doza iznose jednako.

U Prilogu 2 (na kraju) je tablični prikaz fizičkih veličina i mjernih jedinica ionizirajućeg zračenja.

» *Riješi zadatke:*

1. Osoba mase 75 kg izložena je zračenju α-čestica ekvivalentne doze $4{,}5 \cdot 10^{-4}$ Sv. Koliko je energije ta osoba apsorbirala? Q-faktor α-čestica je 12.
2. Snop α-čestica pohranjuje 0,2 J energije po kilogramu tkiva. Q-faktor α-čestica je 12. Odredite ekvivalentnu dozu koju tkivo apsorbira.

12.6 Godišnja ekvivalentna doza zračenja po čovjeku

Za živi organizam najopasniji su radioaktivni izotopi koji emitiraju alfa zrake, a uneseni su u organizam. Naime alfa zrake (obično MeV-skih energija) svu svoju energiju ostave unutar desetak mikrona u tvari (npr. jedna stanica) i pri tom mogu npr. poremetiti genetsku strukturu te stanice i proizvesti mutaciju. No kako se alfa čestice vrlo lako zaustavljaju, lako se i zaštititi od njih jer i kod otvorenih izvora budu u potpunosti zaustavljeni u nekoliko cm zraka.

Gama zrake daleko lakše prolaze kroz tvar što ujedno znači da su manje opasne za organizam od drugih vrsta ionizirajućeg zračenja. Specifična ionizacija je tako mnogo manja. No ipak treba napomenuti da su gama zrake, kao i sve vrste ionizirajućih zračenja, štetne za organizam onoliko koliko je on njima izložen.

Biološki efekti svih vrsta ionizirajućeg zračenja mogu se podijeliti na somatske efekte kod većih doza zračenja (opekotine, smanjenje eritrocita i leukocita što uzrokuje slabiju otpornost i krvarenja, upale rožnice, sterilnost, itd.), te genetske efekte koji se javljaju u ovisnosti o primljenoj dozi. Oni mogu uzrokovati promjene na kromosomima te pojave zloćudnih tumora, odnosno efekte na potomcima (malformacije i sl.).

Doze zračenja koje čovjek prima ili bi mogao primiti u nekim predviđenim ili nepredviđenim situacijama, razvrstavaju se kao prirodne doze, dopuštene doze, granične doze, kritične doze i nadkritične doze.

Prirodna ekvivalentna doza se procjenjuje na 1- 3mSv/god. Čovjek je priviknut na takvu dozu. Dopuštene doze su veće od prirodne doze, a za koje se vjeruje da još ne čine znatnije biološke učinke. Granične doze su zakonskim aktima propisane vrijednosti dozimetrijskih veličina koje se ne smiju prekoračiti ljudskim djelovanjem. One se prije svega odnose na radnike koji profesionalno rade s izvorima ionizirajućih zračenja. One obično ne prekoračuju dvostruku vrijednost godišnje granične ekvivalentne doze. Kritične doze uzrokuju teška oštećenja zdravlja i prve smrtne slučajeve To su vrijednosti koje su veće od oko 250 mSv. Nadkritične doze su sve više od kritične, a naročito su opasne ako su primljene u kratkom vremenu. Procjenjuje se da nakon doza viših od 3 Sv svi ozračeni teško obolijevaju, a nakon doza viših od oko 6 Sv svi ozračeni umiru.

Preporuka Međunarodne agencije za atomsku energiju (IAEA) je da granična doza za izloženost stanovništva zračenju ne prelazi 1 mSv/god (0,114 μSv/h). Svjetski prosjek prema Izvještaju Odbora za učinke zračenja Ujedinjenih naroda pokazuje da su te vrijednosti za većinu stanovništva 1 – 3 mSv/god. Za usporedbu, prosječna godišnja brzina doze za Zagreb iznosi oko 1,1 mSv/god (0,125 μSv/h).

Zakonodavna zaštita je veoma važna jer vrlo strogim zakonskim propisima i podzakonskim aktima uređuje cjelokupnu problematiku zaštite od ionizirajućih zračenja. Temeljni akti zakonodavne zaštite od ionizirajućih zračenja u Republici Hrvatskoj su *Zakon o zaštiti od zračenja* i *Pravilnik o zaštiti od zračenja*; doneseni 1999. godine, te *Pravilnik o uvjetima i mjerama zaštite od ionizirajućih zračenja za obavljanje djelatnosti s rendgenskim uređajima, akceleratorima i drugim uređajima koji proizvode ionizirajuća zračenja* („Narodne novine“, br. 125/06.), kao i *Pravilnik o uvjetima za primjenu izvora ionizirajućih zračenja u medicini i stomatologiji* („Narodne novine“, br. 125/06.). Sve navedeno je usklađeno s preporukom ICRP te zahtjevima Europske zajednice.

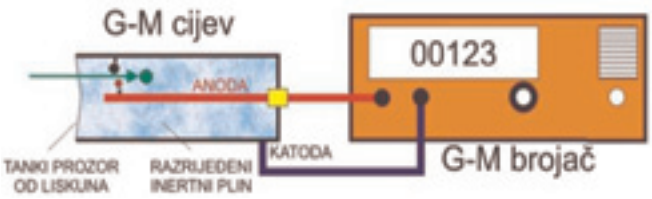
» *Pitanja za provjeru:*

1. Najmanja kratkoročno primljena ekvivalentna doza zračenja koja može izazvati vidljive neposredne posljedice iznosi:
   a) 100 m Sv b) 200 m Sv c) 300 m Sv d) 500 m Sv.
2. Koliko iznosi smrtonosna ekvivalentna doza za čovjeka kada je primi kratkoročno po cijelom tijelu?
   a) Oko 1 Sv b) Oko 2 Sv c) Oko 4 Sv d) Oko 10 Sv.

» *Izradite plakat s tablicama o izvorima radioaktivnog zračenja i godišnjim ekvivalentnim dozama iz tih izvora. Naglasite prirodne radionuklide koji najviše doprinose ozračivanju.*

12.7 Funkcioniranje detektora ionizirajućeg zračenja

Važan detektor ionizirajućeg zračenja je Geiger-Müllerov brojač. Geiger-Mullerov brojač služi za detekciju i brojanje ionizirajućeg zračenja, ali ne i za njihovu identifikaciju jer sve vrste ionizirajućeg zračenja (α, β, γ) dovode do električnog impulsa iste jačine. Brojač se sastoji od metalnog cilindra i od fine žice koja prolazi kroz njegovu os. Cilindar je stavljen u staklenu cijev (G-M cijev). Cilindar služi kao katoda, a žica kao anoda. Između njih se uspostavi napon od oko 1000 V. Električne silnice idu radijalno od žice do cilindra. Cijev je najprije dobro evakuirana, a zatim ispunjena plinom pod tlakom oko 20 kPa. Kada brza, električki nabijena čestica prodre u brojač, ona proizvede ione i slobodne elektrone koji se gomilaju oko električno nabijene žice, što je prikazano na slici 12.5. Dolazi do pražnjena i do ponovnog uspostavljanja prvotnog stanja, a brojač pokazuje broj i daje zvučni signal. Na taj način mogu se izravno brojiti α- i β-čestice te gama zrake koje emitiraju radioaktivne tvari, ali s različitom efikasnošću detekcije. G-M brojač najmanje je osjetljiv na gama zrake, registrira tek 1 od njih 1000.



Slika 12.5 Shema Geiger-Müllerovog brojača

Uređaj GAMMA-SCOUT primjer je Geiger-Müllerovog brojača koji koristi svojstva apsorpcije pojedinih vrsta zračenja kako bi ih razlikovao, a što se postiže stavljanjem sklopke (Slika 12.6), koja se nalazi na vrhu uređaja u jedan od položaja *{a + ß +y, ß + γ, γ)*,tj. stavljanjem različitih „štitova” unutar samog uređaja ispred G-M cijevi. Uređaj GAMMA-SCOUT je cijelo vrijeme uključen jer mu mala potrošnja baterije dopušta takav način rada.

Slika 12.6 Sklopka uređaja Gamma-Scout

12.8 Laboratorijske vježbe

Slika 12.7 Geiger-Müllerova cijev

Slika 12.8 G-M brojač, Phywe

Slika 12.9 G-M brojač, Polydigit

Slika 12.10 GAMMA SCOUT

RUKOVANJE GEIGER-MŰLLEROVIM BROJAČEM

Pisane upute za rukovanje Geiger-Müllerovim brojačem dobiju se kupovinom uređaja. Prije korištenja uređaja upute treba proučiti i sačuvati. Uređaji različitih proizvođača imaju svoje specifičnosti. G-M cijev se priključuje na uređaj na predviđenom mjestu. Uređaj je priključuje na napon gradske mreže.

Kod Phywe G-M brojača(Sl. 12.7 i Sl.12.8) na „MESZEIT“ namješta se vremenski interval za mjerenje. Uređaj se uključuje na „START/STOP“. Prije početka novog mjerenja pritisne se „RESET“.

Na G-M brojaču „Polydigit“ (sl. 12.9) za početak mjerenja pritišće se na EIN pa MESSEN. Kod GAMMA-SCOUT (sl. 12.10) za početak i završetak mjerenja pritišće se tipka .

Raspoloživim G-M brojačem izmjerite brzinu doze zračenja u učionici.

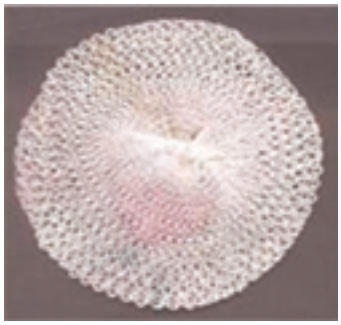
12.8.1 Vježba 1: UTVRĐIVANJE TIPA ZRAČENJA GEIGER-MŰLLEROVIM BROJAČEM

» **Pribor:** Geiger-Müllerov brojač, Geiger-Müllerova cijev tipa B (s kabelom), čelična ploča, držač sonde s magnetom, metalni nosač s magnetom, radioaktivni izvor kolumbit ili Auerova mrežica, Petrijeva posuda, jednokratne zaštitne rukavice, papir, olovna pločica debljine 1 mm.

Zadaci:

1. Odrediti pozadinsko zračenje u učionici (bez uzorka) pomoću G-M brojača.
2. Izvesti odgovarajuća mjerenja pomoću: G-M brojača, Auerove mrežice, papira i olovne pločice.
3. Provesti analizu dobivenih rezultata. Zaključiti koje vrste zračenja Auerova mrežica emitira i u kojem omjeru?

Napomena: Auerove mrežice koriste se za plinske lampe (lampe za kampiranje). Napravljene su od gaze koja je prožeta otopinom torij-nitrata (slika 12.11). Kada plin gori, torij-nitrat prelazi u toron-oksid koji pritom gori uz žarku svjetlost pa se tako intenzivnija svjetlost dobiva iz slabijeg plavog plamena plina.



Slika 12.11 Auerova mrežica

U torij-nitratu ima radioaktivnih izotopa torija (^{232}Th).

Auerova mrežica sadrži otprilike 0,4 g torija tako da nije potrebna registracija i službeno odobrenje mrežice za korištenje kao izvora zračenja, ali ovo ne podrazumijeva njegovo odlaganje poput ostalog otpada. Danas se nalaze druge zamjene za ovu radioaktivnu mrežicu.

» **Upute za izvođenje vježbe:**

Spojite aparaturu prema slici 12.12. Stavite GM cijev u držač i postavite ga na metalni nosač, koji će se držati zbog magneta na njegovom donjem kraju, na čeličnu ploču tako da je otvor cijevi okrenut prema dolje. Spojite G-M cijev na brojač pomoću kabela i pažljivo skinite zaštitnu silikonsku kapicu sa G-M cijevi.

Slika 12.12 Eksperimentalni postav za vježbu 1

Uključite brojač i postavite iznos vremenskog mjerenja od 60 sekundi. Mjerenje započinjete pritiskom tipke START-STOP na G-M uređaju. Nakon postavljenog mjerenja od 60 s brojač se sam zaustavlja. Trebate zapisati rezultat prikazan na displeju. Pritiskom tipke RESET postavljate uređaj na nulu radi novog mjerenja i započinjete novo mjerenje pritiskom tipke START-STOP. Tipkom kod zvučnika uključujete ili isključujete zvučni signal detekcije, što je dobro jer kod malog broja događaja čujete svaki pojedini događaj. Pritiskom tipke START-STOP prije postavljenog vremena mjerenja zaustavljate mjerenje.

» ***Pokus 1.***

Izvršite najprije 5 mjerenja bez uzorka kao biste odredili pozadinsko zračenje i izmjerene vrijednosti upišite u tablicu 1.1. Srednju vrijednost pozadinskog zračenja ćete oduzimati od ostalih vrijednosti jer želite isključiti pozadinsko zračenje iz analize.

» ***Pokus 2.***

Navucite jednokratne rukavice i stavite Auerovu mrežicu u Petrijevu zdjelicu ispod G-M cijevi i približite vrh G-M cijevi

na udaljenost oko 2 cm od mrežice. Izaberite vrijeme mjerenja od 60 s te izvršite 5 mjerenja, a podatke o broju detektiranih čestica unesite u tablicu 1.2.

» ***Pokus 3. i 4.***

Pokus ponovite tako da najprije mrežicu poklopite listom papira, a potom u drugom dijelu vježbe olovnom pločicom debljine 1 mm. Prilikom stavljanja pločice pazite da ne dodirnete G-M cijev. Podatke upišite u tablicu 1.2.

Nakon izvedenih pokusa pažljivo vratite zaštitnu kapicu na cijev brojača ne dodirujući otvor cijevi jer bi se tako uređaj mogao trajno oštetiti. Spremite mrežicu, bacite rukavice i operite ruke. Isključite uređaj iz gradske mreže.

Tablica 1.1.

mjerenje	K_{0-1}	K_{0-2}	K_{0-3}	K_{0-4}	K_{0-5}	$K_{0.sr}$
jedinica	impulsa/60 s					
pozadinsko zračenje K_0						

Tablica 1.2.

mjerenje	K_1	K_2	K_3	K_4	K_5	K_{sr}
jedinica	impulsa/60 s					
Auerova mrežica						
Auerova mrežica i papir						
Auerova mrežica i olovo						

Od izmjerenog broja događaja u sva tri slučaja (Aureova mrežica, Aureova mrežica + papir, Aureova mrežica + olovna pločica), oduzmite događaje koje se odnose na pozadinsko zračenje i vrijednosti unesite u tablicu 1.3. (stupac $K_{i,sr} — K_{0,sr}$).

Izračunajte omjere dobivenih rezultata K_{sr}-$K_{0,sr}$ i zaključite koje vrste zračenja emitira Auerova mrežica te u kojem postotku ?

Tablica 1.3.

mjerenje	$K_{i,sr} — K_{0,sr}$
jedinica	impulsa/60 s
Auerova mrežica	
Auerova mrežica i papir	
Auerova mrežica i olovo	

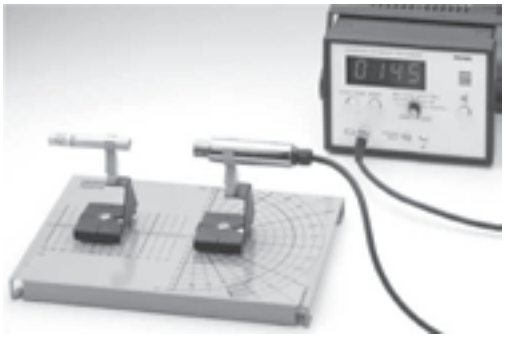
Napiši izvješće o ispitivanju tipa zračenja iz Auerove mrežice pomoću Geiger-Müllerovog brojača.

12.8.2 Vježba 2: ISPITIVANJE PROMJENE INTENZITETA BETA ZRAČENJA S UDALJENOŠĆU OD IZVORA ZRAČENJA

» **Pribor:** Geiger-Müllerov brojač, Geiger-Müllerova sonda tipa B (s kabelom), čelična ploča, držač sonde s magnetom, držač izvora s magnetom, radioaktivni izvor Co- 60 (aktivnosti 74 kBq).

Zadaci:

1. Odrediti pozadinsko zračenje u učionici (bez uzorka) pomoću G-M brojača.



Slika 12.13 Eksperimentalni postav za vježbu 2

2. Izvesti 10 mjerenja intenziteta zračenja u ovisnosti o udaljenosti od izvora zračenja.
3. Grafički prikazati ovisnost (r, K - K_0,) i (r^{-2}, K - K_0).
4. Iz nacrtanih grafova zaključiti kako se mijenja intenzitet zračenja s udaljenošću od izvora zračenja.

» **Upute za izvođenje vježbe:**

Spojite aparaturu prema slici 12.13. Stavite GM cijev u držač i postavite ga na čeličnu ploču za koju će se držati zbog magneta na njegovom donjem kraju, tako da je otvor cijevi usmjeren prema povećanju udaljenosti naznačenoj na ploči. Spojite GM cijev na brojač pomoću kabela i pažljivo skinite zaštitnu silikonsku kapicu s G-M cijevi. Uključite brojač i postavite iznos vremenskog mjerenja od 60 sekundi. Postavite izvor zračenja na držač izvora tako da je usmjeren prema G-M cijevi.

Mjerenje započinjete pritiskom tipke START-STOP na G-M uređaju. Nakon postavljenog mjerenja na 60 s, brojač se sam zaustavlja. Trebate zapisati rezultat prikazan na displeju. Pritiskom tipke RESET postavljate uređaj na nulu radi novog mjerenja i započinjete novo mjerenje pritiskom tipke START-STOP. Tipkom kod zvučnika uključujete ili isključujete zvučni signal detekcije. Pritiskom tipke START-STOP prije postavljenog vremena mjerenja zaustavljate mjerenje.

» ***Pokus 1.***

Izvršite najprije 5 mjerenja bez uzorka kao biste odredili pozadinsko zračenje i izmjerene vrijednosti upišite u tablicu 2.1. Srednju vrijednost pozadinskog zračenja ćete oduzimati od ostalih vrijednosti jer želite isključiti pozadinsko zračenje iz analize.

» ***Pokus 2.***

Radioaktivni izvor Co-60 drži se u zaštitnom metalnom omotaču. Potrebno ga je izvaditi i postaviti u držač na čeličnu ploču te poravnati s linijom na čeličnoj ploči koja ima upisane udaljenosti od G-M cijevi, najprije na 2 cm pa svakim novim mjerenjem povećavati njihovu međusobnu udaljenost pomicanjem radioaktivnog izvora. Postavke uređaja pritom ostaju iste. Prilikom izvođenja mjerenja dobro je držati se dalje od izvora zračenja i ne ulaziti dijelovima tijela u snop zračenja. Izmjerene vrijednosti upišite u tablicu 2.2. Za svaku udaljenost izvršite 3 mjerenja i izračunajte njihovu srednju vrijednost.

Tablica 2.1.

mjerenje	K_{0-1}	K_{0-2}	K_{0-3}	K_{0-4}	K_{0-5}	$K_{0,sr}$
jedinica	impulsa/60 s					
pozadinsko zračenje K_0						

Tablica 2.2.

mjerenje	r	K_1	K_2	K_3	K_{sr}	K_{sr} - $K_{0,sr}$
jedinica	cm	impulsa/60 s				
1.						
2.						
3.						
4.						
5.						
6.						
7.						
8.						
9.						
10.						

Grafički prikažite ovisnost (r, K_{sr}-$K_{0,sr}$) i (r^{-2}, K_{sr}-$K_{0,sr}$) na mm-papiru te iz nje zaključite kakva je ovisnost intenziteta beta zračenja o udaljenosti? Vrijedi li taj zakon i za druge vrste ionizirajućeg zračenja? Poznajete li neki drugi prirodni zakon koji ima sličnu ovisnost o udaljenosti?

Napiši izvješće o ispitivanju promjene intenziteta beta zračenja s udaljenošću od radioaktivnog izvora.

12.8.3 Vježba 3.: ISTRAŽIVANJE RADIOAKTIVNIH SVOJSTAVA PREDMETA IZ OKOLIŠA

» **Pribor:** Geiger-Müllerov brojač GAMMA-SCOUT, Petrijeve zdjelice, žlica, različiti predmeti (minerali, kamenje, soli i kolumbit), jednokratne rukavice, stalak, mufa, hvataljka.

Zadaci:

1. Odrediti pozadinsko zračenje u učionici (bez uzorka).
2. Ispitajte radioaktivna svojstava raznih predmeta (minerala, kamenja i soli).

Minerali

Mineral je produkt prirodnih procesa koji se odlikuje određenim, no ne nužno i fiksnim kemijskim sastavom, stabilnošću u određenim fizikalnim uvjetima te pravilnom unutrašnjom strukturom. Minerali su osnovna komponenta od koje su izgrađene stijene čvrste Zemljine kore. Dijele se na: kristalizirane, amorfne i metamiktne minerale.

Kolumbit je mineral, često zvan i niobit, niobit-tantalit [(Fe, Mn)Nb_2O_6], crne je boje, metalnog sjaja. Ruda je niobija. Može biti bogat željezom ili manganom, a u njemu se ponekad nalazi i malo cinka i volframa. Itrokolumbit je kolumbit bogat itrijem (Y,U,Fe)(Nb,Ta)O_4 te je radioaktivni mineral.

Soli

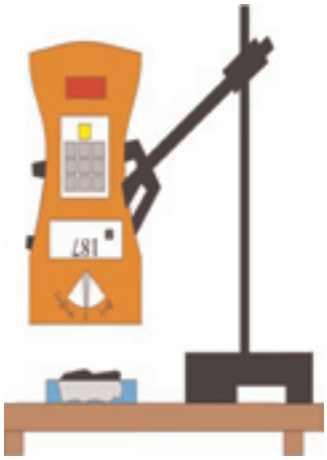
Soli su kemijski spojevi kristalne građe s ionskom vezom. Građeni su od kationa (metalnih atoma) i kiselinskog ostatka. Otopina soli u vodi je elektrolit, tj. provodi električnu struju. Nazivi se izvode prema imenu kiseline od koje je baza nastala (npr. natrijev klorid - NaCl - od kloridne kiseline).

Kalijev klorid, (KCl), najvažnija kalijeva sol, bjelkasto je bezbojan kristal izuzetno slana okusa. U prirodi se nalazi kao mineral silvin ili kao sastojak karnalita. Lako je topljiv u vodi, a slabo u acetonu i alkoholu. Nije zapaljiv i blago je toksičan. Koristi se kao umjetno gnojivo, u proizvodnji fotografskih kemikalija, spektroskopiji, farmaciji te za dobivanje ostalih kalijevih spojeva.

Bakrov(II) sulfat, ($CuSO_4$), bakrova sol sumporne kiseline u kojoj je bakar dvovaletan. Čisti bakrov(II) sulfat je bijele boje, no kako navlači vlagu iz zraka, brzo prelazi u bakrov(II) sulfat pentahidrat koji je lijepe plave boje. Kemijska formula bakrova(II) sulfata pentahidrata je $CuSO_4 \cdot 5H_2O$, a poznat je pod uobičajenim imenima modra galica ili plavi kamen. Ako se proguta, modra galica je prilično otrovna. Upotrebljava se u vinogradarstvu u smjesi s vapnom kao sredstvo protiv bolesti vinove loze.

Kalcij klorid, ($CaCl_2$), sol kalcija i klorida. Na sobnoj temperaturi nalazi se u krutom stanju. Možemo ga dobiti izravno iz vapnenca. Bezbojan je i higroskopan kristal koji nastaje u velikim količinama kao sporedni proizvod kod dobivanja sode po Solvayevljevu postupku. U prirodi se pojavljuje u mineralu tahidritu, a u malim količinama ima ga u moru i mineralnim vodama. Upotrebljava se za sušenje plinova i organskih proizvoda te kao katalizator i vezivo praškastih tvari. Također se nalazi kao elektrolit u sportskim pićima, te se koristi i u medicini.

Natrij klorid, (NaCl), natrijeva sol klorovodične kiseline (kuhinjska sol). Dolazi u obliku prozirnih kristala dobro topljivih u vodi. U prirodi je vrlo rasprostranjen, a njegov najvažniji



Slika 12.14 *Eksperimentalni postav za vježbu 3*

izvor je morska voda. U Zemljinoj kori nalazi se u naslagama kao kamena sol, halit. Osim primjene u prehrani, natrijev klorid važan je za proizvodnju mnogih natrijevih i klorovih spojeva, primjenjuje se u kožarstvu za dobivanje hladnih smjesa, u medicini (fiziološka otopina), itd.

» **Upute za izvođenje vježbe:**

- Uređaj GAMMA-SCOUT je cijelo vrijeme uključen jer mu mala potrošnja baterije dopušta takav način rada.
- Najprije je potrebno pripremiti uređaj za rad:
- Na vrhu uređaja prebaciti sklopku na detektiranje svih vrsta ionizirajućeg zračenja, tj. na $(\alpha+\beta+\gamma)$.

  Stisnuti tipku kako bismo izabrali način rada uređaja za detekciju broja događaja.

  Pritisnuti tipku dvaput kako bi izabirali minutno vrijeme detekcije uređaja.

  Pritiskom tipke jedanput odabiremo 1 min.

  Pritiskom započinjemo mjerenje koje ne treba prekidati.

  Ukoliko prekinete mjerenje prije isteka 1 minute trebate ponovo namjestiti odgovarajuće vrijeme mjerenja (znak na displeju treperi dok mjerenje traje, a kada mjerenje završi znak je upaljen cijelo vrijeme).

- Spojite aparaturu prema slici 12.14. Stavite uređaj GAMMA-SCOUT na stalak pomoću mufe i hvataljke tako da je otvor G-M cijevi (vrh uređaja) prema dolje.

» ***Pokus 1.***

Provedite 5 mjerenja za pozadinsko zračenje tako da stisnete tipku i čekate 1 minutu (ako ste postavili mjerenje na 1 minutu). Potom ponovite mjerenje, a podatke upišite u tablicu 3.1.

» ***Pokus 2.***

Pri izvođenju pokusa koristite jednokratne rukavice, a nakon pokusa obavezno operite ruke. Predmet koji želite analizirati stavite u Petrijevu zdjelicu, uređaj pomoću mufe namjestite na oko 2 cm iznad predmeta (pazite da ne dotaknete vrhom uređaja predmet jer biste mogli probušiti G-M cijev). Stisnite tipku i čekate 1 minutu (ako ste postavili mjerenje na 1 minutu). Mjerenje ponovite 3 puta i izračunajte srednju vrijednost. Potom ponovite mjerenje za razne predmete, minerale, kamenje i soli koje imate pripremljene, a podatke upišete u tablicu 3.2. Svaki put kad mijenjate uzorak podignite G-M brojač, stavite novi uzorak i ponovo ga spustite na visinu 2 cm od uzorka. Nakon svih mjerenja rastavite aparaturu i prebacite u položaj γ na vrhu uređaja.

Kod ove vježbe možete od kuće donijeti bilo koji uzorak za koji vas zanima je li možda radioaktivan.

Tablica 3.1.

mjerenje	K_{0-1}	K_{0-2}	K_{0-3}	K_{0-4}	K_{0-5}	$K_{0,sr}$
jedinica	impulsa/60 s					
pozadinsko zračenje K_0						

Tablica 3.2.

mjerenje/uzorak	K_1	K_2	K_3	K_{sr}	K_{sr} - $K_{0,sr}$
jedinica	impulsa/60 s				
KCl					
$CuSO_4$					
NaCl					
kolumbit					

Koji su uzorci pokazali značajno veći broj impulsa od pozadinskog zračenja? Koliko iznosi pogreška mjerenja za pojedine uzorke?

Ukoliko se upali upozorenje - nivo uzbune (titranje znaka ! na displeju i zvučni signal) tijekom mjerenja sačekajte da se mjerenje završi, a potom stisnite dvaput tipku s oznakom radioaktivnosti na uređaju kako biste ju isključili (tipka).

Nemojte zaboraviti:

- Mjerenje vršite samo za dio ukupne radioaktivnosti nekog uzorka s njegove površine jer se zračenje iz unutrašnjosti apsorbira u samom uzorku.
- Osjetljivost G-M brojača najmanje je za y zračenje, pa treba biti dosta oprezan kod analize rezultata.
- G-M brojač ne može odrediti koji ste radionuklid mjerili, već samo detektira ionizirajuće zračenje.

Napomena: Po završetku mjerenja ući u podatkovni kod i izabrati najdulji vremenski interval od 7 dana (Pr.7d). Ući u podatkovni kod pritiskom na tipku –. Pritiskujući tipke izabrati interval vremena od 7 dana (Pr.7d). Potvrditi svoj odabir pritiskom na tipku enter ( ). Uređaj se nigdje ne isključuje!

Napiši izvješće o ispitivanju radioaktivnih svojstava predmeta iz okoliša.

12.8.4 Vježba 4.: MJERENJE UKUPNE AMBIJENTALNE BRZINE DOZE ZRAČENJA NA ODABRANOJ LOKACIJI

» **Pribor:** Geiger-Müllerov brojač GAMMA-SCOUT, tronožac visine veće od 1 m, metarska skala, štoperica.

Zadaci:

1. Izmjeriti ukupnu ambijentalnu brzinu doze (od prirodnih i umjetnih izvora gama zračenja) na 1 m visine na interesantnoj lokaciji u otvorenoj atmosferi.
2. Izračunati ukupnu ambijentalnu dozu te godišnji gama dozni ekvivalent za stanovnike na mjerenom području.

Slika 12.15 Gamma-Scout na tronošcu i na visini 100 cm iznad tla

» **Upute za izvođenje mjerenja**

Namjestite GAMMA-SCOUT s otvorom dijafragme (gornji sivi prekidač) u položaj u kojem mjeri samo gama zračenje označeno s y. Uređaj daje mogućnost postavljanja vremenskog intervala detekcije i pohrane mjerenja. Tako je moguće podesiti uređaj da bilježi mjerenje svakih 10 sekundi pa sve do 1 mjerenja tjedno. Sljedećim postupkom podesite uređaj na mjerenje u vremenskom intervalu od 10 minuta (Pr. 10 min):

- Pritisnite tipku i ući ćete u podatkovni mod. Na displeju ćete vidjeti isti takav simbol za podatke gdje će se istovremeno pojaviti i stupac koji pokazuje koliko je memorije trenutno popunjeno. Svaki pravokutnik u stupcu označava 1 000 zapisa.
- Pritiskajući tipke ili krećete se po izborniku u kojem možete odabirati vremenske intervale mjerenja - periode od 10 sekundi (Pr. 10s) sve do jednog mjerenja tjedno - period od 7 dana (Pr. 7d).
- Pritiskom na tipku enter (simbol) potvrđujete svoj odabir.

Kada ste podesili GAMMA-SCOUT uređaj u vremenski period mjerenja od 10 minuta pričvrstite ga na tronožac na visinu 1 m od tla, koju ćete odrediti metarskom skalom (slika 12.15). Uređaj će mjeriti brzinu gama doze kroz 10 minuta čiju ćete srednju vrijednost očitati pritiskajući žutu tipku sa znakom radioaktivnosti. Pri tome će se na displeju pokazati oznaka izmjerene srednje vrijednosti brzine doze: H_{sr} pored koje će se nalaziti i brojčana vrijednost izražena u μSv/h. Prvu očitanu vrijednost zabilježite u Tablicu 4.1.

Štopericom možete kontrolirati vremenski period mjerenja (ako ju nemate, može poslužiti i aplikacija na mobitelu ili smartphoneu).

Tablica 4.1.

Redni broj mjerenja	Brzina doze H_{sr} (μSv/h)
1.	
2.	
3.	
Srednja vrijednost tri mjerenja	

Iz vrijednosti brzine doze, računom možete odrediti ambijentalni dozni ekvivalent i godišnji ambijentalni dozni ekvivalent na sljedeći način:

ako je izmjerena srednja brzina doze iznosila primjerice 0,100 μSv/h u mjerenom periodu od 10 minuta = 0,167 h (ili nekom drugom odabranom periodu izraženom u satima), ambijentalni dozni ekvivalent uslijed gama zračenja tada iznosi

$$H\ [\mu Sv] = H_{sr}\ [\mu Sv/h] \cdot t[h] = 0{,}100\ \mu Sv / h \cdot 0{,}167 h = 0{,}017\ \mu Sv$$

Pri istim uvjetima mjerenja, godišnja bi ambijentalna doza od gama izvora iznosila (za vremenski interval uzima se godina dana, izražena u satima 8760 h):

$$H[\mu Sv] = H_{sr}\ [\mu Sv/h] \cdot t[h] = 0{,}100\ \mu Sv / h \cdot 8{,}76 \cdot 10^3\ h = 876\ \mu Sv = 0{,}87\ mSv / godišnje$$

Mjerenja su pokazala da su svjetske vrijednosti za godišnji gama ambijentalni dozni ekvivalent od prirodnih i umjetnih izvora zračenja, izmjeren vani na 1 m visine od tla, u rasponu od 1 - 3 mSv/godišnje.

Izvođenjem niza mjerenja konzistentno (uvijek na isti način) možete detektirati pojedine mikrolokacije s većom brzinom doze. Određenim računalnim programima možete izraditi i mape zračenja svoga grada ili županije, koje će područja s većom brzinom doze i vizualno pokazati.

Napiši izvješće o mjerenju brzine doze zračenja na odabranim lokacijama.

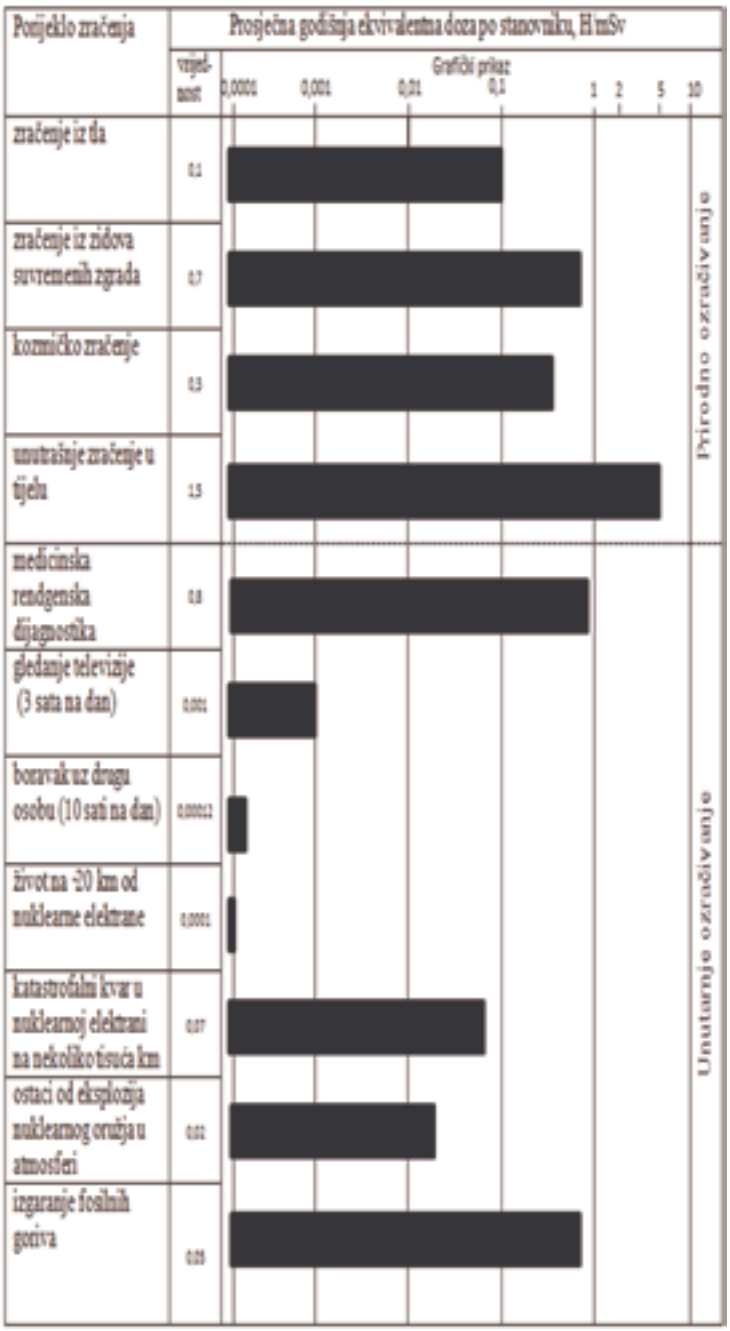
12.9 Preporuke za daljnje čitanje i istraživanje

- Jakobović, Zvonimir (1991.), Ionizirajuće zračenje i čovjek, Zagreb, Školska knjiga.

Puno toga ima na internetu . Evo nekih linkova:

- Državni zavod za radiološku i nuklearnu sigurnost - http://www.dzns.hr/
- Nuklearna elektrana Krško - http://www.nek.si/hr/
- Hrvatsko društvo za zaštitu od zračenja - http://www.hdzz.hr/index_hrv.html
- EKOTEH dozimetrija d.o.o za zaštitu od zračenja, Zagreb - http://www.ekoteh.hr/zastita/ispitivanje-ionizirajuceg-zracenja/
- Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada - http://mimi.imi.hr/index.php?lan=HR

12.10 Prilog 1. Procjena prosječne ozračenosti čovjeka danas



Porijeklo	Godišnja ekvivalentna doza H mSv	Udjel u ukupnom ozračivanju %
prirodno ozračivanje (radovno)		
zračenje iz tla (20% boravka vani)		
zračenje iz zidova (80% boravka u zgradama)	0,18	5
kozmičko zračenje	0,525	15
zračenje iz tijela	0,3	8,5
(uključujući radon unesen disanjem)	1,5	43
	2,5	71,5
umjetno ozračivanje (prosječno stanovništvo)		
lakša rendgenografska pretraga	0,8	22,8
stalan boravak 20 km od nuklearne elektrane	0,0001	
veći kvar u toj nuklearnoj elektrani	0,001	
zaostalo zračenje od nuklearnih eksplozija	0,02 -0,08	
izgaranje fosilnih goriva	0,05	2,2
ostali slabi izvori (televizor, svjetleće boje ind.)	0,007	
drugi ljudi	0,0001	
dulji let avionom na 10 km	0,1	3,5
tjedan dana u visokim planinama	0,02	
	1	28,5
Ukupno	3,5	

Prosječne godišnje ekvivalentne doze zračenja po stanovniku u industrijski razvijenoj zemlji (upotrijebljena logaritamska ljestvica)

Tablice su preuzete iz: Jakobović, Zvonimir (1991.), Ionizirajuće zračenje i čovjek, Zagreb, Školska knjiga.

12.11 Prilog 2. Neke fizikalne veličine i mjerne jedinice ionizirajućeg zračenja

Veličina			Jedinica		
Naziv	Znak	Definicija	Naziv	Znak	Veza s drugim jedinicama
aktivnost	A	$A = \frac{\Delta N}{\Delta t}$	bekerel	Bq	s^{-1}
specifična aktivnost	α	$\alpha = \frac{\Delta A}{\Delta m}$	bekerel po kilogramu	Bq/kg	
koncentracijska aktivnost	c	$c = \frac{\Delta A}{\Delta V}$	bekerel po kubnom metru	Bq/m^3	
čestični tok	Φ	$\Phi = \frac{\Delta N}{\Delta S}$	po četvornom metru	m^{-2}	
brzina (gustoća) čestičnog toka	φ	$\varphi = \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$	po četvornom metru i po sekundi	$m^{-2}s^{-1}$	
energijski tok	Ψ	$\Psi = \frac{\Delta E}{\Delta S}$	džul po četvornom metru	J/m^2	
brzina (gustoća) energijskog toka	ψ	$\psi = \frac{\Delta \Psi}{\Delta S}$	vat po četvornom metru	W/m^2	
predana energija	E_D	$E_D=E_u-E_i-\Delta m \cdot c^2$	džul	J	
apsorbirana doza	D	$D = \frac{\Delta E_D}{\Delta m}$	grej	Gy	J/kg
brzina apsorbirane doze	$\dot{D}$	$\dot{D} = \frac{\Delta D}{\Delta t}$	grej u sekundi	Gy/s	
ekvivalentna doza	H	$H = Q \cdot D$	sivert	Sv	J/kg
brzina ekvivalentne doze	$\dot{H}$	$\dot{H} = \frac{\Delta H}{\Delta t}$	sivert u sekundi	Sv/s	
kerma	K	$K = \frac{\Delta E_k}{\Delta m}$	grej	Gy	J/kg
brzina kerme	$\dot{K}$	$\dot{K} = \frac{\Delta K}{\Delta t}$	grej u sekundi	Gy/s	
ekspozicija	X	$X = \frac{\Delta Q}{\Delta t}$	kulon po kilogramu	C/kg	
brzina ekspozicije	$\dot{X}$	$\dot{X} = \frac{\Delta X}{\Delta t}$	amper po kilogramu	A/kg	C/(kg·s)

Tablica je preuzeta iz: Jakobović, Zvonimir (1991.), Ionizirajuće zračenje i čovjek, Zagreb, Školska knjiga.

13. SVJETLOSNO ONEČIŠĆENJE

Dragutin Kovačević, Željko Andreić

13.1 Uvod

Međunarodna udruga za tamno nebo (International Dark Sky Association - IDA) definira svjetlosno onečišćenje (engl. „light pollution") kao „svaki štetni efekt umjetnoga svjetla, uključujući povećanje svjetline noćnoga neba, zasljepljivanje, osvjetljivanje izvan područja koja je potrebno osvijetliti, prekomjerno osvjetljavanje, smanjenu vidljivost noću i rasipanje svjetlosne energije". Ponekad se koristi i termin „rasipanje svjetla" (engl. „light spill"). Zakon o zaštiti okoliša definira svjetlosno onečišćenje na sljedeći način: „Svjetlosno onečišćenje je promjena razine prirodne svjetlosti u noćnim uvjetima uzrokovana unošenjem svjetlosti proizvedene ljudskim djelovanjem".

Svjetlosno onečišćenje uzrokuju vanjska rasvjetna tijela koja, često zbog toga jer su nepravilno postavljena, svjetlost bacaju prema nebu ili u stranu. Sve što isijava svjetlost u stranu umjesto prema tlu zagađuje nebo i okolinu viškom svjetlosti.

Svjetlosno onečišćenje svjetski je problem koji utječe na gotovo cijelu ljudsku populaciju. Za razliku od onečišćenja vode ili zraka, svjetlosno onečišćenje nepoznanica je većini ljudi. Na prvi pogled beznačajan problem izaziva mnoge neželjene efekte od nepotrebnog rasipanja energije do štetnog utjecaja na životinje i ugrožavanja sigurnosti u prometu. Glavna značajka zagađenja svjetlom jest povećanje svjetline neba za vrijeme noći uzrokovano umjetnom rasvjetom. Ukratko, noći su svjetlije što za sobom povlači mnoge posljedice za čovjeka i njegov okoliš.

Puno sadržaja o problematici svjetlosnog onečišćenja možete pronaći na internetskim stranicama prof. dr. sc. Željka Andreića: http://rgn.hr/~zandreic/studenti/lp/lp_index.html . Tu ćete naći poveznice do literature, prezentacija za predavanja, dodatnog materijala, zakona, propisa i uredbi o mjerenju i modeliranju svjetlosnog onečišćenja, institucija koje se bave problematikom svjetlosnog onečišćenja i slično.

13.2 Posljedice povećane svjetline neba[1]

Potražite na internetu i literaturi posljedice povećane svjetline neba. Posljedice kategorizirajte po kategorijama: 1. Biološka problematika 2. Medicinska problematika 3. Prometna problematika 4. Astronomska problematika i 5. Problematika javne sigurnosti.

Astronomi amateri zbog sve veće svjetline neba, pogotovo u gradovima, sve teže nalaze pogodan prostor za uspješno promatranje neba. Mnoge životinje, kao što su ptice selice ili morske kornjače orijentiraju se pomoću zvijezda ili Mjeseca. Loše riješena rasvjeta smeta i u prometu. Dio svjetlosti zasljepljuje vozače direktno, a odbljesci s mokre ceste i indirektno. Uz sve te probleme, rasvjetna tijela koja svjetlost nepotrebno isijavaju u okolinu time rasipaju energiju. To dovodi do apsurda da vlasnici takvih tijela u stvari troše novac da bi onečistili vlastiti okoliš.

13.2.1 Biološka problematika

Nestankom noći, preduvjet za opstanak noćnih životinja nestaje, njihova se životna sredina mijenja, one se ne uspijevaju prilagoditi i nestaju. Zahvaljujući svjetlosnom zagađenju,

Slika 13.1 *Noćna slika Zemlje iz svemira*

[1] *Korišten je rad Branimira Brozića koji je na: http://web.zpr.fer.hr/ergonomija/2004/brozic/index.html*

Slika 13.2 Ptice selice stradale u jednoj noći zbog dezorijentacije uslijed svjetlosnog onečišćenja

došlo je i do poremećaja u prirodnom ciklusu dana i noći. Poremećen je jedan od temeljnih faktora života u prirodi (ciklus rada/hranjenja i odmora/spavanja), pa tako, npr. neke noćne životinje više nemaju dovoljno vremena za hranjenje, drugima pak odmor ne traje dovoljno dugo, treći su dezorijentirani u prostoru i vremenu. Slične se stvari događaju i biljkama. Noći su nestale, dan je postao neizdrživo predugačak.

Rezultat toga je umiranje životinjskih i biljnih populacija, sve do potpunog nestanka. Ptice se ne gnijezde u osvijetljenim područjima, selice gube orijentaciju bez zvjezdanog neba. Jarka svjetla ih zaslepljuju te se mnoge sudaraju s raznim građevinama. Godišnje više ptica strada zbog svjetlosnog zagađenja, nego zbog ostalih ekoloških katastrofa. Zbog hormonskih poremećaja gnijezde se prerano ili u jesen. Nekim pticama nestanak noći godi, pa imamo eksplozije broja vrabaca, čvoraka, vrana, galebova. Mlade morske kornjače pravac mora nalaze prema odbljesku Mjeseca s površine mora. Ako se u blizini nalazi javna rasvjeta, kreću prema njoj i završavaju pod kotačima ili kao plijen grabežljivaca. Kako je reprodukcijski ciklus nekih riba vezan uz obalu i utjecaj Mjeseca, „umjetnom mjesečinom" koju stvaramo osvjetljavanjem plićaka, smanjujemo ribi broj mrjestilišta, a ribarima se oduzima mogućnost opstanka. Svjetlo privlači kukce, tako da mnogi stradavaju u blizini rasvjetnih tijela, što dovodi do pražnjenja susjednih eko sustava. Istraživanja pokazuju da umjetna rasvjeta utječe i na ljude - dolazi do poremećaja sna, životnog ritma te hormonalnih poremećaja koji mogu uzrokovati razna oboljenja.

13.2.2 Prometna problematika

Loše riješena rasvjeta smeta i u prometu. Iako u našem „Zakonu o sigurnosti prometa" već petnaest godina stoji da rasvjeta uz prometnice mora biti zasjenjena (eng. „cut off"), stvarnost je drugačija. Svjetlost se nepotrebno rasipa u nebo. Dio svjetlosti zaslepljuje vozače direktno, a odbljesci s mokre ceste i indirektno. Nagli prijelazi sa osvijetljenog u neosvijetljeno područje rezultiraju privremenim oslabljenim vidom

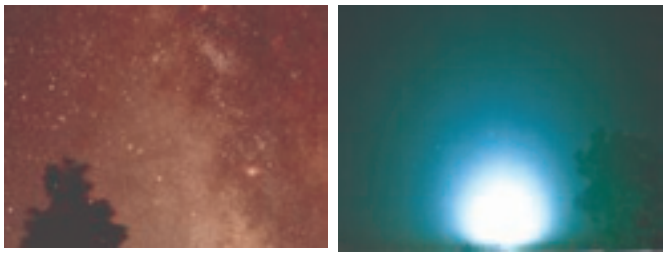
Slika 13.3 Primjer blještave i zaslepljujuće ulične rasvjete

što može dovesti do nesreće. Veliko blještavilo također izaziva umor kod vozača, što isto može uzrokovati nesreću.

13.2.3 Astronomska problematika

Astronomi zbog velike svjetline neba više ne mogu vršiti promatranja i istraživanja. U potrazi za mjestom s dobrim uvjetima za promatranje neba napuštaju gradove. Zvjezdarnice rade u sve težim uvjetima. Nekada je bilo dovoljno napraviti zvjezdarnicu daleko od grada. Danas to više nije dovoljno. Gradska svjetla vide se iz velikih udaljenosti i uništavaju noćno nebo. Svi mogu vidjeti efekt zvan „skyglow" - oblaci iznad vas svijetle bijelom ili narančastom bojom. Osvijetljeni oblaci i sami postaju izvori svjetla. Svjetlost se odbija od malih čestica na nebu, čak i kada nema oblaka. Zbog toga se zvjezdarnice moraju graditi u udaljenim pustinjama ili na vrhovima planina.

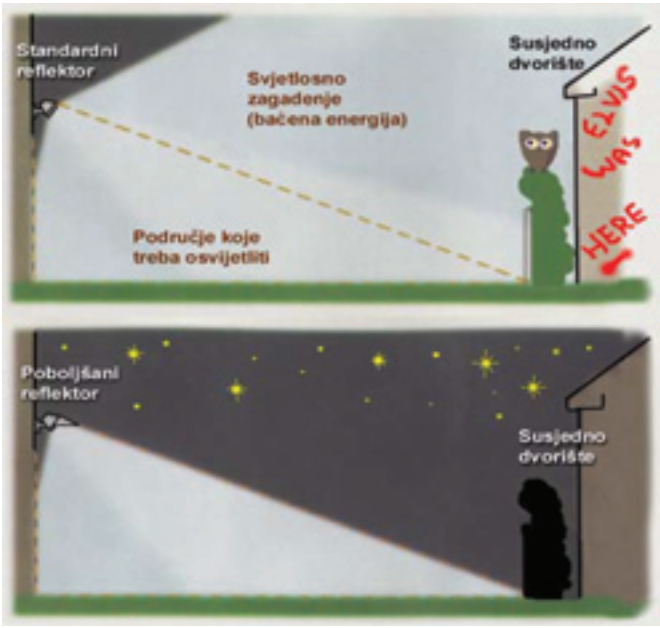
Samo jedno neekološko svjetlo u blizini onemogućuje astronomska promatranja. To znači da se može vidjeti manje zvijezda, galaksija i maglica. U uvjetima svjetlosnog zagađenja mogu se vidjeti samo najsjajniji objekti, čak i uz pomoć teleskopa.



Slika 13.4 Zviježđe Strijelca kakvo se može vidjeti: a) po tamnoj noći (lijevo) b) uz prisutnost svjetlosnog onečišćenja (desno)

13.2.4 Problematika javne sigurnosti

Umjetna svjetla posvuda osvjetljuju ulice, zgrade, dvorišta i parkirališta stvarajući od noći dan. Moglo bi se pomisliti da su naši gradovi i kuće vrlo sigurni jer su dobro osvijetljeni. Međutim, blještava svjetla mogu dati lažan osjećaj sigurnosti. Statistike pokazuju da loše podešeno (prejako) osvjetljenje po-



Slika 13.5 Loše i dobro postavljeno osvjetljenje

većava kriminal, a ne smanjuje kako mnogi misle. Kao prvo, gledajući iz daljine trebalo bi se vidjeti samo osvijetljeno područje, a ne i sama žarulja koja osvjetljava (i zasljepljuje).

Dobro postavljenim svjetlom vide se obasjani objekti, a ne bljesak žarulje. Bez bljeska oko se bolje privikne na mrak tako da se jednako kvalitetno osvjetljenje može postići slabijom žaruljom. Konkretno, nezasjenjena rasvjeta stvara veliki kontrast - prejako osvijetli jedno područje i pritom stvara tamne sjene drugdje u kojima se nepozvana osoba lako može sakriti.

13.3 Nesavršenost rasvjetnih tijela ulične rasvjete

Snimite fotoaparatom ili mobitelom sliku rasvjetnog tijela u svom naselju. Sliku pošaljite putem privitka e-poštom svom nastavniku. Uz sliku napišite točno mjesto gdje ste ju snimili. Smatrate li da je takvo rasvjetno tijelo ekološko ?

Potpuno zasjenjeno („Full Cutoff") rasvjetno tijelo - jest ono rasvjetno tijelo koje ne emitira svjetlost iznad horizontalne ravnine.

Ovo je primjer dobro postavljenog potpuno zasjenjenog rasvjetnog tijela. Ravno staklo eliminira ili minimalizira blještavilo i emisiju svjetlosti iznad horizontale.

Loši primjeri:

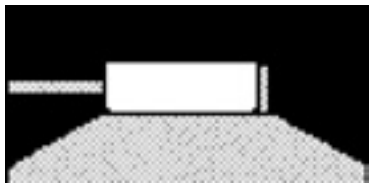
I rasvjetno tijelo koje je u prethodnom primjeru pokazano kao dobro, može postati loše ukoliko je loše postavljeno tako da emitira svjetlost iznad horizontale.

Rasvjetna tijela s izbočenim staklom ili lampom (žaruljom), kako god da se postave svijetle iznad horizontale.

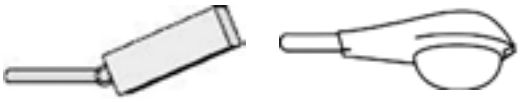
» ***EKONOMSKI IZRAČUN: KOLIKO NOVCA SE BESPOTREBNO TROŠI?***

Izračunajmo koliko godišnje bespotrebno potrošimo koristeći samo dvije neekološke živine žarulje snage 250 W.

- 2 x 250W = 500W
- Dnevna potrošnja energije (11sati rada): 11 h x 500 W = 5500 Wh (5,5 kW/h)
- Godišnja potrošnja energije (365 dana): 365 x 5,5 kW/h = 2007,5 kW/h



a)



b)

Slika 13.6 *Primjeri a) dobro i b) loše postavljene rasvjete*

- Godišnja cijena potrošene energije: 2007,5 kW/h x 0,671 kn = 1347,03 kn
- Stupanj korisnog iskorištenja energije 10%. Na godišnjoj razini korisno iskorišteno je 134,70 kn, a neiskorišteno je 1212,33 kn!

Od prikupljenih slika rasvjetnih tijela u vašim naseljima izradite skupni poster s klasificiranjem rasvjetnih tijela na dobra, prosječna i loša.

Neekološka rasvjeta

Ekološka rasvjeta

Slika 13.7 *Drugi primjeri dobro i loše postavljene rasvjete*

13.4 Procjenjivanje i mjerenje svjetline noćnog neba

13.4.1 Pripremanje opažačkog mjesta za noćno mjerenje svjetline neba

Na terenski rad trebate ponijeti fotoaparat i kompas. Poželjno bi bilo da fotoaparat ima mogućnost za dobivanje panoramske fotografije.

Zadaci:

1. Danju doći na lokaciju na kojoj će se noću procjenjivati i mjeriti svjetlina neba.
2. Fotoaparatom snimiti izgled obzora u krugu od 360^0. Iz niza fotografija naknadno složiti panoramsku snimku lokacije.
3. Na snimci zabilježiti strane svijeta.
4. Odrediti geografske koordinate opažačkog mjesta.

Slika 13.8 *Primjer obavljenog zadatka*

13.4.2 Ispitivanje noćnog neba prostim okom

Za terenski noćni rad treba se odgovarajuće obući, ponijeti baterijsku svjetiljku s crvenim svjetlom i blokić za vođenje bilješki. Nastavnik na lokaciju donosi termometar-barometar-higrometar.

Zadaci:

1. U nekoliko rečenica opiši trenutne meteorološke uvjete na lokaciji (vedro,oblačno,…), prozirnost atmosfere (čisto, sumaglica,…), vjetar,…
2. Zapiši podatke o temperaturi, tlaku i vlazi u zraku.
3. Procijeni izgled noćnog neba po vidljivosti zvijezda, svjetlini neba uz obzor i direktno vidljivim rasvjetnim tijelima
4. *Procijeni svjetlinu noćnog neba pomoću Bortleove skale (upotreba zahtijeva dobro poznavanje noćnog neba i svjetlosnih pojava na njemu kao i određeno iskustvo u njenoj primjeni. Vrlo je popularna među amaterima astronomima jer oni potrebne vještine brzo steknu baveći se svojim hobijem). Vidi Prilog 1.*

Da bi se mogla ocijeniti ili izmjeriti svjetlina noćnog neba, moraju biti zadovoljeni određeni uvjeti. U prvom redu, mjerenje se mora provesti u tijeku astronomske noći, dakle u dijelu noći u kojem je utjecaj Sunca zanemariv. Astronomska noć počinje krajem astronomskog sumraka koji je definiran trenutkom u kojem se Sunce spušta 18° ispod idealnog obzora mjesta opažanja. Kraj astronomske noći nastupa u trenutku kad se Sunce prije svitanja podigne do iste visine ispod obzora (astronomska zora). Pri tome se astronomski sumrak definira kao vrijeme između zalaska Sunca za idealni obzor i njegova spuštanja do prije spomenute visine ispod obzora. Trajanje astronomskog sumraka jednako je trajanju astronomske zore, a može se naći u astronomskim tablicama, na internetu ili uz pomoć tzv. planetarij programa za računalo. Ono ovisi o dobu godine i zemljopisnoj širini lokacije, a za naše krajeve je oko dva sata.

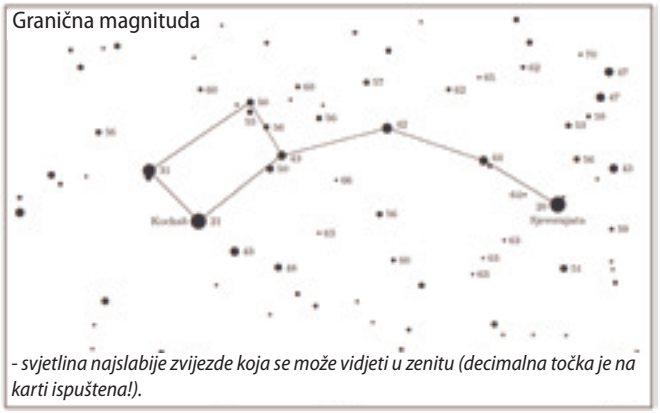
Nadalje, Mjesec ne smije biti iznad obzora jer njegovo svjetlo djeluje na isti način kao i svjetlosno onečišćenje i osvjetljuje noćno nebo.

13.4.3 Procjenjivanje granične zvjezdane veličine noćnog neba

Ponijeti detaljnu kartu neba sa zviježđem Mali medvjed, baterijsku svjetiljku s crvenim svjetlom i blokić za vođenje bilješki.

Najjednostavnija metoda određivanja granične zvjezdane veličine je direktno opažanje niza zvijezda sve slabijeg sjaja. Granična zvjezdana veličina u tom slučaju odgovara sjaju zvijezde najslabijeg sjaja koju još možemo vidjeti. Pri tome je poželjno opažati u blizini zenita jer se granična zvjezdana veličina standardno veže za zenit. Razlog leži u tome da je prirodno nebo najtamnije u zenitu pa se tamo mogu opažati najslabije zvijezde.

Ukoliko nam nebeski svod nije toliko dobro poznat, možemo se poslužiti nizom u zviježđu Malog medvjeda. Njegova prednost je da je ovaj niz cirkumpolaran, što drugim riječima znači da je uvijek vidljiv. Međutim, u periodima kad je zviježđe okrenuto prema obzoru, zbog male visine iznad njega dolazi do pogreške u određivanju granične zvjezdane veličine.



Slika 13.9 *Detaljna karta neba sa zviježđem Mali medvjed*

Zadatak:

- Koristeći detaljnu kartu neba sa zviježđem Mali medvjed procijeni svjetlinu noćnog neba !
  (Zapisati: m =).

13.4.4 Mjerenje svjetline noćnog neba standardnim instrumentom

Ponijeti standardni instrument za mjerenje svjetline noćnog neba- Sky Quality Meter (SQM), tronožac za postavljanje instrumenta,drvene klinove, kompas i obrazac za zapisivanje izmjerenih podataka.

Tehnički podaci o SQM-L su na: http://unihedron.com/projects/sqm-l/ .

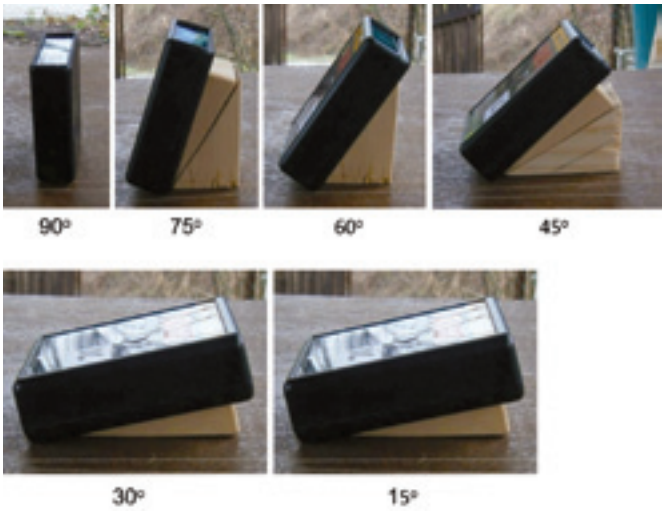
Standardni instrument za mjerenje svjetline noćnog neba je **Sky Quality Meter** kojeg proizvodi kanadska tvrtka „Unihedron". Osnovni model mjerača, s oznakom SQM, mjeri prosječnu svjetlinu nebeskog svoda u velikom prostornom kutu oblika stošca s vršnim kutom od 84° (puni kut). Pokazalo se međutim da je SQM jako osjetljiv na snažne izvore svjetla čak i kad su oni u neposrednoj blizini obzora (što odgovara kutu od oko 180°) pa su mjerenja na lokacijama na kojima je prisutna umjetna rasvjeta otežana, netočna ili čak i nemoguća. Danas je stoga najčešće u upotrebi noviji model uređaja, oznake SQM-L, koji ima smanjeni kut mjerenja od oko 38°.

Slika 13.10 *Uređaj SQM-L (Sky Quality Meter)*

SQM uređaji vrlo su jednostavni za korištenje. Uređaj se drži u ruci, obično iznad glave, tako da detektor (gornja stranica uređaja) gleda vertikalno prema gore (u zenit). Mjerenje se pokreće pritiskom na dugme koje se nalazi na bočnoj stranici mjerača. Za vrijeme mjerenja uređaj svakih 6 sekundi daje zvučne signale, a po završenom mjerenju svjetlina neba očita se na ekranu uređaja. Ovisno o svjetlini neba mjerenje traje od nekoliko sekundi (svijetlo nebo) do preko jedne minute (vrlo tamno nebo). Izmjerena svjetlina neba izražena je u standardnoj astronomskoj jedinici mag/arcsec^2 (magnituda po lučnoj sekundi na kvadrat). Ova, na prvi pogled neobična jedinica, govori nam koliko sjajna bi morala biti neka zvijezda da njeno svjetlo, razmazano preko površine nebeskog svoda jednake jednoj kvadratnoj lučnoj sekundi, rezultira svjetlinom koja je jednaka izmjerenoj svjetlini nebeskog svoda. Rezultat mjerenja može se pretvoriti u standardne jedince uz pomoć sljedeće formule:

$$E=1{,}08\cdot10^{5}\cdot10^{-0{,}4m}$$

gdje je E svjetlina nebeskog svoda u cd/m^2, a m svjetlina nebeskog svoda u mag/arcsec^2.



Slika 13.11 *Usmjeravanje uređaja SQM-L (Sky Quality Meter)*

Zadaci:

1. Izmjeri pomoću SQM-L svjetlinu neba u zenitu.
2. Izmjeri pomoću SQM-L svjetlinu noćnog neba u visinama 15^0, 30^0, 45^0, 60^0, 75^0 i 90^0 u smjeru svih četiriju strana svijeta. Zapisuj izmjerene podatke u dobiveni obrazac.
3. Komentiraj dobivene rezultate.

Obrazac za zapisivanje izmjerenih podataka u Prilogu 2.

13.4.5 Pisanje izvješća o noćnom mjerenju svjetline neba

Zadatak:

» Napišite izvješće o noćnom mjerenju svjetline neba. Izvješće treba sadržavati:
- opis lokacije na kojoj je mjereno
- datum i vrijeme mjerenja
- opis meteoroloških i astronomskih uvjeta u trenutku mjerenja
- vizualnu ocjenu kvalitete neba
- rezultate mjerenja svjetline neba SQM-L uređajem
- zaključke
- sažetak najvažnijih podataka je na prvoj stranici izvještaja
- imena osoba koje su izvršile mjerenja, obradu podataka i pisanje izvještaja, uz osnovne podatke o izvještaju (verzija, datum završetka) također se nalaze na prvoj stranici.

Primjer izvješća o noćnom mjerenju svjetline neba pogledajte u Prilogu 3.

13.5 Preporuke za daljnje čitanje i istraživanje

- Skripta prof. dr. sc. Željka Andreića za kolegij „ Problematika svjetlosnog onečišćenja“ http://rgn.hr/~zandreic/studenti/lp/lp_skripta.pdf

Diplomski radovi s problematikom svjetlosnog onečišćenja:
- Ana Mostaček: http://rgn.hr/~zandreic/studenti/lp/mostecak_diplomski.pdf
- Igor Terlević: http://rgn.hr/~zandreic/studenti/lp/terlevic_diplomski.pdf
- Branimir Brozić: http://web.zpr.fer.hr/ergonomija/2004/brozic/index.html

- Prezentacije prof. dr. sc. Željka Andreića za predavanja iz kolegija „Problematika svjetlosnog onečišćenja“:
- Uvod, radiometrija, ljudsko oko, fotometrija - http://rgn.hr/~zandreic/studenti/lp/lp_p1.pdf
- Svjetlo u prirodi, štetnost s.o., mjerenje s.o. - http://rgn.hr/~zandreic/studenti/lp/lp_p2.pdf
- Izvori svjetla, osnovne karakteristike, dobro i loše - http://rgn.hr/~zandreic/studenti/lp/lp_p3.pdf
- Modeliranje svjetlosnog onečišćenja - http://rgn.hr/~zandreic/studenti/lp/lp_p4.pdf
- Zakoni i propisi u vezi svjetlosnog onečišćenja- http://rgn.hr/~zandreic/studenti/lp/lp_p5.pdf

Zakoni u vezi problematike svjetlosnog onečišćenja:
- Zakon o zaštiti od svjetlosnog onečišćenja (NN114/11) - http://www.zakon.hr/z/496/Zakon-o-za%C5%A1titi-od-svjetlosnog-one%C4%8Di%C5%A1%C4%87enja
- Zakon o zaštiti okoliša - http://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/329475.html
- Zakon o sigurnosti prometa na cestama - http://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/339713.html

Ostali korisni materijali: *http://rgn.hr/~zandreic/studenti/lp/lp_index.html.*

13.6 Prilog 1: Bortleova skala

Bortle klasa	Naziv klase	Boja	Granična zvjezd. veličina	Opis
1	prirodno nebo	crna	7,6-8,0	Zodijakalno svjetlo, gegenshein i zodijakalni pojas vidljivi. M33 vidljiva direktnim pogledom. Područja Kumove slame u Škorpionu i Strijelcu bacaju vidljive sjene na tlo. Svjetlucanje atmosfere (airglow) jasno vidljivo. Jupiter i Venera kvare prilagodbu oka na tamu. Okolina praktički nevidljiva.
2	vrlo tamno nebo	siva	7,1-7,5	Svjetlucanje atmosfere (airglow) nazire se uz obzor. M33 vidljiva golim okom. Uočljiva detaljna struktura Kumove slame. Zodijakalno svjetlo je žute boje i dovoljno svijetlo da baca sjene u sumrak i zoru. Oblaci vidljivi samo kao tamne rupe na nebu. Okolina se nazire u silueti prema nebu. Mnogi Messierovi kuglasti skupovi jasno vidljivi golim okom.
3	seosko nebo	plava	6,6-7,0	Malo svjetlosnog onečišćenja vidljivo uz obzor. Oblaci osvijetljeni uz obzor, tamni iznad glave. Kumova slama i dalje izgleda kompleksno. M15, M4, M5 i M22 lako vidljivi golim okom. M33 lako vidljiva rubom oka. Zodijakalno svjetlo upečatljivo u proljeće i jesen, žuta boja još uočljiva. Bliža okolina se nazire.
4	svijetlo seosko nebo	zelena, žuta	6,1-6,5	Kupole svjetlosnog onečišćenja vidljive u raznim smjerovima iznad obzora. Zodijakalno svjetlo u sumrak i zoru još vidljivo, ali samo do manje od polovice puta od obzora do zenita. Kumova slama iznad obzora još upečatljiva, ali bez sitnih detalja. M33 se nazire rubom oka, ako je na visini većoj od 55o. Oblaci svijetli u smjeru izvora svjetla, tamni iznad glave. Okoliš jasno vidljiv, čak i u daljini.
5	prigradsko nebo	naran-časta	5,6-6,0	Zodijakano svjetlo jedva se nazire u najboljim noćima proljeća i jeseni. Kumova slama u blizini obzora slaba ili nevidljiva, a iznad glave izgleda blijedo. Izvori svjetla vidljivi u većini smjerova ili oko cijelog obzora. Oblaci znatno svjetliji od neba.
6	svijetlo prigradsko nebo	crvena	5,0-5,5	Zodijakalno svjetlo nevidljivo. Kumova slama vidljiva samo u blizini zenita. Nebo do visine od 35o svijetle sivo-bijele boje. Oblaci svugdje na nebu prilično svijetli. M33 ne vidi se golim okom, M31 uočljiva.
7	tamno gradsko nebo	crvena	4,6-5,0	Nebo po svjetlini približno jednako svjetlini neba kod punog Mjeseca. Cijelo nebo svijetlo, jaki izvori svjetla primjetni u svim smjerovima uz obzor. Kumova slama nije vidljiva. M31 i M44 naziru se rubom oka. Oblaci svijetli. Messierovi objekti čak i u većim teleskopima vrlo blijedi. Za vrijeme punog Mjeseca prirodno nebo nije bolje od ove klase čak i na najtamnijim lokacijama, s tom razlikom da je boja neba plavičasta, za razliku od narančasto-bijele boje svjetlosno onečišćenog neba.
8	gradsko nebo	bijela	4,1-4,5	Nebo je bijelo ili narančasto. Pod njegovim svjetlom lako se može čitati. M31 i M44 jedva uočljivi za iskusnog opažača u najboljim noćima. Čak i većim teleskopom mogu se vidjeti samo sjajni Messierovi objekti. Zvijezde koje tvore poznate likove sjajnijih zviježđa počinju nestajati.
9	nebo gradskog središta	bijela	4,0 ili manje	Nebo jako sjajno, mnoge zvijezde nisu više vidljive. Zviježđa slabijeg sjaja nevidljiva. Osim Plejada nijedan Messierov objekt nije vidljiv golim okom. Jedini objekti koje je još moguće dobro opažati su Mjesec, planeti i nekoliko najsjajnijih zvjezdanih skupova.

13.7 Prilog 2: Obrazac mjerenje svjetlosnog onečišćenja

LOKACIJA:_____

Geografske koordinate mjesta: φ = λ = h =

Datum:_____

Granična magnituda: _____

A) Mjerenje u zenitu

Lokalno vrijeme	Svjetlina neba / mag /arsec2

Srednja vrijednost: _____ mag/arsec2

B) Detaljno mjerenje

Visina/Smjer	N	E	S	W
zenit				
75°				
60°				
45°				
30°				
15°				

Meteorološki uvjeti:

Temperatura zraka / °C	Tlak zraka / hPa	Vlaga (%)

13.8 Prilog 3: Izvještaj o mjerenju svjetlosnog onečišćenja – sažetak

Lokacija:	Požega (u blizini središta grada)
Opis lokacije:	Mjerenja su vršena na školskom igralištu u blizini zgrade Gimnazije u Požegi. Nedaleko od lokacije su zgrade i drveće.
Zemljopisne koordinate:	φ = 45⁰ 20´ 03´´ N λ = 17⁰ 40´ 45´´ E h = 151 m . Zemljopisne koordinate određene su pomoću Google Earth programa.
Datum:	22.11.2014.
Vrijeme:	19:00 – 19:30, zimsko
Lokalno vrijeme:	19:00 – 19:30
Vremenski uvjeti:	vlaga, sumaglica, 3⁰C, bez vjetra
Granična magnituda:	4,4
Bortle-ova klasa:	-
SQM mjerenja (SQM-L):	Zenit: DA , Detaljno: DA
Svjetlina neba u zenitu:	Srednja vrijednost (6 mjerenja): 18,44 ; Najbolja vrijednost: 18,83
Mjerenja izvršio:	Marin Maričević
Mjerenja obradio:	Dragutin Kovačević
Verzija izvještaja:	1.
Datum završetka izvještaja:	23.11.2014.
Ovjerio:	Marin Maričević
Zaključci:	Meteorološki uvjeti nisu bili najpovoljniji (izmaglica, visoka vlaga u zraku). Lokacija je u blizini zgrade Gimnazije u Požegi. Na sjevernoj strani je OŠ Julija Kempfa, na zapadnoj strani je katedrala sv. Terezije i osvijetljeni park uz nju. Okolne ulice su na 100-tinjak metara od lokacije.

» Izvještaj o mjerenju svjetlosnog onečišćenja - ocjena golim okom

U atmosferi je prisutna lagana sumaglica, zrak je vlažan i hladan (3⁰C). Svjetlosno onečišćenje je izraženo u svim smjerovima, a proteže se izrazito do visina oko 30⁰. U zviježđu Mali medvjed vide se zvijezde do magnitude 4,4

» Izvještaj o mjerenju svjetlosnog onečišćenja - SQM mjerenja

1) Mjerenje u zenitu

Lokalno vrijeme	Svjetlina neba / mag /arsec²
19,19	18,56
19,23	18,59
19,26	18,83
19,27	18,28
19,29	17,81
19,30	18,58

Srednja vrijednost: 18,44 mag/arsec²

2) Detaljno mjerenje

Visina/Smjer	N	E	S	W
zenit	18,83			
75⁰	18,40	18,04	17,83	17,82
60⁰	17,09	18,09	17,64	17,96
45⁰	17,29	17,91	17,82	17,82
30⁰	17,72	17,89	17,12	17,76
15⁰	16,83	16,95	17,38	16,61

» Izvještaj o mjerenju svjetlosnog onečišćenja - izgled lokacije

Lokacija na kojoj se vršilo mjerenje nalazi se na školskom igralištu Gimnazije u Požegi.

Panorama:

Obzor, promatran s lokacije, okružen je drvećem i zgradama.
U smjeru sjeveroistoka je zgrada Gimnazije sa zvjezdarnicom na krovu.

» Izvještaj o mjerenju svjetlosnog onečišćenja - analiza rezultata

Izmjereno smanjenje svjetline neba s povećanjem visine normalno je jer se gleda kroz tanji sloj zraka u kojem ima puno vlage i sumaglice pa je i svjetla raspršenog prema dolje manje.

Meteorološke prilike (vlaga u zraku, sumaglica) i svjetlosno onečišćenje u svim smjerovima omogućuju da se na noćnom nebu vide samo sjajni objekti koji su na većim visinama od obzora.

Na krovu Gimnazije je Zvjezdarnica „Oton Kučera" s jednakim uvjetima za astronomska promatranja. Budući se zvjezdarnicu neće izmjestiti za bolja astronomska promatranja trebalo bi se izboriti za ekološku rasvjetu u gradu.

Gimnazija u Požegi je na adresi: Ulica dr. Franje Tuđmana 4a, Požega.

Mjerenja vršili učenici:
Marin Maričević
Marija Lešković

Voditelj tima: Dragutin Kovačević, prof.

14. METEOROLOŠKA MOTRENJA I MJERENJA

Pavle Bucić i Maja Regić

Atmosfera omogućuje život na Zemlji i o njezinoj temperaturi, svojstvima, sastavu, primjesama i vlazi koju prenosi ovise sva živa bića. Zbog toga je atmosfera važan predmet znanstvenih istraživanja kako bi se moglo razumjeti i predvidjeti **vrijeme** (temperaturu zraka, kišu, snijeg, relativnu vlažnost, naoblaku, tlak zraka, smjer i jačinu vjetra) i **klimu** (srednje i ekstremne uvjete u atmosferi).

Vrijeme i klima nisu isto. Govoreći o vremenu mislimo na trenutno stanje atmosfere, na vrijeme danas i u nekoliko sljedećih dana ili tjedana, dok govoreći o klimi mislimo na prosječno vrijeme, promjenjivosti i ekstreme koji su se javili tijekom niza godina (najtočniji podatci dobivaju se za razdoblje od 30 godina). O vremenu ovisi kako ćemo se obući, hoćemo li ponijeti kišobran, koje poslove možemo raditi na otvorenom, a o klimi ovisi kakve ćemo kuće graditi, koje biljne i životinjske vrste mogu postojati, koliko niske ili visoke temperature mogu biti.

Vrijeme i klima određeni su **osnovnim klimatskim elementima:**

1. **Temperatura zraka** (trenutna, maksimalna i minimalna)
2. **Količina oborine**
3. **Naoblaka**
4. **Relativna vlažnost zraka**
5. **Tlak zraka**
6. **Smjer i jačina (brzina) vjetra**

Za istraživanje **vremena i klime** provode se meteorološka motrenja i mjerenja navedenih klimatskih elemenata.

Slika 14.1 Termometrijska ili meteorološka kućica

14.1 Klimatski elementi

14.1.1 Temperatura zraka (trenutna, maksimalna i minimalna)

» **Definicije:**

- **Trenutna temperatura zraka**

  Trenutna temperatura zraka je stupanj topline atmosfere izmjeren termometrom u određenom trenutku.
- **Maksimalna temperatura**

  Maksimalna temperatura zraka je najveća temperatura zraka od posljednjeg očitavanja i uređivanja maksimum termometra.
- **Minimalna temperatura**

  Minimalna temperatura zraka najniža je temperatura zraka od posljednjeg očitavanja i uređivanja minimum termometra.

Temperatura zraka jedan je od najvažnijih klimatskih elemenata. Sastavni je dio prognoze vremena. O temperaturi ovisi koliko vode može sadržavati zrak, u kojem će obliku padati oborine, koliko će vode ispariti u zrak i kakva će se oluja pojaviti. Promjena temperature može ovisiti o biljnom pokrivaču, ali i o ljudskim djelatnostima. Temperatura na ekvatoru može se razlikovati od temperature bliže polovima. Kako za istraživanje vremena, tako i za istraživanje klime, znanstvenicima su nužni podatci o temperaturi zraka. I vi možete mjeriti temperaturu zraka u svojoj okolini i tako istraživati vrijeme i klimu u mjestu u kojem živite.

» **Modifikatori koji utječu na temperaturu**

Modifikatori koji utječu na temperaturu vrlo su raznoliki, a među njima se posebno ističe geografska širina, količina Sunčeve radijacije (insolacija), nadmorska visina, odnos kopna i mora, reljef, vegetacijski pokrov, a sve češće i čovjek.

14.1.2 Oborina (padalina)

» **Definicije:**

- **Oborina**

  Oborina se definira kao voda u tekućem ili krutom stanju koja dolazi iz atmosfere na površinu Zemlje.
- **Tekuća oborina**

  Tekuća oborina uključuje kišu i rosulju te nastaje procesom kondenzacije.
- **Kruta oborina**

  Kruta oborina uključuje snijeg, ledene iglice, tuču, ledene kristale i smrznutu kišu, a nastaje procesom sublimacije.

Sav živi svijet na Zemlji ovisi o vodi koja ima važnu ulogu u određivanju vremena i klime. Dio je velikog hidrološkog ciklusa u kojem voda isparava iz oceana i drugih površinskih voda i tla te odlazi u atmosferu, a zatim se vraća u obliku oborine. Potom se ponovo isparava i vraća u atmosferu. U tom se procesu energija i kemijski spojevi premještaju s jednog mjesta na drugo oblikujući vrijeme i klimu.

Definiranje klime nekoga područja ovisi količini oborina, njihovom obliku (kiša, snijeg, ledeni kristali), dobu godine i vremenu zadržavanja i otapanja snijega.

» **Oborine prema mjestu nastanka dijelimo na:**

1. oborine koje nastaju u atmosferi (kiša, snijeg, tuča)
2. oborine koje nastaju pri tlu (rosa, mraz, inje)

Prema načinu nastanka oborine dijelimo na:

1. konvekcijske oborine – uzrokovane termičkom konvekcijom (izdizanjem) iznad podloge
2. orografske oborine – uzrokovane prisilnim izdizanjem

zraka uz reljefne prepreke

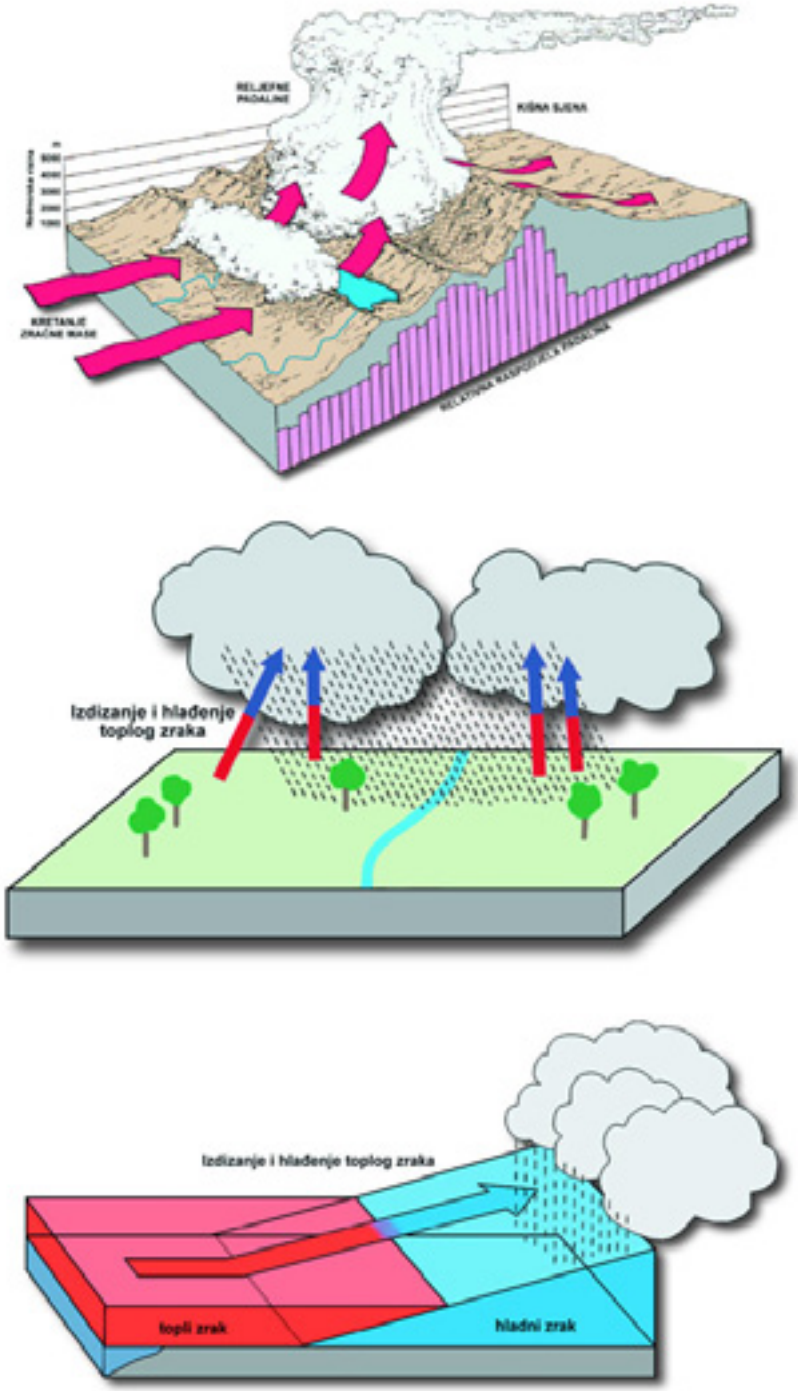
3. frontalne oborine – vezane uz izdizanje zraka na toploj ili hladnoj fronti u ciklonama

Hoće li u atmosferi doći do procesa koji stvaraju oborine i hoće li ta oborina u konačnici pasti na Zemlju ovisi o količini vodene pare u zraku i temperaturi zraka te veličini same kapljice.

Oborine nastaju ako dođe do naglog povećanja količine vodene pare u zraku ili smanjenja temperature zraka.

a)

b)



Slika 14.2 a) konvekcijske oborine, b) orografske oborine i c) frontalne oborine

14.1.3 Naoblaka

» **Definicije:**

- **Oblak**

Oblak je vidljiva skupina sićušnih čestica vode ili leda u slobodnom zraku. Može sadržavati i krupnije čestice vode ili leda (aerosole) ili krute čestice, kao što su čestice dima, prašine i slično.

- **Naoblaka**

Pod naoblakom podrazumijevamo dio neba pokriven oblacima u odnosu na cijelo nebo.

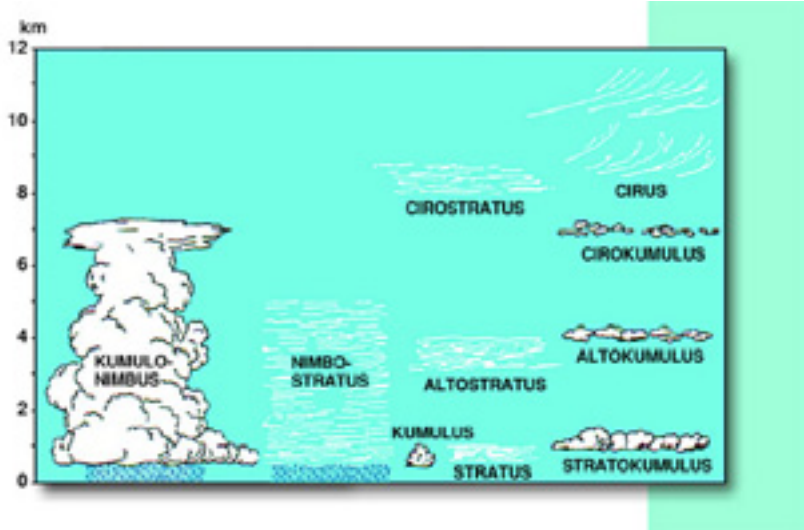
Naoblaka je važan klimatski element ovisan o temperaturi zraka, količini vode u zraku, odnosno relativnoj vlažnosti i povezan je s područjima velikog isparavanja površinskih voda oko ekvatora, te s područjima učestalih ciklona. Iz oblaka padaju oborine i redovito ukazuju na promjenu vremena jer su povezane s nailaskom ciklone.

» **Tipovi i podjela oblaka**

Oblake dijelimo prema njihovom obliku, visini na kojoj se pojavljuju i daju li oborinu.

1. **Prema obliku oblake** dijelimo na deset osnovnih rodova koji imaju latinska imena (imena i kratice prikazani su u tablici 1). Imena oblaka izvedena su od samo pet riječi:
   - ***cirrus***, što znači pramen kovrčave kose ili čuperak, pahulja vune ili vlakna
   - ***stratus***, u značenju sloja ili pokrova
   - ***cumulus,*** što znači gomila, gruda, hrpa, gromada
   - ***nimbus,*** što znači kišni (oborinski oblak)
   - ***altus,*** što znači visok.

   Osnovni oblici oblaka su:
   - ***vlaknasti oblaci***
   - ***slojasti oblaci***
   - ***grudasti oblaci***
   - ***oborinski oblaci.***
2. **Prema visini** na kojoj se javljaju (slika 1.) dijelimo ih na:
   - ***visoke oblake***
   - ***srednje oblake***
   - ***niske oblake***
3. Oblaci koji u imenu imaju nimbus ili nimbo oborinski su oblaci iz kojih pada neka od oborina.



Slika 14.3 Podjela oblaka po visini

Tablica 14.1 Rodovi oblaka prema međunarodnoj klasifikaciji

Naziv	Kratica	Podjela po visini	Sastav	Osnovni oblik	Posebne značajke
Cirrus	**Ci**	Visok	Led	Vlaknast	Prozirnost, sjaj, nema oborine
Cirrocumulus	**Cc**	Visok	Led	Grudast	Prozirnost, nema oborine
Cirrostratus	**Cs**	Visok	Led	Slojast	Prozirnost, nema oborine
Altocumulus	**Ac**	Srednji	Ovisno o temperaturi	Grudast	Nema oborine
Altostratus	**As**	Srednji	Ovisno o temperaturi	Slojast	Može padati kiša i snijeg
Nimbostratus	**Ns**	Srednji ili nizak	Miješan	Slojast	Pada trajna oborina, kruta ili tekuća
Stratocumulus	**Sc**	Nizak	Ovisno o temperaturi	Grudast	Obično ne daje oborinu
Stratus	**St**	Nizak	Ovisno o temperaturi	Slojast	Kao magla, daje rosulju i zrnat snijeg
Cumulus	**Cu**	Vertikalno razvijen	Voda	Grudast	
Cumulonimbus	**Cb**	Vertikalno razvijen	Miješan	Gromadast	Grmljavina, kiša, tuča, oluja, zimi snijeg

Opisi i slikovni prikazi pojedinih tipova oblaka nalaze se u Atlasu oblaka

Slika 14.4 Fotografije cumulusa i cirrusa prema Atlasu oblaka

14.1.4 Relativna vlažnost zraka

Ovisno o količini vodene pare u njemu zrak je nekad vlažniji, a nekad manje vlažan. Za određenu temperaturu zraka u njemu se može nalaziti točno određena količina vodene pare, odnosno svakoj temperaturi zraka odgovara određena maksimalno moguća količina pare. Kad je ta količina postignuta, kondenzira se upravo onoliko vodene pare koliko isparivanjem dolazi u zrak. Tada kažemo da je **zrak zasićen** vodenom parom. Tlak kojim djeluje vodena para u zasićenom stanju zove se ravnotežni tlak, i označava se s Pv. To je najveći mogući tlak vodene pare pri određenoj temperaturi zraka.

Relativna vlažnost zraka (u) je omjer između stvarnog (pv) i ravnotežnog tlaka (Pv) vodene pare. Iskazuje se u postotcima (%) prema formuli:

$$u\ (\%) = pv / Pv$$

Relativna vlažnost zraka pokazuje koliko se vodene pare nalazi u zraku prema maksimalnoj količini koju bi zrak mogao sadržavati uz jednaku temperaturu. Relativna vlažnost 50 % znači da se u zraku nalazi samo polovica količine vodene pare koji bi zrak uz istu temperaturu mogao sadržavati. Što se stvarni tlak vodene pare više razlikuje od ravnotežnog, to je relativna vlažnost manja. Kad su tlakovi jednaki, zrak je zasićen vodenom parom, a relativna vlažnost je 100 %.

Rosište *(τ)* je temperatura pri kojoj se vodena para počinje kondenzirati. Ta se temperatura može postići tako da se uz nepromijenjenu količinu vodene pare zrak hladi do zasićenja. Tada stvarni tlak vodene pare postane jednak ravnotežnom tlaku. Pri rosištu ili nižoj temperaturi kondenzacijom stvaraju se kapljice vode i na bilju se pojavljuje rosa ili se stvara mraz, ovisno o tome je li rosište više ili niže od 0 °C.

14.1.5 Tlak zraka

Tlak zraka posljedica je neprekidnog i nepravilnog gibanja molekula zraka zbog kojega molekule udaraju u predmete koji su u dodiru sa zrakom. Udarci su tako česti da djeluju kao neprekidna sila. Ta sila, podijeljena s površinom na koju okomito djeluje, jest atmosferski tlak ili tlak zraka. Tlak na izloženu plohu jednak je sa svih strana, bez obzira na položaj površine u odnosu na površinu Zemlje. Može se reći kako je atmosferski tlak u nekoj točki jednak težini stupca zraka jediničnog presjeka koji se proteže od te točke do vrha atmosfere. Dakle, prema definiciji, tlak zraka (p) je omjer sile (F) i površine (S):

$$p = F / S$$

U meteorologiji se tlak iskazuje u milibarima (mb) ili hektopaskalima (hPa).

$$1\ mb = 1\ hPa$$

- **Standardni atmosferski tlak iznosi 1013 hPa.**

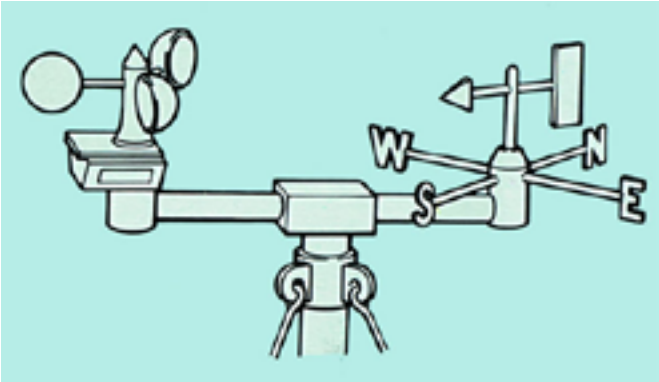
Atmosferski tlak smanjuje se s porastom visine isprva naglo, a zatim sve sporije. Smanjenje tlaka ovisi i o temperaturi zraka i količini vodene pare u zraku. Zbog promjene tlaka s visinom pri mjerenju tlaka izuzetno je važno znati točnu nadmorsku visinu mjerenja.

Meteorolozima je već dugo poznato općenito pravilo da visoki tlak ili porast tlaka zraka donosi lijepo, a niski tlak ili pad tlaka zraka loše vrijeme.

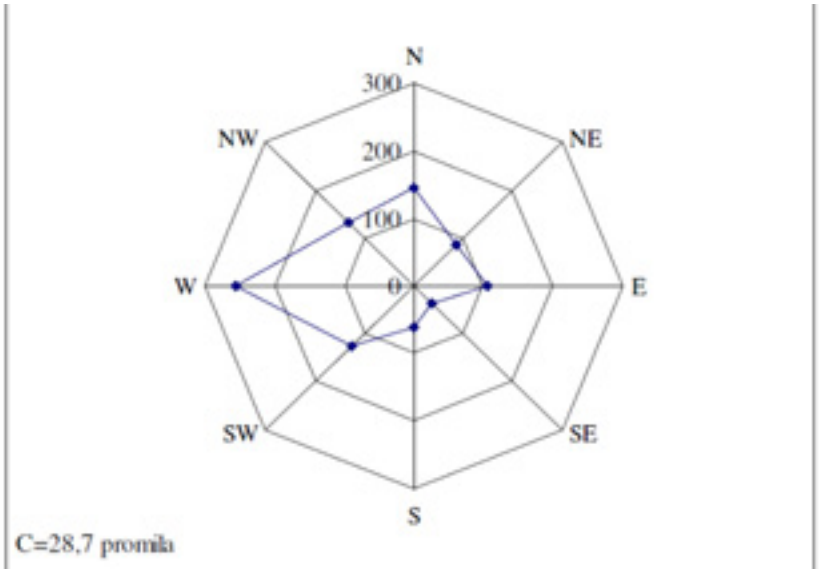
14.1.6 Vjetar

Za definiciju vjetra kao klimatskog elementa moramo znati smjer iz kojeg puše i njegovu brzinu (m/s) ili jačinu (bofori). Za razliku od ostalih meteoroloških elemenata koji su skalarne veličine, vjetar je vektorska veličina.

Vjetar je horizontalno strujanje zraka, a njegov je smjer ona strana svijeta iz koje vjetar puše. Vjetar koji puše iz smjera juga (S) zovemo južnim vjetrom. Iz smjera sjeveroistoka (NE) puše sjeveroistočni vjetar i tako dalje. Vjetar nastaje zbog razlike u tlaku u atmosferi. Strujanje počinje iz područja višeg tlaka zraka i kreće se prema nižem jer se atmosfera pokušava uravnotežiti.



Tablica 14.2 Anemometar



Slika 14.5 *Ruža smjerova vjetra (‰) za Požegu 1951. - 1980.*

Primjena podataka meteoroloških motrenja

Višestruka je primjena podataka meteoroloških motrenja. Prije svega, koriste se u analizi i prognozi vremena te praćenju i prognozi klime. Neizravne primjene raznovrsne su i služe u vodnom gospodarstvu, zaštiti okoliša i održivog razvoja, prometu, energetici, poljodjelstvu, građevinarstvu, zdravstvu, turizmu, sportu i mnogim drugim djelatnostima.

14.2 Smjernice za mjerenje osnovnih klimatskih elemenata

14.2.1 TEMPERATURA ZRAKA

» **Instrumenti i oprema**

Za mjerenje trenutne, maksimalne i minimalne temperature zraka koristiti se maksimum/minimum termometar u oblika slova U. Termometar treba biti postavljen u termometrijsku kućicu.

» **Očitavanje termometra i bilježenje podataka**

- Trenutnu, maksimalnu i minimalnu temperaturu treba mjeriti i bilježiti svaki dan što je moguće bliže astronomskom podnevu, ali ne prije 11 sati i ne kasnije od 13 sati.
- Dosljednost u svakodnevnom mjerenju podataka u isto vrijeme iznimno je važna.
- Sve temperature očitavaju se, i očitani podaci bilježe, na najbližih 0,5 °C.
- Temperature ispod 0 °C bilježe se sa znakom – (minus), tj. s negativnim predznakom ispred broja. Na primjer, temperatura jedan stupanj ispod nule bilježi se kao -1 °C.

Zadatak

1. Izmjeriti trenutnu, maksimalnu i minimalnu temperaturu zraka.
2. Urediti termometar za sljedeće čitanje.

» **Što trebate imati**

- dobro postavljenu termometrijsku kućicu
- točan maksimum/ minimum termometar dobro postavljen u kućicu
- obrazac za atmosferska mjerenja, olovku ili nešto drugo za pisanje.

» **Redosljed pri mjerenju:**

1. Upišite datum i vrijeme mjerenja u obrazac
2. Pažljivo otvorite vrata kućice. Termometar ne dodirujte niti pušite u njega.
3. Stanite tako da su vaše oči u visini stupca žive u termometru.
4. Očitajte položaj žive na strani gdje se određuje maksimalna temperatura (desni krak) na najbližih 0,5 °C.
5. Zabilježite tu vrijednost, kao vrijednost trenutačne temperature zraka.
6. Očitajte vrijednost koju pokazuje donji kraj pokazivača maksimalne temperature na najbližih 0,5 °C.
7. Zabilježite tu vrijednost kao maksimalnu temperaturu zraka.
8. Očitajte vrijednost koju pokazuje donji kraj pokazivača minimalne temperature (lijevi krak) na najbližih 0,5 °C.
9. Zabilježite tu vrijednost kao minimalnu temperaturu zraka.
10. Nakon očitavanja svih temperatura, termometar treba urediti za sljedeće mjerenje.

Slika 14.6 *Višenamjenski digitalni termometar*

Da biste to učinili, uzmite magnet koji se nalazi u podnožju termometra i povlačite pomoću njega pokazivače maksimalne i minimalne temperature prema dolje duž cijevi koliko god je to moguće, tj. sve dok pokazivači ne budu na samom vrhu stupaca žive. Dobra je ideja privezati magnet komadićem konopa za okvir kućice ili za termometar, tako ga nećete izgubiti i uvijek je pri ruci.

Ako vaš termometar nema magnet nego gumb za resetiranje, nakon završenog mjerenja pritisnite taj gumb. Navedene temperature zraka moguće je izmjeriti i digitalnim termometrom.

14.2.2 Oborina

» **Instrumenti za mjerenje**

Količinu oborine mjerimo kišomjerom, visinu ukupnog snježnog pokrivača metrom za snijeg, a za mjerenje visine novog snijega treba nam i daska za novi snijeg.

- **Kišomjer je** jednostavan instrument za mjerenje količine oborine. To je valjkasta posuda ravnih stijenki s otvorom na vrhu. Postavlja se na drveni ili metalni stup, otvorom prema gore, i to tako da je otvor kroz koji pada kiša horizontalan što utvrđujemo libelom U hladnom dijelu godine, ili kad se prognozira značajniji pad temperature zraka, potrebno je kišomjer skinuti i unijeti u zatvoreni prostor ako bi se izbjeglo smrzavanje vode u kišomjeru i njegovo pucanje.

Slika 14.7 Kišomjer

Točan redoslijed postupaka pri mjerenju tekuće oborine

Zadatak

1. Izmjeriti količinu tekuće oborine koju nađete u kišomjeru.
2. Pripremiti kišomjer za novo mjerenje.

» **Što trebate imati sa sobom**

- Obrazac za atmosferska mjerenja, olovku ili nešto drugo za pisanje

» **Redosljed pri mjerenju je:**

1. Očitajte razinu vode u kišomjeru. Neka vam oči budu u visini razine vode u kišomjeru.
2. Očitajte i zabilježite količinu oborine na 1/10 (na desetinku) milimetra.
   Ako nema ništa u kišomjeru, zabilježite 0,0 mm.
   Ako oborine ima manje od 0,5 mm, ubilježite „T" za tragove (engl. *trace*).
3. Ako je padala jaka kiša pa oborine ima i u vanjskoj posudi kišomjera, napravite sljedeće:
   - Izvadite unutarnju posudu s označenim milimetrima iz vanjske posude.
   - Očitajte razinu vode u unutarnjoj posudi i zabilježite količinu na najbližu desetinku milimetra.
   - Istresite vodu iz nje.
   - Ulijte oborinu iz vanjske posude u manju i ponovno očitajte i zabilježite količinu.
   - Ponavljajte postupak dok potpuno ne ispraznite vanjsku posudu.
   - Zbrojite sve količine koje ste izmjerili. Dobivena suma vaša je količina oborine za taj dan.
4. Upišite broj dana skupljanja oborine u kišomjeru (odnosno koliki je broj dana prošao od posljednjeg mjerenja i pražnjenja kišomjera).
5. Nakon mjerenja kišomjer treba isprazniti i vratiti ga na njegovo mjesto na stupu.

Slika 14.8 Mjerenje količine tekuće oborine pomoću kišomjera

Točan redoslijed postupaka pri mjerenju krute oborine

Zadatak

1. Izmjeriti visinu novog snijega na dasci za snijeg.
2. Izmjeriti ukupnu visinu snježnog pokrivača.
3. Pripremiti dasku za novo mjerenje.

» **Što trebate imati**

- metar za snijeg ili snjegomjernu letvu
- dasku za mjerenje novog snijega
- obrazac za atmosferska mjerenja, olovku ili nešto drugo za pisanje.

» **Redosljed pri mjerenju je:**

1. Okomito zabijte metar za snijeg u snježni pokrivač sve dok ne osjetite da ste došli do tla. Očitajte i zabilježite visinu snježnog pokrivača u milimetrima.
2. Ponovite mjerenje na još najmanje dva mjesta gdje je snježni pokrivač najmanje poremećen, odnosno gdje je nedirnut i nema zapuha ili drugih poremećaja.
3. Upišite sve tri vrijednosti kao visinu ukupnog snježnog pokrivača. Ako je visina tako mala da se ne može očitati, zabilježite „T" (engl. *trace* - tragovi).
4. Čim prvi dan padne snijeg i vi očitate njegovu visinu, pažljivo postavite dasku za novi snijeg na postojeći snježni pokrivač (prvi dan kad padne snijeg ukupni i novi snijeg imaju istu visinu). Dasku malo utisnite u snijeg tako da je visina daske u istoj visini kao i postojeći snježni pokrivač.
5. Ako je pao novi snijeg na dasku, pažljivo ubodite metar za snijeg okomito sve dok ne dođete do daske. Očitajte i zabilježite visinu novog snijega. Ako nije padao novi snijeg, upišite 0,0 za visinu novog snijega.
6. Ako novog snijega ima, napravite još najmanje dva mjerenja na različitim dijelovima daske.
7. Upišite sve te brojeve kao visine novog snijega. Ako je novog snijega tako malo da se ne može mjeriti, upišite „T" za visinu novog snijega. Ako se iz bilo kojeg razloga poremeti snijeg na dasci, zabilježite „M" (engl. *missing* - nema podataka).
8. Upišite koliko je dana prošlo od posljednjeg mjerenja snijega na dasci.

14.2.3 Naoblaka

U programu GLOBE naoblaka se procjenjuje i bilježi te se izvještava o njoj jednom dnevno, u isto vrijeme kad i temperatura zraka i oborina.

» **Kako i gdje procjenjujemo naoblaku**

Procjenu naoblake treba obavljati s mjesta odakle se vidi cijeli nebeski svod. Procjenjuje se srednja vrijednost naoblake.

» **Nekoliko praktičnih savjeta za procjenu naoblake**

Naoblaka se procjenjuje tako da zamislimo da su svi oblaci skupljeni na jedno mjesto tj. da predstavljaju neprekidni zastor. Procjena je lakša ako se nebo najprije podijeli na četiri dijela i u svakom od njih se posebno procjeni naoblaka, a njihova suma daje ukupnu naoblaku. Kada je naoblaka velika, lakše je procijeniti veličinu slobodnog nego pokrivenog neba, pa se procjenom vedrog dijela neba može zaključiti o stupnju naoblake.

Točan redoslijed postupaka pri procjeni ukupne naoblake

Zadatak

1. Procijeniti koliki je dio neba prekriven oblacima.

» **Što trebate imati sa sobom**

- Obrazac za atmosferska mjerenja, olovku ili nešto drugo za pisanje

» **Redoslijed procjene je:**

1. Popunite gornje rubrike obrasca.
2. Pogledajte u nebo u svim smjerovima.
3. Procijenite koliki je dio neba pokriven oblacima.
4. Odredite koji opis iz postojeće procjene za naoblaku odgovara onom što ste vidjeli na nebu u trenutku procjene.
   Procjena ukupne naoblake:
   a) **Nebo je bez oblaka/No Clouds** Nebo je bez oblaka, nema vidljivih oblaka.
   b) **Čisto nebo/Clear Sky** Ima oblaka na nebu, ali pokrivaju manje od 1/10 (ili 10%) neba.
   c) **Pojedinačni izolirani oblaci/Isolated Clouds (novi tip od 2000.)** Pojedinačni, izolirani oblaci na nebu, i pokrivaju između 1/10 (10%) i 1/4 (25%) neba.
   d) **Raštrkani oblaci/Scattered Clouds (nova procjena od 2000.)** Oblacima je pokriveno između 1/4 (25%) i 1/2 (50%) neba.
   e) **Isprekidani oblaci/Broken Clouds** Oblaci prekrivaju između 1/2 (50%) i 9/10 (90%) neba.
   f) **Oblačno/ Overcast** Oblaci prekrivaju više od 9/10 (90%) neba.
   g) **Nebo nevidljivo/Obscured Sky (novi tip od 2000.)** Naoblaka se ne može procijeniti jer je nebo nevidljivo.
5. Ako je nebo nevidljivo, zapišite što vam onemogućava procjenu naoblake. Upišite sve što ste od predloženog opazili: magla/ fog, sumaglica/ haze, dim/ smoke, vulkanski pepeo/ volcanic ash, prašina/ dust, pijesak/ sand, vodeni - morski dim/ sprey - sea sprey, jaka kiša/ heavy rain, jaki snijeg / heavy snow, snježna vijavica/ blowing snow.
6. Upišite u obrazac sve što ste opazili na mjernom mjestu.

» **Tipovi oblaka**

Osim ukupne naoblake potrebno je odrediti i tipove oblaka koje smo opazili na nebu.

Točan redoslijed postupaka pri određivanju tipova oblaka

Zadatak

1. Odrediti koje ste od deset tipova oblaka opazili na nebu.

» **Što trebate imati sa sobom**

- obrazac za atmosferska mjerenja
- GLOBE kartu oblaka
- opis svih vrsta oblaka sa slikama (Atlas oblaka).

» **Redosljed procjene je:**

1. Pogledajte pažljivo i dobro sve oblake koje vidite na nebu, i pogledajte u svim smjerovima, uključujući i pogled uvis iznad vaše glave. Budite pažljivi i ne gledajte izravno u sunce.
2. Odredite tipove oblaka koje vidite na nebu koristeći GLOBE kartu oblaka i/ili opise svih vrsta oblaka s njihovim slikama u Atlasu oblaka.
3. Stavite znak u kućicu na vašem obrascu uz svaku vrstu oblaka koju ste zapazili na nebu.

14.2.4 Relativna vlažnost zraka

» **Mjerenje digitalnim higrometrom i njegovo čuvanje**

Relativna vlažnost zraka mjeri se ili određuje jednom dnevno, odnosno zajedno s mjerenjem temperature, oborine i naoblake.

Većina digitalnih higrometra osjetljiva je na kondenzaciju i ne smije ih se ostavljati u termometrijskoj kućici dok postoji mogućnost za kondenzaciju (ako se očekuje ili već pada oborina, ili ako je magla). Ako su takvi uvjeti, upišite u predviđenu rubriku za relativnu vlažnost zraka iznos 100 %, a u napomenu da je padala oborina ili je bila magla.

Higrometar treba odnijeti u kućicu najmanje 30 minuta prije mjerenja. Instrument se stavlja u uspravnom položaju na dno kućice i nakon najmanje 30 minuta očitava se relativna vlažnost, zaokružena na najbliži cijeli broj u %. Ako instrument ima mogućnost pokazivanja maksimalnih i minimalnih vrijednosti (ima pokazatelj za to koji će biti uključen), pazite da indikator ne bude uključen, inače nećete dobiti trenutačnu vrijednost relativne vlage u zraku već minimalnu ili maksimalnu vrijednost. Nakon očitavanja higrometar vratite u učionicu ili neko drugo prikladno i suho mjesto u školi. Očitane podatke upišite u odgovarajuće obrasce.

Obično nije potrebna kalibracija instrumenta jer dolazi već kalibriran od proizvođača koji garantira točnost za određeno vrijeme, obično dvije godine. Nakon toga najbolje je instrument poslati proizvođaču na ponovnu kalibraciju.

Ako se higrometar iz nekog razloga neće koristiti duže vrijeme, poželjno je izvaditi baterije iz instrumenta.

Zadatak

Odrediti relativnu vlažnost zraka uz pomoć digitalnog higrometra

» **Što trebate imati**

- digitalni higrometar
- obrazac za atmosferska mjerenja, olovku ili nešto drugo za pisanje
- sat.

» **Redosljed postupaka je:**

1. Stavite higrometar u termometrijsku kućicu. Ako je vrijeme suho, ne ostavljajte instrument u kućici.
2. Nakon najmanje 30 minuta očitajte stanje na instrumentu i upišite u obrazac.
3. Vratite higrometar u učionicu ili kabinet gdje ga i inače čuvate.

14.2.5 Tlak zraka

» **Instrumenti i mjerenje tlaka zraka**

Za mjerenje tlaka zraka služi živin barometar i aneroid ili aneroid barometar. Mi ćemo se u našim mjerenjima služiti aneroid barometrom. To je tzv. metalni barometar, na kojem se tlak određuje prema deformaciji elastične kutije. Kutija je načinjena od lakog metala valjkastog oblika. Baze su naborane da imaju što veću dodirnu površinu i zauzimaju što manje prostora. U kutiji se nalazi razrijeđeni zrak koji služi za temperaturnu kompenzaciju, i zato čitanje aneroida ne treba reducirati na 0 °C. Deformacija kutije mjera je za promjenu tlaka, a ona izaziva pomak kazaljke, čiji se položaj očita na skali aneroida u hektopaskalima (hPa). Uz kazaljku koja pokazuje vrijednost tlaka zraka može nalaziti još jedna kazaljka koja se ručno može pomicati u željeni položaj. Ona služi za ustanovljivanje pada ili rasta tlaka između dva mjerenja. Aneroidi zadovoljavajuće mjere tlak zraka sve do 500 m nadmorske visine. Iznad toga bolje je koristiti altimetar.

Postoje dva načina izražavanja tlaka zraka. Jedan je stanični tlak zraka, odnosno tlak zraka izmjeren na vašem mjernom mjestu i na vašoj nadmorskoj visini. Budući da se tlak zraka mijenja s nadmorskom visinom, teško je uspoređivati podatke dobivene na različitim nadmorskim visinama. Zbog toga se tlak izmjeren na nekom mjestu obično reducira tako da se svodi na razinu mora. Tim postupkom eliminiramo utjecaj nadmorske visine i dobivamo tlak zraka kakav bi bio da je vaše mjerno mjesto smješteno na razini mora.

Slika 14.9 Aneroid barometar

Instrument treba postaviti na zid učionice tako da sigurno i bez većeg pomicanja naprijed natrag sigurno stoji na zidu. Instrument ne smije nikad biti obasjan suncem, uvijek mora biti u hladu. Visina na koju je instrument postavljen treba biti takva da je skala s koje se očitava tlak u visini očiju učenika koji će tlak očitavati.

Točan redoslijed postupaka pri mjerenju tlaka zraka

Zadatak

1. Izmjeriti tlak zraka
2. Urediti instrument za sljedeće mjerenje. To činimo tako da pomoćnu iglu koja pokazuje prijašnju vrijednost tlaka zraka pomaknete na onu koju ste upravo očitali.

» **Što trebate imati**

- pravilno postavljen aneroid barometar ili altimetar
- obrazac za atmosferska mjerenja
- olovku ili nešto drugo za bilježenje podataka

» **U učionici ili kabinetu gdje je smješten aneroid**

1. Zabilježite datum i vrijeme mjerenja i podatak u obrazac za atmosferska mjerenja.
2. Lagano kucnite olovkom po staklu aneroida i pričekajte da se igla smiri.
3. Očitajte tlak na najbližu desetinku (0.1) milibara (mb) ili hektopaskala (hPa).
4. Upišite očitanu vrijednost kao trenutni tlak zraka.
5. Postavite pomoćnu iglu na trenutnu vrijednost tlaka zraka.

14.2.6 Vjetar

» ***SMJER I BRZINA VJETRA***

Vjetar je horizontalno strujanje zraka, a njegov je smjer ona strana svijeta iz smjera koje vjetar puše. Južni vjetar puše iz smjera juga (S), sjeveroistočni iz smjera sjeveroistoka (NE) i tako dalje.

Tablica 7.1 Nazivi smjerova vjetra i njihove kratice

Naš naziv međunarodnih kratica	Međunarodne kratice	Naziv međunarodnih kratica	Stupnjevi*
sjever – sjeveroistok	NNE	North-North-East	22,5
sjeveroistok	NE	North-East	45
istok-sjeveroistok	ENE	East-North-East	67,5
istok	E	East	90
istok-jugoistok	ESE	East-South-East	112,5
jugoistok	SE	South-East	135
jug-jugoistok	SSE	South-South-East	157,5
jug	S	South	180
jug-jugozapad	SSW	South-South-West	202,5
jugozapad	SW	South-West	225
zapad-jugozapad	WSW	West-South-West	247,5
zapad	W	West	270
zapad-sjeverozapad	WNW	West-North-West	292,5
sjeverozapad	NW	North-West	315
sjever-sjeverozapad	NNW	North-North-West	337,5
sjever	N	North	360

Tablica 14.3 Nazivi smjerova vjetra i njihove kratice

Broj po Beaufortu	Naziv vjetra	m/s	Brzina u čvorovima	km/h	Opis pojava na kopnu
0	Tišina	0-0,2	<1	<1	Tiho; dim se podiže uspravno
1	Lagan povjetarac Lahor	0,3-1,5	1-3	1-5	Smjer vjetra se opaža po gibanju dima, a ne po vjetrulji
2	Povjetarac	1,6-3,3	4-6	6-11	Vjetar se osjeća na licu, lišće treperi, vjetrokaz se pokreće
3	Slabi vjetar	3,4-5,4	7-10	12-19	Lišće i grančice stalno se njišu, razvijaju se lake zastave
4	Umjereni vjetar	5,5-7,9	11-16	20-28	Vjetar podiže prašinu i listove papira; gibaju se male grane
5	Umjereno jaki vjetar	8,0-10,7	17-21	29-38	Tanja stabla počinju se njihati; formiraju se mali valovi na kopnenim vodama
6	Jaki vjetar	10,8-13,8	22-27	39-49	Njišu se velike grane; čuje se zujanje telefonskih žica; otežano korištenje kišobrana
7	Vrlo jaki (Jestoki) vjetar	13,9-17,1	28-33	50-61	Ljuljaju se čitava stabla; hodanje uz vjetar je otežano
8	Olujni vjetar	17,2-20,7	34-40	62-74	Vjetar lomi grane drveća; hodanje nasuprot vjetru je gotovo nemoguće
9	Oluja	20,8-24,4	41-47	75-88	Nastaju manja oštećenja na objektima (skidanje crijepova, rušenje dimnjaka)
10	Jaka oluja	24,5-28,4	48-55	89-102	Rijetko se događaja na kopnu; drveće lomi ili čupa iz korijena; nastaju značajna oštećenja na objektima
11	Orkanska (Jestoka) oluja	28,5-32,6	56-63	103-117	Vrlo rijetka se događaja; praćena štetama velikih razmjera
12	Orkan	32,7-36,9	64-71	118-133	Opustoši čitav kraj

Tablica 14.4 Beaufortova ljestvica za procjenu jačine vjetra na kopnu

Vjetar je vektorska veličina pa, osim smjera, mjerimo i njegovu brzinu procjenjujući jačinu vjetra.

Točan redoslijed postupaka za određivanje smjera vjetra

Zadatak

1. Odrediti smjer vjetra koristeći instrument za određivanje smjera vjetra.

» **Što trebate imati**

- instrument za određivanje smjera vjetra
- obrazac za atmosferska mjerenja, olovku ili nešto drugo za pisanje
- kompas.

» **Redoslijed postupaka je:**

1. Stavite instrument na stol ili klupu tako da bude oko metar iznad tla.
2. Pomoću kompasa nađite magnetski sjever i postavite postolje instrumenta da pokazuje stvarni sjever.
3. Promotrite zastavicu da vidite ima li uopće vjetra.
4. Ako se zastavica pomiče odredite stranu svijeta s koje puše vjetar.
5. Upišite stranu svijeta u obrazac.

Zadatak

1. Procijeniti jačinu vjetra i odrediti njegovu brzinu koristeći Beaufortovu ljestvicu.

» **Što trebate imati**

- obrazac za atmosferska mjerenja
- Beaufortovu ljestvicu

» **Redoslijed postupka je:**

1. Pogledati oko sebe i primijetiti učinke strujanja zraka na dim, lišće na granama, i sl.
2. Primjenom Beaufortove ljestvice odrediti kolika je jačina vjetra u boforima.
3. Očitati pripadajuću brzinu vjetra u izraženu u metrima u sekundi (m/s).
4. Upisati podatke u obrazac.

Literatura:

- Program GLOBE – priručnik za mjerenja, Atmosfera
- Program GLOBE – priručnik za mjerenja, Atmosfera II
- Državni hidrometeorološki zavod: **Naputak** za opažanja i mjerenja na glavnim meteorološkim postajama, Zagreb 2008.
- dr. Branka Penzar, dr. Berislav Makjanić: Uvod u opću klimatologiju, Zagreb 1978.

14.3 Obrazac za atmosferska mjerenja

Ime škole:_____

Dan u tjednu	ponedjeljak	utorak	srijeda	četvrtak	petak	subota	nedjelja
Datum							
Vrijeme							
Ime opažača							

Maksimalna, minimalna i trenutna temperatura (˚C)

Trenutna temperatura zraka							
Maksimalna dnevna temperatura							
Minimalna dnevna temperatura							

Količina tekuće oborine (mm)

Broj dana u skupljanja oborina							
Količina tekuće oborine u kišomjeru							

Kruta oborina (mm) - Ukupna visina snježnog pokrivača na tlu

Dubina uzorka 1							
Dubina uzorka 2							
Dubina uzorka 3							

Kruta oborina (mm) – Visina novog snježnog pokrivača na tlu

Broj dana u skupljanja snijeg							
Dubina uzorka 1							
Dubina uzorka 2							
Dubina uzorka 3							

Naoblaka (%)

Nebo bez oblaka (0%)							
Čisto nebo (0% - 10%)							
Izolirani oblaci (10% - 25%)							
Raštrkani oblaci (25% - 50%)							
Isprekidani oblaci (50% - 90%)							
Oblačno (90% - 100%)							
Nebo nevidljivo							

Ako je nebo nevidljivo

Magla							
Dim							
Sumaglica							
Prašina							
Pijesak							
Vodeni dim							
Jaka kiša							
Jaki snijeg							
Snježna vijavica							

Tipovi oblaka

Cirrus							
Cirrocumulus							
Cirrostrarus							
Altostratus							
Altocumulus							
Cumulus							
Nimbostratus							
Stratus							
Stratocumulus							

Relativna vlažnost (%)

Relativna vlažnost							

Tlak zraka na mjestu školske meteorološke postaje (mbar)

Tlak zraka							

Vjetar: jačina vjetra (beaufort), smjer vjetra (strane svijeta), brzina vjetra (m/s)

Smjer vjetra (N, NE, E, SE, S, SW, W, NW)							
Jačina vjetra							
Brzina vjetra							

GEL

Gimnazijski
Ekološki
Laboratorij

Projekt je sufinancirala
Europska unija

ISBN 978-953-58453-1-7

Program Europske unije za Hrvatsku – IPA IV. Komponenta – Razvoj ljudskih potencijala
"Daljnji razvoj i provedba Hrvatskoga kvalifikacijskog okvira"

Nositelj: Gimnazija Požega

Partneri: PAPUK

Suradnici: Hrvatske šume

Sadržaj ove publikacije isključiva je odgovornost Gimnazije u Požegi.