

## BIOMONITORING RASTLIN IN OKOLJA ZA TRAJNOSTNO IZVAJANJE VARSTVA NARAVE

**Jasna Paradiž**

Dr. univ. dipl. biol.

Samostojna raziskovalka

e-mail: jasna.paradiz@gmail.com

UDK: 502:581

COBISS: 1.01

### **Izvleček**

#### **Biomonitoring rastlin in okolja za trajnostno izvajanje varstva narave**

Tekom desetletnega biomonitoringa rastlin na Ljubljanskem barju smo preučili populacijsko dinamiko pri vrsti *Fritillaria meleagris* in *Solidago canadensis*. Izvedli smo tudi bioteste za oceno ogroženosti mokriščnih rastlin zaradi onesnaževanja okolja. Podatki s topografskih kart so pokazali zmanjšanje gostote populacij ogrožene vrste *F. meleagris* na opazovanih mestih, medtem ko se je razširjenost *S. canadensis* povečala na celem območju. Na osnovi rezultatov citogenetske analize različnih vrst je ugotovljena povečana stopnja genotoksične ogroženosti rastlin na Ljubljanskem barju v primerjavi z drugimi lokalitetami. Biomonitoring rastlin se priporoča za zgodnje odkrivanje škodljivih učinkov onesnaževanja, in ob ekoremediacijah služi za trajnostno izvajanje varstva rastlin v naravnih habitatih.

#### **Ključne besede**

mokrišča, populacijska dinamika rastlin, citogenetska ogroženost, varstvo narave

### **Abstract**

#### **Environmental biomonitoring plants for sustainable nature protection**

In the past 10 years of biomonitoring on the Ljubljana moor, population status and distribution changes of *Fritillaria meleagris* and *Solidago canadensis* were investigated. Plant bioassays were also performed for the environmental hazard assessment in wetlands. Spatial distribution maps showed decreased population densities of *F. meleagris* at observed sites but increased distribution size of *S. canadensis* through the area. Cytogenetic analyses of different species indicated an elevated genotoxic hazard for plants inhabiting the nearby surrounding moor of Ljubljana in comparison to other localities. Monitoring plants for early signalling of harmful pollution effects and ecosystem ecoremediations as the most sustainable protection measure for plants in natural environments could be suggested.

#### **Keywords**

wetlands, plant population dynamics, cytogenetic risks, nature protection

## 1. Uvod

Ljubljansko barje s svojimi naravnimi značilnostmi vzbuja posebno pozornost, po eni strani za gospodarsko koriščenje in po drugi strani za naravovarstvo. V preteklosti so bili naravni habitati večinoma močno spremenjeni zaradi izsuševanja, ali pozidani, medtem ko so številni naravoslovci v svojih raziskavah ugotavljali vse večjo ogroženost barja. Celotno območje ima danes varstveni status ekološko pomembnega območja, varovano v evropskem merilu kot Natura 2000, večji del pa je zavarovano območje Krajinski park Ljubljansko barje.

Mokrišča Ljubljanskega barja so življenjski prostor velikemu številu vrst in tudi zatočišča za mnoge ogrožene, ranljive in redke rastline. Med njimi je najbolj poznana močvirska logarica (*Fritillaria meleagris*), ki je prava lokalna posebnost, saj krasi kar dva občinska grba (Ig in Brezovico). Vrsta je razmeroma pogosta in populacija stabilna (Čelik s sod. 2009, 48 in 50), vendar so njena rastišča zelo ogrožena zaradi gnojenja travnikov in spreminjanja v pašnike, poleg tega pa lahko lastniki travnike (kot kmetijsko površino) kadarkoli preorjejo v njive.

Močvirska logarica, prilagojena na mokrotne travnike je zaradi izgube rastišč zavarovana od leta 1949. Na Rdečem seznamu ogroženih praprotnic in semenovk Slovenije je uvrščena med prizadete vrste (Wraber in Skoberne 1989, 14) ter je tako v skupini najbolj ogroženih rastlin po IUCN (Mednarodna zveza za varstvo narave in naravnih virov) kategorizaciji. Ta vrsta logaric je tudi bolj občutljiva na vplive genotoksičnih dejavnikov okolja kot druge rastline, vezane na mokrišča (Paradiž 2008, 76).

Mokrotna travišča Ljubljanskega barja so ekološko posebej visoko ovrednotena in hkrati tudi najbolj ogrožena rastišča. Zaradi številnih antropogenih vplivov (kmetijstvo, promet, turizem, hidromelioracije, odlaganje gradbenih in drugih odpadkov) so naravne rastlinske združbe na mnogih mestih že osiromašene (Lovka 2000, 12), prevadujejo pa ruderalne ali iz drugih delov sveta zanešene (adventivne) rastline, ki kot pionirske vrste lahko hitro naselijo degradirana površine (Lovka s sod. 2003, 51). To je velik naravovarstveni problem, s katerim se soočajo povsod v preobremenjenem okolju. Za izboljšanje stanja se vršijo študije bioloških učinkov onesnaževanja okolja (Klump s sod. 2000, 200; Hansen 2008, 298).

Na Ljubljanskem barju, kjer so se v zadnjem obdobju dogajale večje spremembe prostora, ki lahko negativno vplivajo na ohranitveno stanje ogroženih vrst in habitatov, se je zadnjih deset let vršil biološki monitoring z rastlinami. V raziskavah smo proučili gostoto in velikost delnih metapopulacij močvirske logarice (*Fritillaria meleagris*) na določenih mestih, ter razširjenost tujerodne invazivke kanadske zlate rozge (*Solidago canadensis*) na širšem področju. Poleg dinamike populacijskih sprememb smo raziskali tudi ogroženost rastlin zaradi onesnaževanja njihovih rastišč.

## 2. Metoda dela

V okviru biomonitoringa rastlin na Ljubljanskem barju smo proučevali populacijsko dinamiko pri močvirski logarici (*Fritillaria meleagris*) in kanadski zlati rozgi (*Solidago canadensis*), ter ocenili stopnjo ogroženosti mokriščnih rastlin zaradi onesnaževanja okolja. Tekom desetletnih raziskav so bile uporabljane enotne metode terenskega in laboratorijskega dela, natančno opisane v literaturi (Lovka s sod. 2003, 49), tako da

je omogočena primerjava novejših podatkov s starimi (izpred 10 let) na istih raziskovalnih mestih.

Gostoto in velikost delnih populacij močvirske logarice smo ugotavljali od februarja do maja v letih 2000 in 2010 na izbranih lokalitetah, razširjenost kanadske zlate rozge pa od junija do septembra v letih 2001 in 2011 na celotni vzhodni polovici Ljubljanskega barja. Iz podatkov terenskih opazovanj so bile izdelane karte v merilu 1: 5.000 (s programskimi orodji za GIS na osnovi ortofoto posnetkov ter digitalnih podatkov o barjanskih odvodnikih in mejah krajinskega parka, ki jih vzdržuje MOP v merilu 1:25.000).

Pri močvirski logarici (*Fritillaria meleagris*) sta bili izdelani dve karti z gostoto populacij. Karto s podatki za leto 2000 prikazuje Slika 1, karto s podatki za leto 2010 pa Slika 2. Na osnovi primerjave Slik 1 in 2 smo ocenili stanje ohranjenosti ogrožene vrste v proučevanem obdobju na izbranih mestih.

Karto z območji razširjenosti kanadske zlate rozge (*Solidago canadensis*) na vzhodni polovici Ljubljanskega barja v letu 2001 prikazuje Slika 3, karto za leto 2011 kaže Slika 4. Primerjeva med sliko 3 in 4 je služila za oceno invazivnosti tujerodne vrste na območju za zadnjih deset let.

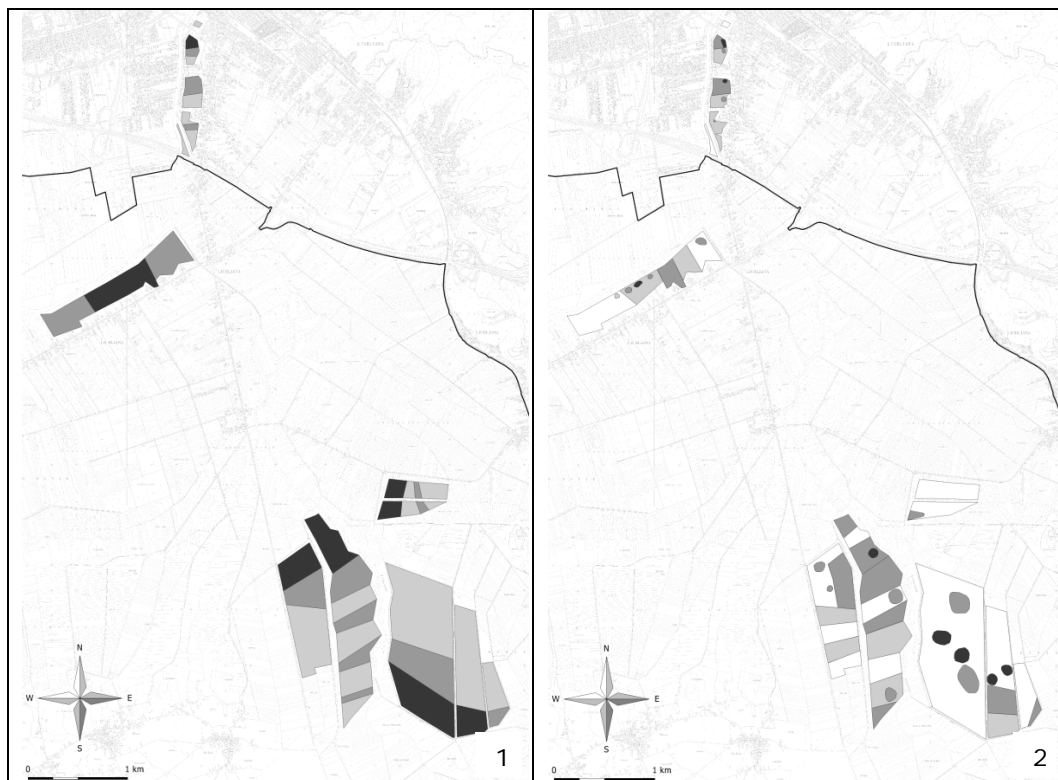
V bioloških testiranjih okolja Ljubljanskega barja smo uporabili naravno rastoče rastline kot bioindikatorje škodljivih vplivov zemlje in zraka. Podrobne citogenetske analize rastlinskega materiala smo vršili po ustaljenih postopkih citološkega dela: analiza mitotskih kromosomov iz meristematskih celic koreninskih vršičkov (biotest zemlje) in analiza deformiranosti pelodnih zrn iz cvetnih popkov (biotest zraka). Ocena stopnje ogroženosti rastlin zaradi genotoksičnih kontaminantov v okolju je bila podana v primerjavi s podatki pri rastlinah iz Grosupeljskega in Radenskega polja ter Palškega in Petelinskega jezera. Analizirali smo skupno 33 taksonov z 19 lokalitet.

### 3. Spoznanja

Podatke za gostoto populacij močvirske logarice (*Fritillaria meleagris*) na opazovanih mestih Ljubljanskega barja, izrisane na karti za leto 2000 podaja slika 1. Enako so prikazani podatki pri *Fritillaria meleagris* za leto 2010, izrisani na karti v Sliki 2.

Iz primerjave kart z gostoto populacij močvirske logarice med letom 2000 in 2010 (Slika 1 in 2) se kaže zmanjšanje gostote populacij in mestoma tudi delna izguba rastišča na istih mestih opazovanja. Ocenjujemo, da se je povečala stopnja ogroženosti te vrste v zadnjih desetih letih na proučevanem področju Ljubljanskega barja, ki je od leta 2008 tudi najbolj strogo varovano območje Krajinskega parka Ljubljansko barje (KPLB).

Območje razširjenosti kanadske zlate rozge (*Solidago canadensis*) v letih 2001 in 2011 na vzhodni polovici Ljubljanskega barja kažejo podatki na kartah, za leto 2001 so v sliki 3 in za leto 2011 v Sliki 4.



Slika 1 (levo) in Slika 2 (desno): Gostota populacij močvirske logarice (*Fritillaria meleagris*) na Ljubljanskem barju leta 2000 (1) in leta 2010 (2).

Legenda:

- velika gostota,
- srednja gostota,
- manjša gostota,
- nič do nekaj primerkov posamič.

Črta označuje severno mejo KPLB z MOL Ljubljana.

Primerjava obeh kart z območji razširjenosti kanadske zlate rozge (*Solidago canadensis*) za leto 2001 in 2011 (Sliki 3 in 4) kaže veliko stopnjo invazivnosti neofita (od drugod zanešene rastlinske vrste) v zadnjih desetih letih na obsežnem delu Ljubljanskega barja.

Rezultati citogenetskih biotestov za oceno škodljivih vplivov iz okolja na rastline so podani v Preglednici 1. Pri rastlinah z rastišč Ljubljanskega barja smo opazili 1-krat več kromosomskih aberacij (nepravilnosti) in več deformiranega peloda kot pri rastlinah z drugih mokrišč. To kaže, da je večja stopnja citogenetske ogroženosti za rastline na Ljubljanskem barju kot na drugih mokriščnih lokalitetah v Sloveniji.



Slika 3: Območje razširjenosti kanadske zlate rozge (*Solidago canadensis*) na vzhodni polovici Ljubljanskega barja leta 2001 (obris je meja krajinskega parka).



Slika 4: Območje razširjenosti kanadske zlate rozge (*Solidago canadensis*) na vzhodni polovici Ljubljanskega barja leta 2011 (obris je meja krajinskega parka).

Preglednica 1: Citogenetski biotesti na rastlinah za oceno bioloških učinkov onesnaževanja okolja na Ljubljanskem barju in drugih mokriščih.

Področje	Biotesti onesnaženosti zemlje			Biotesti onesnaženosti zraka		
	Kromosomske aberacije %	Število vrst	Število lokalitet	Deformiranost peloda %	Število vrst	Število lokalitet
Ljubljansko barje	4,59	14	9	5,39	15	5
Druga mokrišča*	2,30	7	3	3,99	4	2

\* Grosupeljsko in Radensko polje ter Palško in Petelinsko jezero

Določili smo tri najbolj občutljive vrste na genotoksične kontaminante v zemlji Ljubljanskega barja v redosledu: močvirska logarica (*Fritillaria meleagris*) > robati luk (*Allium angulosum*) > poletni veliki zvonček (*Leucojum aestivum*).

Za tri najbolj občutljive bioindikatorje zračne kontaminacije je razpored sledeč: navadna madronščica (*Linaria vulgaris*) > vodna perunika (*Iris pseudacorus*) > brestovolistni oslad (*Filipendula ulmaria*).

#### 4. Zaključek

V desetletnem biomonitoringu rastlin na Ljubljanskem barju smo proučili dinamiko populacij ogrožene in invazivne vrste, ter raziskali genotoksične vplive onesnaževanja v mokriščnih habitatih. Ugotovili smo fragmentacijo in manjšo gostote populacij ogrožene vrste močvirske logarice po eni strani in veliko invazivnost tujerodne vrste kanadske zlate rozge po drugi strani. Obenem se je pokazala povečana stopnja citogenetske ogroženosti velikega števila naravno rastočih rastlin zaradi polucije. Vsi proučevani biološki parametri raziskovanja okolja kažejo večjo degradacijo mokriščnih površin, ki vpliva na slabše ohranitveno stanje vrst in habitatov ter s tem tudi na zmanjšano stabilnosti ekosistema Ljubljanskega barja.

Izredno občutljivo ravnotežje mokriščnih ekosistemov se lahko odraža kot delna sprememba biocenoze v zmanjšanem številu vrst ali pa, da avtohtone vrste izrivajo druge rastline, ki so kazalke degradacije združbe (Seliškar 1996, 99). Tak proces se odvija na Ljubljanskem barju, saj je ugotovljeno močno razraščanje tujerodne vrste, značilne za degradirane površine. Tudi ocena za povečano citogenetsko obremenjenost rastlin je v skladu s sklepom drugih avtorjev, da je vegetacija Ljubljanskega barja ogrožena zaradi onesnaževanja okolja (Martinčič 1996, 126; Zupančič, 1996, 86). Zlasti so nevarni genotoksični kontaminanti, ki so v okolju v zelo nizkih količinah. Zato so domnevno neškodljivi, toda za genotoksične vplive ni ugotovljen spodnji prag škodljivosti, biološki učinki pa so nepredvidljivi (Casarett 1987, 284).

Rastline kažejo značilnosti svojega rastišča in so dobri bioindikatorji razmer svojega rastišča. Veliko indikatorsko vrednost imajo vrste, ki so ozko specializirane ali pa uspevajo v krajevno omejenih arealih. Toda z uničenjem rastišča izgine flora in z njo bioindikatorji, katerih propad sporoča le o nepopravljivi škodi. Večja je bioindikativna vloga rastlin, pri katerih se lahko zasledi citogenetske motnje vitalnih procesov kot posledica škodljivih vplivov okolja. Ampak tudi številne bioindikatorske rastline so že ogrožene in tudi izumrle, saj se število naravnih rastišč nenehno zmanjšuje (Martinčič 1996, 128; Wraber in Skoberne 1996, 196).

Poznavanje dinamike, ki izhaja iz biologije posameznih rastlinskih vrst omogoča varstvo in ohranjanje zavarovanih in ogroženih vrst. Naravno obnavljanje rastlinskih združb je običajno dolgotrajen proces, samodejno naseljevanje ogroženih rastlinskih vrst pa pogosto celo povsem onemogočeno, zlasti kadar so te vrste že izginile z določenega območja. Z raziskavami na Ljubljanskem barju smo prispevali nove podatke za ohranitev botaničnih vrednot, ki bi jih zaradi ogroženosti in znamenitosti morali varovati, vključno z njihovimi rastišči. Poleg tega smo demonstrirali, da je za uspešno varstveno dejavnost v zavarovanih območjih pomembno, poznati odgovor ne le na vprašanje, katere vrste so ogrožene, ampak tudi zakaj.

Izsledki biomonitoringa rastlin prispevajo k boljšemu poznavanju rastlin in njihovih rastišč na Ljubljanskem barju, ter tako omogočajo tudi njihovo ustrežnejše varovanje. Zato predlagamo nadaljevanje tovrstnih raziskav ob vključevanju ekoremediacijskih postopkov (Vrhovšek in Vovk Korže 2007, 40). Tako bi lahko nadgradili obstoječi sistem za ugotavljanje sprememb v okolju takrat, ko je še čas za cenejše in učinkovitejše sanacijske ukrepe.

## Literatura

- Casarett, A. P. 1987: Radiation biology, Effects of radiation on higher plants and plant communities. Prentice-Hall. Inc. Englewood Cliffs, New Jersey.
- Čelik, T., Vreš, B., Seliškar, A. 2009: Ocena stanja populacij in habitatov ter predlog monitoring za ogrožene vrste barjanski okarček (*Coenonympha oedippus*), močvirski tulipan (*Fritillaria meleagris*) in Loeselova grezovka (*Liparis loeselii*) na Ljubljanskem barju. Končno poročilo, Biološki inštitut Jovana Hadžija ZRC SAZU. Biblioteka SAZU Ljubljana.
- Hansen, P.-D. 2008: Biosensors for Environmental and Human Health. Advanced Environmental Monitoring. Earth and Environmental Science, Springer.
- Klump, A., Ansel, W., Klump, G., Belluzzo, N., Calatayud, V., Chaplin, N., Garrec, J. P., Gutsche, H. J., Hayes M., Hentze, H. W. 2002: EuroBionet: A Pan-European Biomonitoring Network for Urban Air Quality Assessment. Environmental Science and Pollution Research, Springer.
- Lovka, M. 2000: Pomen odvodnikov na Ljubljanskem barju za višje rastline. Fazno poročilo za raziskovalni projekt Izdelava katastra barjanskih odvodnikov po njihovem ekološkem pomenu, NIB Ljubljana. Knjižnica Nacionalni inštitut za biologijo in BF, Oddelek za biologija, Ljubljana.
- Lovka, M., Krušnik, C., Kosi, G., Paradiž, J. 2003: Naravna dediščina mokriščnih habitatov. Končno poročilo znanstvenoraziskovalnega projekta, Nacionalni inštitut za biologijo Ljubljana. Knjižnica Nacionalni inštitut za biologijo in BF, Oddelek za biologija, Ljubljana.
- Martinčič, A. 1996: Barja. Društvo ekologov Slovenije Ljubljana.
- Paradiž, J. 2008: Prispevek k poznavanju stanja ogroženosti močvirske logarice (*Fritillaria meleagris* L.) na Ljubljanskem barju. Limnos d.o.o., Podjetje za aplikativno ekologijo in Univerza v Mariboru, Filozofska fakulteta, Mednarodni center za ekoremediacije.
- Seliškar, A. 1996: Traviščna in močvirna vegetacija. Društvo ekologov Slovenije Ljubljana.
- Vrhovšek, D., Vovk Korže, A. 2007: Ekoremediacije. Univerza v Mariboru, Filozofska fakulteta Maribor, Mednarodni center za ekoremediacije in Limnos, d.o.o.
- Wraber, T., Skoberne, P. 1989: Rdeči seznam ogroženih praprotnic in semenovk SR Slovenije. Varstvo narave. Ljubljana.

Wraber, T., Skoberne, P. 1996: Praprotnice (Pteridophyta) in semenke (Spermatophyta). Društvo ekologov Slovenije Ljubljana.

Zupančič, M. 1996: Gozdna in grmišča vegetacija. Društvo ekologov Slovenije Ljubljana.

Zahvala

Karte za grafični prikaz podatkov s terena je za članek pripravil Milijan Šiško, NIB MBP. Kartografske podlage za izris meje Krajinskega parka Ljubljansko barje je posredovala Barbara Zupanc, direktorica KPLB. Avtorica članka se obema zahvaljuje za sodelovanje in pomoč.



## ENVIRONMENTAL BIOMONITORING PLANTS FOR SUSTAINABLE NATURE PROTECTION

### Summary

In the period of the last 10 years, we carried out a biomonitoring research on the Ljubljana moor to elucidate the present status of flora in wetlands which are highly endangered habitats. In field studies, the size and structure of partial metapopulations of endangered plants of *Fritillaria meleagris* were scored. Distribution maps of *Solidago canadensis* were also produced, since the invasive species is considered to be a major threat to biodiversity. Furthermore, cytogenetic risks in plants that were affected by the environmental pollution were investigated.

In monitoring *Fritillaria meleagris*, species number decrease and population fragmentation were established at experimental sites of the Ljubljana moor. However, increased distribution extent of *Solidago canadensis* throughout the area was present. The amount of cytogenetic damage in plants from the surroundings of Ljubljana was greater than in other Slovenian wetlands. The results obtained contribute to a better knowledge of the distinct species, their distribution and vulnerability in a rapidly changing environment. New cytogenetic results on flora could serve for adequate environmental measure implementation, as well as for ecoremediation in wetland ecosystems.

Bioassays in 33 species were performed for environmental hazard assessment of the Ljubljana moor, using standard cytological techniques (e.g. analysis of mitotic chromosomes from root tip meristematic cells and pollen grain deformation assay). The most sensitive bioindicators of genotoxic effects of complex soil and air pollution were found to be *Fritillaria meleagris* and *Linaria vulgaris*, respectively. Cytogenetic results have provided an essential knowledge and early identification of harmful biological effects due to pollution of natural habitats. Thus, intervention and prevention is possible.

Research results could find a practical use in nature protection, especially in protecting the natural heritage and in maintaining the biodiversity of Ljubljana moor. The overview of endangered plants and maps of species spatial distribution can now be revised. The results provide fundamentals for environmental education programmes and can help raise awareness of local communities and authorities. They are applicable in fulfilling the directives of various international conventions that concern the maintenance of biodiversity and the vulnerability of ecosystems.

