



Sveučilište u Zagrebu

VETERINARSKI FAKULTET

Silvia Blašković, dr. med. vet.

**Aktivnost risa (*Lynx lynx*) u prisutnosti plijena,
kompeticijskih vrsta i čovjeka**

DOKTORSKI RAD

Zagreb, 2024.



University of Zagreb

FACULTY OF VETERINARY MEDICINE

Silvia Blašković, DVM

**Lynx (*Lynx lynx*) activity in the presence of prey
species, competitive species and humans**

DOCTORAL THESIS

Zagreb, 2024



Sveučilište u Zagrebu

VETERINARSKI FAKULTET

Silvia Blašković, dr. med. vet.

**Aktivnost risa (*Lynx lynx*) u prisutnosti plijena,
kompeticijskih vrsta i čovjeka**

DOKTORSKI RAD

Mentori:

Prof. dr. sc. Tomislav Gomerčić
Izv. prof. dr. sc. Magda Sindičić

Zagreb, 2024.



University of Zagreb

FACULTY OF VETERINARY MEDICINE

Silvia Blašković, DVM

**Lynx (*Lynx lynx*) activity in the presence of prey
species, competitive species and humans**

DOCTORAL THESIS

Supervisors:

Prof. Tomislav Gomerčić
Assoc. Prof. Magda Sindičić

Zagreb, 2024



Sveučilište u Zagrebu
VETERINARSKI FAKULTET

I Z J A V A

Ja, SILVIA BLAŠKOVIĆ, potvrđujem da je moj doktorski rad izvorni rezultat mog rada te da se u njegovoj izradi nisam koristila drugim izvorima do onih navedenih u radu.

(potpis studenta)

Zagreb, 2024.

O MENTORIMA

Prof. dr. sc. Tomislav Gomerčić magistrirao je na Prirodoslovno - matematičkom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu, polje biologija, ekologija, na istraživanju kranimetrije euroazijskog risa, a njegova znanstvena aktivnost usmjerena je na ekologiju velikih zvijeri i morskih sisavaca. Stoga je prof. dr. sc. Gomerčić kao mentor bio zadužen za ekološki aspekt istraživanja aktivnosti risa te korištenja metoda u geografsko informacijskim sustavima (GIS-u) neophodnim za izradu ovog doktorata kao i ostalih ekoloških metoda i rada na terenu.

PUBLIKACIJE U POSLJEDNJIH 5 GODINA:

1. TOPLIČANEC, I., T. GOMERČIĆ, T. SPAJIĆ, M. SINDIČIĆ (2022): Big spots in a small population: Analyzing characteristics and temporality of coat patterns in Croatian lynx population. *Zool. Anz.* 297, 79-84.
2. GOMERČIĆ, T., I. TOPLIČANEC, V. SLIJEPCHEVIĆ, S. BLAŠKOVIĆ, I. SELANEC, I. BUDINSKI, J. TOMAIĆ, J. KUSAK, G. IVANOV, M. SINDIČIĆ (2021): Distribution and minimum population size of Eurasian lynx (*Lynx lynx*) in Croatia in the period 2018-2020. *Sumar. list* 145 (11-12), 525-533.
3. GOMERČIĆ, T., M. PERHARIĆ, J. KUSAK, V. SLIJEPCHEVIĆ, V. STAREŠINA, V. STEVANOVIĆ, V. MOJČEC PERKO, I. TOPLIČANEC, M. SINDIČIĆ (2020): Retroviral survey in endangered Eurasian lynx (*Lynx lynx*) from Croatia. *Vet. Arh.* 91(1), 65-71.
4. ZADRAVEC, M., N. MALTAR-STRMEČKI, S. KUŽIR, T. GOMERČIĆ, M. MITAK, M. ĐURAS (2020): Aging-related histomorphometric changes in cortical bone tissue of bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*). *Zoomorphology*, 139, 407-420.
5. GOMERČIĆ, T., I. TOPLIČANEC, V. ŠIMUNOVIĆ, M. SINDIČIĆ (2024): Camelot RReport – free web application for analysing camera trap data. *J. Vertebr. Biol.* 73, 3.

Izv. prof. dr. sc. Magda Sindičić voditeljica je projekta pod kojim je izrađena ova disertacija. Doktorirala je na istraživanju genske raznolikosti euroazijskog risa, a njena znanstvena djelatnost iskazala je potrebu za provođenjem repopulacije risa na području Dinarida. Stoga je njena uloga kao mentora bila prvenstveno usmjerena na organizaciju sustava prikupljanja podataka sa terena, objedinjavanja te njihovu primarnu obradu.

PUBLIKACIJE U POSLJEDNJIH 5 GODINA:

1. TOPLIČANEC, I., T. GOMERČIĆ, T. SPAJIĆ, M. SINDIČIĆ (2022): Big spots in a small population: Analyzing characteristics and temporality of coat patterns in Croatian lynx population. *Zool. Anz.* 297, 79-84.
2. MUELLER, S., S. PROST, O. ANDERS, C. BREITENMOSER-WÜRSTEN, O. KLEVEN, P. KLINGA, M. KONEC, A. KOPATZ, J. KROJEROVÁ-PROKEŠOVÁ, T. MIDDELHOFF, G. OBEXER-RUFF, E. REINERS, T. E. SCHMIDT, KRZYSZTOF ; M. SINDIČIĆ, T. SKRBINŠEK, B. TÁM, A. P. SAVELJEV, G. NARANBAATAR, C. NOWAK (2022): Genome-wide diversity loss in reintroduced Eurasian lynx populations urges immediate conservation management. *Biol. Conserv.* 266, 109442.
3. GOMERČIĆ, T., I. TOPLIČANEC, V. SLIJEPCHEVIĆ, S. BLAŠKOVIĆ, I. SELANEC, I. BUDINSKI, J. TOMAIĆ, J. KUSAK, G. IVANOV, M. SINDIČIĆ (2021): Distribution and minimum population size of Eurasian lynx (*Lynx lynx*) in Croatia in the period 2018-2020. *Sumar. list* 145 (11-12), 525-53.
4. MCDEVITT, ALLAN D., I. COSCIA, S. S. BROWETT, A. RUIZ-GONZÁLEZ, M. J. STATHAM, R. INKA, L. ROBERTS, J. STOJAK, A. C. FRANTZ, K. NORÉN, E. O. ÅGREN, J. LEARMOUNT, M. BASTO, C. FERNANDES, P. STUART, D. G. TOSH, M. SINDIČIĆ, T. ANDREANSZKY, M. ISOMURSU, M. PANEK, A. KOROLEV, I. M. OKHLOPKOV, A. P. SAVELJEV, B. POKORNY, K. FLAJŠMAN, S. W. R. HARRISON, V. LOBKOV, D. ČIROVIĆ, J. MULLINS, C. PERTOLDI, E. RANDI, B. N. SACKS, R. KOWALCZYK, J. M. WÓJCIK (2022): Next-generation phylogeography resolves post- glacial colonization patterns in a widespread carnivore, the red fox (*Vulpes vulpes*) in Europe. *Mol. Ecol.* 31(3), 993-1006.
5. ČURLÍK, J., D. KONJEVIĆ, M. BUJANIĆ, Ž. SABOL, F. MARTINKOVIĆ, M. SINDIČIĆ (2019): First description of *Setaria tundra* (Issaitshikoff & Rajewskaya, 1928) in roe deer from Croatia. *Helminthologia*, 56(3) 252-255.

Zahvaljujem svojim mentorima prof. dr.sc. Tomislavu Gomerčiću i izv. prof. dr. sc. Magdi Sindičić na ukazanom povjerenju, vodstvu, stručnoj i znanstvenoj pomoći te na strpljenju i podršci koje su mi pružili tijekom posljednje četiri godine.

Zahvaljujem kolegama iz LIFE Lynx tima kao i svima ostalima koji su nebrojenim satima provedenim na terenu i ustupanjem podataka omogućili pisanje ovog doktorskog rada.

I na kraju, beskrajno zahvaljujem svojoj obitelji, a osobito mojoj mami Mirjani i sestri Petri na bezuvjetnoj ljubavi, stalnoj potpori i snazi koju mi dajete. Hvala vam što ste uvijek uz mene!

SAŽETAK

AKTIVNOST RISA (*Lynx lynx*) U PRISUTNOSTI PLIJENA, KOMPETICIJSKIH VRSTA I ČOVJEKA

Obrasci i razine dnevnih i sezonskih aktivnost životinja pod utjecajem su unutarnjih (evolucijskih) i vanjskih (biotičkih i abiotičkih) čimbenika. S obzirom da se ti čimbenici mijenjaju u skladu s područjem obitavanja i sezonama, ovaj opći ritam (obrazac i razina) aktivnosti sinkronizira se s lokalnim okolišnim čimbenicima.

Ris (*Lynx lynx*) je uz vuka (*Canis lupus*) i smeđeg medvjeda (*Ursus arctos*) najveći kopneni predator u Europi, a u Hrvatskoj je danas strogo zaštićena vrsta sisavca. Kako bi se ovom vrstom učinkovito upravljalo, važno je poznavanje ekologije te sposobnosti prilagodbe vrste na okolišne čimbenike. S obzirom da su na području Hrvatske međusobni odnosi između risa i čovjeka te drugih životinjskih vrsta s kojima dijeli stanište još uvijek uglavnom nepoznati, cilj ove disertacije bio je istražiti utjecaj kompeticijskih (smeđi medvjed i vuk) i plijenskih vrsta (srne, divokoze i jelena običnog) te prisutnosti čovjeka na aktivnost risa.

U sklopu međunarodnog projekta „Spašavanje dinarske i jugoistočne alpske populacije risa od izumiranja“ (LIFE Lynx) (LIFE16 NAT/SI/000634) postavljena je mreža fotozamki na području rasprostranjenosti risa u Hrvatskoj. Podaci s fotozamki prikupljeni tijekom 60 mjeseci obrađeni su pomoću R skripte napisane u svrhu ovog istraživanja te su zatim analizirani u Overlap, Activity i suncalc paketima unutar R programskog jezika. Analizirana je razina preklapanja aktivnosti risa s aktivnostima lokalnih kompeticijskih i plijenskih vrsta kao i utjecaj prisutnosti čovjeka na obrazac i razinu aktivnosti risa. Osim toga, analiziran je utjecaj različitog izražavanja podataka o vremenu (izraženih u satima u odnosu na vrijeme izraženo prema položaju Sunca) na podatke o aktivnosti istraživanih životinjskih vrsta u dugoročnim istraživanjima.

U analizama odnosa aktivnosti risa s kompeticijskim vrstama zabilježeno je visoko preklapanje obrazaca aktivnosti svih triju vrsta predatora, uz određene razlike u razdobljima najviših razina aktivnosti. Analize aktivnosti risa u odnosu na plijenske vrste pokazuju značajne razlike o odnosu na aktivnosti srne i divokoze, dok takva razlika nije zabilježena u odnosu na jelena običnog. Osim toga, utvrđeno je da na povećanu aktivnost čovjeka ris nije odgovorio promjenom obrasca aktivnosti, no primjetno je povećao razinu noćne aktivnosti na lokacijama veće razine ljudske prisutnosti. Konačno, u analizama utjecaja transformacije podataka o vremenu izraženih u satima u vrijeme izraženo prema položaju Sunca na rezultate aktivnosti istraživanih vrsta, utvrđene su značajne razlike u aktivnostima srna, divokoza i

smeđih medvjeda što ukazuje na potrebu za većim interesom za ovu temu u istraživanjima aktivnosti divljih životinja.

Ključne riječi: predatori, plijen, obrasci aktivnosti, diskretizacija, fotozamke, solarno vrijeme

EXTENDED ABSTRACT:

LYNX (*Lynx lynx*) ACTIVITY IN THE PRESENCE OF PREY SPECIES, COMPETITIVE SPECIES AND HUMANS

INTRODUCTION

One of the basic principles of ecology is the concept of ecological niche, which states that each species plays a role in the ecosystem, combining all interactions between species as well as biotic and abiotic factors. All species are simultaneously influenced by their environment but also influence the environmental conditions of other species in the same ecosystem. The ecological niche consists of three dimensions: spatial (habitat use), temporal (distribution of activities during the days and seasons), and use of the habitat's resources (species are specialized in a certain type of food or prey). The more specialized an animal is in a particular niche, the less flexible it is to changes in the environment, while the euryvalent species adapt to different local conditions.

Internal (evolutionary) factors influence the activity of animals, while they adapt to external biotic and abiotic factors. Internal factors include the function of an endogenous circadian clock, which is an intrinsic component common to a particular animal species and provides the organism with a relatively constant pattern of daily and seasonal activity. External factors include changes in light regime, temperature, and weather conditions, as well as the dynamics of relationships between species sharing the same habitat and the influence of humans.

The growing direct and indirect impact of humans on ecosystems around the world lead to an increasing need in wildlife behavioral research, e.g. in the study of habitat use (spatial activity), changes in activity patterns (temporal activity), and behavioral responses such as increased vigilance. So far, the literature confirms that humans as "super-predators" are an important factor for the risk perception of wild animals and thus directly or indirectly influence their activities. However, the studies show that the extent and significance of this influence varies depending on the context. A comprehensive study on the influence of humans on animal activity confirms that the activity of medium-sized and large mammals worldwide changes significantly under conditions of increased human activity, with predatory species adapting their activity most strongly to anthropogenic influences.

The Eurasian lynx (*Lynx lynx*) is one of four lynx species that taxonomically belong to the class of mammals (Mammalia), order of carnivores (Carnivora), family of cats (Felidae), and the subfamily of true cats (Felinae). The current distribution of the Eurasian lynx covers Central Asia and Russia, while Europe is inhabited by a total of nine populations, of which several isolated populations occur in western and south-western Europe as well as in Fennoscandia, the Baltics, and the Carpathians. Such distribution of the lynx in Europe is largely a consequence of climatic events in the recent Pleistocene and, in more recent history, a consequence of human influences.

In contrast to food-specialized species (e.g. the Canadian lynx *Lynx canadensis*), the diet of the Eurasian lynx varies according to the availability of prey, ranging from rodents and lagomorphs to ungulates.

Accordingly, studies on the activity of the lynx in Europe over the last 20 years show that its daily and seasonal activity varies considerably with the dynamics of local prey activity and the extent of human impact in its habitat, while this impact is still largely unexplored in the Dinaric region. Moreover, the Dinaric region is one of the few areas in Europe where all three large carnivores (lynx, wolf (*Canis lupus*), and brown bear (*Ursus arctos*)) share the same habitat, so it is necessary to include them in the research of factors influencing lynx activity.

Studying large carnivores, especially elusive species, is often difficult due to the large, inaccessible areas they inhabit. The development of camera traps over the past two decades has provided scientists with an effective, non-invasive method to collect data on habitat use, wildlife activity, and behavior, as well as relationships among species that share the same habitat. Since the relationships among lynx, humans and other species with which the habitat is shared, are still largely unexplored in Croatia, this dissertation aimed to investigate the influence of competing species (brown bear and wolf), prey species (roe deer, chamois and red deer) and the increased influence of humans on lynx activity.

Considering the differences in social structures, behavior and abundance between predator and prey species studied in this PhD thesis, an analysis of the effects of discretizing an independent event for one minute and ten minutes on the variations in the amount of data collected on the activity of prey and predator species was also conducted. Discretization refers to defining the time interval of independent event in animal activity research, where activity is defined as a discrete rather than a continuous state. In that way, one photo of an event can be distinguished from other repeating photos of the same event.

Lastly, it was investigated how the transformation of the data from clock time to solar time (variable that relates to the solar cycle) affects the estimates of the activity of the species studied in long-term research.

MATERIAL AND METHODS

As part of the international project "Saving the Dinaric and south-eastern Alpine lynx population from extinction" (LIFE Lynx) (LIFE16 NAT/SI/000634), a network of camera traps was set up in the lynx's distribution area in Croatia primarily with the aim of monitoring the lynx population. They were therefore set up in locations where landscape features were more likely to channel lynx movements, at five different types of micro-locations (lynx marking sites, forest roads, animal trails, salt licks, and waterholes).

The camera traps were set up to take a photo and a 20-second video or three to five photos without video. For each photo, information about the time and date of the event was recorded.

The study was conducted in 61 quadrants (10 x 10 km) over 60 months (5 years). During the study, camera traps were set at 194 locations (an average of 3.2 locations per quadrant) and the effort was 47 161 camera/days, an average of 243.1 days per location.

After each visit to the camera traps, primary processing of the data was performed, where blank images (photography and video) were, i.e. images without animals, people or vehicles were removed. A representative photograph was taken for each event to be included in further analysis. After primary data processing, photos were imported into the Camelot software, where the species, number of individuals, and age category of the animals (adult or offspring) were identified.

A script in the R programming language was developed and used to analyze the effects of different discretization periods of an independent event on data from all five types of micro-locations. Two data sets, expressed in two time intervals were analyzed. One data set had a defined independent event time interval of one minute and the other interval of ten minutes.

The collected data from forest roads and wildlife trails were used in R programming language (version 4.2.2) for activity analysis. The analysis included the daily and seasonal

activity patterns of lynx and the overlap of lynx activity patterns with (1) the activity patterns of wolf and bear (competing species), (2) the activity patterns of roe deer, red deer and chamois (prey species) and (3) the daily activity patterns of humans (superpredators).

In the `suncalc` package of the R programming language, the function `'getSunlightTimes'` was used to express the time in hours (untransformed time) according to the position of the sun (transformed time). The sunrise and sunset points were defined according to the definition of civil twilight: Sunrise (Dawn) represents the beginning of the morning civil twilight (the moment when the Sun is 6° below the horizon on the east side) and Sunset (Dusk) represents the end of the evening civil twilight (the moment when the Sun is 6° below the horizon on the west side). The time of each event was determined in relation to these two moments.

The `overlap` package was used to process and analyze data on patterns and levels of daily and seasonal lynx activity, as well as overlap patterns of lynx activity with activity patterns of competing species and prey in relation to human activity. The result of the comparison of the activities of the two animals is expressed by the overlap coefficient (Δ). The statistical significance (95% confidence interval) of the overlapping activity of the two compared species is determined by the forest text using the `compareAct'` function in the `activity` package of the R programming language.

RESULTS

Analysis of the relationship between the activity of lynx and competing species revealed a strong overlap in the activity patterns of all three carnivore species, with some differences in peak activity times. For example, the activities of wolves and lynx overlap to a large extent. While the lynx had its peak activity in the crepuscular period, the wolf was mainly active at night. On the other hand, the peak of brown bear activity (as with the lynx) was recorded during sunrise and sunset. Analyses of lynx activity as a function of prey species show significant differences in predominantly diurnal species (roe deer and chamois). No such difference was found for red deer, whose activity was recorded in the crepuscular period and during the night. Furthermore, in the analyses of lynx activity under anthropogenic influence, the lynx did not react to the increased human activity with a change in activity pattern.

On the contrary, the nocturnal activity of the lynx increased significantly. Finally, when analysing the influence of the way weather data (expressed in hours and according to the position of the sun) on the results of species' activities, significant differences in the activities

of three species (roe deer, chamois and brown bear) were found. In contrast, no such difference was found in the activity of wolves and red deer.

Discretization of an independent event

As this study investigates the activities of species belonging to different trophic groups, the effect of discretization of independent events on the activity of prey and predator species at 5 types of micro-locations was tested.

There was a higher loss of data at the 10-minute discretization for prey species, and the highest loss was recorded at salt licks and waterholes. Namely, it is known from the literature that prey species often live in larger groups and tend to spend longer at certain micro-locations (e.g. salt licks or waterholes), which is why they accumulate more photos in the same time period compared to predator species. Due to these differences in social structures, behavior and abundance between the species of the different trophic levels analyzed in this PhD thesis, the data from salt licks and waterholes were excluded from further investigation. Finally, as it was confirmed that prey species at all micro-locations often take a larger amount of photos (appear in larger groups and stay longer in front of the camera trap) than predator species in the same time period, a discretization of 10 minutes was applied to all data.

Activity overlaps between lynx and competing species

In this PhD thesis, a high degree of overlap was found between the daily activity patterns of lynx and those of competing species, with some differences in the periods of highest activity levels during the day. Although a high degree of overlap was found between the activity of the wolf and the lynx, a dominant nocturnal activity of the wolf was found, while the lynx showed a predominantly crepuscular activity pattern.

This could be due to different preferences of these species, as it was described that predator species strongly follow the activity of the local main prey species. In this study area, wolves have been shown to prefer wild boar as prey. Conversely, lynx prefer deer as their main prey. It is therefore possible that lynx and wolves coexist successfully due to this segregation of available resources (prey) despite a generally strong overlap in activity patterns.

On the other hand, the bear, like the lynx, showed a predominantly bimodal activity pattern, with the highest values at the times of sunrise and sunset. It is known from the available

literature that the lynx is a specialized predator, while the bear has a broad diet consisting mostly of plant food and insects. Therefore, the results of the PhD thesis indicate that these two species successfully coexist without significant separation of activity patterns due to the different utilization of habitat resources.

Anthropogenic influence

To investigate whether the lynx changes its activity pattern in response to a perceived human threat in its natural habitat in Croatia, this study analyses the impact of human activities on the extent and patterns of lynx activity. Based on the analysis of data from camera traps placed along forest roads and animal trails during 5 years of research, the results showed that the overlap of lynx and human activity was relatively small and their activity patterns differed significantly at both types of micro-locations. It can be noted that lynx maintained the activity pattern at sites with increased human activity. Conversely, a significant increase in activity levels was observed during the nighttime (when human activity was low). As the results of this PhD show that the lynx in this research area is predominantly crepuscular and nocturnal, the results of the study indicate that the lynx probably does not need to change its daily activity pattern significantly to minimize risk to humans but adjusts activity levels during periods when human activity is at its lowest.

Expression of time data according to the position of the sun (solar time)

An analysis was carried out on the significance of the transformation of data from time expressed in hours to time according to the position of the sun on the results of the activities of animal species from different trophic groups. The results of the analyses show statistically significant differences in the daily activities of those species whose peak activities are highly related to the time of sunrise and sunset. Although the literature on the influence of the time transformation on animal activity is sparse to date, recent research suggests a negative impact of the expression of time in hours (h) on the assessment of animal activity patterns and levels, particularly in analyses of activity of crepuscular species in studies longer than 5 months.

The results of the PhD thesis indicate the importance of expressing time data according to the position of the sun in the long-term research of animal activity.

Relationship between lynx activity and prey species

The analyses showed a significant overlap between the activity of lynx and red deer, while the activity patterns of lynx differed significantly from those of roe deer and chamois. This is possibly due to the higher nocturnal activity of red deer (in contrast to roe deer and chamois). In addition, studies on different prey species on the perceived risk of predators have shown that the change in activity relative to perceived risk is more significant in smaller prey species. In contrast, no such response was found in the activity of larger prey species. As the red deer is also a significantly larger species than the roe deer and chamois, but also than the lynx, it is possible that this species also uses other mechanisms to avoid predation risk (e.g. habitat use or group formation).

Despite these differences, the highest lynx activity coincided with the peak of activity of all three prey species all year round. These results are in line with the statements that ambush predatory species (such as the lynx) need to be aware of the dynamics of primary local prey activity to increase the likelihood of successful hunting.

Seasonal lynx activity

A year-round analysis of lynx activity showed general crepuscular and nocturnal activity. However, a significant difference was found between the activity during winter and summer activity. These results are in line with research findings on the activity of lynx populations across Europe, which show that the lynx maintains a bimodal activity pattern throughout the year, while peak activity during the day depends on day length, ambient temperature, and local prey activity. The results of the seasonal activity of the lynx showed a significantly higher level of nocturnal activity in winter compared to summer. A possible explanation for this finding could be the seasonal temperature differences as demonstrated in previous studies. In addition, the results of this study did not confirm an increase in lynx activity during daylight in the winter period. This result is also consistent with the studies on lynx populations whose main prey are ungulates, in contrast to the seasonal changes in lynx activity in the regions where the main prey of lynx are lagomorphs.

These results suggest that the activity of local prey species plays an important role in shaping the seasonal activity of the lynx.

Seasonal roe deer activity

Analyses of seasonal activity of roe deer showed a pronounced 24-hour periodicity of activity throughout the year, with significant differences between winter and summer activities. Based on the published literature, these results could be explained by daily and seasonal variations in day length and possibly by temperature variations between the two seasons. In addition to these abiotic factors, much research points to the importance of the physiology of the digestive system in shaping seasonal activity patterns, which depends on differences in the quality and digestibility of available food between seasons.

Key words: predator, prey, activity patterns, discretization, camera traps, solar time

SADRŽAJ

1. UVOD	1
2. PREGLED DOSADAŠNJIH SPOZNAJA	3
2.1. Euroazijski ris (<i>Lynx lynx</i>).....	3
2.1.1. Biologija, morfologija i način života	3
2.1.2. Ishrana.....	5
2.1.3. Rasprostranjenost i stanište - kroz povijest do danas.....	6
2.1.4. Antropogeni učinci na risa u Europi i Hrvatskoj kroz povijest do danas	7
2.2 Plijske vrste.....	9
2.2.1 Srna (<i>Capreolus capreolus</i>)	9
2.2.2. Jelen obični (<i>Cervus elaphus</i>).....	10
2.2.3. Divokoza (<i>Rupicapra rupicapra</i>)	11
2.3. Kompeticijske vrste	13
2.3.1 Vuk (<i>Canis lupus</i>).....	13
2.3.2. Smeđi medvjed (<i>Ursus arctos</i>)	14
2.4. Aktivnost životinja - vremenska niša	16
2.4.1 Metode istraživanja aktivnosti divljih životinja	17
2.4.1.1. Opservacijska istraživanja	18
2.4.1.2. Telemetrijska istraživanja	19
2.4.1.3. Istraživanje pomoću fotozamki.....	20
2.5. Obrasci aktivnosti plijenskih i kompeticijskih vrsta.....	23
2.5.1. Dnevna i sezonska aktivnost euroazijskog risa.....	23
2.5.2. Aktivnost srna	26
2.5.3. Aktivnost jelena običnog	27
2.5.4. Aktivnost divokoze	28
2.5.5. Aktivnost vuka	28
2.5.6. Aktivnost smeđeg medvjeda	29
2.5.7. Odnos aktivnosti risa i kompeticijskih vrsta.....	30
2.5.8. Odnos aktivnosti predatorskih i plijenskih vrsta.....	31
2.5.9 Utjecaj antropogenog djelovanja na aktivnost divljih životinja	33
2.6. Diskretizacija događaja.....	35
2.7. Izražavanje vremena prema položaju Sunca (solarnom vremenu)	37
2.8. R programski jezik.....	40
2. OBRAZLOŽENJE TEME	43
4. MATERIJAL I METODE.....	45

4.1. Područje istraživanja.....	45
4.2. Prikupljanje podataka	46
4.3. Analiza podataka	50
4.3.1. Analiza utjecaja različitog načina izražavanja podataka na rezultate aktivnosti divljih životinja (podaci izraženi u satima u odnosu na podatke izražene prema položaju Sunca)	51
4.3.2. Analiza preklapanja aktivnosti risa s aktivnosti istraživanih kompeticijskih i plijenskih vrsta te ljudi.....	53
4.3.3. Analiza statističke značajnosti razine preklapanja aktivnosti između risa i istraživanih vrsta te ljudi.....	54
5. REZULTATI.....	55
5.1. Definiranje diskretizacije neovisnih događaja.....	57
5.2. Dnevna aktivnost risa, predatorskih i plijenskih vrsta s obzirom na način izražavanja vremena (vrijeme izraženo u satima naspram vremena izraženog prema položaju Sunca) .	60
5.3. Sezonska aktivnost predatorskih i plijenskih vrsta s obzirom na način izražavanja vremena (vrijeme izraženo u satima / vrijeme izraženo prema položaju Sunca)	65
5.4. Preklapanje razine i obrazaca aktivnosti između risa i plijenskih te kompeticijskih vrsta	68
5.5. Preklapanje aktivnosti risa i čovjeka na lokacijama više (šumska cesta) i niže (životinjske staze) frekvencije ljudske prisutnosti	70
5.6. Usporedba aktivnosti vrsta između sezona.....	72
5.6.1. Obrasci aktivnosti risa tijekom sezona	72
5.6.2. Obrasci aktivnosti srne po sezonama	74
6. RASPRAVA.....	78
6.1. Diskretizacija neovisnog događaja	78
6.2. Izražavanje podataka o vremenu prema položaju Sunca (solarnom vremenu)	80
6.3. Preklapanje aktivnosti risa i čovjeka na lokacijama više (šumska cesta) i niže (životinjska staza) frekvencije ljudske prisutnosti	82
6.4. Odnos aktivnosti risa i kompeticijskih vrsta.....	84
6.5. Odnos aktivnosti risa i plijenskih vrsta.....	86
6.6. Sezonske aktivnosti risa.....	88
6.7. Sezonske aktivnosti srne.....	89
7. ZAKLJUČCI.....	91
8. LITERATURA.....	92
9. PRILOZI.....	134
Prilog 1. Skripta, priprema podataka	134
Prilog 2. Skripta analize podataka	136

TABLICE

Tablica 1. Popis mikrolokacija, broj lokacija (po mikrolokacijama) na kojima su postavljene fotozamke te broj aktivnih dana fotozamki na svakoj vrsti mikrolokacije

Tablica 2. Izgled tablice s prikupljenim podacima te stupcima za izračunavanje solarnog (R stupac, Transformirano vrijeme) i netransformiranog vremena (S stupac)

Tablica 3. Broj neovisnih opažanja za svaku vrstu na pojedinim mikrolokacijama sa diskretizacijom događaja na 1 minutu te diskretizacijom događaja na 10 minuta

Tablica 4. Rezultati aktivnosti pojedinih vrsta s obzirom na način izražavanja vremena (vrijeme izraženo u satima/vrijeme izraženo u prema položaju Sunca). SE - standardna pogreška, W - vrijednost Waldovog testa, p vrijednosti, $\Delta 4$ - koeficijent preklapanja

Tablica 5. Rezultati sezonskih aktivnosti pojedinih vrsta s obzirom na način izražavanja vremena (vrijeme izraženo u satima/vrijeme izraženo u prema položaju Sunca). SE - standardna pogreška, W - vrijednost Waldovog testa, $\Delta 4$ - koeficijent preklapanja, (*p < 0,05, **p < 0,001)

Tablica 6. Preklapanje aktivnosti risa u odnosu na aktivnost srne, jelena običnog, divokoze, vuka, medvjeda i čovjeka. U tablici su prikazane vrijednosti: SE - standardna pogreška, W - vrijednost Waldovog testa, p vrijednosti, $\Delta 4$ - koeficijent preklapanja, CI - interval pouzdanost (raspon od minimalne (min) do maksimalne vrijednosti (max))

Tablica 7. Tablični prikaz aktivnosti istraživanih predatorskih vrsta, plijenskih vrsta i čovjeka

Tablica 8. Preklapanje aktivnosti risa u odnosu na aktivnost čovjeka na lokacijama više i niže ljudske prisutnosti. U tablici su prikazane vrijednosti: SE - standardna pogreška, W - vrijednost Waldovog testa, p vrijednosti, $\Delta 4$ - koeficijent preklapanja, CI - interval pouzdanost (raspon od minimalne (min) do maksimalne vrijednosti (max))

Tablica 9. Rezultati preklapanja sezonskih aktivnosti risa (vrijeme izraženo u prema položaju Sunca). W - vrijednost Waldovog testa, p vrijednosti, $\Delta 4$ - koeficijent preklapanja, CI - interval pouzdanost

Tablica 10. Rezultati preklapanja sezonskih aktivnosti srne (vrijeme izraženo u prema položaju Sunca). W - vrijednost Waldovog testa, $\Delta 4$ - koeficijent preklapanja, CI - interval pouzdanost

SLIKE

Slika 1. Euroazijski ris (*Lynx lynx*). Izvor: LIFE Lynx projekt

Slika 2. Prikaz mehanizma djelovanja fotozamki na temelju aktivacije senzora prolaskom životinje unutar polja detekcije. Izvor: SLIJEPCHEVIĆ i sur., 2017

Slika 3. Košute na pojilištu; primjer snimki parnoprstaša na pojilištu u brojčano većim skupinama te s ponašanjem (ležanje) koje se ne definira kao aktivnost u istraživanju automatskim kamerama (gibanje cijelog tijela). Izvor: LIFE Lynx

Slika 4. Intenzitet svjetlosti je određen dinamikom izmjene dana i noći koja se mijenja ovisno o sezoni (godišnjim dobima). Svijetlo sive zone na grafu s lijeve strane prikazuju raspone trenutka izlaska i zalaska Sunca kroz godinu u podacima izraženima u satima (na X - osi su izraženi sati (0 - 24 h). Zelene linije na grafu s desne strane prikazuju fiksirane točke izlaska i zalaska Sunca u podacima izraženima prema položaju Sunca. Na X - osi su vrijednosti izražene u radijanima. Izvor: VAZQUEZ i sur. (2019.)

Slika 5. Vizualni prikaz definicije triju definicija sumraka te (trenutaka u kojima je Sunce na 6, 12 te 18° ispod horizonta izlaska i zalaska Sunca) s obzirom na položaj Sunca u odnosu na horizont. Izvor: ASTRONOMY: ROEN KELLY, 2023.

Slika 6. Mikrolokacije na kojima su fotozamke bile aktivne: a) šumske ceste, b) životinjske staze, c) risja markirališta, d) pojilišta, e) solišta. Izvor: LIFE Lynx

Slika 7. Obilazak fotozamke radi zamjene memorijskih kartica i baterija

Slika 8. Karta područja istraživanja s mrežom kvadranata i lokacijama fotozamki (N = 194). Boje točaka označavaju tip mikrolokacije: crvena - šumska cesta (N = 62), bijela – životinjska staza (N= 79), narančasta - risje markiralište (N=27), plava - pojilište (N=21), žuta - solište (N=5). (Fotozamke nisu postavljene u naseljenim područjima, na livadama i nepristupačnim područjima zbog čega u nekim kvadrantima nije bilo fotozamki).

Slika 9. Ukupni broj neovisnih opažanja čovjeka te broj opažanja s obzirom na mikrolokaciju i tip aktivnosti s desetominutnom diskretizacijom događaja.

Slika 10. Preklapanje aktivnosti po vrstama ovisno o načinu izražavanja vremena. Na X osi prikazane su vrijednosti dijela dana u satima (0:00 do 24:00) te prema položaju Sunca (vrijednosti 0 do 1). Puna linija označava podatke o aktivnosti izražene prema položaju Sunca, isprekidana linija označava podatke o aktivnosti izraženu u satima. $\Delta 4$ označava koeficijent

preklapanja između dviju krivulja (uspoređivanih parova aktivnosti). P vrijednosti Waldovog testa prikazuju statističku značajnost preklapanja aktivnosti (* $p < 0,05$, ** $p < 0,001$).

Slika 11. Preklapanje krivulja sezonskih aktivnosti životinja ovisno o načinu izražavanja podataka o vremenu. Puna krivulja označava aktivnost životinje s podacima izraženima prema položaju Sunca, isprekidana krivulja označava aktivnost životinja s podacima izraženima u satima (h). $\Delta 4$ označava koeficijent preklapanja između dviju krivulja (uspoređivanih parova aktivnosti). P vrijednosti Waldovog testa prikazuju statističku značajnost preklapanja aktivnosti (* $p < 0,05$, ** $p < 0,001$).

Slika 12. Preklapanje aktivnosti risa (puna linija) u odnosu na aktivnost plijenskih i predatorskih vrsta (isprekidana linija); A. srna, B. jelen obični, C. divokoza, D. vuk, E. medvjed i F. čovjek. Doba dana izraženo prema položaju Sunca (u radijanim) prikazano je na x - osi, a aktivnost, izražena prema broju observacija, prikazana je na y osi. $\Delta 4$ označava koeficijent preklapanja između dviju krivulja (aktivnosti), P vrijednosti Waldovog testa prikazuju statističku značajnost preklapanja aktivnosti (* $p < 0,05$, ** $p < 0,001$).

Slika 13. Preklapanje aktivnosti risa (puna linija) u odnosu na aktivnost čovjeka (isprekidana linija). Doba dana izraženo prema položaju Sunca (u radijanim) prikazano je na x - osi, a aktivnost, izražena prema gustoći zapažanja, prikazana je na y osi. P vrijednosti Waldovog testa prikazuju statističku značajnost preklapanja aktivnosti (* $p < 0,05$, ** $p < 0,001$).

Slika 14. Obrasci aktivnosti risa kroz godinu te tijekom ljeta, jeseni, zime i proljeća. Na svakom grafu puna linija označava prosječni obrazac aktivnosti risa dok isprekidane linije prikazuju 95 % interval pouzdanost.

Slika 15. Grafovi preklapanja sezonskih aktivnosti risa. Doba dana izraženo prema položaju Sunca (u radijanim) prikazano je na x - osi. $\Delta 4$ označava koeficijent preklapanja između dviju krivulja (uspoređivanih parova sezonske aktivnosti).

Slika 16. Obrasci aktivnosti srne prikazani kroz cijelu godinu te tijekom ljeta, jeseni, zime i proljeća. Na svakom grafu puna linija označava prosječni obrazac aktivnosti dok isprekidane linije prikazuju interval pouzdanost od 95 %.

Slika 17. Grafovi preklapanja sezonskih aktivnosti srne. Vrijeme izraženo prema položaju Sunca prikazano je na x - osi, a aktivnost izražena prema gustoći opažanja, prikazana je na y osi. Obrazac aktivnosti prve navedene sezone u naslovu grafa izražen je punom linijom, a aktivnost druge navedene sezone izražena je isprekidanom linijom. Koeficijent $\Delta 4$ označava

preklapanje između dviju krivulja (uspoređivanih parova sezonske aktivnosti). P vrijednosti Waldovog testa prikazuju statističku značajnost preklapanja aktivnosti (* $p < 0,05$, ** $p < 0,001$).

1. UVOD

Jedan od osnovnih principa ekologije je koncept ekološke niša, koji navodi da svaka vrsta ima jedinstvenu ulogu u ekosustavu te objedinjuje sve interakcije između vrste te biotičkih i abiotičkih čimbenika (HUTCHINSON, 1959.). Sve vrste su istovremeno pod utjecajem svojeg okoliša, ali jednako tako utječu na okolišne uvjete u kojima žive druge vrste. Ekološka niša se sastoji od 3 dimenzije; prostorne (korištenje staništa), vremenske dimenzije (raspodjela aktivnosti tijekom dana i/ili sezona) te korištenje resursa staništa (vrste se specijaliziraju za određenu vrstu hrane ili plijena). Što je životinja više specijalizirana (stenovalentna) za određenu nišu, manje je fleksibilna na promjene u okolišu, dok se eurivalentni lakše prilagođavaju različitim uvjetima.

Aktivnost životinja pod utjecajem je unutarnjih (evolucijskih) čimbenika te se istovremeno prilagođava vanjskim biotičkim i abiotičkim čimbenicima. Unutarnji (evolucijski) čimbenici podrazumijevaju funkciju endogenog cirkadijalnog sata koji je intrinzična komponenta zajednička određenoj životinjskoj vrsti (DAAN i ASHOFF, 1982.), a koja organizmu osigurava relativno stalni obrazac dnevne i sezone aktivnosti (KRONFELD-SCHOR i sur., 2013.). Abiotički čimbenici uključuju promjene svjetlosnog režima, temperature i vremenskih uvjeta (BELTRAN i DELIBES, 1994.), te dinamiku odnosa između vrsta koja dijele isto stanište, kao i utjecaj čovjeka (THEUERKAUF i ROUYS, 2008.).

Sve značajniji izravni i neizravni utjecaj čovjeka na ekosustave diljem svijeta uzrokuje sve veći interes u području bihevioralnih istraživanja divljih životinja, poput istraživanja korištenja staništa (prostorna aktivnost) (GEORGE i CROOKS, 2006.; ROGALA i sur., 2011.), promjena obrazaca aktivnosti radi izbjegavanja dijela dana kada su ljudi najaktivniji (vremenska aktivnost) (STEVEN i sur., 2011., SPAUL i HEATH, 2016.) te bihevioralne reakcije kao što je povećan oprez (MAININI 1993., NAYLOR i sur., 2009.). Danas velik broj literature potvrđuje kako ljudi kao 'superpredatori' (CLINCHY i sur., 2016.) čine važan čimbenik u percepciji rizika kod divljih životinja (SMITH i sur., 2017.) stoga izravno ili neizravno oblikuju njihove aktivnosti, no navodi se kako razina i značajnost utjecaja variraju ovisno o kontekstu (HERTEL i sur., 2017.). Opsežno istraživanje utjecaja čovjeka na aktivnost životinja potvrđuje kako se aktivnost srednje velikih i velikih sisavaca diljem svijeta značajno mijenja u uvjetima povećane ljudskog djelovanja (GAYNOR i sur., 2018.), dok BURTON i sur. (2024.) navode kako su predatorske vrste te koje u najvećoj mjeri prilagođavaju aktivnost kao odgovor na antropogene utjecaje.

Euroazijski ris (*Lynx lynx*, Linnaeus 1758.) je jedna od ukupno četiri vrste risa, koja po sistematici spada u razred sisavaca (Mammalia), red zvijeri (Carnivora), porodicu mačaka (Felidae) te potporodicu pravih mačaka (Felinae). Euroazijski ris je danas prisutan u središnjoj Aziji i Rusiji, dok Europu nastanjuje ukupno devet populacija od kojih je nekoliko izoliranih populacija prisutno u zapadnoj i jugozapadnoj Europi te na području Fenoskandinavije, Baltika i Karpata (KACZENSKY i sur., 2013.). Takva rasprostranjenost risa u Europi je u velikoj mjeri posljedica klimatskih događanja u mlađem Pleistocenu, a u recentnijoj povijesti posljedica djelovanja čovjeka (SOMMER i BENECKE, 2006.).

Za razliku od prehrambeno specijaliziranih vrsta (primjerice kanadskog risa *Lynx canadensis*), ishrana euroazijskog risa varira s obzirom na dostupnost plijenskih vrsta te obuhvaća raspon od glodavaca i dvojezubaca do parnoprstaša (KROFEL i sur., 2011.; SOYUMERT i sur, 2019.). Sukladno tome, istraživanja aktivnosti risa u Europi u posljednjih 20ak godina pokazuju kako mu dnevna i sezonska aktivnost značajno varira s obzirom na dinamiku aktivnosti lokalnog plijena te razinu utjecaja čovjeka unutar njihovog staništa, dok je takav utjecaj na području Dinarida još uvijek uglavnom neistražena tema (KROFEL i KOS, 2013.). Također, Dinaridi su jedno od rijetkih područja u Europi gdje sve tri velike zvijeri (ris, vuk (*Canis lupus*) i smeđi medvjed (*Ursus arctos*) dijele stanište, te je neophodno i njih uključiti u istraživanje čimbenika koji utječu na aktivnost risa.

Istraživanje populacija velikih zvijeri, a posebno skrovitih vrsta vrlo je zahtjevno zbog velikih površina zahtjevnog terena koji nastanjuju (KROFEL i sur., 2013.). Razvojem fotozamki u posljednja dva desetljeća znanstvenicima je omogućena učinkovita, neinvazivna metoda prikupljanja podataka o korištenju staništa, aktivnosti i ponašanju divljih životinja (FLETCHER i FORTIN, 2018.) te odnosima između vrsta koje dijele isto stanište (FOSTER i sur., 2013.). S obzirom da su na području Hrvatske međusobni odnosi između risa i čovjeka te drugih vrsta s kojima dijeli stanište još uvijek uglavnom neistraženi, cilj ove disertacije bio je pomoću podataka s fotozamki istražiti utjecaj kompeticijskih (smeđi medvjed i vuk) i plijenskih vrsta (srne, divokoze i jelena običnog) te povećanog utjecaja čovjeka na aktivnost risa. Osim toga, cilj je bio istražiti utjecaj izražavanja podataka o vremenu u satima, u odnosu na vrijeme izraženo prema položaju Sunca, na procjene aktivnosti istraživanih životinjskih vrsta u dugoročnim istraživanjima.

2. PREGLED DOSADAŠNJIH SPOZNAJA

2.1. Euroazijski ris (*Lynx lynx*)

2.1.1. Biologija, morfologija i način života

Rod ris (*Lynx*) obuhvaća četiri različite vrste, a po sistematici spada u razred sisavaca (Mammalia), red zvijeri (Carnivora), porodicu mačaka (Felidae), potporodicu pravih mačaka (*Felinae*). Porodica mačaka (Felidae) danas obuhvaća 38 vrsta (KITCHENER i sur., 2017.) koje osim zajedničkih predaka i genetskih obilježja, dijele i karakterističnu građu tijela, osjetila, način života te tehnike lova. Mačke su predatori, mišićavih i elegantnih tijela, s razvijenim osjetilima, specijaliziranim zubima i pandžama te krznom koje se bojom prilagođava okolišu. Euroazijski ris (*Lynx lynx*) najveći je od četiri vrste risova. Masa odraslih jedinki kreće se u rasponu od 15 do 30 kg. Prosječna tjelesna masa odraslih mužjaka risa u Hrvatskoj je $21,9 \pm 3,9$ kg (u rasponu od 15 do 28 kg), a kod ženki $18,4 \pm 3,2$ kg (u rasponu od 12 do 25 kg) (GOMERČIĆ, 2005.). Dužina tijela je 0,8 do 1,3 m, dok je kratak rep dugačak od 15 do 20 cm na vrhu prekriven crnom dlakom. Kao i sve mačke, risovi imaju okruglastu glavu kratke njuške, zubalo s 28 zuba i jakim očnjacima te kutnjacima oštih rubova. Zubna formula glasi $I \frac{3}{3} C \frac{1}{1} P \frac{2}{2} M \frac{1}{1}$ (GOMERČIĆ i sur., 2009.). Euroazijski ris ima dobro razvijen vid, njuh te izrazito dobar sluh zbog čega čuju vrlo široki raspon frekvencija (KITCHENER, 1991.). U usporedbi s drugim risovima imaju relativno duge noge i to stražnje duže od prednjih. Velike šape upućuju na dobru prilagodbu za kretanje po snijegu, a također im na šapama tijekom zime naraste gušća dlaka. Na prednjim nogama imaju po pet, a na stražnjim četiri prsta s pandžama koje mogu uvući te se tako tiše kretati (BREITENMOSER i sur., 2000.). Zbog toga je risji trag karakterističan u usporedbi s tragovima vuka ili lisice s kojima bi ih promatrač u Hrvatskoj mogao zamijeniti. Gledajući trag risa nikada se ne vidi trag pandže (KACZENSKY i HUBER, 1997.). Tijelo je pokriveno gustim krznom, a na vrhu šiljastih ušiju raste pramen (čuperak) crnih dlaka dugačkih do 4 cm. Boja krzna je svijetlosmeđa do crvenkasta, tamnije nijanse po hrptu i bokovima, a na trbuhu i unutarnjoj strani nogu je bijela. Pjegasta pigmentacija krzna specifična je za svaku jedinku po tipu, broju i rasporedu pjega zbog čega je na temelju identifikacije jedinki moguće utvrditi brojnost i gustoću populacije (ROVERO i ZIMMERMAN, 2016.).

Risovi, s izuzetkom ženki s jednogodišnjim mladuncima, žive samostalno unutar određenog prostora, a u kontakt s drugim jedinkama svoje vrste dolaze gotovo isključivo u vrijeme parenja. Veličina životnog prostora euroazijskog risa je promjenjiva, u prosjeku veća kod mužjaka nego ženki te u Europi raste prema sjeveru areala. Osim spola, na veličinu

životnog prostora utječe i dostupnost plijena te stupanj primarne produkcije određenog prostora (BREITENMOSER i HALLER, 1993.; HERFINDAL i sur., 2005.). U Europi se raspon životnih prostora mužjaka kreće od 180 do 2780 km², a ženke od 98 do 759 km² (BREITENMOSER i sur., 2000.). Mužjaci ne sudjeluju u skrbi za mladunce, te se tijekom sezone parenja međusobno natječu za ženke. Zato se njihovi životni prostori djelomično preklapaju sa životnim prostorima ženki, dok druge mužjake pokušavaju izgurati (HERFINDAL i sur., 2005.). Euroazijski risovi pare se od veljače do travnja, a nakon 69 dana gravidnosti ženka okoti od 1 do 4 (u prosjeku 2 mladunca) (LÓPEZ-BAO i sur., 2019.). Mladi risovi ostaju s majkom do 10 mjeseci života, nakon čega se odvajaju te dispergiraju kako bi pronašli vlastiti teritorij (ZIMMERMANN i sur, 2005.). Ženke su spolno zrele od 10. do 20. mjeseca života sve do kasne starosti (12 - 13 godina). Mužjaci spolno sazrijevaju nešto kasnije, nakon 30 mjeseci života. Reproductivni uspjeh populacije risa prije svega ovisi o uvjetima okoliša, odnosno o gustoći plijenskih vrsta. Ris može doživjeti i do 18 godina, ali u prirodi većina životinja strada već u prvoj ili drugoj godini života (KVAM, 1990.; KVAM, 1991.).



Slika 1. Euroazijski ris (Lynx lynx). Izvor: LIFE Lynx projekt

2.1.2. Ishrana

S obzirom da euroazijski ris, u odnosu na ostale vrste risova, ima najširu rasprostranjenost u svijetu (KACZENSKY i sur., 2013.), ishrana varira s obzirom na dostupnost plijenskih vrsta te obuhvaća raspon od glodavaca i zečeva do parnoprstaša (KROFEL i sur., 2011.; SOYUMERT i sur., 2019.), za razliku od prehrambeno specijaliziranih vrsta (primjerice kanadskog risa *Lynx canadensis*). To pokazuje da je euroazijski ris prilagodljiva vrsta, koja se načinom života prilagođava okolišu (BREITENMOSER i sur., 1998.). Glavna vrsta plijena euroazijskog risa varira ovisno o staništu (DANILOV i sur., 2003.; KROFEL i sur., 2011.; NADERI i sur., 2021.) te zastupljenosti pojedinih vrsta plijena na području gdje žive. Tako je u Švicarskoj najzastupljenija vrsta plijena kojim se risovi hrane srna (*Capreolus capreolus*) (70 %) za čim slijede divokoze (*Rupicapra rupicapra*) (21 %), lisice (*Vulpes vulpes*) (6 %), dok zečevi (*Lepus europaeus*) čine tek 2 % ukupnog udjela prehrane (MOLINARI - JOBIN i sur., 2007.). Srna se pokazala kao glavna plijenska vrsta risa i u dijelovima sjeverne Europe (Norveška, Švedska, Estonija i Latvija) (SUNDE i KVAM, 1997.; LINNELL i sur., 2001.; HERFINDAL i sur., 2005.; VALDMANN i sur., 2005.; ODDEN i sur., 2006.; BASILLE i sur., 2009.), dok u šumama Češke, uz srnu, jelen obični (*Cervus elaphus*) čini primarni plijen risa (BELOTTI i sur., 2013.). U Hrvatskoj i Sloveniji je na osnovi pretraživanja sadržaja risjeg izmeta, ostataka plijena te sadržaja želuca također potvrđeno kako su srne daleko najčešća plijenska vrsta s 80 % zastupljenosti, nakon čega slijede jelen obični (7 %) i divokoza (3 %) (KROFEL i sur., 2011.). Smatra se da ris manji plijen lovi samo ako većeg nema dovoljno, no KROFEL i sur. (2011.) su utvrdili kako je za mlade risove tijekom osamostaljivanja plijen poput puha (*Glis glis*) važan izvor hrane. No, za razliku od navedenih područja Europe, u sjeveroistočnim dijelovima kontinenta dvojezupci čine najznačajniji dio prehrane euroazijskog risa (istočna Finska: PULLIAINEN i sur., 1995.; sjeverozapadna Rusija: DANILOV i sur., 2003.; Sibir: SEDALISCHEV i sur., 2014.). SEDALISCHEV i sur. (2014.) navode kako na području sjeverne Azije, sjeverozapadne Rusije te Sibira, parnoprstaši ne čine više od 10 % ukupne biomase izmeta risa, s iznimkom poludomaćih sobova (*Rangifer tarandus*) koji čine 17 % prehrane risa na području istraživanja u sjevernoj Aziji. Također, risovi rasprostranjeni na istoku (npr. Ural, središnja Azija i Kina) najčešće se hrane dvojezupcima, a ne parnoprstašima (AZAROV i SHUBIN, 2003; SOBANSKIY, 2003.; BAO, 2010.; GUO i sur., 2017.). Istraživanja ishrane risa u Turskoj također pokazuju kako zečevi (*Lepus europaeus*) čine visok udio ukupne konzumne biomase risa (78 % - 99 %) unatoč dostupnosti stabilne populacije srna

na tom području (DANILOV i sur., 2003.; VON ARX i sur., 2004.; GUO i sur., 2017., MENGÜLLÜOĞLU i sur., 2018., SOYURMET I sur., 2019.; NADERI i sur., 2021.).

Ris lovi sam, a plijen napada iz zasjede zbog čega je iznenađenje važan element uspješnog lova. Za uspješan lov ris se mora približiti plijenu na nekoliko metara jer plijen ne naganja, te ako napad ne uspije u 20 - 50 metara, odustane. Ris usmrćuje plijen ugrizom u vrat s donje (pritisak na dušnik) ili s gornje strane (lom kralježnice) (KROFEL i sur., 2009.). Nakon što zaskoči plijen i ostane visjeti jakim ugrizom u području vrata, ris čeka da se životinja uguši ili iskrvari. Risovi na dan pojedu 1-2,5 kg plijena, a hranjenje počinje s najkvalitetnijim dijelovima; mesom s buta plijena, zatim plečke te jede sve unutarnje organe osim probavnog sustava (KACZENSKY i HUBER, 1997.; BREITENMOSER i sur., 2000.). Risovi su sposobni uloviti plijen tri do četiri puta veći od njih samih, stoga vrijeme hranjenja na jednom plijenu proporcionalno raste s masom ulovljene životinje, a također ovisi i o dobi risa, veličini te broju jedinki (majka s mladuncima ili jedna životinja). Ris nepojedene ostatke plijena sakrije zemljom i lišćem ili snijegom te se sljedećih nekoliko dana vraća na plijen, što može trajati i do 7 dana (BREITENMOSER AND BREITENMOSER-WÜRSTEN, 2008.).

2.1.3. Rasprostranjenost i stanište - kroz povijest do danas

Danas dva od četiri pripadnika roda ris žive u Sjevernoj Americi - kanadski (*Lynx canadensis*, Kerr, 1792.) i crveni ris (*Lynx rufus*, Schreber, 1777.), te dva u Europi - iberijski (*Lynx pardinus*, Temminck, 1872.) i euroazijski ris (*Lynx lynx*, Linnaeus 1758.) (Slika 1.). Euroazijski ris prisutan je u središnjoj Aziji i Rusiji, dok Europu nastanjuje ukupno devet populacija od kojih je nekoliko izoliranih populacija prisutno u zapadnoj i jugozapadnoj Europi (KACZENSKY i sur., 2013.) te na području Fenoskandinavije, Baltika i Karpata.

Današnja rasprostranjenost risa u Europi je u velikoj mjeri posljedica klimatskih događanja u mlađem Pleistocenu, a u recentnijoj povijesti posljedica djelovanja čovjeka (BREITENMOSER i sur., 1998.; KOS i sur., 2005.; SOMMER i BENECKE, 2006.). Nalazom fosilnog ostatka gornjeg očnjaka odraslog risa u Velikoj pećini, špilji na Ravnoj gori potvrđeno je obitavanje risa na području današnje Hrvatske još od doba Pleistocena (MALEZ, 1986.). Stratigrafski položaj zuba upućuje na starost od oko 10 000 godina, kada je bio kraj posljednjeg ledenog doba. Starost zuba je revizijom potvrdio i GUŽVICA (1996.). U Hrvatskoj se aktualnim staništem euroazijskog risa smatraju šumovita brdsko-planinska područja Dinarida, od hrvatsko - slovenske granice na sjeverozapadu do granice s Bosnom i Hercegovinom na

jugoistoku. Područje stalne rasprostranjenosti risa potvrđeno je u Primorsko-goranskoj, Ličko-senjskoj županiji, u južnom dijelu Karlovačke županije te sjeveroistočnom dijelu Zadarske županije na ukupnoj površini od 7200 km² (GOMERČIĆ i sur., 2021.).

2.1.4. Antropogeni učinci na risa u Europi i Hrvatskoj kroz povijest do danas

Intenzivan progon risa u Europi krenuo je od 15. stoljeća, no smatra se da takvo proganjanje nije samostalno uzrokovalo opsežno izumiranje risa u Europi, već su tome doprinijeli i gubitak staništa te pad gustoće populacije plijena. Naime, brojnost velikih parnoprstaša, prije svega srna, drastično je pala u brojnim područjima Europe, a u pojedinima je došlo i do potpunog izumiranja srna (BREITENMOSER i sur., 1998.). Od 15. do 17. stoljeća u Europi je naglo porastao broj stanovništva te je drastično povećanje opsega poljoprivrednih površina dovelo do gubitka šuma, a time i pogodnog staništa za risa u svim gušće naseljenim područjima Europe (KRATOCHVIL i VALA, 1968.). Područje rasprostranjenosti risa postalo je rascjepkanije, a udaljenosti među pojedinim populacijama sve veće. Posljedično fragmentaciji i izolaciji došlo je do smanjenja populacija risa koje su time postale podložnije negativnim okolišnim čimbenicima.

Organizirano smanjivanje brojnosti velikih predatora na području Austro-Ugarske i Italije tijekom 18. stoljeća je dovelo do nestajanja risa s područja Dinarida. U Hrvatskoj se ris najduže zadržao u Gorskom kotaru i na Velebitu, a posljednji primjerci autohtonog risa u Hrvatskoj ulovljeni su 1903. godine (KORITNIK, 1974.). Točnije, smatra se da je posljednji ris u Hrvatskoj ulovljen u stupicu u šumama oko Čabra, Gorski kotar. U Sloveniji i Srbiji su posljednji primjerci ulovljeni 1908. (KOS, 1928.), Bosni i Hercegovini 1911., Crnoj Gori 1913. godine (MAJIĆ, 2004.). Početkom sedamdesetih godina 20. stoljeća zaživjela je ideja da se na području Kočevja u Sloveniji ponovno naseli ris kao lovna vrsta. Tako su u siječnju 1973. godine tri mužjaka i tri ženke podrijetlom iz karantene životinjskog vrta Stromovka u Ostravi (današnja Slovačka) dopremljene u karantenu u Sloveniji. Ispuštanjem šest risova iz karantene u Kočevskom 2. ožujka 1973. godine, ova se vrsta predatora, nakon gotovo jednog stoljeća, ponovno naselila na područje Dinarida.

Iako je ris 1982. godine u Hrvatskoj proglašen zaštićenom vrstom, do 1998. godine odobravale su se godišnje kvote za odstrel, jer se smatralo da je populacija stabilna (FRKOVIĆ, 1998.). U razdoblju od 1978., kada je u Hrvatskoj ubijen prvi ris iz reintroducirane populacije do 2023. godine zabilježena je smrtnost ukupno 253 životinje (232 jedinke u razdoblju od 1978.

do 2013., (SINDIČIĆ i sur., 2016.); te 21 jedinka od 2013. do 2023. godine (ANONIMNO, 2024.). Smatra se da je brojnost reintroductory populacije risa u Dinaridima počela padati krajem 1990-ih ili početkom 2000-ih, a glavnim uzrocima pada brojnosti drže se smrtnost uzrokovana ljudskim aktivnostima te gubitak genske raznolikosti zbog parenja u srodstvu (SINDIČIĆ i sur., 2010.; SINDIČIĆ, 2013.). Stoga je 2017. godine započela provedba međunarodnog projekta „Spašavanje dinarske i jugoistočne alpske populacije risa od izumiranja“ (skraćeno LIFE Lynx) (LIFE16 NAT/SI/000634) čiji je glavni cilj bilo spriječiti izumiranja populacije risa u Dinaridima i jugoistočnim Alpama putem naseljavanja životinja iz stabilne karpatske populacije te osiguravanje dugoročnog opstanka populacije razvitkom zajedničkog hrvatsko - slovenskog upravljanja risom (ČERNE i sur., 2019.). Minimalna brojnost dinarske populacije u Hrvatskoj i Sloveniji procijenjena je na 96 jedinki (prosječno 0,83 jedinke/100 km²) (FLEŽAR i sur, 2023.) dok u Bosni i Hercegovini nije uspostavljen nacionalni sustav praćenja te znanstvena procjena brojnosti populacije nije dostupna.

Euroazijski ris je u Hrvatskoj i Europi ugrožena vrsta. U Hrvatskoj je ris strogo zaštićena vrsta kojom se upravlja temeljem Zakona o zaštiti prirode (NN 80/13, 15/18, 14/19, 127/19) i Pravilnika o strogo zaštićenim vrstama (NN 144/13, 73/16) te je naveden kao kritično ugrožena vrsta (CR) na Crvenom popisu ugroženih vrsta IUCN-a. Hrvatska je također preuzela obveze zaštite risa potpisivanjem sljedećih konvencija: Konvencija o biološkoj raznolikosti; Bernska konvencija, Konvencija CITES, Uredba EU zajednice o zaštiti vrsta divlje faune i flore reguliranjem trgovine te Direktiva o staništima (92/43/EEZ) koja navodi euroazijskog risa u Aneksima II i IV, prema kojima zahtijeva strogu zaštitu i praćenje populacije. U izvještajnom razdoblju 2013. - 2017. Direktiva o staništima (92/43/EZ), stanje očuvanosti populacije risova u alpskom području u Hrvatskoj bilo je ocijenjeno kao nepovoljno - loše (U2), dok je stanje u kontinentalnoj i mediteranskoj regiji ocijenjeno kao nepovoljno - neadekvatno (U1). Osim toga, u Hrvatskoj je od 2005. godine na snazi Plan upravljanja risom koji definira sve aktivnosti koje je potrebno provesti da bi se osigurao dugoročan opstanak vrste u suživotu s ljudima (MAJIĆ, 2004.; SINDIČIĆ i sur., 2010.). Posljednji Plan upravljanja objavljen je 2024. godine (ANONIMNO, 2024.).

2.2 Plijenske vrste

2.2.1 Srna (*Capreolus capreolus*)

Prema sistematici, srna pripada u razred sisavaca (Mammalia), red parnoprstaša (Artiodactyla), porodicu jelena (Cervidae) te potporodicu nepravih jelena (Telemetacarpalia).

Prosječna dužina tijela od vrha njuške do korijena repa iznosi 107 do 130 cm, a visina u grebenu dostiže oko 75 cm. Tjelesna masa srna kreće se između 15 i 27 kg. Tijelo srne prekriva duža pokrovna dlaka, među kojom je skrivena kraća kovrčava poddlaka. Ljetna dlaka srne je kratka te crvenkastosmeđe boje, dok je zimska dlaka duža i sivosmeđe boje. Srne imaju izražen spolni dimorfizam, odnosno jedino odrasli mužjaci imaju rogovlje koje doseže visinu od oko 15 do 30 cm (SEMPÉRÉ i sur., 1990.).

Srna ima dobro razvijen sluh i njuh. Vid je slabije razvijen jer imaju astigmatične oči zbog čega vide samo veće predmete, a najbolje opažaju objekte u pokretu. Srne tijekom većine godine izbjegavaju zajednički život u većim stadima. Nagon za udruživanje u stada postoji od kasne jeseni do ranog proljeća, dok ljeto provode solitarno, osim u vrijeme parenja. Ženke postižu spolnu zrelost sa 14 mjeseci, a mužjaci postaju spolno zreli do prve godine života, no spolno aktivni postaju tek od treće godine života (BISCHOFF, 1854.). Sezona parenja u srna počinje u srpnju te traje do sredine kolovoza (SEMPÉRÉ i sur., 1998.). Parenje u nizini i planinama počinje istovremeno i traje jednako dugo, dok lanjenje u planinama dolazi kasnije. Naime, graviditet srna traje oko 150 dana, no zbog sposobnosti odgađanja razvitka zametka (embriotenija) graviditet može trajati i do 285-290 dana. Svrha embriotenije je da omogući dolazak lanadi na svijet u najboljim vremenskim i prehrambenim uvjetima za život (BISCHOFF, 1854.; RÜEGG i sur, 2023.). Stoga se vrijeme lanjenja proteže od svibnja do srpnja (AITKEN, 1981.), kada srna olani jedno ili dvoje lanadi, a rjeđe troje ili četvoro. Lane je mase oko 1,5 kg te ima kestenjasto - smeđu boju krzna s bijelim pjegama koje zadrži do prvog linjanja, nakon čega izrasla dlaka prekrije bijele pjege.

Srna je plijen risa (*Lynx lynx*) (BREITENMOSER i BREITENMOSER-WÜRSTEN, 2008.; BELOTTI i sur., 2013.; KROFEL i sur, 2011.), vuka (*Canis lupus* - JEDRZEJEWSKI i sur., 2011.; ZLATANOVA i sur., 2014.) i manjim dijelom lisica (*Vulpes vulpes*), koje uglavnom love lanad (STUBBE i PASSARGE, 1979). Glavne kompetitivne vrste su im domaći parnoprstaši i jelen obični (SMOKTUNOVIČ, 1980.).

Povijesno gledano, između kraja 19. i početka 20. stoljeća diljem Europe brojnost srna se smanjila kao posljedica sve više fragmentiranog staništa uslijed ljudskih aktivnosti te gotovo

nekontroliranog lova (BALEIÖIS i sur., 2003.). No, od početka 20. stoljeća europska populacija srna je ponovno počela rasti (ANDERSEN i sur., 1998.) te je danas rasprostranjena na većini područja Europe (s izuzetkom Irske, Cipra, Korzike, Sardinije, Sicilije i većina manjih otoka) te u nekim dijelovima Azije. Srna je rasprostranjena po cijeloj Hrvatskoj, uključujući otok Krk, dok na ostalim otocima nije prisutna.

Srne pronalaze stanište u u nizinskom, gorskom i visoko gorskom pojasu. Preferiraju staništa s dužom granicom između polja i šume, u blizini travnjaka i šumskih čistina te sječina unutar šume. Rado boravi u dolinama, pored mladih šuma i općenito u šumama s bogatim niskim raslinjem.

Prostorna struktura populacija varira sezonski. Tijekom ljeta srne žive na širem području, dok se tijekom zime populacije koncentriraju na područjima bogatima hranom (DANILKIN i HEWISON, 1996.). Srne su biljojedi te im je glavna hrana trava, zeljasto bilje, plodovi livada i šume, mladi izbojci i pupovi šumskog podrasta.

Prema Zakonu o lovstvu (NN 99/18, 32/19, 32/20) srne se ubrajaju u krupnu divljač zaštićenu lovostajem.

2.2.2. Jelen obični (*Cervus elaphus*)

Jelen obični spada u porodicu jelena (Cervidae), potporodicu pravih jelena (Cervinae), rod jelena (Cervus), potporodica pravi jeleni (Plesiometacarpalia).

Tijelo jelena je snažne građe, duljine od vrha njuške do korijena repa od 225 do 275 cm i visine tijela u grebenu od 120 do 150 cm. Tjelesna masa odraslog jelena iznosi od 120 do 250 kg, a košute od 70 do 140 kg, dok novorođeno mladunče ima od 7 do 12 kg (DARABUŠ i JAKELIĆ, 1996.). Tijelo je obraslo dlakom riđo-crvene boje u proljeće i jesen koja je zimi dulja, gušća i tamno smeđe boje. Jelen obični ima izražen spolni dimorfizam pa su karakteristike mužjaka rogovlje i dulja dlaka na vratu koja se naziva griva (TROHAR, 2004.). Jeleni su preživaci te im u prehrani dominira zeleno bilje, pretežno lišće, izbojci i grančice listača, pasu travu i jedu zeljasto bilje te razne plodove (DARABUŠ i JAKELIĆ, 2002.).

Parenje jelena (rika) počinje krajem kolovoza ili početkom rujna te traje 5-6 tjedana, ovisno o vremenskim prilikama i staništu. Za vrijeme rike na mjestima koja se nazivaju "rikališta" dolazi do borbi između jelena za pravo parenja. Bredost košuta traje 230-240 dana,

nakon čega oteli jedno ili dva teleta tjelesne mase od 7 do 12 kg. Tele se osamostali s 9 do 12 mjeseci života (DARABUŠ i JAKELIĆ, 2002.).

Jelen obični tijekom cijele godine živi u krdima unutar kojeg su odnosi među jedinkama ustanovljeni prema principima hijerarhije. Postoje dva tipa krda, prvo čine košute s teladi i jednogodišnjim do dvogodišnjim jelenima te takva krda vode košute, a drugo čine jeleni ostalih starosnih kategorija te njih vode mladi jeleni. Stari jeleni žive osamljeno izvan krda. Osim socijalnog nagona, kod jelena postoji i nagon sezonske migracije zbog potrage za hranom i potrebe za parenjem (DARABUŠ i JAKELIĆ, 2002.). Vertikalne migracije označavaju migracije jelena u brdske predjele tijekom ljeta, dok se zimi spuštaju u nizinske predjele. Horizontalne migracije predstavljaju migracije duž vodenih tokova rijeka, koje se posebno javljaju u doba rike.

Jelen obični je široko je rasprostranjen diljem Europe (KOUBEK i ZIMA, 1999.) te im se u posljednjim desetljećima povećala brojnost i područje rasprostranjenosti (MATTIOLI i sur. 2001.; CÔTÉ i sur, 2004.; CLUTTON-BROCK i sur., 2004.), iako trenutno u literaturi nedostaju pouzdani podaci o veličini populacija ove vrste (MILNER i sur, 2006.).

U Hrvatskoj jelen obični obitava u nizinskom staništu u šumama duž velikih rijeka te u gorskom staništu u Gorskom kotaru, Velikoj i Maloj Kapeli, Velebitu i Ličkoj Plješivici te na mediteranskom području u Hrvatskom primorju i Istri (TROHAR, 2004.). Prema Zakonu o lovstvu (NN 99/18, 32/19, 32/20.) jeleni se ubrajaju u krupnu divljač zaštićenu lovostajem.

Predatorske vrste jelena običnog na području Dinarida su vuk, ris, smeđi medvjed (*Ursus arctos*) te suri orao (*Aquila chrysaetos*).

2.2.3. Divokoza (*Rupicapra rupicapra*)

Divokoza spada u red parnoprstaša (Artiodactyla), podred preživača (Ruminantia), porodicu šupljorožaca (Bovidae), potporodicu koza (Caprinae) i rod divokoza (*Rupicapra*). Od sedam podvrsta, dvije su prisutne u dinarskom području - alpska divokoza (*Rupicapra r. rupicapra*) i balkanska divokoza (*Rupicapra r. balcanica*, Bolckay 1925.) (GRUBB, 2005.).

Tijelo divokoze je čvrste i snažne građe. Odrasle jedinke mogu doseći visinu od 80-85 cm (kod mužjaka) i 75-80 cm (kod ženki), te duljinu od 125-135 cm (COUTURIER, 1938.). Ženke dosežu prosječnu masu oko 35 kg, a mužjaci do 45 kg, iako su sezonske varijacije tjelesne mase vrlo izražene - tjelesna je masa mužjaka u jesen veća oko 40 % u odnosu na masu

ženki, dok se ta razlika tijekom proljeća snižava na oko 4 % (RUGHETTI i FESTA-BIANCHET, 2011.). Boja dlake u divokoze varira sezonski. Zimska boja dlake varira od tamno kestenjaste do gotovo crne, dok je ljetna boja dlake svijetlo smeđa. Duž leđa pruža se široka pruga kestenjaste boje. Preko očiju pa sve do uške pruža se po jedna tamna pruga na obrazima. Obrazi, čelo i grlo su prljavo bijele boje. Izražena duža dlaka proteže se na području od grebena do sapi, koja se u mužjaka naziva brada ili peraja (COUTURIER, 1938.).

Rogove imaju i mužjaci i ženke. Osjetila su dobro razvijena - u prvom redu sluh i njuh, dok je vid slabiji. Divokoza je socijalna vrsta, što znači da živi u krdima, u kojima jedino ženke i mladunčad čine stalnu zajednicu. Odrasli mužjaci žive samotnjački, a ženkama se pridružuju samo u vrijeme parenja (KRÄMER, 1969.). Broj jedinki u krdu varira i ovisi o nizu čimbenika, kao što su količina i kvaliteta hrane, tip staništa, godišnje doba (CHIRICHELLA i sur., 2015.).

Divokoze su biljojedi te veliku zastupljenost u ishrani predstavljaju paša i brst. U prehrani divokoza zastupljene su i biljke kao što su brezovke i glavočike (ANDREOLI i sur., 2016.).

Parenje divokoza naziva se prsk. Divokoza se pari jednom godišnje, a sezona parenja traje od početka studenog do sredine prosinca. U razdoblju parenja stari mužjaci se pridružuju krdima i bore za ženke (VALCHEV i sur. 2006.). Divokoza spolnu zrelost postiže relativno kasno te potomstvo prvi put daje u dobi od tri godine. Graviditet traje oko 22 tjedna te ženka u svibnju oari jedno ili dva jareta (VALCHEV i sur. 2006.). Jarad siše do kraja zime te potkraj prve godine života dosegne čak 50 do 60 % odrasle mase (MUSTAPIĆ i sur., 2004.).

Divokoza nastanjuje planine zapadne, srednje i južne Europe te zapadne Azije (CORLATTI i sur., 2019.). Početkom 1900-ih populacije divokoza s Dinarskog područja su istrijebljene zbog kombinacije intenzivnog stočarstva, lova i krivolova (FRKOVIĆ, 2008.). Populacija divokoza ponovno je uspostavljena između 1964. i 1978. reintrodukcijama iz različitih područja (APOLLONIO i sur., 2010.) te u Hrvatskoj vrsta danas obitava na području Gorskog kotara, Velebita, Biokova i Dinare (ŠPREM i BUZAN, 2016.). Divokoza nastanjuje litice i stjenovita područja tijekom ljeta i niže nadmorske visine poput riječnih kanjona i šumskih zona tijekom zime (CORLATTI i sur., 2016.). No, divokoza se smatra relativno prilagodljivom vrstom koja može nastanjivati i šumska staništa (BAUMANN, 2005.; ŠPREM i sur. 2015.).

Prema Zakonu o lovstvu (NN 99/18, 32/19, 32/20) divokoze se ubrajaju u krupnu divljač zaštićenu lovostajem. Balkanska divokoza je zajedno s alpskom divokozom navedena u

Crvenoj knjizi sisavaca Hrvatske kao regionalno izumrla podvrsta (TVRTKOVIĆ i GRUBEŠIĆ, 2006.; ŠPREM i BUZAN, 2016.). Balkanska divokoza je uključena u Dodatke II i IV EU Direktive o staništima 92/43/EEZ i u Dodatak III Bernske konvencije (ŠPREM i BUZAN, 2016.), dok je u Hrvatskoj jedino na području Dinare zaštićena Natura 2000 ekološkom mrežom. Predatorske vrste divokoza su euroazijski ris, vuk, smeđi medvjed i suri orao (JEĐRZEJEWSKI i sur. 2000.; HEURICH i sur., 2016.).

2.3. Kompeticijske vrste

2.3.1 Vuk (*Canis lupus*)

Vuk spada u razred sisavaca (Mammalia), red zvijeri (Carnivora), porodicu pasa (Canidae) i rod *Canis*. Prosječna masa odraslog vuka u Hrvatskoj je 31 kg, a ženke su u pravilu lakše i manje od mužjaka (KUSAK, 2004.). Boja krzna vuka u Hrvatskoj je najčešće siva, leđa i rep su tamnije boje, koja prema trbuhu i nogama prelazi u svjetlije sivu. U Europi duljina glave i tijela odraslog vuka mjeri od 116 do 124 cm, a visina u prosjeku od 64 do 76 cm (CIUCCI i sur., 2024.). Od osjetila vuk ima izražen njuh zbog čega plijen može osjetiti na udaljenost i do 2,4 km (MECH, 1966.). Vukovi žive u čoporima u kojima surađuju u lovu, reprodukciji i obrani teritorija. U Europi čopor prosječno čini 7 vukova (raspon 2-15), a veličina čopora ovisi o dostupnosti plijena, učinkovitosti u lovu i raspoloživosti staništa, ali i o utjecaju čovjeka (BALLARD i sur., 2003.).

Vukovi postižu spolnu zrelost s 2 godine, a parenje je sezonskog karaktera te obično traje od siječnja do početka ožujka, ovisno o geografskoj širini na kojoj se nalaze (SMITH i sur., 2008). Godišnje imaju jedno leglo, uglavnom u travnju ili svibnju. Graviditet traje 63 dana, a prosječan broj mladunaca u leglu je 1 i >10 mladunaca (MECH, 1970.), iako općenito bude 4-6 mladunaca po leglu (FULLER i sur., 2003.).

Komparativne analize prehrane vuka diljem Europe pokazuju kako vuk ima vrlo raznoliku prehranu te se u različitim geografskim regijama specijalizira za različite vrste plijena, ovisno o brojnosti i rasprostranjenosti plijena. Glavni izvor hrane čine parnoprstaši kao što su jelen, srna, divlja svinja (*Sus scrofa*), ali jedu i male kralješnjake i beskralješnjake (ZLATANOVA i sur., 2014.).

Osnovni čimbenici koji uvjetuju rasprostranjenost vuka su dostupnost hrane (plijena) i utjecaj čovjeka. Smatra se da su još 1894. vukovi živjeli na cijelom području Hrvatske jer je

tada u svakoj tadašnjoj županiji ubijen najmanje po jedan vuk, a nakon toga su vukovi počeli nestajati, najprije iz nizinskih kontinentalnih dijelova Hrvatske (FRKOVIĆ i HUBER, 1992.).

Kumulativni podaci praćenja populacije vuka u Hrvatskoj za razdoblje od 2010. do 2018. godine, koji uključuju nalaze mrtvih vukova, napade na domaće životinje, te sve ostale znakove prisutnosti (izmeti, tragovi, markiranja grebanjem, zavijanja, snimke s fotozamki) pokazuju da je vuk stalno prisutan na području Gorskog kotara, Like i Dalmacije. Trenutno ne postoje znanstveno utemeljeni podaci o procjeni brojnosti populacije vuka u Hrvatskoj (KUSAK i sur., 2023.).

U Republici Hrvatskoj, kao i u cijeloj Europskoj uniji, vuk ima status stroge zaštite prema odredbama EU Direktive o staništima (Direktiva 92/43/EEZ), koje su prenesene u hrvatsko zakonodavstvo Zakonom o zaštiti prirode (NN br. 80/13, 15/18, 14/19 i 127/19) i Pravilnikom o strogo zaštićenim vrstama (NN br. 144/13 i 73/16).

2.3.2. Smeđi medvjed (*Ursus arctos*)

Smeđi medvjed je sisavac iz reda zvijeri (*Carnivora*), porodice medvjeda (*Ursidae*), roda medvjed (*Ursus*). Smeđi medvjed živi u Aziji, Sjevernoj Americi te Europi gdje je i najveći kopneni predator. U Republici Hrvatskoj odrasle ženke imaju prosječno 120 kg, a mužjaci 210 kg, ali poneki primjerci prijeđu i 300 kg (HUBER i sur, 2019.). Masa odrasle jedinke može odstupati i preko jedne trećine: najveća je u kasnu jesen pred brloženje, a najmanja početkom ljeta odnosno krajem sezone parenja.

Tijelo je pokriveno dugom dlakom i gustom poddlakom. Ljeti je poddlaka dosta rijedja nego zimi. Boja dlake je pretežito smeđa, s time da je po hrptu često tamnija pa i crna. Smeđi medvjed 95 % svojih prehrambenih potreba zadovoljava biljnom hranom, od koje dominiraju zeljaste biljke i trava te mekani plodovi i plodovi kao što su bukvice, kesten, žir. Ostalih 5 % svojih prehrambenih potreba zadovoljava životinjskim bjelančevinama, što se uglavnom sastoji od beskralješnjaka i lešina većih životinja (HUBER i sur. 2019.).

Tijekom studenog medvjed priprema brlog u kojem provodi zimu provodi u stanju hibernacije. Prema FRKOVIĆU (2002.b), brlog može biti u manjoj špilji u stijeni, šupljini korijenja stabala, stojećem šupljem drvetu ili panju, šupljem ležećem trupcu te u iskopanom prostoru ispod stijene. Medvjedi se pare od kraja svibnja do polovine srpnja. Mužjaci tada obično prelaze velike udaljenosti, međusobno se bore ako se nađu uz istu ženku, a svaki se trudi

oploditi više njih. Ženka se također u jednoj sezoni može pariti s više mužjaka, pa je moguće da mladunci iz istog legla i ne potječu od istog mužjaka (SWENSON, 2000.; HUBER, 2019.). Zametak u maternici ima odloženu implantaciju, odnosno embrioteniju, te se najveći dio razvoja odvija u zadnja 3 mjeseca bređosti koja ukupno traje oko 7 mjeseci. U prosjeku se rađa 1 do 4 mladunca za vrijeme brloženja, u siječnju ili veljači (SWENSON, 2000.; HUBER, 2019.).

Medvjedi u proljeće traže niža područja s ranijom vegetacijom i proteinskom hranom. U sezoni parenja (svibanj - srpanj) mužjaci se kreću više nego u ostatku godine u potrazi za ženkama u estrusu. U jesen, medvjedi trebaju pristup zrelim šumama s velikim količinama hranjivih plodova (bukvica, kesten, žir) dok se zimi povlače u teško pristupačna i mirna područja radi brloženja, a ženke i radi rađanja mladih.

Nekada su medvjedi nastanjivali i nizinske šume, poplavne doline i prirodne travnjake. Širenjem ljudske vrste potisnuti su u područja manje povoljna za život ljudi, pa se danas u Europi nalaze najviše u brdskim šumovitim područjima, a od nizinskih područja nalazi se u tajgama na krajnjem sjeveru (HUBER i sur., 2008.). Da bi staništa zadovoljila životne potrebe medvjeda, prednost je da se sastoje od različitih tipova šume, u čemu presudnu ulogu imaju sastojine listača krupnog sjemena (bukva, kesten, hrast). Radi zaklona i paše, važno je i postojanje guštika i livada. Mir u staništu osobito je presudan zimi zbog novorođenih medvjedića. Medvjed noću traži hranu, obično u području manje nadmorske visine i veće otvorenosti prostora, odnosno bliže ljudima, a danju se povlači u mirna i gusto obrasla područja, gdje pravi tako zvani „dnevni ležaj“ (HUBER i sur., 2008.).

U Hrvatskoj živi dio populacije Dinarskog masiva, a današnja brojnost im se procjenjuje na oko 1000 jedinki (HUBER i sur., 2019.). Stanište smeđeg medvjeda u Hrvatskoj nalazi se na području Velebita, Velike i Male Kapele, Ličke Plješivice s Mazinskom planinom te u Gorskom kotaru. Prolazno ga ima u Ličkom sredogorju i na Resniku (HUBER i sur., 2019.)

Ulaskom Republike Hrvatske u punopravno članstvo Europske unije status smeđeg medvjeda se promijenio iz zaštićene u strogo zaštićenu životinjsku vrstu temeljem Zakona o zaštiti prirode (NN 80/13, 15/18, 14/19, 127/19) i Pravilnika o strogo zaštićenim vrstama (NN 144/13, 73/16). Unatoč ovoj promjeni medvjed je i dalje zadržao i status krupne divljači zaštićene lovostajem kojom se gospodari sukladno Zakonu o lovstvu (NN 98/18, 32/19, 32/20), odnosno Planu gospodarenja te Akcijskim planom za pojedinu kalendarsku godinu.

2.4. Aktivnost životinja - vremenska niša

Svaka životinjska vrsta ima svoju ekološku nišu, odnosno ulogu u zajednici/ekosustavu, koja se razvila na temelju prilagodbe te vrste na okolišne biotičke i abiotičke čimbenike te s obzirom na inter- i intraspecijske odnose. Ekološka niša svake vrste podjeljena je u nekoliko dimenzija; s obzirom na korištenje resursa (vrste se specijaliziraju za određenu vrstu hrane ili plijena), korištenje staništa (prostorna niša) te s obzirom na raspodjelu aktivnosti tijekom dana i/ili sezona (vremenska niša) (SCHOENER, 1974.).

S obzirom da je u ovom doktorskom radu primarni fokus istraživanja vremenska aktivnost risa, njegovih plijenskih i kompeticijskih vrsta te čovjeka, ovo poglavlje će se baviti dimenzijom vremenske niše, odnosno detaljnije pojasniti unutarnje i vanjske čimbenike koji mogu imati utjecaj na vremensku raspodjelu aktivnosti velikih sisavaca.

Dnevna i sezonska aktivnost životinja formirana je na temelju unutarnjih (evolucijskih) čimbenika te na temelju prilagodbe vanjskim biotičkim i abiotičkim čimbenicima koja je moguća zbog određene razine adaptivne plastičnosti (HUT i sur., 2012.; RAGO i sur., 2019.).

S obzirom na raspodjelu aktivnosti unutar ciklusa od 24 sata, raspoznavamo nokturalnu (aktivnost tijekom noći), diurnalnu (aktivnost tijekom dana), krepuskularnu (vrhunci aktivnosti u vrijeme izlaska i zalaska Sunca) te katameralnu aktivnost koju obilježava nepravilni obrazac dnevne aktivnosti (NOVAK i sur., 2000.; ROLL i sur., 2006.; BENNIE i sur. 2014.).

Unutarnji (evolucijski) čimbenici proizlaze iz endogenog cirkadijalnog ritma koji je intrinzična komponenta zajednička određenoj životinjskoj vrsti (DAAN i ASHOFF, 1982.), a centralna točka koja njime upravlja nalazi se u suprahijazmatskoj jezgri (engl. - *suprachiasmatic nuclei*, SCN) u prednjem dijelu hipotalamusa (MOORE i EICHLER 1972.; STEPHAN i ZUCKER 1972.; MOORE, 1980.; SCHWARTZ i sur., 1983.; HASTINGS i sur., 2019.).

Cirkadijalni ritam djeluje kao endogeni sat (zbog čega se još naziva i cirkadijalni sat) te mu je duljina fotoperioda, odnosno izmjena dana i noći jedan od glavnih vanjskih čimbenika (poznat kao 'zeitgeber', DAAN i ASCHOFF 1982.; KRONFELD-SCHOR i sur., 2013.) prema kojemu se sinkronizira (DAAN i ASCHOFF, 1975.; FERGUSON i sur., 1988.; FOWLER i RACEY, 1988.; HEURICH i sur, 2014.). Cirkadijalni sat organizmu osigurava relativno stalni obrazac dnevne i sezonske aktivnosti te sukladno tome, bolju prilagodbu fizioloških procesa i ponašanja u odnosu na predvidljiva i periodična događanja u okolini (MOORE-EDE i

SULZMAN, 1981.; TUREK i TAKAHASHI, 2001.; ASHER i SCHIBLER, 2011.; KRONFELD-SCHOR i sur., 2013.).

Dakle, kako bi se životinja što bolje prilagodila uvjetima okoline u kojima se nalazi, ovaj opći obrazac aktivnosti se sinkronizira s promjenama okolišnih čimbenika tijekom godine, kao što su temperatura (HUT i sur, 2012.), vremenski uvjeti (BELTRAN i DELIBES, 1994.), ali i društvene (DAVIDSON i MENAKER, 2003.) i individualne osobine (dob, spol) životinje (DAAN i ASCHOFF, 2001.). Osim toga, dostupnost hrane i izbjegavanje predatora (LUCHERINI i sur., 2009.) i ljudi (GEORGE i CROOKS, 2006.; ALE I BROWN, 2009.; THEUERKAUF i ROUYS, 2008.) također mogu značajno utjecati na aktivnost životinja. Naime, GAYNOR i sur. (2018.) su opsežnim istraživanjem utjecaja čovjeka na aktivnost životinja potvrdili kako se nokturalnost srednje velikih i velikih sisavaca diljem svijeta znatno povećava (za prosječni faktor od 1.36) u uvjetima povećane ljudske aktivnosti, a BURTON i sur. (2024.) navode kako su upravo predatorske vrste te koje pokazuju najveći porast nokturalne aktivnosti kao odgovor na antropogeno djelovanje.

Utjecaj okolišnih čimbenika na aktivnost divljih životinja opisali su primjerice LEWIS i sur. (2011.) za crnog medvjeda (*Ursus americanus*), ZALEWSKI i sur. (2001.) za kune (*Martes americana*), FERGUSON i sur. (1988.) za crnoledog čaglja (*Canis mesomelas*), KOWALCZYK I SUR. (2003.) za jazavca (*Meles meles*), BELTRÁN i DELIBES (1994.) za iberijskog risa te HEURICH i sur. (2014.) za eurazijskog risa. Primjerice, za iberijske risove je zabilježena značajna varijabilnost u obrascima aktivnosti ovisno o godišnjem dobu, staništu, dobi životinje (BELTRIN, 1988.), iako su u osnovi primarno krepuskularno i nokturalno aktivni (BELTRÁN i DELIBES, 1994.). Tako se pokazalo da su mlade jedinice iberijskog risa uglavnom krepuskularno i dnevno aktivne, dok se nakon prve godine povećavala noćna aktivnost. Tijekom zime iberijski risovi mogu biti aktivni tijekom cijelog razdoblja od 24 sata, što je u suprotnosti s njihovom gotovo isključivo noćnom aktivnosti tijekom ljeta (BELTRIN, 1988.).

2.4.1 Metode istraživanja aktivnosti divljih životinja

Praćenje aktivnosti životinja u prirodi dugo je vremena ovisilo isključivo o metodi izravnog promatranja životinja (ROWCLIFFE i sur, 2014.). Razvoj tehnologije otvorio je nove mogućnosti za istraživanje aktivnosti divljih životinja te čimbenika koji su uključeni u njeno formiranje. Svrha ovog poglavlja je detaljniji opis do danas poznatih metoda istraživanja aktivnosti divljih životinja te njihove prednosti i mane.

2.4.1.1. Opservacijska istraživanja

Do ranih 2000-ih godina prevladavajuća metoda u bihevioralnim istraživanjima bilo je izravno promatranja životinja (DAVIES i SKINNER, 1986.). Kao što sam naziv metode govori, opservacijska istraživanja se temelje na promatranju jedinke ili skupine jedinki ciljne vrste. Opisano je sedam metoda opservacijskih istraživanja, koje se međusobno znatno razlikuju, a najprikladnija se odabire s obzirom na ciljeve istraživanja. Metoda izbora u istraživanju aktivnosti životinja ovisi o samoj definiciji aktivnosti te se stoga odabire ovisno o pitanju na koje istraživač želi odgovoriti (ALTMANN, 1974.). Prema ALTMANU (1974.) aktivnost se može definirati kao stanje (kontinuirana vrijednost) ili kao događaj (diskretna vrijednost). Kada je aktivnost definirana kao kontinuirana vrijednost, tada sve snimke iste jedinke (ili vrste) predstavljaju predstavljaju valjani zapis aktivnosti životinja (PERAL i sur., 2022.). S druge strane, kada je aktivnost definirana kao diskretna vrijednost tj. događaj (kao što je u ovom doktorskom radu), tada uzastopne snimke iste jedinke (ili vrste) mogu prouzrokovati pseudoreplikaciju podataka te negativno utjecati na procjenu aktivnosti tako da povećaju zastupljenost aktivnosti u onom dijelu dana kada je životinja provela dulje vrijeme ispred fotozamke (ROVERO i ZIMMERMANN, 2016.).

U metodi sekvencijalnog uzorkovanja (engl. *Sequence sampling*) fokus se stavlja na trajanje određene aktivnosti unutar skupine životinja te stoga razdoblje uzorkovanja započinje s početkom određene aktivnosti te završava s njenim završetkom. Metoda trenutnog uzorkovanja (engl. *Instantaneous sampling*) aktivnost definira kao kontinuiranu vrijednost tijekom koje istraživač bilježi aktivnost jedinke u prethodno definiranim vremenskim razmacima (primjerice svaka prva sekunda u 30 - sekundnom razdoblju) (SHEPERDSON, 1989.). Za razliku od tog pristupa, u metodi uzorkovanja vremena (engl. *Time sampling* ili *One-Zero sampling*) aktivnost može biti definirana kao kontinuirana vrijednost ili kao diskretna vrijednost (događaj). Kada je aktivnost definirana kao diskretna vrijednost, tada se tijekom kraćih razdoblja uzorkovanja prati pojava ili odsustvo neke aktivnosti ili interakcije između jedinki (ALTMAN, 1974.). Istraživanja obrazaca aktivnosti promatranjem su se do kraja prošlog stoljeća posebice provodila kod divljih primata (RICHARD, 1970).

Prednost opservacijskih istraživanja je detaljno prikupljanje podataka koje bi bilo teško postići bilo kojom drugom metodom koja isključuje fizičku prisutnost istraživača (ROVERO i ZIMMERMANN, 2016.). Međutim, izravno promatranje nosi i značajne nedostatke kao što su neophodna ulaganja vremena i financija, ali i potencijalni utjecaj na ponašanje ili aktivnost životinja zbog prisutnosti istraživača (MCDOUGALL, 2012.) te rizik od habituicije

promatranih životinja što posljedično može uzrokovati veću izloženost krivolovu (CIPOLLETTA, 2011). Osim toga, nejednaka vidljivost različitih kategorija jedinki promatrane vrste (BOYER-ONTL i PRUETZ, 2014.), potencijalna pristranost od strane istraživača te ograničen broj jedinki koje se promatraju mogu biti uzrok pogreški pri donošenju zaključaka o aktivnosti životinja (NICHOLS i sur., 2011.).

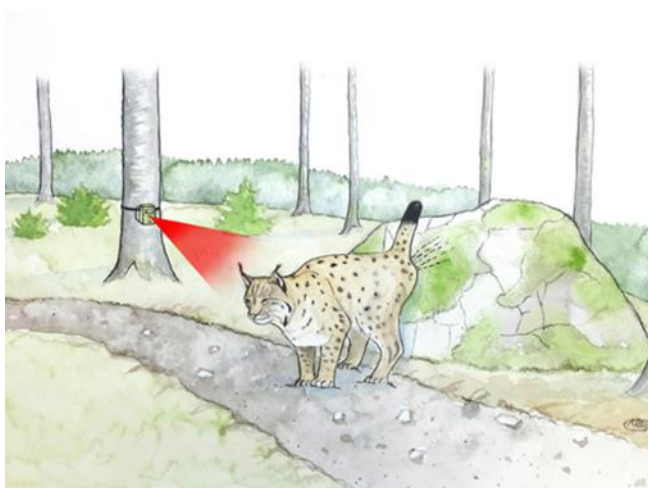
2.4.1.2. Telemetrijska istraživanja

Razvojem tehnologije, znanstvenici su uspjeli prevladati ograničenja koja se javljaju u opservacijskim istraživanjima (LÖTTKER i sur., 2009.; BROELL i sur., 2016.). Uređaji poput telemetrijskih ogrlica s ugrađenim akcelerometrima pružaju mogućnost prikupljanja širokog spektra podataka o životinji koja nosi ogrlicu, ali i njenoj okolini (ROVERO i ZIMMERMAN, 2016.), neovisno o veličini prostora na kojem se životinja kreće (SCHMIDT, 2008.; HEURICH i sur., 2014.). Zbog tih prednosti je u posljednja dva desetljeća znatno porastao broj znanstvenih radova u kojima se koriste telemetrijski uređaji za istraživanje prostorne i vremenske aktivnosti životinja (MOLL i sur. 2007.; PAGON i sur., 2013.; ROVERO i ZIMMERMAN, 2016.; WEYER i sur., 2020.). Podaci o kretanju, odnosno aktivnosti životinja mjere se pomoću akcelerometra, odnosno piezoelektričnog senzora koji je nalik opruzi (ROVERO i ZIMMERMAN, 2016.). Akcelerometar mjeri aktivnost životinje u dvije ili tri dimenzije, ovisno o broju međusobno okomito postavljenih senzora, u kojima svaka kretnja životinje generira signal proporcionalan akceleraciji (promjeni brzine) životinje (DOW i sur., 2009.).

HEURICH i sur. (2014.) su navedenom metodom analizirali obrasce dnevne i sezone aktivnosti risa. Kako bi odredili razinu aktivnosti risa tijekom svakog sata u danu (0-100 %), objedinili su podatke aktivnosti u intervale od 60 minuta te su odredili aktivnost tijekom različitih faza dana, npr. dan, izlazak Sunca, zalazak Sunca i noć. Potencijalni nedostatak ove metode istraživanja aktivnosti je veličina uzorka, kao i kod opservacijske metode istraživanja, čiji rezultati se uslijed premalog uzorka možda neće moći interpretirati na razini populacije, što fotozamke postavljene u skladu s ciljem istraživanja s druge strane omogućuju (NICHOLS i sur., 2011.).

2.4.1.3. Istraživanje pomoću fotozamki

Tijekom posljednjih 20 godina, tehnološki napredak doveo je do razvoja fotozamki - sofisticiranih uređaja koji se sastoje od digitalne kamere koja je povezana sa senzorom pokreta i/ili topline koji određuje kada snimiti sliku ili video zapis (tj. kamera se aktivira prolaskom životinje unutar polja detekcije) (ROVERO i ZIMMERMANN, 2016) (Slika 2.).



Slika 2. Prikaz mehanizma djelovanja fotozamki na temelju aktivacije senzora prolaskom životinje unutar polja detekcije. Izvor: SLIJEPEČEVIĆ i sur., 2017.

Istraživanje aktivnosti pomoću fotozamki valjana je alternativa prethodno navedenim metodama istraživanja. IANNINO i sur. (2024.) su usporedili rezultate aktivnosti risa dobivene istraživanjem pomoću fotozamki i pomoću akcelerometra na telemetrijskim ogrlicama te zaključili da obje metode daju usporedive rezultate. Osim što ne zahtjeva prisutnost čovjeka niti manipulaciju životinjama, ova metoda omogućava prikupljanje podataka o aktivnosti većeg broja jedinki te šireg raspona vrsta na relativno velikim površinama i teško dostupnim područjima (ROVERO i ZIMMERMANN, 2016). Aktivnost životinja podrazumijeva da je životinja aktivirala senzor fotozamke kretanjem cijelog tijela (hodanjem ili trčanjem) te se na temelju podataka o vremenu snimanja svake fotografije analiziraju obrasci aktivnosti tih životinja.

Na taj način su znanstvenici odgovorili na mnoga neriješena ekološka pitanja, pa tako i pitanja intra- i interspecijskih interakcija kao što su varijacije u obrascima aktivnosti i podjela aktivnosti unutar vremenskih niša. Npr. na temelju podataka s fotozamki, SWANSON i sur. (2016.) su istraživanjem interakcija između predatorskih vrsta utvrdili kako podređene vrste mogu prilagođavati vremensku upotrebu nekog dijela staništa ovisno o percipiranom riziku umjesto da preventivno izbjegavaju preferirane dijelove ili tipove staništa, čime bi izgubili

pristup resursima na tom području. Podaci prikupljeni putem fotozamki također pružaju bolje razumijevanje promjena ponašanja životinja, promjena u podjeli vremenskih niša te strukturi zajednica koje su posljedica antropogenih učinaka (LEWIS i sur., 2021.).

Za proučavanje različitih aspekata ekologije životinja, kao što su rasprostranjenost, brojnost i odnosi obrazaca aktivnosti unutar i između vrsta te utjecaj ljudi na obrasce aktivnosti istraživanih vrsta, fotozamke sve su češća metoda izbora znanstvenika. Međutim, s porastom upotrebe fotozamki, u literaturi se pokrenula rasprava o tome koju bi metodu, odnosno dizajn istraživanja bilo najprikladnije koristiti za proučavanje aktivnosti pojedinačnih vrsta (npr. predatora) te stupanj preklapanja aktivnosti različitih životinjskih vrsta (npr. odnos obrazaca aktivnosti predatorskih i plijenskih vrsta) (KAYS i sur., 2011.). Iako u literaturi nema konsenzusa o tome koje su metode prikupljanja podataka fotozatkama bolje od drugih, raspravlja se o sljedećim ključnim čimbenicima koje je potrebno razmotriti: odabir područja istraživanja (HOFMEESTER i sur. 2019.), udaljenost između fotozamki (MCLEAN i sur., 2015.; BU i sur., 2016.), položaj fotozamki (ROVERO i ZIMMERMAN 2016.), postavke fotozamki (ROVERO i ZIMMERMAN 2016.; KROFEL i sur, 2019.), razdoblje aktivnosti i doba godine u kojem su fotozamke aktivne (KARANTH i sur., 2004.). U nastavku pregleda literature raspravljat će se o ovim čimbenicima kako bi se odredilo koje bi metode bile najprikladnije za proučavanje obrazaca vremenske aktivnosti risa, kao i interakcija aktivnosti risa sa plijenskim (srna, jelen obični, divokoza) te kompeticijskim vrstama (vuk, smeđi medvjed), ali i ljudima.

Pri odabiru metodologije istraživanja treba uzeti u obzir izbor mjesta za postavljanje fotozamki s obzirom na ciljnu vrstu. Kada su ciljna vrsta istraživanja velike zvijeri, značajan dio literature podržava ideju nasumičnog postavljanja fotozamki kako bi se smanjila vjerojatnost pogreške (pristranosti), no to nije uvijek jednostavno ili logistički moguće (KAYS i sur., 2010.). Točnije, fotozamke postavljene na nekom području istraživanja mogu zabilježiti istraživanu životinjsku vrstu samo ako su ispunjena dva uvjeta, a to su (1) da je istraživana vrsta prisutna na području gdje je fotozamka postavljena te (2) da je fotozamka postavljena na mikrolokaciji na kojoj jedinke istraživane vrste prolaze kada koriste taj dio staništa (EFFORD i DAWSON 2012.; HOFMEESTER i sur. 2019.). Drugim riječima, fotozamke moraju biti postavljene u tipu staništa i na mikrolokacijama koje ciljne vrste koriste, u suprotnom neće biti zabilježene (HOFMEESTER i sur., 2021.).

Iz tog razloga je prije postavljanja fotozamki unutar područja istraživanja, potrebno prvo provesti 'izviđanje' predloženog područja istraživanja (LONG, 2008.). Takve će aktivnosti

pomoći u određivanju područja i lokacija na kojima je vjerojatnost bilježenja ciljnih vrsta veća. Na primjer, istraživanja su pokazala kako risovi preferiraju ceste i životinjske staze za kretanje te da su to, uz risja markirališta, mikrolokacije na kojima je veća vjerojatnost njihovog bilježenja (ROWCLIFFE i sur., 2014.; ROVERO i ZIMMERMANN, 2016.; HOFMEESTER i sur., 2021.).

Može se tvrditi da ova metoda postavljanja fotozamki nije nasumična i da stoga krši standarde istraživanja u ekologiji i statistici gdje nasumično odabiranje lokacija osigurava nepristrane i neovisne podatke (KREBS, 1999.). Međutim, kada se traže specifične interakcije aktivnosti između različitih skupina životinjskih vrsta, kao što su risovi i njihove plijenske vrste (npr. srne) i/ili kompeticijske vrste (kao npr. vuk i medvjed), metoda nasumičnog uzorkovanja vjerojatno nije prikladna jer je za statističke analize potreban veći udio bilježenja istraživanih životinjskih vrsta, odnosno veći broj podataka o njihovoj aktivnosti (LASHLEY i sur., 2018.). Dakle, pri analiziranju obrazaca aktivnosti i interakcija vrsta koje žive skrovito i manje brojnih vrsta (kao što su predatorske), ciljano postavljanje fotozamki je prikladan dizajn istraživanja jer povećava vjerojatnost bilježenja istraživanih vrsta te omogućuje analizu odnosa aktivnosti između vrsta (MEEK i sur., 2014.). Primjerice, kod istraživanja risova, fotozamke bi se trebale postaviti u blizini šumskih cesta i životinjskih staza kako bi se povećala vjerojatnost bilježenja njihove aktivnosti (ROWCLIFFE i sur., 2014.; ROVERO i ZIMMERMANN, 2016.). U novijem istraživanju koje su proveli HOFMEESTER i sur. (2021.), pokazalo se kako nema negativne korelacije između ciljanog postavljanja fotozamki za risa i vjerojatnosti bilježenja ostalih vrsta parnoprstaša. HOFMEESTER i sur. (2021.) su istraživali učinke ciljanog biranja lokacija za postavljanje fotozamki te broja postavljenih fotozamki na vjerojatnost bilježenja ciljne vrste (ris) i sedam neciljnih vrsta sisavaca (četiri predatorske, tri plijenske vrste i jedna vrsta glodavca). Otkrili su kako je šest od sedam neciljnih vrsta imalo najveću vjerojatnost bilježenja na lokacijama izabranim za detekciju risa, dok je jedna vrsta (*los Alces alces*) imala jednaku vjerojatnost zabilježavanja na sva tri tipa mikrolokacija (HOFMEESTER i sur., 2021.).

Udaljenost između fotozamki važan je čimbenik koji treba uzeti u obzir pri planiranju istraživanja kako bi se izbjegla potencijalna pristranost kod analize podataka (KAYS i sur., 2010.). Naime, fotozamke postavljene preblizu jedna drugoj mogu dati podatke sa sličnim vrijednostima (npr. vrijeme aktivnosti vrste) ili zabilježiti istu jedinku zbog nedovoljnog međusobnog razmaka (KAYS i sur. 2010.).

U istraživanju prostorne autokorelacije ukupno 5 životinjskih vrsta različite veličine tijela te područja kretanja, KAYS i sur. (2010.) su utvrdili kako je međusobna udaljenost

kamera od samo 25 metara dovoljna za minimiziranje rizika od prostorne autokorelacije. Ipak, u većini nešto kasnije objavljene literature postignut je konsenzus da se vjerojatnost prostorne autokorelacije znatno smanjuje kada su fotozamke međusobno udaljene najmanje 500 m (NELSON i sur., 2014.; MCLEAN i sur., 2015.; BU i sur., 2016.).

Što je duže razdoblje aktivnosti fotozamki, to je veća vjerojatnost bilježenja ciljnih vrsta (KARANTH i sur., 2004.). Ako se koriste kraća razdoblja, može se pokriti veći broj lokacija, što će vjerojatno dati veću razinu statističke pouzdanosti dobivenih rezultata (LONG, 2008.). Mnoga istraživanja sugeriraju da za lokacije za koje se zna ili predviđa da imaju nižu gustoću ciljnih vrsta, fotozamke trebaju biti aktivne u duljem razdoblju kako bi se prikupila prikladna količina podataka koja je u skladu s glavnim ciljevima istraživanja (LONG, 2008.; KAYS i sur., 2010.).

Uzevši u obzir da svaka metoda istraživanja ima prednosti i mane, istraživači u proučavanju aktivnosti životinja sve češće koriste kombinaciju dviju metoda - primjerice istraživanje fotozamikama i telemetrijskim sustavima ili ponekad u kombinaciji s izravnim promatranjem (ROVERO i ZIMMERMAN, 2016.). Primjerice, SUSELBEEK i sur. (2014.) su pomoću kombinacije podataka s fotozamikama i telemetrijskog sustava testirali odnose aktivnosti plijenske vrste (agutija *Dasyprocta punctata*) i predatorske vrste (ocelota *Leopardus pardalis*). Kako bi utvrdili smanjuje li plijenska vrsta razinu aktivnosti u razdobljima povećanog rizika (kako je predviđeno hipotezom raspodjele rizika), kvantificiran je omjer aktivnosti ocelota i agoutija tijekom 24 sata. Analiza dnevnih obrazaca aktivnosti agoutija i ocelota na razini populacije provedena je na podacima s fotozamikama. S druge strane, zahvaljujući kontinuiranom praćenju aktivnosti životinja, telemetrijski podaci su korišteni za analizu udjela smrtnosti plijenskih vrsta i pada njihove aktivnosti tijekom razdoblja visokog rizika od predacije (SUSELBEEK i sur., 2014.).

2.5. Obrasci aktivnosti plijenskih i kompeticijskih vrsta

2.5.1. Dnevna i sezonska aktivnost euroazijskog risa

Na europskom kontinentu vrste iz porodice mačaka također prate aktivnost glavnog plijena, pa su tako dosadašnja istraživanja euroazijskog risa pokazala kako ris ima uglavnom noćni ili krepuskularni obrazac aktivnosti, koji osim što varira u odnosu na vanjske

abiotičke čimbenike te individualne osobine, u velikoj mjeri ovisi o aktivnosti primarnog plijena (PODOLSKI i sur, 2013.; SCHMIDT, 1999.; REINHARDT i HALLE 1999.; MATTISSON i sur., 2010.). Tako je u euroazijskog risa u srednjoj i sjevernoj Europi zabilježena pretežito krepuskularna aktivnost, što se poklapa s obrascima aktivnosti primarnih plijenskih vrsta na tim područjima - srna u Bavarskoj šumi Njemačke (KROP-BENESCH i sur, 2013.), jelen obični u Poljskoj (KAMLER i sur, 2007.), srna i los (*Alces alces*) u Švedskoj (CEDERLUND, 1989.), jelen obični u njemačkim Alpama (GEORGII i SCHRODER, 1983.) dok dnevna i sezonska aktivnost risa u jugoistočnoj Europi (Turskoj) prati aktivnosti zeca, primarne plijenske vrste na tom području (SOYUMERT i sur., 2019.; NADERI i sur, 2021.).

HEURICH i sur. (2014.) su istraživali aktivnosti 38 risova iz različitih populacija na području srednje i sjeverne Europe (od 49°79' N u srednjoj Europi do 70°01' N u sjevernoj Skandinaviji) na temelju telemetrijskih podataka (>11 000 dana podataka o kretanju). Otkrili su kako ris zadržava bimodalni obrazac aktivnosti (s vrhuncima u vrijeme svitanja i sutona) kroz sva područja istraživanja, čak i u polarnim područjima tijekom razdoblja polarne noći i polarnog dana, kada nema pravilne izmjene noći i dana. No, iako obrazac aktivnosti ostaje jednak, vrijeme najveće razine aktivnosti u danu varira sa širenjem i sužavanjem duljine dnevne svjetlosti. Naime, na područjima s potpunom izmjenom dana i noći unutar 24-satnog ciklusa tijekom cijele godine (kao što je u srednjoj Europi) kod aktivnosti risa se uočavaju jasni vrhunci u vrijeme izlaska i zalaska Sunca (PODOLSKI i sur., 2013.; HEURICH i sur., 2014.) što se istovremeno podudara s aktivnostima srne i jelena (primarnih plijenskih vrsta) na tim prostorima (GEORGII i SCHRODER, 1983.; CEDERLUND i sur., 1989.; KAMLER i sur, 2007.; KROP-BENESCH i sur., 2013.; PAGON i sur, 2013.).

U polarnim područjima, u kojima unutar godine postoje polarne noći i dani (razdoblja bez svakodnevne izmjene dana i noći), ris također zadržava pretežito krepuskularnu aktivnost, no amplitude obrazaca dnevne aktivnosti risa slabije su izražene (HEURICH i sur., 2014.). Osim što risovi vrhunac aktivnosti dosežu u krepuskularnom razdoblju, aktivnost je izražena i tijekom noći, kada su parnoprstaši manje aktivni (KROP-BENESCH i sur., 2013.). Naime, ris je predator čija je tehnika lova vrebanje iz zasjede (HEURICH i sur., 2014.) te se smatra da noću ima veću vjerojatnost za uspješan lov zbog izrazito razvijenog osjetila vida (KITCHENER, 1991.). Za razliku od risa, plijenske vrste kao što su srna, jelen obični i divokoza, oslanjaju se na osjetila njuha i sluha te su zbog slabije vidljivosti noću podložnije riziku od predacije (HEURICH i sur., 2014.). Takav krepuskularni obrazac aktivnosti također je zabilježen kod drugih vrsta mačaka, kao što su kanadski ris (*Lynx canadensis*) (KOLBE i

SQUIRES, 2007.), crveni ris (*Lynx rufus*) (TIGAS i sur., 2002), iberijski ris (*Lynx pardinus*) (BELTRAN, 1988.) i tigar (*Panthera tigris*) (LINKIE i RIDOUT, 2011.).

Istraživanja aktivnosti risa u jugoistočnom dijelu Europe (sjeverna Anadolija i sjeveroistočna Turska) pokazuju kako aktivnost risa snažno prati dnevne i sezonske varijacije obrazaca aktivnosti zečeva (primarnog plijena). Suprotno tome, na području Sjeverne Anatolije je razina preklapanja aktivnosti risa i srna (koje nisu primarni plijen) niska, unatoč dostupnosti stabilne populacije te plijenske vrste na istraživanom području (SOYUMERT, 2019.). Točnije, u ljetnoj sezoni risovi pokazuju tipičnu bimodalnu aktivnost koja je u velikoj mjeri usklađena s aktivnosti zeca u tom dijelu godine, dok zimi postaje dominantno diurnalno aktivan, kada i zec prelazi na pretežito dnevnu aktivnost (NADERI i sur., 2021.). Smatra se da je na takvu jasnu promjenu aktivnosti risa tijekom zime utjecala kombinacija različitih čimbenika kao što su sezonske i dnevne promjene aktivnosti glavnog plijena, niska temperatura te manje intenzivna aktivnost čovjeka (NADERI i sur., 2021.). PODOLSKI i sur. (2013.) su ustanovili kako ris mijenja razinu dnevne aktivnosti s obzirom na dostupnost plijena (srne, jelena običnog ili zeca). Točnije, PODOLSKI i sur. (2013.) su usporedili podatke o aktivnosti risa na dane s dostupnim ulovljenim plijenom (357 dana) i aktivnost na dane kada nisu ulovili plijen (316 dana) te su utvrdili da je ris manje aktivan (3,3h dnevno) u danima kada ima dostupan ulovljeni plijen u odnosu na dane kada traži plijen. Takvi rezultati su u skladu s prethodnim istraživanjima koja su također potvrdila da je dnevna aktivnost risa viša u danima kada su u potrazi za plijenom, a najmanja prvog dana nakon uspješnog lova (BERNHART, 1990.; REINHARDT i HALLE 1999.; SCHMIDT, 1999.). To se može objasniti činjenicom da se ris nekoliko dana hrani na plijenu zbog čega nema potrebe za traženjem hrane u danima nakon uspješnog lova (OKARMA i sur., 1997.; JEDRZEJEWSKI i sur., 2002.; BREITENMOSER i BREITENMOSER-WURSTEN, 2008.; BELOTTI i sur., 2012.), ali i time što ostaje u blizini plijena kako bi spriječio gubitke od strane drugih životinjskih vrsta (BELOTTI i sur., 2012.).

Kako je vidljivo, aktivnost predatorskih i plijenskih vrsta ovisi o međusobnim odnosima, ali je važno napomenuti kako postoje i drugi čimbenici koji su uključeni u te interakcije. Jedan od glavnih čimbenika je i razina utjecaja čovjeka na aktivnosti predatorskih i plijenskih vrsta, čime utječu i na međusobne odnose predatora i plijena (van BEECK CALKOEN i sur., 2022.).

2.5.2. Aktivnost srna

Aktivnost srna na sezonskoj i dnevnoj razini uvjetovana je vanjskim čimbenicima kao što su sezonske promjenama u okolišu, posebice temperatura (SCHEIBE i sur., 2009.), vremenski uvjeti (KROP-BENESCH i sur., 2013.), dostupnost i kvaliteta hrane (DUNCAN i sur., 1998.; BARANCEKOVA i sur., 2009.), ali i spol (PAGON i sur, 2013.), dob te razina percipiranog rizika unutar staništa (od strane predatora i čovjeka) (BONNOT i sur., 2020.). Srne su najaktivnije u jutarnjim i večernjim satima (KROP-BENESCH i sur., 2013., PAGON i sur. 2013.), no razina i vrijeme vrhunaca dnevne aktivnosti mijenjaju se tijekom sezona. Jedan od čimbenika koji objašnjavaju sezonske promjene u aktivnosti srna su fiziološka ograničenja probavnog sustava (TURNER, 1978.; LASON, 2010.). Naime, poznato je kako dinamika između preživljavanja i potrage za hranom ovisi o kvaliteti i probavljivosti hrane koja se mijenja kroz sezone (CEDERLUND, 1981.; ROWELL-SCHÄFER i sur., 2001.; LASON, 2010.), a o toj dinamici ovisi izmjena aktivnih i neaktivnih razdoblja preživača tijekom dana (KERLEY i sur., 2010.; ABBAS i sur., 2013.). Tako su primjerice, na području sjeverne Europe istraživanja potvrdila smanjenu razinu aktivnosti srna tijekom zime zbog duljih razdoblja preživljavanja (Švedska (CEDERLUND, 1981.), Danska (JEPPESEN, 1989.), dok istraživanja na nižim geografskim širinama nisu zabilježila značajan pad aktivnosti tijekom hladnijeg dijela godine (srednja Italija (PAGON i sur, 2013.). Autori navode kako bi takva aktivnost mogla biti rezultat razlika kvalitete dostupne hrane između područja istraživanja te razlika u probavljivosti dostupnog zimskog brsta (PAGON i sur, 2013.; PERZANOWSKI, 1978.).

PAGON i sur. (2013.) zabilježili su razlike u aktivnosti mužjaka i ženki tijekom sezone parenja (od ranog proljeća do kasnog ljeta) kada su mužjaci znatno aktivniji, dok izvan tog razdoblja razlike u razini aktivnosti između spolova nisu zabilježene.

Uspoređujući obrasce dnevne aktivnosti 12 populacija srna diljem Europe, rezultati istraživanja koje su proveli BONNOT i sur. (2020.) su otkrili značajne varijacije u dnevnim obrascima aktivnosti kao odgovor na različite stupnjeve ljudske (letalne i neletalne) aktivnosti. Srne su u prosjeku bile manje aktivne tijekom dana u područjima sa značajnom ljudskom aktivnosti te ukupno manje aktivne izvan sezone lova. Štoviše, pokazalo se da srne tijekom sezone lova pomiču svoju aktivnost u razdoblje noći (BONNOT i sur., 2020.). Ti rezultati su konzistentni s meta-analizom koje su proveli GAYNOR i sur. (2018.) koji su pokazali kako veliki broj vrsta divljih životinja povećava svoj stupanj noćne aktivnosti kao odgovor na ljudsku aktivnost. Osim utjecaja ljudi, obrasci aktivnosti srna su varirali u odnosu na prisutnost predatora (risa) (BONNOT i sur., 2020.). U područjima gdje je ris prisutan, srne su u prosjeku

bile aktivnije tijekom dana, kada je risja aktivnost najniža. Na sličan način su TAMBLING i sur. (2015.) utvrdili kako je veća vjerojatnost da će parnoprstaši u Africi biti aktivni tijekom razdoblja dana na područjima gdje dijele stanište s lavovima (*Panthera leo*) i pjegavim hijenama (*Crocuta crocuta*), kako bi smanjili preklapanje aktivnosti s ovim nokturnalnim predatorima.

2.5.3. Aktivnost jelena običnog

Uz relativno ustaljeni obrazac aktivnosti tijekom cijele godine, sezonske aktivnosti jelena ipak variraju ovisno o području obitavanja pa je tako u nekim dijelovima Europe zabilježeno povećanje ukupne dnevne razine aktivnosti tijekom ljeta, dok se zimi ukupna aktivnost značajno smanjuje (Škotska (CLUTTON-BROCK i sur. 2004.), Njemačka (GEORGII 1981.; GEORGII i SCHRODER 1983.), Danska (JEPPESEN 1989.). No, takve razlike nisu zabilježene u populacijama jelena u Španjolskoj (CARRANZA i sur. 1991.) i Nizozemskoj (JAYAKODY i sur, 2008.; SIBBALD i sur, 2011.; ENSING i sur, 2014.). Zabilježene razlike u sezonskoj aktivnosti vjerojatno odražavaju razlike u dnevnim abiotičkim čimbenicima kao što su temperatura i padaline, razina rizika od predatora i ljudi (JAYAKODY i sur, 2008.; SIBBALD i sur, 2011.; ENSING i sur, 2014.), promjene u fotoperiodu, ali i količini te kvaliteti dostupne hrane (GEORGII, 1981.; GREEN i BEAR, 1990.).

Istraživanja pokazuju kako oscilacije dnevne temperature tijekom zime utječu na aktivnost oba spola ove vrste, pa su tako najveće aktivnosti mužjaka i ženki zabilježene u najtoplijem dijelu dana (prije zalaska Sunca), a najmanje u najhladnijem dijelu dana (prije izlaska Sunca) (BERGER, 2002.; KAMLER, 2007.). Takve rezultate podupire istraživanje u kojem je utvrđeno kako jelen tijekom zimskih noći usporava metabolizam (engl. nocturnal hypometabolism) (ARNOLD i sur., 2004.) radi očuvanja energije tijekom razdoblja najnižih dnevnih temperatura (HELDMAIER i sur, 1992.; SCHOBER i sur, 1995.). Hipoteza cirkadijalne termo-energetike (engl. the circadian thermo-energetics hypothesis, CTE) (HUT i sur, 2012.; van der VINNE, 2015.) također sugerira kako endotermne životinje imaju koristi od pomicanja vremenske aktivnosti u toplije razdoblje 24-satnog ciklusa dok se manjom aktivnosti tijekom razdoblja nižih temperatura smanjuje gubitak tjelesne temperature, a time i gubitak energije na održavanje termoregulacije (PEREA-RODRÍGUEZ i sur, 2022.).

COPPEES i sur. (2017.) su u istraživanju utjecaja prisutnosti čovjeka na korištenje staništa jelena utvrdili kako jeleni tijekom dana jasno izbjegavaju rekreativne staze, dok ih

tijekom noći pak preferiraju koristiti (COPPEs i sur., 2017.). Autori zaključuju kako pri osmišljavanju mjera ublažavanja antropogenog utjecaja treba uzeti u obzir dnevne i sezonske varijacije u interakciji ljudi i divljih životinja.

2.5.4. Aktivnost divokoze

Obrasci aktivnosti divokoza te njihov odnos s drugim vrstama s kojima dijele stanište manje su istraženi od aktivnosti srne i jelena. Općenito, divokoza je katemeralna vrsta, pri čemu dostupnost hrane, temperatura i godišnje doba imaju ključni utjecaj na njihovu aktivnost (BRIVIO i sur., 2016.; GRIGNOLIO i sur., 2018.). Divokoze tijekom proljeća i ljeta pokazuju u prosjeku veću dnevnu aktivnost te bimodalni obrazac aktivnosti, s vrhuncima tijekom izlaska i zalaska Sunca (NUSSBERGER i INGOLD 2006.; RÜTTIMANN i sur., 2008.; ŠPREM i sur., 2015.), dok su tijekom zime manje aktivne uz prijelaz s bimodalnog na unimodalni obrazac aktivnosti (BRIVIO i sur., 2016.). Takva sezonska promjena aktivnosti može se interpretirati kao odgovor na nepovoljne okolišne uvjete (tj. padaline, niske temperature, smanjena količina i dostupnost hrane) te kao strategija očuvanja energije (BRIVIO i sur., 2016.). S druge strane, ljeti je preživcima dostupno više izvora hrane te veća količina hrane, stoga bimodalni obrazac tijekom proljeća i ljeta može biti posljedica fiziološke prilagodbe povezane s ciklusom hranjenja i preživljanja (ADAMCZEWSKI i sur., 1997.; PARKER i sur., 2009.).

ŠPREM i sur. (2015.) su utvrdili kako divokoze pokazuju glavni vrhunac aktivnosti tijekom dana, kada je aktivnost predatorskih vrsta smanjena. CARNEVALI i sur. (2016.) su istraživanjem aktivnosti divokoza u staništu gdje su predatorske vrste odsutne, zamijetili dominantno noćnu aktivnost u toplijem dijelu godine, dok je u hladnijem dijelu godine noćna aktivnost bila niska. Ipak, nije u potpunosti razjašnjeno koliku razinu utjecaja ima odsutnost predatorskih vrsta na takav obrazac dnevne aktivnosti divokoze. Osim toga, u istraživanju koje su proveli CARNEVALI i sur. (2016.) najveća noćna aktivnost zabilježena je za vrijeme punog mjeseca te se pretpostavlja da je razlog tomu veća količina svjetlosti, koja je divokozi olakšava kretanje i pronalazak hrane.

2.5.5. Aktivnost vuka

Istraživanja vukova diljem Europe navode kako su njihovi obrasci aktivnosti rezultat prilagodbe različitim okolišnim čimbenicima (PACKARD, 2003.; THEUERKAUF, 2009.) koji

moгу djelovati zasebno ili zajedno te se značajnost čimbenika može razlikovati ovisno o području istraživanja (THEUERKAUF, 2009.). Općenito se smatra kako dostupnost primarnih lokalnih plijenskih vrsta (GULA, 2008.), razina antropogenog djelovanja (CIUCCI i sur., 1997.; KUSAK i sur., 2005.; THEUERKAUF i sur., 2007.) i temperatura okoline (FANCY i BALLARD 1995.; THEUERKAUF, 2003.) imaju najveći utjecaj na oblikovanje obrazaca aktivnosti vuka (THEUERKAUF, 2009.).

U opsežnom istraživanju literature o aktivnosti vukova na 11 područja diljem svijeta (od Aljaske, preko Europe do Izraela), THEUERKAUF (2009.) je proučavao stupanj utjecaja čimbenika kao što su izravno (lov) i neizravno antropogeno djelovanje (gustoća cesta i gustoća ljudi), dostupnost (domaćih i divljih) plijenskih vrsta, zemljopisna širina te prosječna godišnja temperatura na razinu noćne aktivnosti vuka. Aktivnost vuka se pokazala kao izrazito varijabilna (EGGERMANN i sur., 2009.), no u većini područja istraživanja u Europi zabilježena je pretežito bimodalna aktivnost (s vrhuncima aktivnosti tijekom izlaska i zalaska Sunca) s većom noćnošću u odnosu na dnevnu aktivnost (Norveška (SAND i sur., 2005.), sjeveroistočna Poljska (THEUERKAUF i sur., 2003.), Španjolska (VILA i sur., 1995.); Mađarska (GIGLER, 2020.); središnja Italija (ROSSA i sur, 2021.)). No, u nekim područjima su vukovi pretežito aktivni tijekom razdoblja noći (južna Hrvatska (KUSAK i sur., 2005.); južna Italija (MORI i sur., 2020.)). Pokazalo se kako je noćnost vuka u pozitivnoj korelaciji s razinom ljudske prisutnosti te je povećana na područjima gdje se vuk pretežito hrani stokom ili ljudskim otpadom (THEUERKAUF, 2009.), kao što je krajem prošlog stoljeća bio slučaj u Španjolskoj (VILA i sur., 1995.) i središnjoj Italiji (CIUCCI i sur, 1997.). Slične rezultate su opisali KUSAK i sur. (2005.) u istraživanju aktivnosti dvaju čopora vukova u dalmatinskom dijelu Hrvatske u kojem su utvrdili dominantnu noćnu aktivnost te je povezali s postizanjem ravnoteže između rizika od susreta sa čovjekom i iskorištavanja ljudskih izvora hrane. THEUERKAUF (2009.) sugerira kako bi za vukove koji se u velikoj mjeri oslanjaju na antropogene izvore hrane, pretežito noćna aktivnost mogla biti isplativa metoda izbjegavanja čovjeka jer ne gube potencijalni pristup hrani smanjenom aktivnosti u vrijeme izlaska i zalaska Sunca, kada su plijenske vrste obično najaktivnije.

2.5.6. Aktivnost smeđeg medvjeda

Istraživanja aktivnost smeđeg medvjeda diljem Europe su pokazala dominantno noćnu aktivnost (Hrvatska (ROTH i HUBER, 1986., KACZENSKY i sur., 2006.); Španjolska

(CLEVENGER i sur., 1990.); Norveška: (WABAKKEN i MAARTMANN, 1994.); Njemačka: (RAUER i GUTLEB, 1997.). ORDIZ i sur., (2017.) proveli su opsežno istraživanje aktivnosti medvjeda u Švedskoj u razdoblju od proljeća do rane jeseni. U proljeće, kada se medvjedi hrane pretežito teladi parnoprstaša (sobova i losova), aktivnost je bila najizraženija u noćnim i krepuskularnim razdobljima. Suprotno tome, u ljeto i ranu jesen, kada se medvjedi pojačano hrane kako bi prikupili masne zalihe, zamjećene su varijacije u stupnju noćne aktivnosti. ORDIZ i sur. (2017.) takvu aktivnost objašnjavaju kao vjerojatnu prilagodbu aktivnosti medvjeda kako bi se smanjio rizik od susreta s ljudima. KACZENSKY i sur. (2006.) istraživali su aktivnost smeđeg medvjeda na području Dinarida pomoću VHF telemetrijskog sustava te utvrdili kako je dob važan čimbenik koji određuje obrazac dnevne aktivnosti smeđeg medvjeda. Točnije, jednogodišnji medvjedi su pokazali primarno diurnalnu aktivnost te manje izražene amplitude između dnevnih i noćnih razina aktivnosti od odraslih medvjeda. KACZENSKY i sur. (2006.) sugeriraju kako je nokturnalni obrazac aktivnosti odraslih medvjeda najvjerojatnije način odgovora na aktivnost ljudi koja je pretežito diurnalna. Istraživanja aktivnosti smeđih medvjeda u Sjevernoj Americi također su pokazala varijacije u obrascima dnevne aktivnosti ovisno o intenzitetu ljudske aktivnosti. Točnije, na područjima s niskim stupnjem ljudske aktivnosti medvjedi su pokazali pretežito diurnalni obrazac aktivnosti, dok su na područjima sa zabilježenim visokim stupnjem ljudske aktivnosti medvjedi promijenili obrazac aktivnosti u nokturnalni (GUNTHER, 1990.; MACHUTCHON i sur., 1998.; OLSON i sur., 1998.; KLINKA i REIMCHEN, 2002.).

2.5.7. Odnos aktivnosti risa i kompeticijskih vrsta

Međusobno izbjegavanje kao metoda postizanja suživota među komepticijskim vrstama može imati različite oblike. Prema teoriji ograničavajuće sličnosti (engl. limiting similarity theory) MACARTHURA i LEVinsa (1967.) kako bi koegzistirale u istom staništu kompeticijske vrste bi se trebale razlikovati za barem jednu dimenziju svoje ekološke niše, a to su korištenje prostora, vremena i/ili različito iskorištavanje resursa staništa (KRONFELDSCHOR i DAYAN, 2003.; DONADIO i BUSKIRK, 2006.).

Kod predatorskih vrsta koje su slične po načinu iskorištavanja resursa staništa, prostorno i vremensko izbjegavanje imaju važnu ulogu u minimiziranju rizika međusobne interakcije (SWANSON i sur, 2016.). Predatorske vrste se na prostornoj razini mogu izbjegavati na način da u potpunosti izbjegavaju tipove ili dijelove staništa koje smatraju

rizičnima (FEDRIANI i sur. 1999.; MUKHERJEE i sur., 2008.) ili razdoblja dana u kojima je aktivnost kompeticijskih vrsta povećana (BISCHOF i sur., 2014.; CAROTHERS i JAKSIĆ, 1984.; HAYWARD i SLOTOW, 2009.; SWANSON i sur., 2014.). Naime, kada bi neka vrsta potpuno ograničila svoju aktivnost samo na dijelove staništa koje percipira sigurnima (krajobraz straha, prema LAUNDRE i sur., 2001.), tada bi izgubila pristup važnim resursima tog dijela staništa, kao što su plijen, izvori vode i/ili zaklon (LESMEISTER i sur. 2015.; MUKHERJEE i sur., 2008.; RITCHIE i JOHNSON, 2009.; SERGIO i HIRALDO, 2008.). Stoga je podjela aktivnosti na vremenskoj razini jednako važna dimenzija postizanja suživota, iako se često smatra najmanje važnom od triju glavnih ekoloških niša (ROVERO i ZIMMERMANN, 2016.). U istraživanju odnosa aktivnosti triju afričkih predatorskih vrsta, SWANSON i sur. (2016.) navode kako se čini da gepard kao podređena predatorska vrsta uspješno održava pristup dijelovima staništa u kojima je aktivnost lava (dominantne kompeticijske vrste) povećana, tako što izbjegava ta područja na kratkoročnoj (trenutnoj) vremenskoj razini, u satima kada je aktivnost lavova najviša. Takvi rezultati pokazuju važnost reaktivnog izbjegavanja (engl. reactive avoidance) između kompeticijskih vrsta predatora kao općeg mehanizma postizanja koegzistencije (SWANSON i sur., 2016.).

Ris je uz vuka i smeđeg medvjeda najveći predator u Europi, a Hrvatska je, kao dio dinarskog gorja, jedna od rijetkih zemalja u kojoj sve tri velike zvijeri međusobno koegzistiraju. Unatoč tome što u nekim područjima dijele isto stanište, interakcije i mehanizmi koegzistencije između ove tri ugrožene vrste u Europi još uvijek uglavnom nisu istražene i slabo su shvaćene (KROFEL i KOS., 2010.).

2.5.8. Odnos aktivnosti predatorskih i plijenskih vrsta

Predacija i međuvrsna kompeticija značajno utječu na aktivnost vrsta koje žive u istom staništu (CASTILLO-RUIZ i sur., 2012.). Aktivnost plijenskih vrsta u odnosu na predatorske vrste opisuje koncept krajobraza straha (engl. landscape of fear), pojam koji su LAUNDRE i sur. (2001.) prvi put predstavili u istraživanju utjecaja reintroductiranih vukova na plijenske vrste u Nacionalnom parku Yellowstone u Sjedinjenim Američkim Državama. Koncept krajobraza straha označava varijacije u korištenju prostora plijenskih vrsta s obzirom na percipirani rizik od predacije (LAUNDRE i sur., 2001.; GAYNOR i sur., 2019.). Naime, plijenske vrste percipiraju rizik na temelju izravnih znakova kao što je prisutnost predatora ili neizravnih znakova iz okoliša, osjetilne i kognitivne sposobnosti percepcije okoline, stečenog iskustava s rizikom od predacije te na temelju evolucijske povijesti vrste (GAYNOR i sur.,

2019.). U nedostatku snažnog selektivnog pritiska na percepciju rizika od predacije tijekom evolucijske povijesti, plijenska vrsta možda neće percipirati krajobraz straha u prisutnosti rijetkih ili novih predatorskih vrsta (SOLUK i COLLINS, 1988.). Prema tome, na temelju procjene rizika s obzirom na navedene znakove životinja donosi odluku kako će se ponašati i koja područja staništa će koristiti ili izbjegavati. Sukladno tome, krajobraz straha generira dvije strategije minimiziranja percipiranog rizika, a to su (1) izbjegavanje područja gdje je percipirani rizik velik te (2) prilagodba ponašanja kako bi se smanjila vjerojatnost od predacije na određenom području (antipredatorsko ponašanje) (GAYNOR i sur., 2019.). To antipredatorsko ponašanje uključuje povećanje aktivnosti u vrijeme kada je percipirani rizik od predatora manji (PENTERIANI i sur., 2013.), grupiranje (MRLIK 1991.; GERARD i sur., 2002.), odabir staništa (BONGI i sur., 2008.) odnosno, odabir mjesta hranjenja (BENHAIEM i sur., 2008.) i mjesta za odmaranje (LINNELL i sur., 1998.).

Predatorske vrste također ovise o odnosu s plijenskim vrstama zbog čega se smatra da je aktivnost plijenskih vrsta jedan od glavnih čimbenika koju utječu na njihovo ponašanje i aktivnost (SARMENTO i sur., 2013.). Stoga se očekuje da udio preklapanja obrazaca i razine aktivnosti predatora i plijena ovisi o kompromisu između potrage za hranom i izbjegavanja ljudi kod obiju vrsta te izbjegavanja predatora od strane plijenskih vrsta.

Takvu prilagodbu aktivnosti najlakše je uočiti kod predatorskih vrsta koje zbog geografski široke rasprostranjenosti obuhvaćaju područja više plijenskih vrsta te stoga očituju različite obrasce dnevne i/ili sezone aktivnosti na različitim područjima, ovisno o aktivnosti lokalne primarne vrste plijena (SCHMIDT, 1999.; HARMSSEN i sur., 2011., PODOLSKI i sur., 2013.). Primjerice, cirkadijalni ritam divljih mačaka (predatora) općenito se smatra krepuskularnim ili noćnim (THEUERKAUF i sur., 2003.), no istraživanja aktivnosti različitih vrsta divljih mačaka diljem svijeta pokazala su kako im aktivnost varira od potpuno noćne do dnevne te se čini da je fleksibilna kako među vrstama tako i unutar njih (ZACHOS, 2009.). Primjerice, pokazalo se kako obrasci aktivnosti nekih vrsta velikih mačaka na području neotropika znatno variraju unutar i između različitih područja istraživanja (HARMSSEN i sur., 2011.). Naime, istraživanja aktivnosti jaguara pokazuju kako je aktivnost te vrste pretežito diurnalna na području brazilskog Pantanala (CRAWSHAW i QUIGLEY, 1991., 2002.), krepuskularna u Chaco regiji u Boliviji (MAFFEI i sur., 2004.), dok su u peruanskoj Amazoni jaguari podjednako aktivni tijekom dana i noći (EMMONS, 1987.). S druge strane, HARMSSEN i sur. (2011.) su koristeći opsežan set podataka s fotozamki, pokazali kako se obrasci aktivnosti jaguara (*Panthera onca*) i puma (*Puma concolor*) preklapaju s nokturnalnom aktivnosti

najvažnijih plijenskih vrsta tog područja istraživanja (pasanci *Dasypus novemcinctus* i pake *Aguti paca* u Cockscomb Basin rezervatu prirode u Belizu), dok im se aktivnosti zanemarivo preklapaju s drugim (u prehrani manje zastupljenim) plijenskim vrstama koje obitavaju na istom području (npr. jeleni *Mazama americana* i pekariji *Pecari tajacu*). Takve značajne razlike u aktivnosti leoparda ovisno o području istraživanja pokazuju razinu plastičnosti obrazaca aktivnosti prema lokalnim čimbenicima (MONTERROSO i sur., 2014.; RAGO i sur., 2019.).

2.5.9 Utjecaj antropogenog djelovanja na aktivnost divljih životinja

Jedan od vanjskih čimbenika koji je od sve većeg interesa u području bihevioralnih istraživanja divljih životinja jest značajnost antropogenih učinaka na korištenje staništa divljih životinja (prostorna aktivnost) (GEORGE i CROOKS, 2006.; ROGALA i sur., 2011.), promjene obrazaca dnevne aktivnosti radi izbjegavanja dijela dana kada su ljudi najaktivniji (vremenska aktivnost) (STEVEN i sur., 2011., SPAUL i HEATH, 2016.) te bihevioralne reakcije kao što je povećan oprez (MAININI 1993., NAYLOR i sur., 2009.). Danas velik broj literature potvrđuje kako ljudi kao 'superpredatori' (CLINCHY i sur., 2016.) čine važan čimbenik u percepciji rizika kod divljih životinja (SMITH i sur., 2017.), stoga izravno ili neizravno oblikuju njihove aktivnosti, no navode kako razina i značajnost tog utjecaja variraju ovisno kontekstu (HERTEL i sur., 2017.). Primjerice, životinje na područjima u kojima postoje ljudske infrastrukture mogu pokazivati drugačije obrasce aktivnosti od pripadnika iste vrste koji naseljavaju područja s niskom razinom ljudskog djelovanja (ORDIZ i sur. 2014.; BARRUETO i sur. 2014.). Tako su primjerice, kako bi istražili pretpostavku da životinjski prijelazi na autocestama ublažavaju učinak čovjekova djelovanja na aktivnost životinja, BARRUETO i sur. (2014.) analizirali aktivnosti pet predatorskih i tri plijenske vrste na životinjskim prijelazima u odnosu na aktivnost u zabačenim područjima gdje je čovjek odsutan. Utvrdili su kako se aktivnost na životinjskim prijelazima razlikovala u odnosu na tri čimbenika - dio dana, razinu ljudske aktivnosti te starost same strukture sa različitom razinom utjecaja između vrsta. Točnije, utvrdili su kako su neke vrste (bjelorepi jelen *Odocoileus virginianus*, kojot *Canis latrans*, crni medvjed *Ursus americanus*) osjetljive na određene tipove aktivnosti čovjeka, dok su na aktivnost vuka, smeđeg medvjeda i pume utjecaj imala sva tri čimbenika (BARRUETO i sur., 2014.).

GAYNOR i sur. (2018.) su proveli meta-analizu 76 objavljenih znanstvenih radova koja su istraživala antropogene učinke na obrasce aktivnosti ukupno 62 vrsta sisavaca na šest

kontinenata. Kao mjeru učinka ljudskog djelovanja, za svaku su vrstu izračunali omjer rizika (engl. RR= risk ratio) tako što su uspoređivali postotak noćne aktivnosti (nokturalnosti) životinja u uvjetima niske i visoke razine ljudske aktivnosti. Zabilježili su prosječno povećanje nokturalnosti za faktor od 1.36 (interval pouzdanosti 95 %, 1.23 - 1.51) u područjima ili vremenskim razdobljima povećane razine ljudskog djelovanja u odnosu na noćnu aktivnost u uvjetima niske razine ljudskog djelovanja. To znači da životinja koja svoju aktivnost ravnomjerno dijeli između dana i noći poveća udio noćne aktivnosti na 68 % ukupne aktivnosti kao odgovor na povećanu razinu ljudskog djelovanja. Istraživanja koja su proučavala aktivnosti velikih mačaka diljem svijeta u kontekstu antropogenog utjecaja također potvrđuju povećanje krepuskularne ili noturnalne aktivnosti kako bi izbjegle razdoblja dana kada je ljudska aktivnost najizraženija - leopard (*Panthera pardus*) na Tajlandu (NGOPRASERT i sur., 2007.), leopard (*Panthera pardus orientalis*) u Kini (YANG i ZHAO, 2018.; ZHAO i sur., 2020.). Takve rezultate prate i istraživanja velikih predatora u Europi (vuk u zapadnoj Poljskoj (BOJARSKA i sur, 2020.), medvjed u Sloveniji i Hrvatskoj (KACZENSKY i sur., 2006.). BOJARSKA i sur. (2020.) su pomoću telemetrijskih podataka (2963 GPS lokacija) i tragova u snijegu (646 km prikupljenih tijekom šest zima) otkrili kako vukovi u zapadnoj Poljskoj, unatoč tome što koriste šumske ceste radi bržeg prelaska većih udaljenosti unutar teritorija, snažno izbjegavaju aktivnost na šumskim cestama u razdobljima najveće ljudske aktivnosti, kao i aktivnost na visoko prometnim šumskim cestama (gustoća cesta 0.4 km/km²; gustoća prometa 5-20 vozila/dan). Takva prilagodba korištenja šumskih cesta na vremenskoj razini kako bi izbjegli susret s ljudima još je jedan primjer bihevioralne/ adaptivne plastičnosti (HUT i sur. 2012., RAGO i sur. 2019.). Rezultati istraživanja učinka čovjeka na međusobne odnose predatorskih vrsta (ris, vuk i lisica) u zaštićenom području Hrvatske (Nacionalni park Plitvička jezera) potvrđuju fleksibilnost u obrascima aktivnosti životinja (HASWELL i sur, 2020.). Naime, za razliku od rezultata meta analize GAYNORA i sur. (2018.), HASWELL i sur. (2020.) nisu otkrili povećanje nokturalnosti predatora kao odgovor na višu razinu ljudske aktivnosti, što je konzistentno s rezultatima istraživanja aktivnosti vuka u zaštićenom području istočne Italije (MORI i sur., 2020.). S obzirom da je aktivnost predatorskih vrsta na tim područjima već pretežito nokturalna, moguće je da varijacije u odgovoru na aktivnost čovjeka nisu zabilježili ili da ih niti nema (HASWELL i sur, 2020.).

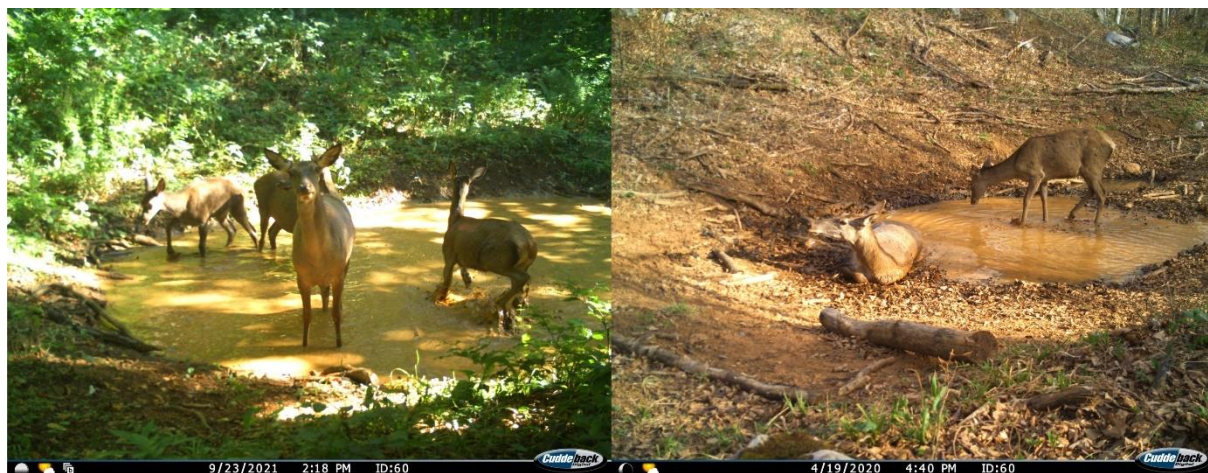
2.6. Diskretizacija događaja

Diskretizacija je definiranje vremenskog intervala između fotografija neovisnih događaja u istraživanjima aktivnosti životinja u kojima se aktivnost definira kao trenutno, a ne kontinuirano stanje. Koristi se kako bi se izdvojila jedna fotografija jednog događaja od ostalih, ponavljajućih fotografija istog događaja. U istraživanjima aktivnosti na temelju podataka prikupljenih pomoću fotozamki, podrazumijeva se da je životinja aktivna kada je aktivirala senzor fotozamke kretanjem cijelog tijela (hodanjem ili trčanjem). Kako bi se neovisni događaj razlikovao od ponovljenih fotografija istog događaja (istih životinja), svi podaci prikupljeni pomoću fotozamki se filtriraju te se, unutar definiranog vremenskog intervala, odbace sve fotografije osim jedne (ROVERO i ZIMMERMANN, 2016.). Time se smanjuje mogućnost pogreške u procjenama aktivnosti životinja prema dijelu dana kada se životinja zadržala duže vrijeme ispred fotozamke (ROVERO i ZIMMERMANN, 2016.).

Dakle, diskretizacijom se izbjegava mogućnost pseudoreplikacije događaja te se time smanjuju pogreške u procjenama odnosa aktivnosti dviju vrsta (LUCHERINI i sur., 2009.; ROVERO i ZIMMERMANN, 2016.). Do pseudoreplikacije događaja dolazi zbog različitih društvenih struktura, ponašanja i brojnosti vrsta, zbog čega se tijekom istraživanja pojedine vrste mogu bilježiti učestalije od ostalih iako to ne odražava njihovu aktivnost. Tako primjerice parnoprstaši mogu duže vrijeme boraviti ispred kamere, a da nisu aktivni na način kako se aktivnost definira u istraživanju automatskim kamerama (gibanje cijelog tijela), već primjerice leže i/ili preživaju (Slika 3.). Kako bi se izbjegao utjecaj takvog tipa podataka na rezultate istraživanja aktivnosti potrebno je provesti diskretizaciju (i vremensku i prostornu) uzimajući u obzir cilj istraživanja, metodu i istraživanje vrste.

PERAL i sur. (2022.) su koristeći podatke s fotozamki (prikupljenih u sklopu Snapshot Serengeti projekta) ustanovili kako se količina prikupljenih podataka (fotografija) u određenom razdoblju razlikuje ovisno o trofičkoj skupini kojoj snimljena vrsta pripada. Uočeno je kako se kod plijenskih vrsta (biljojeda) u istom intervalu (te na istim lokacijama) akumulira veći broj fotografija u odnosu na predatorske vrste, što je posebice izraženo u razdobljima vrhunaca aktivnosti istraživanih vrsta (PERAL i sur., 2022.). Naime, plijenske vrste često formiraju društvene zajednice te se posljedično tomu na snimkama u jednom događaju pojavljuju u brojčano većim skupinama (ESTES, 2012.). S druge strane, ris se kao solitarna predatorska vrsta samo iznimno bilježi u većem broju (majka s mladuncima te mužjak i ženka u sezoni parenja). Osim toga, predatorske vrste imaju tendenciju bržeg prolaska kroz neko područje te se posljedično tome kraće vrijeme zadržavaju ispred fotozamke (PERAL i sur., 2022.). U

praktičnom smislu to znači da se fotografije plijenskih vrsta mogu relativno brzo akumulirati unutar određenog vremenskog intervala, osobito tijekom vrhunaca njihove aktivnosti, što može utjecati na rezultate istraživanja odnosa aktivnosti između vrsta različitih trofičkih skupina (ROVERO i ZIMMERMANN, 2016.).



Slika 3. Košute na pojilištu; primjer snimki parnoprstaša na pojilištu u brojčano većim skupinama te s ponašanjem (ležanje) koje se ne definira kao aktivnost u istraživanju automatskim kamerama (gibanje cijelog tijela). Izvor: LIFE Lynx

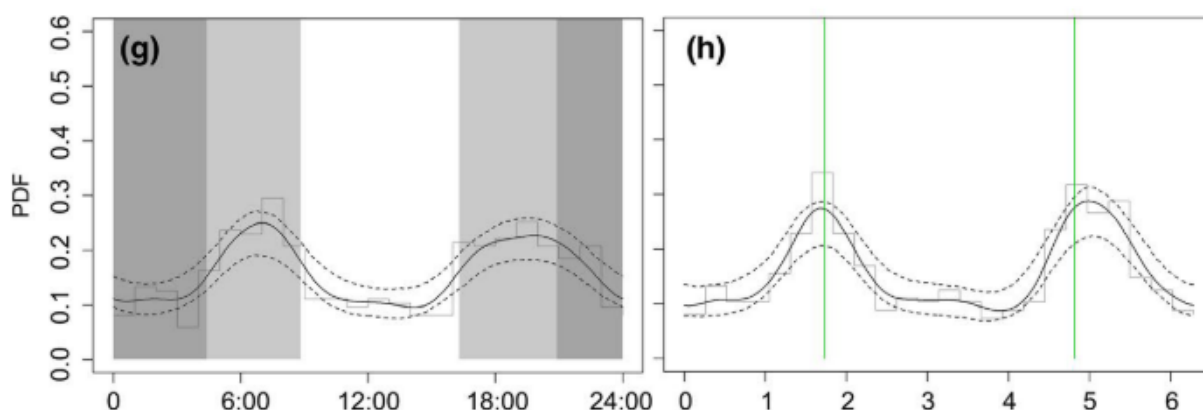
Kako bi ograničila vjerojatnost takvih pogreški, neophodno je definirati vremenski interval događaja sukladno istraživanim vrstama i cilju istraživanja. No trenutno u literaturi ne postoji konsenzus oko vremenskog intervala za diskretizaciju događaja u istraživanjima koja se bave pitanjima odnosa aktivnosti životinja, stoga autori koriste različite vremenske intervale kojima definiraju neovisni događaj od jedne minute do čak 24 sata a u 3 % radova korištena je diskretizacija od deset minuta (PERAL i sur., 2022.). Primjerice, HARMSSEN i sur. (2011.) su u istraživanju odnosa aktivnosti jaguara i puma s aktivnostima primarnih plijenskih vrsta koristili postavke fotozamki s odgodom snimanja od tri minute između uzastopnih fotografija te su za neovisni događaj koristili vrijeme fotografije snimljene između navedenih intervala. Nadalje, ROSSA i sur. (2012.) su u istraživanju odnosa prostorne i vremenske aktivnosti vuka, lisice i plijenskih vrsta, kao neovisni događaj koristili vrijeme prve snimljene fotografije unutar svakog 30 minutnog intervala. Istu metodu su primjenili TOBLER i sur. (2008.), TORRETTA i sur. (2016.) i de SATGÉ i sur. (2017.). S druge strane, u istraživanju LUCHERINI i sur. (2009.), neovisni događaj je predstavljala jedna snimka unutar intervala od sat vremena.

Trenutno ne postoje konceptualne ili empirijske informacije o utjecaju različitih intervala diskretizacije događaja na rezultate aktivnosti istraživanih životinja, no PERAL i sur. (2022.) dovode u pitanje vjerodostojnost rezultata u istraživanjima koja koriste duge (često preko 30 minuta) intervale za definiranje neovisnih događaja. Autori navode kako bi istraživanja koja se bave pitanjima aktivnosti životinja trebala prethodno testirati učinke primjene diskretizacije događaja na podatke, a time i rezultate obrazaca aktivnosti istraživanih vrsta. S obzirom da su istraživanja u kojima je korišten manji broj fotozamki vjerojatno podložnija pogreškama primjenom dužeg vremena diskretizacije (PERAL i sur., 2022.), testiranje utjecaja primjene intervala diskretizacije na set podataka mogao bi dovesti do odabira vremenskog intervala koji će vjerodostojnije reflektirati obrasce i razine aktivnosti životinja dobivenih pomoću podataka s fotozamki (PERAL i sur., 2022.). Time bi se također omogućila jasnija usporedba rezultata dobivenih različitim metodama (npr. telemetrijom) te unaprijedilo razumijevanje značajnosti utjecaja vanjskih (biotičkih i/ili abiotičkih) čimbenika na obrasce aktivnosti istraživanih vrsta životinja (PERAL i sur., 2022.).

2.7. Izražavanje vremena prema položaju Sunca (solarnom vremenu)

Kao što je navedno u prethodnim poglavljima, jedan od najvažnijih vanjskih čimbenika koji utječu na unutarnji cirkadijalni ritam životinja jest duljina dana, odnosno intenzitet svjetlosti tijekom 24-satnog razdoblja (DAAN i ASCHOFF, 1975.; BOULOS i sur., 1996.; BOULOS i sur., 2005.). Intenzitet svjetlosti je određen dinamikom izmjene dana i noći koja se mijenja ovisno o sezoni (godišnjim dobima) i geografskoj širini, čime se mijenja duljina sumraka te trenutak izlaska i zalaska Sunca. Sumrak je po definiciji vrijeme nakon Sunčeva zalaska ili prije njegova izlaska - večernji sumrak naziva se suton, a jutarnji sumrak svitanje ili zora.

U istraživanju aktivnosti životinja postoje dva načina izražavanja vremena unutar 24 - satnog ciklusa (jednog dana) - (1.) izražavanje vremena u satima, te (2.) izražavanje vremena prema položaju Sunca. Budući da vrijeme izlaska Sunca i zalaska Sunca varira ovisno o godišnjem dobu (Slika 4.) i geografskoj širini, definiranje podataka o vremenu aktivnosti u satima može dovesti do pogrešnih zaključaka pri interpretaciji obrazaca aktivnosti životinja tijekom dužeg razdoblja istraživanja ili u komparativnim istraživanjima aktivnosti životinja na područjima koja obuhvaćaju više geografskih širina (VAZQUEZ i sur., 2019.).



Slika 4. Intenzitet svjetlosti je određen dinamikom izmjene dana i noći koja se mijenja ovisno o sezoni (godišnjim dobima). Svijetlo sive zone na grafu s lijeve strane prikazuju raspone trenutka izlaska i zalaska Sunca kroz godinu u podacima izraženima u satima (na X - osi su izraženi sati (0 - 24 h). Zelene linije na grafu s desne strane prikazuju fiksirane točke izlaska i zalaska Sunca u podacima izraženima prema položaju Sunca. Na X - osi su vrijednosti izražene u radijanima. Izvor: VAZQUEZ i sur. (2019.)

NOUVELLET i sur. (2012.) su analizirali značajnost utjecaja izražavanja vremena u satima modeliranjem aktivnosti koja je najviša u jednom trenutku u danu - u vrijeme izlaska Sunca te je izražena u satima. Prema tom modelu je vjerojatnost zabilježavanja hipotetske aktivnosti najviša u vrijeme izlaska Sunca unutar jednog dana (1 dan). Modeliranje je pokazalo kako se vrhunac te aktivnosti (kada je izražena u satima) snižava te se raspodjeljuje oko te vrijednosti, kada se promatra kroz dulje razdoblje (> 4 mjeseca) jer se trenutak (vrijeme u satima) izlaska Sunca mijenja tijekom godine. Dakle, rezultati modeliranja potvrđuju kako se takav trend snižavanja razine aktivnosti javlja s povećanjem geografske širine istraživanja (>30°) te razdobljem istraživanja dužim od 4 mjeseca). Autori također navode kako je vjerojatnost pogreške u procjeni aktivnosti (izražene u satima) manja, što je veća prirodna distribucija aktivnosti životinje tijekom 24 sata.

Rezultati istraživanja VAZQUEZ i sur. (2019.) su također pokazali kako se pogreške u procjenama obrazaca i razine aktivnosti životinja pojavljuju prilikom izražavanja vremena u satima (netransformiranog vremena) u odnosu na vrijeme izraženo prema položaju Sunca (solarno vrijeme). Konzistentno s rezultatima NOUVELLET i sur. (2012.), utvrdili su kako je razina aktivnosti životinja precijenjena do 2,5 puta u istraživanjima s netransformiranim vremenom koja su trajala duže od 4-5 mjeseci s bilo koje strane ekvatora na zemljopisnim

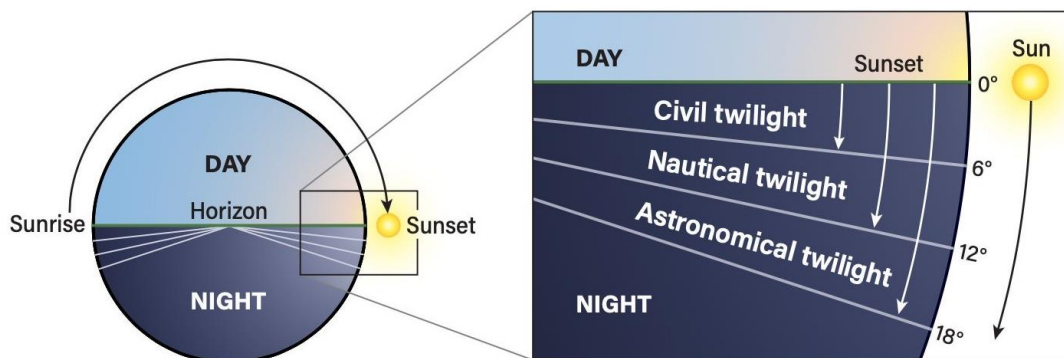
širinama višim od 40 stupnjeva, osobito kod vrsta s krepuskularnim obrascima aktivnosti (kao što je ris). Suprotno tome, VAZQUEZ i sur. (2019.) navode kako transformacija vremena možda nije potrebna na geografskim širinama ispod 20° ili u istraživanjima koja traju kraće od mjesec dana (na područjima istraživanja ispod 40° geografske širine) zbog manjih razlika u položaju Sunca.

NOUVELLET i sur. (2012.) su, osim modeliranja aktivnosti, analizirali koliki je udio objavljene literature koristio transformaciju podataka o vremenu u istraživanjima aktivnosti životinja. Od 100 analiziranih znanstvenih radova, 25 je laboratorijskih istraživanja s kontroliranim ciklusom dana i noći dok su se u 75 istraživanja koristili podaci prikupljeni u prirodnim uvjetima. Autori navode kako je do dvije trećine istraživanja na područjima između 40 i 60° geografske širine koristilo vrijeme izraženo u satima pri analizama aktivnosti životinja te smatraju kako bi rezultati tih istraživanja mogli biti podložni pogrešnom tumačenju. NOUVELLET i sur. (2012.) su tu tvrdnju potkrijepili analizom opsežnog seta podataka o aktivnosti afričkog divljeg psa *Lycaon pictus*, izraženog u satima i solarnom vremenu. Utvrdili su kako se u podacima izraženim u satima propušta primjetiti značajna razlika u aktivnostima te vrste, koje su zabilježene u istom setu podataka izraženom u solarnom vremenu.

Dakle, riješenje problema koji se javlja prilikom izražavanja podataka o aktivnosti u satima (što je ljudski izum koji nema biološkog značenja) jest promjena načina izražavanja tih podataka u varijablu koja je konstantna, neovisna o geografskoj širini i duljini istraživanja (NOUVELLET i sur 2012.; ROVERO i ZIMMERMANN, 2016.). Te varijable mogu biti različite vrijednosti koje su nepromjenjive i za koje se očekuje da će biti ključni Zeitgeber za istraživanu vrstu. VAZQUEZ i sur. (2019.) te vrijednosti nazivaju 'sidrišnim točkama', a neki od primjera su mjesečeve mijene (DI BITETTI i sur., 2006.; NORDHAUS i sur., 2009.), najviši i najniži položaj Sunca (posebice korisno u istraživanjima u polarnim regijama) (VAZQUEZ i sur., 2019.) ili vrijeme izlaska i zalaska Sunca (PAGON i sur, 2013.; PALMER i sur, 2017.; GRIGNOLIO i sur., 2018.).

Danas postoje tri opće prihvaćene definicije sumraka (engl. twilight), ovisno o položaju Sunca u odnosu na horizont, a to su građanski, nautički i astronomski sumrak (Slika 5.). Građanski sumrak je po definiciji razdoblje u kojem se središte Sunca nalazi do šest stupnjeva ispod horizonta s istočne strane (svitanje) te sa zapadne strane (suton) (LIST, 1949.) Nautički sumrak traje kada se središte Sunca nalazi od 6 do 12 stupnjeva ispod horizonta, a astronomski sumrak, od 12 do 18 stupnjeva ispod horizonta. U do sad objavljenoj literaturi u kojoj se koristilo transformirano vrijeme radi analiza aktivnosti divljih životinja, kao sidrišne točke

najčešće je korišteno vrijeme unutar građanskog sumraka (PAGON i sur, 2013.; PALMER i sur, 2017.; GRIGNOLIO i sur., 2018.).



Slika 5. Vizualni prikaz definicije triju definicija sumraka te trenutaka u kojima je Sunce na 6, 12 te 18° ispod horizonta Izvor: ASTRONOMY: ROEN KELLY, 2023.

2.8. R programski jezik

R programski jezik (TEAM R CORE, 2021.) je softver za manipulaciju podacima, statističko računanje te grafički prikaz rezultata koristeći odgovarajuće pakete (engl. package). Paket koji sadrži funkcije za analiziranje preklapanja aktivnosti između parova istraživanih životinjskih vrsta naziva se 'Overlap' (MEREDITH i RIDOUT, 2014.) (primjerice, TORRETTA i sur., 2016.; YANG i sur., 2018.; SURACI i sur., 2019.; SOYUMERT, 2020., LEWIS i sur., 2021.; GORDIGIANI i sur., 2022.). Overlap paket te pripadajuće analize temelje se na dva istaknuta istraživanja - SCHMID i SCHMIDT (2006.) te RIDOUT i LINKIE (2009.). Naime, paket 'Overlap' uz pomoć podataka o vremenu aktivnosti istraživanih vrsta grafički prikazuje dinamiku njihove aktivnosti tijekom 24 - satnog ciklusa (jednog dana) pomoću krivulja aktivnosti (Kernel linije gustoće, engl. Kernel density curves), dok udio preklapanja aktivnosti dviju uspoređivanih vrsta izražava pomoću koeficijenta preklapanja (Δ) RIDOUT i LINKIE (2009.).

Za izračunavanje standardne pogreške koristi se bootstrapping metoda (SCHMIDT i SCHMIDT, 2006.). Naime, uz pomoć bootstrapping-a analiziranog seta podataka dobiva se procjena intervala pouzdanosti te se kvantificira preklapanje aktivnosti istraživanih vrsta u obliku koeficijenta preklapanja (Δ) (MEREDITH i RIDOUT, 2014.). Koeficijenti preklapanja

aktivnosti kreću se između 0 i 1, gdje 0 znači da nema preklapanja između aktivnosti dviju istraživanih vrsta, a 1 predstavlja potpuno preklapanje aktivnosti dviju vrsta (RIDOUT i LINKIE, 2009.). Potrebno je napomenuti da je pri interpretaciji rezultata važno odabrati prikladan koeficijent (Δ). Naime, unutar paketa 'Overlap' postoji ukupno 5 koeficijenata (Δ_1 , Δ_2 , Δ_3 , Δ_4 i Δ_5), od kojih se četiri (Δ_1 , Δ_2 , Δ_4 i Δ_5) obično koriste za interpretaciju rezultata obrade podataka s fotozamki. Ispravan odabir koeficijenta pridonosi točnosti interpretacije rezultata dobivenih grafičkim prikazom (SCHMID i SCHMIDT, 2006.). Međutim, budući da su podaci izraženi u radianima, kao i većina podataka o obrascima aktivnosti, koristi se trapezoidno pravilo (RIDOUT i LINKIE (2009.) navode kako, kada se koristi trapezoidno pravilo za izračun koeficijenta Δ_1 i Δ_2 , ono uvijek rezultira istim vrijednostima, zbog čega je opravdano isključivanje Δ_2 iz daljnje interpretacije. Stoga, pri obradi podataka s fotozamki u obzir se treba uzeti jedan od 3 koeficijenta (Δ_1 , Δ_4 i Δ_5) (RIDOUT i LINKIE, 2009.).

Koeficijent se odabire ovisno o veličini manjeg uzorka od dva koja se analiziraju (uzorci aktivnosti dviju vrsta životinja). Točnije, autori preporučuju koeficijet Δ_4 za veličinu uzorka veću od 75 ($n > 75$), dok se Δ_1 preporuča za uzorke manje od 50 ($n < 50$) (MEREDITH i RIDOUT, 2016.). Nadalje, navode kako se pokazalo da koeficijent Δ_5 nije prikladan za analizu uzorka aktivnosti jer je utvrđeno da je nestabilan zbog diskontinuiranih promjena unutar analiza koje se javljaju kao rezultat bilo koje manje inkrementalne promjene unutar podataka (MEREDITH i RIDOUT, 2016.). Posljedično tome, koeficijent Δ_5 može proizvesti procjene veće od jedan, što nije moguće za analizu preklapanja čije se vrijednosti kreću između 0 i 1 (MEREDITH i RIDOUT, 2016.). U skladu s navedenim, za istraživanja obrazaca aktivnosti potrebno je upotrijebiti koeficijent Δ_1 ili Δ_4 , ovisno o veličini uzorka. Važno je napomenuti da je analiza obrazaca aktivnosti i preklapanja koju su proveli RIDOUT i LINKIE (2009.) deskriptivna statistička metoda, pa je tako i dobiveni koeficijent (Δ) relativan, odnosno deskriptivan pokazatelj koji nema jasno definiran prag vrijednosti ispod kojih se dvije krivulje aktivnosti značajno preklapaju. Neki autori (npr. MONTERROSO i sur. 2014.) rangirali su vrijednosti preklapanja parova podataka (odnosno aktivnosti životinja) u niske, umjerene ili visoke na temelju postotaka (npr. nisko = $\Delta \leq 50\%$ uzoraka, umjereno = $50\% < \Delta \leq 75\%$ te visoko = $\Delta > 75\%$). No, kako bismo utvrdili statističku značajnost preklapanja aktivnosti te testirali hipotezu, trebao bi se koristiti neki od neparametrijskih testova kao što je Waldov test (ROWCLIFFE, 2022.), Watson U2 test ili Mardia-Watson-Wheelerov test za neparametarsko testiranje (ZAR, 2009.). ROVERO i ZIMMERMANN (2016.) su u istraživanju preklapanja aktivnosti risa i srne, podatke podvrgnuli bootstrap-u te odredili koeficijent preklapanja pomoću

Overlap paketa, a zatim utvrdili značajnost preklapanja aktivnosti uz pomoć Waldovog testa sa 95 % intervalom pouzdanosti uz pomoć R paketa Activity.

LASHLEY i sur. (2018.) su proveli istraživanje u kojem su također slijedili pristup RIDOUT i LINKIE (2009.) te koristili Kernel funkciju za analizu obrazaca aktivnosti četiriju životinjskih vrsta koje se znatno razlikuju u veličini (~1 kg~50 kg) te prehrani (biljojedi, svejedi, mesojedi), a čiji su podaci prikupljeni pomoću dviju metoda (putem telemetrije i fotozamki). Utvrdili su da podaci prikupljeni putem fotozamki daju rezultate slične telemetrijskim podacima, s visokom razinom korelacije i preklapanja. Također su utvrdili da se s povećanjem veličine uzorka pogreška preklapanja smanjuje kod svih istraživanih vrsta, a srednja vrijednost preklapanja raste te predlažu da bi minimalna veličina uzorka trebala biti 100 (LASHLEY i sur., 2018.).

Dakle, podaci prikupljeni pomoću fotozamki se prije trebali obraditi kako bi se dobile neparametarske kernel kružne procjene gustoće. Nakon toga se pomoću paketa 'Overlap' određuje koeficijent preklapanja aktivnosti istraživanih vrsta (Δ). Važno je imati na umu da odabir ispravnog procjenitelja preklapanja (koeficijenta) s obzirom na veličinu uzorka (točnije $\Delta 1$ za uzorke manje od 50 ili $\Delta 4$ za uzorke veće od 50), a budući da je koeficijent Δ deskriptivan prikaz, statistička značajnost se analizira korištenjem neprametrijskog testa.

2. OBRAZLOŽENJE TEME

Svaka životinjska vrsta ima ekološku nišu, odnosno ulogu u zajednici koju je razvila prilagodbom na lokalne okolišne (biotičke i abiotičke) čimbenike te s obzirom na inter- i intraspecijske odnose. Istraživanja aktivnosti divljih predstavnika porodice mačaka diljem svijeta pokazala su kako im aktivnost može varirati od potpuno noćne do dnevne te je aktivnost fleksibilna kako među vrstama tako i unutar njih (ZACHOS, 2009.). Tu hipotezu podupiru i rezultati istraživanja aktivnosti risa diljem Europe. Istraživanja aktivnosti nekoliko populacija euroazijskog risa u Europi pokazala su kako aktivnost ove vrste u velikoj mjeri ovisi o aktivnosti lokalnog primarnog plijena te se dinamika sezonskih aktivnosti često prilagođava aktivnosti primarnih plijenskih vrsta (PODOLSKI i sur., 2013.; SOYUMERT i sur., 2019.)

Osim plijena, ljudi kao superpredatori mogu imati snažan utjecaj na dnevne obrasce aktivnosti životinja bez obzira na trofičku skupinu kojoj pripadaju (GAYNOR i sur, 2018.; LEWIS i sur, 2021.). Naime, istraživanja koja su proučavala aktivnosti velikih mačaka diljem svijeta u kontekstu antropogenog utjecaja potvrđuju povećanje krepuskularne ili noturnalne aktivnosti kako bi životinje izbjegle razdoblja dana kada je ljudska aktivnost najizraženija (GAYNOR i sur. 2018; ZHAO i sur., 2020.). Takve rezultate prate i istraživanja velikih predatora u Europi (vuk u zapadnoj Poljskoj (BOJARSKA i sur, 2020.), medvjed u Sloveniji i Hrvatskoj (KACZENSKY i sur., 2006.) dok je antropogeni utjecaj na aktivnost risa na području Dinarida još uvijek uglavnom neistražena tema (KROFEL i KOS, 2013.). Pretpostavka ovog istraživanja je da udio preklapanja obrazaca i razine aktivnosti predatora i plijena ovisi o kompromisu između potrage za hranom i izbjegavanja ljudi kod obiju vrsta te izbjegavanja predatora od strane plijenskih vrsta.

Također, unatoč tome što u nekim područjima Europe ris, vuk i medvjed dijele isto stanište, interakcije i mehanizmi koegzistencije između tih vrsta velikih predatora još uvijek uglavnom nisu istraženi te su slabo shvaćeni (KROFEL i KOS., 2010.). S obzirom da je Hrvatska jedna od takvih, rijetkih zemalja u kojoj ove tri ugrožene vrste zvijeri dijele isto stanište te uspješno koegzistiraju, pretpostavka ovog istraživanja je da se međusobno prilagođavaju na vremenskoj razini kako bi postigle takav suživot.

Nadalje, u posljednjih nekoliko godina, istraživanja pokazuju kako je prilikom analiza aktivnosti životinja kroz dulje vremensko razdoblje ili na različitim geografskim širinama, važno uzeti u obzir način izražavanja vremena. Naime, pokazalo se kako vrijeme izraženo u satima može generirati značajne pogreške u usporedbi s vremenom određenim prema položaju

Sunca na nebu, a pogreške se povećavaju s geografskom širinom i trajanjem istraživanja. Iz tog je razloga u sklopu ovog doktorskog rada provedena je i analiza s ciljem utvrđivanja razlika između rezultata aktivnosti istraživanih životinja s obzirom na način izražavanja vremena.

Također, s obzirom na različitosti u društvenim strukturama, ponašanju te brojnosti između predatorskih i plijenskih vrsta istraživanih u sklopu ovog doktorskog rada, napravljena je analiza utjecaja diskretizacije neovisnog događaja na jednu minutu te deset minuta na varijacije u količini prikupljenih podataka o aktivnosti plijenskih i predatorskih vrsta.

Ciljevi ovog istraživanja su:

1. Analizirati značajnost transformacije podataka o vremenu izraženom u satima (h) u vrijeme izraženo prema položaju Sunca u dugotrajnim istraživanjima aktivnosti životinjskih vrsta.
2. Ustanoviti obrazac dnevne i sezone aktivnosti risa na području Hrvatske.
3. Utvrditi stupanj preklapanja aktivnosti risa i plijenskih vrsta (srne, divokoze i jelena običnog).
4. Utvrditi stupanj preklapanja aktivnosti risa i kompeticijskih vrsta (vuka i medvjeda)
5. Utvrditi značajnost utjecaja čovjeka na aktivnost risa.

4. MATERIJAL I METODE

4.1. Područje istraživanja

Za ovaj doktorski rad podaci su prikupljeni na području dvije hrvatske regije - Like i Gorskog kotara, s ukupnom površinom područja istraživanja od 6100 km², što predstavlja 84,7 % područja stalne rasprostranjenosti risa u Hrvatskoj (GOMERČIĆ i sur., 2021.).

Gorski kotar u cijelosti pripada Gorskoj Hrvatskoj, dok Lika većim dijelom pripada Gorskoj Hrvatskoj i manjim dijelom Hrvatskom primorju. Na području ove dvije regije nalaze se četiri nacionalna parka (Sjeverni Velebit, Paklenica, Plitvička jezera i Risnjak) te Park prirode Velebit.

Lika i Gorski kotar su dio Dinarskog gorja te se tu preklapa rasprostranjenost sve tri vrste velikih zvijeri koje obitavaju u Hrvatskoj (ris, vuk, smeđi medvjed). Od plijenskih vrsta na području Dinarida obitava srna, divokoza, jelen obični, muflon, divlja svinja, a od manjih vrsta sisavaca zečevi i glodavci.

Na području Gorskog kotara, nadmorska visina se kreće od 280 m do 1528 m, a na području Like je izražen visinski raspon koji se proteže od razine mora do najviše točke planine Velebit (1757 mnv). Na cijelom području istraživanja prevladava krš. Od obale prema planinama prevladavaju šume hrasta medunca (*Quercus pubescens*) i običnog graba (*Carpinus betulus*) te se postupno nastavljaju u šume hrasta medunca i crnog jasena (*Fraxinus ornus*). Između 700 i 1300 m nalaze se primorske bukove šume (*Fagus silvatica*) s autohtonim šumama crnog bora (*Pinus nigra*). Kontinentalne padine planina na nadmorskoj visini između 600 i 900 m obrasla su bukovim šumama, koje se ponekad spuštaju do rubova krških ravnica. Uzvišenja između 1200 i 1400 m naseljene su šumama bukve i jele (*Abieti-Fagetum dinaricum*) koje su ujedno i najčešće šume dinarskog krša (ŽUPAN HAJNA, 2019.). Dominantne vrste drveća u planinskim crnogoričnim šumama su jela (*Abies alba*), smreka (*Picea abies*) i crni bor (*Pinus nigra*) (ŽUPAN HAJNA, 2019.). Područje ima dva klimatska tipa: umjereno toplu i vlažnu klimu s toplim ljetima te vlažnu borealnu u visinskom pojasu iznad 1200 m. Prosječna godišnja količina oborina kreće se između 1500 i 2000 mm (ŠEGOTA i FILIPČIĆ, 2003.). Ovu ekoregiju karakterizira prosječna godišnja temperatura od 5 do 8 °C, u rasponu od maksimalnih 32 °C u srpnju do minimalnih -20 °C u siječnju (ŠEGOTA i FILIPČIĆ, 2003.).

4.2. Prikupljanje podataka

Podaci potrebni za izradu ovog doktorskog rada prikupljeni su u sklopu projekta „Spašavanje dinarske i jugoistočne alpske populacije risa od izumiranja“ (skraćeno LIFE Lynx) (LIFE16 NAT/SI/000634), sufinanciranog od strane Europske komisije putem LIFE programa, a hrvatski dio projekta su sufinancirali i Fond za zaštitu okoliša i energetske učinkovitost te udruga Euronatur.

Podatci su prikupljeni pomoću automatski kamera - fotozamki postavljenih primarno s ciljem praćenja populacije risa pa su postavljene na lokacije na kojima je postojala veća vjerojatnost da će karakteristike krajolika kanalizirati kretanje risa (ROVERO i ZIMMERMANN, 2016.). Te su mikrolokacije određene na temelju prethodno arhiviranih opažanja pojavnosti risova te uz pomoć lokalnih lovaca i čuvara prirode. HOFMEESTER i sur. (2021.) su utvrdili kako nema negativne korelacije između ciljanog postavljanja fotozamki za praćenje risa i vjerojatnosti bilježenja ostalih vrsta divljih životinja, stoga se ova metoda postavljanja fotozamki smatra odgovarajuća za ovo istraživanje.

Mikrolokacije na kojima su fotozamke bile aktivne su risja markirališta, šumske ceste, životinjske staze, solišta i pojilišta (Slika 6.). Markirališta su objekti koji se ističu u okolišu i koje risovi koriste za označavanja teritorija na rutama svog kretanja (kamenje, panjevi te objekti kao što su stare šumske kuće, staje, cisterne i slične građevine) (ROVERO i ZIMMERMAN, 2016.; ALLEN i sur., 2017.). Životinjske staze i šumske ceste kategorizirani su po mogućnosti kretanja vozila. Šumske ceste su neasfaltirane ili asfaltirane ceste izvan naseljenih područja izgrađene uglavnom za potrebe šumarskih djelatnosti i obično su prekrivene šljunkom, te su šire od životinjskih staza i obično ravne. Na šumskim cestama se može zabilježiti i motorizirana i nemotorizirana ljudska aktivnost. S druge strane, životinjske staze su definirane kao utabani putevi prekriveni kamenjem i korijenjem koje životinje koriste za kretanje, a na kojima je moguće zabilježiti samo nemotoriziranu ljudsku aktivnost. Solišta podrazumijevaju mjesta na kojima su postavljeni blokovi soli za divlje životinje (MATSUBAYASHI i sur., 2007.), dok su pojilišta mjesta prirodno ili umjetno nastalih izvora vode na kojima se životinje napajaju (VALEIX i sur, 2007.).



Slika 6. Mikrolokacije na kojima su fotozamke bile aktivne: a) šumske ceste, b) životinjske staze, c) risja markirališta, d) pojilišta, e) solišta. Izvor: LIFE Lynx

Na markiralištima, solištima i pojilištima je bila postavljena po jedna fotozamka, dok su na životinjskim stazama i šumskim cestama postavljene po jedna ili dvije (jedna nasuprot druge) fotozamke, što više okomito na smjer prolaza. Na lokacijama s dvije fotozamke, analizirani su podaci sa samo jedne fotozamke kako bi se izbjeglo dupliciranje podataka. Udaljenost između fotozamke i markirališta, odnosno staza i cesta u prosjeku je bila između 3 do 5 metara, u skladu s preporukom (ROVERO i ZIMMERMAN, 2016.). Fotozamke su bile postavljene na način da se senzor nalazi na visini od 40 - 50 cm od tla, a uzorkovanje je bilo

pasivno jer nisu korištena vizualna, auditivna niti olfaktorna sredstva za privlačenje životinja na lokacije fotozamki.

Korištene su fotozamke marke Cuddeback model 1224 i Acorn LTL 6511 sa sljedećim tehničkim postavkama: brzina aktivacije 0,25 s, razlučivost kamere 5 i 12 MP, bljeskalica s infracrvenim svjetlom (valna duljina IR, 850 nm). Fotozamke su programirane da snimaju jednu fotografiju i video zapis u trajanju od 20 sekundi ili tri do pet fotografija bez videozapisa. Na svakoj fotografiji je zabilježeno vrijeme i datum događaja. Fotozamke su se obilazile u razdobljima od 30 do 60 dana radi zamjene memorijskih kartica i baterija (Slika 7.).

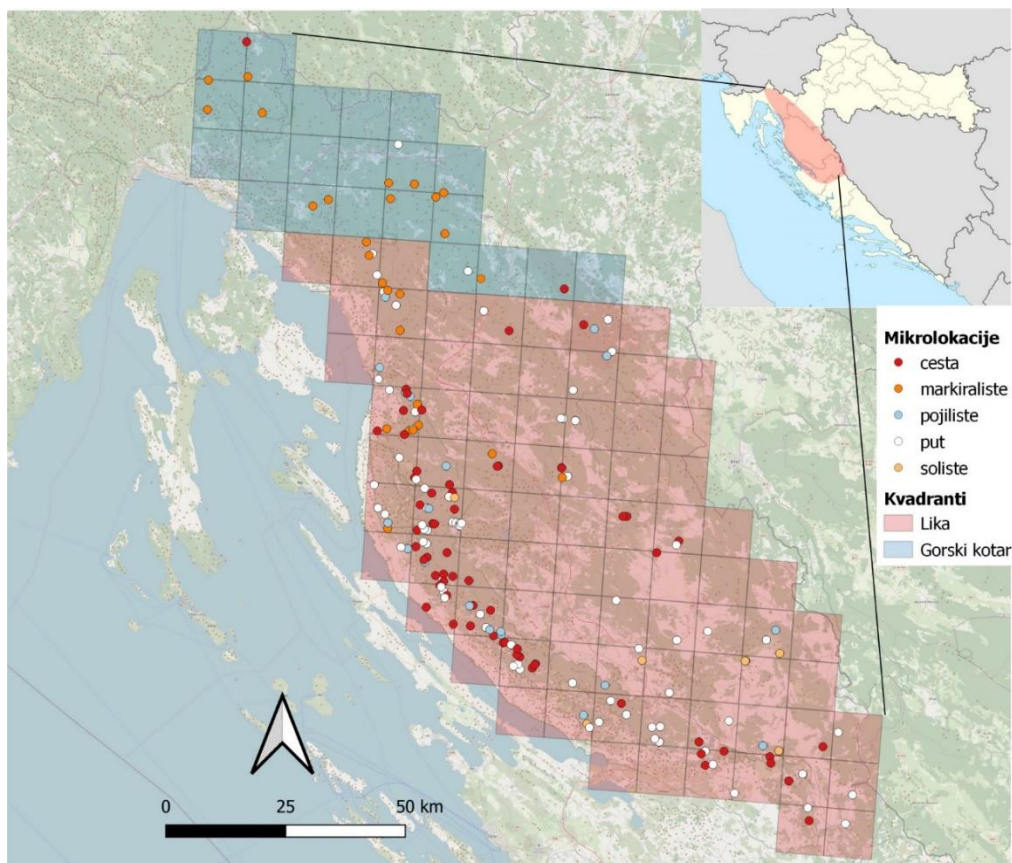


Slika 7. Obilazak fotozamke radi zamjene memorijskih kartica i baterija

Područje istraživanja je podijeljeno u kvadrante veličine 10 x 10 km (European Environmental Agency, 2017) te je istraživanje provedeno unutar 61 kvadranta u razdoblju 01.01.2018. do 31.12.2022. (60 mjeseci, Slika 8.). Fotozamke su postavljene s namjerom da ostanu na istim lokacijama tijekom cijelog razdoblja istraživanja, međutim, zbog kvarova i krađe, neke fotozamke nisu bile aktivne tijekom cijelog razdoblja istraživanja na odabranim lokacijama ili su zbog snijega i intenzivnih šumskih radova (sječe) fotozamke premještene na drugu lokaciju unutar istog kvadranta. Kako bi se izbjegla mogućnost prostorne autokorelacije, udaljenost između dvije lokacije fotozamki bila je najmanje 1 km, što je u skladu s literaturom

koja navodi da se vjerojanost autokorelacije znatno smanjuje kada su kamere udaljene minimalno 500 m unutar područja istraživanja (NELSON i sur., 2014.; MCLEAN i sur., 2015.; BU i sur., 2016.).

Tijekom istraživanja fotozamke su bile postavljene na 194 lokacije te su bile aktivne ukupno 47 161 kamera dana, odnosno, u prosjeku su bile aktivne 243,1 dan na svakoj lokaciji. Prosječno su unutar svakog kvadranta fotozamke bile postavljene na 3,2 lokacije.



Slika 8. Karta područja istraživanja s mrežom kvadranata i lokacijama fotozamki (N = 194). Boje točaka označavaju tip mikrolokacije: crvena - šumska cesta (N = 62), bijela - životinjska staza (N= 79), narančasta - risje markiralište (N=27), plava - pojilište (N=21), žuta - solište (N=5). (Fotozamke nisu postavljene u naseljenim područjima, na livadama i nepristupačnim područjima zbog čega u nekim kvadrantima nije bilo fotozamki).

4.3. Analiza podataka

Nakon svakog obilaska fotozamki provedena je primarna obrada preuzetih podataka, što uključuje brisanje praznih snimki (pojam snimka uključuje fotografiju i video), odnosno snimki na kojima nema životinja, ljudi ili vozila te brisanje višestrukih snimki po jednom događaju. Pregledane su sve snimke pojedinih događaja te je za svaki događaj uzeta jedna reprezentativna fotografija koja je uključena u daljnju analizu.

Nakon toga su fotografije unesene u program Camelot (HENDRY i MANN, 2018.) te je na svakoj fotografiji identificirana vrsta, broj jedinki, dobna kategorija životinja (odrasla ili mladunac) te spol životinja (kada je bilo moguće odrediti). Spol je bilo moguće odrediti kada je snimljeno genitalno područje jedinke, kada je zabilježena odrasla jedinka s mladuncima (ženka) te kod vrsta životinja kod kojih se spol može odrediti na temelju morfoloških značajki zbog izraženog spolnog dimorfizma (srna, jelen obični). Fotografije risa dodatno su pohranjene u bazu podataka praćenja populacije risa Veterinarskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, javno dostupnu na adresi <http://lynx.vef.hr>.

Za potrebe analize utjecaja različitih vremena diskretizacije neovisnog događaja je izrađena skripta u R programskom jeziku (Prilog 1). Definirana su dva seta podataka s različitim vremenskim intervalima za definiciju jednog neovisnog podatka. Jedan set podataka je imao definiran vremenski interval neovisnog događaja na jednu minutu, a drugi na deset minuta.

Kako bi se utvrdio ukupni broj aktivnih dana fotozamki tijekom razdoblja istraživanja, za svaku fotozamku je utvrđen ukupni broj dana kada su bile aktivne u svakom mjesecu tijekom razdoblja istraživanja, dok su dani kada kamere nisu radile (zbog kvara, krađe ili praznih baterija) isključeni iz analiza.

Pomoću programskog jezika R verzije 4.2.2 (R CORE TEAM, 2021.) analizirane su dnevne i sezonske aktivnosti risa koristeći podatke s šumskih cesta, životinjskih staza i risjih markirališta. Nadalje, kako bi se izračunala preklapanja obrazaca aktivnosti risa s (1) obrascima aktivnosti vuka i medvjeda (kompeticijskih vrsta), (2) obrascima aktivnosti srne, jelena običnog i divokoze (plijenskih vrsta) te (3) obrascima dnevne aktivnosti ljudi, korišteni su podaci prikupljeni na šumskim cestama i životinjskim stazama. Podaci prikupljeni na solištim i pojilištima isključeni su iz istraživanja aktivnosti predatorskih i plijenskih vrsta zbog naravi korištenja tih mikrolokacija od strane parnoprstaša, gdje ih fotozamka bilježi iako se ne kreću aktivno (npr. leže i preživaju) (ROVERO i ZIMMERMAN, 2016.).

Uz pomoć skripte (Prilog 1.), objedinjeni su svi podaci prikupljeni tijekom razdoblja istraživanja te su izdvojeni podaci o datumu i vremenu svakog zabilježenog događaja, vrsti i broju snimljenih životinja, geografskoj širini i geografskoj duljini svake lokacije na kojoj su fotozamke bile aktivne te kategorija mikrolokacija.

4.3.1. Analiza utjecaja različitog načina izražavanja podataka na rezultate aktivnosti divljih životinja (podaci izraženi u satima u odnosu na podatke izražene prema položaju Sunca)

Svi podaci o vremenu izraženi su prema vremenskoj zoni jedan sat udaljenoj od početnog meridijana u Greenwichu (UTC+1 ili GMT+1). U `suncalc` paketu (AGAFONKIN i THIEURMEL, 2017.) R programskog jezika, pomoću funkcije `'getSunlightTimes'` podaci o vremenu u satima (netransformirano vrijeme) su izraženi u vrijeme prema položaju Sunca (transformirano vrijeme). Prema funkciji `'getSunlightTimes'` `suncalc` paketa, definirani su trenuci kraja noći i početka dana. Točnije, definirani su trenuci izlaska i zalaska Sunca tako da izlazak Sunca predstavlja trenutak kada je Sunce na 6° ispod horizonta s istočne strane (točka početka građanskog sumraka) te označava početak dana i kraj noći. Zalazak Sunca predstavlja trenutak kada je Sunce na 6° ispod horizonta sa zapadne strane (točka u kojoj završava građanski sumrak) te označava kraj dana i početak noći (AGAFONKIN i THIEURMEL, 2017.; SMITH i sur, 2024.). Vrijeme svakog događaja izraženo u odnosu na te dvije vrijednosti:

```
dusk_dawn <- getSunlightTimes(data = tmp_data,
                              keep = c("dusk", "dawn"), tz = Sys.timezone())
dusk_dawn$day_long <- as.numeric(dusk_dawn$dusk - dusk_dawn$dawn)
```

Točnije, na temelju datuma, vremena, geografske duljine i širine svakog događaja u setu podataka izračunato je vrijeme izlaska Sunca u sekundama (Tablica 2., Izlazak sunca (K stupac, dawn)), vrijeme zalaska Sunca (Tablica 2., Zalazak Sunca (L stupac, dusk)) te vrijeme (sekunda) u danu za svaki događaj unutar analiziranog seta podataka (Tablica 2., 'Netransformirano vrijeme'). S obzirom da su podaci izraženi u sekundama, raspon vrijednosti svakog događaja u koloni 'Netransformirano vrijeme' kreće se u rasponu od 0 do 86 400 (s) (Tablica 2.).

Nakon toga su vrijednosti svakog događaja normalizirane na raspon od 0 do 1 (Tablica 2., 'solarno vrijeme', Transformirano vrijeme), te primijenjenim formulama (Prilog 2.) prilagođene tako da vrijednosti koje prikazuju noć zauzimaju raspon od 0 do 0,25 te raspon od 0,75 do 1, dok vrijednosti dana zauzimaju raspon od 0,25 do 0,75.

```
main_table$part_of_day <- with(main_table, ifelse(date_time_sec < dawn,
  (86400 - dusk + date_time_sec) / (86400 - dusk + dawn) * 0.5+0.5,
  ifelse(date_time_sec >= dawn & date_time_sec <= dusk,
    (date_time_sec - dawn) / (dusk - dawn)*0.5,
    ifelse(date_time_sec >= dusk,
      (date_time_sec - dusk) / (86400 - dusk + dawn) * 0.5+0.5,
      0))))
```

Izlazak Sunca je u radijanima fiksiran na vrijednost 0,25, a zalazak Sunca na 0,75. Na taj način su izlazak i zalazak Sunca fiksirani na dvije jednako udaljene točke unutar jednoga dana, što odgovara duljini dana tijekom ravnodnevnice (ekvinocija) (Slika 4.). Takav način transformiranja vremena prema položaju Sunca VAZQUEZ i sur. (2019.) nazivaju metodom transformacije ekvinocijalnog sidrenja (engl. *equinocial anchoring transformation*). Dakle, ovom metodom grafičkim prikazom dobivamo jednaku duljinu noći i dana unutar 24 sata (jednoga dana) (Slika 4.).

Sljedeći korak bio je prilagoditi vrijednosti svakog događaja iz linearne prirode podataka (0 - 1) u cirkularnu prirodu podataka ($0=360^\circ$) tako što je na vrijednost svakog događaja primjenjena formula opsega kružnice (2π). Time su dobivene vrijednosti od 0 do 6,28 ($2\pi = 6,28$) (Tablica 2., 'transformirano vrijeme') za vrijednosti izražene u solarnom vremenu te 'netransformirano vrijeme' za vrijednosti izražene u satima. Vrijednosti iz kolona 'Netransformirano vrijeme' i 'Transformirano vrijeme' korištene su u daljnjim analizama aktivnosti istraživanih vrsta te grafički prikaz preklapanja krivulja aktivnosti u paketu Overlap (MEREDITH i RIDOUT, 2014.) te paketu Activity (ROWCLIFFE, 2008., 2014.) u R programskom jeziku.

Za analize utjecaja načina izražavanja vremena na rezultate sezonskih aktivnosti životinja, za svaku vrstu su analizirane aktivnosti tijekom četiri sezone. Svaka sezona predstavlja set podataka od tri mjeseca (zima - siječanj do ožujak; proljeće - travanj do lipanj; ljeto - srpanj do rujanj; jesen - listopad do prosinac).

4.3.2 Analiza preklapanja aktivnosti risa s aktivnosti istraživanih kompeticijskih i plijenskih vrsta te ljudi

Paket Overlap (MEREDITH i RIDOUT, 2014.) korišten je za obradu i analizu podataka o obrascima i razini dnevne i sezonske aktivnosti risova te preklapanje obrazaca aktivnosti risa s (1) obrascima aktivnosti vuka i medvjeda (kompeticijske vrste), (2) s obrascima aktivnosti srne, jelena običnog i divokoze (plijenske vrste) te (3) s obrascima dnevne aktivnosti ljudi. Brojčani rezultat usporedbe dviju krivulja naziva se 'koeficijent preklapanja' (Δ) (RIDOUT i LINKIE, 2014.). Koeficijent preklapanja (Δ) krivulja (odnosno preklapanja aktivnosti) procjenjuje se primjenjujući kernel procjenu gustoće (engl. *kernel density function*) na dva seta podataka te ih vizualno prikazuje putem grafa (MEREDITH i RIDOUT, 2014.).

Koeficijent preklapanja (Δ) se može interpretirati kao integrirana razlika u procijenjenim funkcijama gustoće za dva seta podataka te se kreće od 0 (nema preklapanja) do 1 (potpuno preklapanje) (RIDOUT i LINKIE 2009.). Koeficijent Dhat4 (Δ_4) korišten je kada su oba uzorka veća od 50, u protivnom se koristio Dhat1 (Δ_1) koeficijent. Nadalje, korištena je preporučena 1000 bootstrap metoda za procjenu 95 intervala pouzdanosti te kako bi kvantificirali preklapanja aktivnosti istraživanih vrsta (MEREDITH i RIDOUT, 2014.). Obrasci aktivnosti smatraju se različitim, odnosno, životinje imaju različite obrasce aktivnosti, ako je gornja granica intervala pouzdanosti od 95 % za koeficijent preklapanja $<0,90$ (MEREDITH i RIDOUT, 2014.).

Grafički prikazi u obliku dijagrama sadrže krivulje gustoće podataka, koje se još nazivaju 'krivulje obrazaca aktivnosti', a predstavljaju vizualni prikaz udjela preklapanja između dva seta podataka, odnosno udio preklapanja obrazaca aktivnosti dviju uspoređivanih životinjskih vrsta.

Na taj način prikazani su: 1) godišnji i sezonski obrasci aktivnosti risova; 2) preklapanje obrazaca aktivnosti risa s plijenskim vrstama na godišnjoj i sezonskoj razini (aktivnost ris - srna; ris - jelen obični; ris - divokoza), (3) preklapanje obrazaca aktivnosti risa s kompeticijskim vrstama na godišnjoj i sezonskoj razini (ris - vuk; ris - smeđi medvjed) te (4) preklapanje obrazaca aktivnosti risa s obrascima aktivnosti ljudi na godišnjoj i sezonskoj razini.

Važno je napomenuti da je analiza obrazaca aktivnosti i preklapanja koju su proveli RIDOUT i LINKIE (2009.) deskriptivna statistička metoda, pa je tako i dobiveni koeficijent (Δ) relativan, odnosno deskriptivan pokazatelj koji nema jasno definiran prag vrijednosti ispod

kojih se dvije krivulje aktivnosti značajno preklapaju (FREY i sur., 2017.). Neki autori (primjerice MONTERROSO i sur. 2014.) rangirali su vrijednosti preklapanja aktivnosti koje proizlaze iz usporedbi parova podataka u niske, umjerene ili visoke na temelju postotaka (npr. nisko = $\Delta \leq 50\%$ uzoraka, umjereno = $50\% < \Delta \leq 75\%$ te visoko = $\Delta > 75\%$). No, kako bismo utvrdili statističku značajnost preklapanja aktivnosti te testirali hipotezu, korišten je test za neparametrijske uzorke - Waldov test (ROWCLIFFE, 2014.).

4.3.3. Analiza statističke značajnosti razine preklapanja aktivnosti između risa i istraživanih vrsta te ljudi

Za izradu grafova sezonskih aktivnosti risa, korištena je funkcija 'fitact' Activity paketa (ROWCLIFFE, 2014.) u R programskom jeziku. Također, za izračunavanje statističke značajnosti između dviju razina aktivnosti s 95 % intervalom pouzdanosti korišten je Waldov test uz pomoć funkcije 'compareAct' dok funkcija 'compareCkern' koristi Waldov test za utvrđivanje je li razlika između procjena a_1 i a_2 značajno različita od nule: statistika $W = (a_1 - a_2)^2 / (SE_1^2 + SE_2^2)$ testirana na hi kvadrat distribuciji s 1 stupnjem slobode (ROWCLIFFE, 2014.).

5. REZULTATI

Istraživanje je provedeno u Hrvatskoj na 194 lokacija na području Like i Gorskog kotara u razdoblju od 01.01.2018. do 31.12.2022. godine (60 mjeseci), s ukupnom aktivnošću fotozamki od 47 161 kamera/dana. Koristeći diskretizaciju događaja od deset minuta, fotozamke su zabilježile ukupno 28 652 događaja na kojima su identificirane sve ciljane vrste predatora i plijena te čovjek (Tablica 3.). Ris je zabilježen ukupno 1118 puta (3,9 %), vuk 451 (1,6 %) i smeđi medvjed 1982 puta (6,9 %). Najčešće zabilježena vrsta plijena su srne (7075 puta; 24,7 %), zatim jelen obični 1917 puta (6,7 %) te najmanje zabilježeni plijen jesu divokoze 1512 (5,3 %) (Tablica 3.).

Ljudska aktivnost je zabilježena na 14 405 događaja (50,3 % ukupnih opažanja); od toga je 3760 (26,1 %) događaja činila nemotorizirana aktivnosti te 10 667 motorizirana aktivnost (74,1 %). Ljudi su na šumskim cestama zabilježeni 11 947 puta, od čega je u 1943 događaja bila nemotorizirana aktivnost (16,3 % od 11 947) te 10 004 motorizirane aktivnosti (83,7 %). Na životinjskim stazama su ljudi zabilježeni 1060 puta (7,4 % od ukupnog broja opažanja ljudi). S obzirom da je ljudska aktivnost na šumskim cestama činila 93 % ukupno zabilježene ljudske aktivnosti, podaci s tog tipa mikrolokacije u analizama su predstavljali lokacije s višom frekvencijom ljudske aktivnosti. Suprotno tome, podaci ljudske aktivnosti na životinjskim stazama su činili 6,5 % ukupne ljudske aktivnosti, stoga predstavljaju lokacije s nižom frekvencijom ljudske aktivnosti.

Tablica 1. Popis mikrolokacija, broj lokacija (po mikrolokacijama) na kojima su postavljene fotozamke te broj aktivnih dana fotozamki na svakoj vrsti mikrolokacije

Mikrolokacija	Broj lokacija	Aktivni dani
Šumska cesta	62	17 614
Životinjska staza	79	13 555
Markiralište	27	9 265
Pojilište	5	1 242
Solište	21	5 468
Ukupno	196	47161

Tablica 2. Izgled tablice s prikupljenim podacima te stupcima za izračunavanje solarnog vremena (R stupac, Transformirano vrijeme) i netransformiranog vremena (S stupac).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S
1	Camera Name	Date/Time	Survey Name	Species	Trap Station Name	Subadult Quantity	Total Quantity	microlocation	Camelot GPS Latitude	Camelot GPS Longitude	dawn	dusk	day long	date time sec	part of day	part of day2	Merged	Transformirano vrijeme	Netransformirano vrijeme
2	V027	2018-07-29 17:07:16 UTC	LIFE Lynxx 2018-2019 NE UB	Ursus arctos	CRO230_1	0	1	cesta	45,58555	14,596	18481	76232	16,04194444	688360,4359664768	0,68596647677	Ursus arctos_cesta	4,3100544880651	5,0058951829284	
3	V027	2018-08-10 03:40:53 UTC	LIFE Lynxx 2018-2019 NE UB	Ursus arctos	CRO230_1			cesta	45,58555	14,596	19436	75167	15,48083333	204530,0091241858	0,25912418582	Ursus arctos_cesta	1,6281252770865	1,48738413296	
4	V027	2018-08-27 20:11:52 UTC	LIFE Lynxx 2018-2019 NE UB	Ursus arctos	CRO230_1	1	2	cesta	45,58555	14,596	20806	73361	14,59861111	799120,5967794357	0,84677943566	Ursus arctos_cesta	5,3204721085769	5,8113646327237	
5	V027	2018-07-19 01:29:01 UTC	LIFE Lynxx 2018-2019 NE UB	Vulpes vulpes	CRO230_1	0	1	cesta	45,58555	14,596	17749	76929	16,43888889	125410,9043350478	0,15433504776	Vulpes vulpes_cesta	0,9697157044622	0,912007256219204	
6	V027	2018-08-11 18:14:11 UTC	LIFE Lynxx 2018-2019 NE UB	Vulpes vulpes	CRO230_1	0	1	cesta	45,58555	14,596	19517	75069	15,43111111	728510,4800367224	0,73003672235	Vulpes vulpes_cesta	4,5869560075725	5,29787422237662	
7	V027	2018-08-12 04:51:20 UTC	LIFE Lynxx 2018-2019 NE UB	Vulpes vulpes	CRO230_1	0	1	cesta	45,58555	14,596	19599	74969	15,38055556	246800,0458822467	0,2958822467	Vulpes vulpes_cesta	1,8590829851458	1,7947802474675	
8	V027	2018-09-01 22:28:40 UTC	LIFE Lynxx 2018-2019 NE UB	Vulpes vulpes	CRO230_1	0	1	cesta	45,58555	14,596	21199	72787	14,33	17200,7202257842	0,97022578421	Vulpes vulpes_cesta	6,0961083920098	0,12508192972626	
9	V027	2018-09-05 02:04:18 UTC	LIFE Lynxx 2018-2019 NE UB	Vulpes vulpes	CRO230_1	0	1	cesta	45,58555	14,596	21509	72319	14,11388889	146580,9037510537	0,15375105367	Vulpes vulpes_cesta	0,9660463613624	1,06595984065555	
10	V027	2018-09-18 20:30:22 UTC	LIFE Lynxx 2018-2019 NE UB	Vulpes vulpes	CRO230_1	0	1	cesta	45,58555	14,596	22495	70773	13,41055556	810220,6344236924	0,88442369236	Vulpes vulpes_cesta	5,5569979491335	5,89208611062852	
11	V027	2018-07-29 18:36:59 UTC	LIFE Lynxx 2018-2019 NE UB	Capreolus cap	CRO230_1	0	1	cesta	45,58555	14,596	18481	76232	16,04194444	742190,4825717304	0,73257173036	Capreolus capreolus	4,6028839326509	5,3973579897403	
12	V027	2018-08-30 22:22:54 UTC	LIFE Lynxx 2018-2019 NE UB	Capreolus cap	CRO230_1			cesta	45,58555	14,596	21043	73018	14,4375	13740,7143209877	0,96432098765	Capreolus capreolus	6,0590074610345	0,099920099676675	
13	V027	2018-07-14 10:16:29 UTC	LIFE Lynxx 2018-2019 NE UB	Vehicle sp.	CRO230_1	0	1	cesta	45,58555	14,596	17424	77199	16,60416667	441890,2238812212	0,47388122125	Homo sapiens_cesta	2,9774835266833	3,21351476318239	
14	V027	2018-08-01 08:56:32 UTC	LIFE Lynxx 2018-2019 NE UB	Homo sapiens	CRO230_1	0	1	cesta	45,58555	14,596	18715	75987	15,90888889	393920,1805157843	0,43051578433	Homo sapiens_cesta	2,7050104505949	2,86466707894003	
15	V027	2018-08-01 18:23:39 UTC	LIFE Lynxx 2018-2019 NE UB	Homo sapiens	CRO230_1	0	1	cesta	45,58555	14,596	18715	75987	15,90888889	734190,4775806677	0,72758066769	Homo sapiens_cesta	4,5715241610241	5,33918034800715	
16	V027	2018-08-12 10:34:05 UTC	LIFE Lynxx 2018-2019 NE UB	Homo sapiens	CRO230_1	0	1	cesta	45,58555	14,596	19599	74969	15,38055556	452450,2315875023	0,48158750226	Homo sapiens_cesta	3,0259035183059	3,29030925027014	
17	V027	2018-08-28 12:44:09 UTC	LIFE Lynxx 2018-2019 NE UB	Homo sapiens	CRO230_1	0	1	cesta	45,58555	14,596	20885	73247	14,545	530490,3071311256	0,55713112563	Homo sapiens_cesta	3,5005581027023	3,85783214537697	
18	V027	2018-09-05 10:32:30 UTC	LIFE Lynxx 2018-2019 NE UB	Homo sapiens	CRO230_1	0	1	cesta	45,58555	14,596	21509	72319	14,11388889	451500,2326412124	0,48264121236	Homo sapiens_cesta	3,0325241741383	3,28340065531433	
19	V027	2018-09-05 14:54:33 UTC	LIFE Lynxx 2018-2019 NE UB	Homo sapiens	CRO230_1	0	1	cesta	45,58555	14,596	21509	72319	14,11388889	60873 0,387364692	0,63736469199	Homo sapiens_cesta	4,0046804680251	4,42680948152712	
20	V027	2018-09-06 07:51:56 UTC	LIFE Lynxx 2018-2019 NE UB	Homo sapiens	CRO230_1	0	1	cesta	45,58555	14,596	21586	72201	14,05972222	355160,1376074286	0,38760742863	Homo sapiens_cesta	2,4354093005083	2,58279640474294	
21	V027	2018-09-06 08:12:12 UTC	LIFE Lynxx 2018-2019 NE UB	Vehicle sp.	CRO230_1	0	1	cesta	45,58555	14,596	21586	72201	14,05972222	36732 0,149619678	0,39961967796	Homo sapiens_cesta	2,5108844890249	2,67122642017732	
22	V027	2018-09-06 09:57:25 UTC	LIFE Lynxx 2018-2019 NE UB	Vehicle sp.	CRO230_1	0	1	cesta	45,58555	14,596	21586	72201	14,05972222	430450,2119826138	0,46198261385	Homo sapiens_cesta	2,9027223715125	3,130320735504	
23	V027	2018-09-06 10:28:07 UTC	LIFE Lynxx 2018-2019 NE UB	Vehicle sp.	CRO230_1	0	1	cesta	45,58555	14,596	21586	72201	14,05972222	448870,2301788008	0,48017880075	Homo sapiens_cesta	3,0170523856963	3,26427475559456	
24	V027	2018-09-06 12:50:47 UTC	LIFE Lynxx 2018-2019 NE UB	Vehicle sp.	CRO230_1	0	1	cesta	45,58555	14,596	21586	72201	14,05972222	534470,3147387138	0,56473871382	Homo sapiens_cesta	3,5483579890694	3,88677552213921	
25	V027	2018-09-06 13:08:25 UTC	LIFE Lynxx 2018-2019 NE UB	Vehicle sp.	CRO230_1	0	1	cesta	45,58555	14,596	21586	72201	14,05972222	54505 0,325190161	0,57519016102	Homo sapiens_cesta	3,6140263685517	3,96371545333129	
26	V027	2018-09-07 05:39:36 UTC	LIFE Lynxx 2018-2019 NE UB	Vehicle sp.	CRO230_1	0	1	cesta	45,58555	14,596	21663	72083	14,00555556	275760,0586374455	0,30863744546	Homo sapiens_cesta	1,9392262625481	2,00538331054149	
27	V027	2018-09-07 05:50:17 UTC	LIFE Lynxx 2018-2019 NE UB	Vehicle sp.	CRO230_1	0	1	cesta	45,58555	14,596	21663	72083	14,00555556	28217 0,06499405	0,31499404998	Homo sapiens_cesta	1,979165986844	2,05199814598017	

5.1. Definiranje diskretizacije neovisnih događaja

Za sve prikupljene podatke provedena je diskretizacija vremena svakog događaja na (a) razdoblje od 1 minute te na (b) razdoblje od 10 minuta. Nakon toga je za svaku vrstu s obzirom na mikrolokaciju na kojoj je zabilježena uspoređen broj događanja između ta dva seta podataka (podaci diskretizacije vremena na jednu minutu u odnosu na podatke diskretizacije vremena na deset minuta) kako bi se utvrdilo na koji način diskretizacija utječe na setove podataka prikupljene za svaku istraživanu vrstu na svakoj mikrolokaciji. Korištenje filtera za diskretizaciju vremena dovelo je do smanjenja broja podataka, no razmjer smanjenja je varirao između vrsta te ovisno o vrsti mikrolokacije fotozamki; kod diskretizacije na deset minuta, u odnosu na diskretizaciju od jedne minute za plijenske vrste zabilježeno je kumulativno smanjenje opažanja na solistima od 43,4 % za divokozu, 38,7 % za jelena običnog te 20,6 % za srnu. Osim toga, za jelena običnog je na pojilištima zabilježeno smanjenje podataka od 21,5 % (Tablica 3.). Na šumskim cestama, životinjskim stazama i markiralištima zabilježeno je smanjenje podataka od 1,7 % do 13,6 % za sve tri plijenske vrste. Korištenjem istih razdoblja diskretizacije (jedna minuta i deset minuta), za predatorske vrste na pojilištima i solistima za vuka nije zabilježeno smanjenje podataka, dok je za risa i smeđeg medvjeda zabilježeno smanjenje od 0 % do 10 % (Tablica 3.). Na šumskim cestama, životinjskim stazama i markiralištu za predatorske vrste je zabilježeno je smanjenje podataka od 1,9 do 12,6 % (Tablica 3.).

U ovom doktorskom radu, aktivnost životinje je zabilježena u trenutku njenog prolaska ispred fotozamke odnosno aktivnost je definirana kao događaj. Pregledom snimki prikupljenih na solistima i pojilištima uočeno je da povremeno jedinke parnoprstaša provode duže vrijeme ispred fotozamke, te pri tome mogu biti pasivne (npr. leže i preživaju). Diskretizacijom vremena na deset minuta na solistima i pojilištima primjećujemo značajan pad broja događaja kod parnoprstaša, no diskretizacija i dalje ne spriječava mogućnost pogreške u analizama aktivnosti životinja koje su zabilježene fotozomkom iako nisu bile aktivne (PERAL i sur., 2022). Zbog naravi korištenja solišta i pojilišta od strane parnoprstaša, gdje ih fotozamka bilježi iako se ne kreću aktivno (npr. leže i preživaju) podaci s tih vrsta mikrolokacija su isključeni iz daljnjih analiza, kako bi se izbjegla mogućnost pogreški u procjenama aktivnosti istraživanih vrsta (ROVERO i ZIMMERMAN, 2016).

Dakle, kako bi se izbjegla mogućnost pseudoreplikacije, u daljnje analize su uključeni događaji s šumskih cesta, staza i risjih markirališta diskretizirani na razdoblje od deset minuta.

Kada bi fotozamka na istoj lokaciji snimila više od jedne fotografije iste životinjske vrste unutar razdoblja od deset minuta, u daljnje je analize uključeno vrijeme samo jedne fotografije (tj. sva pojavljivanja iste vrste unutar deset minuta smatrana su jednim događajem).

Tablica 3. Broj neovisnih opažanja za svaku vrstu na pojedinim mikrolokacijama sa diskretizacijom događaja na 1 minutu te diskretizacijom događaja na 10 minuta

Vrsta	Broj događaja na svim mikrolokacijama				Broj događaja na životinjskim stazama i šumskim cestama		
	Mikrolokacija	1 minuta	10 minuta	Gubitak podataka (%)	1 min	10 min	Gubitak podataka (%)
Euroazijski ris	Šumska cesta	312	306	1,9	312	306	1,9
	Markiralište	525	459	12,6			
	Pojilište	66	64	3			
	Životinjska staza	97	94	3,1	97	94	3,1
	Solište	2	2	0			
	Ukupno	1002	925	7,7	409	400	2,2
Vuk	Šumska cesta	278	271	2,5	278	271	2,5
	Markiralište	10	9	10			
	Pojilište	50	50	0			
	Životinjska staza	57	55	3,5	57	55	3,5
	Solište	7	7	0			
	Ukupno	402	392	2,5	335	326	2,7
Smeđi medvjed	Šumska cesta	655	614	6,3	655	614	6,3
	Markiralište	120	115	4,2			
	Pojilište	649	615	5,2			
	Životinjska staza	376	346	8,0	376	346	8,0
	Solište	20	18	10			
	Ukupno	1820	1708	6,2	1031	960	6,9
Srna	Šumska cesta	1417	1291	8,9	1417	1291	8,9
	Markiralište	77	74	3,9			
	Pojilište	551	487	11,6			
	Životinjska staza	1759	1551	11,8	1759	1551	11,8
	Solište	2330	1850	20,6			
	Ukupno	6138	5257	14,4	3176	2842	10,5
Jelen obični	Šumska cesta	510	451	11,6	510	451	11,6
	Markiralište	123	110	10,6			
	Pojilište	427	335	21,5			
	Životinjska staza	330	285	13,6	330	285	13,6
	Solište	196	120	38,8			

	Ukupno	1587	1302	18	840	736	12,4
Divokoza	Šumska cesta	38	36	5,3	38	36	5,3
	Pojilište	29	27	6,9			
	Životinjska staza	58	57	1,7	58	57	1,7
	Solište	1122	635	43,4			
	Ukupno	1247	755	39,5	96	93	3,1
Ukupna (motorizirana i nemotorizirana) aktivnost čovjeka	Šumska cesta	11171	10358	7,3	11171	10358	7,3
	Markiralište	466	430	7,7			
	Pojilište	944	899	4,8			
	Životinjska staza	814	727	10,7	814	727	10,7
	Solište	14	12	16,6			
	Ukupno	13409	12426	7,9	11985	11085	8,1

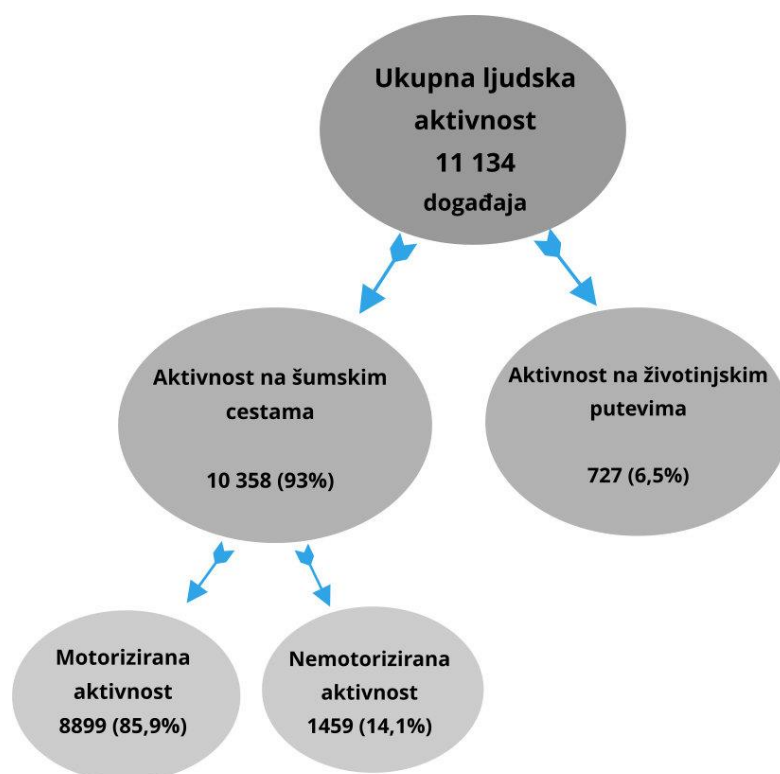
Nakon diskretizacije na deset minuta te isključivanja podataka sa solišta i pojilišta, analize su provedene na podacima prikupljenima pomoću fotozamki s ukupno 161 lokacije s aktivnošću fotozamki od 40 451 kamera/dana. Analize obrazaca dnevne i sezone aktivnosti risa su napravljene na tom setu podataka kojeg je činilo ukupno 16 950 događaja.

Budući su risja markiralištima lokacije koje primarno posjećuju risovi, mogu prouzročiti pogreške u procjenama odnosa aktivnosti risa i ostalih vrsta životinja. Stoga je daljnja analiza preklapanja aktivnosti risa te plijenskih, kompeticijskih vrsta i risa napravljena na podacima prikupljenim na šumskim cestama i životinjskim stazama, odnosno na podacima prikupljenim na 141 lokaciji s ukupnom aktivnošću 31 169 kamera/dana.

Analizirano je ukupno 16 491 događaja šest istraživanih životinjskih vrsta te čovjeka (Tablica 3.).

Ljudi su zabilježeni na ukupno 11 134 događaja (67,5 % ukupnih podataka). Na šumskim cestama zabilježeni su 10 358 puta, što čini 93 % ukupnih podataka (od toga 8899 motorizirane aktivnosti (85,9 % ukupnih događaja na cestama) te 1459 nemotorizirane aktivnosti (14,1 %). Na životinjskim stazama ljudi su zabilježeni 727 puta (6,5 %) (Slika 9.).

Ris je zabilježen ukupno 400 puta (2,4 %) na šumskim cestama i životinjskim stazama, odnosno 859 puta uključujući podatke s markirališta, vuk 326 (2 %) i smeđi medvjed 960 puta (5,8 %) (Tablica 3.). Srne su zabilježene ukupno 2842 puta (17,2 %), divokoze 93 (0,6 %) te jelen obični 736 puta (4,5 %) (Tablica 3.).



Slika 9. Ukupni broj neovisnih opažanja čovjeka te broj opažanja s obzirom na mikrolokaciju i tip aktivnosti s desetminutnom diskretizacijom događaja.

5.2. Dnevna aktivnost risa, predatorskih i plijenskih vrsta s obzirom na način izražavanja vremena (vrijeme izraženo u satima naspram vremena izraženog prema položaju Sunca)

Ris

Ris je bio najviše aktivan tijekom izlaska i zalaska Sunca te tijekom noći, neovisno o načinu izražavanja vremena. Tijekom cijele godine, u podacima izraženim u satima, vrhunac aktivnosti risa bio je ujutro oko 5:30 sati te navečer oko 19 sati, dok je najniža razina aktivnosti bila tijekom dana, oko podneva. U podacima izraženima prema položaju Sunca, ris jedan vrhunac aktivnosti postiže netom prije točke izlaska Sunca te drugi u točki zalaska Sunca. Oba načina izražavanja vremena prikazuju jednaki obrazac i vrhunce aktivnosti risa (Slika 10.) te nije zabilježena statistički značajna razlika među ta dva načina izražavanja podataka o vremenu (Waldov test, $W = 0,26$, $p = 0,61$; Tablica 4.).

Srna

Srna je bila pretežito aktivna tijekom dana te u vrijeme izlaska i zalaska Sunca. Podaci izraženi u satima prikazali su jasan vrhunac aktivnosti ujutro oko 6:30 sati te drugi vrhunac oko 17:30 sati, a najnižu aktivnost tijekom noći. Prema podacima izraženim u solarnom vremenu, srna vrhunce aktivnosti postiže netom nakon točke izlaska Sunca te navečer prije točke zalaska Sunca (Slika 10., srna). Oba vrhunca dnevne aktivnosti bila su jasnije izražena prilikom korištenja solarnog vremena u odnosu na vrhunce aktivnosti izražene prema vremenu u satima. Naime, vrijeme izraženo u satima pokazalo je niže vrhunce aktivnosti raspodijeljene tijekom duljeg razdoblja oko točke zalaska Sunca, dok solarno vrijeme pokazuje jasno definirane vrhunce aktivnosti (Slika 10., srna). Razlika u prikazu obrasca aktivnosti srne s obzirom na način izražavanja vremena je statistički značajna (Waldov test, $W = 19,96^{**}$, $p = 0.00$, $d4 = 0,87$; tablica 4.).

Jelen obični

Aktivnost jelena običnog dominantna je u vrijeme izlaska i zalaska Sunca te tijekom noći, dok je najniža razina aktivnosti bila tijekom dana, oko podneva. Podaci izraženi u satima pokazuju kako jelen vrhunac aktivnosti postiže ujutro u prosjeku oko 6:00 sati te zatim oko 18:30 sati (Slika 10., jelen obični). Na temelju podataka izraženima prema položaju Sunca, jelen vrhunac aktivnosti ujutro postiže netom nakon točke izlaska Sunca te navečer u točki zalaska Sunca.

Obrasci aktivnosti jelena običnog statistički se značajno razlikuju s obzirom na način izražavanja vremena (Waldov test, $W = 4,70^{*}$, $p = 0,03$, $d4 = 0,84$; Tablica 4.). Naime, vrijeme izraženo u satima pokazalo je niže vrhunce aktivnosti u odnosu na solarno vrijeme tijekom razdoblja izlaska i zalaska Sunca te dominantniju noćnu aktivnost (Slika 9., jelen obični).

Divokoza

Kod divokoze je zabilježena najveća razina aktivnosti u vrijeme izlaska i zalaska Sunca te tijekom dana (Slika 10., divokoza). U prosjeku tijekom cijele godine vrhunac aktivnosti je bio oko 10:00 sati te oko 18 sati, dok je razina aktivnosti tijekom noći bila izrazito niska. U

podacima izraženima prema položaju Sunca, divokoza vrhunac aktivnosti postiže nakon točke izlaska Sunca te prije točke zalaska Sunca.

Dok je vrijeme izraženo u satima u odnosu na solarno vrijeme pokazalo nešto kasniji pad aktivnosti, aktivnost izražena u solarnom vremenu pokazuje jasnije definirane vrhunce aktivnosti u vrijeme izlaska i zalaska Sunca. Također je vidljivo kako se aktivnost izrazito naglo povećava izlaskom Sunca (od gotovo potpune neaktivnosti do vrhunca aktivnosti) te se jednako naglo smanjuje nakon zalaska Sunca (Slika 10., divokoza). Nema statistički značajne razlike s obzirom na način izražavanja vremena (Waldov test, $W = 0,57$, $p = 0,45$, $\Delta 4 = 0,89$; tablica 4.).

Vuk

Dominantna aktivnost vuka zabilježena je tijekom noći dok se tijekom dana izrazito snižavala. Podaci izraženi u satima tijekom cijele godine prikazali su jedan vrhunac aktivnosti, oko ponoći dok je najniža aktivnost u prosjeku oko 13:00 sati. Podaci u solarnom vremenu također prikazuju vrhunac aktivnosti oko ponoći, nakon čega se počela snižavati dok je najniža aktivnost zabilježena nakon podneva (Slika 10., vuk). Nije zabilježena statistički značajna razlika u prikazu obrasca aktivnosti vuka s obzirom na način izražavanja vremena (Waldov test, $W = 0,50$, $p = 0,48$, $\Delta 4 = 0,94$; tablica 4.).

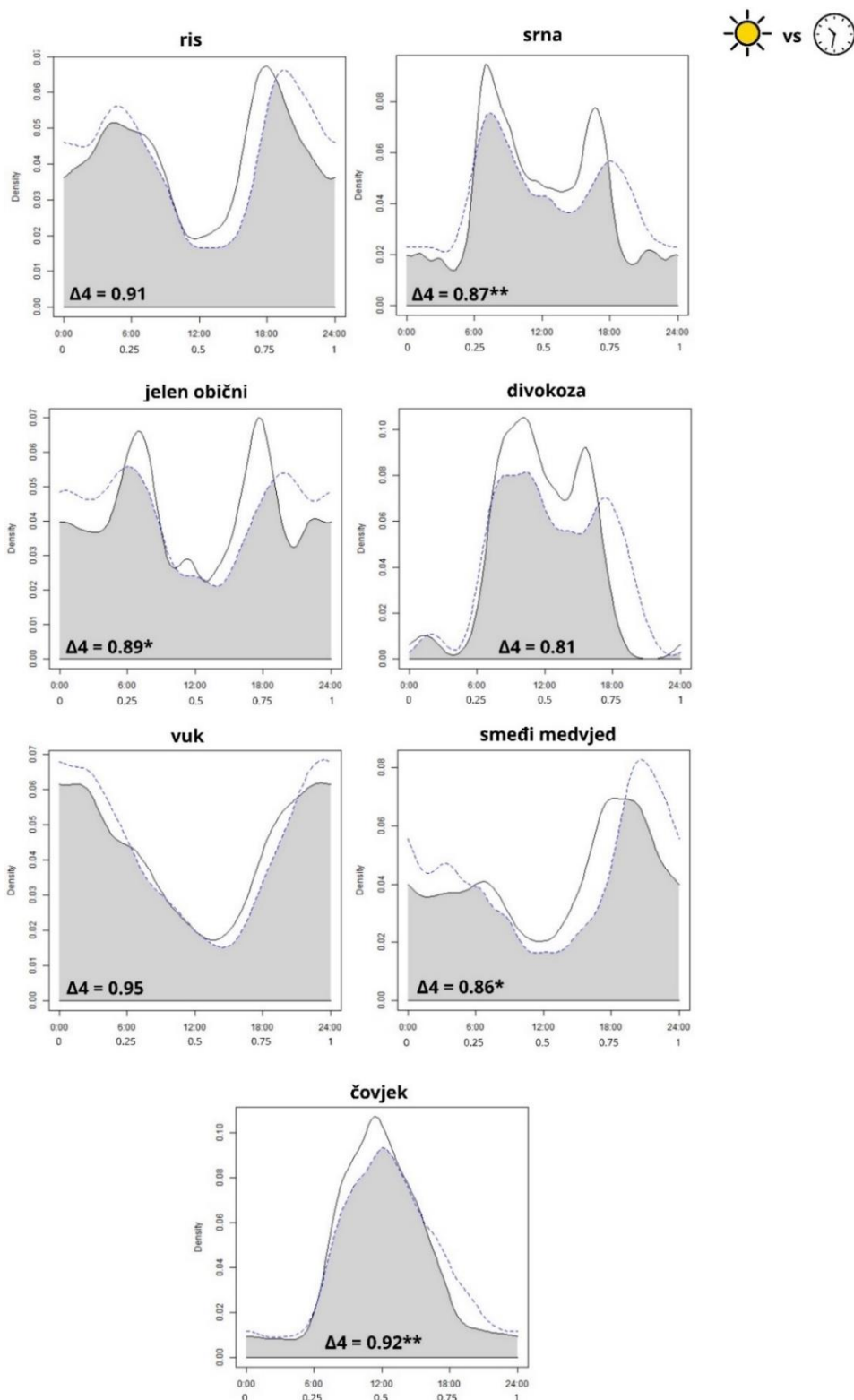
Smeđi medvjed

Aktivnost smeđeg medvjeda prevladavala je tijekom noći te u vrijeme zalaska Sunca (Slika 10., smeđi medvjed). Tijekom dana, medvjed postiže jedan vrhunac aktivnosti, u prosjeku tijekom cijele godine navečer oko 20:00 sati. U podacima izraženima prema položaju Sunca, vrhunac aktivnosti medvjeda poklapao se s točkom zalaska Sunca, nakon čega razina aktivnosti počinje opadati do ponoći te ostaje konstantna do točke izlaska Sunca. Izražavanjem podataka o vremenu prema satima i prema položaju Sunca, najniža razina aktivnosti zabilježena je u podne.

Razlika u prikazu obrasca aktivnosti medvjeda s obzirom na način izražavanja vremena bila je statistički značajna (Waldov test, $W = 8,10$, $p = 0,004$, $\Delta 4 = 0,86$; Tablica 4.).

Čovjek

Rezultati pokazuju da su ljudi dominantno aktivni tijekom dana (Slika 10., čovjek). Podaci izraženi prema satima i prema položaju Sunca prikazuju jedan vrhunac aktivnosti, centriran u podne. Razina aktivnosti čovjeka je viša kada je izražena u solarnom vremenu u odnosu na sate te je zabilježena statistički značajna razlika (Waldov test, $W = 28,45$, $p = 0,000$, $\Delta 4 = 0,92$; Tablica 4.).



Slika 10. Preklapanje aktivnosti po vrstama ovisno o načinu izražavanja vremena. Na X osi prikazane su vrijednosti dijela dana u satima (0:00 do 24:00) te prema položaju Sunca (vrijednosti 0 do 1). Puna linija označava podatke o aktivnosti izražene prema položaju Sunca, isprekidana linija označava podatke o aktivnosti izraženu u satima. $\Delta 4$ označava koeficijent preklapanja između dviju krivulja (uspoređivanih parova aktivnosti). P vrijednosti Waldovog testa prikazuju statističku značajnost preklapanja aktivnosti (* $p < 0,05$, ** $p < 0,001$).

Tablica 4. Rezultati aktivnosti pojedinih vrsta s obzirom na način izražavanja vremena (vrijeme izraženo u satima/vrijeme izraženo u prema položaju Sunca). SE - standardna pogreška, W - vrijednost Waldovog testa, p vrijednosti, $\Delta 4$ - koeficijent preklapanja

Vrsta	SE	W	p	$\Delta 4$	CI	
					MIN	MAX
Ris	0,08	0,02	0,901	0,91	0,86	0,96
Srna	0,03	12,09	0,001**	0,87	0,85	0,89
Jelen obični	0,06	7,04	0,008*	0,89	0,85	0,92
Divokoza	0,07	2,51	0,113	0,81	0,72	0,9
Vuk	0,07	0,97	0,325	0,95	0,90	1
Medvjed	0,05	4,15	0,042*	0,86	0,82	0,90
Čovjek	0,01	28,45	0,000**	0,92	0,91	0,93

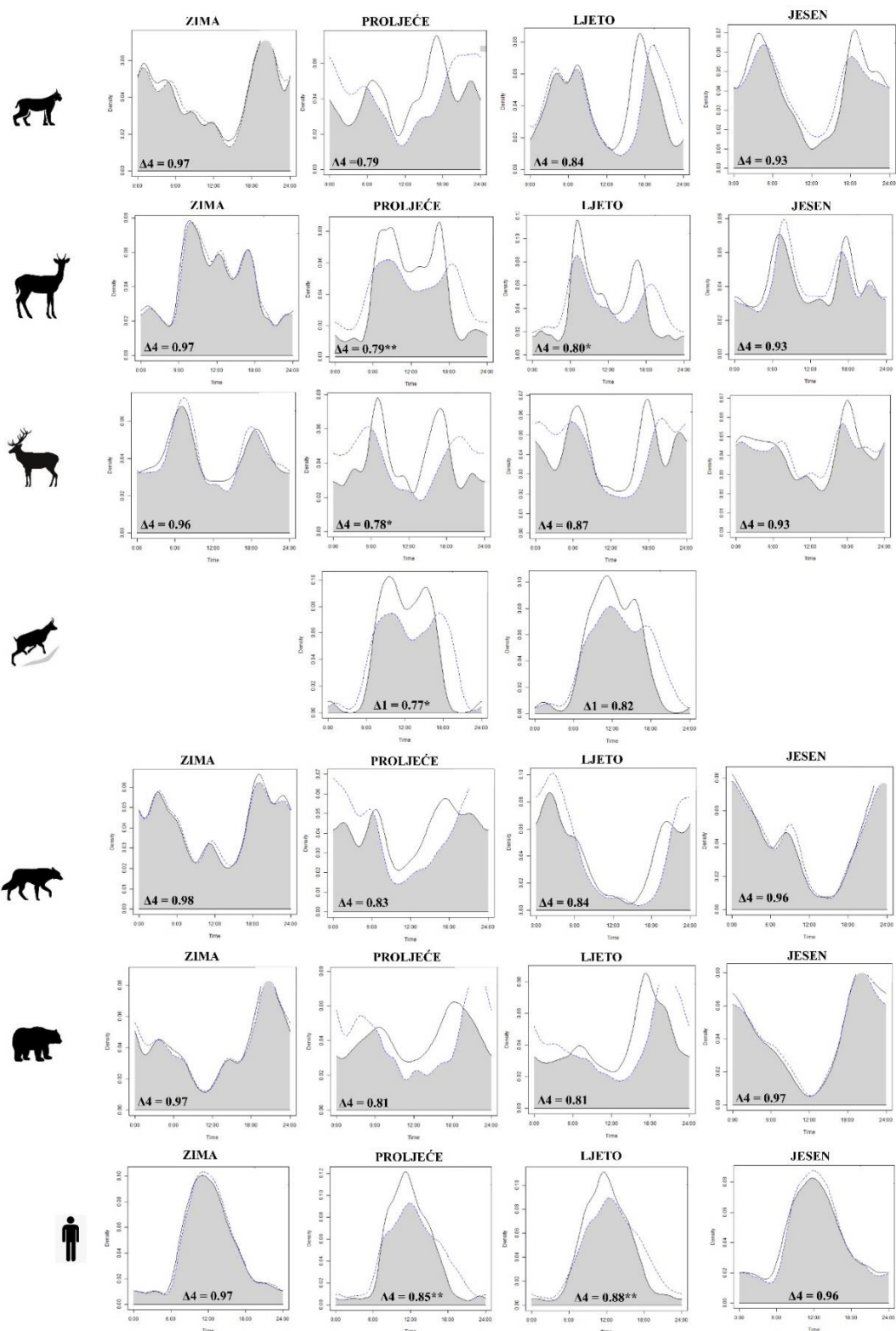
Statistički značajne p vrijednosti (*p < 0,05, **p < 0,001)

5.3. Sezonska aktivnost predatorskih i plijenskih vrsta s obzirom na način izražavanja vremena (vrijeme izraženo u satima / vrijeme izraženo prema položaju Sunca)

Kod sve tri plijenske vrste zabilježena je značajna razlika u prikazu aktivnosti s obzirom na metodu izražavanja vremena tijekom proljeća ($\Delta 4 = 0,79 - 0,88$, Waldov test, $W = 2,25^* - 9,05^{**}$, Tablica 5., Slika 11.). Suprotno tome, niti kod jedne od tri vrste predatora nije zabilježena značajna razlika u sezonskim obrascima aktivnosti ovisno o metodi izražavanja vremena aktivnosti ($\Delta 4 = 0,80 - 0,83$, Waldov test, $W = 0,72 - 2,76$, Tablica 5.).

Tablica 5. Rezultati sezonskih aktivnosti pojedinih vrsta s obzirom na način izražavanja vremena (vrijeme izraženo u satima/vrijeme izraženo u prema položaju Sunca). SE - standardna pogreška, W - vrijednost Waldovog testa, Δ - koeficijent preklapanja, (*p < 0,05, **p < 0,001)

	Zima (w), (Δ)		Proljeće (w), (Δ)		Ljeto (w), (Δ)		Jesen (w), (Δ)	
Ris	0,01	0,97	0,72	0,80	0,23	0,84	0,56	0,93
Vuk	0,15	0,98	0,79	0,83	0,28	0,84	0,11	0,96
Smeđi medvjed	0,03	0,97	2,76	0,81	0,02	0,81	0,03	0,97
Srna	0,01	0,98	9,05**	0,79	15,81*	0,81	0,49	0,93
Jelen obični	0,12	0,96	2,25*	0,78	2,68	0,87	1,97	0,94
Divokoza	NA		2,89*	0,78	1,95	0,83	NA	
Čovjek	0,33	0,98	40,94**	0,85	38,04**	0,88	1,41	0,96



Slika 11. Preklapanje krivulja sezonskih aktivnosti životinja ovisno o načinu izražavanja podataka o vremenu. Puna krivulja označava aktivnost životinje s podacima izraženima prema položaju Sunca, isprekidana krivulja označava aktivnost životinja s podacima izraženima u satima (h). $\Delta 4$ označava koeficijent preklapanja između dviju krivulja (uspoređivanih parova aktivnosti). P vrijednosti Waldovog testa prikazuju statističku značajnost preklapanja aktivnosti (* $p < 0,05$, ** $p < 0,001$).

5.4. Preklapanje razine i obrazaca aktivnosti između risa i plijenskih te kompeticijskih vrsta

Koeficijent preklapanja obrazaca aktivnosti risa i srne bio je $\Delta 0,68$ (95 % CI, 0,63 - 0,75, Slika 12.) te je zabilježena statistički značajna razlika između aktivnosti te dvije vrste (Tablica 6.; Waldov test, $W = 9,19$, $p = 0,002$). Naime, dominantna aktivnost i risa i srne zabilježena je tijekom izlaska i zalaska Sunca, no za razliku od risa, noćna aktivnost srne bila je izrazito niska u odnosu na dnevnu aktivnost. Dok ris vrhunac aktivnosti postiže netom prije trenutka izlaska Sunca te u trenutku zalaska Sunca, vrhunci aktivnosti srne bili su najviši netom nakon trenutka izlaska Sunca te navečer netom prije trenutka zalaska Sunca.

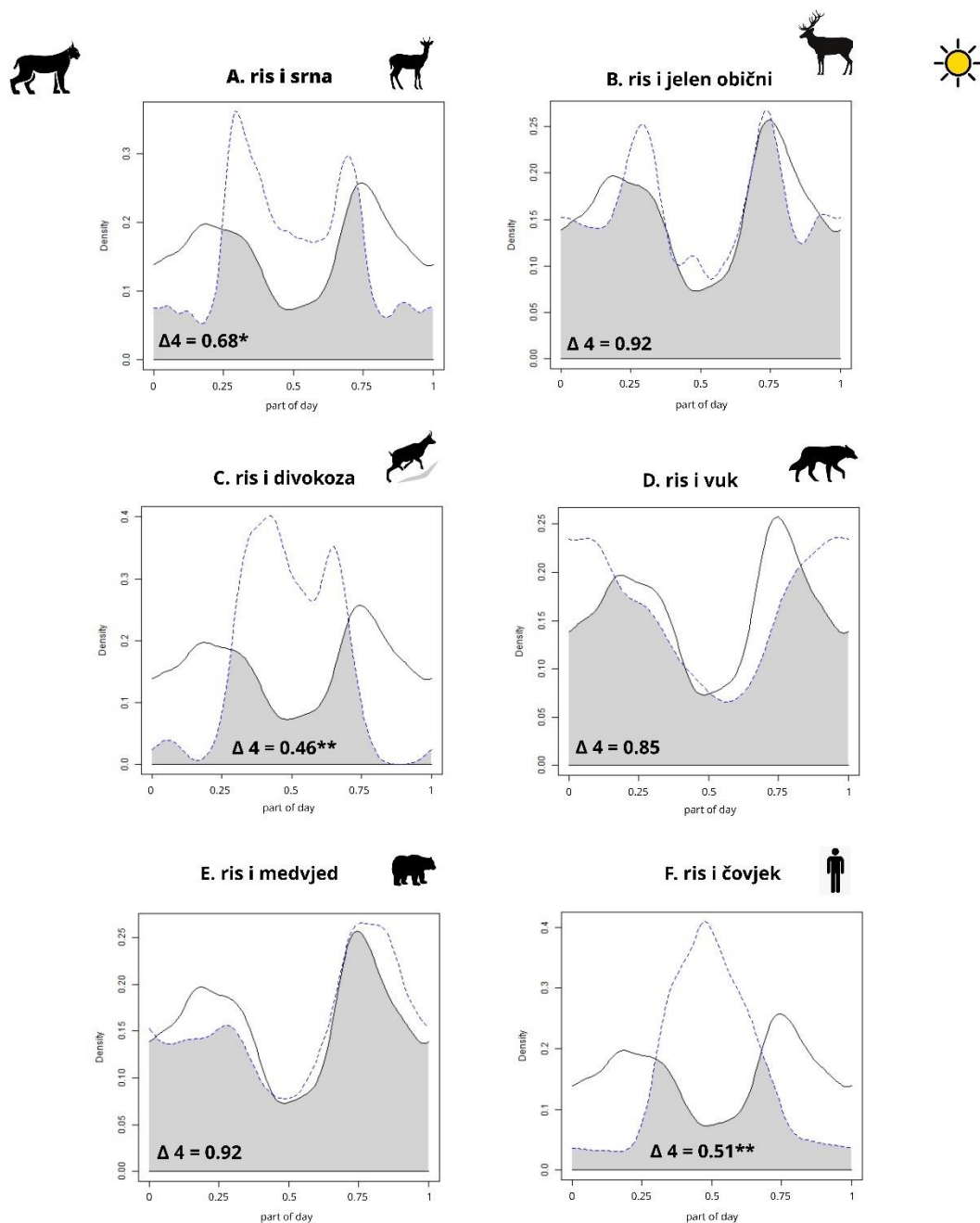
Između risa i jelena običnog koeficijent preklapanja bio je $\Delta 0,92$ (95 % CI, 0,8 - 0,96, Slika 12., jelen obični) bez statističke značajnosti u razlikama obrazaca aktivnosti (Tablica 6.; Waldov test, $W = 0,11$, $p = 0,74$). Dominantne aktivnosti risa i jelena običnog podudaraju se u vrijeme izlaska i zalaska Sunca, ali za razliku od srne, jelen je bio aktivan i tijekom noći. Jelen je vrhunac aktivnosti u zoru postigao netom nakon točke izlaska Sunca te navečer u točki zalaska Sunca.

Razlika između obrazaca aktivnosti risa i divokoze bila je statistički značajna (Tablica 6.; Waldov test, $W = 9,67$, $p = 0,002$) s koeficijentom preklapanja $\Delta 0,46$ (95 % CI, 0,38 - 0,53) (Slika 12. divokoza). Dominantne aktivnosti risa i divokoze zabilježene su tijekom izlaska i zalaska Sunca, no za razliku od risa, kod divokoza je zabilježena minimalna noćna aktivnost. Vrhunci aktivnosti divokoze i risa se nisu poklapali u potpunosti. Naime, aktivnost divokoze naglo je rasla nakon točke izlaska Sunca, kada je aktivnost risa padala, dok je aktivnost divokoze je padala prije točke izlaska Sunca, kada je aktivnost risa bila u porastu. Unatoč tim razlikama, vidljivo je da su se njihove najviše razine aktivnosti preklapale kada je aktivnost divokoza bila najviša.

Između obrazaca aktivnosti risa i vuka zabilježen je visoki koeficijent preklapanja $\Delta 0,85$ (95 % CI; 0,80 - 0,91) bez statistički značajnih razlika (tablica 6.; Waldov test, $W = 0,53$, $p = 0,47$). Aktivnost vuka je bila dominantna tijekom noći. Naime, vuk je postizao jedan vrhunac aktivnosti, oko ponoći, nakon čega je aktivnost počela opadati dok je aktivnost risa nakon ponoći počela rasti. Najniže razine aktivnosti risa i vuka zabilježene su tijekom dana, oko podneva.

Između obrazaca aktivnosti risa i smeđeg medvjeda zabilježena je visoka razina preklapanja $\Delta 0,92$ (95 % CI, 0,87 - 0,96) bez statistički značajne razlike (tablica 6.; Waldov

test, $W = 0.08$, $p = 0.78$). Dominantne aktivnosti risa i smeđeg medvjeda zabilježene su tijekom izlaska i zalaska Sunca te tijekom noći. Također, visoke razine aktivnosti medvjeda i risa su se preklapale u krepuscularno razdoblje, s izraženijim vrhuncem u točki zalaska Sunca. Sukladno preklapanjima risa i vuka, kod smeđeg medvjeda je također najniža aktivnost zabilježena u podne.



Slika 12. Preklapanje aktivnosti risa (puna linija) u odnosu na aktivnost plijenskih i predatorskih vrsta (isprekidana linija); A. srna, B. jelen obični, C. divokoza, D. vuk, E. medvjed i F. čovjek. Doba dana izraženo prema položaju Sunca (u radianima) prikazano je na x - osi, a aktivnost, izražena prema broju observacija, prikazana je na y osi. $\Delta 4$ označava

koeficijent preklapanja između dviju krivulja (aktivnosti), P vrijednosti Waldovog testa prikazuju statističku značajnost preklapanja aktivnosti ($p < 0,05$, ** $p < 0,001$).*

Tablica 6. Preklapanje aktivnosti risa u odnosu na aktivnost srne, jelena običnog, divokoze, vuka, medvjeda i čovjeka. U tablici su prikazane vrijednosti: SE - standardna pogreška, W - vrijednost Waldovog testa, p vrijednosti, $\Delta 4$ - koeficijent preklapanja, CI - interval pouzdanost (raspon od minimalne (min) do maksimalne vrijednosti (max))

Vrsta	SE	W	p	$\Delta 4$	CI (norm0)	
					Min	Max
Srna	0,1	9,2	0,002	0,68	0,64	0,73
Jelen	0,1	0,1	0,74	0,92	0,88	0,96
Divokoza	0,1	9,7	0,002	0,45	0,38	0,53
Vuk	0,1	0,5	0,47	0,85	0,80	0,91
Smeđi medvjed	0,1	0,1	0,78	0,92	0,87	0,96
Čovjek	0,1	15,2	0,000	0,49	0,47	0,55

Statistički značajne p vrijednosti (* $p < 0.05$; ** $p < 0.001$)

Tablica 7. Tablični prikaz aktivnosti istraživanih predatorskih vrsta, plijenskih vrsta i čovjeka.

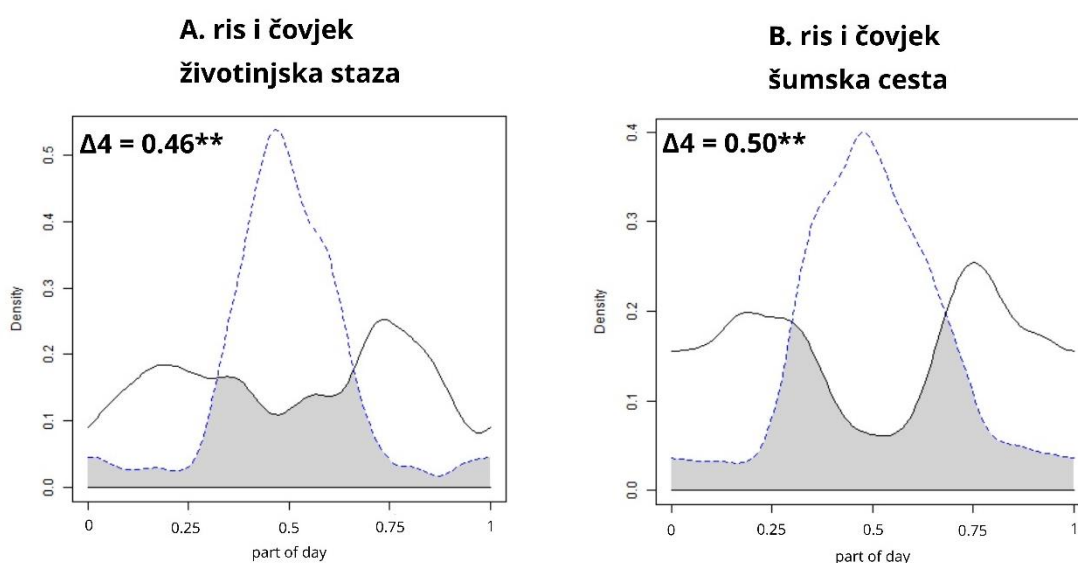
Vrsta	Tip aktivnosti prema broju vrhunaca aktivnosti	Razdoblje vrhunaca aktivnosti	Obrazac aktivnosti
Ris	Bimodalan	Izlazak i zalazak Sunca	Nokturnalni, krepuskularni
Vuk	Unimodalan	Sredina noći	Izrazito nokturnalni
Smeđi medvjed	Unimodalan	Zalazak sunca	Nokturnalni, krepuskularni
Srna	Bimodalan	Izlazak i zalazak Sunca	Diurnalni
Jelen obični	Bimodalan	Izlazak i zalazak Sunca	Nokturnalni
Divokoza	Bimodalan	Izlazak i zalazak Sunca	Izrazito diurnalni
Čovjek	Unimodalan	Sredina dana	Izrazito diurnalni

5.5. Preklapanje aktivnosti risa i čovjeka na lokacijama više (šumska cesta) i niže (životinjske staze) frekvencije ljudske prisutnosti

Usporedbom obrazaca aktivnosti risa i čovjeka na lokacijama više ljudske aktivnosti (šumske ceste) i niže ljudske aktivnosti (životinjske staze) zabilježena je značajna razlika (Tablica 8., šumska cesta: $W = 24,60$, $p = < 0,001$; životinjska staza: $W = 13,71$, $p = < 0,001$). Kod čovjeka je na obje vrste mikrolokacija zabilježen vrhunac dnevne aktivnosti u podne, dok

je kod risa zabilježen krepuskularni i noćni obrazac aktivnosti s vrhuncima aktivnosti oko izlaska i zalaska Sunca (Slika 13., a i b).

Utvrđena je statistički značajna razlika ($\Delta 4 = 0,86$, $W = 0,62$, $P = 0,43$) između obrazaca aktivnosti risa na šumskim cestama i životinjskim stazama. Na obje lokacije ris je najmanje aktivan tijekom dana, no na životinjskim stazama je zabilježena nešto viša razina aktivnosti tijekom dana u odnosu na šumske ceste. Suprotno tome, na šumskim cestama je ris tijekom noći imao višu razinu aktivnosti u odnosu na onu zabilježenu na životinjskim stazama (Slika 13.).



Slika 13. Preklapanje aktivnosti risa (puna linija) u odnosu na aktivnost čovjeka (isprekidana linija). Doba dana izraženo prema položaju Sunca (u radijanima) prikazano je na x - osi, a aktivnost, izražena prema gustoći zapažanja, prikazana je na y osi. P vrijednosti Waldovog testa prikazuju statističku značajnost preklapanja aktivnosti (* $p < 0,05$, ** $p < 0,001$).

Tablica 8. Preklapanje aktivnosti risa u odnosu na aktivnost čovjeka na lokacijama više i niže ljudske prisutnosti. U tablici su prikazane vrijednosti: SE - standardna pogreška, W - vrijednost Waldovog testa, p vrijednosti, $\Delta 4$ - koeficijent preklapanja, CI - interval pouzdanost (raspon od minimalne (min) do maksimalne vrijednosti (max))

Lokacija	SE	W	p	d4	CI	
					MIN	MAX
Niže ljudske aktivnosti (staza)	0,1	24,6**	0,000	0,46	0,38	0,55
Više ljudske aktivnosti (cesta)	0,0	13,7**	0,000	0,50	0,46	0,54

Statistički značajne p vrijednosti (*p < 0.05; **p < 0.001)

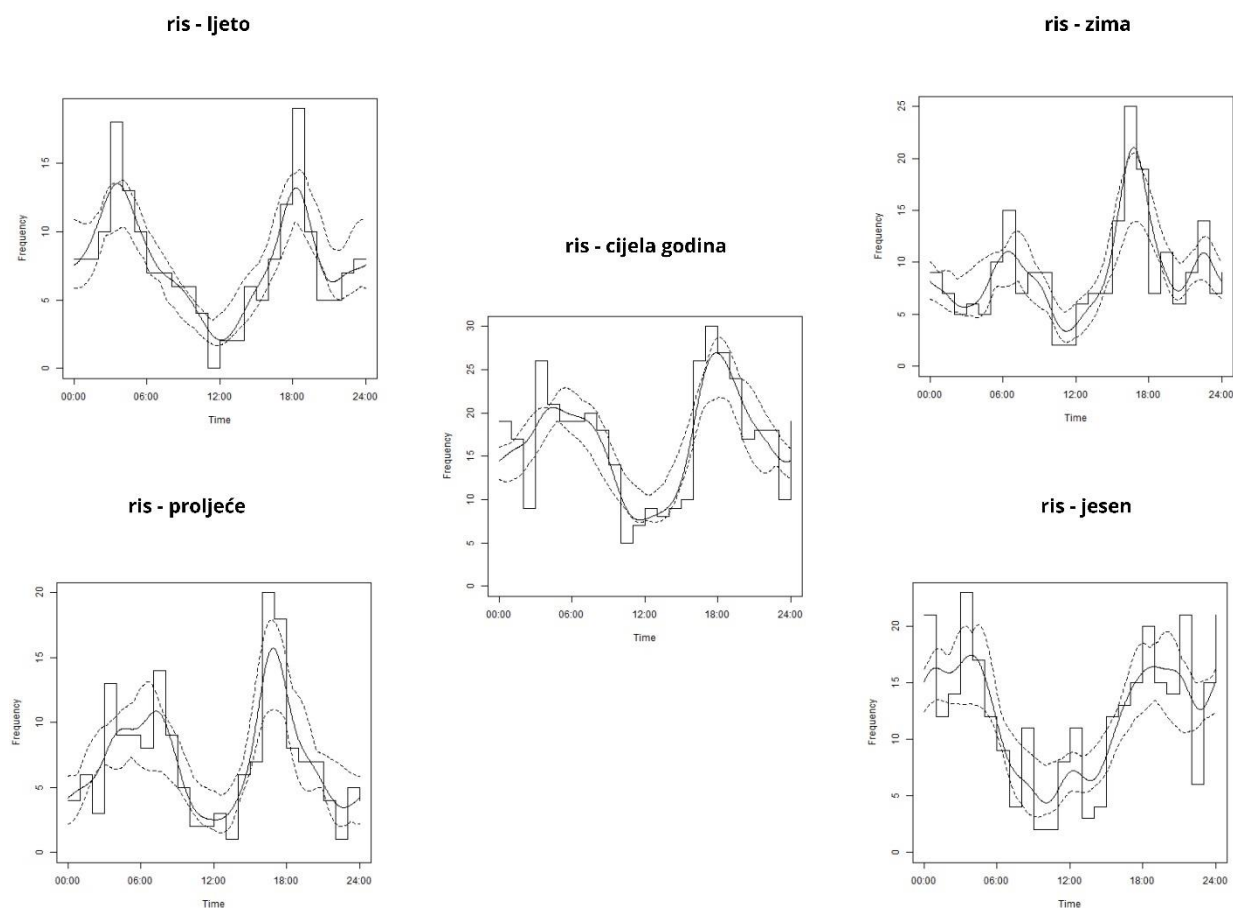
5.6. Usporedba aktivnosti vrsta između sezona

5.6.1. Obrasci aktivnosti risa tijekom sezona

Analiza aktivnosti risa pokazala je visoku razinu preklapanja obrazaca dnevne aktivnosti tijekom sezona te je dominantni obrazac aktivnosti zabilježen u vrijeme izlaska i zalaska Sunca te tijekom noći. No, razine aktivnosti su se tijekom sezona razlikovale ($\Delta 4 = 0.77 - 0.80$, 95 % koeficijent pouzdanost CI = 0.71 - 0.86; tablica 9.). Statistički značajna razlika zabilježena je između obrazaca aktivnosti risa tijekom zime i ljeta (Waldov test, W = 5.3, p vrijednosti < 0.05, $\Delta 4 = 0.77$; Tablica 9.), dok između obrazaca aktivnosti tijekom proljeća i jeseni razlika nije bila statistički značajna (Waldov test, W = 2.9, p vrijednosti > 0.05, $\Delta 4 = 0.80$; tablica 9.). I zimi i ljeti bila su jasno vidljiva dva vrhunca aktivnosti, u vrijeme izlaska i zalaska Sunca. Nakon zalaska Sunca razina aktivnosti pada do ponoći i onda opet raste te postiže vrhunac u točki izlaska Sunca. No taj pad i rast noćne aktivnosti, omeđen zalaskom sunca, ponoći i izlaskom sunca, je izraženiji u ljetnim nego zimskim mjesecima te je ris tijekom noći u zimskim mjesecima ima nešto nižu aktivnost, dok je ljeti u odnosu na zimu zabilježena viša razina aktivnosti oko zalaska Sunca. Najniža razina aktivnosti tijekom zime i ljeta je bila zabilježena oko podne, nakon čega je razina aktivnosti ponovno postala viša (Slika 15., ris - zima ljeta).

Dominantna aktivnost risa tijekom proljeća i jeseni također je bila zabilježena u vrijeme izlaska i zalaska Sunca i tijekom noći te nije zabilježena statistički značajna razlika između obrazaca aktivnosti risa tijekom te dvije sezone ($\Delta 4 = 0.80$, Waldov test, W = 2.9, p > 0.05). Ris je tijekom proljeća postizao prvi vrhunac aktivnosti prije točke zalaska Sunca nakon čega je razina aktivnosti padala. Razina aktivnosti je ponovno počinjala rasti prije točke izlaska do točke izlaska Sunca (Slika 15., ris - proljeće jesen). S druge strane, ris je tijekom jeseni prvi

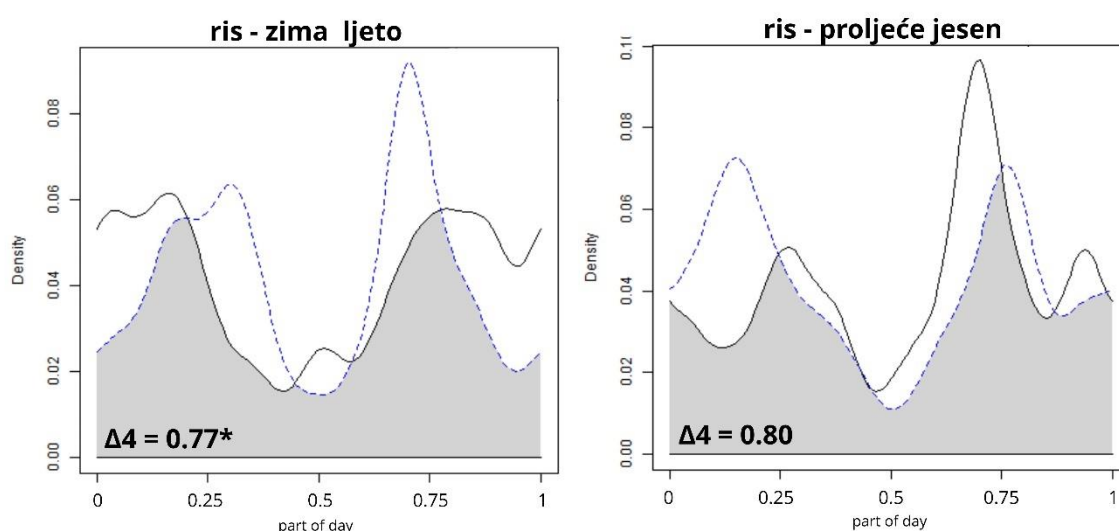
vrhunac aktivnosti postizao u točki zalaska Sunca, nakon čega je razina aktivnosti bila u opadanju do ponoći. Od ponoći je razina aktivnosti risa ponovno rasla te postigao vrhunac aktivnosti prije točke izlaska Sunca (Slika 15., ris - proljeće jesen).



Slika 14. Obrasci aktivnosti risa kroz godinu te tijekom ljeta, jeseni, zime i proljeća. Na svakom grafu puna linija označava prosječni obrazac aktivnosti risa dok isprekidane linije prikazuju 95 % interval pouzdanost.

Tablica 9. Rezultati preklapanja sezonskih aktivnosti risa (vrijeme izraženo u prema položaju Sunca). W - vrijednost Waldovog testa, p vrijednosti, $\Delta 4$ - koeficijent preklapanja, CI - interval pouzdanost

Vrijeme prema položaju Sunca	Ris	
	ZIMA - LJETO	PROLJEĆE - JESEN
w	5,3	2,9
p	0,02*	0,09
$\Delta 4$	0,77	0,80
CI min	0,71	0,72
CI max	0,83	0,86



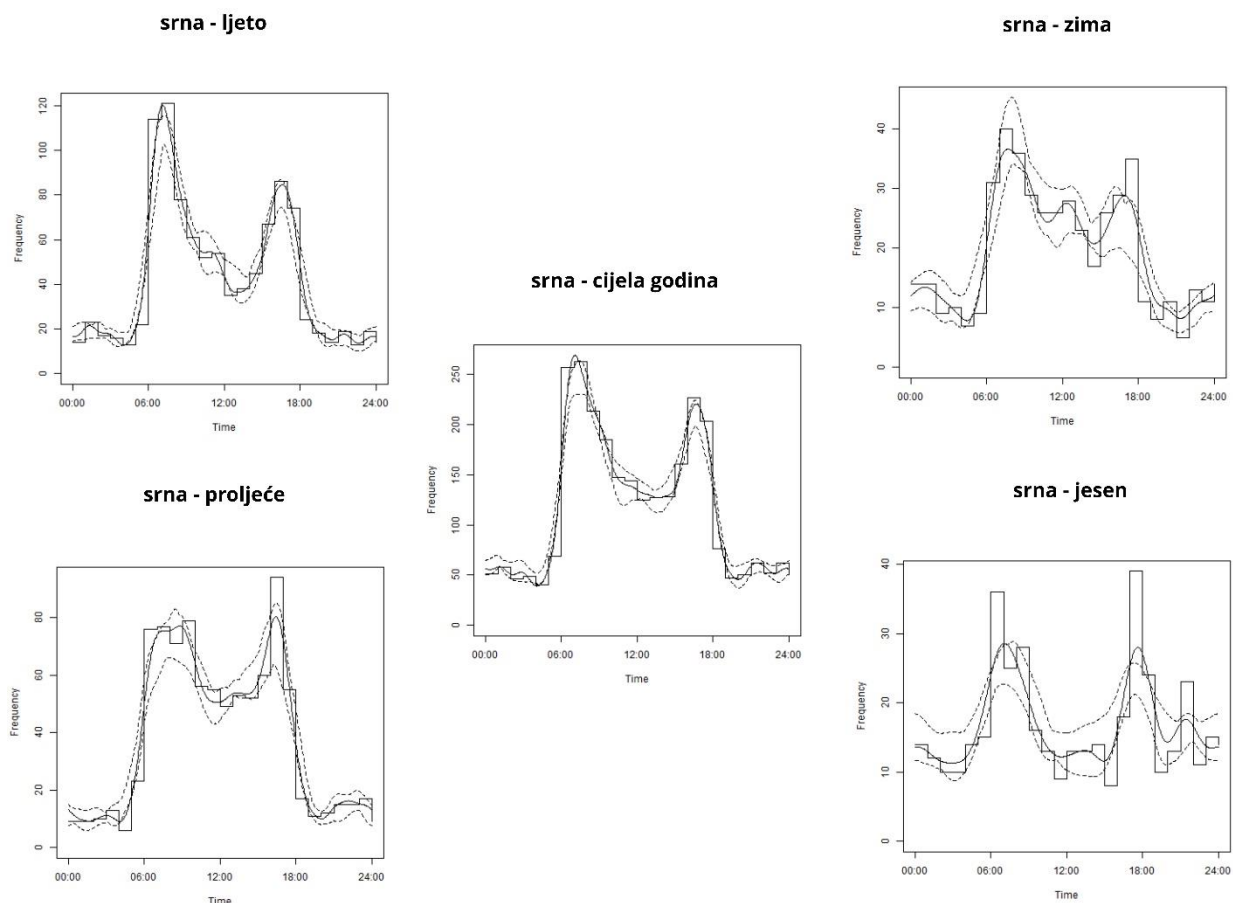
Slika 15. Grafovi preklapanja sezonskih aktivnosti risa. Doba dana izraženo prema položaju Sunca (u radijanima) prikazano je na x - osi. $\Delta 4$ označava koeficijent preklapanja između dviju krivulja (uspoređivanih parova sezone aktivnosti). Pune linije označavaju zimu (lijevi graf) i proljeće (desni graf), a isprekidane linije označavaju ljeto i jesen

5.6.2. Obrasci aktivnosti srne po sezonama

Analiza aktivnosti srne pokazala je dominantni obrazac aktivnosti tijekom dana te tijekom izlaska i zalaska Sunca u svim sezonama, no razine aktivnosti su se tijekom sezona razlikovale ($\Delta 4 = 0,68 - 0,85$, 95 % koeficijent pouzdanost CI = 0,77 - 0,93; Tablica 10.). Između obrazaca aktivnosti tijekom zime i ljeta zabilježena je statistički značajna razlika (Waldov test, W = 5,5, p vrijednosti < 0,05, $\Delta 4 = 0,87$; Tablica 10.). Naime, u srne je tijekom zime zabilježen izraziti rast razine aktivnosti nakon točke izlaska Sunca, zatim je aktivnost

ostajala visoka tijekom dana sve do točke zalaska Sunca, nakon koje je izrazito opala. Suprotno tome, ljeti su jasno vidljiva dva vrhunca aktivnosti. Prvi, viši, vrhunac aktivnosti srne zabilježen je u točki zalaska Sunca nakon čega naglo pada do podneva. Drugi, niži vrhunac aktivnosti zabilježen je prije točke zalaska Sunca, nakon čega izrazito pada te ostaje niska tijekom noći (slika 17., srna - zima ljeto).

Između obrazaca aktivnosti srne tijekom proljeća i jeseni je također zabilježena statistički značajna razlika (Waldov test, $W = 5,0$, p vrijednosti $> 0,05$, $\Delta 4 = 0,73$; Tablica 10). Srna je tijekom proljeća imala izražena dva vrhunca aktivnosti te visoku dnevnu aktivnost. Prvi značajan porast razine aktivnosti (vrhunac aktivnosti) zabilježen je nakon točke izlaska Sunca. Srna je tijekom dana ostala aktivna, te je drugi vrhunac aktivnosti postigla prije točke zalaska Sunca, nakon čega je izrazito pala te ostala niska tijekom noći (slika 16. srna - proljeće). S druge strane, srna je tijekom jeseni imala visoku razinu dnevne aktivnosti s izražena dva vrhunca aktivnosti u vrijeme izlaska i zalaska Sunca. Zabilježen je porast razine aktivnosti nakon točke izlaska Sunca nakon čega je srna ostala aktivna tijekom dana. Drugi je vrhunac aktivnosti postigla prije točke zalaska Sunca nakon čega je aktivnost izrazito pala te ostala niska tijekom noći (slika 16. srna - jesen). Kroz sva četiri godišnja doba srna je imala najmanju razinu aktivnosti tijekom noći.

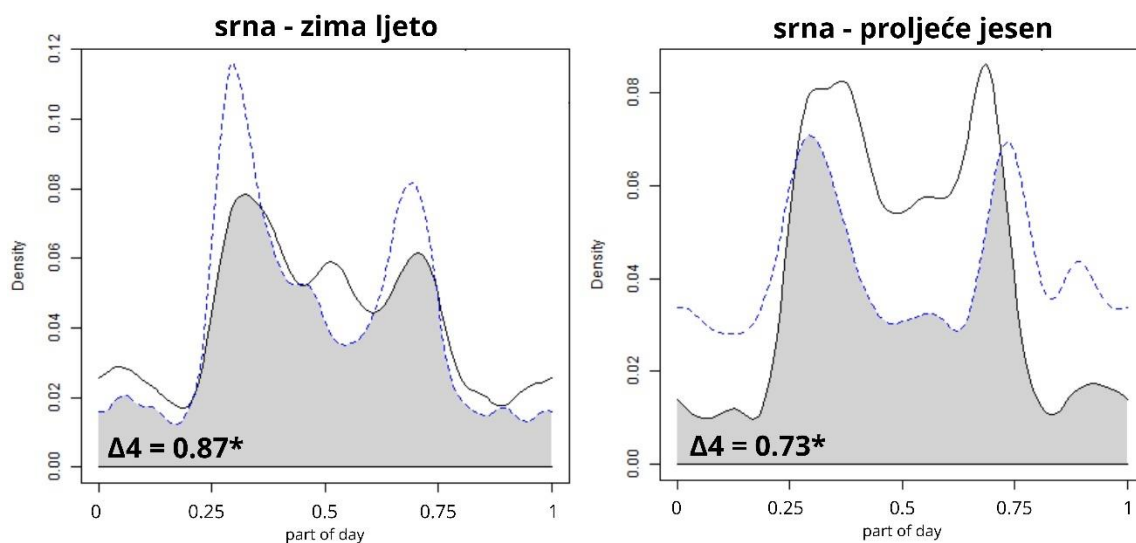


Slika 16. Obrasci aktivnosti srne prikazani kroz cijelu godinu te tijekom ljeta, jeseni, zime i proljeća. Na svakom grafu puna linija označava prosječni obrazac aktivnosti dok isprekidane linije prikazuju interval pouzdanost od 95 %.

Tablica 10. Rezultati preklapanja sezonskih aktivnosti srne (vrijeme izraženo u prema položaju Sunca). W - vrijednost Waldovog testa, $\Delta 4$ - koeficijent preklapanja, CI - interval pouzdanost

Vrijeme prema položaju Sunca	Srna	
	ZIMA - LJETO	PROLJEĆE - JESEN
w	5,5	5
p	0,02*	0,03*
$\Delta 4$	0,87	0,73
CI min	0,85	0,68
CI max	0,93	0,77

Statistički značajne p vrijednosti (*p < 0,05; **p < 0,001)



Slika 17. Grafovi preklapanja sezonskih aktivnosti srne. Vrijeme izraženo prema položaju Sunca prikazano je na x - osi, a aktivnost izražena prema gustoći opažanja, prikazana je na y osi. Obrazac aktivnosti prve navedene sezone u naslovu grafa izražen je punom linijom, a aktivnost druge navedene sezone izražena je isprekidanom linijom. $\Delta 4$ označava koeficijent preklapanja između dviju krivulja (uspoređivanih parova sezonske aktivnosti). P vrijednosti Waldovog testa prikazuju statističku značajnost preklapanja aktivnosti (* $p < 0,05$, ** $p < 0,001$).

6. RASPRAVA

6.1. Diskretizacija neovisnog događaja

U posljednja dva desetljeća je analiza podataka prikupljenih pomoću fotozamki jedna od najčešćih metoda izbora u proučavanju obrazaca dnevne aktivnosti životinja (npr. BRIDGES i sur. 2004.; DI BITTETI i sur. 2006.; GERBER i sur. 2012.; KAMLER i sur. 2012.; HARMSSEN i sur. 2011.; ABBAS i sur., 2013.). Kod istraživanja pomoću fotozamki aktivnost je definirana kao događaj - trenutak u kojem životinja gibanjem cijelog tijela aktivira senzor fotozamke. Kako bi se izbjegla mogućnost pogreški u procjeni odnosa aktivnosti između različitih vrsta životinja, u literaturi je uobičajeno korištenje diskretizacije neovisnih događaja prikupljenih fotozatkama. PERAL i sur. (2022.) navode kako se u oko 70 % istraživanja obrazaca aktivnosti divljih životinja objavljenih u razdoblju 1998. - 2021. godine koristila diskretizacija neovisnih događaja no, trenutno u literaturi nema konsenzusa koje je vremensko razdoblje najprikladnije za definiranje neovisnog događaja.

Važno je naglasiti da diskretizacija neovisnog događaja u istraživanjima aktivnosti životinja ovisi o definiciji aktivnosti, odnosno ovisi o pitanju na koje istraživanjem želimo odgovoriti. Prema ALTMANU (1974.) aktivnost može biti definirana kao stanje (kontinuirana vrijednost) ili kao događaj (diskretna vrijednost). Kada je aktivnost definirana kao kontinuirana vrijednost, tada svi podaci (snimke) iste jedinice (ili vrste) predstavljaju značajne informacije o njenoj aktivnosti te tada snimke iste jedinice ili grupe jedinki ne predstavljaju pseudoreplikaciju (HURLBERT, 1984.), već valjani zapis aktivnosti životinja (PERAL i sur., 2022.). Stoga, PERAL i sur. (2022.) navode kako u tom slučaju diskretiziranje podataka konceptualno nije opravdano jer takav pristup odbacuje vrijedne podatke te time mijenja razumijevanje obrazaca aktivnosti životinja.

S druge strane, kada je aktivnost definirana kao diskretna vrijednost tj. događaj (kao što je u ovom doktorskom radu), pseudoreplikacija, odnosno uzastopne detekcije životinja unutar istog događaja, mogu negativno utjecati na procjenu aktivnosti tako da povećaju zastupljenost aktivnosti u onom dijelu dana kada je životinja provela dulje vrijeme ispred fotozamke (ROVERO i ZIMMERMANN, 2016.).

PERAL i sur. (2022.) navode kako većina istraživanja aktivnosti životinja u posljednjih 20-ak godina za diskretizaciju događaja koristi vremenski raspon od 30 minuta (30 % radova) do sat vremena (21 % radova) te tvrde kako definiranje neovisnog događaja na toliko dugo

razdoblje može dovesti do odbacivanja značajne količine podataka, osobito u dijelovima dana s najvišom razinom aktivnosti, a time vjerojatno i značajno utjecati na procjene obrazaca aktivnosti životinja (PERAL i sur, 2022.).

S obzirom na različitosti u društvenim strukturama, ponašanju te brojnosti između predatorskih i plijenskih vrsta analiziranih u sklopu ovog doktorskog rada, u ovom istraživanju je prvo testiran učinak diskretizacije neovisnog događaja na jednu minutu te deset minuta na varijacije u količini prikupljenih podataka o aktivnosti plijenskih i predatorskih vrsta.

Nakon diskretizacije događaja na interval od jedne minute i od deset minuta zabilježen je ukupno veći gubitak podataka kod plijenskih vrsta (14,4 - 39,5 %) u odnosu na predatorske (2,5 - 7,7 %), što je bilo očekivano s obzirom na rezultate istraživanja PERAL i sur. (2022.). Naime, to je posljedica činjenice da plijenske vrste često žive u većim skupinama od predatorskih vrsta (ESTES, 2012.) zbog čega akumuliraju više fotografija unutar istog vremenskog razdoblja u odnosu na predatorske vrste (PERAL i sur., 2022.). K tome, plijenske vrste imaju tendenciju zadržavanja dulje vrijeme na određenim mikrolokacijama (primjerice na solištimu ili pojilištima) dok je za predatorske vrste vjerojatnije da će se brže kretati te se neće dulje vrijeme zadržavati na istom području. Sukladno tome, može se zaključiti da diskretizacija neovisnog događaja na 10 minuta ne uzrokuje izrazit gubitak podataka kod predatora niti na jednoj vrsti mikrolokacije, dok kod parnoprstaša uzrokuje najveći gubitak podataka na solištimu i pojilištima (Tablica 3.). Nadalje, zbog naravi korištenja tih mikrolokacija od strane parnoprstaša, gdje ih fotozamka bilježi iako se ne kreću aktivno (npr. leže i preživaju), takvi podaci ne ispunjavaju uvjete same definicije aktivnosti kao neovisnog događaja te stoga nisu pogodni za analize aktivnosti životinja (ROVERO i ZIMMERMAN, 2016.). Sukladno tome, podaci prikupljeni na solištimu i pojilištima isključeni su iz istraživanja aktivnosti predatorskih i plijenskih vrsta te su daljnje analize provedene na podacima prikupljenim na šumskim cestama i životinjskim stazama. Na tim mikrolokacijama obje skupine vrsta (predatori i parnoprstaši) uglavnom su očitovali jednako ponašanje, aktivno su se kretale, odnosno hodale. Konačno, budući da su i na te dvije vrste mikrolokacija parnoprstaši učestalo su akumulirali veću količinu fotografija (pojavljuju u većim skupinama te se dulje zadrže ispred fotozamke) u istom vremenskom razdoblju u odnosu na predatorske vrste, primijenjena je diskretizacija od deset minuta.

6.2. Izražavanje podataka o vremenu prema položaju Sunca (solarnom vremenu)

Iako je danas literatura na temu utjecaja načina izražavanja vremena o aktivnosti životinja prilično oskudna, iz rezultata dosad provedenih istraživanja poznato je kako je prilikom usporedbe obrazaca aktivnosti divljih životinja kroz različita godišnja doba ili između područja različitih geografskih širina važno uzeti u obzir varijacije duljine dnevne svjetlosti tijekom 24 satnog ciklusa (jednog dana) (VAZQUEZ i sur., 2019.). S obzirom na recentne spoznaje o negativnom utjecaju izražavanja podataka o vremenu u satima (h) na procjenu obrazaca i/ili razina aktivnosti životinja (NOUVELLET i sur., 2012.; VAZQUEZ i sur., 2019.), u sklopu ovog doktorskog rada provedena je analiza s ciljem utvrđivanja takve značajnosti na rezultate aktivnosti životinjskih vrsta iz različitih trofičkih skupina (predatorske i plijenske vrste) na setu podataka prikupljenom tijekom 60 mjeseci. Za transformaciju podataka o vremenu korištena je metoda transformacije ekvinocijalnog sidrenja (eng. *equinocial anchoring transformation*) (VAZQUEZ i sur., 2019.) u kojoj se podaci o aktivnosti svake istraživane vrste izražavaju u odnosu na izlazak i zalazak Sunca koji su izraženi kao dvije jednako udaljene točke tijekom ciklusa jednoga dana. Sukladno većini do sada dostupne literature na temu aktivnosti životinja u kojima su podaci o vremenu transformirani prema položaju Sunca, vrijednosti izlaska i zalaska Sunca fiksirane su na trenutak kada je središte Sunca na šest stupnjeva ispod horizonta (PAGON i sur., 2013., PALMER i sur., 2017.; GRIGNOLIO i sur., 2018., SMITH i sur., 2024.). Naime, kako navode HUT i sur. (2012.), oko 80 % promjene u intenzitetu sunčeve svjetlosti događa se u vrijeme građanskog i nautičkog izlaska i zalaska Sunca stoga je za očekivati da će se promjene u aktivnosti krepuskularnih vrsta najjasnije zabilježiti u nekom dijelu tog razdoblja.

Rezultati transformacije vremena, pokazali su statistički značajne razlike kod dnevnih aktivnosti srne, jelena običnog te smeđeg medvjeda. Uočljivo je kako je značajna razlika zabilježena kod aktivnosti dviju vrsta plijena čiji su vrhunci aktivnosti izrazito povezani s točkom izlaska i zalaska Sunca (kod jelena običnog i srne) te kod medvjeda koji je krepuskularno aktivan s najvišom razinom aktivnosti u vrijeme zalaska Sunca. Takvi rezultati su konzistentni s rezultatima VAZQUEZ i sur. (2019.) koji su utvrdili kako se najveće pogreške u analizama aktivnosti pojavljuju prilikom korištenja podataka u satima kod krepuskularnih vrsta životinja u istraživanjima duljim od pet mjeseci. S druge strane, kod diurnalno aktivne divokoze, nokturnalno aktivnog vuka te risa čija aktivnost dominira tijekom izlaska i zalaska Sunca i noći, nije zabilježena statistički značajna razlika te se čini kako kod tih vrsta

transformacija vremena prema položaju Sunca nije izrazito važan čimbenik u dugoročnim istraživanjima.

Analizom utjecaja transformacije vremena na rezultate sezonskih aktivnosti istraživanih vrsta, konzistentno su zabilježene značajne razlike u razinama aktivnosti svih triju vrsta parnoprstaša u proljeće, dok kod predatorskih vrsta takav utjecaj pak nije zabilježen. Takvi rezultati su konzistentni s navodima VAZQUEZ i sur. (2019.) kako transformacija podataka o vremenu ima najdramatičniji utjecaj kod onih životinjskih vrsta koje imaju jasno izražene vrhunce aktivnosti. Također, istraživanje obrazaca lova afričkog divljeg psa na tri plijenske vrste s obzirom na razdoblje dana (NOUVELLET i sur., 2012.) sugerira značajan utjecaj u analizama odnosa aktivnosti životinjskih vrsta između različitih trofičkih skupina.

Iako VAZQUEZ i sur. (2019.) također navode kako se najveći utjecaj transformacije vremena bilježi u razdobljima istraživanja s najvećim varijacijama duljine dana (razdoblja solsticija), u ovom istraživanju je značajnost između krivulja aktivnosti plijenskih vrsta zabilježena samo tijekom ljetnog, no ne i tijekom zimskog solsticija. Odgovor na takve rezultate sezonskih aktivnosti mogao bi ležati u rezultatima istraživanja NOUVELLET i sur. (2012.) koji navode kako je moguće da u istraživanjima kraćima od 4 mjeseca transformacija vremena ne uzrokuje toliko snažan utjecaj na rezultate aktivnosti životinja te je moguće da je neki drugi čimbenik sezonskog karaktera (bihevioralne i/ili okolišne promjene) uzrok zabilježene značajnosti.

Iako je ispitivanje utjecaja takvih čimbenika izvan okvira ovog doktorskog rada, buduća istraživanja bi mogla razjasniti razinu učinaka transformacije vremena analiziranjem podataka ciljanih vremenskih razdoblja (npr. razdoblje parenja, razdoblje podizanja mladunaca, razdoblje bujne/oskudne vegetacije) značajnih za istraživanu životinjsku vrstu, uzimajući u obzir čimbenike koji se razmatraju (npr. reprodukcija, spol, okolišni uvjeti kao što je temperatura, količina dostupne hrane).

6.3. Preklapanje aktivnosti risa i čovjeka na lokacijama više (šumska cesta) i niže (životinjska staza) frekvencije ljudske prisutnosti

Razumijevanje načina na koji ljudi i veliki predatori mogu koegzistirati sve je važnija tema u očuvanja divljih životinja (COHEN 2003.; SETO i sur. 2012.; RIPARI i sur, 2022.) te je od sve većeg interesa zbog povećane razine ljudskog utjecaja (PALMERO i sur, 2021.). Ljudi kao superpredatori mogu imati snažan utjecaj na dnevne obrasce aktivnosti životinja bez obzira na trofičku skupinu kojoj pripadaju (GAYNOR i sur, 2018.; LEWIS i sur, 2021.). Sve veće širenje mreže šumskih cesta omogućava ljudima da profesionalne i rekreacijske aktivnosti (sječa, lov, planinarenje, bicikljanje, branje gljiva i biljaka) provode sve dublje unutar staništa divljih životinja, zbog čega je sposobnost predatora da se prilagode takvim izravnim i neizravnim antropogenim učincima ključna za ograničavanje nepovoljnih ishoda međusobnog susreta te mogućnosti održavanja suživota (ORIOLO-COTTERILL i sur., 2015.; LAMB i sur., 2020.). Iako promet na šumskim cestama ne predstavlja značajan rizik od izravnog sudara divljih životinja i vozila (RIPARI i sur., 2022), prisutnost vozila unutar staništa divljih životinja i dalje može uznemiravati predatorske vrste koje mogu reagirati promjenom vremenske i/ili prostorne aktivnosti (SUÁREZ- ESTEBAN i sur., 2013.; SURACI i sur., 2019.; TURK i sur., 2021.).

Kako bi se istražilo mijenja li ris obrazac aktivnosti kao odgovor na percipirani rizik od čovjeka u njegovom prirodnom staništu na području Hrvatske, u ovom doktorskom radu analizirana je razina utjecaja ljudske aktivnosti na razinu i obrasce aktivnosti risa. Na temelju analize podataka s fotozamki postavljenih na šumskim cestama i životinjskim stazama tijekom 5 godina istraživanja, rezultati su pokazali kako je preklapanje aktivnosti risa i čovjeka bilo relativno nisko te su im se obrasci aktivnosti značajno razlikovali na obje vrste mikrolokacija (Slika 12., Tablica 8.). Naime, iako je aktivnost čovjeka na šumskim cestama bila 14,2 puta veća u odnosu na životinjske staze te je uključivala i motoriziranu aktivnost čovjeka, ris je zadržao jednak obrazac aktivnosti na obje mikrolokacije. Takvi rezultati su u skladu s prethodnim rezultatima rada BLAŠKOVIĆ i sur. (2022.) u kojem također nije utvrđen značajan utjecaj aktivnosti čovjeka na obrasce dnevnih aktivnosti triju vrsta velikih predatora u Hrvatskoj (vuka, smeđeg medvjeda i risa). No, iako ris nije promijenio obrazac aktivnosti kao odgovor na utjecaj čovjeka, zabilježeno je primjetno povećanje razine aktivnosti risa tijekom noći.

LEWIS i sur. (2022.) su u istraživanju značajnosti antropogenog utjecaja na promjenu obrazaca aktivnosti divljih životinja zamijetili kako se značajnost promjene obrasca kao odgovor na utjecaj čovjeka povećava kada se dominantna aktivnost te vrste poklapa s

vremenom kada je čovjek najaktivniji. S obzirom da rezultati ovog doktorskog rada pokazuju kako je ris na ovom području istraživanja također pretežito krepuskularno i noćno aktivna vrsta, ris vjerojatno ne mora značajno mijenjati obrazac dnevne aktivnosti da bi minimizirao rizik od čovjeka, nego prilagođava razinu aktivnosti u razdobljima dana kada je čovjekova aktivnost najniža. Istraživanja drugih predatorskih vrsta potvrđuju takav oblik antipredatorskog ponašanja na prisutnost čovjeka kao super predatora. Naime, BOJARSKA i sur. (2020.) navode kako vukovi iskorištavaju prednosti šumskih cesta za brži prelazak velikih udaljenosti tijekom noći, dok istovremeno uspijevaju izbjeći rizik od susreta s ljudima minimizirajući aktivnost na takvim infrastrukturama u razdobljima najveće ljudske aktivnosti.

SURACI i sur. (2019.) su u eksperimentalnom istraživanju proučavali kako različite vrste divljih životinja reagiraju na percipirani rizik od susreta s ljudima unutar staništa. Utvrdili su kako crveni ris (*Lynx rufus*) koji je aktivan tijekom dana, povećava razinu noćne aktivnosti kao odgovor na percipirani rizik od čovjeka. S druge strane, pume (*Puma concolor*) kao dominantno noćne i krepuskularne vrste, ne mijenjaju vremensku aktivnost, no značajno mijenjaju kretanje unutar staništa kada percipiraju povećani rizik. U istraživanju čimbenika koji utječu na odabir staništa risa provedeno na devet područja rasprostranjenosti risa diljem Europe (uključujući Dinaride), koje karakteriziraju različite razine ljudskog utjecaja, RIPARI i sur. (2022.) zaključuju kako risovi u određenoj mjeri mogu tolerirati ljudsko uznemiravanje, pod uvjetom da imaju dovoljno dostupnih skloništa unutar staništa. Analiza prostorne aktivnosti risa u odnosu na utjecaj čovjeka je izvan okvira ovog doktorskog rada, no uključivanje prostorne dimenzije u budućim istraživanjima moglo bi uvelike pridonijeti jasnijem razumijevanju dinamike tih odnosa (RICHTER i sur, 2020.).

Rezultati ovog doktorskog rada ukazuju na određenu razinu (neizravnog) utjecaja čovjeka na aktivnosti risa te osiguravaju pouzdanu procjenu te predviđanje stupnja do kojeg se risovi mogu nositi s ljudskim uznemiravanjem unutar njihovog staništa. Sa sve većim razvojem ljudske infrastrukture unutar staništa divljih životinja, ublažavanje utjecaja čovjeka na životinjske zajednice i upravljanje negativnim posljedicama ljudskog djelovanja na divlje životinje biti će stalni izazov (KÖNIG i sur., 2020.). To pokazuje važnost ranog zabilježavanja potencijalnih promjena u aktivnosti životinjskih vrsta te prilagodbe djelovanja sukladno novim spoznajama (GAYNOR i sur., 2018.). Analize odnosa prostorne i vremenske aktivnosti ljudi i divljih životinja mogle bi olakšati izradu i primjenu planova upravljanja divljim životinjama u staništima s visokom razinom ljudske aktivnosti te time smanjiti rizik od potencijalnih sukoba i osigurati promicanje suživota između ljudi i divljih životinja (MORI i sur., 2020.). Hrvatski

dio dinarskog planinskog lanca koji je područje istraživanja ovog doktorskog rada, ispresijecano je sve gušćim mrežama neasfaltiranih šumskih cesta (PENTEK i sur. 2007.), prvenstveno izgrađenih za sječu, ali se sve više koriste u druge svrhe. Daljnjim istraživanjima ovih pitanja može se postići bolje razumijevanje prijelomnih točaka u kojima ljudska djelatnost postaje štetna za međuvrsne odnose unutar ekosustava te može pridonijeti naporima za očuvanje ugroženih vrsta divljih životinja kao što je ris (HASWELL i sur. 2020.).

6.4. Odnos aktivnosti risa i kompeticijskih vrsta

Hrvatska je, kao dio dinarskog gorja, jedna od rijetkih zemalja u kojoj sve tri velike zvijeri dijele isto stanište. Unatoč tome, interakcije i mehanizmi koegzistencije između ove tri ugrožene vrste još uvijek uglavnom nisu istražene i slabo su shvaćene, kako na području Dinarida tako i u ostatku Europe (KROFEL i sur., 2010.).

U ovom doktorskome radu zabilježeno je visoko preklapanje obrazaca dnevnih aktivnosti risa s aktivnostima kompeticijskih vrsta uz određene razlike u razdobljima najviših razina aktivnosti tijekom dana. Naime, iako je između aktivnosti vuka i risa zabilježena visoka razina preklapanja, vidljivo je kako aktivnost vuka prevladava tijekom noći, dok kod risa dominira krepuskularni obrazac aktivnosti. Razlog tomu mogao bi ležati u razlikama prehrambenih preferenci ovih vrsta. Prehrana vuka se pokazala kao izrazito varijabilna ovisno o području istraživanja (ZLATANOVA i sur., 2014.), a istraživanja u Hrvatskoj pokazuju kako vukovi od divljih plijenskih vrsta preferiraju divlje svinje (OCTENJAK i sur., 2020.), jednako kao i u Italiji (MATTIOLI i sur., 1995; MERIGGI i LOVARI, 1996.). MORI i sur. (2019.) su u istraživanju aktivnosti vuka u Italiji utvrdili dominantnu noćnu aktivnost s najvećim preklapanjem aktivnosti s divljom svinjom (primarnom lokalnom plijenskom vrstom). Najznačajni udio prehrane risa na području Dinarida čine srne (KROFEL i sur., 2011.) koje su također najaktivnije u krepuskularno razdoblje, pa ovi rezultati vjerojatno odražavaju činjenicu da se vuk više prilagođava divljoj svinja a ris srni.

Za razliku od vuka, medvjed (kao i ris) pokazuje pretežito bimodalni obrazac aktivnosti s najvišim razinama u vrijeme izlaska i zalaska Sunca, zbog čega je zabilježeno izrazito visoko preklapanje s aktivnosti risa. Moguće je da zbog različitog iskorištavanja resursa ove dvije vrste koegzistiraju bez potrebe za značajnom segregacijom obrazaca ili razina aktivnosti. Dok je ris specijalizirani predator uglavnom manjih parnoprstaša (prvenstveno srna) (KROFEL i sur.,

2011.), medvjed ima široku prehranu, od čega najveći udio čini hrana biljnog podrijetla te insekti (CICNJAK i sur, 1987.), dok plijen risa čine neznatan udio prehrane medvjeda (CICNJAK i sur, 1987., DI DOMENICO i sur, 2012.; CIUCCI i sur, 2014.; NIEDZIAŁKOWSKA i sur, 2019.). Ipak, s obzirom da je medvjed jedan od najvažnijih kleptoparazita risa (KROFEL 2006.; KROFEL i sur., 2012.), moguće je da je za risa, koji je (po veličini) u odnosu na medvjeda podređena predatorska vrsta, važno izbjegavanje sukoba na kratkoročnoj (reaktivnoj) vremenskoj razini (engl. *fine - scale temporal avoidance*), kao što su nedavna istraživanja zabilježila između afričkih predatorskih vrsta (BROEKHUIS i sur., 2013.; SWANSON i sur. 2016.). Naime, kompeticijske vrste koje su evoluirale u sličnim ekološkim uvjetima, imaju ograničenu mogućnost međusobnog izbjegavanja na vremenskoj razini u značajnoj mjeri (KRONFELD-SCHOR i DAYAN 2003.; DAVIS i sur., 2018.). Kada bi ris potpuno ograničio svoju aktivnost na dijelove dana kada je medvjed, kao dominantna predatorska vrsta, najmanje aktivan (krajobraz straha, prema LAUNDRÉ i sur., 2001.), tada bi također izgubio pristup razdoblju dana kada su parnoprstaši, kao primarne plijenske vrste, najaktivniji (PAGON i sur, 2013; ENSING i sur., 2014.).

Iako je u brojnim ekosustavima dokazana podjela vremenskih niša između kompeticijskih vrsta (CHEN i sur. 2009.; DI BITTETI i sur. 2009.; HAYWARD i SLOTOW 2009.; LUCHERINI i sur. 2009.; MONTERROSO i sur., 2014.), u sklopu ovog doktorskog rada takva značajna segregacija vremenske aktivnosti nije utvrđena. Naime, dinamika koegzistencije kompeticijskih vrsta može biti snažno uvjetovana strukturom staništa (FINKE i DENNO 2006.; JANSSEN i sur. 2007.) i njegovom produktivnosti (ELMHAGEN i RUSHTON 2007.; BORER, i sur, 2007.), no čini se kako prostorna i vremenska podjela aktivnosti (SWANSON i sur, 2014.; PALMER i sur, 2017.; ROSSA i sur, 2020.) te reaktivno izbjegavanje (npr. WEBSTER i sur., 2012.; SWANSON i sur. 2016.) igraju ključnu ulogu u postizanju suživota vrsta koja koriste slične resurse. Stoga bi u daljnjim istraživanjima odnosa aktivnosti između kompeticijskih vrsta bilo korisno u analize uključiti i korištenje prostora kao mehanizma izbjegavanja rizika, kao i potencijalnu važnost izbjegavanja na kratkoročnoj vremenskoj razini kako bi se što jasnije razumjela dinamika interakcija između kompeticijskih vrsta koje dijele isto stanište (THEUERKAUF, 2009.).

6.5 Odnos aktivnosti risa i plijenskih vrsta

Istraživanja aktivnosti divljih predstavnika porodice mačaka diljem svijeta pokazala su kako im aktivnost može varirati od potpuno noćne do dnevne te je aktivnost fleksibilna kako među vrstama tako i unutar njih (ZACHOS, 2009.). Tu hipotezu podupiru i rezultati istraživanja aktivnosti risa diljem Europe. Dosadašnja istraživanja euroazijskog risa u srednjoj i sjevernoj Europi zabilježila su najviše razine aktivnosti pretežito u krepuskularno razdoblje tijekom cijele godine, kada je ujedno zabilježen vrhunac aktivnosti njegovih vrsta plijena na tim područjima (srna u Bavarskoj šumi Njemačke, KROP-BENESCH i sur, 2013.; jelen obični u prašumi Bialowieza u Poljskoj, KAMLER i sur, 2007.; srna u središnjoj Švedskoj, CEDERLUND, 1989.; jelen obični u Alpama, GEORGII i SCHRODER, 1983.). Suprotno zapadnim populacijama, ris u jugoistočnoj Europi (Turskoj) pokazuje povećanje dnevne aktivnosti tijekom hladnijeg dijela godine, što prati dinamiku sezonske aktivnosti primarnog plijena - zeca na tom području (SOYUMERT i sur., 2019., NADERI i sur., 2021.).

Rezultati istraživanja ovog doktorskog rada potvrđuju dominantnu bimodalnu krepuskularnu aktivnost risa, sukladno rezultatima istraživanja aktivnosti risova u onim populacijama u kojima su parnoprstaši primarni plijen (meta istraživanje aktivnosti risa u Europi, HEURICH i sur, 2014.; Bavarskoj šumi, PODOLSKI i sur., 2013.; aktivnost risa u Švicarskoj, BERNHART, 1990., u Norveškoj IONNINA i sur., 2024.). Kao što je u srednjoj Europi srna najvažniji plijen risa (BREITENMOSER i BREITENMOSER-WÜRSTEN, 2008.; PODOLSKI i sur., 2013.; HEURICH i sur. 2014.), koju blisko prati jelen obični (BREITENMOSER i BREITENMOSER-WÜRSTEN, 2008.; OKARMA i sur., 1997.), na području obuhvaćenim ovim istraživanjem utvrđene su slične preference u prehrani te parnoprstaši čine čak 88,4 % ukupne prehrane risa (KROFEL i sur. 2011.; BUZAN i sur. 2023.).

Rezultati doktorata pokazuju znatno preklapanje obrazaca i vrhunaca aktivnosti risa i jelena, dok se obrazac aktivnosti risa značajno razlikovao od aktivnosti srne i divokoze. Razlika aktivnosti između risa te srne i divokoze je posljedica činjenice da te dvije vrste nisu aktivne noću, dok su i ris i jelen noćno aktivne (GEORGII, 1981.; GEORGII I SCHRODER, 1983.; ENSING i sur. 2014.). No najviše razine aktivnosti risa preklapale su se s vrhuncima aktivnosti svih triju plijenskih vrsta tijekom cijele godine. Prema BREITENMOSER i BREITENMOSER-WÜRSTENU (2008.), predatori koji love iz zasjede, kao što je ris, moraju biti svjesni dinamike vremenske aktivnosti svog plijena, kao i njihove rasprostranjenosti unutar staništa kojeg dijele, kako bi povećali vjerojatnost ulova. Stoga, nije iznenađujuće da ris postiže vrhunce aktivnosti u razdobljima dana kada je aktivnost lokalnih plijenskih vrsta također najviša (SOYUMERT i

sur., 2019.; HEURICH i sur., 2014.). Slični rezultati prikazani su i u drugim istraživanjima aktivnosti predatorskih i plijenskih vrsta (HARMSSEN i sur., 2010.; MORI i sur., 2019., NADERI i sur., 2021.). Primjerice, HARMSSEN i sur. (2011.) su otkrili kako jaguar i puma povećavaju svoju aktivnost u vrijeme kada njihov glavni plijen (pasanac *Dasypus novemcinctus* i paka *Aguti paca*) traži hranu iznad zemlje dok se primjerice, vrhunac aktivnosti sumatranskog tigra (*Panthera tigris sumatrae*) snažno preklapa s aktivnosti muntjaka (*Muntiacus muntjac*), jednom od njegovih glavnih plijenskih vrsta (LINKIE i RIDOUT, 2011.). Još jedno dodatan razlog visoke razine aktivnosti risa u krepuskularno razdoblje mogao bi ležati u činjenici da je ris predator koji se tijekom lova uglavnom oslanja na dobro razvijena osjetila sluha i vida (BREITENMOSER i BREITENMOSER- WÜRSTEN, 2008.), a s obzirom da je, za razliku od plijenskih vrsta, vid risa bolje prilagođen krepuskularnom razdoblju, ris u tom razdoblju dana ima prednost (HEURICH i sur., 2014.).

Utjecaje aktivnosti plijenskih vrsta na predatorske vrste, i obrnuto, općenito je teško razaznati, osobito kada se u obzir uzme utjecaj mnogih drugih (biotičkih i abiotičkih) faktora, koji također igraju ključnu ulogu u oblikovanju dinamike aktivnosti ovih vrsta (KAMLER i sur., 2007.). PALMER i sur. (2017.) su u istraživanju aktivnost plijenskih vrsta s obzirom na percipirani rizik od lavova su zabilježili razlike koje su u velikoj mjeri ovisile o veličini plijenskih vrsta. U tom istraživanju se pokazalo kako manje plijenske vrste mijenjaju aktivnost na prostornoj i vremenskoj razini ovisno o percipiranom riziku, dok je kod znatno veće plijenske vrste (bivola) takav odgovor bio neznatan (PALMER i sur., 2007.). S obzirom da je u istraživanju ovog doktorskog rada jelen obični također znatno veća plijenska vrsta od srne i divokoze, ali i risa, postoji mogućnost da ova vrsta koristi neke druge mehanizme izbjegavanja rizika od predacije (npr. raspodjela korištenja staništa ili grupiranje).

Kroz posljednje desetljeće istraživanja odnosa aktivnosti predatora i plijena, uz vremensku proučavaju i raspodjelu prostorne aktivnosti životinja (SWANSON i sur. 2014.; PALMER i sur. 2017.; ROSSA i sur. 2021.). MORI i sur. (2020.) su istraživali odnos aktivnosti vuka i plijena te utvrdili kako kod plijena prostorno izbjegavanje ima veći utjecaj od vremenske raspodjele aktivnosti. S obzirom na različitost odgovora plijenskih vrsta na percipirani rizik od predatora s kojima dijele stanište, istraživanja odnosa aktivnosti između životinja različitih trofičkih skupina moglo biti od velike koristi simultano analizirati dinamiku vremenske i prostorne aktivnosti vrsta kako bi se postiglo jasnije razumijevanje međusobnih odnosa i mehanizme uz pomoć kojih koegzistiraju unutar staništa koje dijele.

6.6. Sezonske aktivnosti risa

Tijekom cijele godine kod risa je zabilježen obrazac aktivnosti koji dominira u vrijeme izlaska i zalaska Sunca te tijekom noći, što je sukladno opsežnom istraživanju aktivnosti risa koje su proveli HEURICH i sur. (2014.) čiji rezultati pokazuju kako ris zadržava bimodalni obrazac aktivnosti tijekom cijele godine, no vrijeme vrhunaca aktivnosti tijekom dana varira s promjenom duljine dana. U ovom istraživanju je zabilježena statistički značajna razlika između aktivnosti risa tijekom zime i ljeta ($p < 0.05$, $\Delta 4 = 0.77$), što je vjerojatno posljedica više razine aktivnosti risa tijekom zimskih noći u odnosu na ljetne noći, te više aktivnosti u drugoj polovici ljetnih dana u odnosu na zimske dane. Naime, osim fotoperioda, na aktivnost predatora (pa tako i risa) veliki utjecaj imaju temperatura okoliša te dostupnost i aktivnosti lokalnog plijena (PODOLSKI i sur., 2013.; NADERI i sur. 2020.). BELTRAN i DELIBES (1994.) su povezali utjecaj minimalnih i maksimalnih dnevnih temperatura tijekom sezona na dinamiku dnevnih aktivnosti iberijskih risova. Točnije, zabilježili su kako odrasli risovi tijekom zime i proljeća u razdobljima dana s najnižim temperaturama, manje odmaraju te povećavaju razinu aktivnosti. Suprotno tome, pri najvišim dnevnim temperaturama tijekom ljeta risovi značajno smanjuju razinu aktivnosti (BELTRAN i DELIBES, 1994.). Takvi su rezultati konzistentni s kasnijim istraživanjem sezonskih aktivnosti euroazijskih risova, u kojem se pokazalo kako risovi smanjuju aktivnost tijekom dijela dana s maksimalnim dnevnim temperaturama, osobito ljeti (PODOLSKI i sur., 2013.). Neka istraživanja navode kako bi takve razlike u sezonskim aktivnostima mogle barem djelomično biti rezultat promjena u aktivnosti primarnih plijenskih vrsta (NADERI i sur. 2020.)

Primjerice, SOYUMERT i sur. (2019.) te NADERI i sur. (2020.) su utvrdili da u Turskoj ris zimi prelazi na pretežito diurnalni obrazac aktivnosti, dok istraživanja aktivnosti populacije risa na pograničnom području Češke i Njemačke (PODOLSKI i sur., 2013.) te u Hrvatskoj (ovo istraživanje) pokazuju da ris u svim sezonama očituje dominantno krepuskularni obrazac aktivnosti. Ovakvi bi se rezultati, između ostalog, mogli objasniti razlikama u aktivnostima lokalnih primarnih plijenskih vrsta, s obzirom da risovi dinarske i bavarske populacije primarno love parnoprstaše (KROFEL i sur, 2011., BELOTTI i sur., 2013.), dok se risovi u sjevernoj Anatoliji prvenstveno hrane lagomorfima te sukladno tome snažno prate sezonske aktivnosti zečeva, unatoč postojanju stabilne populacije srna (SOYUMERT i sur., 2019.).

Rezultati ovog doktorskog rada ukazuju na važnost utjecaja aktivnosti primarnih lokalnih plijenskih vrsta u oblikovanju sezonskih aktivnosti risa, čime se doprinosi boljem razumijevanju odnosa između euroazijskog risa i njegovog plijena.

6.7. Sezonske aktivnosti srne

Rezultati doktorskog rada pokazuju dominantni obrazac aktivnosti srne u krepuskularno razdoblje te tijekom dana kroz sve sezone, uz zabilježene značajne razlike između aktivnosti tijekom zime i ljeta te proljeća i jeseni. Tijekom ljeta zabilježen je izraziti porast razine aktivnosti u vrijeme izlaska Sunca, nakon čega tijekom dana naglo opada dok je drugi, niži vrhunac aktivnosti, zabilježen u vrijeme zalaska Sunca. Mnoga istraživanja aktivnosti životinja navode kako tijekom visokih temperatura životinje mogu smanjiti aktivnost tijekom dana (SCHEIBE i sur., 2009.) te povećati aktivnost u krepuskularno ili noćno razdoblje (BEIER i MCCULLOUGH, 1990.; BERGER i sur., 2002.; PITA i sur., 2011.). Tako je primjerice REUSCH (2014.) ustanovio kako aktivnost srne brzo opada pri temperaturama iznad 17°C. Takva metoda izbjegavanja visokih temperatura mogla bi objasniti zašto se aktivnost srna tijekom ljeta izrazito povećava u vrijeme izlaska Sunca nakon čega tijekom dana opada.

S druge strane, zimi je, uz bimodalni obrazac aktivnosti s vrhuncima u krepuskularno razdoblje, vidljiv i treći, manji, porast aktivnosti tijekom razdoblja dana. Takav nalaz je sukladan rezultatima REUSCH (2014.) koji navodi da bi razlog tomu mogao biti taj da srne zimi na niže temperature reagiraju povećanom aktivnošću u najtoplijem dijelu dana (BEIER i MCCULLOUGH, 1990.) kako bi smanjile potrebu za metaboličkom proizvodnjom topline. KILPATRICK (2003.) je također već pružio takve dokaze o ulozi termoregulacijskih utrošaka energije u odlukama životinja o potrazi za hranom - ako je temperatura okoline ispod donje kritične vrijednosti životinje, tada potraga za hranom traje dulje tijekom razdoblja dana (kada je Sunce iznad horizonta) čime se smanjuje utrošak energije na održavanje tjelesne temperature (KILPATRICK, 2003.).

Izmjene između razdoblja aktivnosti i odmora preživača tijekom 24 sata uvelike su oblikovane fiziologijom probavnog sustava, točnije dinamikom između potrage za hranom i preživanja (TURNER, 1978.; CEDERLUND, 1981.), što ovisi o dostupnosti hrane te razlikama u kvaliteti i probavljivosti dostupne hrane između sezona (ABBAS i sur., 2013.; KERLEY i sur., 2010.). Primjerice, na sjevernom dijelu europskog kontinenta utvrđena je korelacija između duljine neaktivnih razdoblja sa sezonskim izmjenama u prehrani (Švedska, CEDERLUND, 1981., 1989.; Danska, JEPPESEN, 1989.), pa je tako tijekom zime zabilježen značajan pad razine aktivnosti srne (Švedska, CEDERLUND, 1981., 1989.; Danska, JEPPESEN, 1989.). Suprotno tome, istraživanja populacija srna na području istočnog

Mediterrana (WALLACH i sur., 2010.) te sjeveroistočnih Apenina (PAGON i sur., 2013.) zabilježili su slične ukupne razine aktivnosti između ljeta i zime. Autori navode kako bi takav rezultat mogao sugerirati da srna tijekom zime na ovim područjima istraživanja može naći dovoljno kvalitetne hrane, zbog čega ne smanjuje aktivnost uslijed produljenog vremena preživljanja slabije probavljivog zimskog brsta (PERZANOWSKI, 1978.).

Osim toga, na aktivnost preživača kao što je srna često istovremeno utječe niz različitih čimbenika, uključujući reproduktivni status, razinu percipiranog rizika od čovjeka i predatora te kvaliteta staništa (BERGER i sur., 2002.; BERGMAN i sur., 2001.; PITA i sur., 2011.; SCHEIBE i sur., 2009.). Utjecaj ovih kumulativnih čimbenika može značajno modificirati cirkadijalni ritam životinja (MUNOZ-DELGADO i sur., 2004.; SCHEIBE i sur., 2009.; SIGNER i sur., 2011.; TURBILL i sur., 2011.) zbog čega bi u budućnim istraživanjima bilo korisno istražiti interakcije između utjecaja više okolišnih i ekoloških čimbenika kao i periodičnosti dnevne i sezonske aktivnosti u odnosu na izmjene u dostupnosti i sastavu prehrane preživača tijekom sezona (SCHEIBE i sur., 2009.).

7. ZAKLJUČCI

1. Diskretizacijom događaja na 10 minuta dolazi do ukupno većeg gubitka podataka kod plijenskih vrsta (u odnosu na predatorske vrste), a najveći gubitak je zabilježen na solištima i pojilištima.
2. Obrasci aktivnosti risa se visoko preklapaju s aktivnostima vuka i smeđeg medvjeda, dok im se najviše razine aktivnosti tijekom noći i dana primjetno razlikuju.
3. Na lokacijama s povećanom razinom aktivnosti čovjeka, ris ne mijenja značajno obrazac aktivnosti, no primjetno povećava razinu aktivnosti tijekom razdoblja noći, kada je aktivnost čovjeka izrazito niska.
4. U dugoročnom istraživanju aktivnosti životinja način izražavanja podataka o vremenu (u satima u odnosu na vrijeme izraženo prema položaju Sunca) dovodi do značajnih razlika u prikazu aktivnosti kod jelena običnog, srne, smeđeg medvjeda te čovjeka. U istraživanju sezonskih aktivnosti (setovi podataka od 3 mjeseca), transformacijom podataka o vremenu konzistentno su zabilježene značajne razlike u razinama aktivnosti svih triju vrsta parnoprstaša tijekom proljeća, dok kod predatorskih vrsta takav utjecaj nije zabilježen.
5. Na području Hrvatske, obrasci i vrhunci aktivnosti risa i jelena običnog se značajno preklapaju, dok se obrazac aktivnosti risa značajno razlikuje od aktivnosti srne i divokoze. Suprotno tome, najviše razine aktivnosti risa preklapaju su se s vrhuncima aktivnosti svih triju plijenskih vrsta tijekom cijele godine.
6. Tijekom cijele godine, ris pokazuje bimodalni obrazac aktivnosti koji dominira u krepuskularnom razdoblju te tijekom noći, sa statistički značajnim razlikama između razina aktivnosti tijekom zime i ljeta.
7. Srna tijekom cijele godine ima izražen bimodalni obrazac aktivnosti koji dominira u krepuskularnom razdoblju te tijekom dana, sa statistički značajnim razlikama između aktivnosti tijekom zime i ljeta te proljeća i jeseni.

8. LITERATURA

- ABBAS, F., D. PICOT, J. MERLET, B. CARGNELUTTI, B. LOURTET, J.M. ANGIBAULT, T. DAUFRESNE, S. AULAGNIER, H. VERHEYDEN (2012): A typical browser, the roe deer, may consume substantial quantities of grasses in open landscapes. *Eur. J. Wildl. Res.* 59.
- ADAMCZEWSKI J.Z, P.F. FLOOD, A. GUNN (1997): Seasonal patterns in body composition and reproduction of female muskoxen (*Ovibos moschatus*). *J. Zool.* 241, 245-269.
- AGAFONKIN, V., B. THIEURMEL (2018): Suncalc: Compute sun position, sunlight phases, moon position and lunar phase (Version 0.4). Retrieved from <https://CRAN.R-project.org/package=suncalc>
- AITKEN, R. J. (1981): Aspects of delayed implantation in the roe deer (*Capreolus capreolus*). *J. Reprod. Fertil. [Suppl]* 29, 83-95.
- ALE, S. B., J. S. BROWN (2009): Prey behavior leads to predator: a case study of the Himalayan tahr and the snow leopard in Sagarmatha (Mt. Everest) National Park, Nepal. *Isr. J. Ecol. Evol.* 55, 315-327.
- ALLEN, M., L. HOČEVAR, M. DE GROOT, M. KROFEL (2017): Where to leave a message? The selection and adaptive significance of scent-marking sites for Eurasian lynx. *Behav. Ecol. Sociobiol.* 71, 136.
- ALTMANN, J. (1974): Observational sampling methods. *Anim. Behav.* 49, 227-266.
- ANDERSEN R., P. DUNCAN, J.D.C. LINNELL (1998): The European roe deer: the biology of success. Scandinavian University Press, Oslo. 161-188.
- ANDREOLI E., C. RONCORONI, F. GUSMEROLI, G. DELLA MARIANNA, G. GIACOMETTI, M. HEROLDOVÁ, S. BARBIERI, S. MATTIELLO (2016): Feeding ecology of alpine chamois living in sympatry with other ruminant species. *Wildl. Biol.* 22, 78-85.
- ANONIMNO (2024): Plan upravljanja risom (*Lynx lynx*) s akcijskim planom, Ministarstvo gospodarstva i održivog razvoja <https://mingo.gov.hr/UserDocsImages/UPRAVA%20ZA%20ZA%C5%A0TITU%20PRIRODE/Stogo%20za%C5%A1ti%C4>

%87ene%20vrste/Odluka%20i%20Plan%20upravljanja%20risom%20s%20akcijskim%20planom.pdf

RÜEGG, A.B., S. E. ULBRICH (2023): Review: Embryonic diapause in the European roe deer - slowed, but not stopped. *Animal* 17, 1751-7311.

APOLLONIO, M., ANDERSEN, R., PUTMAN, R. (2010): *European Ungulates and Their Management in the 21st Century*. Cambridge University Press, Cambridge, UK.

ARNOLD, W., T. RUF, S. REIMOSER, F. TATARUCH, K. ONDERSCHEKA, F. SCHOBER (2004): Nocturnal hypometabolism as an overwintering strategy of red deer (*Cervus elaphus*). *Am. J. Physiol. Regul. Integr. Comp. Physiol.* 286, 174-181.

ASA, C. S., L.D. MECH (1995): A review of the sensory organs in wolves and their importance to life history. U: *Ecology and conservation of wolves in a changing world* (Carbyn, L. N., S. H. Fritts, D. R. Seip ur.). Canadian circumpolar institute, Alberta, Occasional publication 35, 287-292.

ASCHOFF, J. (1954): Zeitgeber der tierischen Tagesperiodik. *Naturwissenschaften* 41, 49-56.

ASHER, G., U. SCHIBLER (2011): Crosstalk between components of circadian and metabolic cycles in mammals. *Cell Metab.* 13, 125-137.

AZAROV, V. I., N. G. SHUBIN (2003): The central-siberian part of the area: the western siberia. U: *The Lynx: Regional Features of Ecology*. (Matyushkin, YE. N., M.A. Vaisfeld, ur.), Use and Protection, Moscow-Nauka, 249-282.

BALEIÖIS, R., P. BLUZMA, L. BALČIAUSKAS (2003): *Lietuvos kanopiniai ūvėrys*. Akstis, Vilnius, Litva.

BALLARD, W. B., L. N. CARBYN, D. W. SMITH (2003): Wolf interactions with non-prey. U: *Wolves: Ecology, Behavior and Conservation* (Mech, L.D., Boitani, L., ur.), The University of Chicago Press: Chicago, IL, SAD, 259–271.

BAO, W. (2010): Eurasian lynx in China - present status and conservation challenges. *Cat News Special Issue* 5, 22-25.

- BARANCEKOVA M, J. KROJEROVÁ-PROKESOVÁ, P. SUSTR, M. HEURICH (2009): Annual changes in roe deer (*Capreolus capreolus* L.) diet in the Bohemian Forest, Czech Republic/Germany. Eur. J. Wildl. Res. 53, 285-292.
- BARRUETO, M., A. T. FORD, A. P. CLEVENGER (2014): Anthropogenic effects on activity patterns of wildlife at crossing structures. Ecosphere 5, 19.
- BASILLE, M., I. HERFINDAL, H. SANTIN-JANIN, J.D. LINNELL, J. ODDEN, R. ANDERSEN, K.A. HØGDA, J.M. GAILLARD (2009): What shapes Eurasian lynx distribution in human dominated landscapes: selecting prey or avoiding people? Ecography 32, 683-691.
- BAUMANN M, C. BABOTAI, J. SCHIBLER (2005): Native or naturalized? Validating Alpine chamois habitat models with archeozoological data. Ecol. Appl. 15, 1096-1110.
- BEIER P, D. R. MCCULLOUGH (1990): Factors influencing white- tailed deer activity patterns and habitat use. Wildl. Monogr. 109, 1-51.
- BELE B., R. ČERNE, N. FABIJANIĆ, U. FLEŽAR, P. GRAF, N. JANKOVIČ, J. JAVORNIK, M. KONEC, M. KROFEL, B. LAVRIČ, A. MOLINARI-JOBIN, P. MOLINARI, V. ORAŽEM, E. PAZHENKOVA, H. POTOČNIK, A. ROT, G. SIMČIČ, SINDIČIĆ M., SKRBINŠEK T. (2022): Common Guidelines For Dinaric - Se Alpine Population - Level Lynx Management, 56. [https://www.lifelynx.eu/wp-content /uploads/2022/05/A.5_Common-guidelines-for-Dinaric-SE-Alpine-population-level-lynx-management.pdf](https://www.lifelynx.eu/wp-content/uploads/2022/05/A.5_Common-guidelines-for-Dinaric-SE-Alpine-population-level-lynx-management.pdf)
- BELOTTI, E., Y. J. CERVEN, P. SUSTR, J. KREISINGER, G. GAIBANI, L. BUFKA (2013): Foraging sites of Eurasian lynx *Lynx lynx*: relative importance of microhabitat and prey occurrence. Wildl. Biol. 19, 188-201.
- BELOTTI, E., M. HEURICH, J. KREISINGER, P. SUSTR, L. BUFKA (2012): Influence of tourism and traffic on the Eurasian lynx hunting activity and daily movements. Anim. Biodivers. Conserv. 35, 235-246.
- BELTRAN. J. (1988): Ecología y conducta espacio-temporal del lince ibérico, *Lynx pardina* Temminck, 1824, en el Parque Nacional de Donana. Doktorski rad. University of Seville. Sevilla, Španjolska. (na španjolskom).

- BELTRAN, J. F., M. DELIBES (1994): Environmental determinants of circadian activity of free-ranging Iberian lynxes. *J. Mammal.* 75, 382-393.
- BENHAIEM, S., M. DELON, B. LOURTET, B. CARGNELUTTI, S. AULAGNIER, A.J.M. HEWISON, N. MORELLET, H. VERHEY- DEN (2008): Hunting increases vigilance levels in roe deer and modifies feeding site selection. *Anim. Behav.* 76, 611-618.
- BENNIE, J. J., J. P. DUFFY., R. INGER, K. J. GASTON (2014): Biogeography of time partitioning in mammals. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 111, 13727-13732.
- BERGER, A., K. M. SCHEIBE, A. BRELURUT, F. SCHOBBER, W. J. STREICH (2002): Seasonal variation of diurnal and ultradian rhythms in red deer. *Biol. Rhythm Res.* 33, 237-253.
- BERGMAN C.M., J.M. FRYXELL, C.C. GATES, D. FORTIN (2001): Ungulate foraging strategies: energy maximizing or time minimizing? *J. Anim. Ecol.* 70, 289-300.
- BERNHART, F. 1990: Untersuchungen des Aktivitätsmusters des Luchses *Lynx lynx* in der Schweiz: Experimente und Felduntersuchungen. - M.Sc. thesis, University of Bern. Bern, Switzerland. 78. (na njemačkom jeziku).
- BISCHOF, R., H. ALI, M. KABIR, S. HAMEED, M. NAWAZ (2013): Being the underdog: An elusive small carnivore uses space with prey and time without enemies. *J. Zool.* 40, 48.
- BISCHOFF, T.L.W., (1854): Entwicklungsgeschichte Des Rehes. Rickersche Buchhandlung, Giessen (na njemačkom jeziku).
- BLAŠKOVIĆ, S., T. GOMERČIĆ, I. TOPLIČANEC, M. SINDIČIĆ (2022): Temporal overlap of human and apex predator activity on wildlife trails and forest roads. *Fol. Zool.* 71, 22-29.
- BOITANI, L. (2000): Action plan for the conservation of wolves in Europe *Canis lupus*. Council of Europe, Strasbourg, Francuska.
- BOJARSKA, K., J. SULICH, S. BACHMANN, H. OKARMA, J. THEUERKAUF, R. GULA (2020): Opportunity and peril: how wolves use a dense network of forest roads. *Mamm. Biol.* 100, 203-211.

- BONGI, P., S. CIUTI, S. GRIGNOLIO, M. DEL FRATE, S. SIMI, D. GANDELLI, M. APOLLONIO (2008): Anti-predator behaviour space use and habitat selection in female roe deer during the fawning season in a wolf area. *J. Zool.* 276, 242-251.
- BONNOT, N. C., O. COURIOT, A. BERGER, F. CAGNACCI, S. CIUTI, J. E. DE GROEVE, B. GEHR, M. HEURICH, P. KJELLANDER, M. KRÖSCHEL, N. MORELLET, L. SÖNNICHSEN, A. J. M. HEWISON (2020): Fear of the dark? Contrasting impacts of humans versus lynx on diel activity of roe deer across Europe. *J. Anim. Ecol.* 89, 132-145.
- BORER, E.T., C.J. BRIGGS, R.D. HOLT (2007): Predators, parasitoids, and pathogens: a cross- cutting examination of intraguild predation theory. *Ecology* 88, 2681-2688.
- BOULOS, Z., M.M. MACCHI (2005): Season- and latitude-dependent effects of simulated twilights on circadian entrainment. *J. Biol. Rhythms.* 20, 132-144.
- BOULOS, Z., M. MACCHI, M., M. TERMAN (1996): Twilight transitions promote circadian entrainment to lengthening light-dark cycles. *Am. J. Physiol. Regul. Integr. Comp. Physiol.* 271, 813-818.
- BOYER-ONTL, K. M., J. D. PRUETZ (2014): Giving the Forest Eyes: The Benefits of Using Camera Traps to Study Unhabituated Chimpanzees (*Pan troglodytes verus*) in Southeastern Senegal. *Int. J. Primatol.* 35, 881-894.
- BREITENMOSER U, C. BREITENMOSER-WURSTEN (2008): Der Luchs - Ein Großraubtier in der Kulturlandschaft. Wohlen/Bern: Salm Verlag. 537.
- BREITENMOSER, U., H. HALLER (1993): Patterns of predation by reintroduced European lynx in the Swiss Alps. *JWM* 57, 135-144.
- BREITENMOSER, U., C. BREITENMOSER - WURSTEN, S. CAPT (1998): Re-introduction and present status of lynx (*Lynx lynx*) in Switzerland. *Hystrix* 10, 17-30.
- BREITENMOSER, U., C. BREITENMOSER-WÜRSTEN, H. OKARMA, T. KAPHEGYI, U. KAPHEGYI-WALLMANN, U. M. MÜLLER (2000): Action plan for the conservation of the Eurasian lynx in Europe (*Lynx lynx*), Council of Europe Publishing. Strasbourg Cedex

- BRIDGES A.S., J.A. FOX, C. OLFENBUTTEL, M.R. VAUGHAN (2004): American black bear denning behavior: observations and applications using remote photography. *Wildl. Soc. Bull.* 32, 188-193.
- BRIVIO, F., C. BERTOLUCCI, F. TETTAMANTI, F. FILLI, M. APOLLONIO, S. GRIGNOLIO (2016): The weather dictates the rhythms: Alpine chamois activity is well adapted to ecological conditions. *Behav. Ecol. Sociobiol.* 70, 1291-1304.
- BROEKHUIS, F., G. COZZI, M. VALEIX, J. MCNUTT, D. MACDONALD (2013): Risk avoidance in sympatric large carnivores: Reactive or predictive? *J. Anim. Ecol.* 82, 8.
- BROELL, F., A.D. TAYLOR, M.K. LITVAK, A. BEZANSON, C.T. TAGGART (2016): Post-tagging behaviour and habitat use in shortnose sturgeon measured with high- frequency accelerometer and PSATs. *Anim. biotelemetry.* 4, 1.
- BU, H., F. WANG, W. J. MCSHEA, Z. LU, D. WANG, S. LI (2016): Spatial co-occurrence and activity patterns of mesocarnivores in the temperate forests of Southwest China. *PloS one*, e0164271, 11.
- BURTON, A. C., C. BEIRNE, K. M. GAYNOR, C. SUN, A. GRANADOS, M. L. ALLEN, J. M. ALSTON, G. C. ALVARENGA, F. S. Á. CALDERÓN, Z. AMIR, C. ANHALT-DEPIES, C. APPEL, S. ARROYO-ARCE, G. BALME, A. BAR-MASSADA, D. BARCELOS, E. BARR, E. L. BARTHELMESS, C. BARUZZI, S. M. BASAK, N. BEENAERTS, J. BELMAKER, O. BELOVA, B. BEZAREVIĆ, T. BIRD, D. A. BOGAN, N. BOGDANOVIĆ, A. BOYCE, M. BOYCE, L. R. BRANDT, J. F. BRODIE, J. BROOKE, J. W. BUBNICKI, F. CAGNACCI, B. S. CARR, J. CARVALHO, J. CASAER, R. ČERNE, R. CHEN, E. CHOW, M. CHURSKI, C. CINCOTTA, D. ĆIROVIĆ, T. D. COATES, J. COMPTON, C. COON, M. V. COVE, A. P. CRUPI, S. D. FARRA, A. K. DARRACQ, M. DAVIS, K. DAWE, V. DE WAELE, E. DESCALZO, T. A. DISERENS, J. DRIMAJ, M. DUĽA, S. ELLIS-FELEGE, C. ELLISON, A. ERTÜRK, J. FANTLE-LEPCZYK, J. FAVREAU, M. FENNELL, P. FERRERAS, F. FERRETTI, C. FIDERER, L. FINNEGAN, J. T. FISHER, M. C. FISHER-REID, E. A. FLAHERTY, U. FLEŽAR, J. FLOUSEK, J. M. FOCA, A. FORD, B. FRANZETTI, S. FREY, S. FRITTS, Š. FRÝBOVÁ, B. FURNAS, B. GERBER, H. M. GEYLE, D. G. GIMÉNEZ, A. J. GIORDANO, T. GOMERCIC, M. E. GOMPPER, D. M. GRÄBIN, M. GRAY, A. GREEN, R. HAGEN, R. HAGEN, S. HAMMERICH, C. HANEKOM, C. HANSEN, S.

HASSTEDT, M. HEBBLEWHITE, M. HEURICH, T. R. HOFMEESTER, T. HUBBARD, D. JACHOWSKI, P. A. JANSEN, K. J. JASPERS, A. JENSEN, M. JORDAN, M. C. KAIZER, M. J. KELLY, M. T. KOHL, S. KRAMER-SCHADT, M. KROFEL, A. KRUG, K. M. KUHN, D. P. J. KUIJPER, E. K. KUPREWICZ, J. KUSAK, M. KUTAL, D. J. R. LAFFERTY, S. LAROSE, M. LASHLEY, R. LATHROP, T. E. LEE, C. LEPCZYK, D. B. LESMEISTER, A. LICOPPE, M. LINNELL, J. LOCH, R. LONG, R. C. LONSINGER, J. LOUVRIER, M. S. LUSKIN, P. MACKAY, S. MAHER, B. MANET, G. K. H. MANN, A. J. MARSHALL, D. MASON, Z. MCDONALD, T. MCKAY, W. J. MCSHEA, M. MECHLER, C. MIAUD, J. J. MILLSPAUGH, C. M. MONTEZA-MORENO, D. MOREIRA-ARCE, K. MULLEN, C. NAGY, R. NAIDOO, I. NAMIR, C. NELSON, B. O'NEILL, M. T. O'MARA, V. OBEROSLER, C. OSORIO, F. OSSI, P. PALENCIA, K. PEARSON, L. PEDROTTI, C. E. PEKINS, M. PENDERGAST, F. F. PINHO, R. PLHAL, X. POCASANGRE-ORELLANA, M. PRICE, M. PROCKO, M. D. PROCTOR, E. E. RAMALHO, N. RANC, S. RELJIC, K. REMINE, M. RENTZ, R. REVORD, R. REYNALHURTADO, D. RISCH, E. G. RITCHIE, A. ROMERO, C. ROTA, F. ROVERO, H. ROWE, C. RUTZ, M. SALVATORI, D. SANDOW, C. M. SCHALK, J. SCHERGER, J. SCHIPPER, D. G. SCOGNAMILLO, Ç. H. ŞEKERCIOĞLU, P. SEMENZATO, J. SEVIN, H. SHAMON, C. SHIER, E. A. SILVA-RODRÍGUEZ, M. SINDICIC, L. K. SMYTH, A. SOYUMERT, T. SPRAGUE, C. C. ST. CLAIR, J. STENGLEIN, P. A. STEPHENS, K. M. STĘPNIAK, M. STEVENS, C. STEVENSON, B. TERNYIK, I. THOMSON, R. T. TORRES, J. TREMBLAY, T. URRUTIA, J. P. VACHER, D. VISSCHER, S. L. WEBB, J. WEBER, K. C. B. WEISS, L. S. WHIPPLE, C. A. WHITTIER, J. WHITTINGTON, I. WIERZBOWSKA, M. WIKELSKI, J. WILLIAMSON, C. C. WILMERS, T. WINDLE, H. U. WITTMER, Y. ZHARIKOV, A. ZORN, R. KAYS (2024): Mammal responses to global changes in human activity vary by trophic group and landscape. *Nat. Ecol. Evol.* 8, 10.

BUZAN, E., H. POTOČNIK, B. POKORNY, S. POTUŠEK, L. IACOLINA, U. GERIC, F. URZI, I. KOS (2023): Molecular analysis of scats revealed diet and prey choice of grey wolves and Eurasian lynx in the contact zone between the Dinaric Mountains and the Alps. *Authorea Prepr.* 21, 1-15.

CARNEVALI, L., S. LOVARI, A. MONACO, E. MORI (2016): Nocturnal activity of a “diurnal” species, the northern chamois, in a predator-free Alpine area. *Behav. Processes* 126, 101-107.

- CAROTHERS, J.H., F.M. JAKSIĆ (1984): Time as a Niche Difference: The Role of Interference Competition. *Oikos* 42, 403.
- CARRANZA, J., S. J. HIDALGO DE TRUCIOS, R. MEDINA, J. VALENCIA, J. DELGADO (1991): Space use by red deer in a Mediterranean ecosystem as determined by radio-tracking. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 30, 363-371.
- CARUSO, N., A. E. J. VALENZUELA, C. L. BURDETT, E. M. LUENGOS VIDAL, D. BIROCHIO, E. B. CASANAVE (2018): Summer habitat use and activity patterns of wild boar *Sus scrofa* in rangelands of central Argentina. *PLoS One* 13, 1-15.
- CASTILLO-RUIZ, A., M. J. PAUL, W. J. SCHWARTZ (2012): In search of a temporal niche: Social interactions. Vol. 199 *Prog. Brain Res.* Elsevier B.V.
- CEDERLUND G. (1981): Daily and seasonal activity pattern of roe deer in a boreal habitat. *Viltrevy Swedish. Wildl. Res.* 11, 315-53.
- CEDERLUND, G. (1989): Activity patterns in moose and roe deer in a north boreal forest. *Ecography (Cop.)* 12, 39-45.
- CHAVEZ, A. S., E. M. GESE (2006): Landscape use and movements of wolves in relation to livestock in a wild- land-agriculture matrix. *J. Wildl. Manag.* 70, 1079-1086.
- CHEN, M. T., M. E. TEWES, J. J. PEI, L. I. GRASSMAN (2009): Activity patterns and habitat use of sympatric small carnivores in southern Taiwan. *Mammalia* 73, 20-26.
- CHIRICHELLA, R., A. MUSTONI, M. APOLLONIO (2015): Ecological drivers of group size in female Alpine chamois, *Rupicapra rupicapra*. *Mammalia* 79, 375-383.
- CICNJAK, L., D. HUBER, H. U. ROTH, R. L. RUFF, Z. VINOVRSKI (1987): Food Habits of Brown Bears in Plitvice Lakes National Park, Yugoslavia. *Bears Their Biol. Manag.* 7, 221.
- CIPOLLETTA, C (2011): The Long Road to Habituation: A Window into the Lives of Gorillas. U: Among African apes: Stories and photos from the field (Robbins, M. D., C. Boesch, ur.), University of California Press. Berkeley CA, SAD.

- CIUCCI P., L. BOITANI, F. FRANCISCI, G. ANDREOLI (1997): Home range, activity and movements of a wolf pack in central Italy. *J. Zool. Lond.* 243, 803-819.
- CIUCCI, P., E. TOSONI, G. DI DOMENICO, F. QUATTROCIOCCHI, L. BOITANI (2014): Seasonal and annual variation in the food habits of Apennine brown bears, central Italy. *J. Mammal.* 95, 572-586.
- CIUCCI, P., H. SAND, M. ÅKESSON, J. KUSAK (2024): Wolf *Canis lupus* Linnaeus, 1758. U: K. Hackländer, F.E. Zachos (ur.), Handbook of the Mammals of Europe. Cham: Springer International Publishing. 1–62.
- CLEVENGER, A.P., F.J. PURROY, M.R. PELTON (1990): Movement and activity patterns of a European brown bear in the Cantabrian Mountains, Spain. *Int. Conf. Bear Res. Mgmt.* 8, 205-211.
- CLINCHY, M., L.Y. ZANETTE, D. ROBERTS, J.P. SURACI, C.D. BUESCHING, C. NEWMAN, D.W. MACDONALD (2016): Fear of the human “super predator” far exceeds the fear of large carnivores in a model mesocarnivore. *Behav. Ecol.* 27, 1826-1832.
- CLUTTON-BROCK, T. H., T. COULSON, J. M. MILNER (2004): Red deer stocks in the Highlands of Scotland. *Nature* 429, 261-262.
- COHEN, J.E. (2003): Human population: the next half century. *Science* 302, 1172-1175.
- CONDE, D. A., F. COLCHERO, H. ZARZA, N.L. JR. CHRISTENSEN., J.O. SEXTON, C. MANTEROLA, G. CEBALLOS (2010): Sex matters: Modeling male and female habitat differences for jaguar conservation. *Biol. Conserv.* 143, 1980-1988.
- COPPE, J., F. BURGHARDT, R. HAGEN, R. SUCHANT, V. BRAUNISCH (2017): Human recreation affects spatio-temporal habitat use patterns in red deer (*Cervus elaphus*). *PLoS One* 12, 1-19.
- CORLATTI L, A. BONARDI, N. BRAGALANTI, L. PEDROTTI (2019): Long-term dynamics of Alpine ungulates suggest interspecific competition. *J. Zool.* 309, 241-249.
- CORLATTI L, J. HERRERO, F. FERRETTI, P. ANDERWALD, R. GARCÍA-GONZÁLEZ, S. HAMMER, C. NORES, L. ROSSI, S. LOVARI (2020): Chamois, *Rupicapra* spp.

- (Blainville, 1816). U: Handbook of the mammals of Europe-terrestrial Cetartiodactyla (Zachos F, L. Corlatti, ur.), Springer Nature, Heidelberg, Njemačka. 1-51.
- CORLATTI, L., J. HERRERO, F. FERRETTI, P. ANDERWALD, R. GARCÍA-GONZÁLEZ, S. E. HAMMER, C. NORES, L. ROSSI, S. LOVARI (2019): Northern Chamois *Rupicapra rupicapra* (Linnaeus, 1758) and Southern Chamois *Rupicapra pyrenaica* Bonaparte, 1845.
- CÔTÉ, S. D., T. P. ROONEY, J.P. TREMBLEY, C. DUSSAULT, D.M. WALLER (2004): Ecological impacts of deer overabundance. *Annu. Rev. Ecol. Syst.* 35, 113-147.
- CRAWSHAW JR., P. G., H. B. QUIGLEY (1991): Jaguar spacing, activity and habitat use in a seasonally flooded environment in Brazil. *J. Zool.* 223, 357-370.
- ČERNE, R., M. KROFEL (2023): Surveillance of the reinforcement process of the Dinaric - SE Alpine lynx population in the lynx-monitoring year 2021-2022. Technical report. Ljubljana, 73.
- DAAN, S, J. ASCHOFF (2001): The entrainment of circadian systems. *Circadian Clocks: Springer.* 7-43.
- DAAN, S., J. ASCHOFF (1975): Circadian rhythms of locomotor activity in captive birds and mammals: Their variations with season and latitude. *Oecologia* 18, 269-316.
- DAAN, S., J. ASCHOFF (1982.): Circadian contributions to survival. U: *Vertebrate circadian systems* (Aschoff, J., S. Daan, G. A. Groos, ur.). Springer Berlin, Heidelberg, Germany, 305-321.
- DANILKIN, A., A. J. M. HEWISON (1996): Behavioural ecology of Siberian and European roe deer. Chapman & Hall. London, Engleska. 277.
- DANILKIN, A. A, YU. A. DARMAN, A. N. MINAYEV (1992): The seasonal migrations of a Siberian Roe deer population. *Revue d'Écologie* 47, 231-243.
- DANILOV, P. I., O. S. RUSAKOV, I. L. TOMANOV, V. V. BELKIN, O. A. MAKAROVA (2003): The East European and caucasian parts of lynx range: the North and North-West of Russia. U: *The Lynx: Regional Features of Ecology* (Matyushkin, YE.N., Vaisfeld, M.A., ur.), Use and Protection, Moscow-Nauka. 49-82.

- DARABUŠ, S., I. Z. JAKELIĆ (2002): Osnove lovstva, 2. izdanje, Hrvatski lovački savez, Zagreb. 428.
- DARABUŠ, S., I. Z. JAKELIĆ (1996): Osnove lovstva, Hrvatski lovački savez, Zagreb. Hrvatska. 54-62.
- DAVIDSON, A. J., M. MENAKER (2003): Birds of a feather clock together-sometimes: social synchronization of circadian rhythms. *Current opinion in neurobiology* 13, 765-769.
- DAVIES, R. A. G., J. D. SKINNER (1986): Temporal activity patterns of springbok *Antidorcas marsupialis* and merino sheep *Ovis aries* during a Karoo drought. *Transactions of the Royal society of South Africa* 46, 133- 147.
- DAVIS, C. L., L. N. RICH, Z. J. FARRIS, M.J. KELLY, M. S. DI BITETTI, Y. D. BLANCO, S. ALBANESI, M. S. FARHADINIA, N. GHOLIKHANI, S. HAMEL, B. J. HARMSSEN, C. WULTSCH, M. D. KANE, A. J. MARTINS Q, MURPHY, R. STEENWEG, S. SUNARTO, A. TAKTEHRANI, K. THAPA, J. M. TUCKER, J. WHITTINGTON, F. A. WIDODO, N. G. YOCCOZ, D. MILLER (2018): Ecological correlates of the spatial co-occurrence of sympatric mammalian carnivores worldwide. *Ecol. Lett.* 21, 1401-1412.
- DE ALMEIDA JÁCOMO, A. T., L. SILVEIRA, J. A. F. DINIZ-FILHO (2004): Niche separation between the maned wolf (*Chrysocyon brachyurus*), the crab-eating fox (*Dusicyon thous*) and the hoary fox (*Dusicyon vetulus*) in central Brazil, *J. Zool.* 262, 99-106.
- DE SATGÉ J., K. TEICHMAN, B. CRISTESCU (2017): Competition and coexistence in a small carnivore guild. *Oecologia* 184, 873-884.
- DI BITETTI, M. S., A. PAVIOLO, C. DE ANGELO (2006): Density, habitat use and activity patterns of ocelots (*Leopardus pardalis*) in the Atlantic Forest of Misiones, Argentina. *J. Zool.* 270, 153-163.
- DI BITETTI, M. S., Y. E. DI BLANCO, J. A. PEREIRA, A. PAVIOLO, I. J. PÉREZ (2009): Time partitioning favors the coexistence of sympatric crab-eating foxes (*Cerdocyon thous*) and Pampas foxes (*Lycalopex gymnocercus*). *J. Mammal.* 90, 479-490.

- DI DOMENICO, G., E. TOSONI, L. BOITANI, P. CIUCCI (2012): Efficiency of scat-analysis lab procedures for bear dietary studies: The case of the Apennine brown bear. *Mamm. Biol.* 77, 190-195.
- DIBNER, C., U. SCHIBLER, U. ALBRECHT (2010): The mammalian circadian timing system: organization and coordination of central and peripheral clocks. *Annu. Rev. Physiol.* 72, 517-549.
- HUBER, Đ., J. KUSAK, A. MAJIĆ-SKRBINŠEK, D. MAJNARIĆ, M. SINDIČIĆ (2008): A multidimensional approach to managing the European brown bear in Croatia. *Ursus.* 19, 22-32.
- DONADIO, E., S. W. BUSKIRK (2006): Diet, morphology, and interspecific killing in carnivora. *Am. Nat.* 167, 524-536.
- DOW, C., K. MICHEL, M. LOVE, D. BROWN (2009): Evaluation of optimal sampling interval for activity monitoring in companion dogs. *Am. J. Vet. Res.* 70, 444-448.
- DUNCAN, P., H. TIXIER, R. R. HOFMANN, M. LECHNER-DOLL (1998): Feeding strategies and the physiology of digestion in roe deer. U: *The European roe deer: The biology of success* (Andersen, U. R., P. Duncan, J. D. C. Linnell, ur.), Scandinavian University Press. Oslo, Norway. 91-116.
- EFFORD, M. G., D. K. DAWSON (2012): Occupancy in continuous habitat. *Ecosphere* 3, 1-15.
- EFFORD, M.G., D. L. BORCHERS, A. E. BYROM (2009): Density estimation by spatially explicit capture-recapture: likelihood-based methods. U: *Modeling demographic processes in marked populations.* (Thomson, D. L., E. G. COOCH, M. J. CONROY (ur.) Springer US, Boston, MA. 255-269.
- EGGERMANN, J., R. GULA, B. PIRGA, J. THEUERKAUF, H. TSUNODA, B. BRZEZOWSKA, S. ROUYS, S. RADLER (2009): Daily and seasonal variation in wolf activity in the Bieszczady Mountains, SE Poland. *Mammal. Biol.* 74, 159-163.
- ELMHAGEN, B., S. P. RUSHTON (2007): Trophic control of mesopredators in terrestrial ecosystems: top-down or bottom-up? *Ecol. Lett.* 10, 197-206.

- EMMONS, L.H. (1987): Comparative feeding ecology of felids in a neotropical rainforest. *Behav. Ecol. Sociobiol.* 20, 271-283.
- ENSING, E. P., S. CIUTI, F. A. L. M. DE WIJS, D. H. LENTFERINK, A. HOEDT, M. S. BOYCE, R. A. HUT (2014): GPS based daily activity patterns in European red deer and North American elk (*Cervus elaphus*): Indication for a weak circadian clock in ungulates. *PLoS One* 9, 12.
- ESTES, R. D. (2012): The behavior guide to African mammals: Including hoofed mammals, carnivores, primates. University of California Press.
- FANCOURT, B. A., C. E. HAWKINS, E. Z. CAMERON, M. E. JONES, S. C. NICOL (2015): Devil declines and catastrophic cascades: is mesopredator release of feral cats inhibiting recovery of the eastern quoll? *PLoS One*, 10, 25.
- FANCY, S. G., W.B. BALLARD (1995): Monitoring wolf activity by satellite. U: Ecology and conservation of wolves in a changing world (Carbyn, L. N., S. H. Fritts, D. R. Seip, ur.). Canadian circumpolar institute, Alberta, Occasional publication 35, 329-333.
- FARRIS, Z. J., B. D. GERBER, S. KARPANTY, A. MURPHY, V. ANDRIANJAKARIVELO, F. RATELOLAHY, M. J. KELLY (2015): When carnivores roam: temporal patterns and overlap among Madagascar's native and exotic carnivores. *J. Zool.* 296, 45-57.
- FEDRIANI, J. M., F. PALOMARES, M. DELIBES (1999): Niche relations among three sympatric Mediterranean carnivores. *Oecologia* 121, 138-148.
- FERGUSON, J. W. H., J. S. GALPIN, M. J. DE WET (1988.): Factors affecting the activity patterns of black-backed jackals *Canis mesomelas*. *J. Zool. (London)* 214, 55-69.
- FINKE, D. L., R. F. DENNO (2006): Spatial refuge from intraguild predation: implications for prey suppression and trophic cascades. *Oecologia* 149, 265-275.
- FLEŽAR, U., M. ARONSSON, R. ČERNE, A. PIČULIN, M. BARTOL, M. STERGAR, A. ROT, L. HOČEVAR, LAN, I. TOPLICANEC, M. SINDIČIĆ, T. GOMERČIĆ, V. SLIJEPČEVIĆ, M. KROFEL (2023): Using heterogeneous camera-trapping sites to obtain the first density estimates for the transboundary Eurasian lynx (*Lynx lynx*) population in the Dinaric Mountains. *Biodivers. Conserv.* 32, 1-18.

- FOWLER, P. A., P. A. RACEY (1988.): Overwintering strategies of the badger, *Meles meles*, at 57 N. J. Zool. 214, 635-651.
- FREY, S., J. T. FISHER, A. C. BURTON, A.C., J. P. VOLPE (2017): Investigating animal activity patterns and temporal niche partitioning using camera-trap data: challenges and opportunities. Remote Sens. Ecol. Conserv. 3, 123-132.
- FRKOVIĆ, A. (1998): Ponovo naseljavanje i ulov risa (*Lynx lynx* L.) u Županiji Primorsko-Goranskoj u razdoblju od 1974.-1996. godine. Zbornik radova Prirodoslovna istraživanja Riječkog područja, Prirodoslovni muzej Rijeka, 493-500.
- FRKOVIĆ, A. (2002): Risovica "Bela" obilježena radioogrlicom. Priroda 92, 36-40.
- FRKOVIĆ, A. (2002b) Smeđi medvjed u Primorsko-goranskoj županiji. Upravni odjel za gospodarski razvoj Primorsko- goranske županije. Rijeka. 1-60.
- FRKOVIĆ, A. (2003): Ris u Hrvatskoj. Primorsko-goranska županija, Upravni odjel za gospodarski razvoj i Lovački savez Primorsko-goranske županije. Rijeka.
- FRKOVIĆ, A. (2008): Reintrodukcija divokoze na sjeverni Velebit. Šumar. List. 132, 543-550.
- FRKOVIĆ, A., Đ. HUBER (1995): Vuk u Hrvatskoj. U: Volk ne ogroža - volk je ogrožen, (Adamič, M.; J. Černač, Đ. Huber, W. Schröder ur.). Kočevje: Društvo kočevski naravni park Strokovni posvet. 27-34. (na slovenskom)
- FULLER A., MECH L.D., COCHRANE J.F. (2003): Wolf populations dynamics. U: Mech LD, Boitani L (ur.). Wolves behaviour, ecology, and conservation. University of Chicago Press, Chicago. 161–191.
- GAYNOR, K. M., C. E. HOJNOWSKI, N. H. CARTER, J. S. BRASHARES (2018): The influence of human disturbance on wildlife nocturnality. Science 360, 1232-1235.
- GAYNOR, K. M., J. S. BROWN, A. D. MIDDLETON, M. E. POWER, J. S. BRASHARES (2019): Landscapes of Fear: Spatial Patterns of Risk Perception and Response. Trends Ecol. Evol. 34, 355-368.
- GEORGE, S.L., K.R. CROOKS (2006): Recreation and large mammal activity in an urban nature reserve. Biol. Conserv. 133, 107-117.

- GEORGII, B. W. SCHRÖDER (1983): Home ranges and activity patterns of male red deer (*Cervus elaphus* L.) in the alps. *Oecologia* 58, 238-248.
- GEORGII, B. (1981): Activity patterns of female red deer (*Cervus elaphus* L.) in the Alps. *Oecologia* 49, 127-36.
- GERARD, J. F., E. BIDEAU, M. L. MAUBLANC, P. LOISEL, C. MARCHAL (2002): Herd size in large herbivores: encoded in the individual or emergent? *Biol. Bull.* 202, 275-282.
- GERBER, B. D., S. M. KARPANTY, J. RANDRIANANTENAINA (2012): Activity patterns of carnivores in the rain forests of Madagascar: Implications for species coexistence. *J. Mammal.* 93, 667-676.
- GIGLER, D. (2020): Predator-prey relations and density estimation based on camera trap data in Bükk National park, Hungary. Diplomski rad. Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa. Lisbon, Portugal.
- GOMERČIĆ, T. (2005): Kranimetrijske i druge značajke populacije euroazijskog risa (*Lynx lynx* L.) u Hrvatskoj. Magistarski rad. Veterinarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu. Zagreb, Hrvatska.
- GOMERČIĆ, T., G. GUŽVICA, M. ĐURAS GOMERČIĆ, A. FRKOVIĆ, D. PAVLOVIĆ, J. KUSAK, M. SINDIČIĆ, Đ. HUBER (2009): Variation in teeth number, teeth and skull disorders in Eurasian lynx, *Lynx lynx* from Croatia. *Fol. Zool.* 58, 57-65.
- GOMERČIĆ, T., I. TOPLIČANEC, V. SLIJEPČEVIĆ, S. BLAŠKOVIĆ, I. SELANEC, I. BUDINSKI, J. TOMAIĆ, J. KUSAK, G. IVANOV, M. SINDIČIĆ (2021): Distribution and minimum population size of Eurasian lynx (*Lynx lynx*) in Croatia in the period 2018-2020. *Sumar. List.* 145, 525-533.
- GOMERČIĆ, T., M. ĐURAS (2002): Bela-prvi naš ris s radioodašiljačem. *Lovački vjesnik* 111, 38.
- GOMPPER, M. E., A. T. VANAK (2008): Subsidized predators, landscapes of fear and disarticulated carnivore communities, *Anim. Conserv.* 11, 13-14.

- GORDIGIANI, L., A. VIVIANO, F. BRIVIO, S. GRIGNOLIO, L. LAZZERI, A. MARCON, E. MORI (2022): Carried away by a moonlight shadow: activity of wild boar in relation to nocturnal light intensity. *Mammal Res.* 67, 39-49.
- GREEN, R. A., G. D. BEAR (1990): Seasonal cycles and daily activity patterns of rocky mountain elk. *J. Wildl. Manag.* 54, 272-279.
- GRIGNOLIO, S., F. BRIVIO, M. APOLLONIO, E. FRIGATO, F. TETTAMANTI, F. FILLI, C. BERTOLUCCI (2018): Is nocturnal activity compensatory in chamois? A study of activity in a cathemeral ungulate. *Mamm. Biol.* 93, 173-181.
- GRUBB, P. (2005.): Order Artiodactyla. U: *Mammal species of the world. A taxonomic and geographic reference*, treće izdanje (Wilson, D. E., D. M. Reeder, ur.). The Johns Hopkins University Press, Baltimore. 637-722.
- GULA, R. (2008): Wolf depredation on domestic animals in the Polish Carpathian Mountains. *J. Wildl. Manag.* 72, 283-289.
- GUNTHER, K. A. (1990): Visitor impact on grizzly bear activity in Pelican valley, Yellowstone National Park. *Int. Conf. Bear Res. Mgmt.* 8, 73-78.
- GUO, K., H. LIU, H. BAO, J. HU, S. WANG, W. ZHANG, Y. ZHAO, G. JIANG (2017): Habitat selection and their interspecific interactions for mammal assemblage in the Greater Khingan Mountains, northeastern China. *Wildl. Biol.* 1, 261.
- GUŽVICA, G. (1996): Komparativna analiza velikih fosilnih zvijeri (Carnivora) gornjeg pleistocena sjeverozapadne Hrvatske. Doktorski rad. Prirodoslovno-matematički fakultet Sveučilišta u Zagrebu. Zagreb, Hrvatska.
- HARMSSEN, B. J., R. J. FOSTER, S. C. SILVER, L. E. T. OSTRO, C. P. DONCASTER (2011): Jaguar and puma activity patterns in relation to their main prey. *Mamm. Biol.* 76, 320-324.
- HASTINGS, M. H., E. S. MAYWOOD, M. BRANCACCIO (2019): The mammalian circadian timing system and the suprachiasmatic nucleus as its pacemaker. *Biology (Basel)* 8, 1-22.
- HASWELL, P. M., J. KUSAK, K. A. JONES, M. W. HAYWARD (2020): Fear of the dark? A mesopredator mitigates large carnivore risk through nocturnality, but humans moderate the interaction. *Behav. Ecol. Sociobiol.* 74.

- HASWELL, P. M., J. KUSAK, M. W. HAYWARD (2017): Large carnivore impacts are context dependent. *Food Webs* 12, 3-13.
- HAYWARD, M.W. (2006): Prey preferences of the spotted hyaena (*Crocuta crocuta*) and degree of dietary overlap with the lion (*Panthera leo*). *J. Zool.* 270, 606-614.
- HAYWARD, M.W. R. SLOTOU (2009): Temporal partitioning of activity in large African carnivores: tests of multiple hypotheses. *S. Afr. J. Wildl.* 39, 109-125.
- HELDMAIER G, T. RUF (1992): Body temperature and metabolic rate during natural hypothermia in endotherms. *J. Comp. Physiol.* 162, 696-706.
- HENDRY, H., C. MANN (2018): Camelot - intuitive software for camera-trap data management. *Oryx* 52, 15.
- HERFINDAL, I., J. D. C. LINNELL, J. ODDEN, E. B. NILSEN, R. ANDERSEN (2005): Prey density, environmental productivity and home-range size in the Eurasian lynx (*Lynx lynx*). *J. Zool.* 265, 63-71.
- HERFINDAL, I., J. LINNELL, J. ODDEN, E. NILSEN, R. ANDERSEN (2005). Prey density, environmental productivity and home-range size in the Eurasian lynx (*Lynx lynx*). *J. Zool.* 265, 63-71.
- HERTEL, A. G., J. E. SWENSON, R. BISCHOF (2017): A case for considering individual variation in diel activity patterns. *Behav. Ecol.* 28, 1524-1531.
- HEURICH, M., K. ZEIS, H. KÜCHENHOFF, J. MÜLLER, E. BELOTTI, L. BUFKA, B. WOELFING (2016): Selective predation of a stalking predator on ungulate prey. *PLoS One* 11, 18.
- HEURICH, M., A. HILGER, H. KÜCHENHOFF, H. ANDRÉN, L. BUFKA, M. KROFEL, J. MATTISSON, J. ODDEN, J. PERSSON, G. R. RAUSET, K. SCHMIDT, J. D. C. LINNELL (2014): Activity patterns of Eurasian lynx are modulated by light regime and individual traits over a wide latitudinal range. *PLoS One* 9, 20.
- HOFMEESTER, T. R., N. H. THORSEN, J. P. G. M. CROMSIGT, J. KINDBERG, H. ANDRÉN, J. D. C. LINNELL, J. ODDEN (2021): Effects of camera-trap placement and number on detection of members of a mammalian assemblage. *Ecosphere* 12, 19.

- HUBER, Đ, H. ROTH (1993): Movements of European brown bears in Croatia. *Acta Theriol.* 38, 151-159.
- HUBER, Đ., A. BIŠĆAN, S. RELJIĆ, Z. DOMAZETOVIĆ, A. FRKOVIĆ, D. MAJNARIĆ, A. MAJIĆ-SKRBINŠEK, M. SINDIČIĆ, N. ŠPREM, M. MODRIĆ, T. ŽUGLIĆ (2019): Plan gospodarenja smeđim medvjedom (*Ursus arctos* L.) u Republici Hrvatskoj. Zagreb, Ministarstvo okoliša i energetike Republike Hrvatske; Ministarstvo poljoprivrede Republike Hrvatske. 104.
- HURLBERT, S. H. (1984): Pseudoreplication and the design of ecological field experiments. *Ecological Monographs.* 54, 187- 211.
- HUT, R. A., N. KRONFELD-SCHOR, V. VAN DER VINNE, H. DE LA IGLESIA (2012): In search of a temporal niche: environmental factors. *Prog. Brain Res.* 199, 281-304.
- HUTCHINSON, G. E. (1959): Homage to Santa Rosalia, or why are there so many kinds of animals? *Am. Nat.* 93, 145-159.
- IANNINO, E., J. D. C. LINNELL, O. DEVINEAU, J. ODDEN, J. MATTISSON, N. HORNTVEDT THORSEN (2024): Assessing the potential of camera traps for estimating activity pattern compared to collar-mounted activity sensors: a case study on Eurasian lynx (*Lynx lynx*) in south-eastern Norway. *Wildl. Biol.* e01263. 10.
- JACOBS, J. (1974): Quantitative measurement of food selection, *Oecologia.* Springer-Verlag 14, 413-417.
- JANSSEN, A., M. W. SABELIS, S. MAGALHÃES, M. MONTSERRAT, T. VAN DER HAMMEN (2007): Habitat structure affects intraguild predation. *Ecology* 88, 2713-2719.
- JAYAKODY S., A. M. SIBBALD, I. J. GORDON, X. LAMBIN (2008): Red deer *Cervus elephus* vigilance behaviour differs with habitat and type of human disturbance. *Wildl. Biol.* 14, 81-91.
- JĘDRZEJEWSKI, W., B. JĘDRZEJEWSKA, H. OKARMA, K. SCHMIDT, K. ZUB, M. MUSIANI (2000.): Prey selection and predation by wolves in Białowieża Primeval Forest, Poland. *J. Mammal.* 81, 197-212.

- JEDRZEJEWSKI, W., K. SCHMIDT, H. OKARMA, R. KOWALCZYK (2002): Movement pattern and home range use by the Eurasian lynx in Białowieża primeval forest (Poland). *Ann. Zool. Fennici*. 39, 29-41.
- JĘDRZEJEWSKI, W., M. APOLLONIO, B. JĘDRZEJEWSKA, I. KOJOLA (2011): Ungulate-large carnivore relationships in Europe. *Ungulate Manag. Eur.* 64, 284-318.
- JEPPESEN, J. L. (1989): Activity patterns of free-ranging roe deer (*Capreolus capreolus*) at Kalø. *Danish Rev. Game. Biol.* 13, 1-32.
- KACZENSKY, O., T. HUBER (1997): Čije je to djelo? Priručnik za prepoznavanje tragova predatora na žrtvi. Ministarstvo kulture Republike Hrvatske, Uprava za zaštitu kulturne i prirodne baštine, Zagreb, Hrvatska.
- KACZENSKY, P. G. CHAPRON, M. VON ARX, Đ. HUBER, H. ANDRÉN, J. LINNELL (2013): Status, Management and Distribution of Large Carnivores - Bear, Lynx, Wolf and Wolverine in Europe. Part 1. IUCN/SSC Large Carnivore Initiative for Europe.
- KACZENSKY, P., Đ. HUBER, F. KNAUER, H. ROTH, A. WAGNER, J. KUSAK (2006): Activity patterns of brown bears (*Ursus arctos*) in Slovenia and Croatia. *J. Zool.* 269, 474-485.
- GAYNOR, K. M., J. BROWN, A. D. MIDDLETON, M. E. POWER, J. S. BRASHARES (2019): Landscapes of fear: Spatial patterns of risk perception and response, *Trends in Ecology & Evolution*. 34, 355-368.
- KAMLER, J. F., A. JOHNSON, C. VONGKHAMHENG, A. BOUSA (2012): The diet, prey selection, and activity of dholes (*Cuon alpinus*) in northern Laos. *J. Mammal.* 93, 627-633.
- KAMLER, J. B. JEDRZEJEWSKA, W. JEDRZEJEWSKI (2007): Factors affecting daily ranges of red deer *Cervus elaphus* in Białowieża Primeval Forest, Poland. *Acta Theriol.* 52, 113-118.
- KARANTH, K. U., J. D. NICHOLS, N. S. KUMAR, J. E. HINES (2003): Assessing tiger population capture - recapture sampling, *Ecology*. 87, 151-175.

- KARANTH, K.U., J. D. NICHOLS, N. S. KUMAR, W. A. LINK, J. E. HINES (2004): Tigers and their prey: Predicting carnivore densities from prey abundance. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*. 101, 4854-4858.
- KAYS, R., A. W. PARSONS, M. C. BAKER, E. L. KALIES, T. FORRESTER, R. COSTELLO, C. T. ROTA, J. J. MILLSPAUGH, W. J. MCSHEA (2017): Does hunting or hiking affect wildlife communities in protected areas? *J. Appl. Ecol.* 54, 242-252.
- KAYS, R., B. KRANSTAUBER, P. JANSEN, C. CARBONE, M. ROWCLIFFE, T. FOUNTAIN, S. TILAK (2009): Camera traps as sensor networks for monitoring animal communities. *Proc. - Conf. Local Comput. Networks, LCN*, 811-818.
- KAYS, R., S. TILAK, B. KRANSTAUBER, P. A. JANSEN, C. CARBONE, M. J. ROWCLIFFE, T. FOUNTAIN, J. EGGERT, Z. HE (2010): Monitoring wild animal communities with arrays of motion sensitive camera traps. *Int. J. Res. Rev. Wireless Sensor Networks*, 1, 22.
- KERLEY, G., M. LANDMAN, S. DE BEER (2010): How do small browsers respond to resource changes? Dietary response of the Cape grysbok to clearing alien Acacias. *Funct. Ecol.* 24, 670-5.
- KILPATRICK, A. M. (2003): The impact of thermoregulatory costs on foraging behaviour: a test with American Crows (*Corvus brachyrhynchos*) and eastern grey squirrels (*Sciurus carolinensis*). *Evol. Ecol. Res.* 5, 781-6.
- KITCHENER A. C., C. H. BREITENMOSER-WÜRSTEN, E. EIZIRIK, A. GENTRY, L. WERDELIN, A. WILTING, N. YAMAGUCHI, A. V. ABRAMOV, P. CHRISTIANSEN, C. DRISCOLL, J. W. DUCKWORTH, W. JOHNSON, S. J. LUO, E. MEIJAARD, P. O'DONOGHUE, J. SANDERSON, K. SEYMOUR, M. BRUFORD, C. GROVES, M. HOFFMANN, K. NOWELL, Z. TIMMONS, S. TOBE S. (2017): A revised taxonomy of the Felidae. The final report of the Cat Classification Task Force of the IUCN/ SSC Cat Specialist Group. *Cat News Special Issue* 11, 80.
- KLINKA, D. R., T. E. REIMCHEN (2002): Nocturnal and diurnal foraging behaviour of brown bears (*Ursus arctos*) on a salmon stream in coastal British Columbia. *Can. J. Zool.* 80, 1317-1322.

- KNIGHT, R. L., K. J. GUTZWILLER (1995): Wildlife and recreationists: coexistence through management and research. Island Press. Washington D. C., USA.
- KNIGHT, J. (2009): Making wildlife viewable: Habituation and attraction. *Soc. Anim.* 17, 167-184.
- KOHL, M. T., D. R. STAHLER, M. C. METZ, J. D. FORESTER, M. J. KAUFFMAN, N. VARLEY, P. J. WHITE, D. W. SMITH, D. R. MACNULTY (2018): Diel predator activity drives a dynamic landscape of fear. *Ecol. Monogr.* 88, 638-652.
- KOLBE, J. A., J. R. SQUIRES (2007): Circadian activity patterns of Canada lynx in western Montana. *J. W. M.* 71, 1607-1611.
- KÖNIG, H. J., C. KIFFNER, S. KRAMER-SCHADT, C. FÜRST, O. KEULING, A. T. FORD (2020): Human-wildlife coexistence in a changing world. *Conserv. Biol.* 34, 786-794.
- KORITNIK, M. (1974): Še nekaj o risu. *Lovec* 67, 198-199.
- KOS, F. (1928): Ris (*Lynx lynx*) na ozemlju etnografske Slovenije. *Glasnik muzejskega društva za Slovenijo.* 1, 57-72. (na slovenskom).
- KOS, I., H. POTOČNIK, T. SKRBINŠEK; A. SKRBINŠEK MAJIĆ, M. JONOZOVIČ, M. KROFEL (2005): Ris v Sloveniji: strokovna izhodišča za varstvo in upravljanje. 2. dopolnjena izdanje, Oddelek za biologijo, Biotehniška fakulteta. Ljubljana (na slovenskom).
- KOUBEK, P., J. ZIMA (1999): *Cervus elaphus*. U: The Atlas of European Mammals (A.J. Mitchell-Jones, G., W. Amori, B. Bogdanowicz, P. J. H. Kryštufek, F. Reijnders, M. Spitzenberger, J. B. M. Stubbe, V. Thissen, V. Vohralik, J. Zima, ur.) Academic Press, London, UK, 388-389.
- KOWALCZYK, R., B. JĘDRZEJEWSKA, A. ZALEWSKI (2003): Annual and circadian activity patterns of badgers (*Meles meles*) in Białowieża Primeval Forest (eastern Poland) compared with other Palaearctic populations. *J. Biogeogr.* 30, 463-472.
- KRÄMER, A. (1969): Soziale Organisation und Sozialverhalten einer Gemspopulation (*Rupicapra rupicapra* L.) der Alpen. *Z. Tierpsychol.* 26, 890-964. (na njemačkom).

- KRATOCHVIL, J., F. VALA (1968): History of occurrence of the Lynx in Bohemia and Moravia. Acta Sc. Nat. Brno 2, 33-48.
- KREBS, C.J. (1999): Ecological Methodology. Drugo izdanje. (Cummings, B. ur.), Menlo Park, California 620.
- KROFEL, M., I. KOS (2010): Modeling potential effects of brown bear kleptoparasitism on the predation rate of Eurasian lynx. Acta Biol. Slov. 53, 47-54.
- KROFEL, M., T. SKRBINŠEK, I. KOS (2013): Use of GPS location clusters analysis to study predation, feeding, and maternal behavior of the Eurasian lynx. Ecol. Res. 28, 103-116.
- KROFEL, M., Đ. HUBER, I. KOS (2011): Diet of Eurasian lynx *Lynx lynx* in the northern Dinaric Mountains (Slovenia and Croatia). Acta Theriol. (Warsz). 56, 315-322.
- KROFEL, M., T. SKRBINŠEK, F. KLJUN, H. POTOČNIK, I. KOS (2009): The killing technique of Eurasian lynx. Belgian J. Zool. 139, 79-80.
- KROFEL, M., T. SKRBINŠEK, M. MOHOROVIĆ (2019): Using video surveillance to monitor feeding behaviour and kleptoparasitism at Eurasian lynx kill sites. Folia Zool. 68, 274-284.
- KRONFELD-SCHOR, N., G. BLOCH, W. J. SCHWARTZ (2013): Animal clocks: When science meets nature. Proc. R. Soc. B Biol. Sci. 280, 3-6.
- KRONFELD-SCHOR, N., T. DAYAN (2003): Partitioning of Time as an Ecological Resource. Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst. 34, 153-181.
- KROP-BENESCH, A. R., A. BERGER, H. HOFER, M. HEURICH (2013): Long-term measurement of roe deer (*Capreolus capreolus*) (Mammalia: Cervidae) activity using two-axis accelerometers in GPS-collars. Ital. J. Zool. 80, 69-81.
- KRYAZHIMSKIY, F. M., YE. M. MALAFEEV, L. N. DOBRINSKIY, A. YE. ENDUKIN (2003): The East European and caucasian parts of lynx range: the Middle urals. U: The Lynx: Regional Features of Ecology. Use and Protection (Matyushkin, YE. N., M. A. Vaisfeld, ur.), Moscow-Nauka 217-226.

- KUSAK, J. (2002): Conditions for life of wolves (*Canis lupus* L.) in Croatia. Doktorski rad, Biology, Faculty of Science, University of Zagreb, 1-247.
- KUSAK, J., A. M. SKRBINŠEK, đ. HUBER (2005): Home ranges, movements, and activity of wolves (*Canis lupus*) in the Dalmatian part of Dinarids, Croatia. Eur. J. Wildl. Res. 51, 254-262.
- KUSAK, J., Đ. HUBER, N. TRENC, S. DESNICA, J. JEREMIĆ (2016): Stručni priručnik za procjenu utjecaja zahvata na velike zvijeri pojedinačno te u sklopu planskih dokumenata Verzija 1.0 - primjer vjetroelektrane. 61.
- KUSAK, J. (2004.): Sivi vuk. U: Lovstvo. (Mustapić, Z. ur.). Hrvatski lovački savez, Zagreb, 130-136.
- KUSAK, J., D. HIPOLITO, D. DE ANGELIS, L. ŠVER, G. GUŽVICA (2023): Procjena parametara potrebnih za ocjenu stanja očuvanosti vuka i revizija referentnih vrijednosti. Veterinarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu. Zagreb. Hrvatska. 97.
- KVAM, T. (1990): Population biology of the European lynx (*Lynx lynx*) in Norway. Doktorski rad. University of Trondheim. Trondheim, Norway.
- KVAM, T. (1991): Reproduction in the European lynx, *Lynx lynx*. Z. Säugetierkunde 56, 146-158.
- LAMB, C. T., A. T. FORD, B. N. MCLELLAN, M. F. PROCTOR, G. MOWAT, L. CIARNIELLO, S. E. NIELSEN, S. BOUTIN (2020): The ecology of human-carnivore coexistence. Proc. Natl. Acad. Sci. 117, 17876-17883.
- LASHLEY, M. A., M. V. COVE, M. C. CHITWOOD, G. PENIDO, B. GARDNER, C. S. DEPERNO, C. E. MOORMAN (2018): Estimating wildlife activity curves: Comparison of methods and sample size. Sci. Rep. 8, 1-11.
- LASON, K. E. (2009): Zur Energetik der saisonalen Reproduktion weiblicher Europäische Mufflons (*Ovis orientalis musimon*) und Rehe (*Capreolus capreolus*). Doktorski rad, Fachbereich Veterinärmedizin, Freie Universität, Berlin, Germany.

- LAUNDRÉ, J. W., L. HERNÁNDEZ, K. B. ALTENDORF (2001): Wolves, elk, and bison: reestablishing the “landscape of fear” in Yellowstone National Park, U.S.A. *Can. J. Zool.* 79, 1401-1409.
- LESMEISTER, D. B., C. K. NIELSEN, E. M. SCHAUBER, E. C. HELLGREN (2015): Spatial and temporal structure of a mesocarnivore guild in midwestern north America. *Wildlife Monogr.* 191, 1-61.
- LEWIS J. S., J. L. RACHLOW (2011): Activity Patterns of Black Bears in Relation to Sex, Season, and Daily Movement Rates, *Western North American Naturalist.* 71, 388-395.
- LEWIS, J. S., S. SPAULDING, H. SWANSON, W. KEELEY, A. R. GRAMZA, S. VANDEWOUDE, K. R. CROOKS (2021): Human activity influences wildlife populations and activity patterns: implications for spatial and temporal refuges. *Ecosphere*, 12, 16.
- LINKIE, M., M. S. RIDOUT (2011): Assessing tiger-prey interactions in Sumatran rainforests. *J. Zool.* 284, 224-229.
- LINNELL, J. D. C., K. WAHLSTROM, J. M. GAILLARD (1998): From birth to independence: birth, growth, neonatal mortality, hiding behaviour and dispersal. U: *The European Roe Deer: The Biology of Success* (Andersen, R., P. Duncan, J. D. C. Linnell, ur.). Scandinavian University Press. Oslo, Norway. 257-283.
- LINNELL, J. D., R. ANDERSEN, T. KVAM, H. ANDREN, O. LIBERG, J. ODDEN, P. F. MOA (2001): Home range size and choice of management strategy for lynx in Scandinavia. *Environ. Manage.* 27, 869-879.
- LIST, R. J. (1949): *Smithsonian Meteorological Tables*, 6th revised edition. Smithsonian Institution Press, Washington, D.C. 506.
- LONG, R. A., P. MACKAY, W. J. ZIELINSKI, J. C. RAY (2008): *Noninvasive survey methods for carnivores*. Island Press, Washington.
- LÓPEZ-BAO, J. V., M. ARONSSON, J. D. C. LINNELL, J. ODDEN, J. PERSSON, H. ANDRÉN (2019): Eurasian lynx fitness shows little variation across Scandinavian human-dominated landscapes. *Sci. Rep.* 9, 1-10.

- LÖTTKER, P., A. RUMMEL, M. TRAUBE, A. STACHE, P. ŠUSTR, J. MLLER, M. HEURICH (2009): New possibilities of observing animal behaviour from a distance using activity sensors in GPS-collars: An attempt to calibrate remotely collected activity data with direct behavioural observations in red deer *Cervus elaphus*. *Wildlife Biol.* 15, 425-434.
- LUCHERINI, M., J. I. REPPUCCI, R. S. WALKER, M. L. VILLALBA, A. WURSTTEN, G. GALLARDO, A. IRIARTE, R. VILLALOBOS, P. PEROVIC (2009): Activity pattern segregation of carnivores in the high andes. *J. Mammal.* 90, 1404-1409.
- LUND, U., C. AGOSTINELLI, H. ARAI, A. GAGLIARDI, E. G. PORTUGUES, D. GIUNCHI, J. O. IRISSON, M. POCERNICH, F. ROTOLO (2017): Circular Statistics, <https://cran.r-project.org/web/packages/circular/circular.pdf>
- MACARTHUR, R.H., R. LEVINS (1967): The limiting similarity, convergence and divergence of coexisting species. *Am. Nat.* 101, 377-85.
- MACHUTCHON, A.G., S. HIMMER, H. DAVIS, M. GALLAGHER (1998): Temporal and spatial activity patterns among coastal bear populations. *Ursus* 10, 539-546.
- MAFFEI, L., E. CUELLAR, A. NOSS (2004): Onethousand jaguars (*Panthera onca*) in Bolivia's Chaco? Camera trapping in the Kaa-Iya National Park. *J. Zool.* 262, 295-304.
- MAININI B., P. NEUHAUS, P. INGOLD (1993): Behaviour of marmots *Marmota marmota* under the influence of different hiking activities. *Biol. Conserv.* 64, 161-164.
- MAJIĆ, A. (2004): Plan upravljanja risom u Hrvatskoj. Ministarstvo zaštite okoliša i prostornog uređenja Republike Hrvatske. Zagreb
- MALEZ, M. (1986): Kvarterni sisavci (Mammalia) iz Velike pećine na Ravnoj gori (SR Hrvatska, Jugoslavija). *Radovi Zavoda za znanstveni rad JAZU.* 1, 33-139.
- MANFREDI, C., M. LUCHERINI, L. SOLER, J. BAGLIONI, E. L. VIDAL, E. B. CASANAVE (2011): Activity and movement patterns of Geoffroy's cat in the grasslands of Argentina. *Mamm. Biol. -Zeitschrift fur Saugetierkunde* 76, 313-319.

- MATSUBAYASHI, H., P. LAGAN, J. RAFIAH, A. B. D. SUKOR, K. KITAYAMA (2007): Seasonal and daily use of natural licks by sambar deer (*Cervus unicolor*) in a Bornean tropical rain forest. *Tropics*. 17, 7.
- MATTIOLI, S., P.G. MENEGUZO, A. BRUGNOLI, S. NICOLOSO (2001): Red deer in Italy: recent changes in range and numbers. *Hystrix* 12, 27-35.
- MATTISSON, J., N. H. ANDRE, J. PERSSON, M. P. SEGERSTRO (2010): Effects of species behavior on Global Positioning System collar fix rates. *JWM*. 74, 557-563.
- MCDUGALL, P. (2012): Is passive observation of habituated animals truly passive? *J. Ethol.* 30, 219-223.
- MCLEAN, C. M., A. VÅRHAMMAR, K. M. MIKAC (2015): Use of motion-activated remote cameras to detect the endangered spotted-tailed quoll (*Dasyurus maculatus*): Results from a pilot study, *Aust. Mammal.* 37, 113-115.
- MECH, L. D. (1966): The wolves of Isle Royale. *Fauna of the National parks of the United States fauna series* 7, 710.
- MECH LD (1970): The wolf: the ecology and behavior of an endangered species. Minnesota University Press, Minneapolis/St. Paul.
- MEEK, P. D., A. G. BALLARD, P. B. BANKS, A. W. CLARIDGE, P. J. S. FLEMING, J. G. SANDERSON, D. E. SWANN (2014): Camera Trapping in Wildlife Research and Management. CSIRO Publishing. Collingwood, Australia.
- MENGÜLLÜOĞLU, D., H. AMBARLI, A. BERGER, H. HOFER (2018): Foraging ecology of Eurasian lynx populations in southwest Asia: Conservation implications for a diet specialist. *Ecol. Evol.* 8, 9451-9463.
- MEREDITH, M., M. RIDOUT (2014): Overlap: Estimates of coefficient of overlapping for animal activity patterns, R package version 0.2, 4.
- MILNER, J. M., C. BONENFANT, A. MYSTERUD, J. M. GAILLARD, S. CSÁNYI, N. C. STENSETH (2006): Temporal and spatial development of red deer harvesting in Europe: biological and cultural factors. *J. Appl. Ecol.* 43, 721-734.

- MOLINARI-JOBIN, A., F. ZIMMERMANN, A. RYSER, C. BREITENMOSER-WÜRSTEN, S. CAPT, U. BREITENMOSER, P. MOLINARI, H. HALLER, R. EYHOLZER (2007): Variation in diet, prey selectivity and home-range size of Eurasian lynx *Lynx lynx* in Switzerland. *Wildl. Biol.* 13, 393-405.
- MOLL, R. J., K. M. REDILLA, T. MUDUMBA, A. B. MUNEZA, S. M. GRAY, L. ABADE, M. W. HAYWARD, J. J. MILLSPAUGH, AND R. A. MONTGOMERY (2017): The many faces of fear: a synthesis of the methodological variation in characterizing predation risk. *J. Anim. Ecol.* 86, 749-765.
- MONTERROSO, P., P. C. ALVES, P. FERRERAS (2014): Plasticity in circadian activity patterns of mesocarnivores in Southwestern Europe: implications for species coexistence. *Behav. Ecol. Sociobiol.* 68, 1403-1417.
- MOORE, R. Y., V. B. EICHLER (1972): Loss of a circadian adrenal corticosterone rhythm following suprachiasmatic lesions in the rat. *Brain Res.* 42, 201-206.
- MOORE, R. Y. (1980.): Suprachiasmatic nucleus, secondary synchronizing stimuli and the central neural control of circadian rhythms. *Brain Res.* 3, 13-28.
- MOORE-EDE, M., F. SULZMAN (1981): Internal temporal order. U: *Biological rhythms* (Aschoff, J., ur.). Springer, New York, SAD. 215-241.
- MORI, E., S. BAGNATO, P. SERRONI, A. SANGIULIANO, F. ROTONDARO, V. MARCHIANÒ, V. CASCINI, L. POERIO, F. FERRETTI (2020): Spatiotemporal mechanisms of coexistence in an European mammal community in a protected area of southern Italy. *J. Zool.* 310, 232-245.
- MRLIK, V. (1991): Active protective behaviour of roe deer (*Capreolus capreolus*) in an open habitat during the winter season. *Folia Zool.* 40, 13-24.
- MUKHERJEE, S., M. ZELCER, B. P. KOTLER (2008). Patch use in time and space for a meso- predator in a risky world. *Oecologia* 159, 661-668.
- MUNOZ-DELGADO, J., M. CORSI-CABRERA, D. CANALES-ESPINOSA, A. DOHERTY, H. ERKERT (2004): Astronomical and meteorological parameters and rest-activity in the Spider monkey *Ateles geoffroyi*. *Physiology & behavior.* 83, 107-17.

- MUSTAPIĆ Z. (2004.): Lovstvo. Hrvatski lovački savez, Zagreb.
- NADERI, M., J. KUSAK, K. BOJARSKA, M. CHYNOWETH, A. GREEN, C. SEKERCIOGLU (2021): Hares, Humans, and Lynx activity rhythms: Who avoids whom? *Hystrix*. 32, 147-152.
- NAYLOR L.M., M. J. WISDOM, R. G. ANTHONY (2009): Behavioral responses of North American elk to recreational activity. *J. Wildl. Manag.* 73, 328-338.
- NELSON, J., M. SCROGGIE, C. BELCHER (2014): Developing a camera trap survey protocol to detect a rare marsupial carnivore, the spotted-tailed quoll (*Dasyurus maculatus*). U: *Camera Trapping: Wildlife management and research* (Meek, P., P. Fleming, G. Ballard, P. Banks, A. Claridge, J. Sanderson), CSIRO Publishing. 271-279.
- NGOPRASERT, D., A. J. LYNAM, G. A. GALE (2007): Human disturbance affects habitat use and behaviour of Asiatic leopard *Panthera pardus* in Kaeng Krachan National Park, Thailand. *Oryx* 41, 343-351.
- NICHOLS, J. D., A. F. O'CONNELL, K. U. KARANTH (2011): Camera traps in animal ecology and conservation: what's next? U: *Camera traps in animal ecology. Methods and analyses* (O'connell, A. F., J. D. Nichols, K. U. Karanth, ur.). Springer. New York, SAD. 253-263.
- NIEDZIAŁKOWSKA, M., M. W. HAYWARD, T. BOROWIK, W. JĘDRZEJEWSKI, B. JĘDRZEJEWSKA (2019): A meta-analysis of ungulate predation and prey selection by the brown bear *Ursus arctos* in Eurasia. *Mamm. Res.* 64, 1-9.
- NOOR, A., Z. R. MIR, G. G. VEERASWAMI, B. HABIB (2017): Activity patterns and spatial co-occurrence of sympatric mammals in the moist temperate forest of the Kashmir Himalaya, India. *Folia Zool.* 66, 231-241.
- NORDHAUS, I., K. DIELE, M. WOLFF (2009): Activity patterns, feeding and burrowing behaviour of the crab *Ucides cordatus* (Ucididae) in a high intertidal mangrove forest in North Brazil. *J. Exp. Mar. Bio. Ecol.* 374, 104-112.

- NOUVELLET, P., G. S. A. RASMUSSEN, D. W. MACDONALD, F. COURCHAMP (2012): Noisy clocks and silent sunrises: Measurement methods of daily activity pattern. *J. Zool.* 286, 179-184.
- NOVAK, C.M., J. A. HARRIS, L. SMALE, A. A. NUNEZ (2000.): Suprachiasmatic nucleus projections to the paraventricular thalamic nucleus in nocturnal rats (*Rattus norvegicus*) and diurnal Nile grass rats (*Arvicanthis niloticus*). *Brain Res.* 874, 147-157.
- NUSSBERGER, B, P. INGOLD (2006): Effects of radio-collars on behaviour of alpine chamois *Rupicapra rupicapra rupicapra*. *Wildl. Biol.* 12, 339- 343.
- OCTENJAK, D., L. PAĐEN, V. ŠILIĆ, S. RELJIĆ, T. T. VUKIČEVIĆ, J. KUSAK (2020): Wolf diet and prey selection in Croatia. *Mammal Res.* 65, 647-654.
- ODDEN, J., J. D. LINNELL, R. ANDERSEN (2006): Diet of Eurasian lynx, *Lynx lynx*, in the boreal forest of southeastern Norway: the relative importance of livestock and hares at low roe deer density. *Eur. J. Wildl. Res.* 52, 237-244.
- OHASHI, H., M. SAITO, R. HORIE, H. TSUNODA, H. NOBA, H. ISHII, T. KUWABARA, Y. HIROSHIGHE, S. KOIKE, Y. HOSHINO, Y. TODA, K. KAJI (2013): Differences in the activity pattern of the wild boar *Sus scrofa* related to human disturbance. *Eur. J. Wildl. Res.* 59, 167-177.
- OKARMA, H., W. JEDRZEJEWSKI, K. SCHMIDT, R. KOWALCZYK, B. JEDRZEJEWSKA (1997): Predation of Eurasian lynx on roe deer and red deer in Bialowieza Primeval Forest, Poland. *Acta Theriol.* 42, 203-224.
- OLSON, T. L., R. C. SQUIBB, B. K. GILBERT (1998): Brown bear diurnal activity and human use: a comparison of two salmon streams. *Ursus* 10, 547-555.
- ORDIZ, A., M. ARONSSON, J. PERSSON, O. G. STØEN, J. E. SWENSON, J. KINDBERG (2021): Effects of human disturbance on terrestrial apex predators. *Diversity* 13, 1-18.
- ORDIZ, A., S. SÆBØ, J. KINDBERG, J. E. SWENSON, O. G. STØEN (2017): Seasonality and human disturbance alter brown bear activity patterns: implications for circumpolar carnivore conservation? *Anim. Conserv.* 20, 51-60.

- ORIOLO-COTTERILL, A., D. W. MACDONALD, M. VALEIX, S. EKWANGA, L. G. FRANK (2015): Spatiotemporal patterns of lion space use in a human-dominated landscape. *Anim. Behav.* 101, 27-39.
- PACKARD, J. (2003): Wolf behavior: reproductive, social and intelligent. U: Wolves: Behavior (Mech, L.D., L. Boitani, ur.), *Glob. Ecol. Conserv.* The University of Chicago Press, Chicago, SAD. 35-65.
- PAGON, N., S. GRIGNOLIO, A. PIPIA, P. BONGI, C. BERTOLUCCI, M. APOLLONIO (2013): Seasonal variation of activity patterns in roe deer in a temperate forested area. *Chronobiol. Int.* 30, 772-785.
- PALMER, M. S., J. FIEBERG, A. SWANSON, M. KOSMALA, C. PACKER (2017): A 'dynamic' landscape of fear: prey responses to spatiotemporal variations in predation risk across the lunar cycle. *Ecol. Lett.* 20, 1364-1373.
- PALMERO, S., E. BELOTTI, B. LUDEK, C. HEIBL, J. PREMIER, K. WEINGARTH, AND M. HEURICH. (2021): A decade of systematic camera trapping in two strictly protected areas reveals the demography of a Eurasian lynx (*Lynx lynx*) population in central Europe. *Research Square*. 17. doi: 10.21203/rs.3.rs-244765/v1.
- PARKER, K. L., P. S. BARBOZA, M. P. GILLINGHAM (2009): Nutrition integrates environmental responses of ungulates. *Funct. Ecol.* 23, 57-69.
- PAULL, D. J., A. W. CLARIDGE, S. C. BARRY (2011): There's no accounting for taste: Bait attractants and infrared digital cameras for detecting small to medium ground-dwelling mammals, *Wildl. Res.* 38, 188-195.
- PENTEK, T., H. NEVEČEREL, D. PIČMAN, T. PORŠINSKY (2007): Forest road network in the Republic of Croatia - Status and perspectives. *Croat. J. For. Eng.* 28, 93-106.
- PENTERIANI, V., A. KUPARINEN, M. DEL MAR DELGADO, F. PALOMARES, J. V. LÓPEZ-BAO, J. M. FEDRIANI, J. CALZADA, S. MORENO, R. VILLAFUERTE, L. CAMPIONI, R. LOURENÇO (2013): Responses of a top and a mesopredator and their prey to moon phases. *Oecologia* 173, 753-766.

- PERAL, C., M. LANDMAN, G. I. H. KERLEY (2022): The inappropriate use of time-to-independence biases estimates of activity patterns of free-ranging mammals derived from camera traps. *Ecol. Evol.* 12, 1-10.
- PEREA-RODRÍGUEZ, J. P., K. MARGARET CORLEY, H. DE LA IGLESIA, E. FERNANDEZ-DUQUE (2022): Thermoenergetic challenges and daytime behavioural patterns of a wild cathemeral mammal, *Animal Behaviour*. 185, 163-173.
- PERZANOWSKI, K. (1978): The effect of winter food composition on roe-deer energy budget. *Acta Theriol.* 23, 451-67.
- PIPIA, A., S. CIUTI, S. GRIGNOLIO, S. LUCHETTI, R. MADAU, M. APOLLONIO. (2008): Influence of sex, season, temperature and reproductive status on daily activity patterns in Sardinian mouflon (*Ovis orientalis musimon*). *Behaviour*. 145, 1723-1745.
- PITA, R., A. MIRA, P. BEJA (2011): Circadian activity rhythms in relation to season, sex and interspecific interactions in two Mediterranean voles. *Anim. Behav.* 81, 1023-1030.
- PODOLSKI, I., E. BELOTTI, L. BUFKA, H. REULEN, M. HEURICH (2013): Seasonal and daily activity patterns of free-living Eurasian lynx *Lynx lynx* in relation to availability of kills. *Wildlife Biol.* 19, 69-77.
- PORFIRIO, G., V. C. FOSTER, C. FONSECA, P. SARMENTO (2016): Activity patterns of ocelots and their potential prey in the Brazilian Pantanal, *Mamm. Biol. Elsevier*. 81, 511-517.
- PULLIAINEN, E., E. LINDGREN, P. S. TUNKKARI (1995): Influence of food availability and reproductive status on the diet and body condition of the European lynx in Finland. *Acta Theriol.* 40, 181-196.
- R CORE TEAM (2021). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.
- RAGO, A., K. KOUVARIS, T. ULLER, R. WATSON (2019): How adaptive plasticity evolves when selected against. *PLoS Comput. Biol.* 15, 1-20.
- RAUER, G., B. GUTLEB (1997): Der Braunbar in Österreich. Umweltbundesamt, Monographie 88, 64 (na njemačkom jeziku).

- REINHARDT, I., S. HALLE (1999): Time of activity of a female free-ranging lynx (*Lynx lynx*) with young kittens in Slovenia. Zeitschrift für Säugetierkunde 64, 65-75.
- REUSCH, C. B. (2014): Analysis of activity patterns of the Eurasian lynx (*Lynx lynx*) and its prey. Analysis of activity patterns of the Eurasian lynx (*Lynx lynx*) and its prey. Diplomski rad. University of Applied Sciences Bingen, Bingen, Njemačka
- RICHARD, A. (1970): A comparative study of the activity patterns and behavior of *Alouatta villosa* and *Ateles geoffroyi*. Folia primat. 12, 241-263.
- RICHTER, L., N. BALKENHOL, C. RAAB, H. REINECKE, M. MEISSNER, S. HERZOG, J. ISSELSTEIN, J. SIGNER (2020): So close and yet so different: The importance of considering temporal dynamics to understand habitat selection. Basic Appl. Ecol. 43, 99-109.
- RIDOUT, M. S., M. LINKIE (2009): Estimating overlap of daily activity patterns from camera trap data. JABES. 14, 322-337.
- RIPARI, L., J. PREMIER, E. BELOTTI, H. BLUHM, C. BREITENMOSER-WÜRSTEN, L. BUFKA, J. ČERVENÝ, N. DROUET-HOGUET, C. FUXJÄGER, W. JĘDRZEJEWSKI, R. KONT, P. KOUBEK, R. KOWALCZYK, M. KROFEL, J. KROJEROVÁ-PROKEŠOVÁ, A. MOLINARI-JOBIN, H. OKARMA, T. OLIVEIRA, J. REMM, K. SCHMIDT, F. ZIMMERMANN, S. KRAMER-SCHADT, M. HEURICH (2022): Human disturbance is the most limiting factor driving habitat selection of a large carnivore throughout Continental Europe. Biol. Conserv. 266, 12.
- RITCHIE, E. G., C. N. JOHNSON (2009): Predator interactions, mesopredator release and biodiversity conservation. Ecol. Lett. 12, 982-998.
- ROGALA, J.K., M. HEBBLEWHITE, J. WHITTINGTON, C. A. WHITE, J. COLESHILL, M. MUSIANI (2011): Human Activity Differentially Redistributes Large Mammals in the Canadian Rockies National Parks. Ecol. Soc. 16, 16.
- ČERNE, R., A. MOLINARI-JOBIN, M. KROFEL, J. KUBALA, N. ŠIVEC NOVAK, A. PIČULIN, M. POP, M. SINDIČIĆ, A. MAJIĆ SKRBINŠEK, T. SKRBINŠEK, H. POTOČNIK, M. STERGAR (2019): Population level reinforcement plan Action A.4 - Elaboration of plans for reinforcement of the Dinaric-SE Alpine population and for

- creation of a new "stepping stone" population <https://www.lifelynx.eu/wp-content/uploads/2019/02/Population-Reinforcement-Plan-A4-Final-Version-13-Feb-2019.pdf>
- ROLL, U., T. DAYAN, N. KRONFELD-SCHOR (2006): On the role of phylogeny in determining activity patterns of rodents. *Evol. Ecol.* 20, 479-490.
- ROPER, T. J., J. RYON (1977): Mutual synchronisation of diurnal activity rhythms in groups of red wolf/coyote hybrids. *J. Zool.* 182, 177-185.
- ROSKOV, Y., L. ABUCAY, T. ORRELL, D. NICOLSON, C. FLANN, N. BAILLY, A. D. WEVER (2016): <http://www.catalogueoflife.org/annual-checklist/2016>. Species 2000 & ITIS Catalogue of Life, 2016 Annual Checklist.
- ROSSA, M., S. LOVARI, F. FERRETTI (2021): Spatiotemporal patterns of wolf, mesocarnivores and prey in a Mediterranean area. *Behav. Ecol. Sociobiol.* 75, 14.
- ROVERO, F., F. ZIMMERMANN (2016): Camera trapping for wildlife research. Pelagic Publishing, Exeter, UK.
- ROWCLIFFE, J.M., J. FIELD, S. T. TURVEY, C. CARBONE (2008): Estimating animal density using camera traps without the need for individual recognition. *J. Appl. Ecol.* 45, 1228.
- ROWCLIFFE, J. M., R. KAYS, B. KRANSTAUBER, C. CARBONE, P. A. JANSEN (2014): Quantifying levels of animal activity using camera trap data. *Methods Ecol. Evol.* 5, 1170-1179.
- ROWELL-SCHÄFER, A., M. LECHNER-DOLL, R. R. HOFMANN, W. J. STREICH, B. GÜVEN, H. H. D. MEYER (2001): Metabolic evidence of a 'rumen bypass' or a 'ruminal escape' of nutrients in roe deer (*Capreolus capreolus*). *CBP.* 128, 289-298.
- RÜEGG, A. B., S. E. ULBRICH (2023): Embryonic diapause in the European roe deer - slowed, but not stopped. *Animal* 17,9.
- RUGHETTI, M., M. FESTA-BIANCHET (2011.): Seasonal changes in sexual-size dimorphism in northern chamois. *J. Zool.* 284, 257-264.

- RÜTTIMANN, S., M. GIACOMETTI, A. G. MCELLIGOTT (2008): Effect of domestic sheep on chamois activity, distribution and abundance on sub-alpine pastures. *Eur. J. Wildl. Res.* 54, 110-116.
- RYCHLIK, L. (2005): Overlap of temporal niches among four sympatric species of shrews, *Acta Theriol.* 50, 175-188.
- SAND, H., B. ZIMMERMANN, P. WABAKKEN, H. ANDREN, H. C. PEDERSEN (2005): Using GPS technology and GIS cluster analyses to estimate kill rates in wolf-ungulate ecosystems. *Wildl. Soc. Bull.* 33, 914-925.
- SARMENTO, P., R. SOLLMANN, N. TORRES, A.T.A, JÁCOMO, S. NEGRÕES, N. SOARES, V. FOSTER, L. SILVEIRA, C. FONSECA (2013): Jaguar and Puma Activity Patterns and Predator-Prey Interactions in Four Brazilian Biomes. *Biotropica.* 45, 7.
- SCHEIBE, K. M., T. L. ROBINSON, A. SCHEIBE, A. BERGER (2009): Variation of the phase of the 24-h activity period in different large herbivore species under European and African conditions. *Biol. Rhythm. Res.* 40, 169-79.
- SCHMID, F., A. SCHMIDT (2006): Nonparametric estimation of the coefficient of overlapping - Theory and empirical application, *CSDA.* 50, 1583-1596.
- SCHMIDT, K. (2008): Behavioural and spatial adaptation of the Eurasian lynx to a decline in prey availability. *Acta Theriol.* 53, 1-16.
- SCHMIDT K., JĘDRZEJEWSKI W., THEUERKAUF J., KOWALCZYK R., OKARMA H., JĘDRZEJEWSKA B. (2008): Reproductive behaviour of wild-living wolves in Białowieża Primeval Forest (Poland). *J. Ethol.* 26, 69–78.
- SCHMIDT, K. (1999): Variation in daily activity of the free-living Eurasian lynx (*Lynx lynx*) in Białowieża Primeval Forest, Poland. *J. Zool.* 249, 417-425.
- SMITH, A. F., K. KASPER, L. LAZZERI, M. SCHULTE, S. KUDRENKO, E. SAY-SALLAZ, M. CHURSKI, D. SHAMOVICH, S. OBRIZAN, S. DOMASHEVSKY, K. KOREPANOVA, BASHTA A.T., R. ZHURAVCHAK, M. GAHBAUER, B. PIRGA, V. FENCHUK, J. KUSAK, F. FERRETTI, D. P.J. KUIJPER, K. SCHMIDT, M. HEURICH

- (2024): Reduced human disturbance increases diurnal activity in wolves, but not Eurasian lynx. GECCO. e02985, 53.
- SCHOBER, F., G. FLUCH (1995): Heart rate and body temperature repeater telemetry system for wildlife animals. U: Biotelemetry XIII, Proceedings of the 13th International Symposium on Biotelemetry, (Cristalli, C., C. J. Amlaner, M. R. Neuman, ur.). Williamsburg, VA: Symp Biotelem, 366-371.
- SCHWARTZ W. J., S. M. REPPERT, S. M. EAGAN, M. C. MOORE- EDE (1983.): In vivo metabolic activity of the suprachiasmatic nuclei: a comparative study. Brain Res. 274, 184-87.
- SEDALISCHEV, V. T., V. A. ODNOKURTSEV, I. M. OHLOPKOV (2014): The materials on ecology of the lynx (*Lynx lynx*, 1758) in Yakutia. News of Samara Scientific Center Russian Academy of Sciences. 16, 175-182. (na ruskom).
- SEMPÉRE, A. J. (1990): The annual antler cycle of the European roe deer (*Capreolus capreolus*) in relation to the reproductive cycle. U: Horns, pronghorns, and antlers (Bubenik G. A., Bubenik A. B., ur.). Springer, New York, 396-415.
- SEMPÉRE A. J., R. MAUGET, C. MAUGET (1998): Reproductive physiology of roe deer. U: The European Roe Deer: The Biology of Success (Andersen R. D., P. L. Jdc ur.). Scandinavian University Press. Oslo, Norveška. 161-188.
- SERGIO, F., F. HIRALDO (2008): Intraguild predation in raptor assemblages: A review. Ibis. 150, 132-145.
- SETO, K.C., B. GUNERALP, L. R. HUTYRA (2012): Global forecasts of urban expansion to 2030 and direct impacts on biodiversity and carbon pools. Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A. 109, 16083-16088.
- SIBBALD, A. M., R. J. HOOPER, J. E. MCLEOD, I. J. GORDON (2011): Responses of red deer (*Cervus elaphus*) to regular disturbance by hill walkers. Eur. J. Wildl. Res. 57, 817-825.

- SIDOROVICH, V., V. P. STOLYAROV, N. N. VOROBEL, N. V. IVANOVA, B. JEĐRZEJEWSKA (2007): Litter size, sex ratio, and age structure of gray wolves, *Canis lupus*, in relation to population fluctuations in northern Belarus. *Can. J. Zool.* 85, 295-300.
- SIGNER, C., T. RUF, W. ARNOLD (2011): Hypometabolism and basking: the strategies of Alpine ibex to endure harsh over-wintering conditions. *Funct. Ecol.* 25, 537-47.
- SINANOVIĆ, N., M. SINDIČIĆ, Đ. HUBER (2008): Status i perspektiva euroazijskog risa (*Lynx lynx*) u Bosni i Hercegovini. Knjiga kratkih sadržaja Šesti Simpozij poljoprivrede, veterinarstva, šumarstva i biotehnologije. Goražde, Bosna i Hercegovina. 29-30.
- SINDIČIĆ, M. (2009a): Euroazijski ris leopard hrvatskih šuma. *Meridijani.* 140, 60 - 66.
- SINDIČIĆ, M. (2009b): Krivolov najvažniji uzrok pada brojnosti populacije risa. *Dobra kob.* 95, 42-43.
- SINDIČIĆ, M., A. ŠTRBENAC, P. OKOVIĆ, Đ. HUBER, J. KUSAK, T. GOMERČIĆ, V. SLIJEPCJEVIĆ, I. VUKŠIĆ, A. MAJIĆ-SKRBINŠEK, Ž. ŠTAHAN (2010): Plan upravljanja risom u Republici Hrvatskoj za razdoblje od 2010. do 2015. Ministarstvo kulture. 80.
- SINDIČIĆ, M. (2013): Genska raznolikost populacije risa (*Lynx lynx*) iz Hrvatske. Doktorski rad. Zagreb, Veterinarski fakultet, Zagreb.
- SINDIČIĆ, M., T. GOMERČIĆ, J. KUSAK, V. SLIJEPCJEVIĆ, D. HUBER, A. FRKOVIĆ (2016): Mortality in the Eurasian lynx population in Croatia during the 40 years. *Mamm. Biol.* 81, 290-294.
- SLIJEPCJEVIĆ, V., T. GOMERČIĆ, I. SELANEC, M. SINDIČIĆ, M. STERGAR, M. KROFEL, R. ČERNE (2017): Vodič za praćenje risa fotozatkama. LIFE Lynx projekt (LIFE16 NAT/SI/000634)
- SMOKTUNOVICH, YE. A. (1980): Nekotorie faktori, opredeljausschie dinamiku chislennosti evropeiskoi kosuli Beloveshtskoi Pushi. [Some factors determining roe deer population dynamics in the Bialowieza Primeval Forest]. *Preserves of the Byelorussia.* 4, 132-139.

- SOBANSKIY, G.G. (2003): The Central-Siberian part of the area: the Altai. U: The Lynx: Regional Features of Ecology. Use and Protection (Matyushkin, YE. N., Vaisfeld, M. A. ur.), Moscow-Nauka. 303-313.
- SOLUK, D. A., N. C. COLLINS (1988): Balancing risks? Responses and non-responses of mayfly larvae to fish and stonefly predators. *Oecologia*. 77, 370-374.
- SOMMER, R. S., N. BENECKE (2006): Late Pleistocene and Holocene development of the felid fauna (Felidae) of Europe: a review. *J. Zool.* 269, 7-19.
- SOYUMERT, A. (2020): Camera-trapping two felid species: monitoring Eurasian lynx (*Lynx lynx*) and wildcat (*Felis silvestris*) populations in mixed temperate forest ecosystems, *Mammal Study*. 45, 41-48.
- SOYUMERT, A. (2010): Kuzeybatı Anadolu ormanlarında fotokapan yöntemiyle büyük memeli türlerinin tespiti ve ekolojik özelliklerinin belirlenmesi. Doktorski rad. Hacettepe University, Turska, 141.
- SOYUMERT, A., A. ERTÜRK, Ç. TAVŞANOĞLU (2019): The importance of lagomorphs for the Eurasian lynx in Western Asia: Results from a large scale camera-trapping survey in Turkey. *Mamm. Biol.* 95, 18-25.
- SPAUL, R. J., J. A. HEATH. (2016): Nonmotorized recreation and motorized recreation in shrub-steppe habitats affects behavior and reproduction of golden eagles (*Aquila chrysaetos*). *Ecology and Evolution*. 6, 8037-8049.
- STEVEN, R., C. PICKERING, J. GUY CASTLEY (2011): A review of the impacts of nature based recreation on birds. *JEM*. 92, 2287-2294.
- STUBBE, C., H. PASSARGE (1979): *Rehwild*. Deutsch Land-wirtschaftsverlag, Berlin, 432. (na njemačkom).
- SUÁREZ-ESTEBAN, A., M. DELIBES, J. M. FEDRIANI (2013): Barriers or corridors? The overlooked role of unpaved roads in endozoochorous seed dispersal. *J. Appl. Ecol.* 50, 767-774.
- SUNDE, P., T. KVAM (1997): Diet patterns of Eurasian lynx *Lynx lynx*: what causes sexually determined prey size segregation? *Acta Theriol.* 42, 189-201.

- SURACI, J. P., M. CLINCHY, L. Y. ZANETTE, C. C. WILMERS (2019): Fear of humans as apex predators has landscape-scale impacts from mountain lions to mice. *Ecol. Lett.* 22, 1578-1586.
- SUSELBEEK, L., W. J. EMMENS, B. T. HIRSCH, R. KAYS, J. M. ROWCLIFFE, V. ZAMORA-GUTIERREZ, P. A. JANSEN (2014): Food acquisition and predator avoidance in a Neotropical rodent. *Anim. Behav.* 88, 41-48.
- SWANN, D. E. (2014): Camera Trapping in Wildlife Research and Management. CSIRO Publishing, Collingwood, Australia.
- SWANSON, A.B. (2014): Living with lions: spatiotemporal aspects of coexistence in savanna carnivores. Doktorski rad, University of Minnesota, USA.
- SWANSON, A., T. ARNOLD, M. KOSMALA, J. FORESTER, C. PACKER (2016): In the absence of a “landscape of fear”: How lions, hyenas, and cheetahs coexist. *Ecol. Evol.* 6, 8534-8545.
- SWENSON, J., N. GERSTL, B. DAHLE, A. ZEDROSSER (2000): Action Plan for Conservation of the Brown Bear in Europe (*Ursus arctos*). <https://rm.coe.int/168074640e>
- ŠEGOTA, T., A. FILIPČIĆ (2003): Köppen’s classification of climates and the problem of Croatian terminology. *Geoadria*. 8, 17.
- ŠPREM, N., D. ZANELLA, D. UGARKOVIĆ, I. PREBANIĆ, P. GANČEVIĆ, L. CORLATTI (2015): Unimodal activity pattern in forest-dwelling chamois: typical behaviour or interspecific avoidance? *Eur. J. Wildl. Res.* 61, 789-794.
- ŠPREM, N., E. BUZAN (2016): The genetic impact of chamois management in the dinarides. *J. Wildl. Manage.* 80, 783-793.
- TAMBLING, C. J., L. MINNIE, J. MEYER, E. W. FREEMAN, R. M. SANTYMIRE, J. ADENDORFF, G. I. KERLEY (2015): Temporal shifts in activity of prey following large predator reintroductions. *Behav. Ecol. Sociobiol.* 69, 1153-1161.
- THEUERKAUF, J., W. JEDRZEJEWSKI, K. SCHMIDT, H. OKARMA, I. RUCZYŃSKI, S. ŚNIEŻKO, R. GULA (2003): Daily patterns and duration of wolf activity in the Białowieża Forest, Poland. *J. Mammal.* 84, 243-253.

- THEUERKAUF, J. (2009): What drives wolves: Fear or hunger? Humans, diet, climate and wolf activity patterns. *Ethology*. 115, 649-657.
- THEUERKAUF, J., R. GULA, B. PIRGA, H. TSUNODA, J. EGGERMANN, B. BRZEZOWSKA, S. ROUYS, S. RADLER (2007): Human impact on wolf activity in the Bieszczady Mountains, SE Poland. *Ann. Zool. Fenn.* 44, 225-231.
- THEUERKAUF, J., S. ROUYS (2008): Habitat selection by ungulates in relation to predation risk by wolves and humans in the Białowieża Forest, Poland. *For. Ecol. Manage.* 256, 1325-1332.
- THOMAS W. SCHOENER (1974.): Resource Partitioning in Ecological Communities. *Science*. 185, 27-39.
- TIGAS, L. A., D. H. VAN VUREN, R. M. SAUVAJOT (2002): Behavioral responses of bobcats and coyotes to habitat fragmentation and corridors in an urban environment. *Biol. Conserv.* 108, 299-306.
- TOBLER, M.W., S. E. CARRILLO-PERCASTEGUI, R. LEITE PITMAN, R. MARES, G. POWELL (2008): An evaluation of camera traps for inventorying large- and medium-sized terrestrial rainforest mammals. *Anim. Conserv.* 11, 169-178.
- TORRETTA, E., M. SERAFINI, F. PUOPOLO, L. SCHENONE (2016): Spatial and temporal adjustments allowing the coexistence among carnivores in Liguria (N-W Italy). *Acta Ethol.* 19, 123-132.
- TROHAR, J. (2004): Jelen. U: Lovstvo (Mustapić, Z., ur.). Hrvatski lovački savez, Zagreb. 43-60.
- TURBILL, C., T. RUF, T. MANG, W. ARNOLD (2011): Regulation of heart rate and rumen temperature in red deer: effects of season and food intake. *J. Exp. Biol.* 214, 963-70.
- TUREK, F. W., J. S. TAKAHASHI (2001): Introduction to circadian rhythms. TAKAHASHI, J. S., F. W. TUREK, R. Y. MOORE (ur). *Handbook of behavioral neurobiology*. Volume 12: circadian rhythms. 3-6. Kluwer Academic/Plenum Publishers, New York, SAD.
- TURK, Y., S. COMETEN, A. KETEN (2021): Effects of forest roads on large mammal behaviour. *Polish J. Ecol.* 68, 334-341.

- TURNER. D. C. (1978): An analysis of time-budgeting by roe deer (*Capreolus capreolus*) in an agricultural area. Behaviour. 71, 246-289.
- TVRTKOVIĆ, N., M. GRUBEŠIĆ (2006.): Divokoza, Alpine Chamois, *Rupicapra rupicapra* Linnaeus, 1758. U: Crvena knjiga sisavaca Hrvatske (Tvrtković, N. ur.). Ministarstvo kulture. Državni zavod za zaštitu prirode Republike Hrvatske, Zagreb, 42-43.
- VALCHEV K., K. ANDONOV, G. POPGEORGIEV, D. PLACHIJSKI, S. AVRAMOV (2006): Action plan for the Chamois in Bulgaria: 2007-2016. BBF-SFA, Sofia.
- VALDMANN, H., Z. ANDERSONE-LILLEY, O. KOPPA, J. OZOLINS, G. BAGRADE (2005): Winter diets of wolf *Canis lupus* and lynx *Lynx lynx* in Estonia and Latvia. Acta Theriol. 50, 521-527.
- VALEIX, M., CHAMAILLE-JAMMES, S., FRITZ, H. (2007): Interference competition and temporal niche shifts: elephants and herbivore communities at waterholes. Oecologia. 153, 739-748.
- VAN BEECK CALKOEN, S. T. S., M. H. DEIS, J. OESER, D. P. J. KUIJPER, M. HEURICH (2022): Humans rather than Eurasian lynx (*Lynx lynx*) shape ungulate browsing patterns in a temperate forest. Ecosphere. 13, 1-19.
- VAN DER VINNE, V., J. ORTER, S. RIEDE, R. HUT (2015): Diurnality as an energy-saving strategy: Energetic consequences of temporal niche switching in small mammals. J. Exp. Biol. 218, 2585-2593.
- VAN OORT, B. E. H., N. J. C. TYLER, M. P. GERKEMA, L. FOLKOW, A. S. BLIX, K. A. STOKKAN (2005): Circadian organization in reindeer. Nature. 438, 1095-1096.
- VAN SCHAIK, C. P., M. GRIFFITHS (1996): Activity periods of Indonesian rain forest mammals, Biotropica. Association for Tropical Biology and Conservation. 28, 105.
- VAZQUEZ, C., J. M. ROWCLIFFE, K. SPOELSTRA, P. A. JANSEN (2019): Comparing diel activity patterns of wildlife across latitudes and seasons: Time transformations using day length. Methods Ecol. Evol. 10, 2057-2066.
- VILA, C., V. URIOS, J. CASTROVIEJO (1995): Observations on the daily activity patterns in the Iberian wolf. U: Ecology and Conservation of Wolves in a Changing World (Carbyn,

- L. N., S. H. Fritts, D. R. Seip, ur.). Canadian Circumpolar Institute, Alberta, Occasional Publication No. 35, 335-340.
- VON ARX, M., C. BREITENMOSE-WÜRSTEN, F. ZIMMERMANN, U. BREITENMOSE (2004): Status and Conservation of the Eurasian Lynx (*Lynx lynx*) in Europe in 2001. KORA. Bern, Švicarska.
- VON ELSNER-SCHACK, I. (1985): What is good chamois habitat? U: The biology and management of mountain ungulates (Lovari, S. ur.). Croom-Helm, London. 71-76.
- WABAKKEN, P., E. MAARTMANN (1994). Sluttrapport for bjorn - sauprosjektet i Hedmark 1990-93. NINA For- skningsrapport 58, 41. (na norveškom sa sažetkom na engleskom jeziku).
- WALLACH, A. D., U. SHANAS, M. INBAR (2010): Feeding activity and dietary composition of roe deer at the southern edge of their range. Eur. J. Wildl. Res. 56, 1-9.
- WALLS GL. (1942): The vertebrate eye and its adaptive radiation. J. Nerv. Ment. 100, 332.
- WANG, Y., J. A. SMITH, C. C. WILMERS (2017): Residential development alters behaviour, movement, and energetics in an apex predator, the puma. PLoS One. 12, 1-17.
- WEBSTER, H., J. W., MCNUTT, K. MCCOMB (2012): African Wild Dogs as a Fugitive Species: Playback Experiments Investigate How Wild Dogs Respond to their Major Competitors: African Wild Dogs as a Fugitive Species. Ethology. 118, 147-156.
- WECKEL, M., W. GIULIANO, S. SILVER (2006): Jaguar (*Panthera onca*) feeding ecology: Distribution of predator and prey through time and space. J. Zool. 270, 25-30.
- WEYER, N. M., A. FULLER, A. J. HAW, L. C. R. MEYER, D. MITCHELL, M. PICKER, B. REY, R. S. HETEM (2020): Increased diurnal activity is indicative of energy deficit in a nocturnal mammal, the aardvark. Frontiers in Physiology. 1, 637.
- ZACHOS, F. (2009): Handbook of the Mammals of the World, vol. 1, U: Carnivores (Wilson, D.E., R. A. Mittermeier, ur.), Lynx Edicions (in association with Conservation International and IUCN), Barcelona. 727.

- WILSON, R. P., E. L. C. SHEPARD, N. LIEBSCH (2008): Prying into the intimate details of animal lives: use of a daily diary on animals. *Endanger. Spec. Res.* 4, 123-137.
- WORTON, B. J. (1989): Kernel Methods for Estimating the Utilization Distribution in Home-Range Studies, *Ecology*. 70, 164-168.
- YANG, H., S. HAN, B. XIE, P. MOU, X. KOU, T. WANG, J. GE, L. FENG (2019): Do prey availability, human disturbance and habitat structure drive the daily activity patterns of Amur tigers (*Panthera tigris altaica*)? *J. Zool.* 307, 131-140.
- ZALEWSKI, A. (2001): Seasonal and sexual variation in diel activity rhythms of pine marten *Martes martes* in the Białowieża National Park (Poland). *Acta Theriol.* 46, 295-304.
- ZAR, J. H. (2009): *Biostatistical Analysis*, Fifth Edition, Pearson.
- ZHAO, G., H. YANG, B. XIE, Y. GONG, J. GE, L. FENG (2020): Spatio-temporal coexistence of sympatric mesocarnivores with a single apex carnivore in a fine- scale landscape. *Gecco* 21, 11.
- ZIMMERMANN, F., C. BREITENMOSER-WÜRSTEN, U. BREITENMOSER (2005): Natal dispersal of Eurasian lynx (*Lynx lynx*) in Switzerland. *J. Zool.*, 267, 381-395.
- ZLATANOVA, D., A. AHMED, A. VALASSEVA, P. GENOV (2014): Adaptive diet strategy of the wolf (*Canis lupus* L.) in Europe: A review. *Acta Zool. Bulg.* 66, 439-452.
- ŽUPAN HAJNA, N. (2019): Dinaric karst - geography and geology. U: *Encyclopedia of caves*, Edition: 2ndChapter: Dinaric karst: geography and geology. (White, W. B., D. C. Culver, ur.). Academic Press, Elsevier.

9. PRILOZI

Prilog 1. Skripta, priprema podataka

```
#Instalacija R paketa
if (!require('tidyverse')) install.packages('tidyverse'); library('tidyverse')
if (!require('lubridate')) install.packages('lubridate'); library('lubridate')
if (!require('writexl')) install.packages('writexl'); library('writexl')
if (!require('vistime')) install.packages('vistime'); library('vistime')
if (!require('suncalc')) install.packages('suncalc'); library('suncalc')
if (!require('zoo')) install.packages('zoo'); library('zoo')
# set working directory
setwd(dirname(file.choose()))
# import "Full Export" from report Camelot (that include all Surveys)
full_export_Camelot <- read_csv(file = file.choose())
# replace space in Column name with _
a <- {full_export_Camelot %>% select_all(~gsub("\\s+|\\.", "_", .))}
a$'Date/Time' <- ymd_hms(a$'Date/Time', tz=Sys.timezone())
a <- a %>%
  rename(Species = Species___52) %>%
  replace_na(list(Life_stage = 'Adult'))
# import Camelot data 2018-2020
camelot2018_2020 <- read_csv(file = file.choose())
camelot2018_2020 <- camelot2018_2020 %>% select_all(~gsub("\\s+|\\.", "_", .)) %>%
  rename(Species = Species___52) %>%
  mutate('Date/Time' = ymd_hms('Date/Time', tz=Sys.timezone())) %>%
  mutate(Species = ifelse(Vehicle == TRUE, "Vehicle sp.", Species)) %>%
  select(-Vehicle, -lynx_name, -photoid)
a <- full_join(a, camelot2018_2020)
a <- a %>%
  mutate(Species = ifelse(Species == 'Aves sp', "Aves sp.", Species)) %>%
  mutate(Species = ifelse(Species == 'Canidae sp', "Canidae sp.", Species)) %>%
  mutate(Species = ifelse(Species == 'Erinaceus europaeus', "Erinaceus sp.", Species)) %>%
  mutate(Species = ifelse(Species == 'Lepus europaeus.', "Lepus europaeus", Species)) %>%
  mutate(Species = ifelse(Species == 'Lepus europeaus', "Lepus europaeus", Species)) %>%
  mutate(Species = ifelse(Species == 'Martes martes', "Martes sp.", Species)) %>%
  mutate(Species = ifelse(Species == 'Ovis aries', "Ovis sp.", Species)) %>%
  mutate(Species = ifelse(Species == 'Vozilo sp.', 'Vehicle sp.', Species)) %>%
  filter(!is.na(Species)) %>%
  filter(Species != 'blank sp')

tmp <- a %>%
  ungroup() %>%
  group_by(Trap_Station_Name) %>%
  summarise(n = n())
# remove data for V-B survey camera trap activity"
# FOR ANALASYS FROM LYNX DATABASE - DEACTIVATE THIS COMMAND
a <- a %>% filter(Survey_Name != "VUKA - BIOM aktivnost kamera")
# originalni dataset - broj redaka
overall_No_data <- nrow(a)
# Diskretizacija - Uklonjanje uzastopnih detekcija životinje na istoj lokaciji unutar 10 minuta
# Objedinjavanje unutar vremenskog intervala 10 min
# definiranje vremenskog agregacijskog intervala (1 min)
time_aggregation_period_seconds <- 600
# stvaranje dedupliciranih vremenskih grupa unutar "Trap_Station_Name"- "Species"- "Life_stage" grupa
a_deduplicated_time_groups <- a %>%
  arrange(Trap_Station_Name, Species_ID, `Date/Time`) %>%
  group_by(Trap_Station_Name, Species_ID) %>%
  mutate(prev_date_time = lag(`Date/Time`, n = 1L),
         prev_diff_seconds = `Date/Time` - prev_date_time,
         initial_time_group = row_number(),
         deduplicated_time_group = if_else(prev_diff_seconds > time_aggregation_period_seconds | is.na(prev_diff_seconds),
         initial_time_group, NA_integer_),
         deduplicated_time_group = na.locf(deduplicated_time_group)) %>%
  ungroup()
a <- a_deduplicated_time_groups %>%
  arrange(Trap_Station_Name, Species_ID, deduplicated_time_group, desc(coalesce(Sighting_Quantity, 0)), `Date/Time`, Life_stage) %>%
  group_by(Trap_Station_Name, Species_ID, deduplicated_time_group) %>%
  mutate(Subadult_Quantity = max(if_else(Life_stage == "Juvenile", coalesce(Sighting_Quantity, 0), 0)),
```

```

    Total_Quantity = max(if_else(Life_stage == "Juvenile", coalesce(Sighting_Quantity, 0), 0)) + max(if_else(Life_stage == "Adult",
coalesce(Sighting_Quantity, 0), 0)),
    deduplication_rank = row_number()) %>%
    filter(deduplication_rank == 1) %>%
    ungroup() %>%
    select(-Life_stage, -Sighting_Quantity, -prev_date_time, -prev_diff_seconds, -initial_time_group, -deduplicated_time_group, -
deduplication_rank)
remove(a_deduplicated_time_groups)
# deduplicirani dataset - broj redaka
nrow(a)
a %>%
    select(Trap_Station_Name, Species, `Date/Time`, Total_Quantity, Subadult_Quantity) %>%
    arrange(Trap_Station_Name, `Date/Time`, Species) %>%
    write_xlsx('a_deduplicated10.xls')
#Priprema podataka_ mikrolokacije fotozamki
# add attribute (microlocation) to Trap_Station_Name
att_trap <- read_csv2(file = file.choose()) # read_csv2 if separator; and dec point, else read_csv
a <- a %>%
    left_join(select(att_trap, Station_name, microlocation), by = c ("Trap_Station_Name" = "Station_name"))
a_filter <- a %>%
    filter(`Date/Time` <= "2022-12-31 23:59:59 UTC") %>%
    filter(!is.na(`Species`))
#Trap stations sa NA _
tmp1 <- a_filter %>%
    select(Trap_Station_Name, Camelot_GPS_Latitude, Camelot_GPS_Longitude, microlocation) %>%
    filter(is.na(`microlocation`)) %>%
    group_by(Trap_Station_Name) %>%
    summarise(n = n(),
              N = first(Camelot_GPS_Latitude),
              E = first(Camelot_GPS_Longitude))
write_xlsx(tmp1, 'tmp1.xlsx')
b <- a_filter %>%
    select(Camera_Name, `Date/Time`, Survey_Name, Species, Trap_Station_Name, Sex,
            Subadult_Quantity, Total_Quantity, microlocation, Camelot_GPS_Latitude, Camelot_GPS_Longitude)
write_xlsx(b, 'b_deduplicated_10min.xls')
save(b, file = 'b_deduplicated_10min.RData')
# Određivanje broja događaja po fotozamci
b %>%
    group_by(Species, microlocation) %>%
    summarise(n = n(),
              Microlocation = first(microlocation)) %>%
    write_xlsx('deduplicated_10min_byspecies.xls')
#Popis fotozamki i broj aktivnih dana (kamera/dana)
# list of Trap_Station_Name and active intervals
trap_station_interval <- a_filter %>%
    select("Trap_Station_Name",
           "microlocation",
           "Camelot_GPS_Latitude",
           "Camelot_GPS_Longitude",
           "Survey_Name",
           "Trap_Station_Session_ID",
           "Session_Start_Date",
           "Session_End_Date") %>%
    group_by(Survey_Name, microlocation, Trap_Station_Name, Trap_Station_Session_ID, Session_Start_Date) %>%
    summarise(Session_End_Date = mean(Session_End_Date),
              Camelot_GPS_Latitude = mean(Camelot_GPS_Latitude),
              Camelot_GPS_Longitude = mean(Camelot_GPS_Longitude))
#list of Trap_Station_Name
trap_station_start_end <- a %>%
    select("Trap_Station_Name",
           "Camelot_GPS_Latitude",
           "Camelot_GPS_Longitude",
           "Session_Start_Date",
           "Session_End_Date") %>%
    arrange(Trap_Station_Name, Session_Start_Date, Session_End_Date) %>%
    group_by(Trap_Station_Name) %>%
    summarise(Session_Start_Date2 = first(Session_Start_Date),
              Session_End_Date2 = last(Session_End_Date),
              Camelot_GPS_Latitude = mean(Camelot_GPS_Latitude),
              Camelot_GPS_Longitude = mean(Camelot_GPS_Longitude))
#Računanje vremena početka i kraja istraživanja

```

```

# Start and End Survey
survey_start_end <- a %>%
  select(Survey_Name,
         Session_Start_Date,
         Session_End_Date) %>%
  group_by(Survey_Name) %>%
  summarise(Session_Start_Date3=min(Session_Start_Date),
            Session_End_Date3=max(Session_End_Date))
start_project <- min(a$Session_Start_Date)
end_project <- max(a$Session_End_Date)
month_seq <- seq(start_project, end_project, by = "month")
month_int <- interval(floor_date(month_seq, "month"), (ceiling_date(month_seq, "month")))
#Aktivnost fotozamki po mjesecima
# MZ Camera Trap activity per month
DT <- trap_station_interval %>%
  select(Survey_Name,
         id="Trap_Station_Name",
         microlocation="microlocation",
         session_id="Trap_Station_Session_ID",
         GPS_Lat="Camelot_GPS_Latitude",
         GPS_Lon="Camelot_GPS_Longitude",
         start="Session_Start_Date",
         end="Session_End_Date",
         ) %>%
  mutate(period = end - start)
DT$gap_test <- TRUE
for(i in 2:nrow(DT)) {
  if (DT[i,]$id == DT[i-1,]$id && DT[i,]$start != DT[i-1,]$end) {
    DT[i,]$gap_test <- FALSE
  }
}
DT <- DT %>% mutate(inter = interval(start, end))
for (i in 1:length(month_int)) {
  column_name <- as.character(month_int[i])
  column_name <- as.character(floor_date(month_seq[i], "month"))
  DT$temp <- intersect(DT$inter, month_int[i]) %>%
    as.duration() %>%
    as.numeric("days")
  names(DT)[names(DT) == "temp"] <- column_name
}
DT_id <- DT %>%
  ungroup() %>%
  group_by(id) %>%
  mutate(across(.cols = 10: ncol(DT)-1,
                ~replace(., is.na(.), 0))) %>%
  mutate(microlocation) %>%
  summarise(GPS_Lat=mean(GPS_Lat),
            GPS_Lon=mean(GPS_Lon),
            across(.cols = 10: ncol(DT)-1,
                  .fns = sum),
            )
write_xlsx(DT_id, "trap_station aktivnost po mjesecima.xls")
save(DT_id, file = "trap_station aktivnost po mjesecima.RData")

```

Prilog 2. Skripta analize podataka

```

if (!require('overlap')) install.packages('overlap'); library('overlap')
if (!require('activity')) install.packages('activity'); library('activity')
# set working directory
setwd(dirname(file.choose()))
dir.create("export")
dir.create("export_sezone")
dir.create("export_diff_species")
dir.create("export_human")
# import "b_deduplicated" (pripremljeni podaci) - učitati RData, funkcija ?
load("b_deduplicated_10min.RData")
main_table <- b
#Tablice rezultata sa sljedećim kolonama i redovima#
rezultati_activity <- tribble(~loop,
                             ~vrsta1,

```

```

~vrsta2 ,
~naslov,
~compareAct_Diff,
~compareAct_SE,
~compareAct_W,
~compareAct_p,
~d4,
~CompareCKern_obs,
~CompareCKern_null,
~CompareCKern_seNull,
~CompareCKern_pNull)
rezultati_overlap <- tribble(~loop,
  ~vrsta1,
  ~vrsta2 ,
  ~naslov,
  ~overlapEst1,
  ~overlapEst4,
  ~bootCI)
rezultati_activity_human <- tribble(~loop,
  ~vrsta1,
  ~vrsta2 ,
  ~naslov,
  ~compareAct_Diff,
  ~compareAct_SE,
  ~compareAct_W,
  ~compareAct_p,
  ~d4,
  ~CompareCKern_obs,
  ~CompareCKern_null,
  ~CompareCKern_seNull,
  ~CompareCKern_pNull)
rezultati_human_frequency <- tribble(~loop,
  ~vrsta1,
  ~vrsta2 ,
  ~naslov,
  ~overlapEst1,
  ~overlapEst4,
  ~bootCI)

# Moon illuminosity, Dusk Dawn
#moon_illum <- getMoonIllumination(date = as.Date(a$`Date/Time`), keep = c("fraction")) #fraction, phase
tmp_data <- data.frame(date = as.Date(main_table$`Date/Time`),
  lat = main_table$Camelot_GPS_Latitude,
  lon = main_table$Camelot_GPS_Longitude)
dusk_dawn <- getSunlightTimes(data = tmp_data,
  keep = c("dusk", "dawn"), tz = Sys.timezone())
dusk_dawn$day_long <- as.numeric(dusk_dawn$dusk - dusk_dawn$dawn)
main_table$dawn <- dusk_dawn$dawn
main_table$dusk <- dusk_dawn$dusk
main_table$day_long <- dusk_dawn$day_long
remove(tmp_data)
remove(dusk_dawn)
# ClockTime_sati (s)
main_table$dusk <- period_to_seconds(hms(format(main_table$dusk, format = "%H:%M:%S")))
main_table$dawn <- period_to_seconds(hms(format(main_table$dawn, format = "%H:%M:%S")))
main_table$date_time_sec <- period_to_seconds(hms(format(main_table$`Date/Time`, format = "%H:%M:%S")))
#nova formula, dan od 0 do 0.5, noć od 0.5 do 1 - sunsetTime
main_table$part_of_day <- with(main_table, ifelse(date_time_sec < dawn,
  (86400 - dusk + date_time_sec) / (86400 - dusk + dawn) * 0.5+0.5,
  ifelse(date_time_sec >= dawn & date_time_sec <= dusk,
    (date_time_sec - dawn) / (dusk - dawn)*0.5,
    ifelse(date_time_sec >= dusk,
      (date_time_sec - dusk) / (86400 - dusk + dawn) * 0.5+0.5,
      0))))
#pomicanje grafa - podne u sredini
main_table <- main_table %>%
  mutate(part_of_day2 = part_of_day +0.25)
main_table <- main_table %>%
  mutate(part_of_day2 = ifelse(part_of_day2 >=1 ,part_of_day2 - 1, part_of_day2))
# filtriranje mikrolokacija te spajanje ljudi i mikrolokacija
main_table <- main_table %>%
  mutate(Species = ifelse(Species == "Vehicle sp.", "Homo sapiens", Species))

```

```

tmpp <- main_table %>%
  unite(Merged, Species, microlocation, sep = "_")
main_table$Merged <- tmpp$Merged
remove(tmpp)
#adding part of day_radians
main_table <- main_table %>%
  mutate(part_of_day_rad = part_of_day*2*pi) %>%
  mutate(date_time_sec_rad = date_time_sec/86400*2*pi)
#main_tables_filtrirane mikrolokacije
main_table_2locations <- main_table %>%
  filter((`microlocation`=='put') | (`microlocation`=='cesta'))

main_table_3locations <- main_table %>%
  filter((`microlocation`=='put') | (`microlocation`=='cesta') | (`microlocation`=='markiralište'))
#statistika o mikrolokacijama
species_stat <- main_table %>%
  group_by(Species) %>%
  summarise(n = n(),
    percentage = round(n()*100/nrow(main_table), digits = 2))
species_stat2 <- main_table_2locations %>%
  group_by(Species) %>%
  summarise(n = n(),
    percentage = round(n()*100/nrow(main_table), digits = 2))
species_stat3 <- main_table_3locations %>%
  group_by(Species) %>%
  summarise(n = n(),
    percentage = round(n()*100/nrow(main_table), digits = 2))
write_xlsx(main_table, './export/main_table.xlsx')
write_xlsx(main_table_2locations, './export/main_table_2locations.xlsx')
write_xlsx(main_table_3locations, './export/main_table_3locations.xlsx')
write_xlsx(species_stat, './export/Species_stat.xlsx')
write_xlsx(species_stat2, './export/Species_stat2.xlsx')
write_xlsx(species_stat3, './export/Species_stat3.xlsx')
#Activity stat između risa i ostalih vrsta
kombinacije_1 <- read_csv2(file = "kombinacije_vrsta.csv")
for (i in 1:nrow(kombinacije_1)) {
  spec1 <- paste(kombinacije_1[i,1])
  spec2 <- paste(kombinacije_1[i,2])
  naslov <- paste(kombinacije_1[i,3])
  m1 <- fitact(main_table_2locations$part_of_day_rad[main_table_2locations$Species== spec1], sample="model", reps=10)
  m2 <- fitact(main_table_2locations$part_of_day_rad[main_table_2locations$Species== spec2], sample="model", reps=10)

  rezultati_compareAct <- compareAct(list(m1,m2))
  d4<- ovl4(m1,m2)
  rezultati_CompareCKern <- compareCKern(m1, m2, reps = 10)
  rezultati_activity <- rezultati_activity %>% add_row(
    loop = i,
    vrsta1 = spec1,
    vrsta2 = spec2,
    naslov = naslov,
    compareAct_Diff = rezultati_compareAct[1],
    compareAct_SE = rezultati_compareAct[2],
    compareAct_W = rezultati_compareAct[3],
    compareAct_p = rezultati_compareAct[4],
    d4 = d4,
    CompareCKern_obs = rezultati_CompareCKern[1],
    CompareCKern_null = rezultati_CompareCKern[2],
    CompareCKern_seNull = rezultati_CompareCKern[3],
    CompareCKern_pNull = rezultati_CompareCKern[4])
}
write_xlsx(rezultati_activity, "./export_diff_species/rezultati_activity_među_vrstama.xls")
# Activity overlap between species#
kombinacije_1 <- read_csv2(file = "kombinacije_vrsta.csv")
for (i in 1:nrow(kombinacije_1)) {
  spec1 <- paste(kombinacije_1[i,1])
  spec2 <- paste(kombinacije_1[i,2])
  naslov <- paste(kombinacije_1[i,3])
  o1 <- main_table_2locations$part_of_day_rad[main_table_2locations$Species == spec1]
  o2 <- main_table_2locations$part_of_day_rad[main_table_2locations$Species == spec2]
  overlapEst <- overlapEst(o1,o2, type="Dhat4")
  bootstrap <- bootstrap(o1,o2, 1000, type="Dhat4")
}

```

```

overlapEst
mean(bootstrap)
bootCI(overlapEst, bootstrap)
png(filename=paste("./export_diff_species/", i, "_", naslov, "_graf_Overlap.png"))
overlapPlot(o1, o2, xscale=NA,
            linetype = c(1, 2), linecol = c("black", "blue"),
            linewidth = c(1, 1), olapcol = "lightgrey", rug=FALSE,
            extend=NULL, n.grid = 128, kmax = 3, adjust = 1)
dev.off()
rezultati_overlapEst <- overlapEst(o1, o2)
rezultati_overlap <- rezultati_overlap %>% add_row(
  loop = i,
  vrsta1 = spec1,
  vrsta2 = spec2,
  naslov = naslov,
  overlapEst1 = rezultati_overlapEst[1],
  overlapEst4 = rezultati_overlapEst[2],
  bootCI = bootCI(overlapEst, bootstrap)
)
}
write_xlsx(rezultati_overlap, "./export_diff_species/rezultati_overlap_među_vrstama.xlsx")
# Activity statistic_human high vs low #
kombinacije_2 <- read_csv2(file = "Kombinacije s ljudima_visa i niza2.csv")
for (i in 1:nrow(kombinacije_2)) {
  spec1 <- paste(kombinacije_2[i,1])
  spec2 <- paste(kombinacije_2[i,2])
  naslov <- paste(kombinacije_2[i,3])
  h1 <- fitact(main_table_2locations$part_of_day_rad[main_table_2locations$Merged== spec1], sample="model", reps=10)
  h2 <- fitact(main_table_2locations$part_of_day_rad[main_table_2locations$Merged== spec2], sample="model", reps=10)
  rezultati_compareAct <- compareAct(list(h1,h2))
  d4<- ovl4(h1,h2)
  rezultati_CompareCKern <- compareCKern(h1, h2, reps = 10)
  rezultati_activity_human <- rezultati_activity_human %>% add_row(
    loop = i,
    vrsta1 = spec1,
    vrsta2 = spec2,
    naslov = naslov,
    compareAct_Diff = rezultati_compareAct[1],
    compareAct_SE = rezultati_compareAct[2],
    compareAct_W = rezultati_compareAct[3],
    compareAct_p = rezultati_compareAct[4],
    d4 = d4,
    CompareCKern_obs = rezultati_CompareCKern[1],
    CompareCKern_null = rezultati_CompareCKern[2],
    CompareCKern_seNull = rezultati_CompareCKern[3],
    CompareCKern_pNull = rezultati_CompareCKern[4])
}
write_xlsx(rezultati_activity_human, "./export_human/rezultati_activity_high-low.xls")
# overlap grafovi - Human high vs. human low#
kombinacije_2 <- read_csv2(file = "Kombinacije s ljudima_visa i niza2.csv")
for (i in 1:nrow(kombinacije_2)) {
  spec1 <- paste(kombinacije_2[i,1])
  spec2 <- paste(kombinacije_2[i,2])
  naslov <- paste(kombinacije_2[i,3])
  h1 <- main_table_2locations$part_of_day_rad[main_table_2locations$Merged == spec1]
  h2 <- main_table_2locations$part_of_day_rad[main_table_2locations$Merged == spec2]
  overlapEst <- overlapEst(h1,h2, type="Dhat4")
  bootstrap <- bootstrap(h1,h2, 10, type="Dhat4")
  overlapEst
  mean(bootstrap)
  bootCI(overlapEst, bootstrap)
  png(filename=paste("./export_human/", i, "_", naslov, "_graf_Overlap.png"))
  overlapPlot(h1, h2, xscale=NA,
            linetype = c(1, 2), linecol = c("black", "blue"),
            linewidth = c(1, 1), olapcol = "lightgrey", rug=FALSE,
            extend=NULL, n.grid = 128, kmax = 3, adjust = 1)
  dev.off()
  rezultati_overlapEst <- overlapEst(h1, h2)
  rezultati_human_frequency <- rezultati_human_frequency %>% add_row(
    loop = i,
    vrsta1 = spec1,

```

```

vrsta2 = spec2,
naslov = naslov,
overlapEst1 = rezultati_overlapEst[1],
overlapEst4 = rezultati_overlapEst[2],
bootCI = bootCI(overlapEst, bootstrap)
)
}
write_xlsx(rezultati_human_frequency, "./export_human/rezultati_overlap_human.xlsx")
##analize sezonske aktivnosti
#install.packages (prema skripti 2)
# Radni direktorij
setwd(dirname(file.choose()))
dir.create("export_sezone")
dir.create("export_solar_clock")
dir.create("export_solar_clock_tmp")
# import "b_deduplicated" (pripremljeni podaci) - učitati RData
load('b_deduplicated_10min.RData')
main_table <- b
rezultati_sezone <- tribble(~loop,
  ~vrsta1,
  ~vrsta2,
  ~s1,
  ~s2,
  ~naslov,
  ~compareAct_Diff,
  ~compareAct_SE,
  ~compareAct_W,
  ~compareAct_p,
  ~d4,
  ~CompareCKern_obs,
  ~CompareCKern_null,
  ~CompareCKern_seNull,
  ~CompareCKern_pNull)
rezultati_sezone_overlap <- tribble(~loop,
  ~vrsta1,
  ~vrsta2 ,
  ~naslov,
  ~overlapEst1,
  ~overlapEst4,
  ~bootCI)
rezultati_solar_clock <- tribble(~loop,
  ~vrsta1,
  ~vrsta2 ,
  ~naslov,
  ~overlapEst1,
  ~overlapEst4,
  ~bootCI)
rezultati_solar_clock_stat <- rezultati_human_stat <- tribble(~loop,
  ~vrsta1,
  ~vrsta2 ,
  ~naslov,
  ~compareAct_Diff,
  ~compareAct_SE,
  ~compareAct_W,
  ~compareAct_p,
  ~d4,
  ~CompareCKern_obs,
  ~CompareCKern_null,
  ~CompareCKern_seNull,
  ~CompareCKern_pNull)

#activitySTAT_sezone ris#
# sljedeci kod je overlap plot za sezone
kombinacije_3 <- read_csv2(file = "kombinacije_sezone_ris.csv")
main_table$month <- month(main_table$`Date/Time`)
main_table_3locations$month <- month(main_table_3locations$`Date/Time`)
for (i in 1:nrow(kombinacije_3)) {
  spec1 <- paste(kombinacije_3[i,1])
  spec2 <- paste(kombinacije_3[i,2])
  start1 <- as.numeric(paste(kombinacije_3[i,3]))
  start2 <- as.numeric(paste(kombinacije_3[i,4]))
  naslov <- paste(kombinacije_3[i,5])

```

```

m1 <- fitact(main_table_3locations$part_of_day_rad[main_table_3locations$Species== spec1 &
            main_table_3locations$month >= start1 &
            main_table_3locations$month <= start1+2], sample="model", reps=10)
m2 <- fitact(main_table_3locations$part_of_day_rad[main_table_3locations$Species== spec2 &
            main_table_3locations$month >= start2 &
            main_table_3locations$month <= start2+2], sample="model", reps=10)
png(filename=paste("./export_sezone/", i, "_", naslov, "_graf_pojedine.png"))
plot(m1)
plot(m2)
dev.off()
rezultati_compareAct <- compareAct(list(m1,m2))
d4<- ovl4(m1,m2)
rezultati_CompareCKern <- compareCKern(m1, m2, reps = 10)
rezultati_sezone <- rezultati_sezone %>% add_row(
  loop = i,
  vrsta1 = spec1,
  vrsta2 = spec2,
  s1 = start1,
  s2 = start2,
  naslov = naslov,
  compareAct_Diff = rezultati_compareAct[1],
  compareAct_SE = rezultati_compareAct[2],
  compareAct_W = rezultati_compareAct[3],
  compareAct_p = rezultati_compareAct[4],
  d4 = d4,
  CompareCKern_obs = rezultati_CompareCKern[1],
  CompareCKern_null = rezultati_CompareCKern[2],
  CompareCKern_seNull = rezultati_CompareCKern[3],
  CompareCKern_pNull = rezultati_CompareCKern[4])
}
write_xlsx(rezultati_sezone, "./export_sezone/rezultati_sezone_ris.xls")
#Sezone Overlap grafovi pojedina vrsta RIS #
kombinacije_3 <- read_csv2(file = "kombinacije_sezone_ris.csv")
main_table$month <- month(main_table$`Date/Time`)
main_table_3locations$month <- month(main_table_3locations$`Date/Time`)
for (i in 1:nrow(kombinacije_3)) {
  spec1 <- paste(kombinacije_3[i,1])
  spec2 <- paste(kombinacije_3[i,2])
  start1 <- as.numeric(paste(kombinacije_3[i,3]))
  start2 <- as.numeric(paste(kombinacije_3[i,4]))
  naslov <- paste(kombinacije_3[i,5])
  s1 <- main_table_3locations$date_time_sec_rad[main_table_3locations$Species== spec1 &
            main_table_3locations$month >= start1 &
            main_table_3locations$month <= start1+2]
  s2 <- main_table_3locations$date_time_sec_rad[main_table_3locations$Species== spec2 &
            main_table_3locations$month >= start2 &
            main_table_3locations$month <= start2+2]
  overlapEst <- overlapEst(s1,s2, type="Dhat4")
  bootstrap <- bootstrap(s1,s2, 10, type="Dhat4")
  overlapEst
  mean(bootstrap)
  bootCI(overlapEst, bootstrap)
  png(filename=paste("./export_sezone/", i, "_", naslov, "_graf_Overlap.png"))
  overlapPlot(s1, s2, xscale = ,
    linetype = c(1, 2), linecol = c("black", "blue"),
    linewidth = c(1, 1), olapcol = "lightgrey", rug=FALSE,
    extend=NULL, n.grid = 128, kmax = 3, adjust = 1)
  legend("topright", c("Spec1", "Spec2"), col=1:2, lty=1, lwd=2)
  dev.off()
  rezultati_overlapEst <- overlapEst(s1, s2)
  rezultati_sezone_overlap <- rezultati_sezone_overlap %>% add_row(
    loop = i,
    vrsta1 = spec1,
    vrsta2 = spec2,
    naslov = naslov,
    overlapEst1 = rezultati_overlapEst[1],
    overlapEst4 = rezultati_overlapEst[2],
    bootCI = bootCI(overlapEst, bootstrap)
  )
}
write_xlsx(rezultati_sezone_overlap, "./export_sezone/sezone_over_RIS.xlsx")

```

```

#Activity statistika za sezone SRNA #
kombinacije_6 <- read_csv2(file = "kombinacije_sezone_srna.csv")
main_table$month <- month(main_table_2locations$`Date/Time`)
main_table_2locations$month <- month(main_table_2locations$`Date/Time`)
for (i in 1:nrow(kombinacije_6)) {
  spec1 <- paste(kombinacije_6[i,1])
  spec2 <- paste(kombinacije_6[i,2])
  start1 <- as.numeric(paste(kombinacije_6[i,3]))
  start2 <- as.numeric(paste(kombinacije_6[i,4]))
  naslov <- paste(kombinacije_6[i,5])
  m1 <- fitact(main_table_2locations$part_of_day_rad[main_table_2locations$Species== spec1 &
    main_table_2locations$month >= start1 &
    main_table_2locations$month <= start1+2], sample="model", reps=10)
  m2 <- fitact(main_table_2locations$part_of_day_rad[main_table_2locations$Species== spec2 &
    main_table_2locations$month >= start2 &
    main_table_2locations$month <= start2+2], sample="model", reps=10)
  png(filename=paste("./export_sezone/", i, "_", naslov, "_graf_Activity.png"))
  plot(m1)
  plot(m2)
  dev.off()
  rezultati_compareAct <- compareAct(list(m1,m2))
  d4<- ovl4(m1,m2)
  rezultati_CompareCKern <- compareCKern(m1, m2, reps = 10)
  rezultati_sezone <- rezultati_sezone %>% add_row(
    loop = i,
    vrsta1 = spec1,
    vrsta2 = spec2,
    s1 = start1,
    s2 = start2,
    naslov = naslov,
    compareAct_Diff = rezultati_compareAct[1],
    compareAct_SE = rezultati_compareAct[2],
    compareAct_W = rezultati_compareAct[3],
    compareAct_p = rezultati_compareAct[4],
    d4 = d4,
    CompareCKern_obs = rezultati_CompareCKern[1],
    CompareCKern_null = rezultati_CompareCKern[2],
    CompareCKern_seNull = rezultati_CompareCKern[3],
    CompareCKern_pNull = rezultati_CompareCKern[4])
}
write_xlsx(rezultati_sezone, "./export_sezone/rezultati_sezone_srna.xls")
#Sezone Overlap grafovi pojedina vrsta srna #
kombinacije_6 <- read_csv2(file = "kombinacije_sezone_srna.csv")
main_table$month <- month(main_table$`Date/Time`)
main_table_2locations$month <- month(main_table_2locations$`Date/Time`)
for (i in 1:nrow(kombinacije_6)) {
  spec1 <- paste(kombinacije_6[i,1])
  spec2 <- paste(kombinacije_6[i,2])
  start1 <- as.numeric(paste(kombinacije_3[i,3]))
  start2 <- as.numeric(paste(kombinacije_3[i,4]))
  naslov <- paste(kombinacije_6[i,5])
  s1 <- main_table_2locations$part_of_day_rad[main_table_2locations$Species== spec1 &
    main_table_2locations$month >= start1 &
    main_table_2locations$month <= start1+2]
  s2 <- main_table_2locations$part_of_day_rad[main_table_2locations$Species== spec2 &
    main_table_2locations$month >= start2 &
    main_table_2locations$month <= start2+2]
  overlapEst <- overlapEst(s1,s2, type="Dhat4")
  bootstrap <- bootstrap(s1,s2, 10, type="Dhat4")
  overlapEst
  mean(bootstrap)
  bootCI(overlapEst, bootstrap)
  png(filename=paste("./export_sezone/", i, "_", naslov, "_graf_Overlap.png"))
  overlapPlot(s1, s2, xscale = ,
    linetype = c(1, 2), linecol = c("black", "blue"),
    linewidth = c(1, 1), olapcol = "lightgrey", rug=FALSE,
    extend=NULL, n.grid = 128, kmax = 3, adjust = 1)
  legend("topright", c("Spec1", "Spec2"), col=1:2, lty=1, lwd=2)
  dev.off()
  rezultati_overlapEst <- overlapEst(s1, s2)
  rezultati_sezone_overlap <- rezultati_sezone_overlap %>% add_row(

```

```

loop = i,
vrsta1 = spec1,
vrsta2 = spec2,
naslov = naslov,
overlapEst1 = rezultati_overlapEst[1],
overlapEst4 = rezultati_overlapEst[2],
bootCI = bootCI(overlapEst, bootstrap)
)
}
write_xlsx(rezultati_sezone_overlap, "./export_sezone/sezone_srne.xlsx")
#Solar vs Clock Time_Overlap graf_pojed vrste #
kombinacije_4 <- read_csv2(file = "Kombinacije solar vs clock time.csv")
for (i in 1:nrow(kombinacije_4)) {
  spec1 <- paste(kombinacije_4[i,1])
  spec2 <- paste(kombinacije_4[i,2])
  naslov <- paste(kombinacije_4[i,3])
  s1 <- main_table_2locations$part_of_day_rad[main_table_2locations$Species == spec1]
  s2 <- main_table_2locations$date_time_sec_rad[main_table_2locations$Species == spec2]
  overlapEst <- overlapEst(s1,s2, type="Dhat4")
  bootstrap <- bootstrap(s1,s2, 10, type="Dhat4")
  overlapEst
  mean(bootstrap)
  bootCI(overlapEst, bootstrap)
  png(filename=paste("./export_solar_clock/", i, "_", naslov, "_graf_SCTime.png"))
  overlapPlot(s1, s2, xcenter="noon", xscale = ,
    linetype = c(1, 2), linecol = c("black", "blue"),
    linewidth = c(1, 1), olapcol = "lightgrey", rug=FALSE,
    extend=NULL, n.grid = 128, kmax = 3, adjust = 1)
  dev.off()
  rezultati_overlapEst <- overlapEst(s1, s2)
  rezultati_solar_clock <- rezultati_solar_clock %>% add_row(
    loop = i,
    vrsta1 = spec1,
    vrsta2 = spec2,
    naslov = naslov,
    overlapEst1 = rezultati_overlapEst[1],
    overlapEst4 = rezultati_overlapEst[2],
    bootCI = bootCI(overlapEst, bootstrap)
  )
}
write_xlsx(rezultati_solar_clock, "./export_solar_clock/rezultati_solar_clock.xlsx")
#activity stat for Solar_ClockTime#
kombinacije_4 <- read_csv2(file = "Kombinacije solar vs clock time.csv")
for (i in 1:nrow(kombinacije_4)) {
  spec1 <- paste(kombinacije_4[i,1])
  spec2 <- paste(kombinacije_4[i,2])
  naslov <- paste(kombinacije_4[i,3])
  sc1 <- fitact(main_table_2locations$part_of_day_rad[main_table_2locations$Species== spec1], sample="model", reps=10)
  sc2 <- fitact(main_table_2locations$date_time_sec_rad[main_table_2locations$Species== spec2], sample="model", reps=10)
  png(filename=paste("./export_solar_clock_tmp/", i, "_", naslov, "_graf_Plot.png"))
  plot(sc1)
  plot(sc2)
  dev.off()
  rezultati_compareAct <- compareAct(list(sc1,sc2))
  d4<- ovl4(sc1,sc2)
  rezultati_CompareCKern <- compareCKern(sc1, sc2, reps = 10)
  rezultati_solar_clock_stat <- rezultati_solar_clock_stat %>% add_row(
    loop = i,
    vrsta1 = spec1,
    vrsta2 = spec2,
    naslov = naslov,
    compareAct_Diff = rezultati_compareAct[1],
    compareAct_SE = rezultati_compareAct[2],
    compareAct_W = rezultati_compareAct[3],
    compareAct_p = rezultati_compareAct[4],
    d4 = d4,
    CompareCKern_obs = rezultati_CompareCKern[1],
    CompareCKern_null = rezultati_CompareCKern[2],
    CompareCKern_seNull = rezultati_CompareCKern[3],
    CompareCKern_pNull = rezultati_CompareCKern[4])
}

```

```

write_xlsx(rezultati_solar_clock_stat, "/export_solar_clock/rezultati_solar_clock_stat.xlsx")
#Statistička analiza podataka
rezultati_sezone_SAT <- tribble(~loop,
  ~vrsta1,
  ~vrsta2,
  ~s1,
  ~s2,
  ~naslov,
  ~compareAct_Diff,
  ~compareAct_SE,
  ~compareAct_W,
  ~compareAct_p,
  ~d4,
  ~CompareCKern_obs,
  ~CompareCKern_null,
  ~CompareCKern_seNull,
  ~CompareCKern_pNull)
rezultati_sezone_overlap_sc <- tribble(~loop,
  ~vrsta1,
  ~vrsta2 ,
  ~naslov,
  ~overlapEst1,
  ~overlapEst4,
  ~bootCI)

#ACTIVITY STATISTIKA ZA SEZONE U SATIMA I SUNCU #
kombinacije_5 <- read_csv2(file = "kombinacije_solar_clock_sezone.csv")
main_table$month <- month(main_table$`Date/Time`)
main_table_2locations$month <- month(main_table_2locations$`Date/Time`)
for (i in 1:nrow(kombinacije_5)) {
  spec1 <- paste(kombinacije_5[i,1])
  spec2 <- paste(kombinacije_5[i,2])
  start1 <- as.numeric(paste(kombinacije_5[i,3]))
  start2 <- as.numeric(paste(kombinacije_5[i,4]))
  naslov <- paste(kombinacije_5[i,5])
  m1 <- fitact(main_table_2locations$part_of_day_rad[main_table_2locations$Species== spec1 &
    main_table_2locations$month >= start1 &
    main_table_2locations$month <= start1+2], sample="model", reps=10)
  m2 <- fitact(main_table_2locations$date_time_sec_rad[main_table_2locations$Species== spec2 &
    main_table_2locations$month >= start2 &
    main_table_2locations$month <= start2+2], sample="model", reps=10)
  rezultati_compareAct <- compareAct(list(m1,m2))
  d4<- ovl4(m1,m2)
  rezultati_CompareCKern <- compareCKern(m1, m2, reps = 10)
  rezultati_sezone_SAT <- rezultati_sezone_SAT %>% add_row(
    loop = i,
    vrsta1 = spec1,
    vrsta2 = spec2,
    s1 = start1,
    s2 = start2,
    naslov = naslov,
    compareAct_Diff = rezultati_compareAct[1],
    compareAct_SE = rezultati_compareAct[2],
    compareAct_W = rezultati_compareAct[3],
    compareAct_p = rezultati_compareAct[4],
    d4 = d4,
    CompareCKern_obs = rezultati_CompareCKern[1],
    CompareCKern_null = rezultati_CompareCKern[2],
    CompareCKern_seNull = rezultati_CompareCKern[3],
    CompareCKern_pNull = rezultati_CompareCKern[4])
}
write_xlsx(rezultati_sezone_SAT, "/export_solar_clock_sc/rezultati_sezone_SAT.xls")
#Sezone Solar clock Overlap grafovi sve vrste#
kombinacije_5 <- read_csv2(file = "kombinacije_solar_clock_sezone.csv")
main_table$month <- month(main_table$`Date/Time`)
main_table_2locations$month <- month(main_table_2locations$`Date/Time`)
write_xlsx(main_table_2locations, '/export/main_table_2locations_MONTH.xlsx')
for (i in 1:nrow(kombinacije_5)) {
  spec1 <- paste(kombinacije_5[i,1])
  spec2 <- paste(kombinacije_5[i,2])
  start1 <- as.numeric(paste(kombinacije_5[i,3]))
  start2 <- as.numeric(paste(kombinacije_5[i,4]))

```

```

naslov <- paste(kombinacije_5[i,5])
s1 <- main_table_2locations$part_of_day_rad[main_table_2locations$Species== spec1 &
      main_table_2locations$month >= start1 &
      main_table_2locations$month <= start1+2]
s2 <- main_table_2locations$date_time_sec_rad[main_table_2locations$Species== spec2 &
      main_table_2locations$month >= start2 &
      main_table_2locations$month <= start2+2]
overlapEst <- overlapEst(s1,s2, type="Dhat4")
bootstrap <- bootstrap(s1,s2, 10, type="Dhat4")
overlapEst
mean(bootstrap)
bootCI(overlapEst, bootstrap)
png(filename=paste("./export_solar_clock_sc/", i, "_", naslov, "_graf_Overlap.png"))
overlapPlot(s1, s2, xscale = ,
            linetype = c(1, 2), linecol = c("black", "blue"),
            linewidth = c(1, 1), olapcol = "lightgrey", rug=FALSE,
            extend=NULL, n.grid = 128, kmax = 3, adjust = 1)
legend("topright", c("Spec1", "Spec2"), col=1:2, lty=1, lwd=2)
dev.off()
rezultati_overlapEst <- overlapEst(s1, s2)
rezultati_sezone_overlap_sc <- rezultati_sezone_overlap_sc %>% add_row(
  loop = i,
  vrsta1 = spec1,
  vrsta2 = spec2,
  naslov = naslov,
  overlapEst1 = rezultati_overlapEst[1],
  overlapEst4 = rezultati_overlapEst[2],
  bootCI = bootCI(overlapEst, bootstrap)
)
}
write_xlsx(rezultati_sezone_overlap_sc, "./export_solar_clock_sc/sezone_solar_clock.xlsx")

```

10. ŽIVOTOPIS AUTORA S POPISOM OBJAVLJENIH ZNANSTVENIH RADOVA

Silvia Blašković, dr. med. vet., rođena je 06. 09. 1994., u Rijeci, Republika Hrvatska. Godine 2013. upisuje Veterinarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu. Za vrijeme dodiplomskog studija bila je demonstrator na Zavodu za lovstvo i divlje životinje. Veterinarski fakultet uspješno završava 2020. godine obranivši diplomski rad pod nazivom „Koliko risova živi na Velebitu?“, koji je izrađen pod dvojnim mentorstvom na Zavodu za lovstvo i divlje životinje pod mentorstvom izv. prof. dr. sc. Magde Sindičić te na Zavodu za veterinarsku biologiju pod vodstvom izv. prof. dr. sc. Tomislava Gomerčića. Iste godine zapošljava se na Veterinarskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu, u sklopu programa Hrvatske zaklade za znanost "Razvoj karijera mladih istraživača - izobrazba novih doktora znanosti".

Popis objavljenih radova:

Znanstveni radovi

- BLAŠKOVIĆ, S., L. HUCIKA, M. SINDIČIĆ, I. TOPLIČANEC, I. SELANEC, I. BUDINSKI, V. SLIJEPEČEVIĆ, J. TOMAIĆ, T. RUKAVINA, F. ŠPALJ et al. (2019): Koliko risova živi na Velebitu? Veterinar: časopis studenata veterinarske medicine Zagreb, 57, 3; 2-8.
- BLAŠKOVIĆ, S., T. GOMERČIĆ, I. TOPLIČANEC, M. SINDIČIĆ (2022): Temporal overlap of human and apex predator activity on wildlife trails and forest roads. Fol. Zool., 71, 22029, 9.
- GOMERČIĆ, T., V. SLIJEPEČEVIĆ, M. SINDIČIĆ, G. IVANOV, J. KUSAK, J. TOMAIĆ, I. BUDINSKI, I. SELANEC, S. BLAŠKOVIĆ, I. TOPLIČANEC (2021): Distribution and minimum population size of Eurasian lynx (*Lynx lynx*) in Croatia in the period 2018-2020. Šumarski list, 145, 11-12; 525-533.
- SINDIČIĆ, M. M. BUJANIĆ, E. POSAVEC, S. BLAŠKOVIĆ, I. SVETLIČIĆ, F. MARTINKOVIĆ, D. KONJEVIĆ (2022): Comparison of mitochondrial cox1 gene in *Fascioloides magna* from different host species. Veterinarski arhiv, 92, 5; 617-621.
- ŠKLEBAR, V., M. SINDIČIĆ, J. TOMAIĆ, T. RUKAVINA, I. TOPLIČANEC, S. BLAŠKOVIĆ, F. ŠPALJ, T. GOMERČIĆ (2021): Monitoring of Large Mammals on

Velebit Mountain During 2018 and 2019. Veterinar: časopis studenata veterinarske medicine Zagreb, 59, 2; 2-10.

TOPLIČANEC, I., T. GOMERČIĆ, R. ČERNE, M. KROFEL, I. M. POP, J. KUBALA, B. TÁM, S. BLAŠKOVIĆ, M. SINDIČIĆ (2022): Early post-release behaviour of Eurasian lynx translocated to the transboundary region of Dinaric Mountains. Fol. Zool., 71, 22064; 22064.1, 16.

Kongresna priopćenja

BLAŠKOVIĆ, S., I. TOPLIČANEC, M. SINDIČIĆ, V. SLIJEPEČEVIĆ, I. BUDINSKI, J. TOMAIĆ, T. RUKAVINA, T. GOMERČIĆ (2021): Analysis of temporal overlap between wolf and its prey. 9th International Congress Veterinary Science and Profession Book of abstracts. Brkljača Bottegaro, N., M. Lukač, N. Zdolec (ur.). Zagreb: Veterinarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 74-74.

BLAŠKOVIĆ, S., L. HUCIKA, M. SINDIČIĆ, I. TOPLIČANEC, V. SLIJEPEČEVIĆ, I. SELANEC, I. BUDINSKI, R. ČERNE, U. FLEZAR, M. BARTOL (2021): Review of camera trap features for successful lynx identification. Abstract book 11th Baltic theriological conference. Paulauskas, A. (ur.). Kaunas: Vytautas Magnus University, 10-10.

BLAŠKOVIĆ, S., L. HUCIKA, M. SINDIČIĆ, I. TOPLIČANEC, I. SELANEC, I. BUDINSKI, V. SLIJEPEČEVIĆ, J. TOMAIĆ, T. RUKAVINA, F. ŠPALJ (2019): How many lynxes live on Velebit? Book of abstracts: 8th INTERNATIONAL CONGRESS "VETERINARY SCIENCE AND PROFESSION". Brkljača - Bottegaro, N., N. Zdolec, Z. Vrbanac (ur.). Zagreb: Veterinarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 73-73.

BLAŠKOVIĆ, S., M. SINDIČIĆ, I. TOPLIČANEC, V. SLIJEPEČEVIĆ, I. BUDINSKI, J. TOMAIĆ, T. RUKAVINA, D. BAKRAN, T. GOMERČIĆ (2022): Monitoring of Eurasian Lynx Reproduction with Camera Traps in Croatia. Second International Congress on Biological and Health Sciences Abstract Book, 389-389.

GOMERČIĆ, T., I. TOPLIČANEC, S. BLAŠKOVIĆ, V. SLIJEPEČEVIĆ, J. TOMAIĆ, M. SINDIČIĆ (2022): Kretanje domicilnih i naseljenih risova na području Velebita. Zbornik sažetaka 14. Hrvatskog biološkog kongresa. Mihalić, K., V. Mičetić Stanković, I. Urlić (ur.). Zagreb: Hrvatsko biološko društvo, 80-81.

- NIKOLIĆ, B., L. BAKRAN, I. MLAKIĆ, T. GOMERČIĆ, I. TOPLIČANEC, S. BLAŠKOVIĆ, M. SINDIČIĆ (2023): Non-invasive monitoring of sarcoptic mange compatible lesions in red fox (*Vulpes vulpes*). Book of Abstracts of 10th International Congress Veterinary Science and Profession. Zagreb: Veterinarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 118-118.
- POZZINI, M., T. GOMERČIĆ, M. SINDIČIĆ, I. TOPLIČANEC, S. BLAŠKOVIĆ, M. ARONSSON (2023): Spatio-temporal overlap between three sympatric canids in Croatia. Primo Conferenza di Biologia della Conservazione per ECR - Libro dei riassunti. Rim: Italian chapter of the Society for Conservation Biology, 1-1.
- SINDIČIĆ, M., T. GOMERČIĆ, T. SKRBINŠEK, M. KROFEL, I. TOPLIČANEC, U. FLEŽAR, V. SLIJEPEČEVIĆ, S. BLASKOVIĆ, T. SIN, J. KUBALA, JAKOB ET AL. (2022): Jesmo li spasili dinarsku populaciju risa od izumiranja?. Zbornik sažetaka 14. Hrvatskog biološkog kongresa. (Mihalić, K., V. Mičetić Stanković, I. Urlić, ur.). Zagreb: Hrvatsko biološko društvo, 97-98.
- TOPLIČANEC, I., M. SINDIČIĆ, S. BLAŠKOVIĆ, T. GOMERČIĆ (2021): Temporality of coat patterns in endangered Eurasian lynx population in Croatia. Abstract book 11th Baltic theriological conference. Paulauskas, A. (ur.). Kaunas: Vytautas Magnus University, 32-32.
- TOPLIČANEC, I., S. BLAŠKOVIĆ, M. SINDIČIĆ, V. SLIJEPEČEVIĆ, I. SELANEC, T. SOTINAC, N. FABIJANIĆ, J. TOMAIĆ, T. RUKAVINA, T. GOMERČIĆ (2023): Estimating eurasian lynx population trends using minimum population count and individual survival. Book of Abstracts of 10th International Congress Veterinary Science and Profession. Zagreb: Veterinarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 115-115.

Druge vrste radova

- BLAŠKOVIĆ, S. (2020): Koliko risova živi na Velebitu?. diplomski rad, Veterinarski fakultet, Zagreb.
- BLAŠKOVIĆ, S., I. TOPLIČANEC (2020): Spašavanje dinarske populacije risa od izumiranja. Veterinar: časopis studenata veterinarske medicine Zagreb, 58, 2; 48. - 49.

FLEŽAR, U., L. HOČEVAR, M. SINDIČIĆ, T. GOMERČIĆ, M. KONEC, M. BARTOL, B. BOLJTE, J. ČRTALIČ, S. BLAŠKOVIĆ, I. TOPLIČANEC; M. JAN, F. KLJUN, A. MOLINARI-JOBIN, T. GOTAR, J. JAVORNIK, M. PROSTOR, T. HVALA, V. SLIJEPČEVIĆ, A. TRAJBARIČ, M. PREDALIČ, H. POTOČNIK, T. SKRBINŠEK, A. VIK STRONEN, D. BORDJAN, P. MOLINARI, T. SIN, A. GAZZOLA, M. POP, J. KUBALA, R. ČERNE, M. KROFEL (2024): Surveillance of the reinforcement process of the Dinaric - SE Alpine lynx population in the lynx-monitoring year 2022-2023: final report. Technical report. Ljubljana, 89.

FLEŽAR, U., L. HOČEVAR, M. SINDIČIĆ, T. GOMERČIĆ, M. KONEC, V. SLIJEPČEVIĆ, M. BARTOL, B. BOLJTE, J. ČRTALIČ, M. JAN, F. KLJUN, A. MOLINARI-JOBIN, A. PIČULIN, T. GOTAR, J. JAVORNIK, R. PORTAS PEREZ, H. POTOČNIK, A. ROT, T. SKRBINŠEK, A. VIK STRONEN, I. TOPLIČANEC, S. BLAŠKOVIĆ, P. MOLINARI, R. ČERNE, M. KROFEL (2023): Surveillance of the reinforcement process of the Dinaric - SE Alpine lynx population in the lynx-monitoring year 2021-2022. Technical report. Ljubljana, 73.

FLEŽAR, U., L. HOČEVAR, M. SINDIČIĆ, T. GOMERČIĆ, M. KONEC, V. SLIJEPČEVIĆ, M. BARTOL, Š. HOČEVAR, J. ČRTALIČ, M. JELENČIČ, F. KLJUN, A. MOLINARI-JOBIN, A. PIČULIN, T. GOTAR, J. JAVORNIK, R. PORTAS PERES, H. POTOČNIK, HUBERT, A. ROT, T. SKRBINŠEK, I. TOPLIČANEC, S. BLAŠKOVIĆ, P. MOLINARI, R. ČERNE, M. KROFEL (2022): Surveillance of the reinforcement process of the Dinaric - SE Alpine lynx population in the lynx-monitoring year 2020-2021. Izvještaj LIFE Lynx projekt.

HOČEVAR, L., B. BOLJTE, R. ČERNE, J. ČRTALIČ, U. FLEŽAR, Fricelj, Blaž; T. GOMERČIĆ, M. JAN, F. KLJUN, P. KVAPIL, M. KONEC, A. MOLINARI-JOBIN, P. MOLINARI, T. OLIVEIRA, T. PIRC, H. POTOČNIK, M. PREDALIČ, M. PROSTOR, M. SINDIČIĆ, T. SKRBINŠEK, I. TOPLIČANEC, S. BLAŠKOVIĆ, V. ZGONIK, M. KROFEL (2024): Monitoring of survival, movement, reproduction and predation of translocated lynx and other lynx equipped with GPS collars. Technical report. Ljubljana. 59.

KONEC, M., U. FLEŽAR, T. SKRBINŠEK, L. HOČEVAR, M. SINDIČIĆ, T. GOMERČIĆ, M. BARTOL, B. BOLJTE, J. ČRTALIČ, S. BLAŠKOVIĆ, I. TOPLIČANEC, M. JAN, F.

- KLJUN, A. MOLINARI-JOBIN, T. GOTAR, J. JAVORNIK, M. PROSTOR, T. HVALA, V. SLIJEPČEVIĆ, A. TRAJBARIČ, M. PREDALIČ, H. POTOČNIK, E. PAZHENKOVA, A. VIK STRONEN, D. BORDJAN, P. MOLINARI, J. KUBALA, M. POP, T. SIN, A. GAZZOLA, R. ČERNE, M. KROFEL (2024): Development of the population and impact of the reinforcement program with experiences gained and recommendations for future lynx reinforcement projects. Technical report. Ljubljana, 31.
- SINDIČIĆ, M., P. KVAPIL, D. VENGUŠT, G. VENGUŠT, V. STEVANOVIĆ, M. PERHARIĆ, J. HABUŠ, T. GOMERČIĆ, I. TOPLIČANEC, S. BLAŠKOVIĆ, J. KUBALA, M. BELAK, B. TAM, T. SIN, M. POP, A. GAZZOLA, U. FLEŽAR, M. BARTOL, M. KONEC, M. KROFEL, R. ČERNE (2024): Health surveillance during the LIFE Lynx project (2017 - 2023) (2023): Technical report. LIFE Lynx project, 20.