

Univerza v Mariboru  
Fakulteta za naravoslovje in matematiko  
Oddelek za biologijo

# **MAGISTRSKO DELO**

**Teja VRBEK**

Maribor, 2020

Univerza v Mariboru  
Fakulteta za naravoslovje in matematiko  
Oddelek za biologijo

Teja VRBEK

Razlike v morfološko-funkcionalnih tipih in funkcionalni pestrosti pol-  
naravnega travnika glede na pogostost košnje

MAGISTRSKO DELO

Differences in morphological-functional types and functional diversity of semi-  
natural grassland with different cutting frequency

Mentorica: izr. prof. dr. Sonja ŠKORNIK  
Somentorica: doc. dr. Nataša PIPENBAHER

Maribor, 2020

UNIVERZA V MARIBORU  
FAKULTETA ZA NARAVOSLOVJE IN MATEMATIKO

**IZJAVA O AVTORSTVU IN ISTOVETNOSTI TISKANE IN ELEKTRONSKE  
OBLIKE MAGISTRSKEGA DELA**

Ime in priimek študentke: Teja VRBEK

Študijski program: Biologija in ekologija z naravovarstvom

Naslov zaključnega dela: Razlike v morfološko-funkcionalnih tipih in funkcionalni pestrosti pol-naravnega travnika glede na pogostost košnje

Mentor: izr. prof. dr. Sonja ŠKORNIK

Somentor: doc. dr. Nataša PIPENBAHER

Podpisana študentka Teja VRBEK

- izjavljam, da je zaključno delo rezultat mojega samostojnega dela, ki sem ga izdelal/-a ob pomoči mentor-ja/-ice oz. somentor-ja/-ice;
- izjavljam, da sem pridobil/-a vsa potrebna soglasja za uporabo podatkov in avtorskih del v magistrskem delu in jih v magistrskem delu jasno in ustrezno označil/-a;
- na Univerzo v Mariboru neodplačno, neizključno, prostorsko in časovno neomejeno prenašam pravico shranitve avtorskega dela v elektronski obliki, pravico reproduciranja ter pravico ponuditi zaključno delo javnosti na svetovnem spletu preko DKUM; sem seznanjen/-a, da bodo dela deponirana/objavljena v DKUM dostopna široki javnosti pod pogoji licence Creative Commons BY-NC-ND, kar vključuje tudi avtomatizirano indeksiranje preko spleta in obdelavo besedil za potrebe tekstovnega in podatkovnega rudarjenja in ekstrakcije znanja iz vsebin; uporabnikom se dovoli reproduciranje brez predelave avtorskega dela, distribuiranje, dajanje v najem in priobčitev javnosti samega izvirnega avtorskega dela, in sicer pod pogojem, da navedejo avtorja in da ne gre za komercialno uporabo;
- dovoljujem objavo svojih osebnih podatkov, ki so navedeni v magistrskem delu in tej izjavi, skupaj z objavo zaključnega dela;
- izjavljam, da je tiskana oblika zaključnega dela istovetna elektronski obliki zaključnega dela, ki sem jo oddal/-a za objavo v DKUM.

---

Uveljavljam permisivnejšo obliko licence Creative Commons: CC BY-ND 4.0

---

Datum in kraj: 03.02.2020, Maribor

Podpis študentke:

---

## IZVLEČEK

V raziskavi smo ugotavljali razlike v morfološko-funkcionalnih potezah in funkcionalni pestrosti pol-naravnega travnika asociacije *Ranunculo repentis-Alopecuretum pratensis* glede na pogostost košnje. To so srednjeevropski mezotrofni do evtrofni gojeni nižinski travniki (šifra habitatnega tipa: *Physis* 38.22; *Natura* 6510). Ti travniki so med vrstno bogatejšimi habitatni v Evropi in so s kmetijskega stališča pomembni predvsem kot vir krme za živino. Naša raziskava temelji na podatkih, ki so bili zbrani na trajnih popisnih ploskvah pol-naravnega travnika, ki ga vse od leta 1995 vodijo na Fakulteti za kmetijstvo in biosistemske vede Univerze v Mariboru. Poskus je zasnovan po metodi naključnih blokov v štirih ponovitvah s šestimi različnimi režimi košnje. V analizo smo vključili 63 rastlinskih vrst, 31 vegetacijskih popisov in 52 morfološko-funkcionalnih potez. Določitev morfološko-funkcionalnih tipov za popisane rastline smo izvedli s klastersko analizo. Za ugotavljanje vpliva košnje na morfološko-funkcionalne poteze in funkcionalno pestrost smo uporabili PCA analizo. Določili smo 5 morfološko-funkcionalnih tipov rastlin. Potrdili smo hipotezo, da je različna pogostnost košnje posameznih popisnih ploskev spremenila zastopanost in razmerje posameznih morfološko-funkcionalnih potez rastlin v primerjavi z izhodiščnim ekstenzivnim travnikom. V raziskavi smo delno potrdili tudi hipotezo, da bo največja funkcionalna pestrost na popisnih ploskvah z najmanj pogosto košnjo. To je veljalo predvsem za poteze, ki so v močni povezavi s kompeticijsko strategijo rastlin, kakršna je tudi višina rastline.

**Ključne besede:** vegetacija, travišča, morfološko-funkcionalne poteze, košnja, funkcionalna pestrost

## ABSTRACT

In our research, we examined differences in plant morphological-functional traits and plant functional diversity of the *Ranunculo repentis-Alopecuretum pratensis* association in relation to the mowing frequency. These are Central European mesotrophic to eutrophic cultivated lowland hay meadows (habitat code: *Physis* 38.22; Natura 2000 code: 6510). Semi-natural grasslands are among the most species-rich habitats in Europe and play an important role in livestock farming. Our research is based on data collected on permanent plots of semi-natural meadow, which has been kept since 1995, at the Faculty of Agriculture and Life Sciences of the University of Maribor. The experiment is designed using the random block method in four replications, with six different mowing regimes. 63 plant species, 31 vegetation releves and 52 morphological-functional traits were included in the analysis. Determination of morphological-functional types for the plants was performed by cluster analysis. PCA analysis was used to determine the impact of mowing on morphological-functional traits and functional diversity. We identified five (5) morphological-functional plant types. We confirmed our hypothesis that different mowing frequency of individual plots, changed the representation and share of individual morphological-functional plant traits compared to the baseline extensive grassland. The study partially confirmed the second hypothesis that the highest functional diversity will be in the plots with the most extensive (low) mowing frequency. This was especially true for traits that are strongly related to the competitive strategy of the plant, such as the height of the plant.

**Key words:** vegetation, grasslands, morphological-functional plant traits, cutting regime, functional diversity

## KAZALO VSEBINE

1	UVOD.....	1
2	PREGLED LITERATURE.....	3
	2.1 POL-NARAVNI TRAVNIKI ASOCIACIJE <i>RANUNCULO REPENTIS</i> – <i>ALOPECURETUM PRATENSIS</i> Ellmauer 1993 V ZMERNEM PASU.....	3
	2.2 KOŠNJA KOT OBLIKA MOTNJE.....	4
	2.3 MORFOLOŠKO-FUNKCIONALNE POTEZE RASTLIN.....	5
	2.4 FUNKCIONALNA PESTROST.....	5
3	NAMEN IN HIPOTEZE RAZISKAVE.....	7
	3.1 CILJI RAZISKAVE.....	7
	3.2 PREDPOSTAVKE IN MOREBITNE OMEJITVE.....	8
4	MATERIALI IN METODE.....	9
	4.1 RAZISKOVALNO OBMOČJE.....	9
	4.2 NOMENKLATURA.....	10
	4.3 POSTAVITEV POSKUSA IN VZORČENJE.....	10
	4.4 MORFOLOŠKO-FUNKCIONALNE POTEZE (MFP).....	11
	4.5 ANALIZA PODATKOV.....	17
	4.5.1 KLASTRSKA ANALIZA.....	17
	4.5.2 SREDNJA VREDNOST MORFOLOŠKO-FUNKCIONALNIH POTEZ.....	18
	4.5.3 FUNKCIONALNA PESTROST.....	19
5	REZULTATI Z DISKUSIJO.....	20
	5.1 KLASTRSKA ANALIZA MORFOLOŠKO-FUNKCIONALNIH POTEZ.....	20
	5.2 SREDNJE VREDNOSTI MORFOLOŠKO-FUNKCIONALNIH POTEZ.....	25
	5.3 FUNKCIONALNA PESTROST.....	32
6	ZAKLJUČKI.....	50
7	POVZETEK.....	51
8	SUMMARY.....	52
9	ZAHVALA.....	53
10	LITERATURA.....	54
11	PRILOGA.....	60

## KAZALO SLIK

Slika 1: Razporeditev po metodi naključnih blokov .....	11
Slika 2: CWM matrika funkcionalne poteze x popisne ploskve .....	18
Slika 3: Dendrogram TWINSpan analize; MFT .....	23
Slika 4: PCA ordinacijski diagram CWM matrike.....	26
Slika 5: PCA ordinacijski diagram CWM matrike za leto 2006.....	28
Slika 6: PCA ordinacijski diagram CWM matrike za leto 2012.....	30
Slika 7: PCA ordinacijski diagram matrike funkcionalne pestrosti. ....	32
Slika 8: Povprečje indeksa funkcionalne pestrosti povprečne višine rastlin (CH povp) .....	34
Slika 9: Povprečje indeksa funkcionalne pestrosti klonalnosti (CGO).....	35
Slika 10: Povprečje indeksa funkcionalne pestrosti vsebnosti suhe snovi lista (LDMC).....	36
Slika 11: Povprečje indeksa funkcionalne pestrosti življenjskih strategij (CSR) .....	37
Slika 12: Povprečje indeksa funkcionalne pestrosti lateralne razrasti (LSD) .....	38
Slika 13: Povprečje indeksa funkcionalne pestrosti obstojnosti lista (LP) .....	39
Slika 14: Povprečje indeksa funkcionalne pestrosti tipa reprodukcije semen (SP) .....	40
Slika 15: Povprečje indeksa funkcionalne pestrosti vrste diaspore (DT).....	41
Slika 16: Indeks funkcionalne pestrosti povprečne višine rastlin (CH povp) po letih.....	44
Slika 17: Indeks funkcionalne pestrosti vsebnosti suhe snovi lista (LDMC) po letih .....	45
Slika 18: Indeks funkcionalne pestrosti življenjskih strategij (CSR) po letih.....	46
Slika 19: Indeks funkcionalne pestrosti lateralne razrasti (LSD) po letih.....	47

## **KAZALO TABEL**

Tabela 1: Obravnavane morfološko-funkcionalne poteze .....	12
Tabela 2: Definirani morfološko-funkcionalni tipi. ....	24



## **KAZALO PRILOG**

Priloga 1: Seznam 32 rastlinskih vrst z okrajšavami z raziskovalnega območja.....	60
---	----

## **OKRAJŠAVE IN SIMBOLI**

angl.: angleško

FP: funkcionalna pestrost

LDMC: vsebnost suhe snovi lista

LSD: lateralna razrast

MFP: morfološko-funkcionalne poteze

MFT: morfološko-funkcionalni tipi

PCA: analiza glavnih komponent

SLA: specifična listna površina

# 1 UVOD

Travnate površine v Evropi so večinoma antropogenega izvora, zato jih je za ohranitev treba upravljati s košnjo ali drugim režimom vzdrževanja. Predstavljajo pomemben vir pridobivanja krme (Podvršnik, 2009; Poschlod in sod., 2009; Tälle in sod., 2018), hkrati pa so se skozi dolgo obdobje pol-naravna travnišča vzdrževala s tradicionalno ekstenzivno kmetijsko rabo, ki je prispevala k nastanku in vzdrževanju biotske pestrosti na vseh ravneh, od genetske do ekosistemske (Poschlod in sod., 2009; Tälle in sod., 2018). V zadnjem stoletju se je površina travnišč po vsej Evropi zelo zmanjšala (Pärtel in sod., 2006; Škornik, 2016). Glavna razloga sta intenzifikacija kmetijstva in opuščanje kmetijske rabe. Če pol-naravna travnišča opustimo, se hitro zarastejo z grmičevjem, kot sukcesijsko stopnjo pri prehajanju v klimaksno združbo – gozd.

Srednjeevropski mezotrofni do evtrofni gojeni nižinski travniki (šifra habitatnega tipa: Physis 38.22; Natura 6510) so najpogostejši tip travnikov na območju Slovenije. Razširjeni so do nadmorske višine okrog 800 m. Uspevajo na vlažnih, rjavih, globokih, rodovitnih tleh, kar omogoča velik prirast in možnost košnje večkrat na leto (Jogan in sod., 2004). V tradicionalni kmetijski rabi so te travnike dognojevali in kosili od dvakrat do trikrat letno. Kljub intenzivnejši rabi pa je le-ta še vedno omogočala sorazmerno visoko pestrost rastlin, zato so tudi ti habitati danes uvrščeni na seznam habitatov s seznama iz Priloge I: Direktive o habitatih, ki se prednostno ohranjajo (Jogan in sod., 2004; Lukač in sod., 2016). V zadnjih desetletjih se soočamo s številnimi novostmi v načinih kmetijske rabe, ki so v primeru travnišč povezane z novejšo mehanizacijo, izboljšavo travne ruše z dosejevanjem, spremembami v času in načinih košnje ter klimatskimi spremembami. Naše védenje o tem, kako te spremembe vplivajo na njihovo biotsko pestrost, je zaenkrat še zelo pomanjkljivo, zato so raziskave na to temo nujen pogoj, da bomo lahko tudi v prihodnje poskrbeli za ohranitev vsaj dela teh naravovarstveno pomembnih habitatov.

Ne glede na pogostost ali vrsto motnje vegetacija odreagira s spremembo vrstne in funkcionalne sestave (Klimešová in sod., 2008). Pri proučevanju odzivov rastlin in združb je zelo uporaben pristop določanja morfološko-funkcionalnih potez (v nadaljevanju MFP). To so različne lastnosti rastlin, ki jih merimo s standardiziranimi protokoli (kar omogoča primerljivost) na različnih območjih in pod različnimi režimi upravljanja (Cornelissen in sod., 2003; Klimešová in sod., 2008). Rastline s podobnimi MFP sestavljajo morfološko-

funkcionalne tipe (v nadaljevanju MFT) (Cornelissen in sod., 2003). Različni MFT imajo različne vplive na delovanje ekosistema (Díaz in Cabido, 2001). MFP in MFT se uporabljajo tudi pri študijah odzivov rastlinskih vrst na okoljske dejavnike (Díaz in Cabido, 2001). Z raziskavo v okviru magistrskega dela želimo prispevati k razumevanju vpliva različnih režimov košnje na floristično in funkcionalno sestavo mezotrofnih nižinskih travnikov.

## 2 PREGLED LITERATURE

### 2.1 POL-NARAVNI TRAVNIKI ASOCIACIJE *RANUNCULO REPENTIS*–*ALOPECURETUM PRATENSIS* Ellmauer 1993 V ZMERNEM PASU

Pol-naravni travniki so v Evropi in tudi v Sloveniji nastali z uporabo tradicionalnih kmetijskih praks, kot sta paša in košnja za pridobivanje suhe krme – sena, in so v uporabi že od neolitika (Poschlod in sod., 2009; Hejcman in sod., 2013). So antropogenega izvora in so stopnja sukcesije na poti do klimaksa, ki je v našem podnebnem pasu gozd, zato jih je za ohranitev treba upravljati s košnjo ali drugim podobnim režimom vzdrževanja. Če z njimi ne gospodarimo, se hitro zarastejo z grmičevjem. Uporaba zemljišč tako pripomore k vzdrževanju habitata in njegovih vrst ter s tem k višji pestrosti krajine (Poschlod in sod., 2009; Tälle in sod., 2018).

Srednjeevropski mezotrofni do evtrofni gojeni nižinski travniki (šifra habitatnega tipa: *Physis* 38.22; Natura 6510) so naš najpogostejši tip travnikov. Ti travniki so na območju Slovenije zelo razširjeni do nadmorske višine okrog 800 m. Uspevajo na vlažnih, rjavih, globokih, rodovitnih tleh, kar omogoča velik prirast in možnost košnje večkrat na leto. Veliko biomaso dosežejo trave, ki tvorijo gosto rušo in so višje rastoče. Iz botaničnega oziroma florističnega vidika gre za srednje bogate travnike (Lukač in sod., 2016). Splošno gledano pa so vrstno med bogatejšimi habitati v Evropi in opravljajo pomembne ekosistemske storitve, kot so zadrževanje prsti, vodna regulacija in opraveševalna funkcija (Tälle in sod., 2018).

Travnik navadno sestavljajo travne vrste, zeli iz skupine dvokaličnic in nekaj lesnih vrst. Za habitatni tip 38.22 so značilne vrste travniški lisičji rep (*Alopecurus pratensis*), ripeča zlatica (*Ranunculus acris*), trpežna ljulka (*Lolium perenne*), bršljanovolistna grenuljica (*Glechoma hederacea*), navadna črnoglavka (*Prunella vulgaris*), navadni čistec (*Betonica officinalis*), travniška penuša (*Cardamine pratensis*), ostrí šaš (*Carex acuta*), njivski osat (*Cirium arvense*) in barska lakota (*Galium uliginosum*). Tak travnik ima veliko vrstno pestrost in kmetijsko vrednost (Podvršnik, 2009; Tälle in sod., 2016).

Čeprav je pol-naravne travnike ustvaril človek, niso bili podvrženi intenzivnim metodam, kot je tretiranje z anorganskimi gnojili in herbicidi. Z rednim odstranjevanjem biomase so bila hranila celo odstranjena, zato na tradicionalno obdelanih travnikih najdemo redke vrste, ki na

intenzivnejše obdelanih ne uspevajo (Tälle in sod., 2016). Intenzifikacija kmetijstva ima negativen vpliv na vrstno pestrost, ravno obratno pa vpliva na kakovost in količino krme, pridelovanju katere so pol-naravni travniki namenjeni. Pri preveč intenzivni rabi začnejo izginjati rastline, ki jim nastale razmere ne ustrezajo več, večinoma specialisti. Pogostejše postanejo vrste, ki se širijo vegetativno, invazivke in tiste vrste, katerih seme dozori pred košnjo (Kramberger in Kaligarič, 2008; Podvršnik, 2009). Zaradi intenzifikacije kmetijstva na eni strani in opuščanja rabe na drugi so pol-naravni tradicionalni travniki postali predmet ohranjanja. Skozi mnoga leta so se namreč rastlinske vrste prilagodile na režim upravljanja in taki habitati zaradi neustrezne rabe vztrajno izginjajo (Tälle in sod., 2018).

## **2.2 KOŠNJA KOT OBLIKA MOTNJE**

S košnjo odstranimo večino nadzemnega dela vegetacije, del biomase pa ostane na rastišču (Kahmen in Poschlod, 2008). Tradicionalni režim košnje na travnikih tega tipa pomeni košnjo od enkrat do dvakrat letno. Pri tem je treba upoštevati vpliv produktivnosti travnika tudi s kmetijskega stališča in nekako združiti to dvoje za uspešno ohranjanje (Podvršnik, 2009; Tälle in sod., 2018). Pokazalo se je, da ima odstranjevanje večjega dela biomase, predvsem s pašo, pozitiven efekt pri vzdrževanju vrstne pestrosti, vendar je potrebna previdnost, saj ni nujno da to velja tudi za košnjo (Tälle in sod., 2018). Košnja lahko ima vpliv na vrstni obrat, ko specialiste zamenjajo generalisti, kar lahko enako vpliva tudi na obrat funkcionalne pestrosti (Tälle in sod., 2018). Enotna košnja zmanjša med- in znotrajvrstno tekmovanje, prepogosta motnja pa vodi do zmanjšanja števila vrst. Košnja je tako pomemben dejavnik in jo je v določenem obsegu nujno izvajati (Tälle in sod., 2016; Tälle in sod., 2018).

Čas košnje ima največji vpliv na razširjanje rastlinskih vrst, saj s prehitrim odstranjevanjem rastlina nima časa za produkcijo semen ali pa ta ne dozori. Košnja ima vlogo tudi pri zmanjševanju vsebnosti dušika v biomasi (Kotas in sod., 2016). Tradicionalna raba, tj. košnja 2-krat letno, načeloma poveča biodiverzitetu in zmanjša homogenizacijo, kar se tiče vrst. Za funkcionalno pestrost pa navadno ne velja enako, saj prosto nišo navadno zasedejo rastline z enakimi oziroma podobnimi MFP (Kotas in sod., 2016).

## **2.3 MORFOLOŠKO-FUNKCIONALNE POTEZE RASTLIN**

Funkcije rastlin v okolju je težko določiti neposredno. V ta namen ugotavljamo njihovo vlogo posredno z merjenjem in določanjem MFP. MFP so vse merljive lastnosti posameznih osebkov, lahko so fizikalne, biokemijske, vedenjske ali fenološke (Díaz in Cabido, 2001). Uporabljamo jih tudi za napovedovanje odziva rastlin na motnje. Intenzivnost in trajanje motenj imata močan vpliv na taksonomsko in funkcionalno sestavo ekosistema. Pri tem so uporabne MFP, ki jih določamo za rastline na različnih območjih in pod različnimi režimi upravljanja, po standardiziranih protokolih, tako da so ti primerljivi med seboj (Cornelissen in sod., 2003; Klimešová in sod., 2008).

Morfološko-funkcionalne tipe rastlin sestavljajo skupine rastlin s podobnimi MFP (Cornelissen in sod., 2003; Perez - Harguindeguy in sod., 2013). Funkcionalni tipi imajo velik vpliv na ekosistemske procese, so tako rekoč njihovo gonilo. Ustvarjajo okolje, habitat, na katerega so lahko vezane druge vrste. Díaz in Cabido (2001) kot dober primer navajata gozd. Drevesa tvorijo gozd, s koreninskimi kompleksi delujejo na prst, prav tako pa na prisotnost živalskih vrst. Stabilnost in plastičnost ekosistema sta torej močno odvisna od prevladujočega MFT (Díaz in Cabido, 2001). Oboji, MFT in MFP, se uporabljajo pri študijah odzivov rastlinskih vrst na okoljske dejavnike, v našem primeru na pogostost košnje, intudi pri študijah raznolikosti naravnih sistemov (Díaz in Cabido, 2001; Pipenbaher, 2011).

## **2.4 FUNKCIONALNA PESTROST**

Funkcionalna pestrost (v nadaljevanju FP) zajema raznolikost široke palete kemijskih, fizioloških in morfoloških lastnosti rastlin, ki vplivajo na njihove sposobnosti absorpcije, porabe hranil, obrambo pred stresom itd. (Cadotte in sod., 2011). FP lahko izrazimo na nivoju osebka, populacije, vrste, združbe (Jetz in sod., 2016). Monokulture na primer spadajo večinoma v en funkcionalni tip, polikulture pa vsebujejo več vrst, ki lahko predstavljajo enega ali več MFT. Pri tem je najvišja FP takrat, kadar vsaka vrsta predstavlja svoj MFT, vendar običajno temu ni tako, saj praviloma več vrst predstavlja isti MFT (Cadotte in sod., 2011). Tako lahko imata dva sestoja z bolj ali manj enako pestrostjo rastlinskih vrst povsem enake ali čisto različne vrednosti FP (Lepš in de Bello, 2008).

Koncept FP je torej precej zapleten, saj ga je težko natančno definirati in nemogoče direktno izmeriti. Predstavlja razlike v MFP rastlinskih vrst v združbi (Lepš in sod., 2006; Lepš in de Bello, 2008). FP pomaga pri definiranju razpoložljivosti niš v združbah in pri proučevanju posledic motenj (Díaz in Cabido, 2001; Lepš in sod., 2006; Lepš in de Bello, 2008). Ekosistemski procesi so pogosto direktno in indirektno povezani s funkcionalno pestrostjo rastlin, saj ta vpliva na delovanje in produktivnost ekosistema (Jetz in sod., 2016). FP se razlikuje glede na prostor, čas in združbo, zato je pomembno razumeti porazdelitev in pojavnost MFP pri vrstah, predvsem tistih, ki so v sestoji dominantne (Mokany in sod., 2008; Jetz in sod., 2016; Xu in sod., 2018).

Poznavanje vrstne pestrosti in pestrosti funkcionalnih tipov v ekosistemu je zelo pomembno za razumevanje njegovega funkcioniranja (Cadotte in sod., 2011). Raziskave kažejo, da je za ugodno funkcioniranje ekosistemov pomembnejša sestava MFT oziroma njihova raznolikost kot pa vrstna pestrost. Več kot je vrst, večja je verjetnost pojavljanja rastlin z različno funkcijo, ki bo dominirala ekosistemskim procesom. Več kot je zapolnjenih niš, večja je komplementarnost sistema in večji je efekt funkcionalne pestrosti na procese. Učinek komplementarnosti niš pomeni, da bo pri višji pestrosti več možnosti za učinkovito rabo virov. Izginotje enega MFT oz. manjšega števila vrst, ki pripadajo istemu MFT, ima lahko veliko večji vpliv na ekosistem kot pa izginotje večjega števila vrst, ki predstavljajo različne MFT (Díaz in Cabido, 2001; Cadotte in sod., 2011; Melts, 2014). Z ekološkega vidika je za ohranjanje in vzdrževanje habitata pomembnejše spremljanje interakcij osebkov med seboj in njihovim abiotskim okoljem, kar lahko razložimo z MFT in pestrostjo MFP (Cadotte in sod., 2011; Funk in sod., 2016).



### **3 NAMEN IN HIPOTEZE RAZISKAVE**

Osnovni namen raziskave je bil ugotoviti vpliv dolgoletnega režima košnje na a) sestavo izbranih morfološko-funkcionalnih potez (MFP), b) morfološko-funkcionalne tipe (MFT) rastlin ekstenzivno gojenega travnika in c) funkcionalno pestrost (FP) teh travnikov.

#### **3.1 CILJI RAZISKAVE**

Pri raziskovanju smo si zastavili naslednje cilje:

- iz že opravljenih raziskav (Kramberger in Kaligarič, 2008; Podvršnik, 2009; Kramberger in sod., 2014; Kneževič, 2015) na trajnih ploskvah dolgotrajnega ekološkega eksperimenta v Pivoli (Fakulteta za kmetijstvo in biosistemske vede Univerze v Mariboru) zbrati podatke o specifični listni površini, vsebnosti suhe snovi lista, začetku cvetenja, trajanju cvetenja, klonalnosti, lateralni razrasti, CSR strategijah, cehu, življenjskih oblikah, obliki rasti, obstojnosti lista, anatomiji lista, tipu reprodukcije, tipu produkcije semen, opráševanju, vrsti ploda, vrsti diaspore in toleranci na košnjo;
- z merjenjem na terenu pridobiti podatke o višini za vse rastlinske vrste, ki so bile s popisi zabeležene na trajnih ploskvah ekstenzivnega mezotrofnega travnika v Pivoli;
- na osnovi MFP definirati morfološko-funkcionalne tipe (MFT) za rastlinske vrste ekstenzivnega mezotrofnega travnika;
- analizirati vpliv pogostosti košnje na posamezne MFP s pomočjo izračuna srednje vrednosti (CWM);
- ugotoviti vpliv pogostosti košnje na funkcionalno pestrost (FP) ekstenzivnega mezotrofnega travnika.

Zastavili smo si dve hipotezi.

- Predvidevamo, da je različna pogostnost košnje na posameznih popisnih ploskvah spremenila zastopanost in razmerje posameznih MFP rastlin v primerjavi z izhodiščnim ekstenzivnim travnikom.
- Za MFP, ki jih povezujemo s kompetitivno strategijo rastlin (npr. višina rastline, LDMC-vrednosti itd.), bo funkcionalna pestrost (FP) višja na popisnih ploskvah z najmanj pogosto košnjo. Zaradi nizke motnje vlada v takšnih sestojih močna kompeticija, ki omogoča sobivanje vrstam zgolj v primeru različnih niš (posledično z različnimi MFP oz. MFT).

### **3.2 PREDPOSTAVKE IN MOREBITNE OMEJITVE**

Po predvidevanjih morebitnih omejitev pri raziskavi naj ne bi bilo zaradi dolgoletnega vzorčenja in velikega števila zbranih podatkov.

## 4 MATERIALI IN METODE

Večji del podatkov, ki smo jih uporabili v magistrskem delu za določitev morfološko-funkcionalnih tipov in pestrosti (MFT in FP), je bil pridobljen v predhodnih raziskavah različnih avtorjev (Kramberger in Kaligarič, 2008; Podvršnik, 2009; Kramberger in sod., 2014; Kneževič, 2015). Zbrani so bili v okviru dolgotrajnega ekološkega eksperimenta, ki ga vse od leta 1995 izvajajo na Fakulteti za kmetijstvo in biosistemske vede Univerze v Mariboru. Omenjeni avtorji (Kramberger in Kaligarič, 2008; Podvršnik, 2009; Kramberger in sod., 2014; Kneževič, 2015) so na popisnih ploskvah poljskega poskusa med drugim proučevali količino biomase, rastlinsko sestavo, vrstno pestrost in MFP. Zbrani podatki so nam predstavljali osnovo za našo raziskavo, v kateri smo proučevali funkcionalno pestrost vrst v odvisnosti od pogostosti košnje. Tem podatkom smo dodali tudi podatke lastnih meritev, in sicer o višini rastlin.

### 4.1 RAZISKOVALNO OBMOČJE

Raziskovalno območje se nahaja južno od Maribora, v Pivoli na 300 m n.v. (46°28'16" N, 15°38'20" E). Povprečna letna temperatura je bila v Mariboru v obdobju 1999–2000 10,7 °C, povprečne padavine pa 954 mm letno (Agencija RS za okolje, 2018). Poskus je zastavljen na distričnih kambisolih – distričnih rjavih tleh na nekarbonatni podlagi. Zmerno ogljena do šotna tla, na katerih uspeva travnik, imajo visoko raven podtalne vode in so občasno tudi poplavljeni. Dobro so preskrbljena s hranili, ki jih lahko prinaša voda ali pa so vnešena z dognojevanjem. Letno se gnoji s 170 kg N ha<sup>-1</sup>, 120 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup>, 180 kg K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup> (Podvršnik, 2009; Kramberger in sod., 2014). Vegetacijska sezona je od marca do oktobra. Območje sodi v vlažni zmerno topli pas (Kramberger in Kaligarič, 2008; Podvršnik, 2009; Kramberger in sod., 2014).

Izhodiščna asociacija na travniku je bila *Ranunculo repentis-Alopecuretum pratensis* Ellmauer 1993 (Mucina in sod., 1993), značilna za ekstenzivne nižinske travnike (Kramberger in Kaligarič, 2008). Tla so globoka, rodovitna in vlažna, kar zagotavlja velik prirast (Lukač in sod., 2016). Za združbo so značilne vrste travniški lisičji rep (*Alopecurus pratensis*), ripeča zlatica (*Ranunculus acris*), navadna črnoglavka (*Prunella vulgaris*), navadni čistec (*Betonica officinalis*), travniška penuša (*Cardamine pratensis*), ostrji šaš (*Carex acuta*), njivski osat

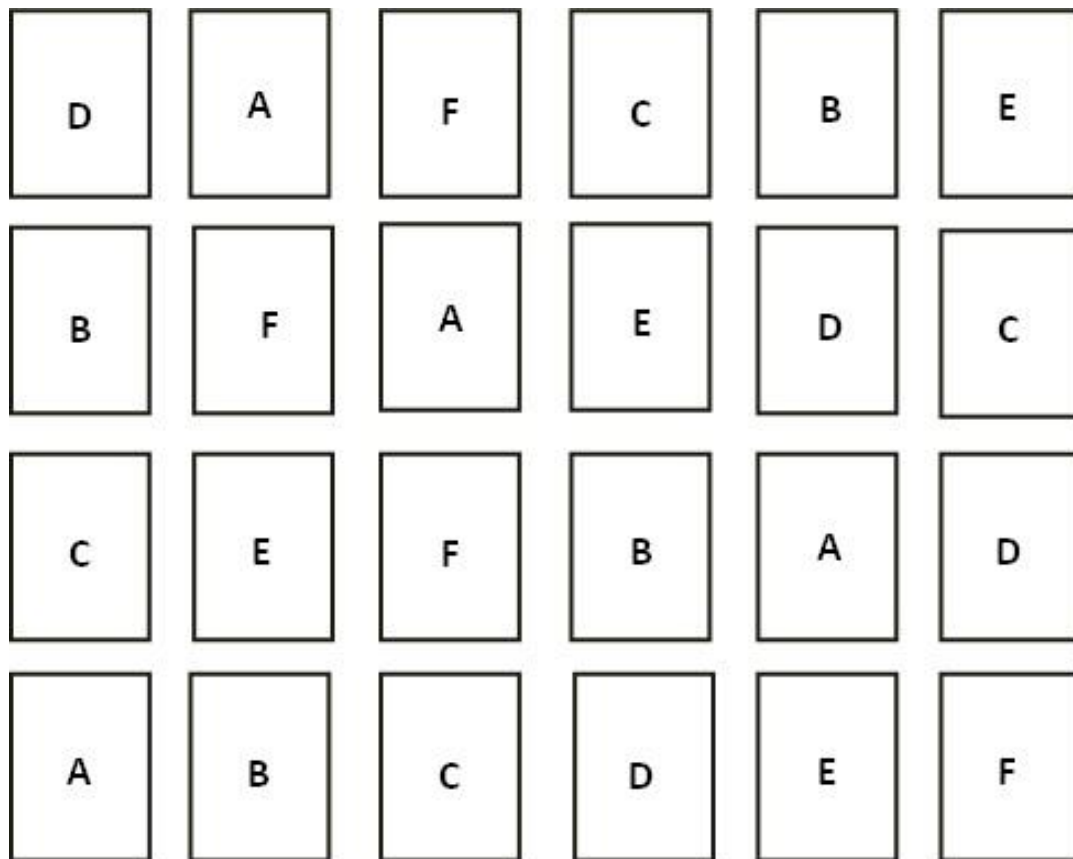
(*Cirsium arvense*) in barska lakota (*Galium uliginosum*) (Podvršnik, 2009). V večji meri so bile v izhodiščni združbi zastopane tudi črna detelja (*Trifolium pretense*), plazeča detelja (*Trifolium repens*), mala kislica (*Rumex acetosella*), travniška latovka (*Poa pratensis*), navadna latovka (*Poa trivialis*), rdeča bilnica (*Festuca rubra*), trpežna ljulka (*Lolium perenne*), volnata medena trava (*Holcus lanatus*), bršljanasta grenuljica (*Glechoma hederacea*), navadna lakota (*Galium molugo*), prava lakota (*Galium verum*) in ozkolistni trpotec (*Plantago lanceolata*) (Kramberger in Kaligarič, 2008).

## 4.2 NOMENKLATURA

Nomenklatura taksonov je povzeta po Mali flori Slovenije (Martinčič in sod., 2007).

## 4.3 POSTAVITEV POSKUSA IN VZORČENJE

Na travniku asociacije plazeče zlatice (*Ranunculus repens*) in travniškega lisičjega repa (*Alopecurus pratensis*) se je od maja 1995 izvajal mikroposkus vpliva pogostosti košnje. Poskus je bil zasnovan po metodi naključnih blokov v štirih ponovitvah, s šestimi različnimi režimi košnje (N = 24). Posamezne popisne ploskve se kosi na 2-, 4-, 6-, 8-, 10- in 12-tedenske intervale (slika 1). Velikost posamezne popisne ploskve je 10 m<sup>2</sup> (2 m x 5 m). Med seboj so ločene s potmi, širokimi 1 m (Kramberger in Kaligarič, 2008; Podvršnik, 2009; Kramberger in sod., 2014). Popisi vegetacije so bili izvedeni po metodi neposredne ocene, vključena je bila tudi pokrovnost vrst. Med letoma 1995 in 2012 je bilo skupno zbranih 121 popisov. Popisi so bili opravljeni v letih 1995 (izhodiščni popis; n = 1), 1999 (n = 24), 2002 (n = 24), 2006 (n = 24), 2009 (n = 24) in 2012 (n = 24) (Kramberger in Kaligarič, 2008; Podvršnik, 2009; Kneževič, 2015). Za potrebe analize smo štiri ponovitve vsakega režima košnje združili v enega in na ta način dobili n = 31 popisov vegetacije (v nadaljevanju **matrika\_A**). V predhodnih raziskavah (Kramberger in Kaligarič, 2008; Podvršnik, 2009; Kramberger in sod., 2014; Kneževič, 2015) so na definiranem travniku proučevali količino biomase, rastlinsko sestavo, vrstno pestrost, MFP, mi pa smo se osredotočili na funkcionalno pestrost vrst v odvisnosti od pogostosti košnje.



Slika 1: Razporeditev po metodi naključnih blokov v štirih ponovitvah s šestimi različnimi režimi košnje (Podvršnik, 2009). Legenda: A – košnja vsaka 2 tedna (14–16 košenj letno); B – košnja vsake 4 tedne (7–8 košenj letno); C – košnja vsakih 6 tednov (5 košenj letno); D – košnja vsakih 8 tednov (4 košnje letno); E – košnja vsakih 10 tednov (3 košnje letno); F – košnja vsakih 12 tednov (2 košnji letno).

#### 4.4 MORFOLOŠKO-FUNKCIONALNE POTEZE (MFP)

Med letoma 1995 in 2012 je bilo zbranih 121 vegetacijskih popisov s 63 rastlinskimi vrstami. V magistrskem delu avtorice Sandre Knežević (2015) so bili za teh 63 rastlinskih vrst zbrani podatki o različnih MFP, ki smo jih uporabili tudi v naši raziskavi: specifična listna površina, vsebnost suhe snovi lista, začetek cvetenja, trajanje cvetenja, klonalnost, lateralna razrast, CSR strategije, ceh, življenjske oblike, oblika rasti, obstojnost in anatomija lista, tip reprodukcije, tip produkcije semen, oprasčevanje, vrsta ploda, vrsta diaspore ter toleranca na košnjo. Podatki o višini rastlin so bili za potrebe našega magistrskega dela pridobljeni z lastnimi meritvami na terenu, po protokolu Cornelissen in sod., 2003 (tabela 1).

Tabela 1: Obravnavane morfološko-funkcionalne poteze

<b>MFP</b>	<b>Vrsta spremenljivke</b>	<b>Okrajšave in spremenljivke</b>	<b>Vir podatkov</b>
<b>Specifična listna površina</b>	zvezna	SLA ( $\text{mm}^2/\text{mg}$ ) = specifična listna površina	Baza podatkov Katedre za geobotaniko, Oddelka za biologijo, FNM, UM; Kneževič, 2015; Cerabolini, 2010.
<b>Vsebnost suhe snovi lista</b>	zvezna	LDMC ( $\text{mg/g}$ ) = suha masa lista	Baza podatkov Katedre za geobotaniko, Oddelka za biologijo, FNM, UM; Kneževič, 2015; Cerabolini, 2010.
<b>Začetek cvetenja</b>	kategorična	Flo_star = zaporedni dan v letu, ko se cvetenje začne	Martinčič in sod., 2007.
<b>Trajanje cvetenja</b>	kategorična	Flo_peri = število mesecev	Martinčič in sod., 2007.
<b>Klonalnost</b>	kategorična	CGO* CGO_0 = rastlina ni klonalna; CGO_1 = pritlike, stoloni; CGO_3 = deli rastline stebelnega izvora; CGO_4 = nadzemna korenika; CGO_5 = podzemna korenika; CGO_8 = rastlina z glavno korenino, ki se lahko deli; CGO_9 = nadomestni brsti na koreninah.	CLO-PLA (Klimešová in Klimeš, 2006; Klimešová in de Bello, 2009).
<b>Lateralna razrast</b>	kategorična	LSD ( $\text{m/leto}$ ) LSD_1 = $<0,01$ $\text{m/leto}$ ; LSD_2 = $0,01-0,25$ $\text{m/leto}$ ; LSD_3 = $>0,25$ $\text{m/leto}$ .	CLO-PLA (Klimešová in Klimeš, 2006; Klimešová in de Bello, 2009).
<b>CSR strategije</b>	kategorična	CSR C = kompetitorji; S = stres toleratorji; R = ruderalke.	Baza podatkov Katedre za geobotaniko, Oddelka za biologijo, FNM, UM; Kneževič, 2015; BiolFlor Klotz in sod., 2000; Cerabolini, 2010.
<b>Ceh</b>	kategorična	G G_grass = trave; G_forb = zeli; G_leg = metuljnice.	BiolFlor (Klotz in sod., 2002).

<b>Življenjske oblike</b>	kategorična	<p>LF                      LF_H sca = hemikriptofiti, scaposa;                      LF_H cae = hemikriptofiti, caespitosa;                      LF_H ros = hemikriptofiti, rosulata;                      LF_T sca = terofiti, scaposa.</p>	Poldini, 1991.
<b>Oblika rasti</b>	kategorična	<p>GF                      GF_1 = rozetaste, listi pri dnu stebila;                      GF_2 = polrozetaste, listi pri dnu in višje na stebelu;                      GF_3 = pokončno listno-ozelenelo steblo, listi višje na stebelu;                      GF_4 = šopasta razrast; listi v šopih.</p>	CLO-PLA (Klimešová in Klimeš, 2006; Klimešová in de Bello, 2009).
<b>Obstojnost lista</b>	kategorična	<p>LP                      LP_1 = neprezimni;                      LP_2 = prezimni;                      LP_3 = vedno zeleni.</p>	BiolFlor (Klotz in sod., 2002).
<b>Anatomija lista</b>	kategorična	<p>LA                      LA_1 = skleromorfni;                      LA_2 = mezomorfni;                      LA_3 = higromorfni;                      LA_4 = helomorfni.</p>	BiolFlor (Klotz in sod., 2002).
<b>Tip reprodukcije</b>	kategorična	<p>TR                      TR_1 = s semeni in vegetativno;                      TR_2 = s semeni, redko vegetativno;                      TR_3 = s semeni/sporami.</p>	BiolFlor (Klotz in sod., 2002).
<b>Tip produkcije semen</b>	kategorična	<p>SP                      SP_s = spolno.</p>	BiolFlor (Klotz in sod., 2002).
<b>Opraševanje</b>	kategorična	<p>PV                      PV_1 = žuželke;                      PV_2 = samoopraševanje;                      PV_3 = veter.</p>	BiolFlor (Klotz in sod., 2002).
<b>Vrsta ploda</b>	kategorična	<p>FT                      FT_1 = oreh;                      FT_4 = glavica;                      FT_6 = strok.</p>	BiolFlor (Klotz in sod., 2002).

<b>Vrsta diaspore</b>	kategorična	DT DT_1 = plod; DT_2 = plodič; DT_3 = plod s priveski; DT_4 = seme; DT_5 = merikarp; DT_6 = del soplodja.	BiolFlor (Klotz in sod., 2002).
<b>Povprečna višina</b>	zvezna	CH povp* (cm)	Lastne meritve po Cornelissen in sod., 2003.
<b>Toleranca na košnjo</b>	kategorična	MT (vrednosti od 1 do 9; 1 = netolerantne rastline; 9 = zelo tolerantne rastline)	BiolFlor (Klotz in sod., 2002).

Opis obravnavanih MFP je v delu Kneževič (2015) in ga zato v našem magistrskem delu ne predstavljamo. V nadaljevanju sta podrobneje opisani zgolj MFP višina rastline, ki smo jo določali sami na terenu, in tip klonalnosti, ki zajema manj poznano klasifikacijo avtorjev Klimešová in Klimeš (2006).

### Tip klonalnosti (CGO\*)

Vrste lahko razdelimo v tri glavne skupine, in sicer neklonalne, klonalne nadzemne in klonalne podzemne (Cornelissen in sod., 2003). Klimešová in Klimeš (2006) sta definirala 17 tipov klonalnosti oziroma CGO (angl. clonal growth organs):

- **vodoravno zakoreninjajoče se steblo** – stebela se ukoreninjajo vodoravno, na tleh oz. nad tlemi. Klonalni organ zagotavlja povezavo med »potomci«. Nodiji (kolenca) nosijo liste, internodiji so običajno dolgi. Steblo služi kot organ za skladiščenje zaloga in brstov. Vegetativno širjenje je hitro;
- **turion** – so prezimovalni brsti vodnih rastlin, ki so ločeni od matične rastline. Turion se razvija aksialno ali apikalno, običajno je dormanten, za rast potrebuje vernalizacijo;
- **zarodni brstič ali gomolj, ki izvira iz nadzemnega dela stebela** – majhne vegetativne diaspore nastajajo v zalistju na nadzemnem delu stebela. Brstiči oz. stebelni gomolji so poimenovani odvisno od kraja skladiščenja založnih snovi. Kmalu odpadejo z matične rastline, nimajo dormance in takoj začnejo rasti;
- **pseudoviviparija** – meristemsko tkivo, ki bi se običajno razvilo v cvet, tvori vegetativni brst (mlado rastlino, zarodni brstič, korenino ali stebelni gomolj), ki se lahko hitro loči od



matične rastline. Celotno socvetje odpade in mlada rastlina se ukorenini na površini tal. Morfologija in velikost rastline, ki se razvije, je podobna kot pri matični rastlini;

- **rastlinski fragment stebelnega izvora** – samostojen, ločen del poganjka, ki ima sposobnost ukoreninjenja;
- **brsteči mešiček** – rastlina je sestavljena iz majhnih fotosintetskih organov – listov. To so zelo reducirani organi vodnih rastlin. Rezultat rasti iz takšnih organov so matični rastlini podobne strukture;
- **koreninski gomolj nad površino tal** – majhne vegetativne diaspore, proizvedene v zalistju na nadzemnih steblih. Glede na lokacijo skladiščenja založnih snovi se imenuje koreninski gomolj. Ta kmalu odpade z matične rastline in takoj začne rasti, ni dormanten;
- **listi z adventivnimi brsti (gemiparija)** – adventivni brsti na listih se oblikujejo po odtrganju ali sprostitvi listov z matične rastline;
- **nadzemna korenika (rizom)** – izvorno iz stebela, ki se oblikuje nad tlemi. Njegov apikalni del je pokrit s prstjo ali steljo in vpotegnjen v tla zaradi krčenja korenine. Nodiji nosijo zelene liste, internodiji so navadno kratki. Na koreniki so koreninice, služi pa tudi kot zaloga brstov in založni organ. Vegetativno širjenje je običajno počasno;
- **podzemna korenika (rizom)** – klonalni organ se formira pod zemljo. Korenika navadno raste vodoravno, na globini, specifični za posamezno vrsto, čez čas postane ortotropna in formira poganjke nad tlemi. Vodoravni del korenike nosi ovršne liste. Nekaj korenin se lahko razvije na nodijih, internodiji so dolgi. Vegetativno širjenje je hitro, lahko tudi do nekaj metrov na leto;
- **delitev gomolja** – rastlina razvije le en trajni gomolj (običajno ta nastane iz hipokotila), novi ne nastajajo. Pri starejših rastlinah lahko začnejo gomolji propadati iz središča, kar povzroči deljenje rastline;
- **stebelni gomolj** – podzemni založni in regenerativni organ, običajno s kratko življenjsko dobo. Mladi gomolji so pritrjeni na matični gomolj ali pa so formirani na koncu hipogeogene korenike. Matična rastlina odmre v jeseni, z izjemo gomoljev, ki nosijo glavni brst, spomladi iz teh ponovno zrastejo rastline. V poletnih mesecih stari gomolji propadejo in se formirajo novi, poleg tega nekatere rastline proizvajajo manjše gomolje in/ali gomoljčke. Nove rastline spominjajo na matično rastlino.;
- **čebulica** – založni organ, sestavljen iz zelo skrajšanega in odebeljenega stebela z omesenelimi luskolisti. Čebulica se tvori iz organov, proizvedenih v eni sezoni ali v teku

nekaj sezon. Predstavlja obnovitveni brst, poleg tega nekatere rastline proizvajajo manjše čebulice in/ali brstiče;

- **delitev korenine** – rastlina ima primarno koreninski sistem brez adventivnih korenin in brstov. Propadajoča glavna korenina stare rastline razpade iz središča, pri nekaterih vrstah to povzroči fragmentacijo rastline. Vegetativno širjenje je počasno. Glavna korenina deluje kot organ za skladiščenje in vaskularna povezava med poganjki;
- **korenine z adventivnimi brsti** – korenine (glavna korenina, vključno s hipokotilom in adventivnimi koreninami) tvorijo adventivne brste spontano ali po poškodbi. Ko se brsti oblikujejo na vodoravnih koreninah, lahko omogočijo obsežno klonalno rast. Obstojnost korenin z adventivnimi brsti se precej razlikuje od vrste do vrste;
- **koreninski gomolj** – podzemni založni organ, ki pri nekaterih rastlinah služi tudi kot regenerativni organ koreninskega izvora, na katerem so brsti. V tem primeru rastlina odmre v jeseni, razen koreninskih gomoljev z brsti, iz katerih se spomladi regenerirajo rastline. Poleti stari gomolji propadejo in nastanejo novi;
- **ukoreninjajoči se rastni vršiček stebela** – mladi poganjki se tvorijo na koncu vodoravno ukoreninjenega nadzemnega stebela.

Tip klonalnosti smo določali s pomočjo baze CLO-PLA3. To je baza morfološko-funkcionalnih potez v zvezi s klonalnimi tipi, rastjo in vegetativno regeneracijo ter nekaterih drugih MFP srednjeevropske flore. Uporabna je za določanje funkcionalnih odzivov rastlin na različne vrste motenj (Klimešová in Klimeš, 2006).

### **Povprečna višina rastlin (CH povp\*)**

Višina rastline je najpogosteje uporabljena MFP pri raziskovanju vplivov motenj. Pomembna je pri prepoznavanju kompetitivnosti rastlin in porabe ogljika (Klimešová in sod., 2008). Podatke o višini rastlin smo pridobili v ravninskih sezonah 2014 in 2015. Zbirali smo jih na raziskovalnih popisnih ploskvah v Pivoli in na travnikih enake združbe v obsegu 20 km. Meritve smo opravili po protokolu Cornelissen in sod. (2003); na zdravih, reproduktivno zrelih primerkih, ki so bili polno izpostavljeni svetlobi. Merili smo med rastno sezono ali proti koncu te sezone. Višino smo izmerili kot razdaljo med podlago in najvišjim fotosintetskim tkivom, izrazili smo jo centimetrih. Meritve višine smo izvedli na 25 primerkih posamezne vrste, saj znotraj vrste navadno variira, razlike v višini pa se lahko pojavijo tudi zaradi motenj

oziroma je ta odvisna od časa, ki jo ima rastlina med eno in drugo motnjo (Cornelissen in sod., 2003; Pipenbaher, 2011; Pérez-Harguindeguy in sod., 2013). Meritve višin smo nato vstavili v Excelovo tabelo in izračunali povprečne vrednosti za vsako vrsto.

## 4.5 ANALIZA PODATKOV

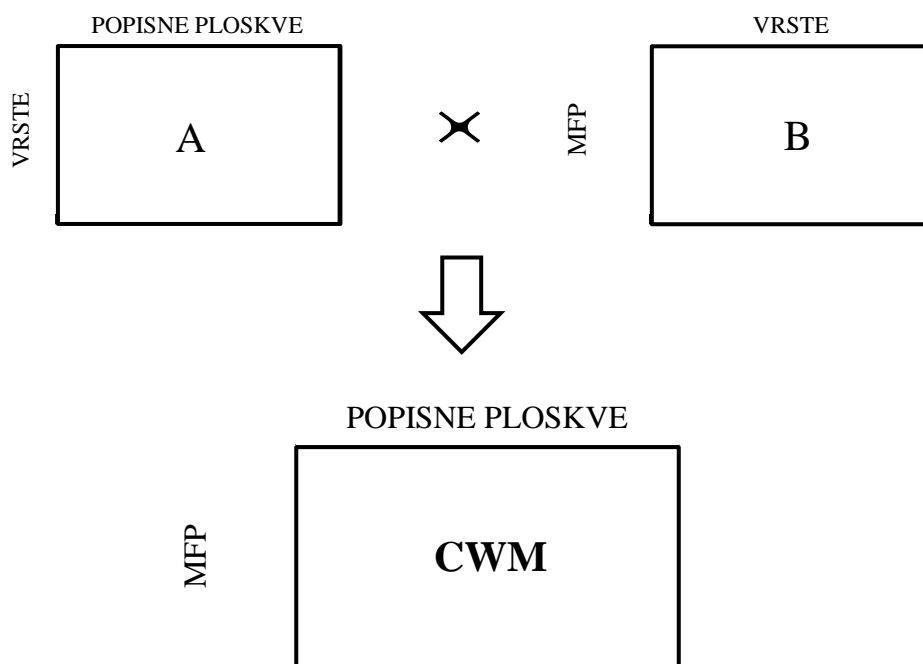
Za potrebe analiz morfološko-funkcionalnih potez in funkcionalne pestrosti smo izoblikovali dve tabeli. Štiri ponovitve šestih režimov košnje v letih 1999, 2002, 2006, 2009 in 2012 smo združili v enega in na ta način dobili  $n = 1$  (leto 1995) + 6 + 6 + 6 + 6 + 6 = 31 popisov vegetacije. Prva tabela je vsebovala 63 rastlinskih vrst in 31 popisov (**matrika\_A**), kjer smo vrednosti v tabeli pretvorili tako, da je bila za vsak popis vsota 1. S tem smo dobili novo matriko, ki smo jo poimenovali **matrika\_A1**. Druga tabela je vsebovala 63 rastlinskih vrst in 97 morfološko-funkcionalnih potez, kot je bilo vseh MFP po pretvorbi v umetne spremenljivke (v nadaljevanju **matrika\_B**). V matriki\_B smo za potrebe statističnih analiz vse kategorične spremenljivke pretvorili v umetne spremenljivke. Zaradi velikega števila MFP v matriki\_B smo s pomočjo Pearsonovega korelacijskega koeficienta (SPSS, IBM Corp. Released, 2012) izločili tiste, ki so med seboj korelirali. Takšnih je bilo 45 MFP. Tako smo dobili novo matriko s 63 rastlinskimi vrstami in 52 MFP (v nadaljevanju **matrika\_B1**).

### 4.5.1 KLASTRSKA ANALIZA

Da bi ugotovili podobnost med vrstami glede na njihove MFP in tako definirali skupine MFT, smo uporabili klasifikacijsko metodo, in sicer klastersko analizo. Za razvrščanje MFP v klastre smo uporabili matriko\_B1 (52 MFP x 63 vrst). Pretvorili smo jo s pomočjo programa WcanoImp v .pun datoteko in jo vstavili v program TWINSPAN za Windows ali WinTWINS (Hill in Šmilauer, 2005).

#### 4.5.2 SREDNJA VREDNOST MORFOLOŠKO-FUNKCIONALNIH POTEZ

Za ugotavljanje, katere MFP prevladujejo glede na pogostost košnje, smo zmnožili matriko **\_A1** (63 rastlinskih vrst x 31 popisov) in matriko **\_B1** (52 MFP x 63 rastlinskih vrst) ter dobili **matriko\_CWM** (slika 2). Vrednosti v matriki predstavljajo srednje vrednosti morfološko-funkcionalne poteze (angl. *Community-Weighted Mean value of trait*) oziroma povprečja v popisih glede na relativno pokrivnost vrste (Lavorel in sod., 2008). Za izračun smo uporabili programsko opremo Microsoft Office Excel (Microsoft, 2010).



Slika 2: CWM matrika 52 MFP x 31 popisnih ploskev (Lavorel in sod., 2008).

V nadaljevanju smo novo nastalo matriko **\_CWM** uporabili pri analizi glavnih komponent ali PCA analizi (angl. *Principal components analysis*) za prikaz prevladujočih MFP glede na vpliv košnje. Posebej smo naredili še ordinacije za leti 2006 in 2012 v primerjavi z izhodiščnim letom 1995. Za prikaz rezultatov smo uporabili opremo Canoco in Canodraw (ter Braak & Šmilauer, 2002).

### 4.5.3 FUNKCIONALNA PESTROST

Funkcionalno pestrost v nadaljevanju FP (angl. *Functional Diversity*) smo uporabili za izračun verjetnosti, ali bodo MFP dveh naključno izbranih vrst v vzorcu enake oziroma različne. To se izračuna s pomočjo RAO-koficienta (Lepš in sod., 2006; Lepš in de Bello., 2008). Formula je izpeljana iz Simpsonovega indeksa pestrosti:

$$FD = \sum_{i=1}^s \sum_{j=1}^s d_{ij} p_i p_j$$

kjer  $s$  pomeni število vrst v združbi,  $p_i$  je delež  $i$ -tih vrst v združbi,  $d_{ij}$  je razlika vrst  $i$  in  $j$ .  $d_{ij}$  vrednost je med 0, če imata dve vrsti popolnoma enake MFP, in 1, če imata popolnoma različne MFP (Botta-Dukat, 2005; Lepš in de Bello, 2008).

Za izračun FP smo potrebovali matriko\_B1 (52 MFP x 63 vrst) in matriko\_A (63 vrst x 31 popisnih ploskev). Izračun FP sestavljata dva koraka. Najprej se izračuna enakost med vrstami glede na tip podatka: kvantitativni, binarni oz. kontinuirani, kategorični in podatki o življenjskem ciklu oziroma fenološki podatki. Nato se izračuna še indeks FP. FP smo izračunali s pomočjo makrov programske opreme Microsoft Excel (Microsoft, 2010) (Lepš in sod., 2006).

Za prikaz vpliva pogostosti košnje in indeksa FP smo uporabili analizo glavnih komponent – PCA (angl. *Principal Component Analysis*). Analizo smo izvedli s programsko opremo Canoco in CanoDraw (ter Braak in Šmilauer, 2002). V nadaljevanju smo za določene MFP (povprečno višino rastlin, klonalnost, vsebnost suhe snovi lista, CSR strategije, lateralno razrast, obstojnost lista, tipa reprodukcije semen in vrsto diaspore) izračunali povprečje indeksa FP  $\pm$  standardni odklon glede na režim košnje. Indeks funkcionalne pestrosti smo za povprečno višino rastlin, vsebnost suhe snovi lista, CSR strategije in lateralno razrast primerjali še glede na različne režime košnje znotraj naslednjih let: 1999 (začetek popisov), 2006 (sredina popisov) in 2012 (konec popisov). Rezultate smo prikazali s pomočjo programske opreme Microsoft Excel (Microsoft, 2010).

## 5 REZULTATI Z DISKUSIJO

Vpliv pogostosti košnje na pol-naravnem travniku v Pivoli na vrstno sestavo so dokazali Kramberger in Kaligarič (2008), Podvršnik (2009), Kramberger in sod. (2014), Kneževič (2015). Izhodiščna asociacija (*Ranunculo-Alopecuretum*) se je začela spreminjati v dve smeri: v sestoji tipa *Lolio perennis-Cynosuretum*, kjer je bila košnja pogosta, in *Pastinaco-Arrhenatheretum* Passarge 1964 (Mucina in sod., 1993), kjer je bila košnja zmerna (Kneževič, 2015). V naši raziskavi smo proučevali vpliv pogostosti košnje na pol-naravnem travniku v Pivoli glede na MFT in FD. Različna intenziteta košnje vpliva na rastline, te pa odreagirajo na motnjo (Cornelissen in sod., 2003; Klimešová in sod., 2008). Za prepoznavanje vpliva košnje na rastlinske vrste smo uporabili MFP, s pomočjo katerih smo določili MFT. V nadaljevanju smo izračunali CWM in indeks FP, s katerim lahko razlagamo posledice motnje na združbo. Funkcionalna karakterizacija biotske pestrosti, t. i. funkcionalni pristop, nadgrajuje razlago na osnovi rastlinskih vrst, opisanih zgolj z imenom vrste (Garnier in Navas, 2012; Funk in sod., 2016).

### 5.1 KLASTRSKA ANALIZA MORFOLOŠKO-FUNKCIONALNIH POTEZ

Za določitev morfološko-funkcionalnih tipov rastlinskih vrstam na proučevanem pol-naravnem travniku smo uporabili seznam vrst in pripadajoče MFP. V TWINSPAN analizi je bilo analiziranih skupno 63 rastlinskih vrst (skupina \*) in 52 MFP. Predstavljamo podrobno analizo – dendrogram (slika 3), ki prikazuje delitev rastlinskih vrst glede na MFP.

V prvi delitvi je bilo v negativni skupini 46 vrst (skupina \*0) rastlin brez indikatorskih MFP. V pozitivni skupini prve delitve je bilo 17 vrst (skupina \*1) z indikatorsko potezo nadzemna korenika (CGO\_4). Od 46 vrst (skupina \*0) iz prve delitve se jih je na drugem nivoju 18 (skupina \*00) razvrstilo na negativno stran z indikatorskimi MFP reprodukcija s semeni (TR\_3), polrozetaste rastline (GF\_2), mezomorfni listi (LA\_2) in vrsta diaspore je plod s priveski (DT\_3). V pozitivni skupini z 28 vrstami (skupina \*01) sta bili indikatorski MFP nadzemna korenika (CGO\_4) in lateralna razrast 0,01–0,25 metrov/leto (LDS\_2). Pozitivna skupina prve delitve s 17 vrstami (skupina \*1) se je razdelila na negativno skupino z 10 vrstami (skupina \*10), kjer indikatorskih MFP ni bilo. V pozitivni skupini je bilo 7 vrst

(skupina \*11) z MFP ruderalke (R), specifična listna površina (SLA) in reprodukcija s semeni ter vegetativno (TR\_1).

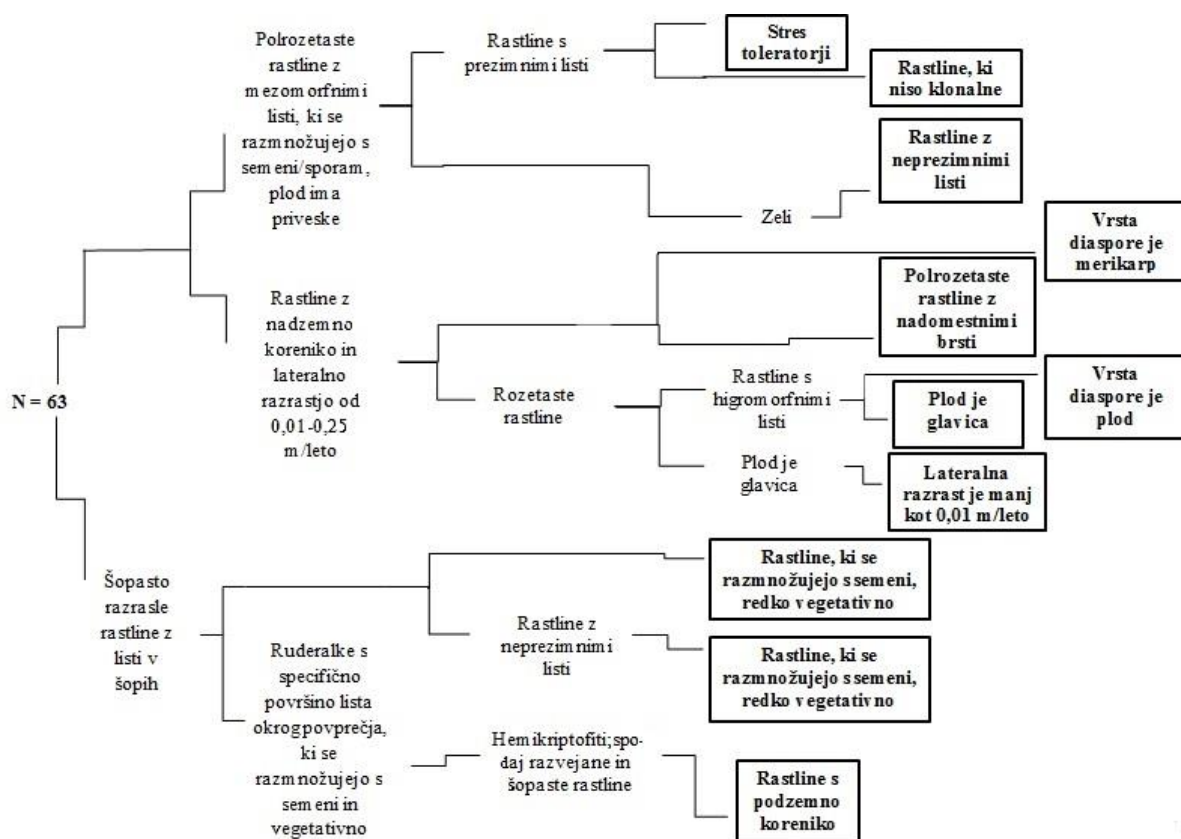
Na nivoju tri se je 18 vrst (skupina \*00) iz druge delitve razdelilo na 8 vrst (skupina \*000) z negativnim znakom in 10 (skupina \*000) s pozitivnim. Pri negativnih je bila indikatorska MFP prezimni listi (LP\_2), v pozitivni pa jih ni bilo. 28 vrst (skupina \*01) se je razdelilo na negativno skupino s 15 vrstami (skupina \*010) brez značilnih MFP in pozitivno s 13 vrstami (skupina \*011) z značilno MFP rozetaste rastline (GF\_1). Skupina z 10 vrstami (skupina \*10) se je razdelila na negativnih 12 vrst (skupina \*100) brez indikatorskih MFP in pozitivnih 13 (skupina \*101) z indikatorsko MFP neprezimni listi (LP\_1). Skupina s 7 vrstami (skupina \*11) iz druge delitve se je ločila na negativno skupino s 6 vrstami (skupina \*110) z indikatorsko MFP hemokriptofiti, caespitosa (LF\_H cae). V pozitivni skupini je bila 1 vrsta brez določene indikatorske MFP.

Na četrtem nivoju se je v osmi delitvi skupina \*000 z 8 vrstami delila na negativno skupino z 2 vrstama (skupina \*0000), indikatorska MFP je bila toleratorji stresa (S). V pozitivni skupini s 6 vrstami (skupina \*0001) ni bilo indikatorskih MFP. Skupina \*001 z 10 vrstami se je delila na negativne 3 vrste (skupina \*0010) brez značilne MFP in pozitivnih 7 vrst (skupina \*0011) z značilno MFP zeli (G\_forb). Deseta delitev je dala iz skupine \*010 s 15 vrstami negativno skupino s 4 vrstami (skupina \*0100) z indikatorskima MFP mezomorfni listi (LA\_2) in vrsta diaspore je seme (DT\_4) ter pozitivno skupino z 11 vrstami (skupina \*0101) brez indikatorskih MFP. Skupina \*011 se je delila na negativno skupino z 8 vrstami (skupina \*0110) z indikatorsko MFP higromorfni listi (LA\_3) in pozitivno s 5 vrstami (skupina \*0111) z indikatorsko MFP vrsta ploda je glavica (FT\_4). Skupina \*100 se je delila na negativno skupino z 1 vrsto (skupina \*1000), indikatorska poteza je bila tip reprodukcije s semeni, redko vegetativno (TR\_2). Pozitivna skupina je vsebovala 4 vrste (skupina \*1001) in ni imela indikatorskega znaka. Skupina s 5 vrstami (skupina \*101) iz tretje delitve je imela negativno skupino s 3 vrstami (skupina \*1010) brez indikatorske poteze in pozitivno z 2 vrstama (skupina \*1011) ter indikatorsko potezo tip reprodukcije s semeni, redko vegetativno (TR\_2). Zadnja delitev na četrtem nivoju je bila s 6 vrstami (skupina \*110). Negativna skupina s 4 vrstami (skupina \*1100) je imela indikatorsko potezo podzemna korenika (CGO\_5). Pozitivna skupina je vsebovala 2 vrsti (skupina \*1101) brez indikatorske poteze.

Na petem nivoju se je skupina \*0001 s 6 vrstami razdelila na negativno z 2 vrstama (skupina \*00010) brez indikatorskih MFP in pozitivno s 4 vrstami (skupina \*00011) z indikatorsko potezo ni klonalnosti (CGO\_4). Skupina \*0011 s 7 vrstami se je razdelila na negativno skupino s 3 vrstami (skupina \*00110) in pozitivno s 4 vrstami (skupina \*00111), kjer je bila indikatorska poteza neprezimni listi (LP\_1). V skupini z 11 vrstami (skupina \*0101) iz četrte delitve je bilo v negativni skupini 7 vrst (skupina \*01010) brez značilnih MFP. V pozitivni skupini so bile 4 vrste (skupina \*01011) z indikatorskima MFP nadomestni brsti (CGO\_9) in polrozete (GF\_2). Skupina z 8 vrstami (skupina \*0110) se je razdelila na negativno s 6 vrstami (skupina \*01100) brez MFP in pozitivno z 2 vrstama (skupina \*01101), indikatorska MFP je bila plod je glavica (FT\_4). Skupina \*0111 s 5 vrstami je imela 4 vrste (skupina \*01110) v negativni skupini z indikatorsko potezo lateralna razrast  $<0,01$  m/leto (LSD\_1). V pozitivno skupino je padla 1 vrsta (skupina \*01111) brez indikatorskih MFP.

Na šestem nivoju delitev se je skupina \*01010 s 7 vrstami delila na negativno s 4 vrstami (skupina \*010100) z indikatorsko potezo vrsta diaspore je merikarp (DT\_5). Pozitivna delitev je imela 3 vrste (skupina \*010101) brez značilnih MFP. Skupina s 6 vrstami (skupina \*01100) se je razdelila na negativno 1 vrsto (skupina \*011000), kjer je bila indikatorska MFP vrsta diaspore je plod (DT\_1). Pozitivna skupina te delitve je imela 5 vrst (skupina \*011001) brez indikatorskih MFP.





Slika 3: Dendrogram TWINSpan analize 63 rastlinskih vrst in 52 MFP proučevanega travnika.

V nadaljevanju smo nato na osnovi dendrograma definirali pet (5) morfološko-funkcionalnih tipov (MFT). V tabeli 2 so prikazani indikatorski MFT in tipične rastlinske vrste. Prvi tip je **MFT 1 – Enoletnice s prezimnimi listi**. Indikatorske vrste tega tipa so navadni repnjakovec (*Arabidopsis thaliana*), navadni plešec (*Capsella bursa-pastoris*), enoletna suholetnica (*Erigeron annuus*), hrapava škrbinka (*Sonchus asper*), poljska detelja (*Trifolium campestre*), mala detelja (*Trifolium dubium*). V **MFT 2 – Trajnice s polrozeto in mezomorfnimi listi** spadajo naslednje vrste: njivsko grabljišče (*Knautia arvensis*), veliki bedrenec (*Pimpinella major*), regrat (*Taraxacum officinale*), travniška kozja brada (*Tragopogon pratensis*). Vrste, ki določajo **MFT 3 – Trajnice s koreniko in pokončnim, olistanim stebлом**, so plazeči skrečnik (*Ajuga reptans*), navadna lakota (*Galium mollugo*), prava lakota (*Galium verum*), njivska meta (*Mentha arvensis*), navadna črnoglavka (*Prunella vulgaris*), mala kislica (*Rumex acetosella*), topolistna kislica (*Rumex obtusifolius*), navadni gabez (*Symphytum officinale*). **MFT 4 – Trajnice z nadzemno koreniko in rozeto** določajo navadna marjetica (*Bellis perennis*), njivski slak (*Convolvulus arvensis*), okroglostna pijavčnica (*Lysimachia*

*nummularia*), ozkolistni trpotec (*Plantago lanceolata*), veliki trpotec (*Plantago major*), srednjelistni trpotec (*Plantago media*), in zajčja deteljica (*Oxalis acetosella*). **MFT 5 – Rastline s šopasto rastjo – trave** definirajo vrste, kot so visoka pahovka (*Arrhenatherum elatius*), pasja trava (*Dactylis glomerata*), travniški mačji rep (*Phleum pratense*), dišeča boljka (*Anthoxanthum odoratum*), rdeča bilnica (*Festuca Rubra*), travniška latovka (*Poa Pratensis*) in rumenkasti ovsec (*Trisetum flavescens*).

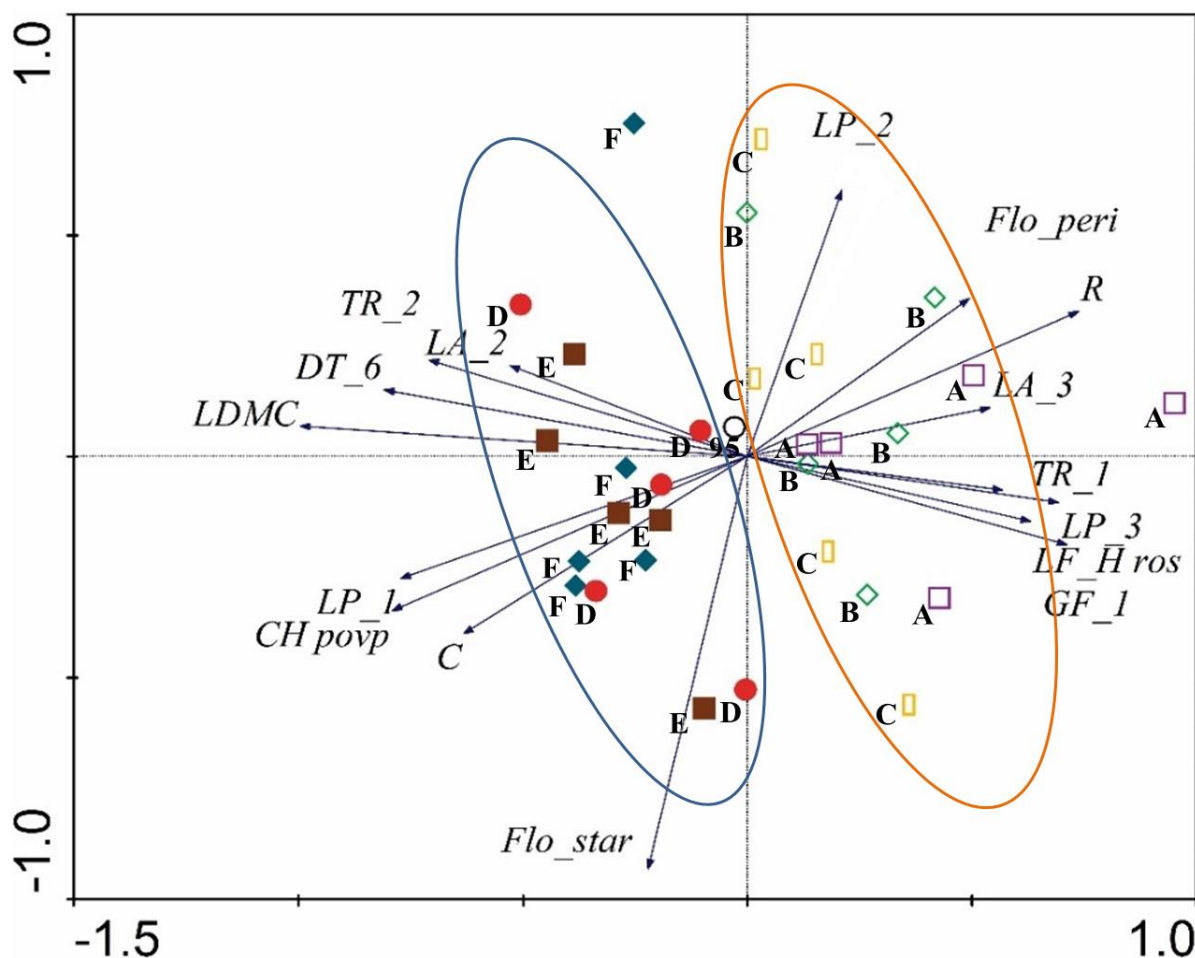
Na proučevanem pol-naravnem travniku smo za popisane rastlinske vrste na osnovi njihovih MFP določili in poimenovali pet morfološko-funkcionalnih tipov. Takšno klasifikacijo rastlin bi lahko uporabili kot novo kategorično potezo v nadaljnjih raziskavah na traviščih s funkcionalnim pristopom.

Tabela 2: V raziskavi definirani morfološko-funkcionalni tipi (MFT1–MFT5) za rastlinske vrste popisnih ploskev proučevanega travnika. Kratice in celotna imena rastlinskih vrst so v Prilogi 1.

Indikatorske MFP		Indikatorske rastlinske vrste
<b>MFT 1</b>	Enoletnice s prezimnimi listi	<i>ArabThal, CapsBurs, ErigAnnu, SoncAspe, TrifCamp, TriFPubi</i>
<b>MFT 2</b>	Trajnice s polrozeto in mezomorfnimi listi	<i>KnauArve, PimpMajo, TaraOffi, TragPrat</i>
<b>MFT 3</b>	Trajnice s koreniko in pokončnim, olistanim stebлом	<i>AjugRept, GaliMoll, GaliVeru, MentArve, PrunVulg, RumeAcet, RumeObtu, SympOffi</i>
<b>MFT 4</b>	Trajnice z nadzemno koreniko in rozeto	<i>BellPere, ConvArve, LysiNumm, OxalAcet, PlanLanc, PlanMajo, PlanMedi</i>
<b>MFT 5</b>	Rastline s šopasto rastjo – trave	<i>ArrhElat, DactGlom, PhlePrat, AnthOdor, FestRubr, PoaPrat, TrisFlav</i>

## 5.2 SREDNJE VREDNOSTI MORFOLOŠKO-FUNKCIONALNIH POTEZ

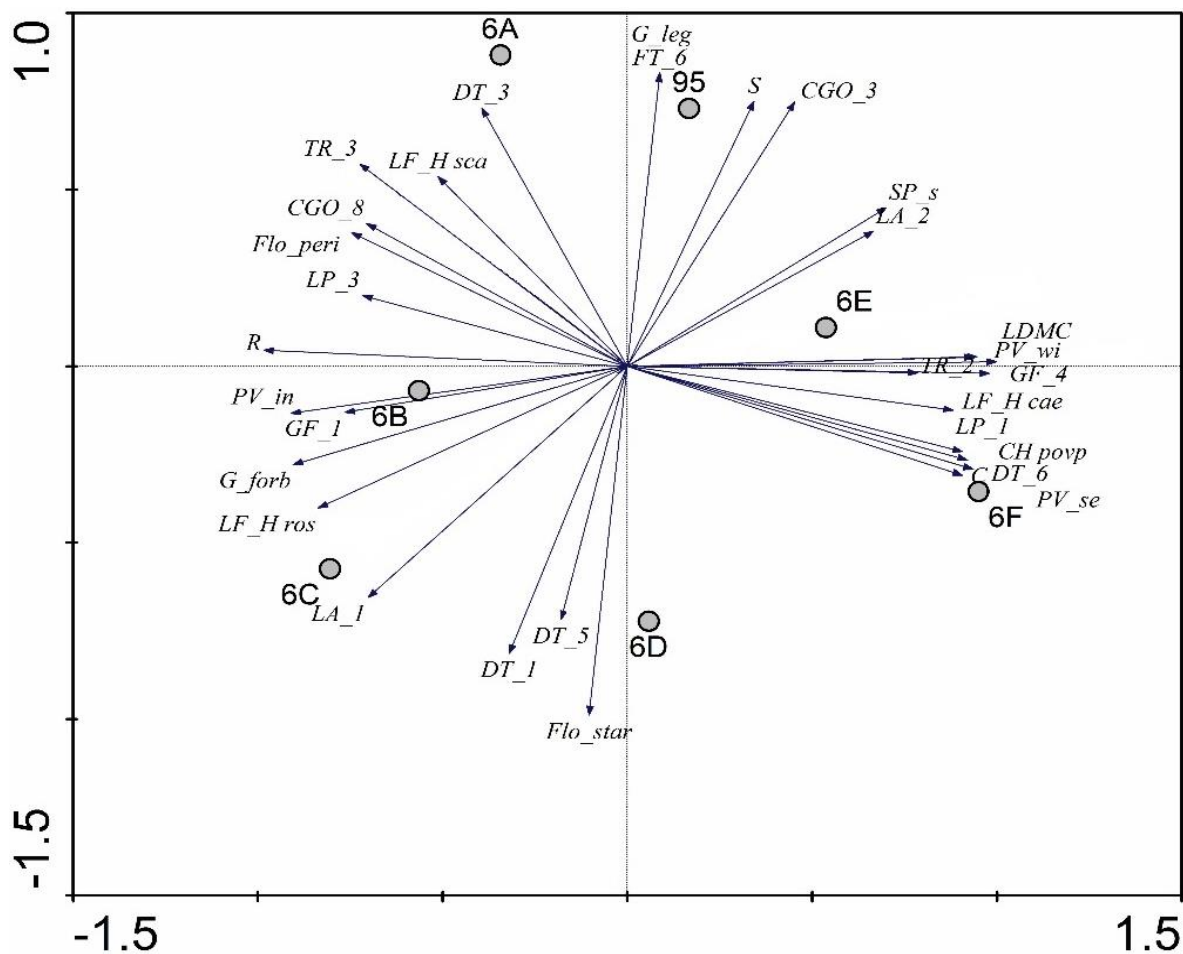
Srednje vrednosti morfološko-funkcionalnih potez (CWM) smo analizirali s pomočjo PCA ordinacijske analize. Vrednost dolžine gradienta prve osi (PCA1) je znašala 0,07, kar nakazuje, da je ustrezna indirektna analiza gradientov PCA (Lepš in Šmilauer, 2005). Lastne vrednosti prvih štirih osi so: PCA os 1 = 0,853; PCA os 2 = 0,1; PCA os 3 = 0,042 in PCA os 4 = 0,004. Za rezultat smo dobili ordinacijo (slika 4), ki jasno razdeli popisne ploskve v dve skupini. Na desni strani so pogosti režimi košenj: košnja na 2 tedna (A), na 4 tedne (B) in 6 tednov (C). V tej skupini prevladujejo ruderalke (R), ki so bolj prilagojene na visoko stopnjo motnje (Grime in sod., 1988). Listi so higromorfni (LA\_3), vedno zeleni (LP\_3), prezimni (LP\_2), kar rastlinam omogoča produkcijo tudi v delu leta, ko motnje ni. Uspešnejše so rastline, ki se razmnožujejo spolno in vegetativno (TR\_1) ter imajo možnost cvetenja v daljšem obdobju (Flo\_peri). To je pomembno, saj se s prehitro odstranitvijo biomase drugače niso sposobne uspešno razmnoževati (Kotas in sod., 2016). Veliko je hemikriptofitov, rozetastih rastlin (LF\_H ros, GF\_1), ki zasedejo nišo, saj prej zaradi kompeticije za svetlobo niso dobro uspevale (Klimešova, 2013). Na levi pa so režimi manj pogostih košenj: košnja na 8 tednov (D), na 10 tednov (E) in na 12 tednov (F). Rastline so višje (CH povp), saj imajo več časa za rast. Vsebnost suhe snovi lista (LDMC) je večja, saj imajo več opornih tkiv, kar je značilno za rastline, ki uspevajo v tleh, zmerno založenih s hranili (Pipenbaher, 2011; Pérez-Harguindeguy in sod., 2013). Značilni so mezomorfni (LA\_2), neprezimni (LP\_1) listi. Veliko je kompetitorjev (C), saj sta stres in motnja zmerna (Grime in sod., 1988). V nasprotju s prvo skupino, kjer je bila motnja pogosta, je začetek cvetenja tukaj hitrejši (Flo\_star), reprodukcija poteka navadno s semeni, redko vegetativno (TR\_2), vrsta diaspore je del soplodja (DT\_6). **S tem lahko potrdimo prvo hipotezo, da je različna pogostnost košnje na posameznih popisnih ploskvah spremenila zastopanost in razmerje posameznih MFT rastlin v primerjavi z izhodiščnim ekstenzivnim travnikom.**



Slika 4: PCA ordinacijski diagram CWM matrike 31 fitocenoloških popisov in 52 morfološko-funkcionalnih potez. Lastne vrednosti: PCA os 1 = 0,853, PCA os 2 = 0,100. Legenda: črn krog – leto 1995; A – košnja vsaka 2 tedna (14–16 košenj letno); B – košnja vsake 4 tedne (7–8 košenj letno); C – košnja vsakih 6 tednov (5 košenj letno); D – košnja vsakih 8 tednov (4 košnje letno); E – košnja vsakih 10 tednov (3 košnje letno); F – košnja vsakih 12 tednov (2 košnji letno). Legenda kratic je v tabeli 1.

Za podrobnejši prikaz vpliva košnje smo naredili še ordinacije za izhodiščno leto in leto 2006 ter izhodiščno leto in leto 2012. V ordinaciji za leto 2006 (slika 5) je vrednost dolžine gradienta prve osi (PCA1) znašala 0,07, kar nakazuje, da je ustrezna indirektna analiza gradientov PCA (Lepš in Šmilauer, 2005). Lastne vrednosti prvih dveh so: PCA os 1 = 0,892 in PCA os 2 = 0,091. Režimi košnje se v diagramu ponovno ločijo na dve skupini – na levi strani ordinacijskega grafa so intenzivnejši režimi: košnja vsaka 2 tedna (A), ki je nekoliko bolj oddaljena, ter košnja na 4 tedne (B) in 6 tednov (C). Ponovno so prevladovali ruderalke (R), ki so sicer značilne za območja z intenzivnimi motnjami, antropogeni vplivi iz okolice

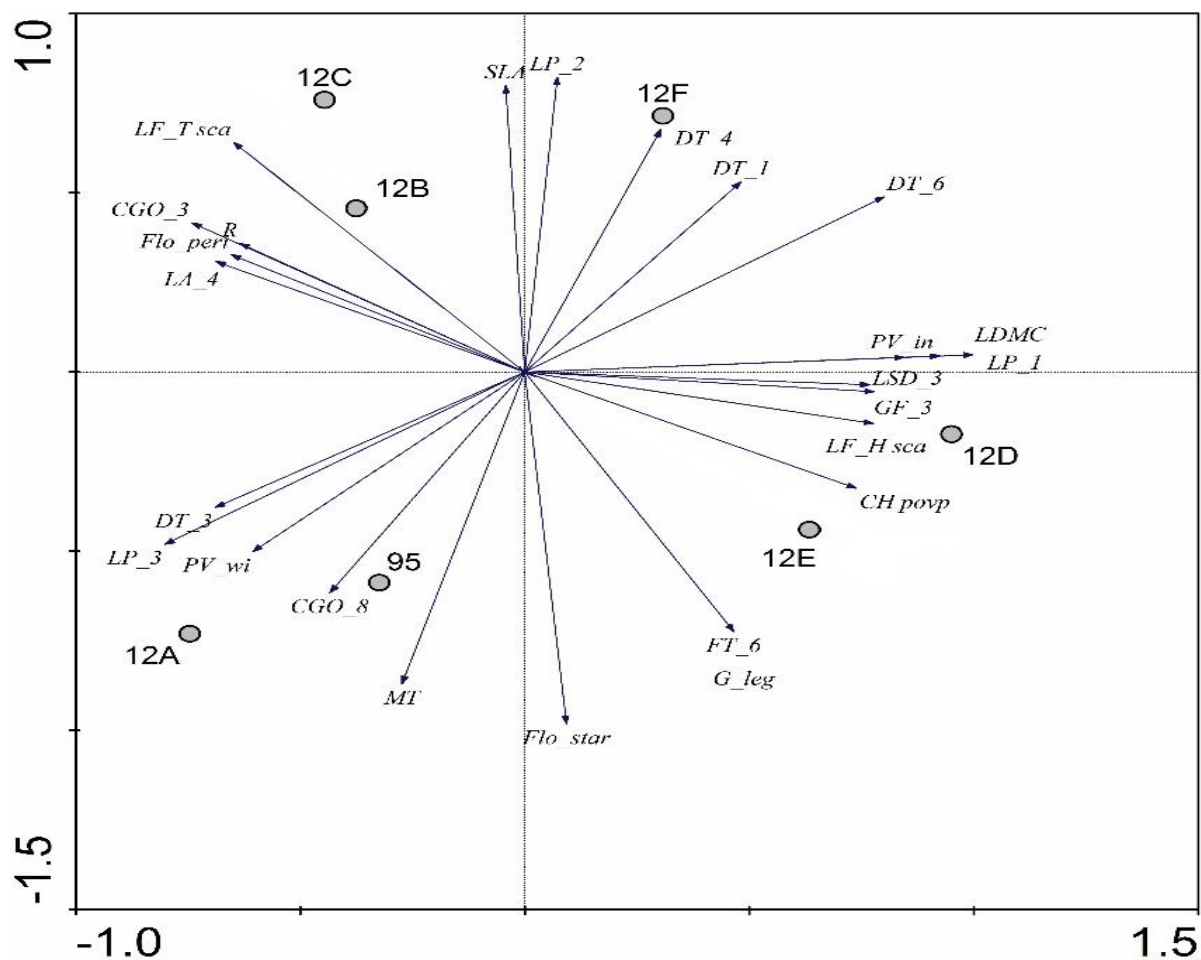
prispevajo k lažjemu prenosu in uveljavljanju teh vrst na bolj košenih popisnih ploskvah (Pipenbaher in sod., 2014). Več je zeli (G\_forb) in hemikriptofitov, rastlin z rozeto (LF\_H ros), za vrste na območjih z visoko motnjo je značilno, da akumulirajo liste pri tleh, saj rezanje spodbudi rozetasto rast (Kahmen in Poschlod, 2008). V nastalih razmerah pa tudi lažje tekmujejo z višjimi vrstami, ki so bile s košnjo odstranjene. Obdobje cvetenja (Flo\_peri) je bilo daljše. Pri pogosti košnji se pojavijo rastline, pri katerih reprodukcija poteka s semeni/sporami (TR\_3). Herben in sod. (2017) navajajo, da enoletnicam ugaja pogosta in intenzivna motnja, semena tvorijo, da tako preživijo neugoden del leta. Vrsta diaspore je plod s priveski (DT\_3). V večji meri so to rastline s skleromorfnimi listi (LA\_1). Te se pojavljajo predvsem na popisnih ploskvah s košnjo 5-krat letno (C). Gre za pogosto motnjo, pri kateri navadno rastline zaradi rednih odstranitvev nadzemnih delov manj vlagajo v produkcijo listov (Pipenbaher, 2011; Pérez-Harguindeguy in sod., 2013). Košnja vsakih 10 tednov (D), košnja vsakih 8 tednov (E) in košnja vsakih 12 tednov (F) ter Y95 tvorijo drugo skupino na desni strani. Tukaj so pogostejši kompetitorji (C). Deli rastlin stebelnega izvora so klonalni (CGO\_3), vrednost povprečne višine (CH povp) je višja. Rastline popisnih ploskev z najmanjšo frekvenco motnje so večinoma samooprašne (PV\_se). Vrsta diaspore je v večji meri del soplodja (DT\_6). Skupina z zmernimi košnjami ima poteze, ki so zanjo značilne zaradi lažje produkcije v povezavi s časom, ki ga ima rastlina na voljo med eno in drugo motnjo (košnjo) (Klimešová in sod., 2008).



Slika 5: PCA ordinacijski diagram CWM matrike 7 fitocenoloških popisov (kontrola 1995 in leto 2006) in 52 morfološko-funkcionalnih potez. Lastne vrednosti: PCA os 1 = 0,892, PCA os 2 = 0,091. Legenda: črn krog s sivim polnilom: 95 – leto 1995 – kontrola; 6A – košnja vsaka 2 tedna (14–16 košenj letno); 6B – košnja vsake 4 tedne (7–8 košenj letno); 6C – košnja vsakih 6 tednov (5 košenj letno); 6D – košnja vsakih 8 tednov (4 košnje letno); 6E – košnja vsakih 10 tednov (3 košnje letno); 6F – košnja vsakih 12 tednov (2 košnji letno). Legenda kratic je v tabeli 1.

Vrednost dolžine gradienta prve osi (PCA1) je v ordinaciji za leto 2012 (slika 6) znašala 0,07, kar prav tako nakazuje, da je ustrezna indirektna analiza gradientov PCA (Lepš in Šmilauer, 2005). Lastne vrednosti prvih dveh osi so: PCA os 1 = 0,810 in PCA os 2 = 0,148. V letu 2012 so v isti skupini košnja vsaka 2 tedna (A), košnja vsake 4 tedne (B) in košnja vsakih 6 tednov (C). Izstopa kontrolno leto (Y95), ki je bilo bližje košnji na vsaka 2 tedna, kar je nenavadno, saj kontrola predstavlja izhodiščno združbo z dolgoletno, zmerno rabo, s košnjo dvakrat letno (Kramberger in Kaligarič, 2008). Rastline iz tega klastra so tolerantnejše na

košnjo (MT), kar je pogoj za njihovo pojavljanje na teh popisnih ploskvah. Rastlinske vrste popisnih ploskev s pogosto motnjo imajo večinoma vedno zelene (LP\_3) liste. Prevladujoča življenjska oblika na popisnih ploskvah B in C so terofiti s pokončnim, zgoraj razvejanim stebrom (LF\_T csa), kar je za pogostejše košene ploskve navedeno tudi v raziskavi Kneževič (2015). Ti življenjski cikel zaključijo v enem letu (Poldini, 1991). Zacvetijo sorazmerno hitro (Flo\_star), kar je značilno za košene travnike (Kahmen in Poschlod, 2008; Pipenbaher, 2011) in imajo tako možnost produkcije plodov tudi pri skrajni motnji. V drugi skupini so na desni strani ordinacije zmerne košnje: vsakih 8 tednov (D), vsakih 10 tednov (E) in vsakih 12 tednov (F). Prevladujejo rastline, ki imajo večjo vsebnost suhe snovi lista (LDMC), saj listi vsebujejo več sklerenhima (Perez - Harguindeguy in sod., 2013). Pri košnji vsakih 10 tednov so bile pogostejše metuljnice (G\_leg). Listi so neprezimni, zeleni poleti (LP\_1), vrsta diaspore je del soplodja (DT\_6). Začetek cvetenja (Flo\_star) je kasnejši, saj imajo rastline več časa za cvetenje in produkcijo semen. Povprečna višina (CH povp) je večja, kar je značilno za zmerno košene popisne ploskve (Kneževič, 2015).



Slika 6: PCA ordinacijski diagram CWM matrike 7 fitocenoloških popisov (kontrola 1995 in leto 2012) in 52 morfološko-funkcionalnih potez. Lastne vrednosti: PCA os 1 = 0,810, PCA os 2 = 0,148. Legenda: črn krog s sivim polnilom: 95 – leto 1995 – kontrola; 12A – košnja vsaka 2 tedna (14–16 košenj letno); 12B – košnja vsake 4 tedne (7–8 košenj letno); 12C – košnja vsakih 6 tednov (5 košenj letno); 12D – košnja vsakih 8 tednov (4 košnje letno); 12E – košnja vsakih 10 tednov (3 košnje letno); 12F – košnja vsakih 12 tednov (2 košnji letno). Legenda kratic je v tabeli 1.

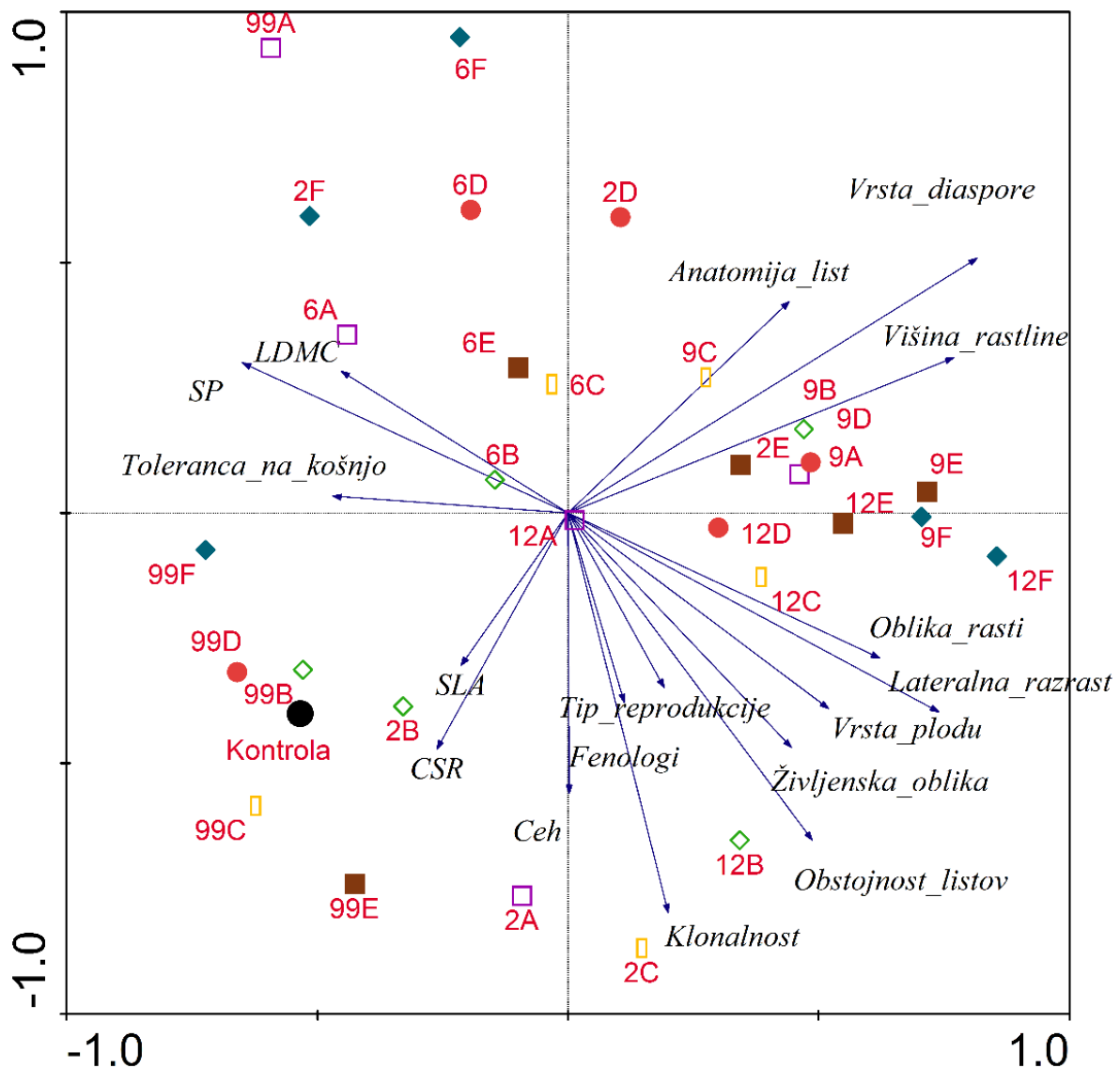
Po primerjavi pogostosti košenj lahko zaključimo, da se te razdelijo na popisne ploskve s pogostejšo košnjo v eno skupino, tiste z zmerno košnjo pa v drugo. Pri pogostejših košnjah se pojavljajo rozetaste rastline s prezimnimi listi. Tip reprodukcije je s semeni in vegetativno, kar rastlinam omogoča širjenje kljub košnji pred produkcijo semen ali celo pred cvetenjem. Če bi se rastline razmnoževale samo s semeni, bi košnja lahko zatrla njihovo reprodukcijo (Kotas in sod., 2016), kar pojasni tudi daljše obdobje cvetenja na pogostejše košenih popisnih ploskvah. Pogoste so ruderalke, ki na redkeje košenih površinah ne morejo tekmovati z bolj



uspešnimi kompetitorji (Grime, 2001). Na popisnih ploskvah z zmerno košnjo so po letih brez večjih odstopanj prevladovale višje rastline, kar navaja tudi Klimešova (2013). Rastline so zacvetele kasneje, kar je bilo pri zmerni motnji ugotovljeno tudi v raziskavi Kahmen in Poschlod (2008). Pogosti so bili kompetitorji, hitrorastoče, dolgoživeče rastline, ki ob ugodnih pogojih z zmerno motnjo hitro postanejo dominantne (Grime, 2001). Do podobnih rezultatov so prišli tudi v raziskavi Kneževič (2015).

### 5.3 FUNKCIONALNA PESTROST

Indeks funkcionalne pestrosti smo analizirali s pomočjo PCA analize (slika 7), kjer se oblikujeta dve skupini glede na pogostost košnje. V nadaljevanju smo MFP tistih indeksov FP, ki so izstopali, posebej obravnavali.



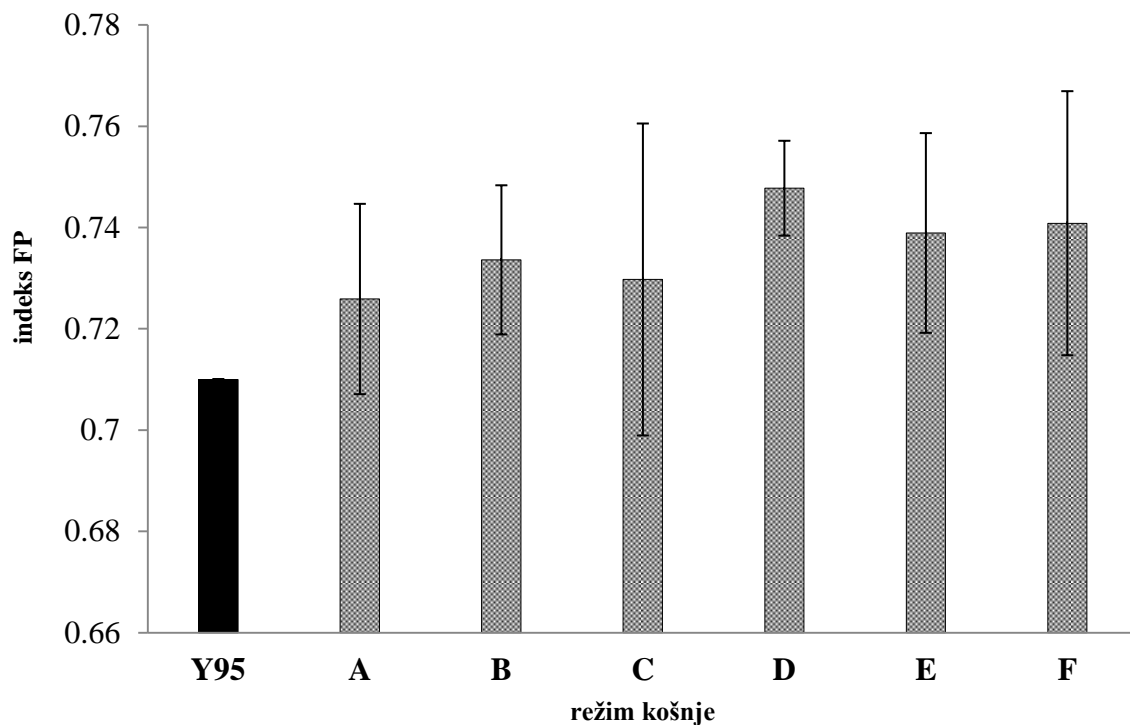
Slika 7: PCA ordinacijski diagram matrike funkcionalne pestrosti 31 fitocenoloških popisov in 17 morfološko funkcionalnih potez. Lastne vrednosti: PCA os 1 = 0,301, PCA os 2 = 0,223. Legenda: črn krog – leto 1995, kontrola; A – košnja vsaka 2 tedna (14–16 košenj letno); B – košnja vsake 4 tedne (7–8 košenj letno); C – košnja vsakih 6 tednov (5 košenj letno); D – košnja vsakih 8 tednov (4 košnje letno); E – košnja vsakih 10 tednov (3 košnje letno); F – košnja vsakih 12 tednov (2 košnji letno). Legenda kratic je v tabeli 1.

### **Funkcionalna pestrost pomembnejših morfološko-funkcionalnih potez**

V nadaljevanju so nas zanimala povprečja indeksa FD glede na režim košnje v primerjavi z izhodiščnim letom. Obravnavali smo povprečno višino rastline, klonalnost, vsebnost suhe snovi lista, CSR strategije, lateralno razrast, obstojnost lista, tip reprodukcije semen in vrsto diaspore. Indeks FP ima vrednost med 0 in 1. Če imata dve vrsti popolnoma enake poteze, je indeks enak 0, če imata popolnoma različne poteze, je enak 1 (Lepš in de Bello, 2008).

#### Funkcionalna pestrost povprečne višine rastlin (CH povp)

Indeks FP povprečne višine rastlin glede na režim košnje (slika 8) prikazuje večjo pestrost na popisnih ploskvah z zmernejšo motnjo. Vrednosti indeksa FP za povprečno višino rastlin so se gibale med 0,73 in 0,75. Največja povprečna vrednost indeksa ( $0,75 \pm 0,01$ ) je na popisnih ploskvah s košnjo vsakih 8 tednov (D). Nižje vrednosti so bile na popisnih ploskvah s pogostejšo košnjo, kar pomeni, da je znotraj teh popisnih ploskev manjša raznolikost glede na višino rastlin. V primerjavi z izhodiščnim letom Y95 se je indeks FP povišal, kar kaže na večjo funkcionalno pestrost, če je motnja prisotna. V raziskavah ugotavljajo, da se pri zmerni košnji ali opuščanju pojavljajo vrste rastlin, ki so v povprečju višje (Peco in sod., 2012; Kneževič, 2015). Pri pogosti košnji pa uspevajo rozetaste in na splošno nižje rastline, ki sicer niso dovolj kompetitivne na popisnih ploskvah z zmerno košnjo, saj do njih ne pride dovolj svetlobe (Kahmen in Poschlod, 2008). Na proučevanem travniku v Pivoli so na popisnih ploskvah z zmerno motnjo prevladovale trave (Kramberger in Kaligarič, 2008), te pa s staranjem olesenijo in dopuščajo prehod svetlobe tudi do nižjih rastlin (Podvršnik, 2009), ki imajo tako možnost uspevanja pri teh pogojih. Svetlobo zagotovi tudi zmerna košnja na 8 tednov (D) z odstranitvijo rastlin, ki bi sicer delale senco. Na teh popisnih ploskvah vlada močna kompeticija, hkrati pa odstranjevanje rastlinske mase dopušča rast rastlinskih vrst, ki sicer v takšnih pogojih ne bi imele možnosti. Zgoraj opisani rezultati raziskav opisujejo povprečja MFP, ki jih lahko povežemo z našimi rezultati indeksa FP za povprečne višine rastlin. Pri pogostih režimih košnje, kjer prevladujejo nižje rastlinske vrste, je torej indeks FP nižji – manjša pestrost. Na popisnih ploskvah z zmernim režimom pa je indeks višji zaradi možnosti uspevanja povprečno nizkih vrst rastlin, povprečno višjih in tistih vmes, kar viša pestrost MFP povprečna višina rastlin.

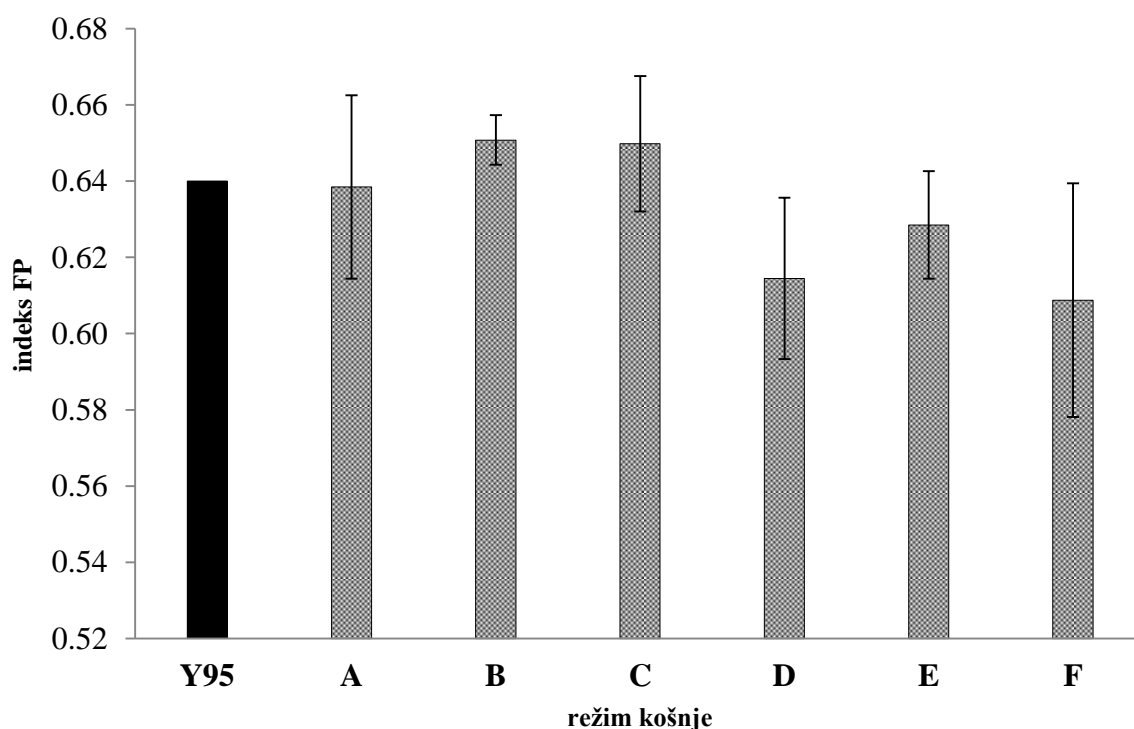


Slika 8: Povprečje indeksa funkcionalne pestrosti povprečne višine rastlin (CH povp), po režimih: Y95 – kontrola – leto 1995; A – košnja vsaka 2 tedna; B – košnja vsake 4 tedne; C – košnja vsakih 6 tednov; D – košnja vsakih 8 tednov; E – košnja vsakih 10 tednov; F – košnja vsakih 12 tednov.

#### Funkcionalna pestrost klonalnosti (CGO)

Klonalnost omogoča rastlinam različne strategije; lahko poveča njihovo kompetitivnost, prilagoditev na motnjo ali strestoleratorsko strategijo. Obenem pa so lahko klonalni organi tudi založno tkivo (Pérez - Harguindeguy in sod., 2013). Na grafu (slika 9) je vidno, da je pestrost na popisnih ploskvah, ki so košene pogosteje višja, proti pestrosti pri zmernih režimih košnje. Vrednosti so med 0,61 in 0,65. MFP-klonalnost je enotno porazdeljena med rastlinskimi vrstami na popisnih ploskvah. Indeks FP je bil najvišji pri košnjah vsake 4 (B) ( $0,65 \pm 0,01$ ) in vsakih 6 (C) tednov ( $0,65 \pm 0,02$ ). V nasprotju s tem je bil najnižji indeks FP na popisnih ploskvah, košenih vsakih 10 (D) ( $0,61 \pm 0,02$ ) in vsakih 12 (F) tednov ( $0,61 \pm 0,03$ ). V povprečju se je delež klonalnih rastlin na travniku v primerjavi z izhodiščnim letom 1995 zvišal, največ rastlin je imelo nadzemno klonalnost (Kneževič, 2015). Podzemna korenika je bila značilna za zmerno košene popisne ploskve (Kneževič, 2015; Herben in sod., 2017). Pri zmanjšanju motnje se uveljavijo uspešnejše klonalne rastline, ki izrinejo manjše,

manj kompetitivne rastlinske vrste in s tem tudi njihov tip klonalnosti. Klonalnost prevladujočih rastlin tako postane lažje dominantna poteza pri nižji frekvenci motnje (Klimešová, 2013) in zmanjša FP. Tradicionalna košnja (tj. 2-krat letno) izravna razlike med klonalnostjo in razmnoževanjem s semeni tako, da sta potezi v ravnovesju (Klimešová in sod., 2008). Motnje pa povzročijo neravnovesje in tako vplivajo na funkcionalno pestrost klonalnosti.

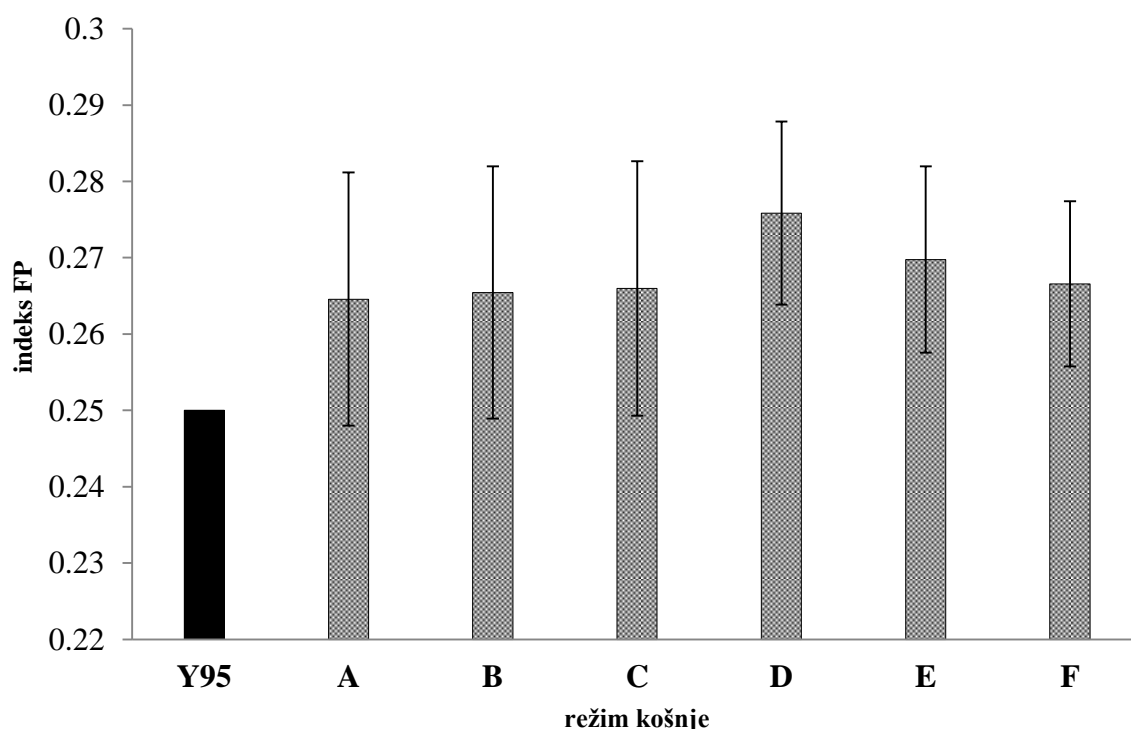


Slika 9: Povprečje indeksa funkcionalne pestrosti klonalnosti (CGO) po režimih: Y95 – kontrola – leto 1995; A – košnja vsaka 2 tedna; B – košnja vsake 4 tedne; C – košnja vsakih 6 tednov; D – košnja vsakih 8 tednov; E – košnja vsakih 10 tednov; F – košnja vsakih 12 tednov.

#### Funkcionalna pestrost vsebnosti suhe snovi lista (LDMC)

Povprečje indeksa FP za LDMC (slika 10) je bilo najvišje pri košnji na 8 tednov (D) ( $0,28 \pm 0,01$ ). Vrednosti indeksa FP so med 0,25 in 0,28, pestrost MFP LDMC na proučevanem travniku ni velika. V primerjavi z izhodiščnim letom Y95, kjer je bila vrednost indeksa FP za LDMC 0,25, se ob prisotnosti motnje sicer viša. V raziskavi Knežević (2015) so ugotovili večjo prisotnost listov z nižjim LDMC pri pogostih košnjah, kjer prevladujejo pleveli in ruderalke, ki zaradi svoje strategije ne vlagajo veliko energije v tvorbo sklerenhimov

(Cornelissen, 2003; Kneževič, 2015). Posledično nizek LDMC postane dominantna poteza pri pogostih režimih košnje in niža vrednost indeksa FP. Nasprotno je na popisnih ploskvah z zmernejšo košnjo LDMC v povprečju višji, kar Kneževič (2015) pripisuje strategijam trav. Podvršnik (2009) pri košnji 4-krat letno (na 8 tednov) navaja največjo količino pridelka, k čemur prispeva povečan delež metuljnic in zeli. Metuljnice, zeli in trave pa s svojimi različnimi vrednostmi LDMC večajo funkcionalno pestrost – vrednost indeksa FP je višja.

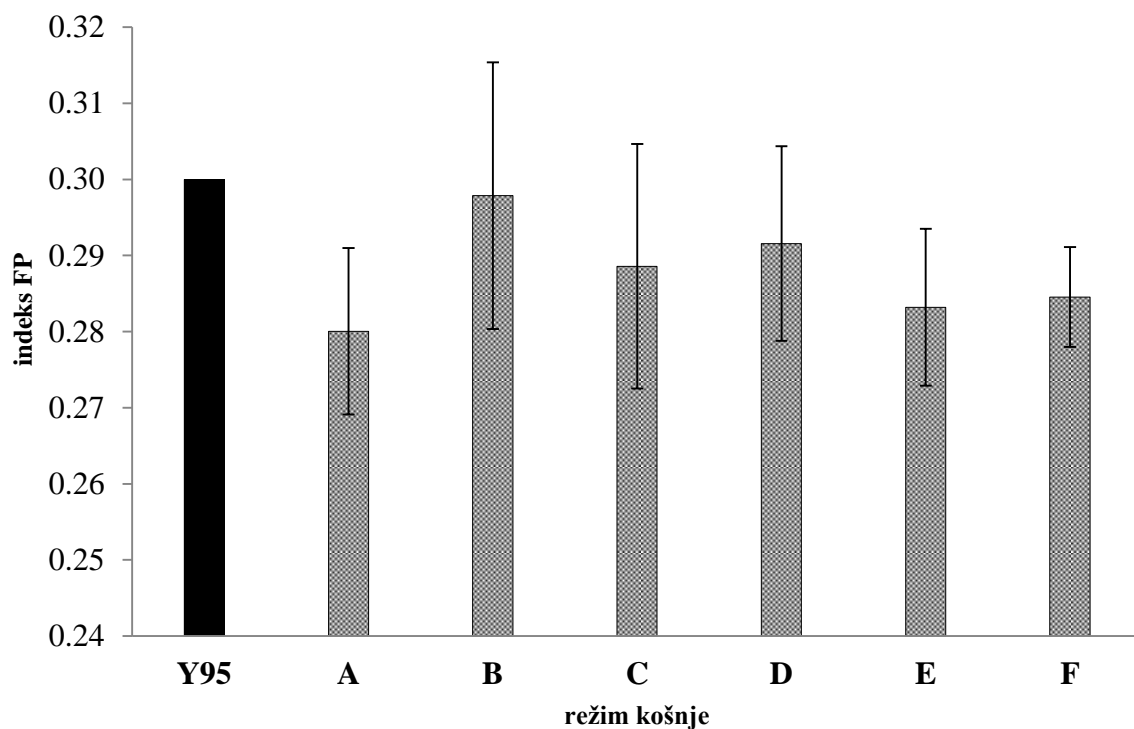


Slika 10: Povprečje indeksa funkcionalne pestrosti vsebnosti suhe snovi lista (LDMC) po režimih: Y95 – kontrola – leto 1995; A – košnja vsaka 2 tedna; B – košnja vsake 4 tedne; C – košnja vsakih 6 tednov; D – košnja vsakih 8 tednov; E – košnja vsakih 10 tednov; F – košnja vsakih 12 tednov.

#### Povprečje funkcionalne pestrosti življenjskih strategij (CSR)

Na grafu funkcionalne pestrosti življenjskih strategij (slika 11) je razvidno, da indeks FP pada, zlasti na popisnih ploskvah, ki so bile košene manj pogosto, tj. E in F. Podobna vrednost je tudi pri košnji na 2 tedna (A) ( $0,28 \pm 0,01$ ). Najvišja vrednost ( $0,30 \pm 0,02$ ) je na popisnih ploskvah B (košnja na vsake 4 tedne) in se najbolj približa vrednosti izhodiščnega leta Y95. Življenjske strategije pol-naravnega travnika niso raznolike, vrednost indeksa FP se giblje med 0,28 in 0,30. Manjša pestrost življenjskih strategij je pri zmernejših režimih

košnje, kjer se pojavljajo kompetitorji, ker ti začnejo prevladovati zaradi ugodnih razmer na proučevanem travniku (Grime, 2001; Kneževič, 2015). Na popisnih ploskvah s pogosto motnjo so se uveljavile ruderalke, ker je košnja onemogočila dominanco kompetitorjev (Grime, 2001; Kneževič, 2015). Pri pogosti košnji tako prevladajo ruderalke (Kneževič, 2015), ki sicer uspevajo na območjih z intenzivnejšimi motnjami, kot jo predstavlja košnja. Zaradi ugodnih razmer pa se na teh popisnih ploskvah pojavljajo tudi kompetitorji in stres toleratorji, ki se sicer pojavljajo v manjšem deležu. Funkcionalna pestrost je zato nekoliko večja.

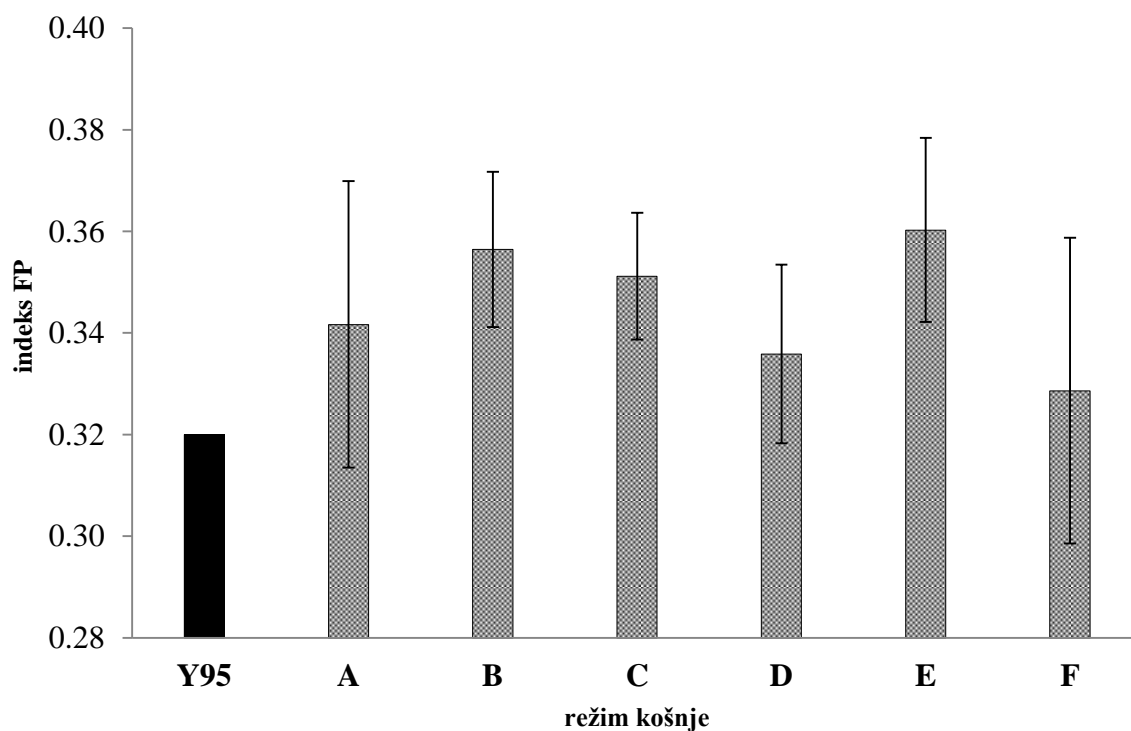


Slika 11: Povprečje indeksa funkcionalne pestrosti življenjskih strategij (CSR) po režimih: Y95 – kontrola – leto 1995; A – košnja vsaka 2 tedna; B – košnja vsake 4 tedne; C – košnja vsakih 6 tednov; D – košnja vsakih 8 tednov; E – košnja vsakih 10 tednov; F – košnja vsakih 12 tednov.

#### Povprečje funkcionalne pestrosti lateralne razrasti (LSD)

Možnost vegetativnega širjenja lateralno je poteza, ki je povezana s tekmovalno sposobnostjo. Manj rastlin ima sposobnost lateralnega širjenja na pogosteje košenih travnikih, zlasti proti opuščnim površinam (Klimešová in sod., 2008). Kneževič (2015) navaja, da je na raziskovalnem območju večje povprečje lateralne razrasti tam, kjer je motnje manj. Na grafu

povprečij indeksa FP za lateralno razrast (slika 12) glede na pogostost košnje indeks raste. Vrednosti so med 0,32 in 0,36, vrste so si glede na razdaljo lateralne razrasti med seboj podobne, kar je bilo pričakovano. Najvišji indeks FP je bil na popisnih ploskvah s košnjo vsakih 10 tednov (E) ( $0,36 \pm 0,02$ ). Pri košnji 2-krat na leto (A) je bila vrednost indeksa  $0,34 \pm 0,03$ . Podobno vrednost je dosegel tudi pri košnji 4-krat letno (D), kar kaže na prevlado rastlin z enako razdaljo poganjkov. Poganjki nekaterih vrst rastlin se zaradi visoke frekvence motnje podaljšujejo, da rastline lažje dosežejo ugodnejša področja (Klimešová in Herben, 2014), funkcionalna pestrost je na ta način večja (B – košnja vsake 4 tedne). Motnja večja pestrost lateralne razrasti, saj vzpodbudi rastline, ki bi se sicer razmnoževale spolno, da zaradi nastalih razmer uporabijo to možnost širjenja (Šerá, 2005).

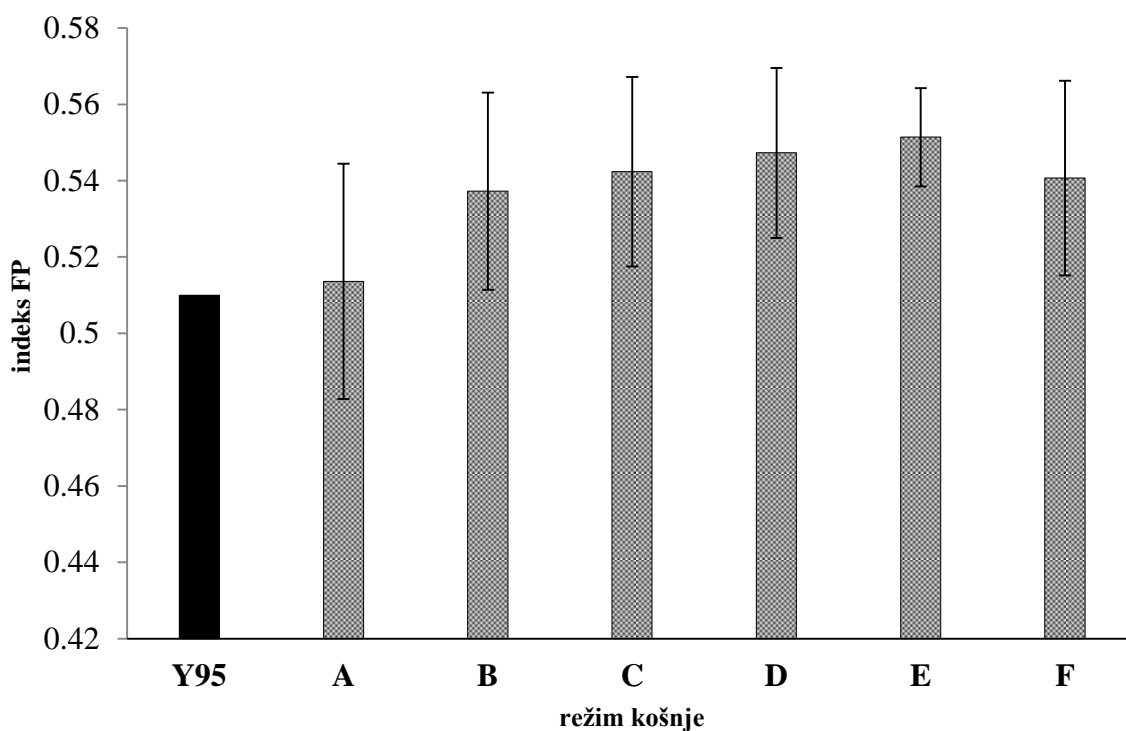


Slika 12: Povprečje indeksa funkcionalne pestrosti lateralne razrasti (LSD) po režimih: Y95 – kontrola – leto 1995; A – košnja vsaka 2 tedna; B – košnja vsake 4 tedne; C – košnja vsakih 6 tednov; D – košnja vsakih 8 tednov; E – košnja vsakih 10 tednov; F – košnja vsakih 12 tednov.



### Povprečje funkcionalne pestrosti obstojnost lista (LP)

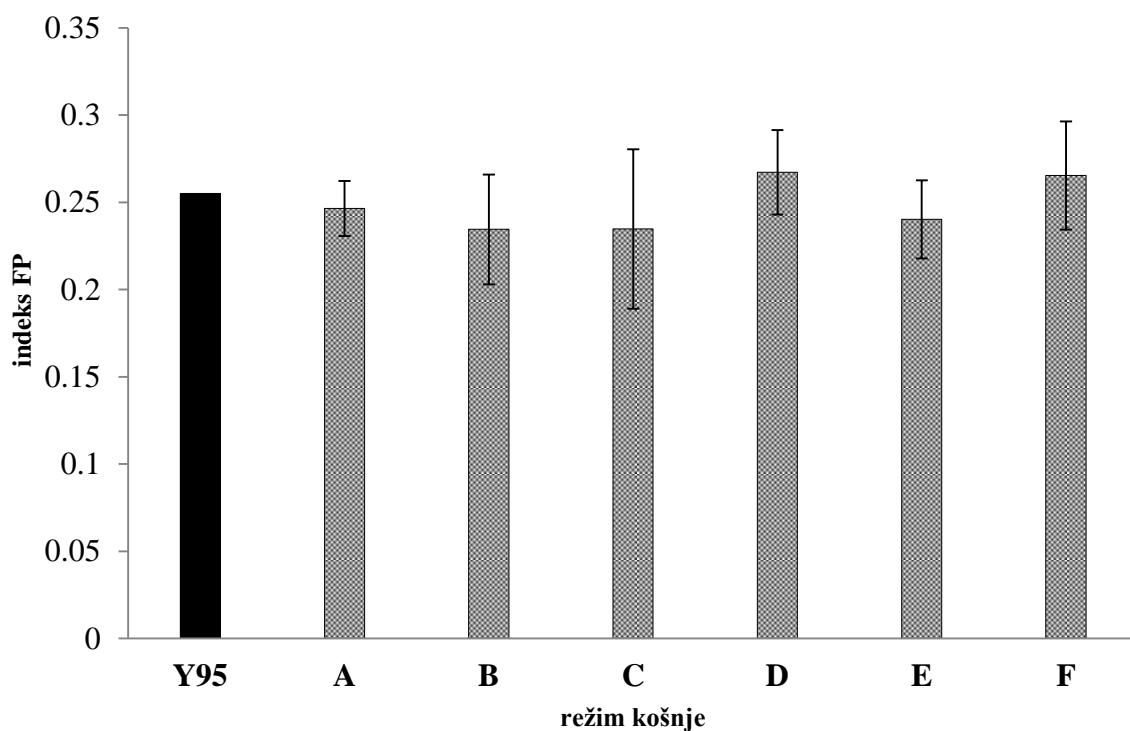
Graf povprečja funkcionalne pestrosti za obstojnost lista (slika 13) nakazuje zviševanje vrednosti indeksa FP glede na zmanjševanje pogostosti košnje. Najnižji je tako na popisnih ploskvah A, ki se jih kosi vsaka 2 tedna in znaša  $0,51 \pm 0,03$ . Približno enaka vrednost indeksa FP je v izhodiščnem letu Y95. Najvišji indeks je na popisnih ploskvah E, ki so košene na 10 tednov, tj.  $0,55 \pm 0,01$ . Vrednost indeksa FP okrog 0,5 pomeni enakomerno porazdeljenost MFP obstojnost lista med rastlinskimi vrstami na proučevanem travniku. Na popisnih ploskvah s pogostim režimom košnje prevladujejo rastline s prezimnimi listi (Knežević, 2015). Funkcionalna pestrost je zato na teh popisnih ploskvah manjša. Na zmerno košenih popisnih ploskvah pa uspevajo tudi rastline z neprezimnimi listi (Knežević, 2015), saj jih v neugodnem delu leta ne potrebujejo. Pestrost MPF obstojnost lista se poveča.



Slika 13: Povprečje indeksa funkcionalne pestrosti obstojnosti lista (LP) po režimih: Y95 – kontrola – leto 1995; A – košnja vsaka 2 tedna; B – košnja vsake 4 tedne; C – košnja vsakih 6 tednov; D – košnja vsakih 8 tednov; E – košnja vsakih 10 tednov; F – košnja vsakih 12 tednov.

### Povprečje funkcionalne pestrosti tipa reprodukcije semen (SP)

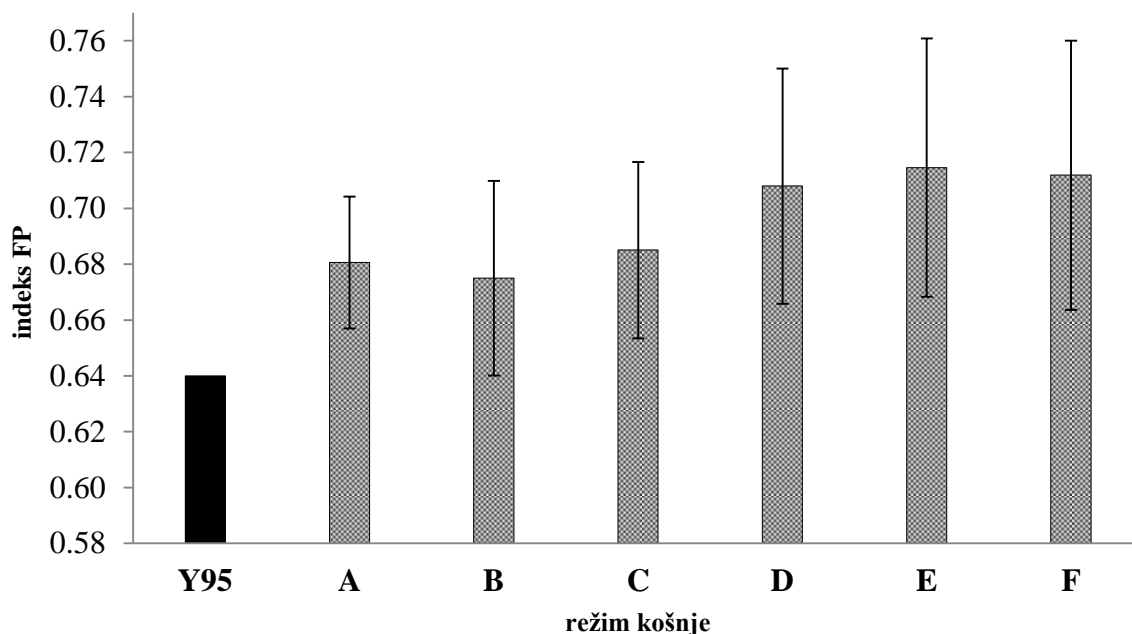
Naslednja poteza, ki smo jo podrobneje proučili, je bila tip reprodukcije semen (SP). Graf (slika 14) kaže na najvišje vrednosti indeksa FP na popisnih ploskvah, košenih vsakih 8 tednov (D) ( $0,27 \pm 0,02$ ) in 12 tednov (F) ( $0,27 \pm 0,03$ ). Nižje vrednosti je indeks FP dosegal na popisnih ploskvah B in C (0,23). Vrednosti indeksa FP so si bile precej podobne, znašale so med 0,27 in 0,23. Razlik v pestrosti ni bilo niti v kontrolnem letu Y95 (0,26). Večina rastlin na travniku se je razmnoževala spolno. Pestrost tipa reprodukcije semen je zato razumljivo nizka, kar razberemo tudi iz vrednosti indeksa FP. Pogosta košnja lahko zatira spolno reprodukcijo rastlin (Talle in sod., 2018), kar nadomestijo z možnostjo lateralne razrasti (Šerá, 2005). Režim motnje zato ni v večji meri vplival na razlike pestrosti tipa reprodukcije semen med posameznimi popisnimi ploskvami.



Slika 14: Povprečje indeksa funkcionalne pestrosti tipa reprodukcije semen (SP) po režimih: Y95 – kontrola – leto 1995; A – košnja vsaka 2 tedna; B – košnja vsake 4 tedne; C – košnja vsakih 6 tednov; D – košnja vsakih 8 tednov; E – košnja vsakih 10 tednov; F – košnja vsakih 12 tednov.

### Povprečje funkcionalne pestrosti vrste diaspore (DT)

Diaspore so enote, s katerimi se rastlina razširja (Poschlod in sod., 2005). MFP vrsta diaspore je bila med pomembnejšimi potezami za določanje odziva rastlin na košnjo. Indeks FP se viša z nižanjem pogostosti košnje (slika 15). Vrednosti so bile med 0,64 in 0,71, kar pomeni, da je pestrost MFP vrsta diaspore v združbi velika. Najvišjo vrednost doseže na popisnih ploskvah E in F ( $0,71 \pm 0,05$ ). Najnižja vrednost indeksa FP je na popisnih ploskvah, košenih vsake 4 tedne (B) ( $0,67 \pm 0,04$ ), kar je primerljivo z izhodiščnim letom Y95. Rastline za produkcijo diaspor porabijo veliko energije, zato morajo biti te učinkovite, da dosežejo čim večjo možnost preživetja (Šerá, 2005). Pogosta košnja favorizira majhne rastline, enoletnice, ki ob koncu rastne sezone propadejo, neugodne razmere pa preživijo v obliki semen, navadno so ta manjša (Klimešová, 2013). Klimešová (2013) še navaja, da so pri opuščanju rabe uspevale rastline z velikimi semeni, ki lahko veliko energije vložijo v produkcijo. Posledično je indeks FP nižji na popisnih ploskvah z višjo frekvenco košnje. Pri zmernih režimih košnje je indeks FP za MFP vrsta diaspore višji, saj imajo pri manj pogosti motnji rastline več možnosti za tvorbo različnih vrst diaspor. Pestrost se poveča.



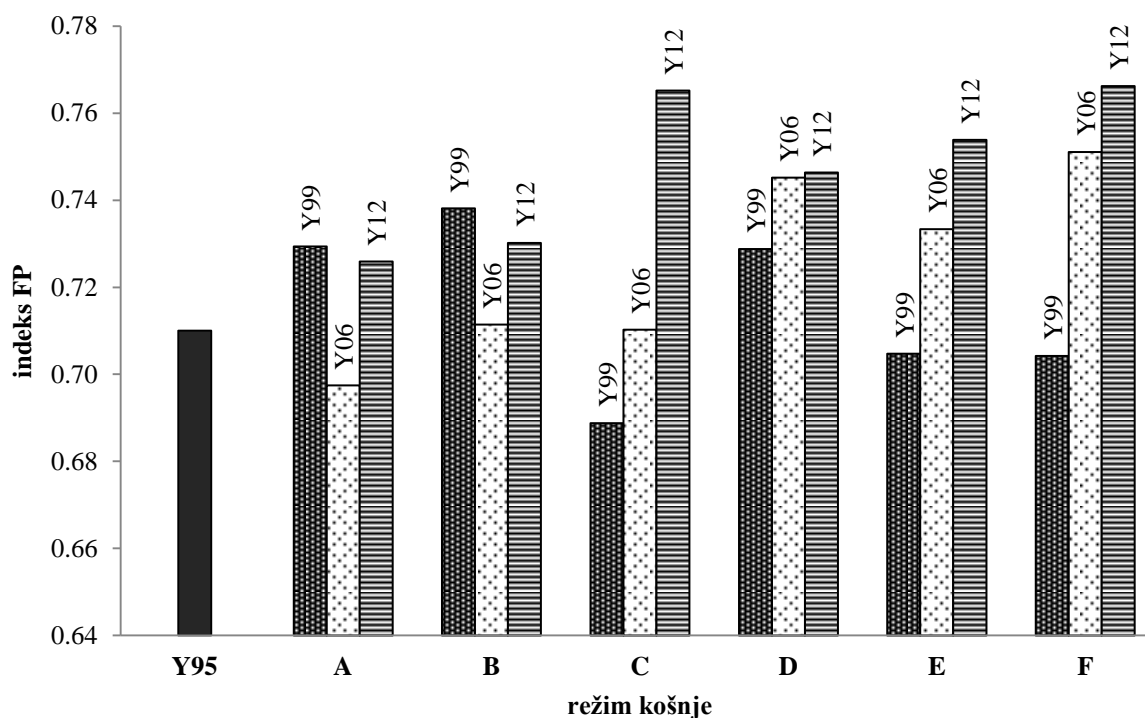
Slika 15: Povprečje indeksa funkcionalne pestrosti vrste diaspore (DT) po režimih: Y95 – kontrola – leto 1995; A – košnja vsaka 2 tedna; B – košnja vsake 4 tedne; C – košnja vsakih 6 tednov; D – košnja vsakih 8 tednov; E – košnja vsakih 10 tednov; F – košnja vsakih 12 tednov.

Za vsa prikazana povprečja indeksa FP lahko zaključimo, da so vrednosti precej različne za posamezne MFP. Rastline odreagirajo na nastale razmere, posledično se sprostijo niše in povečujejo ali zmanjšujejo funkcionalno pestrost popisnih ploskev (Díaz in Cabido, 2001). FP težko interpretiramo kot celoto, vendar lahko rečemo, da so MFP na pol-naravnem travniku enakomerno porazdeljene med rastlinskimi vrstami. V našem primeru je bilo lažje interpretirati FP za vsako MFP posebej. FP za MFP vrsta diaspore se npr. zmanjša na popisnih ploskvah, košenih vsake 4 tedne (slika 15; režim B). Rastline imajo pri močni motnji manj možnosti za shranjevanje hranil, kot ugotavljata Klimešová in Herben (2014), s tem pa manj možnosti za tvorbo različnih diaspor. Na drugi strani se poveča pestrost klonalnosti (slika 9; režim B) in lateralne razrasti (slika 12; režim B), saj morajo rastline za uspešno širjenje ubrati drugačne taktike. To pa daje več možnosti, da bodo tipi klonalnosti in razdalje lateralne razrasti različne – FP se poveča. Tako MFP, ki so seveda posledica različne pogostosti košnje, vplivajo na pestrost med seboj. Funkcionalna pestrost je bila visoka pri srednji do zmerni motnji. Pri režimu košnje med 6 in 10 tedni, predvsem pa pri 8-tedenskih intervalih vlada močna kompeticija, hkrati pa je motnja dovolj pogosta, da omogoča rast tudi rastlinskim vrstam, ki so manj kompetitivne in sicer ne bi mogle uspevati. Funkcionalna pestrost je za večino potez manjša pri močnejši intenziteti motnje, kar smo podprli tudi s posrednimi navedbami avtorjev (Grime, 2001; Šerá, 2005; Kahmen in Poschlod, 2008; Klimešová in sod., 2008; Kramberger in Kaligarič, 2008; Podvršnik, 2009; Peco in sod., 2012; Klimešová, 2013; Klimešová in Herben, 2014; Knežević, 2015).

### **Funkcionalna pestrost morfološko-funkcionalnih potez glede na pogostost košnje znotraj posameznih let**

Iz povprečne vrednosti FP smo lahko razbrali, kako se ta spreminja v odvisnosti od pogostosti košnje, vendar je bilo to povprečje indeksov FP skozi leta. Intervali napak so ponekod precej variirali. Zanimalo nas je, kaj se s FP dogaja v času. Naredili smo grafe, ki prikazujejo posamezne režime košnje v letih 1999 (začetek popisov), 2006 (sredina popisov), 2012 (konec popisov). To smo naredili za povprečno višino rastlin, vsebnost suhe snovi lista, CSR strategije in lateralno razrast.

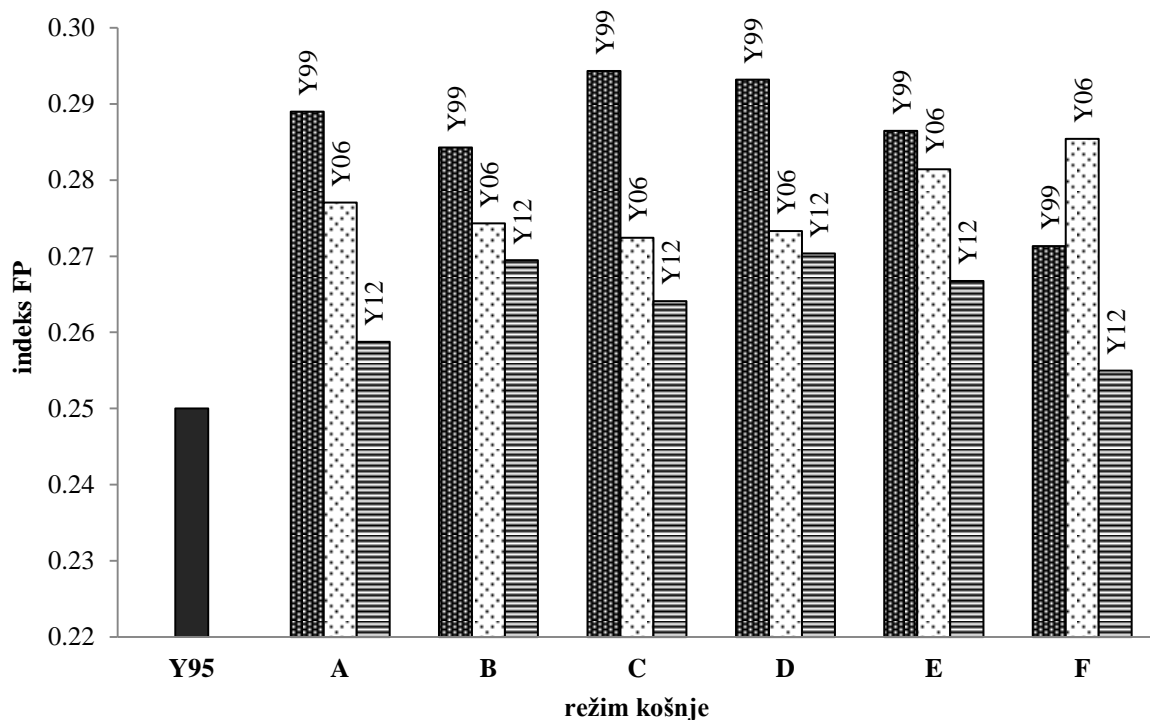
Indeks FP za povprečno višino rastlin (CH povp) (slika 16) je pri najintenzivnejšem režimu košnje (A) najvišji v začetku popisov (Y99), kar je 4 leta po začetku eksperimenta. Skoraj enako pestrost so popisne ploskve A dosegle tudi ob koncu popisov, leta 2012 (Y12). Precej nižji indeks FP je bil na sredini popisov (Y06). Podobna situacija se je pojavila na popisnih ploskvah B – košnja vsake 4 tedne. Pri režimu C – košnja vsakih 6 tednov je bila na začetku popisov pestrost povprečne višine nasploh najnižja in se je skozi čas večala proti koncu popisov (Y12). V drugem delu grafa, kjer so prikazani režimi manj intenzivne košnje E – košnja vsakih 10 tednov in F – košnja vsakih 12 tednov, je viden trend večanja funkcionalne pestrosti povprečne višine rastlin skozi časovno obdobje eksperimenta. Pričakovano je bilo, da bo indeks FP v začetku bolj podoben tistemu iz kontrolnega popisa leta 1995, saj se združba še ni v tolikšni meri prilagodila na nove režime košnje. Višji indeks FD pa bi lahko pripisali ravno večji kompeticiji v začetku poskusa. Najbolj se je pestrost povprečne višine rastlin približala letu 1995 na popisnih ploskvah E in F, kjer je bil režim košnje najbolj podoben tistemu pred začetkom poizkusa. Na začetku (Y99) je bila večja pestrost na najbolj košenih popisnih ploskvah in se je nižala z nižanjem intenzivnosti košnje. V nasprotju s tem se je pestrost povprečne višine rastlin v letu 2006 z nižanjem intenzitete košnje večala. Še opaznejši pa je ta trend v letu 2012, kjer najvišjo vrednost indeks FP doseže ravno pri popisnih ploskvah F – košnja na 12 tednov. Kramberger in Kaligarič (2008), Podvršnik (2009) in Kneževič (2015) navajajo, da je bilo na popisnih ploskvah z manj pogosto košnjo več trav, kar pomeni večjo povprečno višino, zaradi močne kompeticije pa so prisotne tudi povprečno nižje rastline. Kontinuiteta košnje to samo še krepi. Prav tako se z leti večja delež zeli v ruši, kar v kombinaciji s travami poveča funkcionalno pestrost (Kramberger in Kaligarič, 2008; Podvršnik, 2009; Kneževič, 2015). Leta 1999 pa Kramberger in Kaligarič navajata največji delež trav v suhi snovi ravno na popisnih ploskvah A, kar potrди domnevo o kompeticiji.



Slika 16: Indeks funkcionalne pestrosti povprečne višine rastlin (CH povp) v letih 1999 (Y99), 2006 (Y06) in 2012 (Y12) ter po režimih: Y95 – kontrola – leto 1995; A – košnja vsaka 2 tedna; B – košnja vsake 4 tedne; C – košnja vsakih 6 tednov; D – košnja vsakih 8 tednov; E – košnja vsakih 10 tednov; F – košnja vsakih 12 tednov.

Na grafu (slika 17) indeksa FP vsebnosti suhe snovi lista vidimo, da je pestrost največja v letu 1999 (Y99) in se na manj košenih popisnih ploskvah manjša. Kar je ravno nasprotno predvidevanju, da je v letu 1999 zaradi začetka poskusa vrednost indeksa FP bolj enaka funkcionalni pestrosti izhodiščnega travnika (Y95). Najbližje so bile te vrednosti v letu 2012 na popisnih ploskvah F, ki imajo enak režim košnje, kot ga je imel travnik na začetku. V nasprotju z začetkom poskusa je najnižja pestrost LDMC na popisnih ploskvah na koncu poskusa (Y12). Funkcionalna pestrost LDMC je bila najenakomernejša v letu 2006 (Y06). Najvišjo vrednost je dosegel indeks FP na popisnih ploskvah F – košnja vsakih 12 tednov. Očitno pride do velike kompeticije na začetku, kar se izravna tekom poskusa. LDMC se spreminja z motnjami v habitatu. Na popisnih ploskvah je kasneje LDMC enakomerneje porazdeljena na posameznih popisnih ploskvah kot na začetku. Gre za pol-naravni travnik, na katerem vladajo ugodne razmere za rast rastlin, zato ni večje pestrosti, saj rastline ne potrebujejo posebnih strategij za uspevanje (Grime 2001; Knežević 2015). Vrste z nižjo vrednostjo LDMC uspevajo v okolju, ki je sicer ugodno, prisotna pa je visoka stopnja motnje

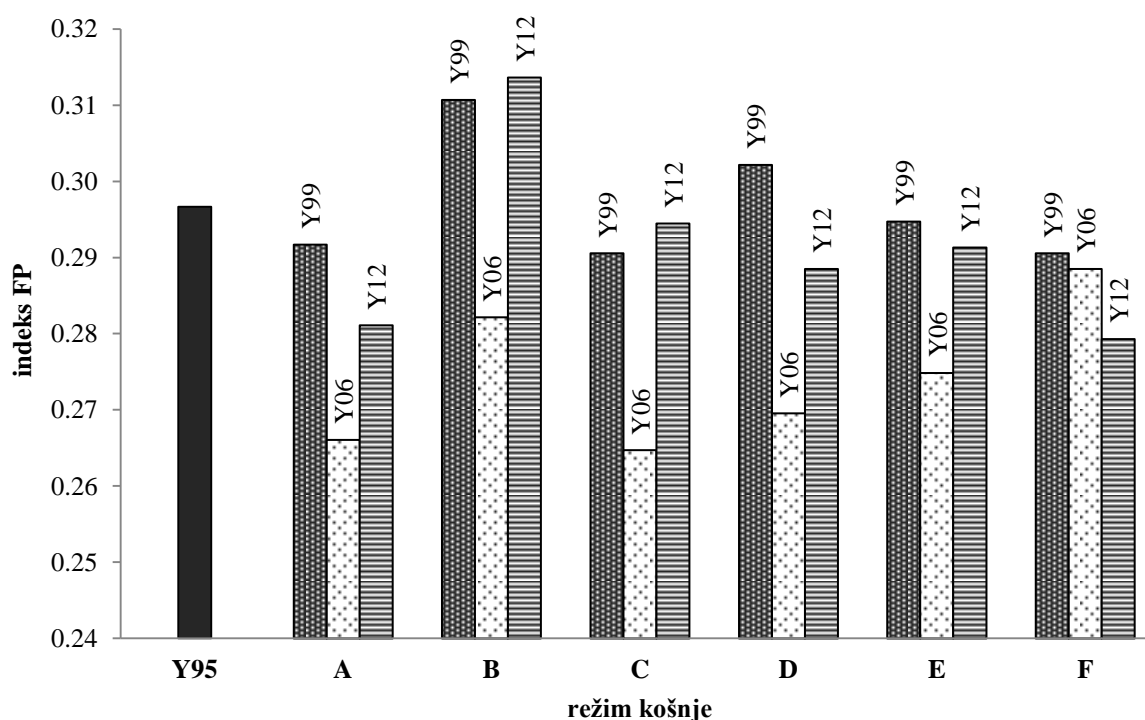
(Cornelissen in sod., 2003). Veliko vsebnost LDMC imajo predvsem rastline, ki so prilagojene na motnjo, kot je paša (Cornelissen in sod., 2003). Večje vrednosti LDMC imajo trave, ki so tekom poskusa vedno bolj prisotne na popisnih ploskvah z zmerno motnjo (Kramberger in Kaligarič, 2008; Podvršnik, 2009; Knežević, 2015).



Slika 17: Indeks funkcionalne pestrosti vsebnosti suhe snovi lista (LDMC) v letih 1999 (Y99), 2006 (Y06) in 2012 (Y12) ter po režimih: Y95 – kontrola – leto 1995; A – košnja vsaka 2 tedna; B – košnja vsake 4 tedne; C – košnja vsakih 6 tednov; D – košnja vsakih 8 tednov; E – košnja vsakih 10 tednov; F – košnja vsakih 12 tednov.

Indeks FP življenjskih strategij (CSR) (slika 18) je bil najvišji v letu 1999 (Y99) na popisnih ploskvah, košenih vsake 4 tedne (B). Z manjšanjem pogostosti košnje se niža. Na popisnih ploskvah E – košnja vsakih 10 tednov leta 1999 (Y99) je vrednost indeksa FP najbližje tisti pred začetkom poskusa. Leta 2006 se je pestrost CSR strategij zmanjšala, kar bi lahko pripisali vremenskim razmeram. Sestava CSR strategij na popisnih ploskvah bi se lahko še bolj poenotila zaradi suše (Sušnik, 2007; Podvršnik, 2009). Vrednost se niža pri srednji motnji in je najvišja pri košnji na 12 tednov (F). Leta 2012 (Y12) je pestrost CSR strategij spet nekoliko višja. Najnižji je indeks FP na popisnih ploskvah A – košnja vsaka 2 tedna in F –

košnja vsakih 12 tednov. Najvišja vrednost pa je na popisnih ploskvah B – košnja vsake 4 tedne, ko je bilo tudi povprečje indeksa FP za CSR strategije največje (slika 11). Pestrost CSR strategij se sicer z večanjem frekvence košnje in z leti ne spreminja veliko od tiste iz leta 1995. Manjšo pestrost, predvsem pri najpogostejši in najzmernejši košnji, lahko pripišemo temu, da ob prisotnosti ugodnih razmer na pol-naravnem travniku pri visokih frekvencah košnje prevladajo ruderalke, pri zmernejših režimih pa kompetitorji (Kneževič, 2015).

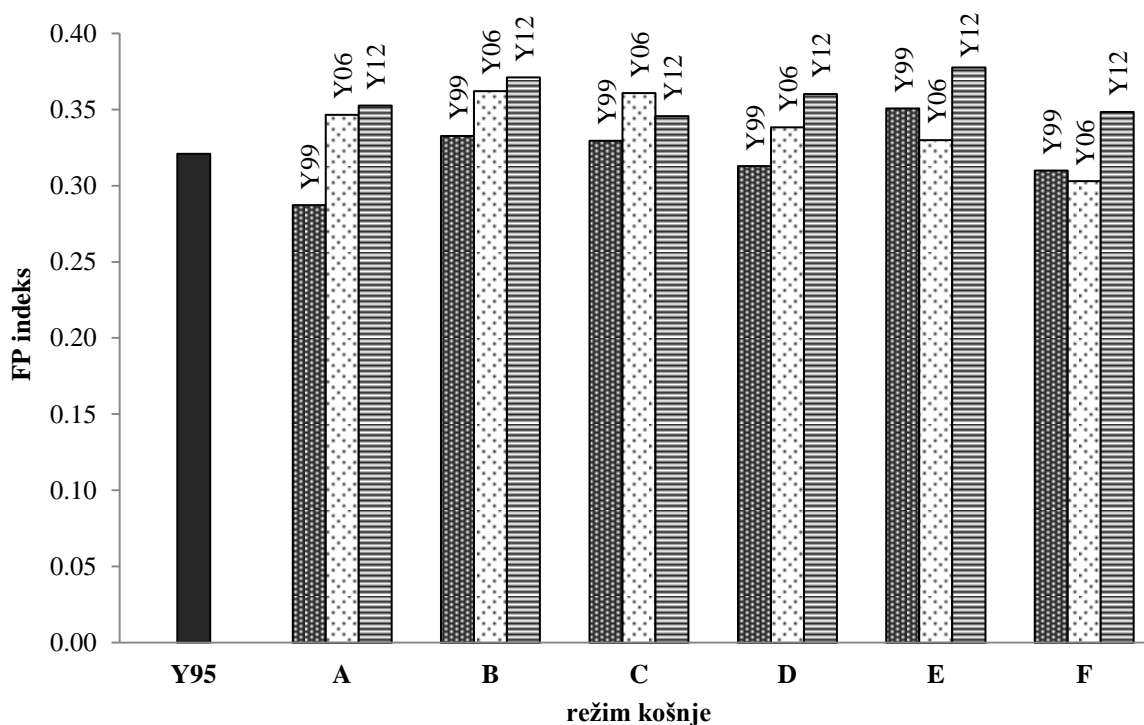


Slika 18: Indeks funkcionalne pestrosti življenjskih strategij (CSR) v letih 1999 (Y99), 2006 (Y06) in 2012 (Y12) ter po režimih: Y95 – kontrola – leto 1995; A – košnja vsaka 2 tedna; B – košnja vsake 4 tedne; C – košnja vsakih 6 tednov; D – košnja vsakih 8 tednov; E – košnja vsakih 10 tednov; F – košnja vsakih 12 tednov.

Na grafu indeksa FP za lateralno razrast (slika 19) vidimo trend zviševanja indeksa na posameznih popisnih ploskvah z leti. Zlasti je to opazno na začetku (Y99) in koncu popisov (Y12). Najnižjo vrednost indeks FP doseže na začetku poskusa pri košnji vsaka 2 tedna (A), najvišjo pa na koncu poskusa (Y12) pri košnji vsakih 10 tednov (E). Pestrost lateralne razrasti na travniku, kot je že omenjeno zgoraj, ni velika in se ne spremeni veliko v primerjavi z izhodiščnim letom (Y95). V raziskavi Kneževič (2015) je bilo ugotovljeno, da je lateralna razrast na popisnih ploskvah s pogosto košnjo manjša v primerjavi z manj košenimi popisnimi ploskvami. Do podobnih zaključkov so prišli tudi v raziskavah Kahmen in Poschlod (2008),



Klimešová in sod., (2008), Klimešová in Herben (2014). Pretežno se rastline na obravnavanem travniku lateralno razraščajo manj kot 0,01 m/leto. Precej je tudi takih, ki se razraščajo med 0,01 do 0,25 m/leto ali s kombinacijo obeh potez.



Slika 19: Indeks funkcionalne pestrosti lateralne razrasti (LSD) v letih 1999 (Y99), 2006 (Y06) in 2012 (Y12) ter po režimih: Y95 – kontrola – leto 1995; A – košnja vsaka 2 tedna; B – košnja vsake 4 tedne; C – košnja vsakih 6 tednov; D – košnja vsakih 8 tednov; E – košnja vsakih 10 tednov; F – košnja vsakih 12 tednov.

**Delno lahko potrdimo drugo hipotezo, da bo največja FP na popisnih ploskvah z najmanj pogosto košnjo, in sicer za tiste MFP, ki jih povezujemo s kompetitivno strategijo rastlin (npr. višina rastline, LDMC vrednosti itd.). Zaradi nizke motnje vlada v takšnih sestojih močna kompeticija, ki omogoča sobivanje vrstam zgolj v primeru različnih niš (posledično z različnimi MFP oz. MFT). Najbolj opazno je to pri povprečni višini rastlin v letu 2012 (slika 8). Funkcionalna pestrost je zelo odvisna od kompeticije. Navas in Violle (2009) v svojem delu ugotavljata, da je funkcionalna pestrost manjša takrat, ko poteze narekuje stres ali ko pride do dominance vrst ali celo prevlade ene vrste. Če je kompeticija zmerna, pa omogoča prisotnost različnih potez, ki večajo FP. Seveda se**

kompetitivne in ostale poteze med seboj prekrivajo ali izključujejo, kot smo podali primer zgoraj, in sicer zaradi dostopnosti virov (Navas in Violle, 2009).

Na funkcionalno pestrost ima vpliv več možnih dejavnikov (Cadotte in sod., 2011; Pibenbaher in sod., 2014), eden takšnih so lahko tudi vremenske razmere. Leta 2006 je bilo sušno leto, predvsem sta bila problematična junij in julij, ki sta bila tudi izredno vroča (veliko dni z maksimalno temperaturo zraka nad 30 °C). Manj padavin in nadpovprečno vroče poletje je imelo velik vpliv na rastline, predvsem je pomenilo stres za poljščine in travnike (Sušnik, 2007). Prav tako je bilo manj padavin junija 2005 (Agencija RS za okolje, 2018), ko se je opravljala košnja na večini popisnih ploskev (Podvršnik, 2009). To bi lahko imelo velik vpliv na vegetacijo in njeno sestavo ter posredno na funkcionalno pestrost še v letu 2006, ki v vseh grafih nekoliko odstopa od ostalih let. Na FP na proučevanem travniku bi lahko vplivala velikost popisnih ploskev, ki so sorazmerno majhne in blizu skupaj, kar omogoča dober prenos semen ali celo lateralno razrast rastlinskih vrst med popisnimi ploskvami (Klimešová in Herben, 2014). To bi na proučevanem travniku zagotovo lahko vplivalo na rezultate, ki bi jih dobili samo z različno pogostostjo košnje. Rezultati bi bili še bolj merodajni, če bi imeli več ponovitev popisov, velik vpliv pa ima tudi čas, tj. termin opravljanja popisov v vegetacijski sezoni (maj) (Kramberger in Kaligarič, 2008). Rezultati so zato lahko prvo leto popisov drugačni kot po ustalitvi režimov in prilagoditvi vegetacije na nove razmere. Nekoliko jasno sliko različne pogostosti košnje zamegli tudi dognojevanje travnika (Kramberger in Kaligarič, 2008). Na pestrost funkcionalnih potez pa nenazadnje vplivajo tudi rastline same, saj ustvarjajo okolje, na katerega hkrati odgovarjajo tudi z izražanjem potez, kar je še posebej vidno v habitatih z veliko kompeticijo (Navas in Violle, 2009).

Vpliv različne pogostosti košnje na rastlinske vrste na pol-naravnem travniku v Pivoli je bil že večkrat potrjen v raziskavah Kramberger in Kaligarič (2008), Podvršnik (2009), Kramberger in sod. (2014), Kneževič (2015). Vrstna pestrost sicer pove veliko o združbi, vendar je ne moremo enačiti s funkcionalno. Avtorica Kneževič (2015) navaja najvišjo vrstno pestrost na popisnih ploskvah z največjo intenziteto košnje (16–14 krat letno). V naši raziskavi pa indeksi FP niso bili najvišji pri najbolj intenzivni košnji. Vrste so sicer »nosilci« MFP, vendar lahko imajo rastline znotraj vrste različne MFP ali pa imajo različne vrste enake MFP (Díaz in Cabido, 2001). Funkcionalna pestrost je lahko precej različna od vrstne pestrosti, do česar pride zaradi vrstnega preobrata (Xu in sod., 2018). Lahko se močno poveča, pri čemer

funkcionalna pestrost oziroma sestava potez ostane enaka. Nove vrste rastlin jo teoretično povečajo, vendar imajo navadno enake MFP kot tiste, ki so že prisotne (Botta – Dukat, 2005; Xu in sod., 2018). Tudi v članku Busch in sod. (2017) navajajo, da je sestava MFP in FD bolj povezana z režimom upravljanja kot pa z vrstno pestrostjo. Intenziteta rabe ima preko tega velik vpliv na multifunkcionalnost ekosistema (Allan in sod., 2015). Košnja večkrat letno ima na eni strani boljše učinke na vegetacijo in pestrost, vendar prepogosta košnja spet vodi v izgubo le-te (Talle in sod., 2018). Na FP pa zraven režima upravljanja vpliva še veliko drugih dejavnikov, kar so potrdili tudi v raziskavi Pipenbaher in sod. (2014), kjer so proučevali FP dveh sosednjih območij z ekstenzivnim upravljanjem. Z odstranjevanjem nadzemnih delov rastlin pride do zmanjšanja kompeticije in sprostitve niš, npr. za svetlobo. To izkoristijo manj konkurenčne rastline, ki prispevajo nov nabor potez. Niše se diferencirajo, posledično se poveča funkcionalna pestrost (Busch in sod., 2017). S pogostejšo košnjo spodbudimo šibkejše vrste in zatremo dominanco uspešnejših, ki manjšajo FP (Herben in sod., 2017). Te navedbe avtorjev govorijo v prid povečevanju FP. Manjšajo pa jo med drugim hitro rastoče vrste zmerno košenih popisnih ploskev, ki na drugi strani povečujejo produktivnost (Allan in sod., 2015). Do podobnih ugotovitev smo prišli tudi mi, vendar je funkcionalna pestrost, kot je že napisano zgoraj, zraven intenzitete košnje odvisna od več dejavnikov in posameznih MFP ter MPT. Različni režimi košnje pa so bili povod za diferenciacijo niš.

## 6 ZAKLJUČKI

- Predvidevali smo, da bo različna pogostnost košnje posameznih popisnih ploskev spremenila zastopanost in razmerje posameznih MFP rastlin v primerjavi z izhodiščnim ekstenzivnim travnikom. Hipotezo lahko potrdimo, saj so se popisne ploskve jasno razdelile na tiste s pogostejšo košnjo in tiste z zmerno pogostostjo košnje.
- Pri pogostejših košnjah so značilne rastline z rozeto in s prezimnimi listi, klonalnost je nadzemna. Tip reprodukcije je s semeni in vegetativno, prevladujejo ruderalke. Na popisnih ploskvah z zmerno košnjo pa prevladujejo višje rastline, ki zacvetijo kasneje, pogostejši so kompetitorji.
- Sestava izbranih MFP rastlin pol-naravnega travnika se s pogostostjo košnje spreminja in tvori različne morfološko-funkcionalne tipe. Določili smo 5 MFT rastlin: enoletnice s prezimnimi listi, trajnice s polrozeto in mezomorfni listi, trajnice s koreniko in pokončnim, olistanim stebлом, trajnice z nadzemno koreniko in rozeto, rastline s šopasto rastjo – trave. Uporabili bi jih lahko v nadaljnjih raziskavah, ki bi temeljile na funkcionalnem pristopu.
- Hipotezo, da bo največja funkcionalna pestrost na popisnih ploskvah z najmanj pogosto košnjo, lahko delno potrdimo. Zaradi nizke motnje vlada v takšnih sestojih močna kompeticija, ki omogoča sobivanje vrstam v primeru različnih niš (posledično z različnimi MFP). To velja predvsem za poteze, vezane na kompeticijo, na primer višino rastline.
- Na osnovi funkcionalne pestrosti lahko dobro razložimo vplive motenj na rastlinske združbe, vendar jo težko interpretiramo enotno. V našem primeru je bilo primerneje pestrost MFP obravnavati posamezno. Rastline odreagirajo na razmere, nastale zaradi košnje, posledično se sprostijo niše in povečujejo ali zmanjšujejo funkcionalno pestrost popisnih ploskev za posamezen MFP, ki vpliva na pestrost ostalih potez.
- Na funkcionalno pestrost pol-naravnega travnika poleg pogostosti košnje vpliva še veliko ostalih dejavnikov, npr. vreme, velikost in medsebojna oddaljenost popisnih ploskev, čas popisa rastlinskih vrst, gnojenje ...

## 7 POVZETEK

Pol-naravna travišča običajno vzdržujemo s pašo in košnjo. Njihov antropogeni izvor zahteva režim upravljanja, ki pripomore k vzdrževanju habitata, vrstne pestrosti in pestrosti krajine (Poschlod in sod., 2009; Tälle in sod., 2018). Našo raziskavo smo izvajali na pol-naravnem mezotrofnem gojenem nižinskem travniku asociacije *Ranunculo repentis-Alopecuretum pratensis*, kjer se od maja leta 1995 izvaja dolgotrajni ekološki eksperiment. Zasnovan je po metodi naključnih blokov v štirih ponovitvah s šestimi različnimi režimi košnje. Posamezne popisne ploskve se kosi na 2-, 4-, 6-, 8-, 10-, in 12-tedenske intervale (Kramberger in Kaligarič, 2008; Podvršnik, 2009; Kramberger in sod., 2014). Za ugotavljanje razlike glede na pogostost košnje smo uporabili funkcionalen pristop.

Osnovo za analize sta predstavljali matrika s 63 rastlinskimi vrstami in 31 vegetacijskimi popisi ter matrika s 63 rastlinskimi vrstami in 52 morfološko-funkcionalnimi potezami (MFP). Najprej smo izvedli klastersko analizo za določitev MFT. Obe matriki smo zmnožili v matriko srednjih vrednosti funkcionalnega znaka (CWM) in izračunali funkcionalno pestrost (FP) po protokolu, povzetem po Lepš in sod. (2006). Za prikaz vpliva pogostosti košnje na MFP rastlin smo rezultate analizirali s PCA analizo. Za MFP, ki so v PCA ordinaciji indeksov FP izstopale, smo izračunali povprečja in standardni odklon. Za določene MFP pa nas je zanimalo še, kako se z različno pogostostjo košnje funkcionalna pestrost spreminja med posameznimi leti (1999, 2006 in 2012).

Za popisane rastlinske vrste smo na osnovi zbranih MFP določili pet MFT. Ugotovili smo, da je (i) različna pogostnost košnje posameznih popisnih ploskev spremenila zastopanost in razmerje posameznih morfološko-funkcionalnih tipov rastlin v primerjavi z izhodiščnim ekstenzivnim travnikom in (ii) da je funkcionalna pestrost največja na popisnih ploskvah z najmanj pogosto košnjo, zlasti pri potezah v povezavi s kompetitivno strategijo rastlin. Kompeticija namreč omogoča hkratni obstoj različnih potez. Na funkcionalno pestrost pol-naravnega travnika so zraven različne frekvence košnje vplivali še drugi dejavniki. Vplive motenj na različno košenih popisnih ploskvah lahko dobro razložimo z indeksom FP, vendar lažje interpretiramo pestrost posameznega MFP, saj so ti v medsebojni odvisnosti.

## 8 SUMMARY

Sem-natural grasslands are usually maintained by grazing and mowing. Their anthropogenic origin requires a management regime that helps preserve the habitat, species diversity and diversity of the landscape (Poschlod et al., 2009; Tälle et al., 2018). Our research was carried out on a semi-natural grassland of association *Ranunculo repentis-Alopecuretum pratensis* Ellmauer 1993 where, since May 1995, has been implemented a long term ecological experiment. It was designed as a randomized complete blocks with four replications and six different cutting regimes. The individual plots were cut at 2-, 4-, 6-, 8-, 10-, and 12-week intervals (Kramberger and Kaligarič, 2008; Podvršnik, 2009; Kramberger et al., 2014). For determination of differences in relation to the frequency of mowing, we used a functional approach.

The basis for the analysis was represented by a matrix of 63 plant species and 31 vegetation relevés and matrix with 63 plant species and 52 morphological-functional plant traits. We first performed cluster analysis to determine the morphological-functional plant types. Then, both of the matrices were multiplied into a *Community-Weighted Mean Value of Traits* (CWM) matrix and calculated *Functional Diversity* (FD) using protocol published in article Lepš et al. (2006). To illustrate the impact of the frequency of mowing on the morphological functional plants traits we used PCA analysis. For few most important traits in the PCA ordination of FP index, averages and standard deviation were calculated. For some of those MFTs, we were also interested in how functional diversity varied with different frequency of mowing over the certain years (1999, 2006 and 2012).

For the listed plant species we determined five morphological functional plant types. We concluded that (i) different mowing frequency of individual plots changed the representation and share of individual morphological-functional plant types compared to the baseline extensive grassland and (ii) that the functional diversity is the highest on the plots with low mowing frequency especially for the MFP related to competitive plant strategy. Competition allows coexistence of different morphologically-functional traits. The functional diversity of the semi-natural grassland was influenced by other factors in addition to different mowing frequencies. The effects of disturbance on the mowed plots can be well explained with *Functional Diversity* index, but it is easier to interpret the diversity of individual morphological-functional plant traits as they are interdependent.

## **9 ZAHVALA**

Zahvaljujem se mentorici izr. prof. dr. Sonji Škornik za usmeritev. Zahvaljujem se tudi somentorici doc. dr. Nataši Pipenbaher za pomoč, vodenje in nasvete pri pisanju magistrskega dela.

Hvala staršem in sestri za vso pomoč v času študija.

Iskreno se zahvaljujem tudi svojemu možu Marku ter otrokoma Izaku in Zarji za podporo in potrpežljivost med pisanjem magistrskega dela.

## 10 LITERATURA

Allan E., Manning P., Alt F., Binkenstein J., Blaser S., Blüthgen N., Böhm S., Grassein F., Hölzel N., Klaus V. H., Kleinebecker T., Morris E. K., Oelmann Y., Prati D., Renner S. C., Rillig M. C., Schaefer M., Schloter M., Schmitt B., Schöning I., Schrumpf M., Solly E., Sorkau E., Steckel J., Steffen-Dewenter I., Stempfhuber B., Tschapka M., Weiner C. N., Weisser W. W., Werner M., Westphal C., Wilcke W., Fischer M. (2015). Land use intensification alters ecosystem multifunctionality via loss of biodiversity and changes to functional composition. *Ecology Letters*, 18: 834–843. DOI: 10.1111/ele.12469

Agencija RS za okolje (2018). Arhiv meritev – opazovani in merjeni meteorološki podatki po Sloveniji. Pridobljeno 4. 10. 2018 iz: [www.meteo.arso.gov.si](http://www.meteo.arso.gov.si)

Botta-Dukat Z. (2005). Rao's quadratic entropy as a measure of functional diversity based on multiple traits. *Journal of Vegetation Science*, 16: 533–540. DOI: 10.1111/j.1654-1103.2005.tb02393.x

Busch V., Klaus V. H., Penone C., Schäfer D., Boch S., Prati D., Müller J., Socher S. A., Niinemets Ü., Peñuelas J., Hölzel N., Fischer M., Kleinebecker T., (2017). Nutrient stoichiometry and land use rather than species richness determine plant functional diversity. *Ecology and Evolution*, 8: 601–616. DOI: 10.1002/ece3.3609

Cadotte M. W., Carscadden K., Mirotnick N. (2011). Beyond species: functional diversity and the maintenance of ecological processes and services. *Journal of Applied Ecology*, 48: 1079–1087. DOI: 10.1111/j.1365-2664.2011.02048.x

Cerabolini B. (2010). The Flora d'Italia Functional traits Hoard (FIFTH). Department of *Structural and Functional Biology*, Italy.

Cornelissen J. H. C., Lavorel S., Garnier E., Díaz S., Buchmann N., Gurvich D. E., Reich P. B., Steege H., Morgan H. D., Van der Heijden M. G. A., Pausas J. G., Poorter H. (2003). A handbook of protocols for standardises and easy measurement of plant functional traits worldwide. *Australian Journal of Botany*, 51: 335–380. DOI: 10.1071/BT02124



Díaz S., Cabido M. (2001). Vive la différence: plant functional diversity matters to ecosystem processes. *Trends in Ecology & Evolution*, 16: 646–455. DOI: 10.1016/S0169-5347(01)02283-2

Funk J. L., Larson J. E., Ames G. M., Butterfield B. J., Cavender-Bares J., Firn J., Laughlin D. C., Sutton-Grier A. E., Williams L., Wright J. (2016). Revisiting the Holy Grail: using plant functional traits to understand ecological processes. *Biological Reviews*, 92: 1156–1173. DOI: 10.1111/brv.12275

Garnier E., Navas M. L. (2012). A trait-based approach to comparative functional plant ecology: concepts, methods and applications for agroecology. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 32: 365–399. DOI: 10.1007/s13593-011-0036-y

Grime J.P. (2001). *Plant Strategies, Vegetation Processes and Ecosystem Properties*. Chichester: J. Wiley & Sons, Chichester, UK.

Grime J.P., Hodgson J.G., Hunt R. (1988). *Comparative Plant Ecology. A Functional Approach to Common British Species*. Unwin Hyman, London, UK.

Hejzman M., Hejzmanová P., Pavlu V., Beneš J. (2013). Origin and history of grasslands in Central Europe – a review. *Grass and Forage Science*, 68: 345–363. DOI: 10.1111/gfs.12066

Herben T., Klimešová J., Chytrý M. (2017). Effects of disturbance frequency and severity on plant traits: An assessment across a temperate flora. *Functional Ecology*, 32: 799–808. DOI: 10.1111/1365-2435.13011

Hill M.O., Šmilauer P. (2005). TWINSpan for Windows version 2.3. Centre for Ecology and Hydrology. University of South Bohemia, Huntingdon & Ceske Budejovice.

Jetz W., Cavender-Bares J., Pavlick R., Schimel D., Davis F. W., Asner G. P., Guralnick R., Kattge J., Latimer A. M., Moorcroft P., Schaepman M. E., Schildhauer M. P., Schneider F. D., Schrod F., Stahl U., Ustin S. L. (2016). Monitoring plant functional diversity from space. *Nature Plants*, 2: 16024. DOI: 10.1038/nplants.2016.24

Jogan N., Kaligarič M., Leskovar I., Seliškar A., Dobravec, J. (2004). *Habitatni tipi Slovenije: tipologija*. Ljubljana: Ministrstvo za okolje, prostor in energijo – Agencija republike Slovenije za okolje.

Kahmen S., Poschlod P. (2008). Effects of grassland management on plant functional trait composition. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 128: 137–145. DOI: 10.1016/j.agee.2008.05.016

Klimešová J., de Bello F. (2009). CLO-PLA: the database of clonal and bud bank traits of Central European flora. *Journal of Vegetation Science* 20: 511–516. DOI: 10.1111/j.1654-1103.2009.01050.x

Klimešová J., Latzel V., de Bello F., van Groenenael J.M. (2008). Plant functional traits in studies of vegetation changes in response to grazing and mowing: towards a use of more specific traits. *Preslia*, 80: 245–253.

Klimešová J., Klimeš L. (2006). Clo-Pla3 – database of clonal growth of plants from Central Europe. Pridobljeno 28. 8. 2016 iz <http://clopla.butbn.cas.cz>

Klimešová J., Herben T. (2014). Clonal and bud bank traits: patterns across temperate plant communities. *Journal of Vegetation Science*, 26: 243–253. DOI: 10.1111/jvs.12228

Klotz S., Kuhn I., Durka W. (2002). BIOLFLOR – Eine Datenbank zu Biologisch-Ökologischen Merkmalen der Gefäßpflanzen in Deutschland. Schriftenreihe für Vegetationskunde 38. Pridobljeno 2. 4. 2016 iz [www.biolflor.de](http://www.biolflor.de)

Knežević A. (2015). Vpliv košnje na vrstno in funkcionalno sestavo mezotrofnih nižinskih travnikov. Magistrsko delo, Univerza v Mariboru, Fakulteta za naravoslovje in matematiko, Oddelek za biologijo.

Kotas P., Choma M., Šantručkova H., Lepš J., Triska J., Kaštovska E. (2016). Linking above- and belowground responses to 16 years of fertilization, mowing, and removal of the dominant species in a temperate grassland. *Ecosystems*, 20: 354–367. DOI: 10.1007/s10021-016-0031-x

Kramberger B., Gselman A., Podvršnik M., Lešnik M., Škorjanc D. (2014). Effects of low precipitation periods on the herbage yield of mesic semi-natural grasslands under different cutting regimes. *Zemdirbyste-Agriculture*, 101: 11–18. DOI: 10.13080/z-a.2014.101.002

Kramberger B., Kaligarič M. (2008). Semi-natural grasslands: The effects of cutting frequency on long-term changes of floristic composition. *Polish Journal of Ecology*, 56: 33–43.

Lavorel S., Grigulis K., McIntyre S., Williams N. S. G., Garden D., Dorrough J., Berman S., Quétier F., Thébaud A., Bonis A. (2008). Assessing functional diversity in the field – methodology matters! *Functional Ecology*, 22: 134–147. DOI: 10.1111/j.1365-2435.2007.01339.x

Lepš J., de Bello F., Lavorel, S. and Berman, S. (2006). Quantifying and interpreting functional diversity of natural communities: practical considerations matter. *Preslia*, 78: 481–501.

Lepš J., de Bello F. (2008). Instructions for calculating indices of Functional Diversity with the file “FunctDiv.xls”. Pridobljeno 15. 3. 2018 iz: <http://botanika.bf.jcu.cz/suspa/FunctDiv/InstrFunctDiv.pdf>

Lepš J., Šmilauer P. (2005). Multivariate analysis of ecological data Using CANOCO. Cambridge: Cambridge University Press. DOI: 10.1017/CBO9781139627061

Lukač B., Meglič V., Rutar R., Verbič J., Kramberger B., Kaligarič M., Škornik S. (2016). *Ohranjevalne semenske mešanice*. Ljubljana, Kmetijski inštitut Slovenije. Pridobljeno 8. 10. 2018 iz [www.dlib.si/?URN=URN:NBN:SI:doc-899H9GAS](http://www.dlib.si/?URN=URN:NBN:SI:doc-899H9GAS)

Martinčič A., Wraber T., Jogan N., Podobnik A., Turk B., Vreš B. (2007). *Mala flora Slovenije: ključ za določanje praprotnic in semenk*. Ljubljana, Tehniška založba Slovenije.

Melts I., Heinsoo K., Ivask M. (2014). Herbage production and chemical characteristics for bioenergy production by plant functional groups from semi-natural grasslands. *Biomass & bioenergy*, 67: 160–166. DOI: 10.1016/j.biombioe.2014.04.037

Microsoft (2010). Microsoft Office Excel. Washington: Microsoft.

Mokany K., Ash J., Roxburgh S. (2008). Functional identity is more important than diversity in influencing ecosystem processes in a temperate native grassland. *Journal of Ecology*, 96: 884–893. DOI: 10.1111/j.1365-2745.2008.01395.x

Mucina L., Grabherr G., Ellmauer T. (1993). Die Pflanzengesellschaften Österreichs. Teil I. Gustav Fischer Verlag, Jena.

Navas M. L., Violle C. (2009). Plant traits related to competition: how do they shape the functional diversity of communities? *Community Ecology*, 10: 131–137. DOI: 10.1556/ComEc.10.2009.1.15

Pärtel M., Bruun H. H., Sammuli M. (2006). Biodiversity in temperate European grasslands: origin and conservation. *Grassland Science in Europe*, 10: 1–14.

Peco B., Carmona C.P., de Pablos I., Azcárate F.M. (2012). Effects of grazing abandonment on functional and taxonomic diversity of Mediterranean grasslands. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 152: 27–32. DOI: 10.1016/j.agee.2012.02.009

Pérez-Harguindeguy N., Díaz S., Garnier E., Lavorel S., Poorter H., Jaureguiberry P., Bret – Harte M.S., Cornwell W.K., Craine J.M., Gurvich D.E., Urcelay C., Veneklaas E.J., Reich P.B., Poorter L., Wright I. J., Ray P., Enrico L., Pausas J. G., de Vos A. C., Buchmann N., Funes G., Quétier F., Hodgson J. G., Thompson K., Morgan H. D., ter Steege H. ., van der Heijden M.G. A, Sack L., Blonder B., Poschlod P., Vaieretti M. V., Conti G., Staver A. C., Aquino S., Cornelissen J. H. C. (2013). New handbook for standardized measurement of plant functional traits worldwide. *Australian Journal of Botany*, 61: 167–234. DOI: 10.1071/BT12225

Pipenbaher N. (2011). Floristična in funkcionalna primerjava submediteransko – ilirskih in srednjeevropskih polsuhih travnikov. Doktorska disertacija, Univerza v Mariboru, Fakulteta za naravoslovje in matematiko, Oddelek za biologijo.

Pipenbaher N., Mason N. W. H., Škornik S. (2014). Floristic and functional diversity of meadows from two neighboring biogeographic regions. *Annales. Series historia naturalis*, 24: 49–60.

Podvršnik M. (2009). Vpliv dolgoletne različne pogostosti košnje na pridelek in rastlinsko sestavo polnaravnega travnika. Magistrska naloga, Univerza v Mariboru, Fakulteta za kmetijstvo in biosistemske vede.

Poldini L. (1991). Atlante corologico delle Piante Vascolari nel Friuli-Venezia Giulia. Udine: Università Studi Trieste.

Poschlod P., Baumann A., Karlík P. (2009). Origin and development of grasslands in Central Europe. *Grasslands in Europe of high nature value*. KNNV Publishing: 15–25.

Poschlod P., Tackenberg, O., Bonn S. (2005). Plant dispersal potential and its relation to species frequency and co-existence. *Vegetation ecology*, 1: 147–171.

SPSS Statistics (2012). Version 21. IBM Corporation.

Sušnik A. (2007). Vzroki in posledice kmetijske suše 2006. *UJMA*, 21: 73–79.

Šerá B. (2005). Diaspores – potential or real power of wild plants? Life cycle. *Ekológia* (Bratislava), 24: 7–27.

Škornik S. (2016). Ekstenzivna travišča v celinski Sloveniji: srednjeevropski z orhidejami bogati polsuhi travniki. *Naše travinje: strokovna kmetijska revija*, 10: 25–27.

Tälle M., Balázs D., Poschlod P., Valkó O., Westerberg L., Milberg P. (2016). Grazing vs. mowing: A meta-analysis of biodiversity benefits for grassland management. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 222: 200–212. DOI: 10.1016/j.agee.2016.02.008

Tälle M., Balázs D., Poschlod P., Valkó O., Westerberg L., Milberg P. (2018). Similar effects of different mowing frequencies on the conservation value of semi-natural grasslands in Europe. *Biodiversity and Conservation*, 27: 2451–2475. DOI: 10.1007/s10531-018-1562-6

ter Braak C. J. F., Šmilauer P. (2002). CANOCO Reference Manual and CanoDraw for Windows User's Guide: Software for Canonical Community Ordination. Version 4.5. Microcomputer power.

Xu Z., Li M., Zimmermann N. E., Li S., Li H., Ren H., Sun H., Han X., Jiang Y., Jiang L. (2018). Plant functional diversity modulates global environmental change effects on grassland productivity. *Journal of Ecology*, 106: 1941–1951. DOI: 10.1111/1365-2745.12951

## 11 PRILOGA

Priloga 1: Seznam 32 rastlinskih vrst z okrajšavami z raziskovalnega območja

<b>Okrajšava latinskega imena</b>	<b>Latinsko ime</b>	<b>Slovensko ime</b>
<i>AjugRept</i>	<i>Ajuga reptans</i>	plazeči skrečnik
<i>AnthOdor</i>	<i>Anthoxanthum odoratum</i>	dišeča boljka
<i>ArabThal</i>	<i>Arabidopsis thaliana</i>	navadni repnjakovec
<i>ArrhElat</i>	<i>Arrhenatherum elatius</i>	visoka pahovka
<i>BellPere</i>	<i>Bellis perennis</i>	navadna marjetica
<i>CapsBurs</i>	<i>Capsella bursa-pastoris</i>	navadni plešec
<i>ConvArve</i>	<i>Convolvulus arvensis</i>	njivski slak
<i>DactGlom</i>	<i>Dactylis glomerata</i>	pasja trava
<i>ErigAnnu</i>	<i>Erigeron annuus</i>	enoletna suholetnica
<i>FestRubr</i>	<i>Festuca rubra</i>	rdeča bilnica
<i>GaliMoll</i>	<i>Galium mollugo</i>	navadna lakota
<i>GaliVeru</i>	<i>Galium verum</i>	prava lakota
<i>KnauArve</i>	<i>Knautia arvensis</i>	njivsko grabljišče
<i>LysiNumm</i>	<i>Lysimachia nummularia</i>	okroglostna pijavčnica
<i>MentArve</i>	<i>Mentha arvensis</i>	njivska meta
<i>OxalAcet</i>	<i>Oxalis acetosella</i>	zajčja deteljica
<i>PhlePrat</i>	<i>Phleum pratense</i>	travniški mačji rep
<i>PimpMajo</i>	<i>Pimpinella major</i>	veliki bedrenec
<i>PlanLanc</i>	<i>Plantago lanceolata</i>	ozkolistni trpotec
<i>PlanMajo</i>	<i>Plantago major</i>	veliki trpotec
<i>PlanMedi</i>	<i>Plantago media</i>	srednjelistni trpotec
<i>PoaPrat</i>	<i>Poa pratensis</i>	travniška latovka
<i>PrunVulg</i>	<i>Prunella vulgaris</i>	navadna črnoglavka
<i>RumeAcet</i>	<i>Rumex acetosella</i>	mala kislica
<i>RumeObtu</i>	<i>Rumex obtusifolius</i>	topolistna kislica
<i>SoncAspe</i>	<i>Sonchus asper</i>	hrapava škrbinka
<i>SympOffi</i>	<i>Symphytum officinale</i>	navadni gabez
<i>TaraOffi</i>	<i>Taraxacum officinale</i>	regrat
<i>TragPrat</i>	<i>Tragopogon pratensis</i>	travniška kozja brada
<i>TrifCamp</i>	<i>Trifolium campestre</i>	poljska detelja
<i>TrifDubi</i>	<i>Trifolium dubium</i>	mala detelja
<i>TrisFlav</i>	<i>Trisetum flavescens</i>	rumenkasti ovsenec