

What can vibrational community tell us about grasslands and insects living there?

Rok Šturm^{1*}, Matija Marolt², Juan José López Díez¹, Meta Virant-Doberlet¹

¹National Institute of Biology, Department of Organisms and Ecosystems Research, Večna pot 121, Ljubljana, 1000, Slovenia

²University of Ljubljana, Faculty of Computer and Information Science, Večna pot 113, Ljubljana, 1000, Slovenia

*e-mail of corresponding author: rok.sturm@nib.si

Key words: vibrational communication, vibroscape, ecotremology, insects, monitoring

In our work, we focused on meadow habitats from Slovenia. The vibroscape structure and dynamics were analyzed at different temporal scales, from diel variation to seasonal changes. Substrate vibrations were recorded from plant stems using laser vibrometers. Vibrational events were manually assigned to vibrational signal types (VST) according to their temporal and spectral characteristics. The highest abundance of VSTs was observed at the beginning of July, when the vibrational community included 14 species with three VSTs dominating. The overlap of these signals in time and frequency domain was significantly smaller than it would be by chance. This reveals for the first time a partitioning of the vibroscape, which suggests existence of species interaction for communication channel. Diel variation in vibrational signaling activity was correlated with ambient temperature (Pearson $r = 0,7$). Wind provided nearly constant background vibrational noise but higher wind velocities ($> 0,8\text{m/s}$) reduced the amount of biological component of vibroscape. Results also revealed differences in vibroscape composition between hairy sedge (*Carex hirta*) and hedge bedstraw (*Galium mollugo*) plants growing on the same meadow. The former included a higher VST richness and higher abundance turnover among individual plants, which may be attributed to plant geometry and host specific plant-animal interaction. The use of modern deep learning computer models enables the analysis of large amounts of raw recordings to obtain information about the state of communities and interactions within them. In summary, the vibroscape of a meadow revealed a rich and complex vibratory world which is not directly accessible to humans. Surface-borne mechanical waves are commonly present in environment and offer readily available and reliable source of information on ecological processes in hidden ecosystems that can also be used for monitoring specific species.

Kaj nam lahko vibracijska združba pove o travniških in žuželkah na njih?

Ključne besede: vibracijska komunikacija, vibracijska krajina, ekotremologija, žuželke, monitoring

V našem delu smo se osredotočili na travniški habitat na Ljubljanskem Barju v Sloveniji. Strukturo in dinamiko vibracijske krajine smo analizirali na različnih časovnih oknih, od dnevno-nočne dinamike do sezonskih sprememb. Vibracije substrata so bile posnete iz stebel rastlin z uporabo laserskega vibrometra. Vibracijski dogodki so bili ročno označeni na posnetkih in uvrščeni v različne vibracijske tipe glede na njihove časovne in spektralne značilnosti. Največja številčnost vibracijskih tipov je bila opažena v začetku julija, ko je vibracijska združba vključevala 14 vrst, pri čemer so prevladovali trije vibracijski tipi. Prekrivanje teh signalov v časovni in frekvenčni domeni je bilo bistveno manjše, kot bi bilo po naključju. To potrjuje razdelitev vibracijske krajine, kar

nakazuje interakcije pri uporabi komunikacijskega kanala. Dnevne variacije v vibracijskem signaliziranju so bile povezane z okoliško temperaturo (Pearson $r = 0,7$). Veter je zagotavljal skoraj konstanten vibracijski šum, vendar so višje hitrosti vetra ($> 0,8$ m/s) zmanjšale količino biološke komponente vibracijske krajine. Rezultati so prav tako razkrili razlike v sestavi vibracijske krajine posnete na dlakavem šašu (*Carex hirta*) in navadni lakoti (*Galium mollugo*), ki sta rasla na istem travniku. Prva je vključevala večjo pestrost vibracijskih tipov in večjo raznolikost med posameznimi rastlinami, kar je mogoče pripisati geometriji rastlin in specifični interakciji med rastlinami in živalmi. Uporaba sodobnih računalniških modelov globokega učenja omogoča analizo večje količine surovih posnetkov za pridobivanje informacij o stanju združb in interakcij znotraj njih. Vibracijska krajina travnika razkriva bogat in kompleksen vibracijski svet, ki ni neposredno dostopen ljudem. Mehanski valovi, ki se prenašajo po površini, so pogosto prisotni v okolju in ponujajo zanesljiv vir informacij o ekoloških procesih v ekosistemih, ki jih je mogoče uporabiti tudi za spremljanje določenih vrst.

Cosa può dire la comunità vibratoria sulle praterie e gli insetti che vi abitano?

Parole chiavi: comunicazione vibratoria, vibroscape, ecotremologia, insetti, monitoraggio

Nel nostro lavoro, ci siamo concentrati sugli habitat di prateria della Slovenia. La struttura e la dinamica del vibroscape sono state analizzate a diverse scale temporali, dalla variazione diurna ai cambiamenti stagionali. Le vibrazioni del substrato sono state registrate dai fusti delle piante utilizzando vibrometri laser. Gli eventi vibratorii sono stati assegnati manualmente ai tipi di segnale vibratorio (VST) in base alle loro caratteristiche temporali e spettrali. La maggiore abbondanza di VST è stata osservata all'inizio di luglio, quando la comunità vibratoria comprendeva 14 specie con tre VST predominanti. La sovrapposizione di questi segnali nel dominio temporale e di frequenza era significativamente più piccola di quanto sarebbe avvenuto per caso. Questo rivela per la prima volta una suddivisione del vibroscape, che suggerisce l'esistenza di un'interazione tra specie per il canale di comunicazione. La variazione diurna nell'attività del segnale vibratorio è stata correlata con la temperatura ambiente (Pearson $r = 0,7$). Il vento forniva un rumore di fondo vibratorio quasi costante, ma velocità del vento superiori a $0,8$ m/s riducevano la componente biologica del vibroscape. I risultati hanno anche rivelato differenze nella composizione del vibroscape tra la carice villosa (*Carex hirta*) e il caglio morbido (*Galium mollugo*) che crescono sulla stessa prateria. La prima comprendeva una maggiore ricchezza di VST e un maggiore turnover di abbondanza tra le piante individuali, che potrebbe essere attribuito alla geometria delle piante e all'interazione specifica pianta-animale. L'uso di modelli moderni di deep learning consente l'analisi di grandi quantità di registrazioni grezze per ottenere informazioni sullo stato delle comunità e sulle interazioni al loro interno. In sintesi, il vibroscape di una prateria ha rivelato un mondo vibratorio ricco e complesso, non direttamente accessibile agli esseri umani. Le onde meccaniche superficiali sono comunemente presenti nell'ambiente e offrono una fonte di informazioni facilmente disponibile e affidabile sui processi ecologici negli ecosistemi nascosti, che possono anche essere utilizzate per monitorare specie specifiche.