

דגים שרים ורוקדים: נקבות שמות לב יותר לריקוד הזכרים כשהוא רועש

Karen de Jong^{1*}, Maria Clara P. Amorim^{2,3}, Paulo J. Fonseca⁴, Katja U. Heubel^{5,6*}

¹המכון לחקר הימים (Havforskningsinstituttet), ברגן, נורווגיה

²המרכז למדעי הים והסביבה (MARE), מכון אוניברסיטאי ISPA בליסבון, ליסבון, פורטוגל

³המחלקה לביולוגיה של חיות, הפקולטה למדעים, אוניברסיטת ליסבון, ליסבון, פורטוגל

⁴המחלקה לביולוגיה של חיות, הפקולטה למדעים, המרכז לאקולוגיה, אבולוציה ושינויים סביבתיים (CE3c), אוניברסיטת ליסבון, ליסבון, פורטוגל

⁵תחנת המחקר האקולוגי על שם ריס, המכון הזואולוגי, אוניברסיטת קלן, קלן, גרמניה

⁶מרכז למחקר וטכנולוגיה (FTZ), אוניברסיטת קיל, בוסום, גרמניה

סוקר צעיר

FRANCISCO

גיל: 10



ממש כמו בני אדם, גם חיות משתמשות באותות כדי לתקשר זו עם זו. לדוגמה, הרבה ציפורים זכרים שרים ורוקדים במטרה למשוך נקבות. אולם מה שאתם אולי לא יודעים זה שגם דגים רבים עושים את אותו הדבר כשהם נלחמים או מזדווגים. לרוע המזל, בני אדם עושים הרבה רעש באוקיינוס, מה שיכול להפריע לתקשורת של חיות. ישנן הרבה דגמות לרעש הזה כמו תנועת סירות, חוות רוח ופלטפורמות של שמן. חקרנו את ההשפעה של רעש על מין של דגים ימיים קטנים שנקרא גובי צבוע (painted goby). גובים זכרים בונים קינים מתחת לקליפות קטנות ו"שרים" ו"רוקדים" במטרה למשוך נקבות להטיל ביצים בקינים שלהם. נקבות בוחרות זכרים בעיקר בהתבסס על השיר שלהם, אולם כשהוא רועש, נקבות מגדילות את כמות תשומת הלב שהן מקדישות לתנועות הריקוד של הזכר כשהן בוחרות בן זוג.

כיצד בעלי חיים מתקשרים בסביבה רועשת?

ממש כמו בני אדם, חיות משתמשות באותות כדי לתקשר זו עם זו. תקשורת (שליחה וקבלה של אותות) יכולה להיות מופרעת על-ידי הסביבה. אם זה קורה, ייתכן שהמקבל המיועד לא מבין את ההודעה שמוכלת באותות, או לא מבחין בכלל באות. אתם יכולים להשוות את זה למצב שבו אתם צועקים כדי למשוך את תשומת הלב של חבר או חברה מצידו השני של הרחוב, אולם זו שעת הפקקים, והוא או היא לא שומעים אתכם בין רעשי הרכבים.

בני אדם עושים הרבה רעש באוקיינוס, לדוגמה על-ידי תנועת סירות וממפעלים תעשייתיים גדולים כמו למשל חוות רוח ופלטפורמות שמן. הרעש הזה עלול להפריע לחיות לתקשר. מאחר שהתקשורת חשובה מאוד לחיות, הפרעה בתקשורת עלולה לשנות את חייהן. לדוגמה, צפרדעים נקבות לא יכולות לשמוע שהזכרים קוראים להן כשהרעש נעשה חזק מדי. זה עלול להוביל למצב שבו נקבות לא יכולות למצוא זיווג, או להבחין בין סוגי זכרים שונים. כדי לפתור את הבעיה הזו, חיות רבות משתמשות ביותר מסוג אחד כדי להעביר את ההודעה – ממש כפי שאתם עושים כשאתם מנופפים בידיכם כדי למשוך את תשומת הלב של חבריכם מעברו השני של הרחוב, שלא שמעו אתכם כשצעקתם.

ממש כפי שאתם עשויים לרצות לצעוק חזק יותר ולנופף לשלום עם כל היד שלכם, במקום רק עם כף היד, כשאתם מנסים לתקשר עם חבריכם מעבר לרחוב סואן, חיות עשויות לשיר חזק יותר או למשך זמן רב יותר, או להתחיל להשתמש בתנועות גוף כדי למשוך את תשומת הלב של הפרטנר שלהן בנסיבות רועשות. אולם אינכם יודעים אם המקבלים (החברים שלכם) שמים לב לנפנוף היד שלכם, או פשוט מנסים להקשיב למה שאתם צועקים.

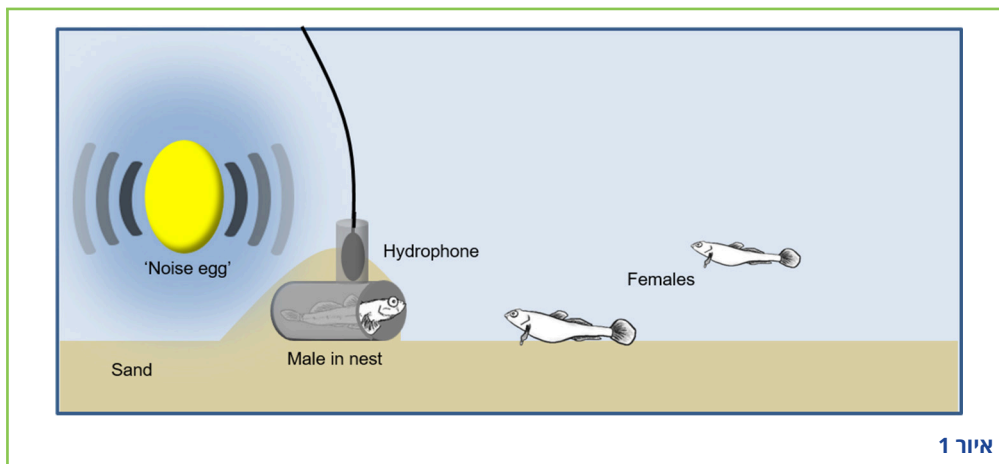
טיפש כמו דג

רק בגלל שדגים לא יכולים לדבר כמו בני אדם, לא אומר שהם לא יכולים לתקשר באמצעות קול. מרבית הדגים מקשיבים לסביבה שלהם, ודגים רבים מייצרים צלילים לתקשורת. דגים יכולים להשתמש בצלילים כדי לתקשר עם חברי להקת הדגים; כדי לומר לאויבים עד כמה הם חזקים, ולהגיד לבני זוג פוטנציאליים שהם רוצים להזדווג.

לרוע המזל, להרבה מהרעשים שבני אדם עושים מתחת למים יש תדרים דומים לשירים של דגים. כדי להבין כיצד הרעש משפיע על דגים, חקרנו דג שמיציר צלילים, הגובי הצבוע (painted goby, או בשמו המדעי *Pomatoschistus pictus*). זכרים של גובי צבוע שרים ורוקדים במטרה למשוך נקבות לקינים שלהם, אולם נקבות בדרך כלל שמות לב יותר לשירים של הזכרים מאשר לתנועות הריקוד של הזכרים כשהן בוחרות בן זוג [1]. עבור נקבות, חשוב במיוחד לבחור זכר בריא וחזק. לזכרים האלה ככל הנראה יהיו ילדים בריאים וחזקים, והם גם יעניקו טיפול טוב לצאצאים שלהם. לכן, נקבות צריכות לבחור זכר טוב שגם יהיה אבא טוב. בהינתן שאנו יודעים כי לנקבות חשוב להיות בררניות, בחנו אם נקבות מתחילות לשים לב יותר לתנועות הריקוד של זכרים כשהם נפגשים בנסיבות רועשות, או אם הנקבות האלה ממשיכות לחפש זכרים אחרים.

איור 1

תצורת הניסוי שמטרתו לבחון את ההשפעות של רעש על תקשורת של דגים. "ביצת הרעש" מוקמה מאחורי הזכר בקן (צינור פלסטיק). מרבית הזכרים כיסו את הקינים שלהם באמצעות חול. המקליט מוקם בארובה מיוחדת על גבי הקן, כדי להקליט את קולות הזכרים בתוך הקן. שתי נקבות נעו בחופשיות באקווריום (האיור באומץ מכתבת המקור).



איור 1

כיצד חקרנו את ההשפעה של רעש על תקשורת בין דגים?

חקרנו התנהגות של **הזדווגות** דגים באמצעות ניסויים שנערכו באקווריום. כל אקווריום הכיל זכר אחד מסוג גובי צבוע, יחד עם קן ועם שתי נקבות (איור 1). גובים צבועים מתקנשים בשתי דרכים – באופן אקוסטי, באמצעות שני סוגים של צלילים, ובאופן ויזואלי, באמצעות סוגי תנועות שונות כמו דילוגים, קפיצות, נייעורים והתקרבות לדגים אחרים [2].

16 ניסויים באקווריומים היו שקטים, וב-20 ניסויים אחרים מיקמנו מכשיר שעושה רעש, שקראנו לו "ביצת הרעש" [3]. ממחקרים קודמים ידענו שהרעש המלאכותי הזה מזכיר רעש אנושי באוקיינוס [3]. צפינו ב**חיזור** האקוסטי והויזואלי של הזכרים, ובחנו כיצד נקבות הגיבו, ואם הזכרים והנקבות הזדווגו או לא.

הגובי הצבועים בנו קינים באקווריומים על-ידי ערימת ערימה של חול על גבי צינורות הפלסטיק (איור 1). לאחר מכן, הזכרים שמרו על הקינים וניסו למשוך נקבות. באמצעות מצלמת וידאו ומיקרופון תת-ימי (שנקרא הידרופון), רשמנו גם את תנועות ה"ריקוד" וגם את הצלילים של הזכרים. לאחר מכן, ניתחנו כיצד שירים וריקודים של זכרים הושפעו על ידי הגודל של הזכרים, ומ**מדד המשקל לגודל** שלהם (כמה הם כבדים ביחס לגודל נתון). לאחר מכן השוונו את החלטות הזיווג של הנקבות באקווריומים השקטים לעומת הרועשים, כדי להבין אם נקבות בוחרות זכרים בהתבסס על הצלילים או על התנועות שלהם.

רעש משפיע על האופן שבו דגים מחזרים ובוחרים בני זוג

באקווריומים שבהם הוספנו רעש, הדגים תקשרו פחות. גם הצלילים וגם התנועות בוצעו בתדירות פחות גבוהה [4]. בשני סוגי האקווריומים, לזכרים שייצרו יותר צלילים היו סיכויים גדולים יותר להשיג נקבות שיטילו ביצים בקינים שלהם. אולם רק באקווריומים הרועשים תנועות הריקוד של הזכרים נעשו משמעותיות למשיכת זיווג. בהינתן שהם רוקדים הרבה, אפילו לזכרים שלא שרו הרבה היו סיכויים טובים להזדווג הודות למקלם הרועשים. יתרה מזו, לזכרים שמדד המשקל לגודל שלהם היה טוב יותר, כלומר שהם היו כבדים יותר ביחס לאותו הגודל וייצרו יותר צלילים ואותות ויזואליים, היו סיכויים טובים יותר להזדווג מאשר זכרים שהיו חיים יותר וייצרו פחות צלילים ואותות ויזואליים.

הזדווגות (Mate)

יצירת צאצאים יחד: אצל גובים צבועים, נקבות מטילות ביצים בקן, וזכרים מפריים את הביצים באמצעות הזרעים שלהם. אחרי הזדווגות, האב דואג לביצים עד שהן בוקעות.

חיזור (Courtship)

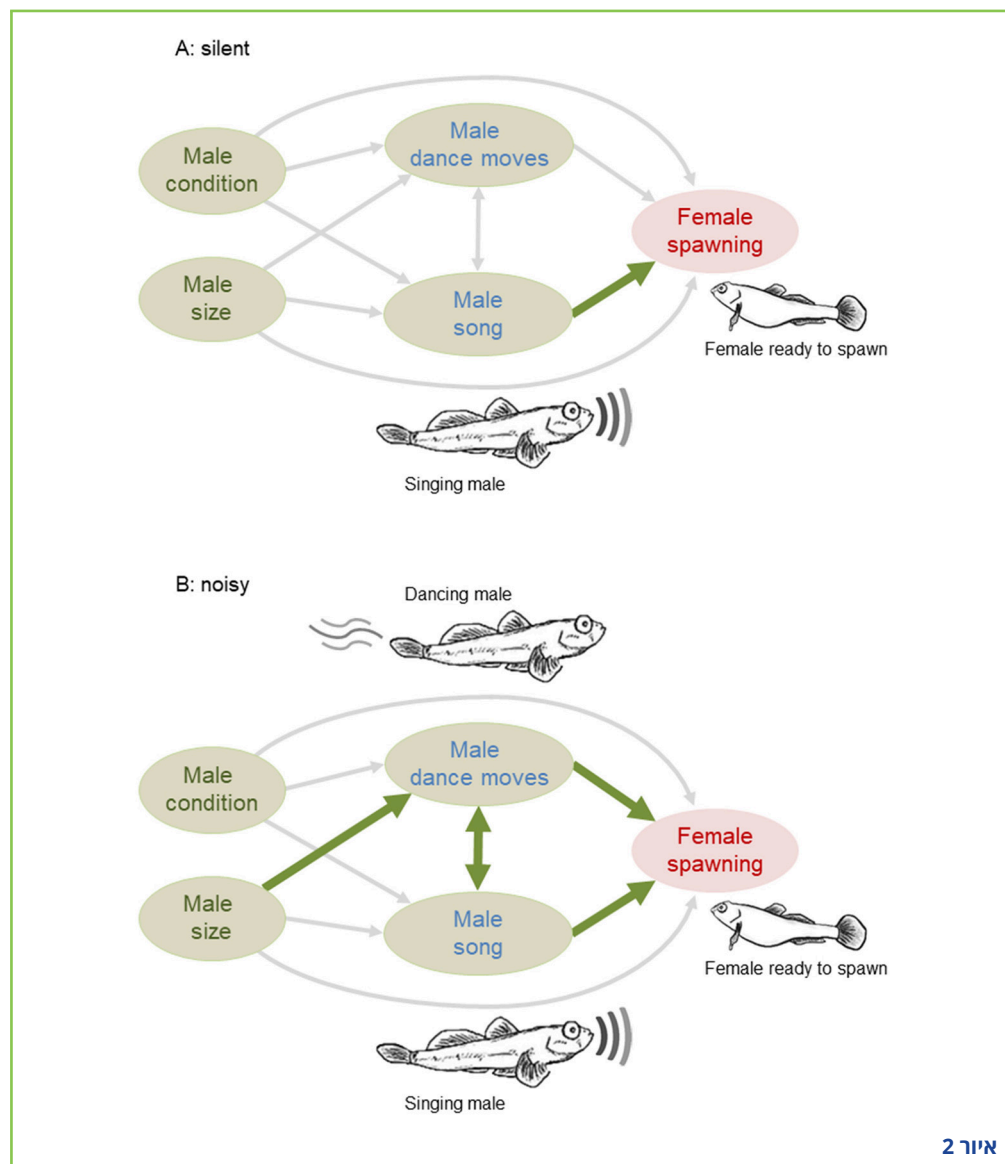
פעולה שמטרתה לשכנע חיות מהמין הנגדי להזדווג, למשל באמצעות ריקודים ושירים.

מדד משקל לגודל (Condition)

משקל החיה יחסית לגודל שלה. מאחר שחיות גדולות תמיד יהיו כבדות יותר מחיות קטנות, תוצאת המדד הזה קשורה לגודל הגוף. לכן, אם חיה גדולה וחיה קטנה שוקלות אותו הדבר, החיה הקטנה תקבל תוצאת condition גבוהה יותר מהחיה הגדולה.

איור 2

מצאנו קשרים בין המאפיינים של זכרים (גודל ומדד משקל לגודל), התנהגות החיזור (שירים ותנועות ריקוד), לבין הסיכויים להזדווגות. הקשרים מוצגים באמצעות חיצים: חיצים אפורים ודקים מייצגים קשרים אפשריים לא משמעותיים, וחיצים ירוקים ועבים מייצגים קשרים חיוניים משמעותיים. התנהגות הזכר הרלוונטי שמובילה לזיווג ב-(A) אקוריום שקט, ו-(B) אקוריום רועש, מוצגת באמצעות ציורים וחיצים ירוקים. ציורי הדגים מראים את ריקודי הזכרים, שירת הזכרים ונקבה שמוכנה להזדווג (האיור אומץ מכתבת המקור).



חשוב לתקשר באמצעות יותר מאות אחד!

כדי להבין את הקשר שבין מאפייני הגובי הצבוע (כולל התנהגות) לבין סיכויי להזדווג בתנאים רועשים או שקטים, קישרנו בין גודלו של הזכר, מדד המשקל לגודל שלו, השירה ותנועות הריקוד, למספר ההזדווגויות (איור 2).

מצאנו שהרעש משפיע על הקשר שבין חיזור הזכר לבין החלטות ההזדווגות של הנקבה. במכלים שקטים, לזכרים ששרו יותר היו יותר הזדמנויות להזדווג; אולם במכלים רועשים, הזכרים שרקדו יותר גם הזדווגו יותר. משמעות הדבר היא שגובי צבועים מקדישים יותר תשומת לב לאותות של חיזור ויזואלי כשהרעש מפריע לתקשורת האקוסטית.

המידע שנאסף מהניסויים שלנו אומר לנו שלדגים שמשמשים ביותר משיטה אחת לאיתות יש סיכויים טובים יותר להיות מסוגלים לתקשר בתנאים שונים. תקשורת באמצעות יותר

משיטה אחת מספקת גיבוי של הגנה מפני אובדן מידע. אם הסביבה מפריעה לאחד מאותות התקשורת, האות השני נעשה חשוב יותר עבור השולח (במקרה שלנו, הזכר) ועבור המקבל (הנקבה) [5].

בתנאים רועשים, יכולנו לצפות שזכרים יעברו משירה לריקוד, אם הריקודים נעשו חשובים יותר לתקשורת עם נקבות. באופן מפתיע, לא מצאנו שזכרים במכלים רועשים רקדו יותר מזכרים במכלים שקטים. אולם נקבות כן שמו לב יותר לתנועות הריקוד של זכרים במכלים רועשים. תוצאות דומות נמצאו אצל דג אחר, ה- *Gasterosteus* three-spined stickleback (*aculeatus*). זכרי Stickleback רקדו יותר במים מעוננים, אולם נקבות שמו לב יותר לריח [6].

מסקנות

מצאנו שבמכלים רועשים זכרי הגובים הצבועים שרו פחות, הנקבות שמו לב יותר לתנועות הריקוד של הזכרים, ולזכרים ששרו פחות היו סיכויים טובים יותר להזדווג אם הם רקדו. אם הנקבות בוחרות זכרים שקטים להזדווג איתם, הן עשויות לייצר ילדים שגם לא יודעים לשיר. במהלך הזמן, משמעות הדבר עשויה להיות שאם העולם נעשה רועש יותר כתוצאה מפעילויות אנושיות, גובים צבועים עשויים להפוך ל"טיפשים כמו דגים" אחרי הכול.

תרומת הכותבים

KJ ו-KH עיצבו את הניסוי, עם הערות מ-MA ו-PF. KJ ערכה את הניסוי וניתחה את הנתונים. KJ ו-KH כתבו את כתב היד עם הערות וסקירה של MA ו-PF.

תודות

אנו רוצים להודות לאוניברסיטת ליסבון על סיפוק מרחב המעבדה. ל-Maria Gouveia, Catarina Rosa, ו-Joana Vicente על עזרתן עם תפיסת הדגים, עם ניהול המשאבים ועם לוגיסטיקה. אנו רוצים להודות ל-Adrian Klein על שסיפק לנו את החיישנים לתנועת חלקיקים, ועל סיוע עם ניתוח של נתוני PM. אנו מודים ל-Kalle de Jong על הסיוע עם עיצוב התמונות, ול-Liisa Ylitespa על הציורים המקוריים של הגובים.

מאמר המקור

de Jong, K., Amorim, M. C. P., Fonseca, P. J., and Heubel, K. U. 2018. Noise affects multimodal communication during courtship in a marine fish. *Front. Ecol. Evol.* 6:113. doi: 10.3389/fevo.2018.00113

מקורות

1. Amorim, M. C. P., Pedroso, S. S., Bolgan, M., Jordão, J. M., Caiano, M., and Fonseca, P. J. 2013. Painted gobies sing their quality out loud: acoustic rather than visual signals

- advertise male quality and contribute to mating success. *Funct. Ecol.* 27:289–98. doi: 10.1111/1365-2435.12032
2. Amorim, M., and Neves, A. 2007. Acoustic signaling during courtship in the painted goby, *Pomatoschistus pictus*. *J. Mar. Biol. Assoc. U.K.* 87:1017–23. doi: 10.1017/s0025315407056822
 3. de Jong, K., Schulte, G., and Heubel, K. U. 2017. The noise egg: a cheap and simple device to produce low-frequency underwater noise for laboratory and field experiments. *Methods Ecol. Evol.* 8:268–74. doi: 10.1111/2041-210X.12653
 4. de Jong, K., Amorim, M. C. P., Fonseca, P. J., Fox, C. J., and Heubel, K. U. 2018. Noise can affect acoustic communication and subsequent spawning success in fish. *Environ. Pollut.* 237:814–23. doi: 10.1016/j.envpol.2017.11.003
 5. Partan, S. R. 2017. Multimodal shifts in noise: switching channels to communicate through rapid environmental change. *Anim. Behav.* 124:325–37. doi: 10.1016/j.anbehav.2016.08.003
 6. Heuschele, J., Mannerla, M., Gienapp, P., and Candolin, U. 2009. Environment-dependent use of mate choice cues in sticklebacks. *Behav. Ecol.* 20:1223–7. doi: 10.1093/beheco/arp123

פורסם אונליין: 09 בנובמבר 2021

נערך על ידי: Pedro Morais, Centre of Marine Sciences, University of Algarve, Portugal

ציטוט: de Jong K, Amorim MCP, Fonseca PJ and Heubel KU (2021) דגים שרים ורוקדים: נקבות שמות לב יותר לריקוד הזכרים כשהוא רועש. *Front. Young Minds.* doi: 10.3389/frym.2019.00110-he

תורגם והותאם: de Jong K, Amorim MCP, Fonseca PJ and Heubel KU (2019) Singing and Dancing Fish: Females Pay More Attention to Males' Dance Moves When It Is Noisy. *Front. Young Minds* 7:110. doi: 10.3389/frym.2019.00110

הצהרת ניגוד אינטרסים: המחברים מצהירים כי המחקר נערך בהעדר כל קשר מסחרי או פיננסי שיכול להתפרש כניגוד אינטרסים פוטנציאלי.

COPYRIGHT © 2019 © de Jong, Amorim, Fonseca and Heubel. זהו מאמר בנישה פתוחה שמופץ תחת תנאי רישיון Creative Commons Attribution License (CC BY). השימוש, ההפצה או ההעתקה מותרים לשימוש בפורומים אחרים ובלבד שיינתן קרדיט למחברים (המקוריים ולבעל זכויות היוצרים), ושהפרסום המקורי בעיתון זה מצוטט בהתאם למקובל באקדמיה. השימוש, ההפצה או ההעתקה אינם מותרים אם הם אינם עומדים בתנאים אלה.

סוקר צעיר

FRANCISCO, גיל: 10

אני בן 10, אני גר בברסלוס (בצפון פורטוגל). אני סקרן מאוד לגבי הכול, ומדע הוא אחד מתחומי העניין שלי. מה שאני אוהב הכי הרבה זה לשחק כדורסל.



הכותבים

KAREN DE JONG

הפעם הראשונה שהתעניינתי בדגים הייתה במהלך התואר השני שלי, כשרשמתי את הקולות שמיוצרים על-ידי דגי Azorean rock-pool blenny באיים האזוריים. לאחר מכן, התמקדתי באופן שבו הסביבה יכולה להשפיע על התנהגות של דגים ועל רבייה שלהם. כיום, אני משלבת את תחומי העניין האלה במטרה לחקור את ההשפעה של רעש שמיוצר על-ידי בני אדם על התנהגות הרבייה של דגים, במיוחד אצל דגים שמייצרים רעשים. עבדתי בנורווגיה, בהולנד ובגרמניה, וכיום אני חיה בברגן, נורווגיה, עם בעלי ושני ילדינו.
*karen.de.jong@hi.no, karend@alumni.ntnu.no

MARIA CLARA P. AMORIM

עשיתי תואר ראשון ביולוגיה באוניברסיטת ליסבון (1991), השלמתי תואר שני באוניברסיטת לייפציג (1994) על התנהגות חיפוש מזון אצל דגים, וקיבלתי את הדוקטורט שלי מאוניברסיטת אברדין (1997) על תקשורת אקוסטית של דגים. אחרי הדוקטורט שלי, חזרתי לפורטוגל להמשיך לחקור תקשורת אקוסטית של דגים, והתמקדתי באופן שבו אותות אקוסטיים מתווכים אינטראקציות חברתיות. לאחרונה, התחלתי להתייחס להשפעה של רעש אנושי על האוקיינוס, כולל ההשפעות שלו על כושר הדגים והתקשורת הקולית שלהם.

PAULO J. FONSECA

במשך כ-25 שנים עבדתי על תקשורת קולית בציקדות, בעיקר דרך עבודת שטח שביצעתי בפורטוגל, ועבודת מעבדה בגרמניה, בדנמרק ובפורטוגל. ניסיתי להבין כיצד ציקדות מייצרות את הקולות שלהן ומשדרות אותם, וכיצד מערכת השמיעה יכולה לקלוט את הקולות האלה, מה שמוביל למציאת בני זוג. בשנת 2003 התחלתי להתעניין בתקשורת אקוסטית של דגים, הודות ל-Maria Clara Amorim. מאז, השתמשנו בכמה מודלים של דגים כדי לגשת לשאלות שקשורות לייצוג קול ולשמיעה, ולתפקיד של קולות שמתווכים אינטראקציות אגרסיביות ומיניות (בחירת בין זוג ומשיכה), וההשפעה של רעש שמיוצר על-ידי בני אדם על תקשורת של דגים ועל סטרס. לאחרונה, התחלתי להתעניין באקוסטיקה של שוניות טרופיות ככלי לניהול ולשימור.

KATJA U. HEUBEL

כשהתחלתי ללמוד ביולוגיה בגרמניה ובדנמרק, התעניינתי בעיקר באקולוגיה ובהתנהגות של חרקים. לאחר מכן, במהלך המחקר לדוקטורט, ביצעתי עבודת שטח בטקסס ובמקסיקו מאחר שנעשיתי מרותקת מהשאלה על האופן שבו דגים מיניים וא-מיניים יכולים להתקיים יחד. קשה לענות על השאלה הזו. זו הסיבה לכך שביליתי גם כמה שנים בפינלנד בניסיון להסביר את זה. בשנים האחרונות, התחלתי להתעניין באופן שבו דגים מקומיים ופולשים בים הבלטי משנים את אורח החיים שלהם בסביבות ובתנאים שונים, בהקשרים חברתיים שונים או בחברות שונות. *heubel@ftz-west.uni-kiel.de



Hebrew version
provided by

מוזיאון המדע ע"ש בלומפילד ירושלים (ער.)
متحف العلوم على اسم بلومفيلد القدس
Bloomfield Science Museum Jerusalem

