



החברה  
להגנת  
הטבע



משרד  
המדע,  
התרבות  
והספורט



האקדמיה  
הלאומית  
למדעים



המשרד לאיכות  
הסביבה



אוניברסיטת  
תל אביב



הועד  
הישראלי  
לאונסקו



משרד  
החינוך



רשות הטבע  
והגנים

# מגוון ביולוגי – מה זה?

## למה צריך לשמור עליו?

## איך צריך לעשות זאת בישראל?

תקצירי הרצאות ליום עיון שהתקיים

באוניברסיטת תל אביב

1 ביולי 2002

## מהו מגוון ביולוגי ומדוע לשמור עליו?

אוריאל ספריאל – המחלקה לאבולוציה, סיסטמטיקה ואקולוגיה, האוניברסיטה העברית בירושלים

המונח "מגוון ביולוגי" חדש יחסית, ונטבע בצמידות למונח "פתוח בר-קיימא". בסוף שנות ה-80 של המאה שעברה התפתחה תפישה כי שמירת הסביבה אינה מפריעה לפיתוח, אלא – הפיתוח זקוק לסביבה מתפקדת על מנת שיהיה בר-קיימא. פיתוח בר-קיימא עונה לציפיות החברה לקיום ואף לרווחה מבלי לפגוע בסיכויי הדורות הבאים להתקיים ואף להנות מאותה רווחה. יחסי הגומלין שבין מכלול היצורים החיים לבין הסביבה הפיזית מהווים ברובם את השירותים המוענקים לפיתוח. הסביבה מתפקדת איפוא כמערכת, המערכת האקולוגית, והיצורים המתפקדים במערכת זו מבטיחים את אספקת השירותים.

השירותים רבים ומגוונים ושונים זה מזה, ולפיכך אספקתם מותנית במגוון של יצורים, השונים זה מזה במידה כזו שמבטיחה את אספקת מכלול השירותים כולו. מגוון זה מכונה המגוון הביולוגי, ואחד השירותים החשובים של המערכת האקולוגית הוא התחזוקה של המגוון הביולוגי. זהו אחד משירותי התמיכה, כאשר השירותים האחרים הם שירותי אספקה (מזון, סיבים, דלק, מוצרים ביולוגיים אחרים, ומים), ושירותי השראה (שירותים תרבותיים, אסתטיים וחברתיים). המערכת האקולוגית גם מתחזקת מינים ומייצרת מוצרים הנמכרים בשוק – טובין, בעוד השירותים מוענקים לחברה בחינם, ולאחרונה נעשים ניסיונות להעריך את עלות השירותים הללו, אילו היינו צריכים לשלם עבורם.

היות ואספקת השירותים דורשת מגוון ביולוגי, וקיטומו של המגוון הביולוגי דורש שטח, הרי שפיתוח אשר גורע שטח מקטין את המגוון הביולוגי ולכן גם את אספקת השירותים. למרות זאת, קיים מגוון ביולוגי ולכן גם אספקת שירותים, לא רק במערכות אקולוגיות טבעיות, אלא גם במערכות שעברו פיתוח, היינו – מערכות מנוהלות ע"י האדם במידה קטנה או גדולה של התערבות וניהול. הפיתוח אינו אלא הגברה של אספקת שרות מסוים, לעיתים על חשבון אספקת שרות אחר. יחד עם זאת השנוי בשימושי קרקע עקב הפיתוח הוא הגורם החזק ביותר מבין כל פעילויות האדם האחרות המקטין את המגוון הביולוגי, ולכן גם את אספקת השירותים.

על מנת לקיים את הפיתוח ואף להמשיך לפתח יש לדעת מה תפקידם של המינים השונים באספקת שירותים שונים, איזה מערכות מספקות איזה שירותים וכיצד אלה תורמים לפיתוח שיהיה בר-קיימא לאופקי זמן שונים, ומה השנויים הצפויים במערכות האקולוגיות טבעיות ומנוהלות בשעורי האספקה ושעורי הצריכה של שירותיהן כתוצאה מפיתוח נוסף וכתוצאה משנויי האקלים הגלובליים. יש לנהל את המערכות האקולוגיות של ישראל כך שישמרו את המגוון הביולוגי שלהן וימשיכו להבטיח אספקת שירותים וטובין, וזאת כרכיב בתכנון, בצוע והפעלת פרויקטי פיתוח. למרות שיש ידע רב על הביטה של ישראל, היינו – על מאסף מיני בעלי החיים והצמחים של ישראל, אין הידע הדרוש על המגוון הביולוגי של ישראל – ממדי ההבדלים בתפקודם של המינים ולכן באספקה הדרושה של טובין ושירותים לאדם באמצעות המערכות האקולוגיות.

## מגוון ביולוגי – הרמה הגנטית

### עופר מוקדי – המכון לחקר שמירת הטבע, הפקולטה למדעי החיים, אוניברסיטת תל אביב

שונות גנטית היא הרמה הבסיסית ביותר של מגוון ביולוגי. יכולתה של אוכלוסייה לשרוד, להגיב לתנאי הסביבה ולהשתנות, מותנית במידה רבה במגוון הגנטי הקיים בה. תכניות לשמירת טבע חייבות להתבסס, בין היתר, על הבנה טובה של המגוון הגנטי התוך-מיני בשלוש רמות לפחות: הטרוזיגוטיות בתוך פרטים כמדד ראשוני, השונות הגנטית בין פרטים בתוך אוכלוסיות והשונות בין אוכלוסיות גיאוגרפיות נפרדות. לא רק מידת השונות חשובה, כי אם גם פיזור המרחבי. מידע זה דרוש על מנת לאפשר הגדרה טובה ככל האפשר של יעדים סבירים ומספקים לשמירת טבע.

למעשה, לפני נקיטה של פעולה כלשהי לשמירה או הצלה של אוכלוסיות בר, יש להיוועץ במידע הגנטי לעצם הבחירה של אוכלוסיות יעד. הבחירה מחויבת מתוך מגבלת המשאבים, הקיימת בכל מערכת כנתון יסוד, אשר מכתובה התמקדות ביעדים מסוימים תוך הזנחה בלתי נמנעת של אחרים. על פי הפיזור של השונות הגנטית התוך מינית ברמה מקומית, אזורית וכללית ניתן להגדיר יעדי שימור אשר יסייעו לשמר את המגוון במידה רבה ככל האפשר. הגישה הגנטית, המאפשרת הגדרת ESU (evolutionarily significant units), מיועדת לאפשר למקבלי החלטות בעניין זה להימנע מבזבוז משאבים מחד ואבדן שונות גנטית ייחודית מאידך.

בעשורים האחרונים נוסחו מתוך ניסיון מצטבר מספר כללי 'עשה' ו'אל תעשה' בשמירת טבע, הקשורים קשר ישיר למגוון גנטי. מאחר וסחיפה גנטית היא כח מרכזי המביא לירידה בשונות הגנטית, וכיוון שכח זה משמעותי יותר ככל שאוכלוסייה קטנה יותר, יש לשמור על אוכלוסיות גדולות ככל הניתן. הבעיה היא שמינים המוגדרים כנמצאים בסכנה מתקיימים, מעצם הגדרתם, באוכלוסיות קטנות יחסית. שיקול זה מצטרף לאחרים הקובעים שבמידה והבחירה בידינו, עלינו להעדיף לשמור על שטחי בר רציפים וגדולים. היות והבחירה על פי רוב איננה בידינו, ננקטות לפעמים פעולות של העתקת פרטים בבר, ואפילו מבוצעות 'הכלאות הצלה'. התערבויות ישירות מסוג זה חייבות להיעשות בזהירות מרבית, לאור ניסיונות מוצלחים וכושלים בתחום זה ברחבי העולם. התמוטטות אוכלוסיית היעלים בצי'וסלובקיה והטרגדיה הקשורה ב'הכלאת הצלה' של ה-Dusky seaside sparrow בארה"ב יכולות לשמש תמרורי אזהרה בפני העתקת פרטים ממרחק והכלאה בלתי אחראית, בהתאמה. באשר למאמצי שיבוט מודרניים, המיועדים כביכול לשמירת טבע - לא רק הבסיס המוסרי לביצועם מוטל בספק, כי אם גם הבסיס האידאולוגי ואפילו הביולוגי והטכני.

## **הטקסונומיה ומגוון המינים, בדגש על ישראל**

### **אמנון פרידברג - המחלקה לזואולוגיה, אוניברסיטת תל אביב**

המושג טקסונומיה מוגדר, ומובהרת משמעותו כשטח מחקר ביולוגי. זהו אחד מענפי המדע הקשורים לחקר מגוון המינים, וקשר הדדי זה הכרחי לקיומן של שתי הישויות. מוסברים יחסי הגומלין בין טקסונומיה לבין מחקר גנטי ואקולוגי בהקשר למגוון המינים. הגישות והשיטות הגנטיות המשמשות בחקר מגוון המינים מושוות לגישות ולשיטות הטקסונומיה הקלאסית. מגוון המינים בעולם ובישראל מוצג מנקודת מבט טקסונומית, מצוינים הצרכים הכרוכים בהמשך המחקר הטקסונומי של מגוון המינים, ומוצעת הערכה לגבי עתידו של מחקר זה.

## המגוון הביולוגי – גישה מערכתית

**משה שחק - מחלקת מיטוני לאקולוגיה מדברית המכון לחקר המדבר אוניברסיטת בן גוריון**

ההתעניינות במגוון ביולוגי אצל מדענים, אנשי ממשק, פוליטיקאים, מתכננים והציבור הרחב מקורה בשינויים החלים במגוון האלמנטים המרכיבים מערכות תומכות חיים.

ההתעניינות בשינויים במגוון הביולוגי נובעת:

1. חשיבות האלמנטים של מערכות תומכות חיים לאדם.
  2. השינוי באלמנטים של המגוון הביולוגי גורמים לשינויים בתהליכים במערכות האקולוגיות.
- דיון בשינויים במגוון הביולוגי מקורם בהתעניינות במעבר המגוון הביולוגי ממצב א למצב ב. מעבר בין מצבים והגורמים למעבר משמשים כבסיס לתורת המערכות. לכן, תורה זו עשויה לשמש לקידום תורת המגוון הביולוגי.
- כאשר משלבים בין תורת המערכות ותורת המגוון הביולוגי עלינו להגדיר:

1. מהם ההבדלים בין מגוון ביולוגי במצב א ו- ב.
2. מהם הגורמים שמעבירים את המגוון ממצב א למצב ב.

במסגרת הרצאה זו אנו מגדירים את המגוון הביולוגי כאלמנטים או ישויות המתארגנים למערכות תומכות חיים.

הישויות ניתנות לסיווג במסגרת שלושה מרכיבים מרכזיים של מערכות אקולוגיות: אורגניזמים, משאבים ונוף. לכל מרכיב ישויות ייחודיות. הישויות של המגוון הביולוגי במסגרת האורגניזמים הם גנים, מינים וקבוצות תפקודיות. במסגרת המשאבים אנו מגדירים ישויות שהם חומרי הזנה שונים וקרקע. במסגרת הנוף הישויות המרכזיות הם כתמים המתחלקים לכתמים פיזיים, כימיים וביולוגיים.

הישויות במערכות תומכות חיים אינן קיימות לכשעצמן אלא מתארגנות למארגים תפקודיים. האורגניזמים מתארגנים למארגי מזון, הנוף מתארגן למארגי מקור – מבלע ואילו המשאבים מתארגנים במארגי מאגרים.

אנו מגדירים שינוי במגוון הביולוגי כשינוי בישויות ובמארגי ההתארגנות שלהם במערכות תומכות חיים.

השינויים במגוון הביולוגי, כלומר המעבר בין שני מצבי מגוון נקבעים ע"י שינויים במספר הישויות, בהבדלים בין הישויות ובהתארגנות הישויות. השינויים עשויים להיות כתוצאה מכוחות פנימיים הנובעים מעצם ההתארגנות של הישויות וחיזוניים הנובעים מפעילותו של גורם טבעי או אנושי שאינו חלק מהמגוון.

השינוי במגוון הביולוגי קובע את דרגת התמיכה בחיים. לכן, המגוון הביולוגי והמארגים שהוא יוצר אינם רק בתחום ההתעניינות המדעית, אלא משותפת לכל העוסקים במערכות תומכות חיים.

בהרצאה אדון כיצד הכלים של תורת המערכות יכולים לסייע למחקר, ממשק וחינוך בנושא המגוון הביולוגי.

## תרומת מדענים עולים למחקר המגוון הביולוגי בישראל

### אביתר נבו, המכון לאבולוציה, אוניברסיטת חיפה

מחקר המגוון הביולוגי בישראל עדיין בתחילתו בקבוצות ביולוגיות רבות במיוחד בקבוצות מיוחדות ומשמעותיות של הבקטריות, הצמחים, חסרי-הפרחים וחסרי החוליות.

ישראל הקטנה עשירה מאד במגוון ביולוגי בכל הרמות, גנים, גנומים, מינים ואקוסיסטמות, וזאת בגין מיקומה הגיאוגרפי בין שלוש יבשות ובצומת אזורים אקלימיים וביוגיאוגרפיים, ובגין ההיסטוריה הגיאולוגית העשירה שלה המשלבת חלופות יבשתיות וימיות בשולי המסיב הערבו-נובי ואוקיינוס התטיס. תרומות משמעותיות הושגו ע"י חוקרים בודדים כפרופ' רוזן במיון הבקטריות (במכון Bactaxon באילת), ומחקרים ביולוגיים ענפים במרכז רמון, מצפה רמון ובמכון לחקר המדבר בשדה בוקר. הללו כוללים מחקרים באקולוגיה, ביוגיאוגרפיה ושמירת הטבע בחיפושיות (בוריס קרסנוב וגרגורי שיינברוט); לטאות (שיינברוט, קרסנוב); מכרסמים (שיינברוט, קרסנוב); אקטופרזיטים (קרסנוב, קוכלובה, בורדלובה, שיינברוט); חזזיות (אינסרוב ואינסרובה).

מרכז חשוב התפתח במכון לאבולוציה באוניברסיטת חיפה הכולל מחקרים מרמת הגנים והגנום (טריפונוב ובולשוי); רה-קומבינציה, מיפוי גנטי, מודליזציה, גנטיקה ואבולוציה של דרוזופילה (קורול, קירז'נר, רונין, רשקובצקי, מסטר); כרומוזומים (יבניצקי, בלאייב, רסקינה); פליאואיקולוגיה ופליאובוטניקה (קרסילוב); צמחים חסרי פרחים, אצות ופטריות (ואסר, גרישקן, טמינה, ברינובה) וחרקים (פבליצ'ק).

למחקרים אלה חשיבות עליונה בהכרה עמוקה של מגוון המינים בישראל, בגילוי מינים רבים חדשים לישראל ולאזוריה השונים, וכן למדע. ואולם חשיבותם עולה מעבר להכרת המינים הביולוגיים. היא כוללת מחקרים מעמיקים באקולוגיה (מרכז רמון), סיסטמטיקה, גנטיקה, גנומיקה וביוטכנולוגיה (המכון לאבולוציה) ותורמת למחקרים מגוונים עיוניים בסיסטמטיקה, אקולוגיה ואבולוציה וישומיים בביוטכנולוגיה. תרומה זו לא תסולא בפז בחשיבותה המדעית לישראל ולעולם, בהכרת מגוון המינים באזור היבשתי המזרח תיכוני, שמירתם, וניצול חלקם למטרות ישומיות בחקלאות, רפואה ותעשייה. ייצוג חלקי של המחקרים המתבצעים במכון לאבולוציה באוניברסיטת חיפה יוצג באמצעות פוסטרים.

## שמירת טבע ושמירה על המגוון הביולוגי

### אבי פרבולוצקי, רשות הטבע והגנים

בין שני המושגים "שמירת טבע" ו"שמירה על המגוון הביולוגי" יש מידה רבה של חפיפה. חפיפה זו קשה להגדרה משום ששני המושגים אינם ברורים בהגדרתם, אינם כמותיים ונגזרים מהשקפת עולם ותפיסה ערכית, שהם סובייקטיבים מעצם קיומם. בהרצאה זו תבחן שמירת הטבע בישראל בהיבט המעשי ותרומתה לשמירת המגוון הביולוגי בארץ.

לכאורה שמירה טובה על הטבע במרחב מסוים פירושה שמירה על המגוון הביולוגי במרחב זה, אבל בישראל עצם מהות המושג "טבע" טעונה הגדרה וחיזור, משום שהטבע שלנו, יותר מאשר אזורים אחרים בעולם, הוא תוצר פעילות אדם לאורך אלפי שנה. האם המגוון הביולוגי הרצוי הוא זה שמתפתח יחד עם פעילות האדם או זה שמתפתח בהעדרה, ואולי שומה עלינו לשמר את כל המצבים?

הטבע בישראל עובר בתקופה המודרנית שינויים ועומד בפני איומים מגוונים שמשפיעים גם על המגוון הביולוגי. הכחדה של מינים (עגלסת סדומית), פגיעה, ולעיתים העלמות, של בתי גידול (בתי גידול לחים), הופעת מינים פולשים (שיטה כחלחלה, דררות), גידול דרמטי באוכלוסיות בע"ח סתגלניים על חשבון אחרים (עורבים, אנפיות בקר) ועומס מטיילים/רכבי שטח בבתי גידול רגישים הם מבין הגורמים העיקריים הפוגעים בטבע בישראל. לעומת זאת, נעשית פעולה אינטנסיבית לאיתור וטיפול במינים נדירים (בע"ח וצמחים); מתבצעות השבות של בע"ח שונים (יונקים ועופות); מתקיים מאמץ של ממשק אקטיבי ושיקום בתי גידול ונעשה ניסיון לווסת אוכלוסיות מתפרצות.

את המגוון הביולוגי בישראל יש לאפיין לא רק בבתי גידול טבעיים. שטחי החקלאות ויערות נטע האדם תורמים לא מעט לקיום מגוון ביולוגי עשיר וייחודי. מעט ידוע לנו על העושר הביולוגי בנופים אלו ומהם קשרי הגומלין בינם לבין המערכות הטבעיות.

צריך לנצל את הידע הקיים ולהמשיך לטפל במינים ובמערכות בסכנה. הידע הקיים רב, ונותרו מינים ומערכות שצריך ואפשר לטפל בהם בלי להזדקק למחקר נוסף. עם זאת, בתחומים רבים צריך לשפר את הידע.

שיפור השמירה על הטבע והמגוון הביולוגי בארץ תלויים בהגדלת הידע הבסיסי העומד לרשותנו, הן ברמה האיכותית-טקסונומית (איזה אוכלוסיות?) והן ברמה הכמותית (מה הדינמיקה שלהן?). בהמשך עלינו להבין טוב יותר כיצד מתפקדות המערכות השונות (קשרים ויחסי גומלין, תוצרים אקולוגיים) ובסופו של דבר יש לגבש דרכים לממשק וניהול הסביבה (הטבעית והלא-טבעית) כדי להשיג מטרות מוגדרות בשמירת טבע ובשימור המגוון הביולוגי.

## אוספי טבע ותרומתם לשימור המגוון הביולוגי

תמר דיין, המחלקה לזואולוגיה, אוניברסיטת תל אביב

במרבית מדינות העולם קיימים מוזיאונים לאומיים לטבע ששליחותם לתעד ולחקור את החי הטבע של המדינה, כמו גם של אזורים אחרים, ולהשתמש בחומרים ובידע שבידיהם להשכלת הציבור. הבסיס למוזיאונים אלו הם אוספי הטבע, natural history collections המהווים תיעוד של המגוון הביולוגי ובסיס למחקר של חוקרי המוזיאון וכן של מדענים אחרים מרחבי העולם. במדינות רבות קיימים, בנוסף למוזיאון הלאומי, גם מוזיאונים נוספים וכן אוספי טבע מחוץ לכותלי המוזיאונים. כל הגופים הללו מהווים רשת עניפה של ארכיונים של החי והצומח העולמיים לצורכי תיעוד ומחקר של המגוון הביולוגי. בישראל קיימים שני אוספי טבע משמעותיים בהיקפם, באוניברסיטת תל אביב ובאוניברסיטה העברית. האקדמיה הלאומית הישראלית למדעים המליצה כי אוספים אלו יוכרו כאוספי הטבע הלאומיים וכי יהוו בסיס למוזיאון לאומי לטבע.

אוספי טבע הם תשתית למחקר בסיסי בתחומי מדעי הטבע, ובכלל זה גם בסיס למחקר חיוני לצורך שימור המגוון הביולוגי. למשל:

- מחקר טקסונומי בסיסי: בין כתלי המוזיאונים, תוך שימוש באוספי הטבע, מתקיים מרבית המחקר הבסיסי הכרוך בזיהוי מינים, החיוני לנו בכדי להבין דגמי פיזור וסדרי קדימויות בשימור. המידע הטקסונומי גם מהווה בסיס למחקר אקולוגי ומחקר שתכליתו שימור, בראש וראשונה של חסרי חוליות המהווים את עיקר המגוון הביולוגי.
- מיפוי תפוצות של אורגניזמים חיים: מרבית מפות התפוצה של מינים בעולם מתבססות על אוספי טבע. מידע זה חיוני לכל מאמץ של שימור.
- מיפוי אזורים בעלי מגוון ביולוגי גבוה בכדי לשמרם: ברור כי המאבק לשימור המגוון הביולוגי מתבסס על קביעת סדרי קדימויות. מסיבה זו נעשה מאמץ גדול בעולם כיום למפות אזורים עשירים במיוחד במינים biodiversity hotspots או אזורים עשירים במיוחד במינים אנדמיים, כלומר, מינים המצויים רק באזור מסוים מוגבל ואם יחדו שם כי אז יאבדו לחלוטין endemism hotspots. מחקר זה מתבצע גם ברמה גלובלית וגם ברמה אזורית.
- בחינת שינויים בתפוצות מינים במימד הזמן: מכיוון שלאוספים יש עומק היסטורי, הם מאפשרים לנו לחקור שינויים בתפוצה של מינים במימד הזמן, וזהו למעשה בסיס לניטור אחר השפעה של פעילות אדם.
- חיזוי שינויים בתפוצה כתוצאה משינויים בסביבה: חיזוי זה מתאפשר על פי ניתוח תפוצות גיאוגרפיות של מינים המתבססות על אוספי טבע בעולם והשלכת שינויי צפויים. למחקר זה חשיבות תכנונית בכדי לאפשר שימור מסדרונות הביטח והמשך קיום בית גידול מתאים.
- ניטור ביולוגי: למעשה, האוספים מהווים בסיס למחקר כל שינוי ביולוגי המתרחש במימד הזמן ועשוי להיות קשור לשינויים בסביבה, כגון השפעה של שינויי אקלים על המורפולוגיה של מינים.
- ניטור זיהומים: האוספים מהווים גם ארכיון היסטורי לניטור זיהומים למיניהם המופיעים או מתבטאים בחומר ביולוגי.

## מאגר מידע לאומי על מגוון ביולוגי ככלי עזר לתכנון ושמירת טבע בישראל

### רונן קדמון - האוניברסיטה העברית

בשנים האחרונות גוברת בעולם ההכרה בחשיבות השמירה על המגוון הביולוגי (Biodiversity). תכנון מושכל ויעיל של שמורות טבע הוא תנאי הכרחי לשמירה על המגוון הביולוגי, מכיוון שתמיד יהיו קונפליקטים בין שמירת טבע לבין אפשרויות אחרות של ניצול השטח (עיור, חקלאות, תעשייה). גם מחוץ לשמורות טבע יש מקום לשימוש בכלים תכנוניים על מנת להעריך את ההשלכות של תכניות פיתוח חלופיות על המגוון הביולוגי. שיטות מתמטיות שפותחו בשנים האחרונות יכולות לסייע בתכנון אופטימלי של שמורות טבע ובזיהוי של חלופות תכנוניות שממזערות את הפגיעה במגוון הביולוגי. אבל רוב השיטות הללו מחייבות מידע מפורט על התפוצה הגיאוגרפית של המינים השונים. מידע כזה איננו זמין בדרך כלל למתכננים ולמקבלי החלטות. כתוצאה מכך, החלטות בעלות השלכות סביבתיות משמעותיות מתקבלות ברוב המקרים ללא התחשבות בהשלכותיהן על המגוון הביולוגי.

על מנת לקדם את השמירה על המגוון הביולוגי בישראל יש לפעול בשלושה מישורים עיקריים: ראשית, יש לשפר את זמינותם של הנתונים הקיימים בארץ לגופים העוסקים בתכנון ובשמירת טבע. הדרך המומלצת לעשות זאת היא הקמת מאגר מידע לאומי של המגוון הביולוגי בישראל. מאגר מידע כזה חייב להיות גיאוגרפי במהותו, והוא יכול להתבסס על נתונים שנאספים במוסדות אקדמיים, בגופים ממשלתיים וציבוריים, ועל ידי חוקרים וחובבי טבע. מאגר המידע צריך להיות פתוח לציבור הרחב ולספק כלים חזקים וידידותיים לעיבוד ולהצגה של הנתונים.

תחום שני שיש לפתח על מנת לסייע לגופי התכנון לשמור על המגוון הביולוגי בארץ הוא מודלים לניבוי התפוצה הגיאוגרפית של צמחים ובעלי חיים. מודלים כאלה דרושים מאחר שהמידע הגולמי על תפוצתם של צמחים ובעלי חיים הוא תמיד נקודתי, ואילו המידע הדרוש לצורכי תכנון ושמירת טבע הוא רציף (מפות). ברור לפיכך שאפילו בתנאים אידיאליים, המידע שיצטבר במאגר המידע הלאומי יהיה חלקי בלבד ולא יוכל לשמש כבסיס אמין לצורכי תכנון. הפתרון לכך הוא פיתוח מודלים אקולוגיים-סטטיסטיים שיאפשרו להעריך את הסתברות ההופעה של מינים ומאספי מינים שונים בכל נקודה ונקודה בארץ. תכנון המתבסס על ניתוח נתונים באמצעות מודלים מקובל בתחומים רבים (משק המים, הערכות לרעידות אדמה, הערכות לסיכוני זיהום ממקורות שונים) ואפשר ליישמו גם בהקשר של שמירה על מגוון ביולוגי.

התחום השלישי שצריך לפתח הוא מערכות לסיוע בקבלת החלטות ( Decision Support Systems) המתייחסות לשמירה על מגוון ביולוגי. המטרה של מערכות כאלו היא סיוע במציאת פתרונות תכנוניים לבעיות קונקרטיות. דוגמא לשאלה טיפוסית בהקשר זה היא: בהינתן כמה חלופות גיאוגרפיות להקמת יישוב חדש, מהי החלופה שתביא לפגיעה המינימלית בסך כל המגוון הביולוגי של האזור הרלוונטי (או של ישראל בכלל).

תכנון ופיתוח בר-קיימא בהקשר של מגוון ביולוגי מחייבים אפוא בנייה של מאגר נתונים מרכזי על התפוצה של צמחים ובעלי חיים בישראל, מודלים לאינטרפולציה מרחבית של הנתונים, וכלים ידידותיים לעיבוד של התוצאות המתקבלות מהמודלים לצורכי תכנון וקבלת החלטות. יוצגו דוגמאות לכלים שמפותחים למטרות אלה במסגרת פרויקט BioGIS ([www.biogis.huji.ac.il](http://www.biogis.huji.ac.il)) ופרויקטים רלוונטיים נוספים המתבצעים באוניברסיטה העברית.

## התכנון הלאומי והמקומי והשמירה על המגוון הביולוגי

יהושע שקדי – רשות הטבע והגנים, איריס האן – החברה להגנת הטבע

קצב גידול האוכלוסייה האנושית על כדור הארץ הוא עצום – במאות השנים האחרונות גדלה אוכלוסיית האדם פי עשר בערך. המכפלה של ממדי הצריכה של כל אחד מאתנו מהמערכת הטבעית (שטח לדיור, לתחבורה, לגידול מזון) בגודל אוכלוסיית האדם, מלמדת עד כמה גדול הקונפליקט בין שטח המנוצל לצרכי האדם לבין שטח הדרוש לשימור המגוון הביולוגי. בישראל הקונפליקט מקבל ממד נוסף משום שישראל (מבאר שבע צפונה) היא אחת המדינות הצפופות בעולם, וקצב גידול האוכלוסייה גבוה ביותר (גם בהשוואה למדינות שאינן מפותחות).

בתנאים אלה, של אוכלוסייה צפופה וגדלה ופיתוח מואץ, צריך לקבוע עקרונות תכנון ארציים לשמירת המגוון הביולוגי, אשר יוטמעו גם ברמת התכנון המקומי. מערכת התכנון בישראל צריכה להכיר בכך שיש מערכות אקולוגיות בישראל שנהרסו, ובכדי לשמור עליהן צריך לאסור, באופן גורף, כל פיתוח עליהן. המערכות המרכזיות בסכנת העלמות הן בתי הגידול הלחים, שטחי החול והכורכר לאורך החופים, ומשטחי הלס בנגב. בנוסף, צריך להרחיב את השטחים המוגנים סטטוטורית, ובמיוחד בחלקה הצפוני של ישראל.

מערכת התכנון בישראל צריכה להכיר בכך שלרצף של שטחים פתוחים יש חשיבות רבה. החשיבות נובעת מכמה סיבות: אחת, השטחים השמורים בישראל הם רובם קטנים, ושמירה על רצף של שטחים פתוחים תגדיל את סיכויי השרידה של אוכלוסיות לאורך זמן. השניה, ישראל היא מקום מפגש של ארבעה אזורים ביוגיאוגרפיים מרכזיים, ולשמירת הרצף, או לחילופין לקטיעתו, יש משמעויות אבולוציוניות. השלישית, אם התרחיש של התחממות גלובלית אכן יתממש, ותהיה "נדידה" צפונה של אזורים ביוגיאוגרפיים, ניתוק של שטחים פתוחים בציר צפון-דרום עלול לשבש באופן חמור את האפשרויות לתנודה של מינים וחברות בהתאם לשינויים האקלימיים. תכניות לשימור הרצף קיימות אך הן לא אומצו על ידי מערכות התכנון ברמה הלאומית, דבר ההופך את המאמצים ברמה המקומית לפחות רלוונטיים, כשתכנית בה מנסים לשמור על רצף השטחים הפתוחים נושקת לתכנית בה אין התייחסות לנושא כלל.

במערכת התכנון קיימים כיום מספר כלים לשמירה על המגוון הביולוגי, כמו עיקרון פיתוח צמוד דופן, מפות רקע לתכנון הכוללות מידע סביבתי ותסקירי השפעה על הסביבה – אך אין די בהם. חיזוק המדיניות הקיימת הכרחי לנוכח התרבות יוזמות פיתוח הסותרות גם את יעדי התכנון הלאומי ומציעות פיזור מוקדי פיתוח רבים חדשים, מרביתם בשטחים רגישים וערכיים.

מערכת התכנון צריכה להוליד קו נוקשה על פיו צריך לעשות מאמצים כנים שלא לפגוע בשטחים פתוחים, כולל שטחים חקלאיים. אולם, במידה והאינטרס של הפיתוח חיוני, ובא על חשבון אינטרס השימור, צריך לבנות מנגנון תכליתי של פיצוי בדמות שטחים איכותיים שמורים המוגנים סטטוטורית תמורת אלה המופנים לפיתוח.

במקרים מסוימים ניתן להוביל מהלכים לתכנון אזורי דוגמת המרחב הביוספרי, בהן בעלי אינטרסים שונים יתכננו וינהלו שטח יחד בצורה כזו שגם המגוון הביולוגי יישמר. תכניות כאלה מנוהלות בהצלחה במספר אתרים בעולם, והמשותף לכולן (למוצלחות שבהן) שהן מנוהלות על ידי גוף שאינו מזוהה בברור עם המשמרים ואינו מזוהה בברור עם המפתחים.

## חינוך בנושא המגוון הביולוגי

יעל גבריאל, קמפוס טבע, אוניברסיטת תל אביב

המושג "המגוון הביולוגי" המתאר את מכלול החיים בטבע, הוטבע על ידי מדענים חרדים להמשך קיומן של המערכות הטבעיות בכדי לעורר את מודעות הציבור בכל הרמות, ממדענים ועד ילדי הגן, למשבר המגוון הביולוגי והשלכותיו על כל תחומי חיינו. "המגוון הביולוגי" מקפל בחובו לא רק הגדרה מדעית מחודשת, אלא באמצעותו מנסים ביולוגים להשפיע על לא פחות מאשר סדר היום העולמי. ישנה מערכה ערכית להגדרת יחסים חדשים עם המערכות הביולוגיות סביבנו, ומערכה פוליטית להתמודדות של החברה האנושית עם משבר מגוון המינים. כל מערכה ציבורית, מהגדרתה, מבוססת בראש ובראשונה על תמיכת הציבור, וזו אינה אפשרית ללא מודעות הנובעת מחינוך ברמותיו השונות.

המושג "המגוון הביולוגי" מקפל בחובו התייחסות לביוספירה כמערכות התומכות חיים ובמיוחד המספקות שירותי חיים לאנושות. מכאן, שטיפול בנושא המגוון הביולוגי מוציא את הלימוד של הביולוגיה האורגניזמלית והאקולוגיה מהקשרן הביולוגי הצר, ומשייך להם ערכיות במישורים רבים: אתית, כלכלית, סביבתית, תיירותית ועוד. יותר מכך, העיסוק במגוון הביולוגי יוצר בדרך כלל קישורים מהירים מהמחקר וואו הלימוד לאקטיביזם סביבתי הבא להגן ולשמר את אותה הערכיות.

החינוך בנושא המגוון הביולוגי מורכב ממספר רמות:

ברמת המידע נדרשת היכרות עם מערכות חי וצומח, הבנת ערכיות המגוון הביולוגי לאדם, מודעות למשבר המגוון הביולוגי והגורמים לו, הטמעת תפיסות כוללות של תהליכים ודגמים מתחומי האקולוגיה, הביוגיאוגרפיה והאבולוציה, הבנה של מורכבות המערכות הטבעיות ורגישותן, והיכרות עם עקרונות שמירת טבע.

ברמה של שינוי עמדות וערכים יש ליצור עניין וסקרנות לגבי עולם הטבע, טיפוח אהבת הטבע הראשונית הקיימת בכל אדם, טיפוח יחס של כבוד לעולם הטבע, והטמעת מחויבות לפעולה למען ערכי שמירת טבע ופיתוח בר קיימא.

ברמת המיומנויות נדרשת פיתוח יכולת התבוננות וערנות לסביבה, היכרות עם המחשבה המדעית, טיפוח מעורבות ודרכי פעולה במישור האזרחי.

החינוך בנושאי המגוון הביולוגי הוא כלי ביצירת מודעות לנושא בחברה האזרחית, אצל מקבלי החלטות ואצל בעלי עניין. על כן תוכניות החינוך צריכות להקיף לא רק את מערכת החינוך, ויש לתת דגש מיוחד לשאר המגזרים בציבור הרחב, על מנת להשפיע על תהליכי תכנון ויישום מדיניות פיתוח בר קיימא.

# Distribution and Conservation of United States Biodiversity

Daniel Simberloff - University of Tennessee

The United States has ca. 200,000 known species, including 25,000 endemics, and ca. 4,500 ecological community types. Ca. 3,000 species and 2,000 community types are imperiled. Federal efforts to locate and conserve all these species and communities are over 100 years old but have been politically stymied. By default, The Nature Conservancy has led an effort to create a *de facto* national biological survey, with assistance from state governments and federal agencies. Biodiversity, including imperiled species and communities, is concentrated in ca. 15 “hot spots” that are the main, but not exclusive, focus of conservation efforts. A large fraction of imperiled biodiversity is on private land, and a large fraction of imperiled biodiversity on federal land is under the purview of agencies (e.g., the Department of Defense) for which conservation is a peripheral interest. Until recently, conservation in the United States has been mostly opportunistic and to some extent fortuitous. Superficially or politically attractive sites have been secured as they happened to come on the market, and some sites preserved as scenic wonders happened to contain significant biodiversity. The key new strategies to save imperiled species and communities are (1) gap analysis (finding which of them are poorly represented in existing conservation lands and waters) and (2) special efforts to secure sites with multiple imperiled entities. There is a division of labor among federal and state governments and non-governmental organizations, such as The Nature Conservancy and The Trust for Public Land. Key sites are secured by purchase, lease, or “conservation easement” (in which a landowner relinquishes specified development rights in perpetuity in return for lower property taxes). The entire process is driven by laws, particularly the federal Endangered Species Act of 1973, which prohibits activities (on both private and public lands) inimical to species classified as endangered. The effort has been a partial success in that 192 extinctions have been forestalled by the Act, and only 7 listed species have been lost. However, only 11 listed species have been rehabilitated sufficiently to be declared out of danger, and populations of a third of listed species have continued to decline, while those of only a tenth have grown. The key impediments to more effective conservation are: (1) The listing process under the Act is too cumbersome and subject to some political interference; there are too few personnel to assess species status. (2) A larger, better-funded national biological survey is needed to locate and monitor the status of all species, particularly invertebrates. (3) An Endangered Habitats or Communities Act is required to facilitate conservation above the population and species level. The interaction between government agencies and non-governmental organizations has been crucial in whatever success has been achieved so far, and it will surely continue to play a key role.

## עקרונות לתכנית לאומית למגוון ביולוגי

### מנחם זלוצקי, המשרד לאיכות הסביבה

ישראל חתמה ואשררה את האמנה לשמירת המגוון הביולוגי. האמנה ממליצה לכל מדינה לפעול על פי תכנית לאומית למגוון הביולוגי. תכנית כזו נחוצה כדי להעלות את המודעות לנושא כולו בציבור ובקרב מקבלי ההחלטות ולעזור להם לקבוע מדיניות; בכדי לזהות את הגורמים המשפיעים על המגוון הביולוגי; לזהות נקודות תורפה בטיפול במגוון במסגרת הפעולה הנהוגה היום; בכדי להציע דרך פעולה יעילה יותר, בהתאם לעקרונות פיתוח בר-קיימא. התועלת המרכזית בתכנית פעולה לאומית היא בהגדרת יעדים, סדרי קדימויות, ויצירת חזית רחבה ומסיבית של בעלי עניין כנגד הפוגעים במגוון.

העקרונות המרכזיים סביבם תסב התכנית הלאומית הם שמירה על המגוון באתרו בתוך מערכות אקולוגיות מתפקדות, תוך הדגשת חשיבות רווחת האדם והשפעת האדם על המגוון; פעולה בהתאם לעקרונות האקולוגיה; השלמת פערים בידע באמצעות מחקר; שיתוף פעולה בין גופים העוסקים ומשפיעים על המגוון בארץ ובח"ל. התכנית הלאומית תשים דגש על הצעות אופרטיביות לפעולה.

אחת ההמלצות האופרטיביות הראשונות, העולות עוד לפני כתיבת התכנית הלאומית המפורטת, היא להקים גוף מתאם, שירכז את הטיפול במגוון הביולוגי בין הגופים שממילא עוסקים בו. תפקיד הגוף יהיה לקבוע מטרות ברורות, סדרי קדימויות וחלוקת משאבים. בגוף ישתתפו נציגים מכל הגופים בעלי העניין, ומוצע שעבודת הגוף המתאם, תרוכז במשרד לאיכות הסביבה.

ההצעות לפעולה יהיו בתחום השימור, פיתוח בר-קיימא, תכנון, חקיקה, אכיפה, מחקר וחינוך. המשרד לאיכות הסביבה ירכז גם את הכנת התכנית הלאומית, וגם את יישומה, תוך שיתוף פעולה עם משרדי ממשלה אחרים, רשויות ממשלתיות וגופים שאינם ממשלתיים. בהרצאה תוצג המסגרת המוצעת להכנת התכנית הלאומית והצעות לפעולה בטווח הזמן הקצר והבינוני. ההצעה כולה, וההצעות לפעולה, יעמדו לביקורת של "הפנל" ושל הקהל.