



שיטות בחקר צומח בשדה

ליאת הדר

מבוא

השאלה "איך דוגמים צומח" הינה כללית מאוד ודורשת הגדרה מדויקת של המטרה ושל סוג הנתונים אותם נרצה להפיק מהשטח. מטרת פרק זה היא להציג את השיטות והאפשרויות השונות לדיגום צומח בשטח ואת התאמתן לשאלות מחקר שונות, אותן ניתן לשאול במסגרת עבודות חקר ביולוגיות הנעשות ע"י תלמידים.

שאלות חקר

1. תהליכים בזמן - מהם התהליכים שמתרחשים בשטח המחקר לאורך זמן? לדוגמא: השתנות מנוון והרכב חברת הצומח העשבונית מתחת לעץ האלון, לאורך השנה.
2. תהליכים במרחב - כיצד משתנה אופי הצומח במרחב ובבתי הגידול השונים? לדוגמא: השוואה בין המנוון וההרכב בבתי גידול שונים - מתחת עץ אלון, על המצוק, במפנה צפוני לעומת דרומי וכדומה.
3. תהליכים בזמן ובמרחב - ניתן לשלב את מדדי הזמן והמרחב ולבחון בתי גידול שונים בעונות שונות, ובכך לענות על השאלה "מי נמצא איפה ומתי?".
4. השפעת גורמים ביוטיים - כיצד משפיעים גורמים ביוטיים כטריפה, תחרות או טפילות על הצומח?
5. השפעת גורמים אֵבִיּוֹטִיִים - כיצד משפיעים גורמים אֵבִיּוֹטִיִים, כמו תנאי לחות, מפנה דרומי או צפוני, מרחק מעץ, מרחק מערוץ נחל על הצומח?
6. השפעת פעולות ממשק - כיצד משפיעות פעולות ממשק כמו רעייה, כריתה, שריפה, ריסוס על הצומח?

שיטות מחקר

על בחירת השיטה להתייחס לרמת הארגון של הנתונים שנרצה להפיק מהשטח. אם מדובר ברמת הפרט, נוכל לשאול על גודלו של הפרט, מצבו או יחסי הגומלין שיש לו עם סביבתו (טפילות, פונדקאות). שאלות ברמת האוכלוסייה (פרטים רבים מאותו המין) תתייחסנה למדדים אוכלוסייתיים כמו צפיפות, תמותה ונביטה או הרכב נילאים. ברמת החברה נתייחס לעושר, מנוון או הרכב המינים, או לתכונות תפקודיות שונות, שלהן ערך אדפטיבי, כמו: גובה, צורת חיים, אסטרטגיית הפצה או מועד הפריחה.

שאלות לבני צומח יכולות להתייחס לגודל וצורה, לכמות (יצרנות, אחוזי כיסוי, צפיפות), או למנגנון (האבקה עצמית/זרה, רוח/חרקים, אסטרטגיית הפצה).

תכנון ניסוי בשטח הינו תהליך הכולל המדרת השאלה/המטרה, בחירת הפרמטרים או האורגניזמים לבדיקה, בחירת שטח ושיטת העבודה, קבלת החלטות על אופן ייצוב השטח ועל קנה המידה והתחשבות בשיקולים נוספים הקשורים ליחס תוצר למאמץ (זמן, כסף, כוח אדם, התקדמות העונה).

פרק זה יסקור מספר מדדים מקובלים לקבלת נתוני צומח מסוגים שונים, את השיטות השונות למדידתם בשטח והתאמתן לשאלות מחקר שונות. כמו כן, ייבחנו יתרונות, חסרונות ושיקולים שונים לבחירת כל שיטה.



דיטום בריבוע

המדדים העיקריים שייסקרו בפרק הם:

1. מדדים לכמות הצומח

א. יצרנות על־אדמתית ('ביומסה') - מדד אוניברסאלי, אותו ניתן לקשר למטון מינים ולהפרעות.

- דינום בריבועים, כולל קציר, ייבוש ושקילה
- מתן אומדנים מסוגים שונים

ב. צפיפות

- מדידת צפיפות צומח בריבועים
- מדידת צפיפות של עצי יער

ג. אחוזי כיסוי - אומדן בריבועים, נקודות לאורך חתך, כיסוי בחתך

2. מדדים למבנה הצומח

מבנה הצומח הוא גורם השוואתי בסיסי הבוחן השפעה של פעולות ממשק, יכול לבא בתי נידול פוטנציאליים לבע"ח שונים, בעל חשיבות תכנונית־נופית. יוצגו מספר מדדים:

א. תצורת הצומח (יחסי עצים, שיחים ועשבונים)

- ב. דגם הפיזור המרחבי - (מבנה הכתמים במבט על) מיפוי בעזרת תצ"א, חתך מעובה
- ג. 'פרופיל מבני' של צומח (מבנה החללים בנוף, במבט מהצד)

3. מדדים למטון והרכב חברת הצומח

עושר ומטון המינים, הרכב המינים, הרכב הקבוצות התפקודיות

- דינום לאורך חתך, דינום בריבועים, שילוב ריבועים וחתך, דינום מקונן
- אפשרויות לקביעת השפע היחסי (Pi) - ספירת פרטים, קביעת אחוזי כיסוי, עבודה עם תדירות

4. דינום ברמת הפרט או האוכלוסייה

כמו כן, יושם דגש על חשיבות קנה המידה של הדינום, וחובת היותו בקורלציה לגודל השטח, לקנה המידה של השאלה המחקרית, לאורגניזם הנבחר ולמבנה השטח.

1. כמות הצומח

א. יצרנות על־אדמתית (ANPP-Aboveground net primary production)

משקל החומר הצמחי הנוכח בריבוע בזמן נתון, מבוטא בגרמים ליחידת שטח. מהווה מדד אוניברסאלי לכמות הצומח ליחידת שטח, המאפשר השוואה בין בתי נידול ובין Biomes שונים (יחידות אקולוגיות רחבות המוגדרות, על־פי־רוב, על־פי תצורת הצומח השליטה במרחב יחד עם בעלי החיים שבה. בעלות תכונות אקלים, טופוגרפיה וקרקע דומים). נקרא גם פרודוקטיביות, משקל יבש, יבול או 'ביומסה'. אם נלקחות דגימות בזמנים שונים, העליה בביומסה נקראת 'ניצולת' או 'יצרנות'.

ניתן לראות בנקל כי אזורים שונים נבדלים בכמות הצומח שבהם. הבדלים כאלה יכולים להתקיים גם בין כתמים סמוכים במרחב גיאוגרפי מצומצם.

השאלה הבסיסית הנשאלת היא: כיצד ניתן ביטוי כמותי להבדלים בכמות הצומח ליחידת שטח?

ריבועי דנימה

הדרך הנפוצה והמקובלת ביותר לדיגום של כמות הצומח בשטח נעשית באמצעות ריבועי דנימה. (quadrats) יתרון השימוש בריבועי דנימה הוא בהוותם יחידות אחידות-סטנדרטיות לביחינת הצומח. קיימות מספר אפשרויות לדיגום בריבועים:

1. מיקום הריבועים בשטח המחקר, קציר בטובה פני הקרקע של כל הצומח הנדל בריבוע, ייבוש בתנור (24 שעות, 100 מעלות) ושקילה. שיטה זו היא כמובן המדויקת ביותר, אך היא מצריכה עבודה רבה ובשל הצורך בחזרות, גם גורמת לפגיעה בשטח. התוצאה מבוטאת בד"כ בק"ג לדונם.
2. מתן אומדנים לפי קטגוריות כמותיות וקציר רק של אחד קטן מהריבועים (למשל: כל ריבוע עשירי). הריבועים שנקצרו ישמשו לבנייה של עקומת כיוול, אליה ייחסו כל שאר האומדנים לקבלת ערכים בנרמים למ"ר. שיטה זו נראית מורכבת למראית עין, אולם היא פשוטה לביצוע ומצמצמת באופן משמעותי את כמות העבודה ואת הפגיעה בשטח. החסרונות הם סובייקטיביות האומדנים ומחסום פסיכולוגי של תלמידים ואולי גם של מורים לגבי העיסוק בעקומות כיוול (אולם להבנת הרעיון של עקומת כיוול יש ערך מוסף לימודי).
3. אפשרות נוספת היא מתן אומדן ויזואלי לאחוזי כיסוי הצומח בריבוע, מדידת טובה הצומח הממוצע והכפלה. שיטה זו קלה לביצוע עם תלמידים ואינה מצריכה התעסקות עם קציר, ייבוש ושקילה. היא סבירה בלבד כמדד יחסי לכמות הצומח אך, למעשה, נותנת מדד לא מאוד מדויק לנפח הצומח ולא למשקלו.



ריבועי דנימה ובהם כמות צומח שונה

דיגום בריבועים מעלה שאלות הקשורות לקנה המידה ולכמות העבודה הנדרשת. מהו גודל הריבוע? כמה ריבועים יש לדגום? כיצד נמקם את הריבועים בשטח? ככלל, גודל הריבוע הוא נושא חשוב ביותר המשתנה בין טיפוסי צומח שונים. על גודל הריבוע להיות בהתאמה לדגם הפיזור המרחבי של הצומח (סדור, מקובץ, אקראי) וכן לגודל האורגניזמים הנדגמים. ריבוע גדול מדי, יכול למסך את ההשפעה של דגמי הפיזור, מכיוון שרוב מיני הצמחים נוטים להיות בעלי דגם פיזור מקובץ. השיטות הקיימות לכימות יצרנות על-אדמתית מתייחסות לכתמים העשבוניים בלבד וגודל הריבוע המקובל בארץ למערכות עשבוניות הוא 25 סמ"ר. ריבועים גדולים יותר יכולים, אולי, לייצג את השטח בצורה טובה יותר, אולם מכיוון שיש צורך במספר חזרות מספק וקיימים גם שיקולים טכניים ותקציביים, הגדלת הריבוע תצמצם בד"כ את מספר החזרות.

ההחלטה על מספר הריבועים הוא פשרה בין הצורך במספיק חזרות, ושיקולי זמן, כוח אדם ותקציב. מיקום הריבוע יכול להיות אקראי או מכוון, אולם חשוב להדגיש כי השיטה מתאימה לכתמים עשבוניים בלבד, תוך ויתור על הכללת צומח מעוצה בדגימה. ביומסה של צמחים מעוצים נדגמת בשיטות שונות, והיא כיום נושא 'לא פתור' באקולוגיה.

הבעיה המרכזית עם מדד זה היא שהוא אינו נותן ביטוי למבנה השטח, אלא עונה על שאלה ספציפית לגבי כמות הצומח בשטח. יתרונו הוא בהיותו מדד השוואתי אוניברסאלי ובכך שניתן לקשר את נושא היצרנות לנושאים אקולוגיים בסיסיים, כמו מנון והפרעות.

ב. צפיפות הצומח (density)

משתנה הצפיפות מבוטא ע"י מספר הפרטים ממין מסוים, הנוכחים בריבוע הדגימה. ברוב המקרים אין טעם לדבר על צפיפות של צמחים ממינים שונים עקב הבדלי גודל, צורת חיים וכד', ולכן מקובל להתייחס לצפיפות של פרטים ממין מסוים, כלומר, צפיפות של אוכלוסייה.

אופן הביצוע: ממקמים ריבוע בשטח, מזהים פרטים של המין הרצוי וסופרים. על מנת להגדיל את דיוק הדגימה וכן למנוע את הצורך לתלוש כל צמח שנספר, מקובל לחלק את הריבוע לתת ריבועים.

שיטה זו מניחה כי ניתן לזהות פרטים של המין, ואכן, בדרך כלל אין בעיה עם צמחים חד שנתיים, אולם לרב שנתיים לעיתים קרובות צורת גידול מורכבת המקשה על ההפרדה בין פרטים. למשל, כאשר ישנם אברים תת קרקעיים מחוברים כמו ציצות שורשים, התפצלויות של בצל או שורש מעובה וכד'. השיטה נודלת זמן ותלויה מאוד בגודל הריבוע הנבחר. הצפיפות תלויה, כמוכן, גם בדגם הפיזור המרחבי ביחס לגודל הריבוע. ברור גם כי השוואה בין צפיפויות של מינים בעלי גודל שונה בריבועים בגודל זהה אינה הגיונית. אם יש צורך למדוד צפיפות של עצי יער או חורשה, ישנן שתי שיטות:

1. כאשר צפיפות העצים נמוכה - מסמנים רדיוס סביב עץ מרכזי בשטח ובמעגל שנוצר סופרים את כל העצים
2. כאשר צפיפות העצים גבוהה - מסמנים חתכים בשטח וסביב כל חתך מסמנים מלבן, למשל, של 5 מ' מכל צד. בכל מלבן סופרים את העצים ומחשבים ממוצע.

ג. אחוזי כיסוי (cover)

אחוז כיסוי מוגדר כשטח בריבוע התפוס ע"י החלקים העל-אדמתיים של כלל הצומח, של מין או של קבוצה, כאשר הם נצפים במבט על.

מדד זה עונה על השאלה: כמה מהשטח מכוסה בצומח, ומאיזה סוג? ניתן להתייחס לאחוז הכיסוי הכללי של צומח לעומת של סלע, קרקע חשופה, מחטי אורנים/נשר עלים וכדומה או שניתן לפרט ולהתייחס לאחוזי כיסוי של שכבות צומח שונות: עצים, שיחים ועשבוניים, או של קבוצות סיסטמטיות או תפקודיות כמו: דגניים, קטניות, רחבי עלים ועוד.

קיימות מספר שיטות לדגימת אחוזי כיסוי:

1. אומדן ויזואלי בריבועים

השיטה הנפוצה ביותר היא אומדן ויזואלי של אחוזי הכיסוי באמצעות ריבועי דגימה, כלומר: ממקמים ריבוע, מסתכלים עליו מלמעלה ומעריכים 'לפי העין' כמה מהשטח מכוסה בצומח. מקובל לקבוע קטגוריות כיסוי באינטרוולים שווים, לחוגמא - של 5% או 10%, אך לפעמים הסקאלה בין 0-100% מחולקת כך שתהיינה יותר חלוקות קרוב לאפס. מכיוון שהאומדן ניתן בעין ישנן טעויות, כאשר ישנה בדרך כלל נטייה להערכה ביתר (overestimation) של מינים פורחים, בולטים או אטרקטיביים או מינים המוכרים לדוגם. יחד עם זאת, השיטה מהירה לשימוש ויעילה, בעיקר במקרים בהם קשה להבחין בין המינים, כמו בדגניים שונים. מניסיון, בהתחלה מעריכים ביתר ועם הזמן הופכים האומדנים לאמינים יותר.

בשטחים מורכבים והטרונניים, בהם יש צורך לבצע דיגום משוכב, הכולל חפיפה בין שכבות, מתקבלים לעיתים קרובות ערכי כיסוי שמעל 100%.

בהתאם למבנה השטח ולמטרה, מיקום הריבועים יכול להיות מכוון לכתמי הצומח הרצויים, סדור לאורך חתכים או אקראי (ע"י זריקת הריבוע באקראי, ללא הכוונת מיקום נחיתה מדויק).



אומדן לאחוז כיסוי צומח באמצעות ריבוע דגימה

2. דינום בחתכים

מדידות אובייקטיביות של אחוזי כיסוי יכולות להיעשות באמצעות דינום בחתכים. חתך צומח הוא קו שלאורכו נלקחות דגימות של צומח. חתך צומח ממוקם בשטח בעזרת סרט מידה (רולטקה), כאשר במידה שישנה רוח או שמדובר בצומח שיחי נבוח, נעזרים לעיתים ביתדות. לצורך יישור ומתיחה, החתך ממוקם בד"כ ע"י שני אנשים. אורך החתך הוא פונקציה של שאלת המחקר, קנה המידה, כוח אדם וכדומה (אורך מינימאלי יהיה, בד"כ, 10 מטרים). בדרך כלל ממוקמים חתכים רבים ומפורטים יותר באזורים בהם ישנם שינויים תכופים בהופעת הצומח במרחב ובזמן, ולכן בדרך כלל אין חתכי הצומח ממוקמים אקראית אלא מיקומם נבחר כך שייצג את השטח בצורה הנאמנה ביותר (אם כי בשטחים שאינם מאוד הטרוגניים, ניתן למקם חתכי צומח גם באקראי, ע"י בחירה אקראית של נקודות תחילת וסוף החתך).



חתכי צומח במדרון

קיימות שתי שיטות עיקריות לביצוע דינום בחתכים:

- מותחים חתך ועוברים לאורכו. במרווחים קבועים לאורך החתך (למשל, כל 20 ס"מ) נרשם האם בנקודה נוכח צומח, קרקע חשופה, סלע וכד'. בסוף מסכמים ומחלקים במספר הנקודות הכללי, לקבלת אחוז הכיסוי היחסי של כל קבוצה. כמובן שניתן לפרט שיטה זו לרמת מעוצים/עשבונים, קבוצות תפקודיות שונות ואפילו מינים.
- עוברים לאורך החתך ורושמים את האורך הכולל של כל קטגוריה נבדקת, למשל: 0-2.5 מ' אלת המסטיק, 3.6-2.5 מ' סלע, 4-3 מ' אלון מצוי. בסוף מסכמים ומחלקים באורך הכולל של החתך (כך, למשל: אחוז הכיסוי היחסי של עצי אלון מצוי שכיסו 32 מ' לאורך חתך באורך 50 מ' יהיה 64%).

3. בעולם מקובל גם השימוש במסגרת מלבנית או ריבועית בה נעוצות סיכות ארוכות ודקות במרווחים קבועים. המסגרת מיוצבת על הקרקע וכל מין שננע בסיכה - נרשם. שיטה זו מדויקת מאוד, אך היא קשה ליישום בצומח גבוה ולכן אינה רלוונטית לאזורים בארץ בהם יש חורש ים־תיכוני, אך מתאימה, אולי, לאזורים מסוימים בחבל המדברי.

2. מבנה הצומח

המדד הבסיסי ביותר לתיאור צומח בקנה המידה של חברות ונופים. רלוונטי ביותר לנופי הצומח הם תיכוניים על מורכבותם המרחבית, ההטרונגיות ודגם הפיזור הכתמי שלהם. מדד זה מתאים לבחינת השפעתן של פעולות ממשק כמו רעייה וכריתה, השפעת שריפות יער וכדומה.

בהגדרו את היחסים הכמותיים בין עצים, שיחים ועשב, למבנה הצומח אפשרות לנבא בתי גידול פוטנציאליים לבעלי־חיים שונים. כמו כן, מנקודת המבט של האדם, למבנה הצומח חשיבות תכנונית, בכך שמתייחס לפרמטרים של שקיפות, עבירות, ממדי המרווחים בנוף ועוד, המשפיעים על המידה בה שטחים שונים יהיו אטרקטיביים לפעילויות אנושיות שונות.

למבנה הצומח מספר היבטים:

א. תצורת הצומח - אחוזי כיסוי יחסיים של שכבות צומח שונות

אם נתייחס לאחוזי הכיסוי היחסיים של השכבות השונות, ובעיקר ליחסי שלוש המרכיבים הבסיסיים בנוף הצמחי - עצים, שיחים ועשבונים, נקבל מדד למבנה הצומח ברמת התצורה (חורש, יער פארק, ערבת עשב וכדומה). ניתן לדגום אחוז כיסוי עליון, המתייחס לשכבה העליונה בלבד, תוך התעלמות מחפיפה בין שכבות (במצב בו מתחת לעץ גדל שיח, מעליו מטפסים ומתחתיו צומח עשבוני יירשם העץ בלבד) או אחוז כיסוי מרובה, הכולל את כל הצומח המכסה את השטח, כולל חפיפה בין שכבות (במצב שלעיל, יירשמו העץ, השיח, המטפסים והעשבונים שנכנסו ליחידת הדגימה). שיטות הדגום לאחוזי כיסוי מפורטות בסעיף 1ב'.

ב. דגם הפיזור המרחבי

המושג 'דגם פיזור' של צומח מתייחס בד"כ לאופן שבו פרטים ממין מסוים מפוזרים בתוך חברת הצומח במרחב. ניתן להרחיב את המושג לרמת הנוף ולהתייחס לדגם הפיזור של קבוצה מסוימת ולא של מין. כך, נתייחס, למשל, לאופן בו מפוזרים גושי השיחים במרחב (גושים הכוללים בד"כ מספר מינים ומטפסים מלווים), כדגם מאפיין לנוף היס־תיכוני.

הדגמים הנפוצים ביותר הם סדור, מקובץ ואקראי, בתלות באופן שבו המין או הקבוצה מפוזרים בשטח וכן בגודלם ביחס לגודל יחידת הדגימה. אם, למשל, יחידת הדגימה הינה ריבוע, לכל מין בחברה יש את גודל הריבוע המתאים לו והפיתרון המעשי לכך יכול להיות דיגום בריבוע הגדול ביותר המתאים לכל המינים, או דיגום 'מקונן' (nested) במספר ריבועים בגדלים שונים, עבור מרכיבים שונים בחברה. אם יש כוונה לעקוב אחר השתנות הדגם המרחבי בזמן, כדאי למקם את הריבועים באופן קבוע בשטח (למשל, ע"י תקיעת יתדות צבועים בארבע הפינות), כך שניתן יהיה לחזור לאותו המיקום בדיוק בתקופות זמן שונות.

אם נתייחס למבנה חברת הצומח ברמת הנוף, דגם הפיזור ייצג עבורנו את מבנה הכתמים, כפי שהם נראים ממבט על.

על מנת לייצג דגם זה, נציג שתי שיטות:

1. מיפוי ואפיון הכתמים על גבי תצלום אוויר. מיפוי כזה ניתן לביצוע עם תלמידים ע"י הפרדה בעין בין כתמים הנראים הומוגניים ביחס לסביבתם ושרטוטם ע"נ התצ"א. לשיטה זו יתרון בכך שהיא מצריכה חשיבה מרחבית נראפית ותפיסה רחבה של השטח באוריינטציה נופית. בנישה זו יש יציאה מסוימת מהשבלונית המאפיינת לעיתים עבודות אקולוגיות הנעשות ע"י תלמידים, בהן במקרים רבים יש הצטמצמות למיקרו תוך זניחת ההקשר הסביבתי. החיסרון העיקרי הוא בכך שהעבודה עלולה לכלול מרכיב לא מבוטל של עבודה טכנית הכוללת שרטוט ידני מסורבל (צביעת יחידות בצבעים בהתאם למאפיינים וכדומה). כמו כן, קשה לערוך חיתוכים בין שכבות בשיטה זו.

2. דיגום מבנה הכתמים בשטח ע"י שרטוט חתך מעובה (Bulk transect). נקראת גם 'השיטה הצרפתית' מכיוון שפותחה ע"י שני חוקרים צרפתיים (Etienne & Legrand 1994) וכן בשל השימוש הנרחב שנעשה בה באזורי חיץ למניעת שריפות בצרפת.

הרעיון הבסיסי הוא סימון בשטח של חתך בעל עובי מסוים, למשל של 50 ס"מ, כך שנוצרת מסגרת מלבנית בגודל 0.5x20 מ'. על גבי טופס מילימטרי מוכן (בקנה מידה מתאים), משרטט הדוגם את השיחים בשטח בגדלם ובמיקומם האמיתי (כולל חפיפה בין שיחים), תוך זיהוי ורישום של המין ושל מובה כל שיח. השרטוט מאפשר קבלת מבט על, על דגם הפיזור של הצומח בשטח ובעיקר על יחסי פתוח-סגור/מעוצים-עשבוניים. סריקה ממוחשבת של הטפסים מאפשרת גם לחשב את השטח המדויק אותו תופס השיח, נפח הצומח וביזמסת הצומח המעוצה, נתון שקשה להפיקו בדרך שאינה הרסנית לשטח. לצרכי חינוך, מעניין להכיר שיטה



חתך מעובה

זו בשל חשיבותה הרעיונית-תפיסתית, אך היא פחות נוחה לשימוש ולכן פחות מומלצת ליישום עם תלמידי תיכון.

ג. פרופיל מבני של צומח

שיטה לתיאור מבנה הצומח במבט מהצד.

לעומת 'השיטה הצרפתית', טכניקה זו קלה לביצוע, נוחה לעבודה עם תלמידים ומאפשרת הפקת נתונים המייצגים היבטים ממוזנים של מבנה הצומח, כולל כאלה הנוגעים לקשר שבין הנוף ובין האדם המטייל בו או חווה אותו. כך, מאפשרת השיטה התייחסות לממד הגובה, לגודל המרווחים או החללים שבנוף, לפרופורציות שלהם ולקנה המידה שלהם ביחס לאורגניזמים שונים: חרק, מכרסם, חזיר בר, בן אדם וכדומה. בשיטה זו ניתן לבחון בקלות גם משתנים כמו אחוז השטח המוצל, עבירות הצומח (קלות התנועה) או שקיפות (טווח הנראות) ולהשוותם בין שטחים שעברו טיפולי ממשק או הפרעות שונות, כמו רעייה, כריתה או שריפה.



משתני הפרופיל הנדגמים בשטח

אופן הביצוע: בעזרת סרט מידה ('דולטקה') מותחים בשטח חתך באורך מינימאלי של 10 מ' (יכול להיות גם 20, 30, או 50, בהתאם למבנה השטח, זמן, כוח אדם). לגבי כל חתך כזה, משרטטים בטופס מיוחד תרשים אמיתי של הצומח בשטח, המהווה את 'הפרופיל המבני' של הצומח המעוצה. ציר ה-X מבטא את אורך החתך וציר ה-Y מתייחס לגובה הצומח. גודל כל ריבוע קטן בתרשים הינו 20x20 ס"מ.



שרטוט חתך

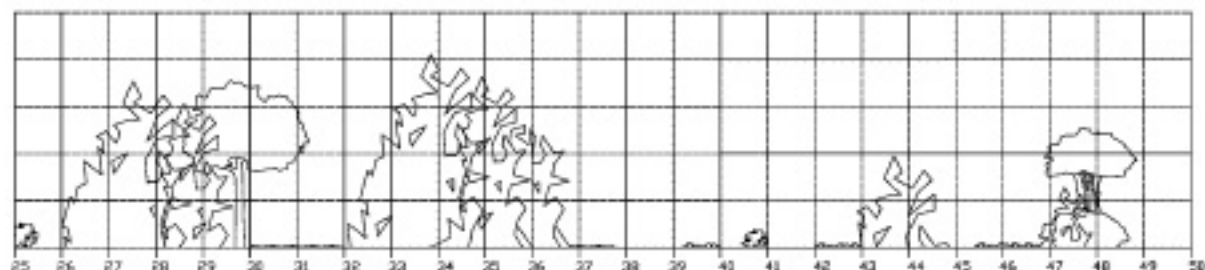


ביצוע חתך מבני

כל פרט מעוצה (עץ או שיח) הממוקם לאורך החתך, ישורטט במיקומו המדויק ובגודלו האמיתי. לגבי כל פרט, יכלול התרשים חלק או את כל המשתנים הבאים (בהתאם לשאלות המחקר): מין העץ/שיח, גובה הצמרת, הרוחב בחתך, גובה האכילה (במידה ומדובר בשטח הנתון לרעייה), מספר הנזעים או החוטרים וקוטר הנזעים, האם נשיר או ירוק עד. כמו כן, אם שאלת המחקר מתייחסת להפרעות המשנות את אופן הצימוח ואת הצורות הבסיסיות של הצמחים המעוצים (דוגמת רעייה או כריתה), ניתן להנדיר ולתעד גם מדדים איכותיים לצורתו הבסיסית של העץ או השיח הבודד, לפי קטגוריות כגון: 'עץ קלאסי', 'שמלה', 'שמלה הפוכה', 'כר' או 'פטרייה'. חשוב לשרטט גם את מיקום וגודל המרווחים שבין העצים.

למשתנים 'עבירות' ו'שקיפות' ניתן לתת אומדן קטגוריאלי (למשל, בין 1-5). עבירות ניתן גם למדוד בעזרת סטופר כזמן בשניות הלקח לתלמיד ממוצע לעבור בקצב הליכה מרחק נתון ולהשוות זמן זה בין שטחים שונים.

מנתונים אלה ניתן לחשב את אחוזי הכיסוי של מרכיבי הצומח השונים, וכן להתייחס 'איכותית' לתצורה הכללית של הצומח, המוגדרת עפ"י היחסים שבין המרכיב העצי, השיחי והעשבוני והחללים שביניהם, השכבתיות, הצפיפות ומבנה היער. בנוסף, ניתן להעריך גם את הפוטנציאל של נופים שונים לפעילויות אנושיות כמו טיול או נופש בטבע או את מידת התאמתם של שטחים בעלי מבנה צומח שונה כבית ייחודי לבעלי חיים שונים.



תרשים פרופיל מבני
(פרופיל מבני לצילום - בנספח)

3. מנוון והרכב חברת הצומח

עבודות חקר רבות עוסקות בשאלות ברמת חברת הצומח - כמה מינים שונים גדלים בשטח, מהם היחסים הכמותיים ביניהם, אילו מינים הם, מה מאפיין אותם ולאילו קבוצות הם משתייכים. המדדים המקובלים לשימוש ברמת החברה הם:

- עושר המינים - מבוטא ע"י מספר המינים בדגימה (בשטח מסוים). זהו הממד הבסיסי והכללי ביותר למנוון, והוא מושפע באופן חזק הן מבחירה שרירותית של נדל יחידת הדגימה והן מטעות פוטנציאלית בקביעת מספר המינים בה.
- מנוון המינים (והקשר שלו לנוהל השטח הנדגם) - שקלול עושר המינים בשפע היחסי
- הרכב המינים - אילו מינים גדלים בשטח
- הרכב הקבוצות התפקודיות (דגניים, קטניות, גיאופיטים, מינים מופצי רוח, בעלי שושנת, מטפסים...)



יהוי מיני צמחים בעזרת מדריך שדה

איסוף נתוני שפע לעומת איסוף נתוני נוכחות/אי נוכחות כאשר אוספים נתוני צומח, ישנה אבחנה בסיסית חשובה בין איסוף של נתוני שפע (abundance), הכוללים התייחסות כמותית מדויקת למספרי הפרטים של המינים הנוכחים בשטח, או נתוני נוכחות/אי נוכחות (presence/absence), בהם נרשמת רק נוכחות כל מין בריבוע, ללא ספירת פרטים. הנתונים המתקבלים בשיטה האחרונה הם איכותיים באופיים, אולם ניתן להפוך את המידע לכמותי ולהשתמש בו בחישוב מדדי מגוון שונים (Pi), המופיע במדדי שאנון, סימפסון, היל (וטספים), אם נחשב תדירויות הופעה יחסיות.

תדירות הופעה (frequency) מוגדרת כהסתברות או הסיכוי למצוא מין מסוים בדגימה נתונה או בריבוע בגודל נתון. התדירות מושפעת מגודל הריבוע, דגם הפיזור וגודל הצמח. עבודה עם תדירויות יכולה להיעשות ע"י זריקת ריבועים אקראיים ורישום

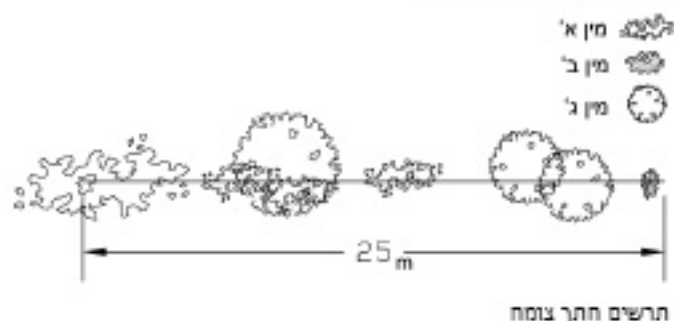
נוכחות/אי נוכחות של כל מין בתוכם, או ע"י שימוש בתת חלוקות של ריבוע גדול ורישום נוכחות/אי נוכחות בכל תת יחידה. ישנה אפשרות גם למקם ריבועים לאורך חתך. תדירות הופעה יחסית למין תחושב ע"י חלוקת מספר ההופעות של המין (מס' ריבועים בהם היה המין נוכח) במספר יחידות הדגימה (מספר הריבועים הכללי). ההחלטה האם לספור פרטים או לאסוף נתוני תדירות תלויה כמובן במטרת המחקר, בזמן (התקדמות העונה) ובמשאבים. עבודה עם תדירויות היא מהירה יותר, נוחה מאוד לתלמידים וכן פוגעת פחות בשטח (לא צריך לתלוש או לסמן כל צמח, על מנת לוודא שלא ספרנו פעמיים את אותו הפרט).

שיטות לדיגום עושר המינים, מגוון המינים והרכב הצומח

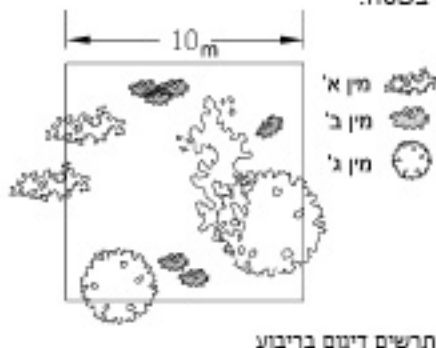
בפרק זה תוצגנה מספר שיטות לדיגום הרכב הצומח וייצוגו במרחב. ברור כי פרט לגורם המרחבי ישנו גם הגורם העונתי, ולכן, על מנת לזהות מס' רב ככל האפשר של מינים ולהכליל מינים בעלי מחזורי חיים שונים ביחס לעונה, מומלץ לדגום את עושר, מגוון והרכב הצומח במספר עונות לאורך השנה (לכל הפחות בחורף ובאביב). במקרה כזה, יש לדאוג לסימון עמיד בשטח על מנת שניתן יהיה לחזור לאותם חתכים או ריבועים בעונה הבאה.

השיטות העיקריות הנפוצות בשימוש הן:

- **דיגום נקודות לאורך חתך (line intercept/point intercept)** - שיטה קלה ופשוטה לביצוע, בעלת רגישות גבוהה בעיקר למינים הנפוצים בשטח, כאשר ייתכן 'פספוס' של חלק מהמינים הנדירים. אופן הביצוע: מותחים חתך בעזרת סרט סימון, לאורכו, במרווחים קבועים (למשל: כל 20 ס"מ), מנדירים 'נקודות', אשר כל המינים הנדלים מתחתן מזוהים ונרשמים. אחוז הכיסוי היחסי של כל מין בחתך יחושב כמספר הנקודות בהן הופיע המין חלקי מס' הנקודות הכללי לאורך החתך (למשל: בחתך באורך 25 מטרים, אשר המרווח בין הנקודות הוא 20 ס"מ תהיינה 125 נקודות. אם המין 'כלנית מצויה' הופיע ב- 50 נקודות לאורך חתך זה, יהיה אחוז הכיסוי שלו בחתך 40%). מקובל למקם חתכים באופן מכוון (ולא אקראי), אשר ייצג בצורה הטובה ביותר את מבנה השטח, מבחינת אבניות, שיפוע, מבנה הצומח וכדומה. אם הדיגום מתבצע בשטח משופע, למשל, יש למקם את החתכים בניצב למדרון כך שיכללו מספר קווי גובה, אם ישנם סלעים או גלי אבנים בשטח ימוקמו החתכים כך שייצגו גם את אסופת המינים המאפיינת כתמים אלה. אורך החתך ייקבע בהתאם למבנה השטח, מבנה הדיגום (מספר החתכים) ולשיקולים טכניים שונים.



- **דיגום בריבועים - ככלל, לריבועים יש יתרון על פני דגימת נקודות לאורך חתך, מבחינת אפשרות המעקב אחר המינים הנדירים יותר (אשר אחוז הכיסוי שלהם נמוך מ-5%) והכללתם ברשימת המינים הנדגמים. בדומה לחתכים, גם ריבועים יכולים להיות ממוקמים באופן מכוון ומייצג, אך הם ניתנים גם למיקום באקראי ע"י זריקתם בשטח או ע"י הגרלת נקודות אקראיות באופן ממוחשב. על גודל הריבועים להיות בהתאמה לשאלת המחקר וכן למידת ההטרונגניות של השטח, כאשר ככל שההטרונגניות גדולה יותר, יש להקטין את גודל הריבוע. דוגמאות ממספר מחקרים שנערכו בארץ: במחקר על הרכב הצומח ברמת הנדיב נעשה שימוש בריבועים של 10x10 ס"מ אשר מוקמו לאורך חתך (הדר 1996), בגללובע מוקמו ריבועים בגודל 50x50 ס"מ (קק"ל בשיתוף רשות הטבע והגנים), ואילו בצפון הנגב היה גודל הריבועים 1x1 מ' (רשות הטבע והגנים). אם מדובר בריבועי דגימה גדולים ואין עובדים עם תדירות הופעה, ייתכן קושי טכני בסימון המינים או הפרטים שכבר נרשמו, ללא תלישתם מהריבוע ופגיעה בשטח.**



- דיגום בריבועים הממוקמים לאורך חתך - שיטה בעלת רגישות כפולה, הן למינים הנדירים והן לנפוצים יותר. אם הריבועים קטנים, ניתן להתייחס אליהם כאל 'נקודות' לאורך חתך, כאשר לכל 'נקודה' כזו יש גם שטח מסוים, כך שלשיטה זו יתרונות משני הכיוונים. לשיטה יתרון נוסף בכך שהיא מאפשרת עבודה עם תדירויות הופעה ללא צורך בספירת פרטים, כפי שתואר לעיל. אחוז הכיסוי היחסי של המין יחושב כמספר הריבועים בהם היה המין נוכח חלקי מספר הריבועים הכללי. אם גודל הריבוע קטן יחסית, ניתן לדגום יותר ריבועים ולהנדיל את המדגם, יתרון סטטיסטי וחינוכי בפני עצמו.
- אופן הביצוע: מותחים חתך בשטח, בתחילתו ממקמים ריבוע מתכת בגודל הרצוי, מזהים ורושמים את כל המינים הנוכחים בריבוע. לאחר מכן, הופכים את הריבוע ודוגמים את הריבוע הבא. מקובל לדגום ריבועים לסירוגין (כלומר: רק חצי מהאורך הכללי של החתך נדגם), על מנת להקטין בעיות הנובעות מאוטרוקורלציה מרחבית.
- דיגום מקונן (nested) - רלוונטי כאשר שואלים לגבי הקשר שבין גודל השטח ומספר המינים בו. קצב העלייה במספר המינים עם הגדלת השטח מהווה בפני עצמו מדד לעושר המינים. מדד זה מתגבר, אמנם, על בעיית השרירותיות בגודל המדגם, אך דורש ידיעה של היחסים בין מספר המינים וגודל המדגם והנחה כי יחסים אלה נשארים קבועים בכל המדגמים המושוים. אופן הביצוע: דוגמים שטחים בגדלים שונים, או מגדילים את מספר הריבועים הנדגמים עד שלא יתווספו יותר מינים חדשים. קצב העלייה (שיפוע הגרף) ישתנה בהתאם למבנה השטח, ממשק, אזורים שונים).



דיגום מקונן

חשיבות קנה המידה

קנה המידה (scale) אליו מתייחסים בכל מחקר משפיע באופן מהותי על התופעות המתגלות. אחת הבעיות העיקריות בחקר של מערכות אקולוגיות נובע מהטרונגניות גבוהה, הן במרחב (כתמיות בית הנידול) והן בזמן (שונות בין שנים), דבר היוצר בעיות מתודולוגיות הקשורות לגודל הדגימות ולמרחק ביניהן. קושי נוסף הוא לקשר בין התיאוריות ובין ניסויי השדה, כאשר הללו מתייחסים לקני מידה שונים.

בהחלטה על אופן ביצוע המחקר, אנו מתלבטים בשאלות כגון: מהו גודל החלקה, מהו גודל הריבוע, כמה ריבועים לדגום, מה יהיה אורך החתך והאם עליו להיות קבוע, איך למקם את החתך, באילו מרווחי זמן ומרחב לדגום ועוד. אם ננסה לנסח מספר כללים, הרי שעל קנה המידה של הדיגום להיות בהתאמה:

- לגודל השטח אותו אנו מעוניינים לייצג בדיגום
- למבנה השטח - דגם הפיזור המרחבי, סדר הגודל של הכתמים
- לשאלה המחקרית הנשאלת
- לאורגניזם עליו בחרנו לעבוד (עשבוני או עץ)
- לכוח האדם, התקציב, אורך העונה (לעשבוניים) ושיקולים טכניים שונים, אשר קיים ביניהם בדרך כלל "Trade off"

4. עבודה ברמת האוכלוסייה או הפרט

לעיתים קרובות, עוקבות עבודות חקר הנעשות ע"י תלמידים אחר משתנים ברמת האוכלוסייה (מין מסוים) או ברמת הפרט. לדוגמא: הביולוגיה של בר זית בינוני, עץ האלון כבית נידול, יחסי טפיל-פונדקאי בין דבקון הזית ועץ השקד. להלן תוצגנה מספר אפשרויות לשיטות עבודה ולכיווני דיגום מוספים על שהוצג בפרקים הקודמים. ראשית, ניתן,



עצי אלון

באמצעים פשוטים, לבדוד נורם סביבתי מסוים ממכלול התנאים הסביבתיים. לדוגמא: עבודות רבות משוות פרמטרים כמו: ביומסה, צפיפות, עושר מינים וכד' בשטח פתוח לעומת שטח שמתחת לעץ או לשיח. שני בתי נידול אלה מאופיינים ע"י 'סט' של תנאים, אשר לעיתים נרצה להפריד ביניהם, למשל:

- על מנת לבדוד את ההשפעה של רמת ההצללה - מתיחת רשת כיסוי בשטח הפתוח
- על מנת לבדוד את ההשפעה של נשר עלים - נירוף חלק מהשטח שמתחת לעץ
- על מנת לבדוד את השפעת הלחות - שינוי משטר הלחות בחלק מהשטח

במקרים אחרים, נרצה לבדוד את השפעת צפיפות הפרטים הראשונית בין שטחים המיועדים להשוואה וכאן ניתן לדלל פרטים לרמות הצפיפות הרצויות.

גם כאשר אנו חוקרים השפעות של רעייה, חשוב להבחין בין השפעת אכילה (קיטום עלים), רמיסה, או העשרה מינרלית. את שלושת הגורמים הללו ניתן לבדוד ע"י ניזום, רמיסה מכוונת ודישון, בהתאמה.

לבחנית מנגנון ההאבקה (עצמית, רוח או חרקים) - ניתן ל'כייס' פרחים בעזרת שקיות בד (נושמות, אך לא מעבירות אבקה וחרקים) או רשתות (מעבירות אבקה אך לא חרקים) ולהשוות לפרחים החשופים לאבקה ולחרקים.

לבחנית אחווי החנטה בתנאים שונים, ניתן לסמן ענפים, לספור פרחים ובהמשך העונה לחזור ולספור את הפירות. ולסיום, בעידן הדיגיטאלי בו אנו חיים, ניתן לבצע גם דיגום 'איכותי', בעזרת מצלמה. למשל, תיעוד התקדמות

הפריחה לאורך העונה בבתי גידול או בתנאים שונים. נתונים אלה אולי אינם 'עומדים בפני עצמם' בקריטריונים של עבודת חקר, אך כנתונים משלימים לאלה שנדגמו בשיטות המקובלות, ניתן בהחלט להפיק מהם מידע תורם ומעניין, שקשה להפיקו בדרך אחרת.

דיגום חברות צומח - כיוונים עכשוויים

בשנים האחרונות ישנה יציאה נגד ההתמקדות המסורתית במינים, תוך מתן דגש ל'מגוון התפקודי', לדוגמא:

- **Plant Functional Types (PFT's)** - בישה המתמקדת בקבוצות תפקודיות, תוך מיון צמחים על בסיס תכונות כמו צורת חיים, עמידות או אופן הנביטה, ולא על בסיס שיוכם הסיסטמטי. קיימת בנושא ספרות נרחבת, באינטרנט ובכל העיתונים המדעיים.

- **BIOHAB** - שיטה לתיאור ולניטור מבנה של חברות צומח על בסיס אחווי כיסוי יחסיים של צורות חיים שונות, תוך מתן ביטוי לגמישות הפנוטיפית (לדוגמא: אלון מתחדש אחרי כריתה ואלון בוגר יהוו שתי יחידות תפקודיות שונות). דגש רב ניתן גם להיסטוריה של השטח. השיטה פותחה באירופה ועוברת עתה (2007) התאמה לטף בישראל. מתאימה למיפוי שטחים קני מידה גדולים. www.biohab.alterra.nl

מקורות

Etienne, M. & Legrand, C. 1994. **A non destructive method to estimate shrubland biomass and combustibility**. Proceedings 2nd Int. Conf. Forest Fire Research vol. 1, B 25, PP.425-434.

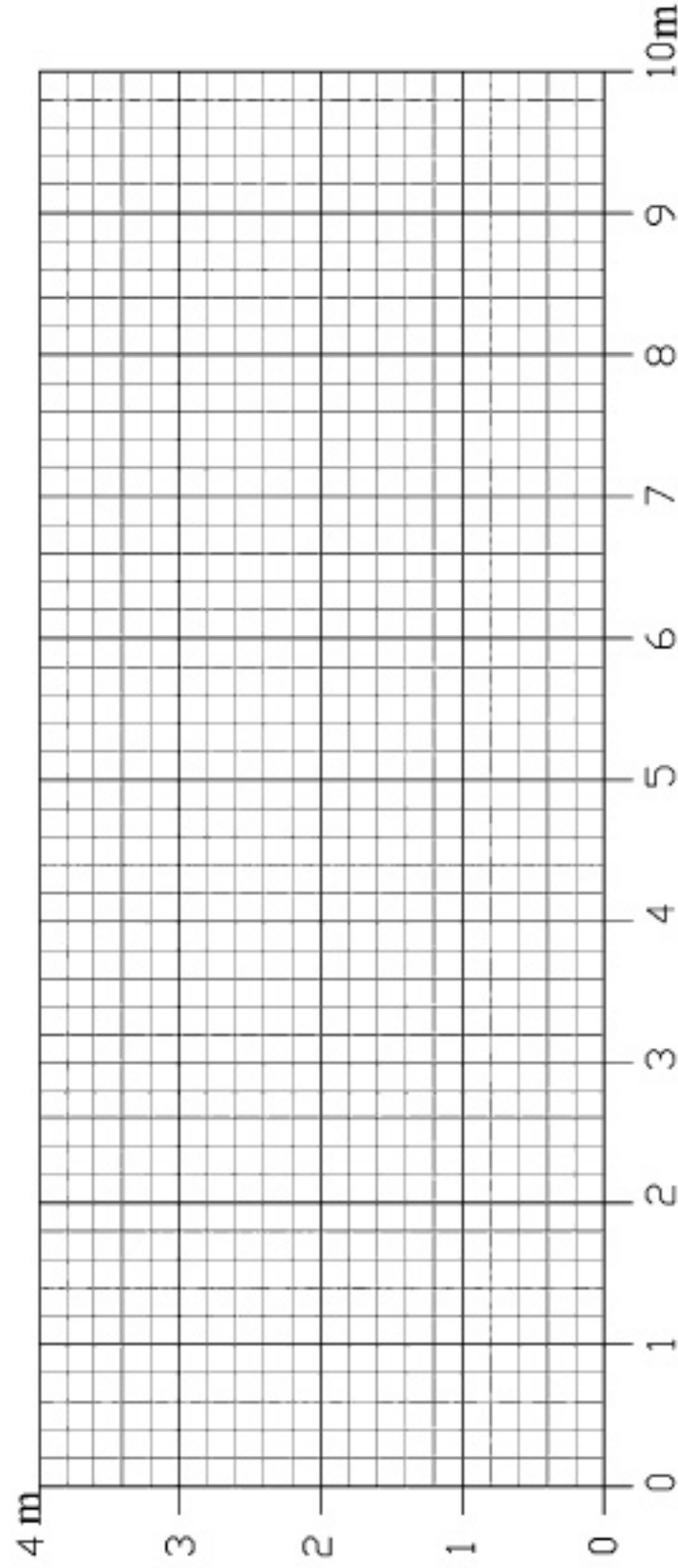
Henkin, Z. Hadar, L. & Noy-Meir, I. 2007. **Human-scale structural heterogeneity induced by grazing in a Mediterranean woodland landscape**. *Landscape Ecology* (in press).

הדר, ל. 1996. השפעת רעייה חזקה ודילול שיחים על מבנה, הרכב ומגוון של חברת צומח עשבונית ים-תיכונית. עבודת נמר לתואר מוסמך, האוניברסיטה העברית, ירושלים.



פרופיל מבני של צומח מעוצה - טופס לשרטוט ורישום בשדה

על פי: רעית בקר ועזים בחורש כגורם בעיצוב חותמי ומרחבי של הגוף
מאת: זלמן הנקין, ליאת הדר ועמנואל נוי מאיר



תרשים פרופיל מבני לדוגמא

