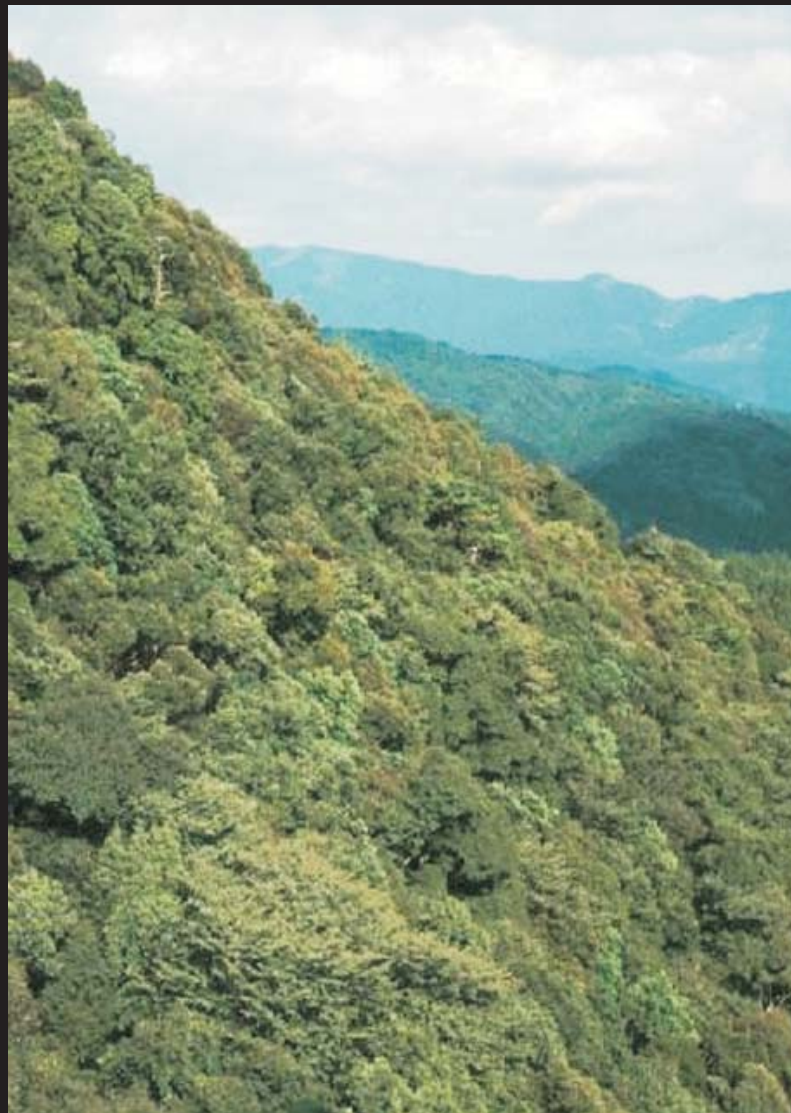




משרד התשתיות הלאומיות  
המכון הגיאולוגי

# פלינולוגיה של החתך הרביעוני המאוחר בקידוחים ימיים מדרום מזרח היס-התיכון

לנגוט דפנה





משרד התשתיות הלאומיות  
המכון הגיאולוגי

## פלינולוגיה של החתך הרביעוני המאוחר בקידוחים ימיים מדרום מזרח היס-התיכון

לנגוט דפנה

עבודת זו הוגשה כחיבור לקבלת תואר "דוקטור לפילוסופיה" לסנאט אוניברסיטת חיפה.

העבודה נעשתה בהדרכתן של:

דר' אהובה אלמוגי-לבין, המכון הגיאולוגי, ירושלים

דר' מרים בר-מטיוס, המכון הגיאולוגי, ירושלים

פרופ' מינה עברון, החוג לארכיאולוגיה, אוניברסיטת חיפה



## הכרת תודה

ראשית ברצוני להודות למנחות המחקר: ד"ר אהובה אלמוגי-לבין, פרופ' מינה עברון וד"ר מירה בר-מטוס, על הייעוץ המקצועי, התמיכה ההבנה והמסירות. דרישתכן הבלתי מתפשרת למהימנות וענייניות תוך שימת לב לכל הפרטים הקטנים לאורך הדרך, הובילו לבסוף לסיומה המהיר של העבודה.

תודה לאוניברסיטת חיפה ולמשרד התשתיות הלאומיות על הסיוע הכספי, שאפשר לי להקדיש את כל עתותיי למחקר.

הכרת תודה מיוחדת למר מיכאל קיטין מהמכון הגיאולוגי בירושלים על העזרה בהפקת גרגרי האבקה והכנת השקפים. ניסיונו ומקצועיותו, כמו גם מזגו הנעים וסקרנותו המדעית, קידמו רבות את העבודה.

תודות שלוחות לרשויות השונות באוניברסיטת חיפה על הליווי ונכונותם התמידית להיות לי לעזר: לרשות המחקר ולרשות ללימודים מתקדמים ובמיוחד למדור מלגות וכן למעבדה לפלינולוגיה בחוג לארכיאולוגיה על השימוש בחומר המקצועי הרב שתרם רבות למלאכת זיהוי גרגרי האבקה.

תודה גם על רוחב הלב מצד המכון הגיאולוגי בירושלים ועובדיו שפתחו בפני את השימוש במתקני ומעבדות המכון (ספריה, המעבדה לפליאונטולוגיה, מיקרוסקופיה, דפוס וכיוצא בזה) וניסו לתת תמיד מענה מהיר לבעיות הטכניות שצצו במהלך העבודה. תודה על השימוש בגלעיני המחקר שנמסרו למכון הגיאולוגי על-ידי Dr. Martine Paterne, מ-Gif sur Yvette (צרפת).

הערכת הרבה נתונה לרבים שתרמו מזמנם ומרצם והעניקו לי תמיכה וייעוץ מקצועי במהלך עבודתי: פרופ' אהרון הורוביץ, ד"ר דורית סיון, פרופ' אמוץ דפני, הגב' בת-שבע כהן, ד"ר נעמי פורת, ד"ר אבנר איילון וד"ר בטינה שילמן. תודות רבות על הערותיכם והארותיכם!

תודה לפרופ' יובל גורן שהעמיד לשימושי האישי מיקרוסקופ ובכך אפשר גמישות רבה בעבודתי.

חן חן לגבי סלביה חיים שחשפה בפני את רזי הפלינולוגיה ולחברי ועמיתי מהאוניברסיטה, שעזרו כל אחד על-פי יכולתו ודרכו ובמיוחד לד"ר רונית כהן-ספר וראובן ישורון.

ולסיום, תודה להורי על העידוד ועצותיהם הטובות. תודה מיוחדת לטל בן זוגי על התמיכה הרבה והאופטימיות שהשרה לכל אורך הדרך ובעיקר על כל הטוב שהעניק.



## תוכן העניינים

V.....	תקציר
VII.....	רשימת טבלאות
VIII.....	רשימת איורים
<b>1</b> .....	<b>1. מבוא</b>
1.....	1.1 פתיחה
1.....	1.2 שחזור פאליאו-סביבתי
1.....	1.2.1 פאליאואקלים
6.....	1.2.2 פלינולוגיה
12.....	1.2.3 קידוחי המחקר הנוכחי וממצאיהם
15.....	1.3 אזור המחקר
15.....	1.3.1 כללי
15.....	1.3.2 מסות מים וזרמים
16.....	1.3.3 מקורות הסדימנטים
18.....	1.3.4 אקלים
20.....	1.3.5 צומח
20.....	1.3.5.1 צומח האזור כיום
23.....	1.3.5.2 גרגרי אבקה רצנטיים
23.....	1.3.5.2.1 כללי
24.....	1.3.5.2.2 פלינומורפים ביחידת החקירה
27.....	1.4 מטרות המחקר וחשיבותו
<b>29</b> .....	<b>2. חומרים ושיטות</b>
29.....	2.1 קידוחים
29.....	2.1.1 מיקום
30.....	2.1.2 דיגום
30.....	2.1.3 הערכת קצבי הסדימנטציה
30.....	2.2 פלינולוגיה
30.....	2.2.1 הפקה
32.....	2.2.2 שיטות הזיהוי וההגדרה
37.....	2.2.3 חישוב מגוון המינים
37.....	2.2.4 אופן הצגת התוצאות
<b>38</b> .....	<b>3. תוצאות</b>
38.....	3.1 קידוחים
38.....	3.1.1 תאור הסדימנט
39.....	3.1.2 קצבי סדימנטציה
40.....	3.2 פלינומורפים
40.....	3.2.1 קידוח 95-09
40.....	3.2.1.1 כללי
40.....	3.2.1.2 ממצאים פלינולוגים
59.....	3.2.1.3 פולן רצנטי
60.....	3.2.1.4 מגוון המינים
61.....	3.2.2 קידוח 95-01
61.....	3.2.2.1 כללי

61	3.2.2.2 ממצאים פלינולוגים
67	3.2.2.3 מגוון המינים

#### 4. דיון..... 68

68	4.1 שחזור הצומח והאקלים במזרח הים-התיכון ברביעון המאוחר
68	4.1.1 עצים לעומת שיחים ועשבים
72	4.1.2 מוצא גיאוגרפי ומשמעות אקלימית
72	4.1.2.2 קבוצות צומח עיקריות
79	4.1.2.3 סמנים פלינולוגים כמציניי אקלים
	4.1.3 סיכום: שינויי אקלים במהלך 90,000 השנים האחרונות על-סמך הממצא הפלינולוגי
83	4.2 השוואת ממצאי המחקר עם ממצאים פלינולוגים אחרים
85	4.2.1 כללי
85	4.2.2 עבודות פלינולוגיות ימיות
87	4.2.3 עבודות פלינולוגיות יבשתיות
91	4.3 אירועי ספרופל
91	4.3.1 ריכוזי הפלינומורפים ומשמעותם
93	4.3.2 שחזור תנאי הסובב בעת הרבדת הספרופלים והיווצרותם
98	4.4 שחזור עוצמת פעילות הנילוס
103	4.5 האגן הלבנטיני – היבטים מרחביים
103	4.5.1 השוואה בין דרום האגן לצפונו
105	4.5.2 שחזור מקורות הסדימנטים
107	4.6 פלינולוגיה וסמנים אקלימיים נוספים
115	4.7 הרקורד הפלינולוגי ויחסי הגומלין בין יושבי האזור לסביבתם

#### 5. מסקנות..... 118

#### 6. מקורות..... 121

#### נספחים..... 144

144	נספח א: נתונים מגלעין 95-09
147	נספח ב1: כלל עומקי הדגימות שנבדקו בגלעין 95-01
148	נספח ב2: נתונים מגלעין 95-01
	נספח ג: גרגרי אבקה ממוחזרים של אורניים (השקעה חוזרת - redeposition) והנבג הנילוטי
149	<i>Riccia</i> (בערכים מוחלטים) בגלעין 95-09
	נספח ד: גרגרי אבקה של אורניים - השקעה חוזרת (redeposition) בגלעין 95-01 (בערכים מוחלטים)
152	נספח ה: השם המדעי והעברי של הטקסונים שזוהו במחקר
155	נספח ו: קצבי סדימנטציה – גלעין 95-09
160	נספח ז: קצבי סדימנטציה – גלעין 95-01
163	נספח ח: כלל הפלינומורפים שזוהו בגלעין 95-09 בערכים מוחלטים ובאחוזים
203	נספח ט: כלל הפלינומורפים שזוהו בגלעין 95-01 בערכים מוחלטים ובאחוזים

## רשימת איורים

- איור 1: הסירקולציה באגן הים-התיכון בשלושה מועדים: a - כיום, b - לפני 8ka ו-c - לפני 18ka..... 4
- איור 2: השוואה בין ערכי  $\delta^{18}\text{O}$  בגלעין 95-09 (עקומה כחולה) של הפורמיניפר הפלנקטוני *G. ruber* ומשקעי מערת שורק (עקומה אפורה)..... 12
- איור 3: השוואה בין ערכי  $\delta^{18}\text{O}$  בגלעין 95-01 (עקומה אדומה) של הפורמיניפר הפלנקטוני *G. ruber* ומשקעי מערת שורק (עקומה אפורה)..... 13
- איור 4: תכולת חומר אורגני בגלעין 95-09 (עקומה כחולה) ובגלעין 95-01 (עקומה אדומה)..... 14
- איור 5: מפה גיאובוטנית של המזרח התיכון..... 21
- איור 6: מפת מיקום..... 29
- איור 7: תצלום של ספרופל S3 בגלעין 95-01..... 38
- איור 8: קצבי סדימנטציה בגלעין 95-09 (עקומה כחולה) ובגלעין 95-01 (עקומה אדומה)..... 39
- איור 9: דיאגרמה פלינולוגית של כלל מאספי הצומח וצומח הגדות בגלעין 95-09..... 42
- איור 10a: דיאגרמה פלינולוגית של כלל מאספי הצומח שזוהו בגלעין 95-09 (ללא העצים המחטניים, תוך הכללת הגמאיים)..... 44
- איור 10b: דיאגרמות פלינולוגיות של צומח הגדות וצומח המים בגלעין 95-09..... 46
- איור 10c: תפוצת הנבגים בגלעין 95-09..... 47
- איור 10d: תפוצת הדינופלגלטות האצות והפטרויות בגלעין 95-09..... 48
- איור 11: כלל הפלינומורפים שזוהו בגלעין 95-09..... 58
- איור 12: מגוון המינים במאספי הצומח שבגלעין 95-09..... 60
- איור 13: דיאגרמה פלינולוגית של מאספי הצומח שזוהו בגלעין 95-01..... 62
- איור 14: דיאגרמה פלינולוגית של מאספי הצומח שזוהו בגלעין 95-01, ללא העצים המחטניים תוך הכללת הגמאיים..... 66
- איור 15: עקומות ה-AP/NAP בגלעין 95-09 - כלל העצים (AP) וללא המחטניים (AP- excluding)..... 70
- איור 16: מרכיבי הצמחיה העיקריים שזוהו בגלעין 95-09..... 73
- איור 17: שחזור אקלים ב-90,000 השנים האחרונות בהתבסס על עקומות צומח נבחרות מגלעין 95-09, דרום האגן הלבנטיני..... 80
- איור 18: השוואה בין ספרופל S3 לספרופל S1 בגלעין 95-09..... 94
- איור 19: השוואה בין ספרופל S3 לספרופל S1 בגלעין 95-01..... 96
- איור 20: שחזור עוצמות זרימת הנילוס במהלך 90,000 השנים האחרונות בדרום האגן הלבנטיני..... 99
- איור 21: השוואת הרקורדים האיזוטופים ( $\delta^{18}\text{O}$  ו- $\delta^{13}\text{C}$ ) של משקעי מערת שורק עם עקומות האלון המצוי (*Quercus calliprinos*) הלענה (*Artemisia*), ריכוזי הפלינומורפים ותכולת הפחמן האורגני – גלעין 95-09..... 108
- איור 22: כמויות משקעים שנתיות משוערות על-פי משקעי מערת שורק..... 112
- איור 23: השוואת הרקורדים האיזוטופים ( $\delta^{18}\text{O}$  ו- $\delta^{13}\text{C}$ ) של משקעי מערת שורק עם ריכוזי הפלינומורפים ותכולת הפחמן האורגני – גלעין 95-01..... 114

## רשימת טבלאות

30	טבלה 1 : נתוני קידוח 95-09 וקידוח 95-01
30	טבלה 2 : מרווחי דיגום
50	טבלה 3 : ריכוזי הפלינומורפים בגלעין 95-09, באזור פולן I
57	טבלה 4 : ריכוזי הפלינומורפים בגלעין 95-09, בתקופת הזמן – 10.8ka ועד ההווה
64	טבלה 5 : פלינומורפים נוספים בגלעין 95-01
65	טבלה 6 : ריכוזי הפלינומורפים בגלעין 95-01
67	טבלה 7 : מגוון המינים במאספי הצומח שבגלעין 95-01
91	טבלה 8 : גילם של אירועי ספרופל על-פי ריכוזי הפלינומורפים
110	טבלה 9 : אירועי היינריך – השוואת גילים

## תקציר

עבודה זו עוסקת בשחזור הצומח והאקלים באגן המזרחי של היס-התיכון במהלך 90,000 השנים האחרונות, בהסתמך על אנליזות פלינולוגיות. המחקר מתבסס על שני קידוחים ימיים – האחד הוצא מדרומו של האגן הלבנטיני (95-09), מעומק מים של 884 מ', אשר הצטבר בשולי דלתת הנילוס ואילו הקידוח השני הוצא מצפונו של האגן הלבנטיני (95-01), מעומק מים של 980 מ', דרומית-מזרחית לקפריסין. המסגרת הכרונולוגית של גלעיני המחקר נקבעה על-סמך זיהוי ספרופלים, תיארוך באמצעות פחמן 14 וכן על-ידי התאמת ערכי  $\delta^{18}\text{O}$  של הגלעינים לערכי  $\delta^{18}\text{O}$  של הרקורד היבשתי של ספלאוטמים ממערת שורק, המתוארך ברזולוציה גבוהה לפי שיטת אורניום-תוריום.

הרקורד הפלינולוגי של גלעין 95-09, המצטיין ברמת פירוט גבוהה מאוד, הינו תוצאה של קצבי סדימנטציה גבוהים במיוחד (הנובעים מהקרבה לדלתת הנילוס), בשילוב עם דיגום ברזולוציה גבוהה. לפיכך התקבל רקורד פלינולוגי ימי שהינו מהמפורטים ביותר באגן היס-התיכון. העבודה הנוכחית משחזרת את המחזוריות האקלימית בפלייסטוקן המאוחר ובהולוקן באזור מזרח היס-התיכון בפירוט רב. הניתוח הפלינולוגי מתבסס על הרכב יחס העצים לעומת השיחים והעשבים (Arboreal - AP/NAP) במאספים, ריכוז גרגרי האבקה ודרגת שימורם. (Pollen/Non Arboreal Pollen), קבוצות הצומח העיקריות, טקסונים אינדיקטיביים המיוצגים

האנליזות הפלינולוגיות מצביעות על כל שבמהלך 90,000 השנים האחרונות מתקיימת באזורינו מחזוריות של תקופות לחות ויבשות יותר. הגלציאל האחרון (75.5-16.2ka), תקופת הדה-גלציאציה (16.2-10ka) וההולוקן (10ka ועד ההווה), מזוהים בברור על-ידי מאספי הצומח. הסמנים הפלינולוגיים הטובים ביותר להגדרת מחזורים של לחות ויובש באזורינו הם אלון מצוי (*Quercus calliprinos*) ולענה (*Artemisia*), בהתאמה. משחזור הצומח עולה שהשינוי האקלימי הגדול ביותר בסוף הפלייסטוקן, התרחש מתחילת הפשרת הקרחונים ונמשך בהולוקן, במהלכו עלתה הלחות הזמינה לצמחים באופן משמעותי, ובאזור הלבנט היתה השתרעות נרחבת של חורשים ים-תיכוניים. לעומת זאת, הגלציאל, שקדם לתקופה זו, התאפיין בקור ויובש, שהתבטא בערכי עצים נמוכים ואחוזי לענה גבוהים. עוד עולה מניתוח המאספים הפלינולוגיים כי תנאי האקלים בגלציאל לא היו אחידים – זוהו תנודות משנה בלחות ויובש, במהלך תקופה קרה ויבשה זו.

בנוסף, נמצא כי העקומות הפלינולוגיות רגישות דיין גם בכדי לאתר אירועים אקלימיים קצרי מועד, כגון: שיא הגלציאל האחרון (LGM), אירוע החימום של ה-Bölling/Alleröd, אירוע היובש של ה-Younger Dryas ותנודת הקירור וההתייבשות בתחילת ההולוקן (8.2ka). כמו-כן זוהה במהלך הגלציאל אירוע פלוביאלי בין 56.0 ל-54.3ka ונמצא מתאם לאירועי היינריך H2-H5. ספרופל S3 ו-S1 מזוהים בנקל הן בדרום האגן הלבנטיני והן בצפונו באמצעות ריכוז פלינומורפים גבוה ודרגת שימור גבוהה שלהם. פרקי זמן אלה מאופיינים גם בערכים גבוהים של תכולת פחמן אורגני. מתאם גבוה נמצא גם בין ערכי  $\delta^{18}\text{O}$  של הספלאוטמים ממערת שורק לעקומות ה-AP/NAP והאלון המצוי.

צפון האגן הלבנטיני בהשוואה לדרומו, מתאפיין בקצבי סדימנטציה נמוכים יותר בגלל היותו מרוחק יותר מהנילוס. על-כן דרגות השימור עבור המרכיבים האורגניים (כגון פולן) ומגוון המינים נמוכים יותר. זיהויים של גרגרי אבקה התאפשר בגלעין הצפוני בעיקר בתקופות הצטברות שכבות S3 ו-S1. במועדים אלה קרקעית הים היתה דלת עד נעדרת חמצן ועל-כן נשתמרו הפלינומורפים בשכבות אלה ובריכוזים גבוהים. מהעקומות הפלינולוגיות עולה כי במהלך היווצרות הספרופלים תנאי האקלים בצפון האגן בהשוואה לדרומו, היו לחים יותר והם מיוצגים על-ידי אחוזי עצים גבוהים ובעיקר האלוניים המעידים על השתרעות נרחבת של חורשים ים-תיכוניים, המחייבת כמות משקעים שנתית מינימלית של 400 מ"מ. בפרקי זמן אלו נמצאו גם אחוזים גבוהים של עצים ירוקי עד שעיקרם זיתיים, האופייניים לבתי גידול בהם הטמפרטורה גבוהה מ-3°C, ללא תנאי קיפאון בשנים עוקבות.

בנוסף נמצא כי דרום האגן הלבנטיני ניזון רבות על-ידי גרגרי אבקה וסדימנטים שהוסעו באמצעות הנילוס. הגעתם של חומרים נילוטים הולכת ופוחתת באופן משמעותי כלפי צפון ומערב האגן. נוכחותה של קבוצת הפלינומורפים הנילוטים באופן רציף לכל אורכו של גלעין 95-09 (ובעיקר הנבגים הטרופיים המהווים את הסמן הטוב ביותר מבין מרכיבי הקבוצה), מעידה שהנילוס זרם באופן רציף במהלך 90,000 השנים האחרונות, גם בתקופות יבשות כגון שיא הגלציאל.

# 1. מבוא

## 1.1 פתיחה

עניינו של המחקר הנוכחי הוא בשחזור הצומח ותנאי האקלים ברביעון המאוחר, בהתבסס על שני גלעינים שהוצאו מהאגן המזרחי של הים-התיכון. אגן זה, בשל מבנהו הגיאוגרפי והפיזיקלי הייחודי, מהווה אזור מחקר אידיאלי עבור מחקרים פאליאוקלימיים. אנליזות פלינולוגיות מהוות את כלי המחקר העיקרי בעבודה. בכדי להבין את המשמעויות הפלינולוגיות והאקלימיות יש לדון תחילה במחזוריות האקלימית ברביעון המאוחר ובעבודות הפלינולוגיות שנעשו באזורינו, עליהן נשענות האבחנות והפרשנות של העבודה הנוכחית. בנוסף יש צורך בהכרת יחידת החקירה במגוון של היבטים (מסות מי הים, הסדימנטים הימיים, אקלים וצומח האזור כיום). בכל הנושאים הללו יעסקו פרקי המבוא.

## 1.2 שחזור פאליאו-סביבתי

### 1.2.1 פאליאוקלים

תקופת הרביעון התאפיינה בתנודות אקלימיות חריפות ובמהלכה התקיימה מחזוריות של תקופות קרחוניות (גלציאל - Glacial) ובין-קרחוניות (אינטר-גלציאל - Interglacial). בשיאן של התקופות הקרחוניות התרחש לרוב חימום מהיר (termination) המציין את המעבר החד לתקופה הבין-קרחונית הבאה. מחזורי האקלים הוגדרו על-ידי Emiliani (1955) על-סמך שינויים בהרכב איזוטופי חמצן ( $\delta^{18}O$ ) בפורמיניפרים בנתיים וחולקו לדרגות איזוטופיות (MIS: Marine Isotopic Stages). התקופות הקרחוניות מוספרו במספרים זוגיים (פרט ל-MIS3) ואילו לתקופות הבין-קרחוניות הוענקו מספרים אי זוגיים; כ-22 דרגות איזוטופיות זוהו במהלך 800,000 השנים האחרונות. הגדרות אלה מקובלות כיום לשימוש בקרב קהילת חוקרי הפאליאוקלים (למשל: Shackleton and Opdyke, 1973; Imbrie et al., 1984; Martinson et al., 1987). מחזוריות אקלימית זו נובעת משילוב של מספר שינויים אסטרונומיים מחזוריים, הידועים בשם תאוריית מילנקוביץ, היוצרים תנודות בשטף ובעוצמת קרינת השמש המגיעה לכדור-הארץ: שינויים באליפטיות של מסלול ההקפה של כדור-הארץ סביב השמש (Eccentricity) במחזוריות של ~100,000 שנים ושינוי בנטיית ציר כדור-הארץ (Obliquity), במחזוריות של ~41,000 שנים, בשילוב עם תנועת הנקיפה (Precession), המתרחשת כל ~22,000 שנים, אחראים ליצירת תקופות קרחוניות ובין-קרחוניות לסירוגין (Imbrie et al., 1984).

בתקופות הקרחוניות התאפיינו שטחים נרחבים בכדור-הארץ באקלים קר ויבש, באחוזי כיסוי גבוהים של קרחונים על-פני היבשות והימים ובירידת מפלס הים. תקופת הקרח האחרונה התרחשה בין 74 ל-12ka (דרגות איזוטופיות 4-2), ושיאה (LGM: Last Glacial Maximum) מתוארך ל-19ka. באזורינו, במהלכו של הגלציאל האחרון, שררו בשטחים נרחבים תנאי אקלים יבשים יחסית ותועדה עליה בכמויות האבק המדברי שמוצאו בסהרה ובמדבר הערבי. לעומת זאת, התקופות הבין-קרחוניות

התאפיינו בתנאי אקלים חמים ולחים יותר בכדור-הארץ, בהקטנת נפח הקרחונים ובעליית מפלס הים. התקופות האחרונות אירעו בין 130~ ל- 74ka (דרגה איזוטופית 5), ותקופה בין-קרחונית אף מתרחשת בהווה, החל מראשית ההולוקן (מלפני כ- 10,000 שנה ועד ימינו; דרגה איזוטופית 1). באזור המזרח-התיכון, תקופות אלו מיוצגות על-ידי עליה בכמויות המשקעים, התגברות עוצמת זרמי הנהרות, הצטמצמות שטחי המדבריות ועליה באחוזי הכיסוי הצמחי (Almogi-Labin et al., 2004 and references therein).

במהלכן של התקופות הקרחוניות והבין-קרחוניות אירעו תנודות אקלימיות אשר יצרו תתי-תקופות. באופן זה לדוגמא, חולקה דרגה איזוטופית 5 למספר מקטעי זמן (5a-5e) בהתאם לשינויים אקלימיים שזוהו במהלכה (5a ו-5e היו לחים יחסית בעוד 5b-5d היו יבשים יותר). גם הגלציאל האחרון לא התאפיין בתנאי אקלים אחידים של קור ויובש ותועדו בו מספר תנודות המבטאות התחממות ועליה בלחות. כמו-כן, במהלכן של התקופות הקרחוניות והבין-קרחוניות חלו גם אירועים קצרי מועד שהובילו להקצנה בתנאי האקלים. כך למשל בדרגות איזוטופיות 2-4, אירעו אפיזודות קור קיצוניות ולעומת זאת בפרקי זמן מסוימים במהלכן של התקופות הבין-קרחוניות היתה עליה משמעותית בלחות הנקשרת לשקיעתן של שכבות ספרופל בקרקעית האגן במזרח הים-התיכון.

בתקופות הקרחוניות והבין-קרחוניות, התרחשו אירועי קירור וחימום הידועים כאירועי Dansgaard-Oeschger (D-O), שמשכם הממוצע הוא ~1,500 שנים. האירועים הללו זוהו לראשונה ברקורדים של גלעיני הקרח מגרינלנד: GRIP (Greenland Ice Core Project) ו-GISP2 (Greenland Ice Sheet Project 2); Bond et al., 1993; Dansgaard et al., 1993; Bond and Lotti, 1995; Meese et al., 1997. אירועי ה-D-O מאופיינים בירידה בהרכב האיזוטופי של חמצן ( $\delta^{18}\text{O}$ ) בקרח בתקופות קרות, ועליה בערכי  $\delta^{18}\text{O}$  בתקופות חמות.

סיומם של חלק מאירועי קירור של D-O לוו באפיזודות קור קיצוניות המכונות אירועי היינריך (Heinrich events), על-שם החוקר שגילם לראשונה Heinrich (1988) זיהה בגלעינים מצפון האוקיינוס האטלנטי, שש שכבות סדימנטים המכילות אחוז גבוה מאוד של חומר קרחוני שהובל לים - IRD (Ice Rafted Debris). מקור סדימנטים אלו הוא ממשקעים שהצטברו בחלקו התחתון של הקרחון והשתחררו בשל המגע בין הים לקרחון, שגרם להפשרתו. שכבות אלו מייצגות את ששת אירועי היינריך המכונים H1-H6. שכבות עשירות ב-IRD נמצאו גם בגלעינים נוספים מצפון האוקיינוס האטלנטי (Bond et al., 1993, 1997, 1999; Broecker, 1994; Bond and Lotti, 1995; Clark et al., 1999; Vidal et al., 1999; Hemming, 2004; Elliot et al., 2001; Broecker and Hemming, 2001; Chapman et al., 2000). זמני השקעת ה-IRD תועדו בסופם של אירועי הקירור במחזורי D-O, שבמהלכם טמפרטורות האוויר מעל גרינלנד היו מינימליות. במקביל לערכי ה-IRD הגבוהים, זוהו בשכבות אירועי היינריך גם שינויים במאספי הפורמיניפרים המתבטאים בעיקר בעליה בנפיצות הפורמיניפר *Neogloboquadrina pachyderma* - left coiling, שמקורו בחגורות צפוניות ובית גידולו מתאפיין בטמפרטורות נמוכות (Bond et al., 1993). לאור זאת, ההסבר המקובל כיום לאירועי היינריך, קושר בין יצירתם להשתרעות מירבית של קרחונים בקווי רוחב צפוניים. כתוצאה מניתוק הקרחונים וחדירתם לאוקיינוס האטלנטי, ירדו

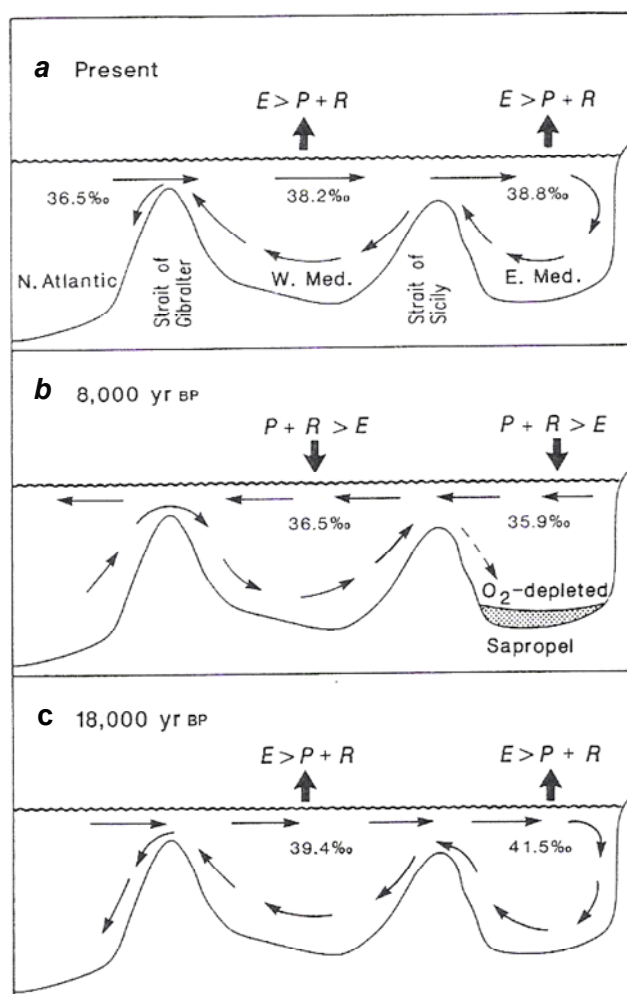
ערכי  $\delta^{18}\text{O}$  של שכבת המים העליונה, בשל כניסה מוגברת של מים מתוקים לים. תהליך זה חזר על עצמו מספר פעמים במהלך הגלציאל האחרון. Hemming (2004) מדווחת על עדויות ספורות בלבד בדבר קיומם של אירועי היינריך בתקופות קרחוניות קודמות.

מאחר שהים-התיכון הינו ימת שוליים המוקפת יבשה, הבנת מערך שינויי האקלים והגורמים לו, מורכבים הרבה יותר מאשר באוקיאנוסים הפתוחים. הים-התיכון מושפע הן משינויים גלובליים והן משינויים יבשתיים מקומיים (כגון שינויים בנגר עילי ובזרימת נהרות לים – ר' 1.3.2; Thunell and Williams, 1989). בקידוחים מהים-התיכון תועדו עד כה אירועי היינריך רק באגן המערבי: Cacho et al. (1999) זיהו מתאם בין אירועי התקררות קיצוניים (ירידת טמפרטורות פני הים ב- $10^{\circ}\text{C}$ ; חושב על-סמך בדיקות אלקונוים) לחמישה מאירועי היינריך. במזרח הים-התיכון נמצאו עדויות ביבשה המצביעות על קיומם של חלק מאירועי היינריך: במערת שורק הם באים לידי ביטוי בערכים מירביים של  $\delta^{18}\text{O}$  בספלאוטמים (Bar-Matthews et al., 1999, 2000), ובמשקעי אגם הליסאן הם מיוצגים על-ידי ירידה ניכרת במפלס מי האגם (Bartov et al., 2003). המודל האקלימי המוצע עבור הים-התיכון במהלכם של אירועי היינריך, טוען כי בשל הפסקת וואו החלשות הסירקולציה התרמוהלינית באוקיאנוס האטלנטי, התאפשרה זרימתם של מים קרים לרחבים נמוכים יותר (סובטרופיים), אשר חדרו אל הים-התיכון דרך מיצר גיברלטר (Cacho et al., 1999).

אירוע קור קיצוני בנוסף לאירועי היינריך התרחש לפני 19ka ~ ומכונה שיא תקופת הקרח האחרונה (LGM). במהלכו השתרעות הקרחונים היתה מקסימלית בחצי הכדור הצפוני (Clark and Mix, 2000; Thunell and Williams, 1989; Lambeck et al., 2000; Winograd, 2001; Bigg, 1995; Rohling and De Rijk, 1984; Jenkins and Williams, 1984; 1989). ופחתו טמפרטורות פני הים (1999) והגיעו עד ל- $11^{\circ}\text{C}$  ~, שהיא הטמפרטורה הנמוכה ביותר ב-85 ~ אלף השנים האחרונות (Kolosovsky, 2003). Thunell and Williams (1989) מציגים מודל פאליאואידרולוגי עבור הים-התיכון (איור 1) לפיו בשיא הגלציאל הסירקולציה התרמוהלינית היתה דומה לזו המתקיימת כיום (ר' 1.3.2) למרות שאחוזי המליחות היו גבוהים מעט בהשוואה להיום. מספר חוקרים טוענים כי לפני 8ka ~, בעת שקיעת ספרופל S1 במזרח הים-התיכון, יתכן כי הסירקולציה נחלשה ואולי אף התהפכה בכיוונה (Rossignol-Strick et al., 1982; Rossignol-Strick, 1985; Rohling and Gieskes, 1989; Thunell and Williams, 1989; Rohling and Hilgen, 1991).

במהלך תקופת הדה-גלציאלציה האחרונה (= תקופת הפשרת הקרחונים - Last Deglaciation) התרחשו מספר אירועים אקלימיים קצרי מועד בנוסף לאירוע היינריך 1 (H1):

אירוע ההתחממות המכונה Bölling/Alleröd, המתוארך בגלעיני הקרח של גרינלנד לפרק הזמן הנע בין 14.7 ל-12.9ka (Stuiver et al., 1995). לדעת Weaver et al. (2003) קיים קשר הדוק בין התחממות זו להמסת קרחונים נרחבת באנטרקטיקה שארעה לפני כ-14.6ka ~. ההמסה הובילה לכניסה גדולה של מים מתוקים לים (הקרויה MWP-1A Meltwater Pulse 1A). בעקבות כך עלה מפלס הים ב-20 ~ מטר תוך פחות מ-500 שנה וכמויות גדולות של מים מתוקים חדרו לאוקינוס האטלנטי.



איור 1: הסירקולציה באגן הים-התיכון בשלושה מועדים: a - כיום, b - לפני 8ka - לפני 18ka; מקור: Thunell and Williams, 1989; הערות: האחוזים מייצגים ערכי מליחות פני הים; E מייצג Evaporation (התאיידות); P מייצג precipitation (משקעים); R- מסמן Runoff (נגר עילי).

בסוף הפלייסטוקן, טרם המעבר להולוקן, התרחש אירוע התקררות נוסף המכונה Younger Dryas. שם התקופה נובע מפרח הבר האלפיני האופייני לצמחיית טונדרה ממשפחת הורדניים, ה- *Dryas octopetala*, שזוהה בעקומות פלינולוגיות מצפון אירופה. התקופה נמשכה 1,500 שנים בקירוב בין 12.9-11.5ka (Genty et al., 2006) והתאפיינה בצפון ומערב אירופה בחזרה לתנאי קור ויובש כמעט גלציאליים. בקרב הפלינולוגים וחוקרי פאליאואקלים קיימת מחלוקת בנוגע לזיהויו של אירוע ה- Younger Dryas ומידת עוצמתו במזרח התיכון (למשל - Rossignol-Strick, 1993; Bottema, 1995, 2002; Weinstein-Evron, 2002; Lev-Yadun and Weinstein-Evron, 2005; 1995). אירועי התקררות נוספים, שמשכם קצר יותר, התרחשו בהולוקן העליון (~8.2ka), בהולוקן המאוחר (~4.2ka) ולפני ~300 שנים; האחרון מכונה - תקופת הקרח הקטנה (Little Ice Age).

אירועי ספרופל: ספרופלים מוגדרים כסדימנטים כהים ששקעו בים הפתוח, אשר עוביים עולה על 1 ס"מ ותכולת החומר האורגני בהם הינה מעל 2% (Kidd et al., 1978). שכבות הספרופל זוהו לראשונה על-ידי משלחת שוודית בשנים 1947-1948 (Olausson, 1961). הצטברות ספרופלים בים-התיכון המזרחי במהלך הרביעון, קשורה להיווצרות תנאי אקלים ייחודיים באזור וביבשות הסמוכות לו. שכבות הספרופל מופיעות באופן מחזורי עם קשר ברור לזמנים של קרינת קיץ מקסימלית במחזורי מינימום של תנועת הנקיפה (Rohling, 1994; Rossignol-Strick, 1983, 1985; Rossignol-Strick et al., 1982; Emeis et al., 2000). הספרופלים העתיקים ביותר שזוהו בסדימנטים תוארכו למיוקן (Vergnaud-1984; Thunell et al., 1984; Grazzini et al., 1977; Kidd et al., 1978). ברביעון מרביתן של שכבות אורגניות אלה נוצרו בתקופות בין-קרחוניות, אולם ידוע גם על קיומם של ספרופלים שהתפתחו בתקופות קרחוניות (Rohling, 1994; Thunell et al., 1984; Vergnaud-grazzini et al., 1977; Cita et al., 1977). שכבות הספרופל הצטברו בקרקעית הים ככל הנראה בתנאים מחוזרים (תנאי אנוקסיה), ומכילים ריכוזים גבוהים יחסית של  $H_2S$  ופיריט. הפאונה הבנתית בדרך-כלל נעדרת משכבות אלה (Rohling, 1994; Schmiedl et al., 1998), בעוד שגררי אבקה נוכחים בריכוזים גבוהים וטיב שימורם גבוה (Rossignol and Pastouret, 1971; Rossignol-Strick, 1973, 1985, 1993, 1995, 1999; Rossignol-Strick et al., 1982; Cheddadi and Rossignol-Strick, 1995a, 1995b; Rossignol-Strick and Paterne, 1999).

הספרופלים הצטברו במזרח הים-התיכון במים, שעומקם המינימלי הוא 300 מטרים (Rohling and Gieskes, 1989) ובאגן הלבנט 700 מטרים (Luz, 1979). מספר מודלים הוצעו על מנת להסביר את מנגנון היווצרותם של הספרופלים: המודל הראשון טוען לעליה בטמפרטורת פני המים ולירידה במליחות שלהם, שנגרמה בשל כניסה של מים מתוקים לים (איור 1b). כתוצאה מכך נוצר שיכוב בעמודת המים ונמנעה שקיעה של מים עשירי חמצן מהשכבה העליונה לעומק. עקב זאת אזל החמצן במי העומק ונוצרו בו תנאים אנאוקסיים שהובילו להצטברות ספרופלים (Olausson, 1961; Rohling, 2002). מקור המים המתוקים נובע מהתחממות מהירה יותר של היבשה ביחס לים (בזמנים של קרינת קיץ מקסימלית במחזורי מינימום של תנועת הנקיפה), שהובילה לעליה בכמויות המשקעים בצפון אפריקה ולהגברת גשמי מונסון מעבר לקו פרשת המים באזור (Rohling, 2002; Rossignol-Strick and Paterne, 1999). מצב זה הוביל גם לעליה בכמות המשקעים בשולי היבשות של דרום מזרח הים-התיכון (Kallel et al., 2000; Bar-Matthews et al., 1999; Rossignol-Strick and Paterne, 1999; 2000) ולעליה בכמות הנגר העילי הזורם לים, שמקורו בנחלים ונהרות ובעיקר הנילוס (Rohling, 2002; Rossignol-Strick, 1985). המודל השני מציע, שעליה עצומה ביצרנות הראשונית בפני הים היא שהובילה לצריכת חמצן מוגברת ובעקבותיה לעקת חמצן חמורה עד אנוקסיה בקרקעית הים. תנאי אקלים לחים יותר ועליה באספקת נוטריינטים מנהרות ונחלי האזור הם שאחראים לתרומה המשמעותית בעליה ביצרנות הראשונית (Emeis and Sakamoto, 1998; Calvert and Pedersen, 1992; Calvert, 1983). שני המודלים המוצעים לעיל קשורים אחד לשני ואמנם קיים מודל נוסף המשלב ביניהם: תנאי חיזור בקרקעית הים כתוצאה משיכוב חריף בעמודת המים ועליה ביצרנות ראשונית בעמודת המים העליונה (Jenkins and Williams, 1989; Thunell and Williams, 1984).

המחזוריות האקלימית של תקופות קרחוניות ובין-קרחוניות לסירוגין, על תנודותיהן ואירועיהן הייחודיים, המוצגת בפרק זה, מתאשרת באזורינו בחלקה הן ברקורד הימי של האזור (Cita et al., 1977; Vergnaud-Grazzini et al., 1977, 1986; Kidd et al., 1978; Williams et al., 1978; Luz, 1979; Calvert, 1983; Jenkins and Williams, 1984; Thunell et al., 1984; Rohling and Gieskes, 1989; Thunell and Williams, 1989; Calvert and Pedersen, 1992; Fontugne et al., 1994; Rohling, 1994, 2002; Kallel et al., 1997, 2000; Schmiedl et al., 1998; Emeis and Sakamoto, 1998; Reiss et al., 1999; Emeis et al., 1998, 2000, 2003) והן ברקורד היבשתי - כפי שמשקף ממשקעי מערות באזור Bar-Matthews et al., 1997, 1999, 2000, 2003a, 2003b; Frumkin et al., 1999, 2000; McGarry et al., 2004; Vaks et al., 2003; 2006) ומפלסי אגם הלשון (Stein, 2001; Bartov et al., 2002, 2003). התנודות האקלימיות המבוטאות על-ידי שינויים בהרכב הצומח, כפי שעולה מהמחקרים הפלינוולוגיים ממזרח הים-התיכון, מוצגות בפרק הבא.

## 1.2.2 פלינוולוגיה

מדע הפלינוולוגיה עוסק בשחזור תולדות הצמחייה על סמך זיהוי, ספירה ובחינת השינויים בנפיצות היחסית של גרגרי אבקה של צמחים (pollen) ונבגים (spores). הללו נוטים להשתמר היטב בסדימנטים ימיים, באגמים ובביצות (Faegri and Iversen, 1992). גרגרי אבקה שקעו ונקברו בקרקעית האגן המזרחי של הים-התיכון והשתמרו בדרגות שונות. מקור המינים הינו מגוון (מחגורות צומח ים-תיכוני, מדברי, ערבתי וטרופי), כשלעיתים מוסעים גרגרי האבקה גם ממרחק של מאות ואף אלפי קילומטרים. על-כן השחזור האקלימי במחקר זה עוסק במרחב גיאוגרפי נרחב, זאת לעומת מחקרים פלינוולוגיים יבשתיים, שהינם לרוב מצומצמים יותר מבחינת היקף יחידת החקירה (Fontugne et al., 1994; Jarzen and Nichols, 1996; Ermolli and di Pasquale, 2002).

מחקרים פלינוולוגיים רבים של הרביעון המאוחר באזור הלבנט התמקדו בבקע ים-המלח. מעבודותיו של Horowitz (1974, 1979, 1989, 1992, 2001) באזור - מאגם החולה, אגם הכינרת וים-המלח, עולה שהפלייסטוקן העליון התאפיין בתנודות מחזוריות בין תקופות של אקלים לח (עם שלטון של יערות אלונים), לבין תקופות של אקלים יבש יותר (פחות צומח עצי, יותר צומח ערבתי). בסוף תקופת הפלייסטוקן (14-11ka – לפי גילי פחמן 14 לא מכוילים) האקלים היה לח במיוחד, כאשר המעבר להולוקן (לפני 11-10ka) חל תוך כדי התייבשות ניכרת.

גם במחקרים אחרים, שנעשו באגם החולה מתאשרים ממצאיו של Horowitz בדבר קיומן של תנודות אקלים מחזוריות חריפות, אשר התבטאו, לסירוגין, בהתפשטות ונסיגה של הצומח העצי מחד גיסא והצומח העשבוני-ערבתי מאידך גיסא (Tsukada, cited in Bottema and van Zeist, 1981; Weinstein-Evron, 1983, 1990; Baruch and Bottema, 1991, 1999). ממצאה כי במהלכה של דרגה איזוטופית 5 (~130-74ka) שררו באזור עמק החולה תנאי אקלים יבשים יחסית, עם מספר תנודות לחות יותר. במהלכה של תקופת הקרח האחרונה האקלים באזור היה לח וקר יותר וגם בפרק זמן זה אובחנו מספר תנודות משנה. הקור היחסי מיוצג על-ידי אחוזים גבוהים של ארזים.

במחקרים פלינוולוגים מצפון ישראל נמצא כי הארזים (המייצגים שיאי התקררות ותנאי אקלים יבשתיים יותר), מופיעים לאחר שיאי לחות המיוצגים על-ידי אלונים (Weinstein, 1976 – ברכת רם; Weinstein-Evron, 1990, 1983 – עמק החולה). בשיאה של תקופת הקרח (LGM) היה קר ויבש (השתרעות נרחבת של לענה וסלקיים). בהמשך, בתקופת הדה-גלציאציה השתדרו תנאי אקלים לחים יחסית, שהתבטאו בעליה משמעותית באחוזי העצים ובעיקר אלונים נשירים (Tsukada, cited in Bottema and van Zeist, 1981; Weinstein-Evron, 1983, 1990; Baruch and Bottema, 1991, 1999). תקופה לחה זו לוותה בהתייבשות קצרת מועד (ca. 10.5-9.5ka), המזוהה לדעת החוקרים (Baruch and Bottema, 1999) עם אירוע ה-Younger Dryas. בראשית ההולוקן תועדה שוב עליה בלחות (Baruch and Bottema, 1999), אולם לדעת חוקרים אחרים (Weinstein-Evron, 1990) ההולוקן באזור התאפיין ביובש יחסי.

התמונה מעמק החולה (Weinstein-Evron, 1990) דומה לזו שנתקבלה מאנליזות פלינוולוגיות מעמק ה-Ghab שבצפון סוריה (Niklewski and Van Zeist 1970; Van Zeist and Woldring, 1980; Van Zeist and Bottema, 1982; Yasuda et al., 2000). על-פי עבודות אלו, במהלכה של תקופת הקרח האחרונה אחוזי העצים היו גבוהים יחסית והם מבטאים השתרעות נרחבת של חורשים באזור. אולם, בשיאה של התקופה (LGM) הצטמצם למינימום המרחב המכוסה עצים. החל מראשית ההולוקן ישנה עליה מחדשת באחוזי העצים המייצגת עליה בכמויות המשקעים באזור. העבודות מעמקי החולה וה-Ghab הניחו את היסודות לשחזור הצומח ותנאי הסובב ברביעון המאוחר באזור הלבנט. הערות שונות בנוגע למסגרת הזמן הכרונולוגית של הרקורדים הללו נידונו על-ידי מספר חוקרים (Weinstein-Evron, 1990, 1998; Rossignol-Strick, 1993, 1995; Baruch and Bottema, 1999; Weinstein-Evron et al., 2001; Cappiers et al., 2002; Meadows, 2005; Robinson et al., 2006). מחקרים פלינוולוגים מאתרים ארכיאולוגים מחלקו הדרומי של בקע ים-המלח מאשרים את המחזוריות האקלימית המתוארת לעיל (קרי יובש בשיאה של תקופת הקרח האחרונה שלוה בעליה משמעותית בלחות במהלך הדה-גלציאציה למרות המגבלות הרבות שבשימוש בפולן מאתרים ארכיאולוגים (Weinstein-Evron, 1994), מבטאים הרקורדים הארכיאולוגים הללו רצפים הדומים למהלך האירועים הכללי.

בהולוקן, מוסברים חלק מהשינויים בצומח באזור החולה וה-Ghab בשל התערבות האדם. כך למשל קושרים Yasuda et al. (2000) בין ירידה באחוזי האלונים הנשירים בתחילת ההולוקן לבירוא יערות באזור ה-Ghab. גם Baruch בעבודותיו מהכינרת (1986) וים-המלח (1990) מההולוקן המאוחר, גורס כי רוב השינויים שחלו בהרכב הצומח נגרמו, ככל הנראה, בשל התערבות האדם. באופן דומה נמצא כי בברכת רם, שבצפונה של ישראל, התנוודות בצומח שתועדו במהלך 6,500 השנים האחרונות הושפעו רבות מפעילות האדם וכי תנאי האקלים באזור כמעט ולא נשתנו (Schwab et al., 2004; Neumann et al., 2007).

רקורדים פלינוולוגיים קצרים יותר נבדקו על-ידי Kadosh et al. בחוף הכרמל (2004) ו- Hunt et al. (2004) מדרום ירדן. בעבודתם של Kadosh et al. (2004) נבדקו שינויים בהרכב הצומח בסוף הפלייסטוקן-ראשית ההולוקן, בביצות הקדומות שבחוף דור. במחקרם נמצאו מספר עדויות העשויות להצביע על יובש יחסי הקשור לדעת החוקרים לאירוע ה-Younger Dryas. עם תחילת ההולוקן זוהתה עליה חדה בלחות המיוצגת על-ידי ערכים גבוהים של עצים, מרביתם אלונים. הרקורד הפלינוולוגי במחקר הינו מצומצם יחסית בשל התייבשות הביצות וקבורתן על-ידי חולות החוף. עבודתם של Hunt et al. (2004) מתבססת על ממצאים פלינוולוגיים ופאליאובוטניים מסדימנטים פלובאליים מוואדי פאיין (דרום ירדן). במחקרם נמצא כי בראשית ההולוקן (8.0-10.0 cal. ka) נכלל האזור בשולי חגורת הצומח היס-תיכונית. בין 7.4-8.0 cal. ka נמצאה עליה באחוז הצומח הערבותי, המייצגת ירידה בכמות המשקעים באזור. בהמשך זוהתה התייבשות הקשורה לדעת החוקרים לגורמים אנתרופוגניים כגון רעיית יתר.

אנליזות פלינוולוגיות נערכו באזורינו גם במרחב הימי. האוקיינוסים והימים אוצרים בקרקעיתם מידע פאליאואקלימי רב ועל-כן משמשים כאזורי מחקר מרכזיים לשחזור אקלים קדום בים וביבשות הסמוכות. עבודות פלינוולוגיות המתבססות על סדימנטים מקידוחים ימיים בקרבת החוף הישראלי, נערכו על-ידי Rossignol ו-Horowitz (1963), התבססה במחקרה על חמישה קידוחים מאזור שפך הקישון, שתוארכו לפלייסטוקן העליון ולהולוקן (עומקם עד 65 מ'). ממצאי עבודתה מצביעים על כך שלא היו שינויי צומח ניכרים, הן בהשוואה למאספי גרגרי האבקה המאובנים שנבדקו, והן בהשוואה למאספים רצנטיים. משמע, שהצומח היס תיכוני דאז דומה להרכב של הצומח כיום. אחד ההסברים להעדר שינויים משמעותיים במאספי הצומח השונים, יכול לנבוע מכך שהקידוחים הנבדקים לא היו רציפים מבחינת המידע הפלינוולוגי שסיפקו, מאחר שהכילו חול וחרסיות לחילופין (גרגרי אבקה אינם משתמרים בשכבות חוליות - Faegri and Iversen, 1992). באופן דומה, בקידוחים ימיים עמוקים יותר (אורכם למעלה מ-100 מ'), המכסים חלקים גדולים מהפלייסטוקן, שהוצאו מדרום מישור החוף (בקרבת אשדוד ובת-ים) לא היו שינויים משמעותיים במאספים הפלינוולוגיים ולכן התנודות האקלימיות ששוחזרו היו מתונות יחסית (Rossignol, 1969). קידוחים אלה הכילו גם הם שכבות של חול וחרסיות לחילופין ורק באחרונות השתמר הפולן. Horowitz (1979), טוען כי בעבודתה של Rossignol, לא נמצאו תנודות אקלימיות משמעותיות אלא רק תקופות הצפה בין-קרחוניות, וכי שיאי הנסיגות של היס אינם מיוצגים. Horowitz במחקרו (1974), התמקד ב-6,000 השנים האחרונות; עבודתו התבססה על שני גלעינים שהוצאו ממימי מפרץ חיפה המעידים על כך, שבראשית התקופה הכיסוי העצי היה נרחב מהיום, כלומר, תנאי הלחות היו גבוהים יותר. לעומת זאת, ב-3,000 השנים האחרונות הצטמצם המרחב המכוסה עצים והלחות ירדה. תרומה חשובה במיוחד של Rossignol (1961, 1962, 1963, 1969) היא בנוגע לחקר הנבגים ממקור נילוטי בעבר ובהווה, באזור האגן הלבנטיני. Rossignol הניחה את התשתית לזיהוי הנבגים ועמדה לראשונה על החשיבות בניתוח מוצאם.

מחקר פלינוולוגי מפורט באגן המזרחי של היס-התיכון נערך על-ידי Cheddadi (1988) ו-Cheddadi and Rossignol-Strick (1995a, 1995b). בעבודתם נבדקו גלעינים ימיים צפונית-מזרחית לדלתת הנילוס, המתעדים שינויים אקלימיים ב-250,000 השנים האחרונות. הכרונוסטרטיגרפיה בקידוחים אלו

מבוססת על קורלציה לדרגות האיזוטופיות העולמיות ולקורדים פלינולוגים יבשתיים. בגלעינים זוהו שכבות ספרופל. שלושה קידוחים נבדקו במחקרם: קידוח MD84 642 שבסיסו מתוארך לדרגה איזוטופית 7 ועד לראשית ההולוקן ובו זוהו שמונה ספרופלים (אורכו 6.24 מ'); קידוח MD84 627 שתחילתו ב-125ka והוא כולל ארבעה ספרופלים (אורכו 8.20 מ'); וקידוח MD84 629 המתוארך ל-70ka אשר מכיל רק ספרופל אחד (אורכו 8.70 מ' והוא הקרוב ביותר לקידוח 95-09 הנחקר בעבודה הנוכחית). מתוך ניתוח הממצאים הפלינולוגים בגלעינים אלו עולה כי בתקופות הבין-קרחוניות השתרעות העצים הינה נרחבת, ונובעת מלחות גבוהה ואולי אף מצביעה על קיומם של גשמי קיץ באזור. בתקופות קרחוניות הצומח האופייני הוא ערבתי ומדברי למחצה ומעיד על אקלים יבש יותר, יבשתי וככל הנראה קר יותר. עוד נמצא כי ריכוזי גרגרי האבקה בשכבות הספרופלים גדולים ב-3-4 סדרי גודל מאשר בשכבות הלא ספרופליות. גם דרגת השימור של הגרגרים גבוהה בספרופלים. ממצאים דומים בנוגע לריכוז גרגרי האבקה ולטיב השימור הגבוה נתגלו גם במחקרים אחרים ממזרח הים-התיכון, בהם זוהו ספרופלים (Rossignol and Pastouret, 1971; Rossignol-Strick, 1973, 1985, 1993, 1995, 1999; Rossignol-Strick et al., 1982; Rossignol-Strick and Paterne, 1999).

עבודה מקיפה העוסקת בשחזור מאספי הצומח בספרופל S1 (~9-6ka), נעשתה על-יד Rossignol-Strick (1999). מחקרה כולל 18 קידוחים מהאגן המזרחי של הים-התיכון. הממצאים הפלינולוגים מצביעים על ערכים גבוהים של עצים נשירים - עיקרם אלונים הגדלים ברובם במורדות הבינוניים והגבוהים של ההרים ומעידים על כמויות משקעים גבוהות (מעל 550 מ"מ בממוצע שנתי), שירדו ככל הנראה לאורך כל השנה. עצי אלה אפיינו את המורדות הנמוכים יותר. הטמפרטורות המשוערות היו בממוצע שנתי - 15°C (ולא פחותות מ-5°C). מקור הסדימנטים בספרופל S1 הוא כנראה ממשקעי שטפונות הנילוס בעקבות העליה בגשמי מונסון הקיץ, באזור אתיופיה (Rossignol-Strick, 1985) וגם מעליה בכמות המשקעים בכל רחבי אגן הים-התיכון (Kallel et al., 1997, 2000; Rossignol-Strick and Paterne, 1999; Bar-Matthews et al., 2000, 2003b; Vance et al., 2004; r' 1.2.1).

מחקר נוסף מהאגן המזרחי של הים-התיכון, נערך על-ידי Cheddadi et al. (1991) בים היוני. העבודה דנה בתקופת הזמן 26-5ka. במחקרם נמצא כי בשיא תקופת הקרח האחרונה (~19ka), שררו באזור תנאי יובש וקור, ערכי הלענה היו גבוהים בעוד שערכי האלונים היו נמוכים. מאספים דומים של גרגרי אבקה מאפיינים גם את התקופה הקרה של ה-Younger Dryas בעוד שמאספי הצומח בראשית ההולוקן מציינים עליה נכרת בלחות (Cheddadi et al., 1991, Rossignol-Strick, 1993, 1995). גם באזורים מרוחקים יותר במזרח אגן הים-התיכון נצפתה מחזוריות אקלימית דומה: בים האדריאטי (Bottema, 1974b; Gröger, 1975; Rossignol-Strick et al., 1992; Lowe et al., 1996; Trincardi et al., 1996; Zonneveld, 1996 and references therein; Combourieu-Nebout et al., 1998; Schmidt et al., 2001; Rossignol-Strick and Giunta et al., 2003) ובאזורים הגובלים באגן המזרחי ממערבו - בים הטירני (Rossignol-Strick and Planchais, 1989; Amore et al., 2000; Ermolli et al., 2002) במדף היבשת שלחוף איטליה ויוון (Rossignol-Strick and Paterne, 1999) ובמערבו של הים-התיכון, (לדוגמה - Combourieu-Nebout et al., 1999; Magri and Parra, 2002).

בנוסף למחקרים הפלינוולוגיים הימיים ממזרח הים-התיכון ולעבודות היבשתיות מהמרחב הלבנטיני נעשו גם מחקרים פלינוולוגיים יבשתיים רבים ברחבי האגן המזרחי (ביוון, תורכיה ובמזרח הקרוב), המייצגים רקורדים ארוכים יחסית ומפורטים מהרביעון המאוחר (Wijmstra, 1969; Bottema, 1974a, ) 1979, 1982; Van Zeist et al., 1975; Wijmstra and Smit, 1976; Van Zeist and Bottema 1977, 1982; Van Zeist and Woldring, 1978; Bottema and Van Zeist, 1981; Bottema and Woldring, 1984; Tzedakis, 1994, 1999; Tzedakis et al., 2002, 2003, 2004, 2006; Bottema and Sarpaki, 2003; Wick et al., 2003; Lawson et al., 2004; Emery-Barbier and Thiébault, 2005; Jahns, 2005). מחקרים אלה משחזרים בפרוט את המחזוריות האקלימית של התקופות הקרחוניות (שהתאפיינו בקור וביובש יחסי) והתקופות הבין-קרחוניות (אזי היתה התחממות ועליה בלחות), לסירוגין. יתרה מכך, מהשינויים במאספים הפלינוולוגיים מסתמנות גם תנודות משנה במהלכן של התקופות הקרחוניות והבין-קרחוניות; כן תועדו בחלק מהמחקרים אירועים קצרי מועד בהם התרחש שינוי אקלימי. למרות ההבדלים בין העבודות מבחינת הרכב המאספים (בשל המיקום הגיאוגרפי השונה), המשמעות האקלימית מניתוח העקומות דומות במקרים רבים. אולם, עקומות יבשתיות אלה, כמו גם העקומות הסמוכות לחופים, מייצגות לרוב מאספי צומח רגיונליים בעוד שרקורדים פלינוולוגיים מהים העמוק עשויים לייצג את צומח האזור בהקשר רחב הרבה יותר (Ermolli and Jarzen and Nichols, 1996; Fontugne et al., 1994; di Pasquale, 2002).

בצפון אפריקה נערכו מספר מחקרים פלינוולוגיים יבשתיים; מרבית הרקורדים מייצגים פרקי זמן יחסית קצרים בשל אורכם המצומצם יחסית של הרצפים, דרגת השימור הנמוכה של גרגרי האבקה בקרקע, תהליכי ארוזיה וקושי לעיתים בתיארוך מדויק (לדוגמא - Foley et al., 2003; Ritchie et al., 1985). עבודות שנעשו במרכז ובצפון מדבר סהרה (Cour and Duzer, 1976; Maley, 1977, 1981, 1983; Ritchie et al., 1985; Ritchie, 1987; Ritchie and Haynes, 1987; Haynes et al., 1989; et al., 1990; Schulz, 1991, 1994; Street-Perrott and Perrot, 1993; Jahns, 1995; Baumhauer et al., 2004) תומכות בממצאים פאליאואקלימיים אחרים מהאזור, אשר לפיהן התקיימו בסהרה אגמים וביצות החל מ-14.5ka (גיל קלנדארי) ועד למחצית ההולוקן, בין 6ka ל-5ka~ והכיסוי הצמחי היה נרחב מהיום. המאספים הפלינוולוגיים מצביעים על נדידה של 400-500 ק"מ צפונה של חגורות הצומח (Ritchie and Haynes, 1987). חלקים נרחבים מאזור הסהרה כוסו בצומח סאהלי, דהינו נופי סוואנה (טרם התקופה הצומח האופייני לאזור היה ערבתי-מדברי). תקופה פלוביאלית זו נבעה, ככל הנראה, מעליה בעוצמת גשמי המונסון האפריקאי שמקורו באוקינוס האטלנטי, בשל שינויים אסטרונומיים. בסביבות אמצע ההולוקן חל מעבר לתנאי אקלים יבשים יותר, שהוביל לנסיגה הדרגתית של חגורות הצומח דרומה. באלפיים השנים האחרונות לערך, הצומח באזור דומה לצומח האופייני היום. רקורדים פלינוולוגיים הולוקנים מדרום מדבר סהרה וחבל הסאהל תומכים בממצאים ממרכז וצפון הסהרה (Lézine, 1988, Lézine and Casanova 1989). מעבודות אלה עולה כי במהלך ה-LGM חלה התייבשות שהתבטאה בנדידת חגורות הצומח דרומה. בהולוקן זוהתה מגמה הפוכה, לפיה התקיימה הגירה מהירה של צמחי האופיינית לאקלים לח יחסית, שמקורה מדרום לסאהל, כלפי צפון. גם הצומח הסאהלו-סודאני, המאפיין את החבל כיום, נדד באותה תקופה צפונה (כלפי מדבר סהרה), כתוצאה מעליה בגשמי

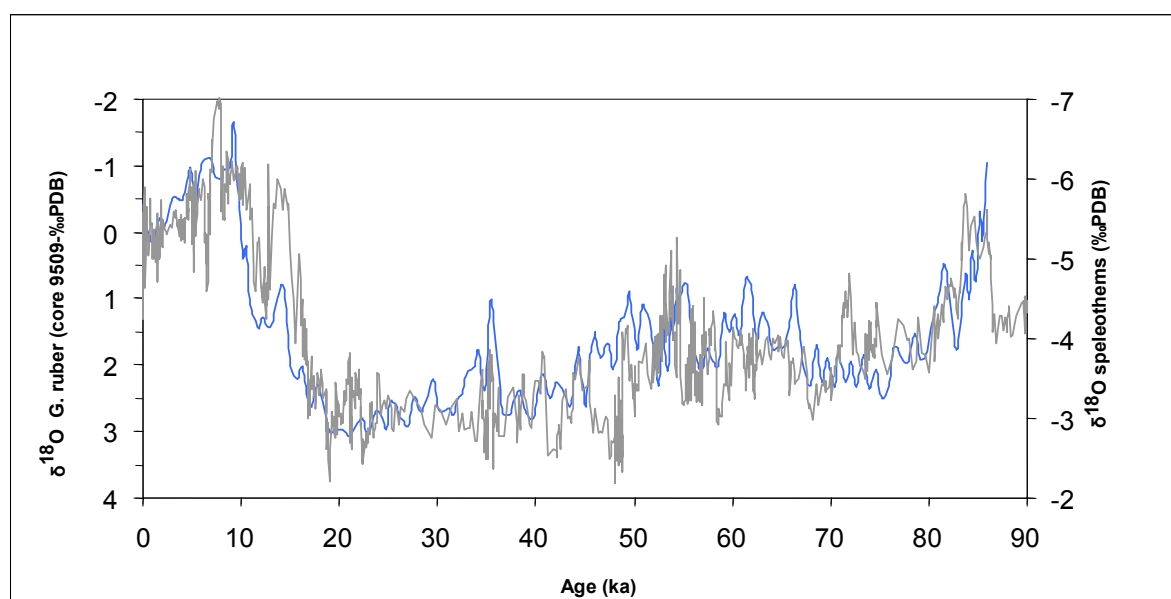
המונסון. לעומת זאת, במהלך המחצית השנייה של ההולוקן התאפיין חבל הסאהל בצומח סודאני המעיד על התייבשות האזור. תנאי האקלים הצחיחים למחצה, המאפיינים את חבל הסאהל בהווה, השתררו לפני כ-2,000 שנים.

מחקרים פלינוולוגיים יבשתיים רבים נערכו גם במרכז ומערב הים-התיכון. סקירה זו נוגעת רק בעבודות פלינוולוגיות מהעת האחרונה, הכוללות רקורדים פלינוולוגיים מפורטים יחסית, העוסקים בפרק הזמן הנידון בעבודה זו (90,000 השנים האחרונות): דרום אזור הבלקן (להוציא העבודות מיוון ותורכיה הנזכרות קודם לכן - Willis, 1994; Bozilova and Tonkov, 2000; Denèfle et al., 2000; Schmidt et al., 2000; Tonkov, 2003 and references therein; Filipova-Marinova et al., 2004 and references therein; Follieri et al., 1988, 1998 and references therein; Calderoni et al., 1994; Lowe and Watson, 1994; Watts et al., 1996; Huntley et al., 1999; Magri, 1999; Magri and Sadori, 1999; Allen and Huntley., 2000; Ramrath et al., 2000; Sadori and Narcisi, 2001; Allen et al., 2002; Magri and Parra, 2002; De Beaulieu et al., 2005 and references therein; Drescher-Schneider et al., 2007; Mariotti-Lippi et al., 2007; Pérez-Obiol and Sadori, 2007; Reille et al., 1997; Andrieu-Ponel et al., 2000 and references therein; Jalut et al., 2000 and references therein; Aubert et al., 2004 and references therein; De Beaulieu et al., 2005 and references therein; Burjachs and Juliá, 1994; Yll et al., 1997; ) (references therein; Jalut et al., 2000 and references therein; Pantalèon-Cano et al., 2003; Carrion et al., 2004; De Beaulieu et al., 2005 and references therein; Fernández et al., 2007; Pérez-Obiol and Sadori, 2007; Van Andel and Tzedakis, 1996; Magri and Tzedakis, 2005; Sadori, 2007; Willis et al., 2000; Tzedakis, 2005; Sadori, 2007). מעבודות אלו מצטיירת התמונה הבאה: תקופת הקרח האחרונה באזורים אלו התאפיינה בקור ויובש יחסי עם מספר תנודות משנה (חלקן מקומיות בלבד) ובשיאה (LGM) היתה הקצנה של התנאים האקלימיים. תקופת הדה-גלציאציה מאופיינת בעליה משמעותית של אחוזי העצים ובעיקר אלו הנשירים. אירוע ה-Younger Dryas מוזהה בעקומות מהאזור באמצעות חזרה לצומח ערבתי, המייצג התקררות. תחילת ההולוקן מוגדרת בברור הן על-ידי העלייה הנכרת באחוזי העצים והן באמצעות העלייה במגוון המינים. ממרבית המחקרים עולה, שחלקו המוקדם של ההולוקן היה לח מחלקו המאוחר. בסביבות 9ka שררה באזור לחות גבוהה יחסית המיוצגת על-ידי עליה באחוזי העצים המחטניים במורדות הגבוהים של ההרים ועליה בערכי העצים התרמופילים, שעיקרם אלונים נשירים, במורדות הנמוכים ולאורך חופי הים-התיכון. לפני כ-7,500 שנים, החלה באופן הדרגתי מגמה של התייבשות ומעבר לצומח ים-תיכוני, כפי שהוא מוכר כיום. מועד תחילת השפעת האדם על הצומח שונה בין המחקרים ותתי-האזורים השונים (2ka-4~) והוא מוזהה על-ידי עליה בנפיצות טקסונים מסוימים (כגון עצי אגוז מסוג *Juglans*, דגנים תרבותיים, עליה נכרת באחוז עצי הזית).

### 1.2.3 קידוחי המחקר הנוכחי וממצאיהם

עבודה זו הינה חלק ממחקר מקיף, אשר בו, בנוסף לאנליזות הפלינולוגיות (שיטת המחקר העיקרית בעבודה), בוצעו על קידוחי המחקר הבדיקות הבאות: בניית עקומה איזוטופית של פורמיניפרים פלנקטוניים, תיארוך מפורט, שחזור ההרכב האיזוטופי וטמפרטורות פני הים (לפי הרכבים איזוטופיים של פורמיניפרים פלנקטוניים, אלקנונים, יחסי מגנזיום/קלציום והגדרת מאספי הפורמיניפרים; Bar-Matthews et al., 2005). בנוסף נבדקו נוכחות והרכב החומר האורגני בסדימנטים כדי לקבוע את מקורם (Kolosovsky, 2003) ונבחן מוצא הסדימנטים על-פי ההרכב האיזוטופי של סטרונציום (Box et al., 2007). השחזור האקלימי התבצע על סדימנטים מקידוח 95-09, אשר הורבדו בחלק הדיסטאלי של דלתת הנילוס (דרום האגן הלבנטיני) וקידוח 95-01 שהוצא דרומית-מזרחית לקפריסין (צפון האגן; רי 2.1.1).

בניית העקומות האיזוטופיות של קידוחי המחקר התבססה על ההרכב האיזוטופי של חמצן ( $\delta^{18}\text{O}$ ) בפורמיניפר הפלנקטוני *Globigerinoides ruber* (Bar-Matthews et al., 2005; Shriki, 2005). תיארוך הרקורד האיזוטופי של הגלעינים נעשה על-ידי התאמה בין ערכי  $\delta^{18}\text{O}$  של *G. ruber* לערכי  $\delta^{18}\text{O}$  המייצגים את הרקורד היבשתי של ספלאוטמים ממערת שורק (איורים 2 ו-3), המתוארך ברזולוציה גבוהה לפי שיטת אורניום-תוריום (U-Th; Bar-Matthews et al., 1997, 1999, 2000, 2003a; Ayalon et al., 2002; Bar-Matthews and Ayalon, 2003). חיזוק נוסף לגילים אלו התקבל מתיארוך חלקו הצעיר של קידוח 95-01 באמצעות פחמן 14 (Bar-Matthews et al., 2005); עומקי הדגימות וגילן מוצגים בנספחים 1-2 ומידיעת מיקומן של שכבות הספרופל, אם על-ידי עליה בתכולת החומר האורגני ו/או באמצעות שינויים בצבע הסדימנט, שזוהו על-פי הפרמטרים של צבע: \*b, \*a, \*L (Bar-Matthews et al., 2005).



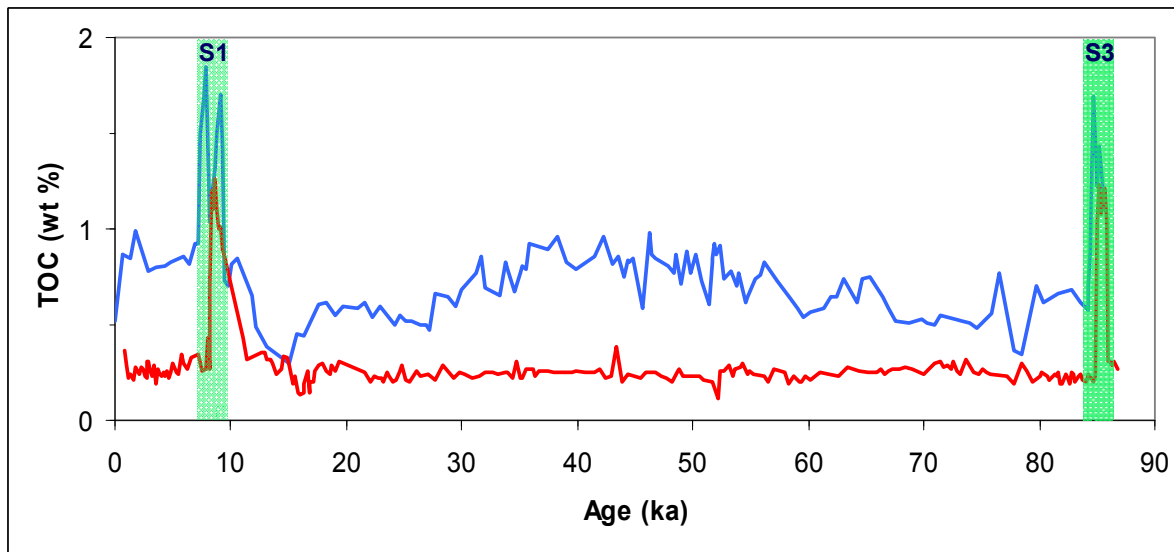
איור 2: השוואה בין ערכי  $\delta^{18}\text{O}$  בגלעין 95-09 (עקומה כחולה) של הפורמיניפר הפלנקטוני *G. ruber* ומשקעי מערת שורק (עקומה אפורה)

הגרף נלקח מ- Bar-Matthews et al., 2003a ועודכן על-ידי Bar-Matthews and Almogi-Labin.



יותר גבוהות התקבלו עבור גלעין 95-01 בהשוואה לגלעין 95-09. Kolosovsky (2003) בדקה בעבודתה גם את מקורות החומרים האורגניים (יבשתימי) ומצאה כי בשכבות הספרופל מוצא החומרים הינו ימי, אולם בבסיס הספרופל, החומרים האורגניים הינם ממקור יבשתי.

מבדיקת תכולת פחמן אורגני (TOC: Total Organic Carbon) עולה, שקידוח 95-09 עשיר יותר בחומר אורגני בהשוואה לקידוח 95-01 (0.6-0.9% לעומת 0.2-0.3%, בהתאמה). שונות זו נובעת ככל הנראה מהקרבה של גלעין 95-09 לנילוס. במהלך שקיעת ספרופל S1 ו-S3 ניצפו ערכים מקסימילים בעקומות ה-TOC (איור 4).



איור 4: תכולת חומר אורגני בגלעין 95-09 (עקומה כחולה) ובגלעין 95-01 (עקומה אדומה) הערות: האזורים המוצללים חופפים את מועדי הרבדת ספרופל S1 ו-S3. הגרף עודכן מתוך - Bar-Matthews et al., 2005.

במהלך הרבדת ספרופל S3 ובעיקר ספרופל S1, נמצאה גם נפיצות גבוהה של פורמיניפרים פלנקטוניים בגלעין 95-01 במקביל לערכים גבוהים של תכולת החומר האורגני. העליה המשמעותית בנפיצותם מוסברת בעליה מסוימת ביצרנות הראשונית בזמן שקיעתן של שכבות הספרופל ובשימור טוב יותר של השלדים (Bar-Matthews et al., 2005; Shriki, 2005). מאספי פורמיניפרה בנתיים נבדקו בקידוחי המחקר בסדימנטים המייצגים את 12,000 השנים האחרונות (Avnaim-Katab, 2005). מעבודה זו עולה שבשכבות הפרה-ספרופליות מאספי הפורמיניפרים דומים בצפון האגן הלבנטיני ובדרומו ומייצגים על-כן תנאים סביבתיים דומים. במהלך הרבדת ספרופל S1 בדרום האגן נעלמים הפורמיניפרים הבנתיים, עובדה המצביעה על אנוקסיה בקרקעית הים. לעומת זאת, נוכחות של פורמיניפרים בצפון האגן, הגם כי דלה, מעידה על קרקעית דיסאוקסית. בתקופת הפוסט-ספרופל ישנה עליה הדרגתית במגוון המינים בשני הקידוחים האופיינית לקרקעית ים מאווררת. יחד עם זאת נמצא כי שכיחות המינים גבוהה יותר בדרום האגן, ככל הנראה בשל שטפי מזון גבוהים יותר ממקור נילוטי (Avnaim-Katab, 2005).

## 1.3 אזור המחקר

### 1.3.1 כללי

הים-התיכון הינו ימת שוליים המופרדת מהאוקיינוס האטלנטי על-ידי מיצר גיברלטר. הימה נחלקת לשני אגנים – המערבי והמזרחי, באזור מפתן סיציליה ומסינה. לשני חלקים אלה של הים-התיכון, המערבי והמזרחי, תכונות שונות במובנים רבים (גיאולוגיה, הידרולוגיה, בתימטריה, אקלים וכיוצא בזה). האגן המזרחי כולל מספר אגני משנה: אגן הלבנט, הים האגאי, האגן היוני והים האדריאטי. אגן הלבנט, המזרחי מבין אגני הים-התיכון, הינו אגן סגור למחצה המוקף על-ידי יבשת אפריקה, אסיה ואירופה. גבולו המערבי גובל במזרח האי כרתים. אגן זה, בדומה לאגנים ימיים אחרים, אוצר בסדימנטים שבקרקעיתו מידע פאליאואקלימי רב, המסייע בשחזור שינויים באקלים של הים והיבשות הסמוכות לו.

### 1.3.2 מסות מים וזרמים

המאפיינים האוקיינוגרפיים בים-התיכון (באגן המזרחי והמערבי) תלויים בעיקר באקלים האזור. ההתאיידות הגבוהה במזרח הים-התיכון הופכת אותו לאגן שבו ריכוז המלחים גבוה מזה שבמי ים ממוצעים (איור 1a). מאזן המים בו שלילי, כלומר – כמות המים המתאדה (1.2-1~ מטר לשנה), גדולה מכמות המים הנכנסת לים-התיכון באמצעות ימים, נהרות ומשקעים. מים מהאוקיינוס האטלנטי זורמים אל הים-התיכון דרך מיצר גיברלטר בשכבות המים העליונות וחוזרים לאוקיינוס האטלנטי דרך מיצר זה בשכבות מי הביניים. הזרימה בתוך המיצר בשתי שכבות מנוגדות נגרמת על ידי גרדיאנט אופקי של לחץ. החלוקה המרחבית של צפיפות המים ברחבי הים-התיכון מצביעה על קיומן של 4 מסות מים עיקריות (Wüst, 1961; Lacombe and Tchermia, 1972). המדובר בזרימות תרמוהלניות השונות זו מזו בתכונותיהן, אשר נוצרות באזורים בעלי אקלים שונה:

מסת המים העליונה מכונה AW (Atlantic Water) ומקורה במי פני השטח של האוקיינוס האטלנטי אשר חודרים לים-התיכון דרך מיצרי גיברלטר. עם זרימתם מזרחה הופכים ה-AW למסת המים הקרויה מי פני השטח הלבנטיניים-LSW (Levantine Surface Water). מתחת למסת המים העליונה מצויים מי הביניים הלבנטיניים-LIW (Levantine Intermediate Water) ומתחתיה מצויה מסת המים העמוקים DW (Deep Water; Wüst, 1961; Pinardi and Masetti, 2000; Schilman et al., 2001). בשל סיבוב כדור הארץ (כוח קוריוליס) סוטה הזרם הכללי המתואר לעיל ויוצר זרימות ציקלוניות בכל אחד מאגני המשנה והמפתנים של הים-התיכון.

עובי מסת המים העליונה (AW) נע בין 150 ל-200 מטרים. עם זרימתם מזרחה (LSW), המים מתחממים ומליחותם עולה עקב מאזן אידיוי שלילי (איור 1c): ~36% מליחות במוצאם ו-~39% באגן המזרחי. מסת ה-LSW משתנה עונתית ומושפעת מרוחות, גלים או אירועי התקררות במקומות שונים ברחבי הים-התיכון המזרחי (Malanotte-Rizzoli and Hecht, 1988; Malanotte-Rizzoli and Bergamasco, 1989; Thunell and Williams, 1989).

מסת הביניים (LIW) מצויה בעומק שבין 150 ל-600 מטרים בקרוב. היא נוצרת במהלך החורף באזור רודוס והים האגאי בהשפעת הרוחות האנטוליות הקרות, הגורמות להתקררות ניכרת והתאיידות וכתוצאה מכך לעליה בצפיפות ה-LSW ושקיעתם לעומק ביניים בכל רחבי הים-התיכון (Wüst, 1961; Lacombe and Tchermia, 1972).

מתחת למסת הביניים (LIW) נמצאת מסת המים העמוקים (DW), מעומק של כ-600 מטר ועד לקרקעית הים. מקור ה-DW באגן המזרחי בזרימות מהים האדריאטי ואו האגאי, בעוד שה-DW באגן המערבי ניזונים ממים שמוצאם במפרץ ליון שבצרפת. בהמשך זורמים מי הביניים מערבה ושבים אל האוקיינוס האטלנטי בחלק התחתון של מיצרי גיברלטר (Thunell and Williams, 1989; Malanotte- Rizzoli and Bergamasco, 1989).

### 1.3.3 מקורות הסדימנטים

הסדימנטים שבקרקעיתו של האגן המזרחי של הים-התיכון מספקים מידע בנוגע לתנאים הסביבתיים באזור בעבר ובהווה; זאת במיוחד לאור העובדה שזהו אגן סגור למחצה, הרגיש מאוד לשינויים סביבתיים. מקורות הסדימנטים באגן המזרחי הינם מגוונים: הנילוס (Rossignol, 1969; Foucault and Chester et al., 1977; Yaalon, 1977; Stanley, 1989; Krom et al., 1999a, 1999b and Ganor, 1979; Ganor and Foner, 1996; Giorgi, 1996; Herut and Krom, 1996; Krom et al., 1999a, 1999b) ונהרות ונחלים נוספים שמקורם ביבשות המקיפות את האגן (Chester et al., 1977; Stanley et al., 1997; Sandler and Herut, 2000).

נהר הנילוס ניזון משלושה מקורות עיקריים: הנילוס הלבן האחראי על כשליש (30%) מספיקת הנהר, אולם תרומתו מבחינת כמויות סחף נמוכה (3%); הנילוס הכחול המספק למעלה ממחצית (56%) ממי הנילוס ותורם קרוב לשלושה רבעים מסך כל כמות הסחף של הנהר (72%); ואטברה המזרים לנילוס כמות מים קטנה יחסית (14%), אולם הוא אחראי על רבע מכמות הסחף של הנהר (25%). השוני באספקת המים בין שלושת מקורות הנילוס האלה נובע מהבדלים בפני השטח ובגודלם של אגני הניקוז וכן בכמויות המשקעים השונות. ההבדלים בכמויות הסחף מקורם במשטר אקלימי ובכיסוי הצמחי השונה (Van Chi-Bonnardel, 1973; Adamson et al., 1980; Foucault and Stanley, 1989). כיסוי צומח נרחב מצמצם את הבליה וההסעה של הסדימנטים (Adamson et al., 1980; Schilman et al., 2001). קיימים גם הבדלים בהרכב הכימי והמינרלוגי של הסחף מן המקורות השונים אשר נובעים מבליית המסלע השונה שבאזורי המוצא: הסחף של הנילוס הלבן מוצאו מסלעים פרה-קמבריים במישורי מרכז אפריקה, בעוד שהסחף של הנילוס הכחול ואטברה מקורו ברובו מההרים הבזלתיים באתיופיה (Adamson et al., 1980; Foucault and Stanley, 1989; Krom et al., 1999b; Garzanti, 2006). הקמת סכר אסוואן (1964) הנילוס היה המקור העיקרי לסדימנטים שהצטברו על קרקעית האגן המזרחי (Venkatarathnam and Ryan, 1971; Foucault and Stanley, 1989; Stanley et al., 1997; Krom et al., 1999a, 1999b; Garzanti, 2006). הסדימנטים הגסים של הנילוס הורבדו בדלתא של הנהר ואילו חומר דק גרגר הושקע במעמקי האגן הלבנטיני (Venkatarathnam and Ryan, 1971; Goldsmith and

Golik, 1980; Krom et al., 1999a, מדלתת הנילוס כיוון ההסעה הכללי של הסדימנטים הוא צפון-מזרח. קיימים שני זרמים עיקריים באזור (Emery and Neev, 1960): א) הזרם הכללי באגן המזרחי של הים-התיכון הנע כנגד כיוון השעון לאורך חופי לוב, מצרים, ישראל, לבנון, סוריה, תורכיה ויוון; לעיתים משנה הזרם את כיוונו ופונה דרומה בחלק המרכזי של החוף הישראלי (Stanley et al., 1997); ב) זרם האורך החופי הנע צפונה לאורך החוף הישראלי ומדף היבשת הרדוד; מצפון לעזה נתון הזרם להשפעות כיוון הגלים (Rohrlich and Goldsmith, 1980; Rohrlich, 1984). הזרם הכללי אחראי על הסעת חומרים כגון סילט וחרסית (Rohrlich and Goldsmith, 1984), יחד עם גרגרי אבקה, חומרים פלנקטוניים ושאריות חומרים צמחיים (כגון צמח יקינטון המים שמוצאו בדלתת הנילוס; Galili and Weinstein-Evron, 1989). זרם האורך החופי לעומת זאת אחראי על הובלת סדימנטים גסי גרגר (Emery and Neev, 1960; Goldsmith and Golik, 1980). תרומתם של הנהרות והנחלים המקומיים ביחס לנילוס, עולה כלפי צפון האגן (Venkatarathnam and Ryan, 1971).

החל מתקופת הפליוקן החלו להצטבר סדימנטים ממקור נילוטי לאורך חופי האגן המזרחי, מדף היבשת ומדרון היבשת הישראלי (Gvirtzman and Buchbinder, 1978; Almagor et al., 1998). מאז הקמת סכר אסוואן פסקה תרומתם של סדימנטים ממקור נילוטי לאזור (Stanly et al., 1977; Stanley and Maldonado, 1997). שינויים נוספים חלו עקב התערבות בני-האדם במערכות הנוף (כגון בירוא יערות), אשר גרמו לשינוי תכסית הקרקע ומכאן לשינויים בעוצמת בליית הסלעים וכמות הסדימנטים המוסעים (Schilman et al., 2001; Krom et al., 2002; Garzanti, 2006).

הסדימנטים האיאולים מורכבים ברובם ממינרלי קאוליניט ופליגורסקיט, ומוצאם במדבר סהרה ובמדבר הערבי, בבליה של אבן החול הנובית הפאליאוזואית וסלעי קרטיקון (Venkatarathnam and Ryan, 1971; Ganor and Foner, 1996; Krom et al., 1999a). החומר האיאולי מגיע לאגן המזרחי בעיקר בסופות אבק שחוצות את האגן, על-ידי רוחות מהגזרה הצפון מזרחית (Yaalon and Ganor, 1979; Ganor and Foner, 1996). על-ידי בחינת ההרכב המינרלוגי של הסדימנטים, ניתן להעריך את פיזור הסדימנטים באגן המזרחי: בעבודתם של Venkatarathnam and Ryan (1971), כמו גם במחקריהם של Krom et al. (1999a, 1999b), נמצא כי הסדימנטים ממקור נילוטי נפוצים בעיקר באזור הדלתא של הנילוס ובמזרח האגן (כ-80% לערך), בעוד שתפרוסת הסדימנטים האיאולים גדלה כלפי צפון ומערב, כך שבאזור שמדרום לכרתים כמעט כל הסדימנטים מוצאם בחלקים המרכזיים של מדבר סהרה. דרומית-מערבית לקפריסין מקור החומרים האיאולים במרכז ומזרח הסהרה (Chester et al., 1977). לעומת זאת, בחלקים המזרחיים ביותר של האגן (הכוללים גם את ישראל), מסלול הסעת הסדימנטים עובר מעל מדבריות ערב וסיני (Krom et al., 1999a). ממצאים דומים מצאו Horowitz et al. (1975) בבחינת מקורות גרגרי האבקה בסופות אבק שמוצאן בצפון אפריקה.

מספר מחקרים השתמשו בבדיקת מקורות הסדימנטים בעבר ככלי לשחזור אקלים קדום. בעבודות שונות (Foucault and Stanley, 1989; Krom et al., 2002) נבחן ההרכב המינרלוגי של סדימנטים בדלתת

הנילוס בפלייסטוקן המאוחר ובהולוקן ונמצאו שינויים בכמויות הסחף היחסיות אשר תרמו כל אחד משלושת מקורות הנילוס (הנילוס הלבן, הנילוס הכחול ואתברה), המעידים על שינויי אקלים. התנודות ששוחזרו מקבילות למחקרים אחרים שבוצעו באזור אשר בחנו את גדלי הגרגר של הסדמנטים בתקופות שונות (Adamson et al., 1980) ושחזור מחזורי השקעה באזור הכוללים את שכבות הספרופל (Rossignol-Strick et al., 1982). במחקרם של Krom et al. (1999b) נבחן היחס בין מקורות נילוטים למקורות האבק המדברי האיאוולי בסדימנטים בים היוני ובמערב האגן הלבנטיני בתחילת ההולוקן, כמדד לשינוי אקלימי. העליה היחסית בכמות הסדימנט ממוצא נילוטי בעת הרבדת ספרופל S1 מוסברת בשל עליה באחוז הכיסוי הצמחי באזור הסהרה, שגרם לצמצום כמות האבק ובמקביל עליה בכמות המשקעים, שהביאה להגברת הספיקות בנילוס ובהירות ובנחלים המקומיים. פרט לשינויים בכמות ובהרכב הסדימנטים שמביא איתו הנילוס בתנאי אקלים שונים, שוחזרו גם כמויות הזרימה של הנהר בתקופות שונות, המעידות על שינויים בסובב ובתנאי האקלים (Stanley and Maldonado, 1977; Rossignol-Strick et al., 1982; Rossignol-Strick, 1985; Fontugne et al., 1994; Rohling, 1994; Schilman et al., 2001).

#### 1.3.4 אקלים

האגן המזרחי של הים-התיכון מהווה אזור מעבר מאקלים לח לאקלים יבש. ניתן לחלק את היבשות שמסביב לאגן לשלושה תתי-אזורים אקלימיים על-פי Köppen (1923):

- ❖ צפון-מזרח האזור השייך מבחינה גיאוגרפית לאירו-אסיה ואקלימו ים-תיכוני עם חורף קר ולח וקיץ חם ויבש. אזור זה מושפע ממערכות סינופטיות מצפון ומתופעות אורוגרפיות מקומיות.
- ❖ מזרח האזור המהווה יחידת מעבר בין האקלים הים-תיכוני לאקלים הערבותי והמדברי. אזור זה מאופיין בירידה בכמויות המשקעים ככל שנעים דרומה ומזרחה. עיקר הגשם נובע משקעים מפותחים המגיעים מהגזרה המערבית.
- ❖ החלק הדרום-מזרחי והדרומי שהינו חם ויבש (ערבותי-מדברי). האזור מושפע בעיקר ממערכות מהגזרה הדרומית והדרום-מזרחית – אפיק ים-סוף ומשקעים שרביים המתפתחים בעונות המעבר.

מאפיינים סינופטיים: עיקר הגשם באגן המזרחי נובע מעננות הנוצרת במסת האוויר שבסיסה קר מטמפרטורת פני-הים. מיקום העננים וארגונם המרחבי נקבעים על ידי אופיו של השקע הברומטרי השולט בעת חדירת האוויר הקר למזרח הים-התיכון. חלקו הצפוני של האגן המזרחי מושפע מזרם הסילון הסובטרופי היוצר רצועת רוחות מערביות באזור. בקיץ ממוקם מרכז הזרם מעל תורכיה והזרימות הנוצרות הן אנטיציקלוניות. בחורף מדרים זרם הסילון לכיוון חצי האי סיני והזרימות הינן ציקלוניות עם סיכויים לגשם (Beaumont et al., 1976). קיימים שלושה סוגי שקעים עיקריים הגורמים להיווצרות משקעים באזור (Trewartha, 1962; Beaumont et al., 1976):

- 1) שקעים חורפיים שמוצאם ברום האטמוספירה המגיעים מהאזור שבין קפריסין לחוף הסורי ומכונים "השקע הקפריסאי". שקעים אלו משתלבים עם מערכות הלחץ הנמוכות השכיחות באזור והם האחראים העיקריים לירידת משקעים במזרח הים-התיכון, ששיאם בחודשים דצמבר-פברואר.

2) שקעים רדודים הנעים בחלקה העליון של הטרופוספירה וחוצים את צפון האגן המזרחי של היס-התיכון ממערב למזרח (בין דרום תורכיה וירדן). שקעים אלו גורמים לירידת משקעים בעיקר בחודשי החורף באזור הלבנט.

3) שקעים שרביים שמוצאם מאזור הרי האטלס (שקע סהרה), הנעים מזרחה לאורך החוף הדרומי של היס-התיכון. שקעים אלו גורמים למשקעים מועטים יחסית ולמזג-אוויר חם ויבש בהגיעם למזרח התיכון.

בחורף תתקבלנה כמויות גשמים גבוהות כאשר נושבות באזור רוחות מהגזרה הצפונית המביאות עימן גושי אוויר קרים, המתאפיינים באי יציבות עם מגעם במי היס-התיכון החמימים יחסית, או כאשר מעל לאגן המזרחי קיים לחץ אוויר נמוך. סופות אבק שכיווןן צפון-מערב כלפי דרום-מזרח, אופייניות לעונות החורף והאביב בדרום ישראל ובצפון מצרים, בעוד שבאזורים צפוניים יותר בלבנט סופות האבק מוגבלות לעונת האביב (Kutiel and Furman, 2003). בקיץ ישנה יציבות אטמוספירית הגורמת ליובש בעונה זו. שלוש מערכות סינופטיות פעילות בקיץ וגורמות לתנאים אקלימיים דומים (Trewartha, 1962; Beaumont et al., 1976): א) הרוחות האטזיות שמקורן בדרום מערב אסיה, מהוות שלוחה מזרחית של רוחות המסחר האטלנטיות וגורמות ללחות יחסית גבוהה בחופים וליובש באזורים הפנימיים. ב) הרמה האזורית היוצרת זרימה חמה ויבשה באגן המזרחי של היס-התיכון - רוח צפונית יורדת מרמת אנטוליה דרך הרי הטאורוס עד לחופים המזרחיים של היס-התיכון. בשל השפעות טופוגרפיות נוצר אפיק לחץ נמוך – "האפיק הפרסי", המשתרע מהמפרץ הפרסי ועד לחופי דרום תורכיה. ג) השקע המונסוני – מתפתח בקיץ מעל מרכז אסיה ודרומה עקב התחממות היבשת. האגן המזרחי של היס-התיכון מושפע מאפיקו המערבי של שקע זה, התורם להגברת רוחות צפוניות וצפון-מערביות לאזור.

כמויות משקעים: בצפון האזור (חופה הדרומי של תורכיה ואזורי ההר) יורדות כמויות ניכרות של משקעים (600-1,000 מ"מ לאורך החוף ו-1,400-2,000 מ"מ באזורים ההרריים של דרום תורכיה), מאחר ואזור זה נמצא במסלול התקדמותם של רבים מן השקעים הברומטריים הנעים במזרח היס-התיכון. לעומת זאת ברמת אנטוליה כמויות המשקעים הממוצעות קטנות מ-400 מ"מ בשל השפעתה של רמה ברומטרית מקומית בעונת החורף, ריחוקה מהים והימצאותה בצל הגשמים. באזורים ההרריים של הלבנט כמות המשקעים השנתית הממוצעת נעה בין 600 ל-1,000 מ"מ גשם, להוציא את הפסגות הגבוהות של הרי הלבנון, שבהן הכמות גבוהה יותר (עד 2,000 מ"מ). ככל שמתקדמים דרומה ומזרחה, הן לאורך החוף והן באזור ההרים, הולכת כמות המשקעים ופוחתת בשל הריחוק מהים והשפעת צל הגשם. תנאי אקלים יבשים מאפיינים את מרביתו של אזור הלבנט, עירק וצפון ערב הסעודית. בדרום האזור – חופיה של צפון אפריקה נתונים להשפעת הרמה הסוב-טרופית במשך כל השנה, ועל-כן כמויות המשקעים בהם נמוכות ביותר (פחות מ-200 מ"מ); בעוד שבחלקה המערבי נתונה צפון אפריקה להשפעה של גושי אוויר ושקעים ברומטריים החודרים מהאוקיינוס האטלנטי. ככל שמתקדמים דרומה ומזרחה השפעה זו פוחתת (Beaumont et al., 1976; Goossens, 1985; Walle et al., 1993).

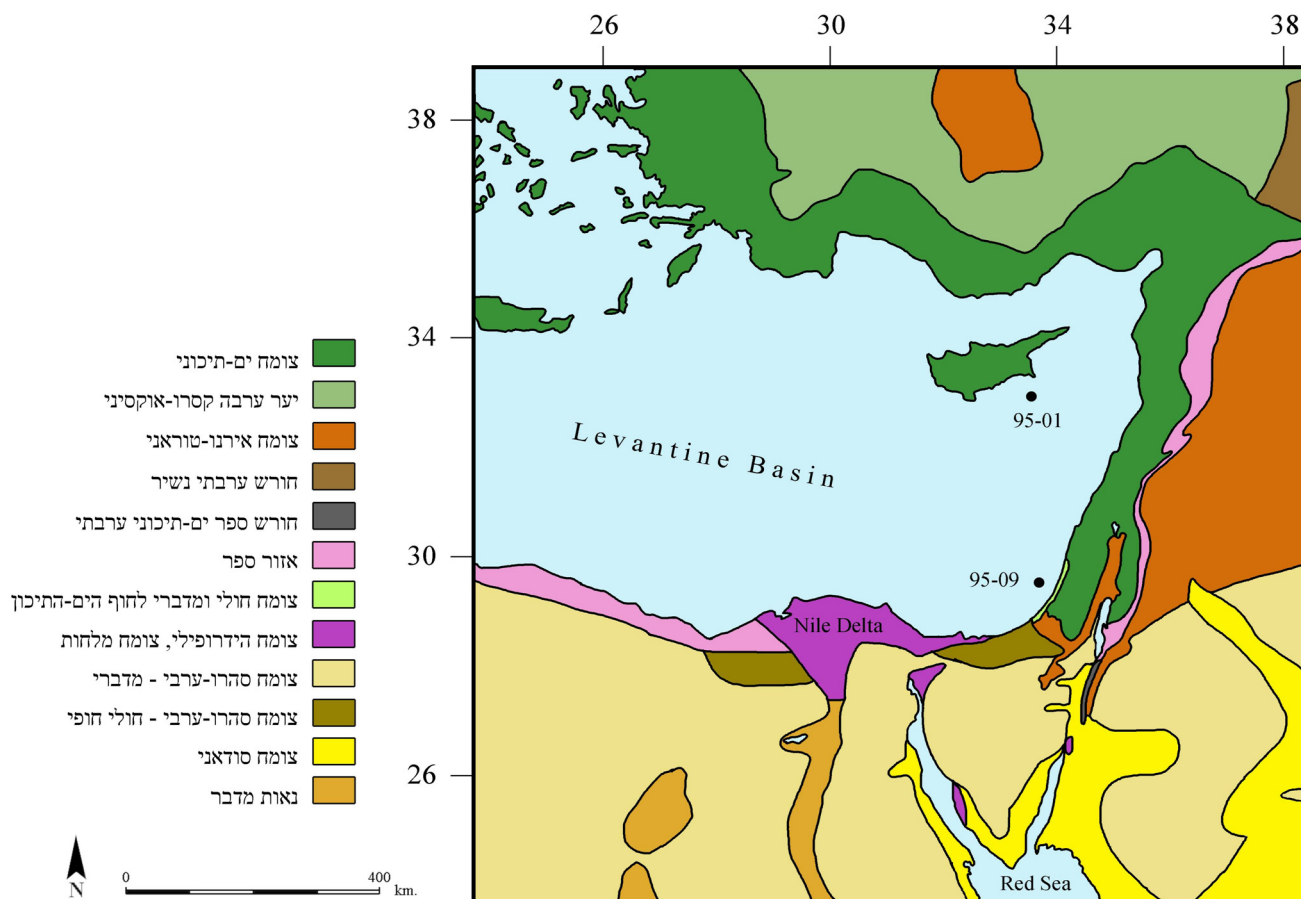
תפרוסת הטמפרטורות: בעונת החורף בצפון אזור המחקר (חופה הדרומי של תורכיה) הטמפרטורות הממוצעות יחסית נמוכות ( $4-8^{\circ}\text{C}$ ) והן פוחתות ככל שמצפינים לרמת אנטליה ( $0-4^{\circ}\text{C}$ ) ולכיוון הים השחור ( $-4-0^{\circ}\text{C}$ ). לעומת זאת באזור הלבנט וצפון אפריקה הטמפרטורות מתונות יותר ( $12-16^{\circ}\text{C}$ ). בעונת הקיץ לאורך חופיה הדרומיים של תורכיה הטמפרטורות נעות בין  $28$  ל- $32^{\circ}\text{C}$ , והן פוחתות כלפי צפון -  $20-24^{\circ}\text{C}$  ברמת אנטוליה. באזור הלבנט ולאורך חופי צפון אפריקה הטמפרטורות הממוצעות הן  $24-28^{\circ}\text{C}$  והן עולות ככל שמתרחקים מהחוף לפנים מדבר סהרה ובקע הירדן תוך הקצנת משרע הטמפרטורות בין יום ולילה ( $28-32^{\circ}\text{C}$ ; Brawer, 1988).

### 1.3.5 צומח

#### 1.3.5.1 צומח האזור כיום

במזרח הים-התיכון נכללים ארבעה חבלים פיטוגיאוגרפים עיקריים: א. הים-תיכוני; ב. האירנו-טוראני; ג. הסהרו-ערבי; ד. הסודני. סקירת הצומח שלהלן מתבססת על העבודות הגיאובוטניות הבאות: Zohary (1962, 1973) ו-Danin (2004).

א. החבל הים-תיכוני: משתרע באזורי ההר (הגובלים ביים-התיכון בדרום ובמערב אנטוליה), ולאורך החוף הלבנטיני וחופי קפריסין. חבל זה מתאפיין באקלים בעל שתי עונות – חורף ממוזג וגשום (כמות משקעים ממוצעת  $1,200-350$  מ"מ) וקיץ חם ויבש. הצומח הים-תיכוני במזרח הים-התיכון כולל בעיקר יערות, חורשים ירוקי-עד, גריגות ובתות. מרום פני-הים ועד  $1,200$  מ' נשלט האזור על-ידי החגורה של הצומח ירוק העד הסקלרופילי. החגורה מורכבת בעיקרה מאלון מצוי (*Quercus calliprinos*), א. הגלעין (*Q. ilex*), זית אירופי (*Olea europaea*), בר-זית בינוני (*Phillyrea latifolia*), אלת המסטיק (*Pistacia lentiscus*), ער-אציל (*Laurus nobilis*), חרוב מצוי (*Ceratonia siliqua*), קטלב מצוי (*Arbutus andrachne*) ומיני אורנים (אורן ירושלים – *Pinus halepensis* ו-*Pinus brutia*). העצים ירוקי העד בולטים מאוד בנופי חגורה זו בעליהם הגלדניים והנוקשים (לכן מכונה החגורה גם בשם "יער וחורש של צמחים נוקשי עליים"). יחד עם זאת מוצאים ברצועת צומח זו גם עצים נשירים כגון אלה ארצישראלית קוצני (*Crataegus aronia*) ואגס סורי (*Pyrus syriaca*).



איור 5 : מפה גיאובוטנית של המזרח התיכון  
 הערה : מעובד על-פי Zohary, 1973

מעל לרום זה (1,200) שוכנת חגורת הצומח ההררית הנשלטת על-ידי עצים מחטניים : (ארז הלבנון - *Cedrus libani*, אורן היערות - *P. silvestris*, אורן שחור - *Pinus nigra* ואשוח - *Abies cilicica*). ומיני ברושיים (ברוש מצוי - *Cupressus sempervirens*, ערער רם - *Juniperus excelsa*). מצפון אנטוליה לאורך החוף הדרומי של הים-השחור ועד לצפונה של סוריה נפוצים בחבל זה הצמחים המזופילים. האקלים הלח שבאזור מעודד צמיחתם של מיני אלונים (למשל אלון שסוע - *Quercus cerris*) וסוגי עצים נשירים נוספים כגון אדר (*Acer*), אלסר (*Corylus*), מילה (*Fraxinus*), שדר (*Betula*), *Alnus*, *Carpinus*, *Ostrya* ותרזה (*Tilia*).

ב. החבל האירנו-טוראני: משתרע במרכז אנטוליה, לאורך הרמה הסורית - ממזרח לרצועת הצומח הים-תיכוני שלאורך החוף הלבנטיני ושדרת ההר המרכזית של מערב הירדן (כולל אזור עבר הירדן), ומסתיים בדרום מישור החוף הארץ-ישראלי. ברוב האזור שורר אקלים יבשתי קיצוני ובו ארבע עונות - החורף קר ולעיתים מושלג בעוד הקיץ חם ויבש; גשמים עשויים לרדת לעיתים בעונות הסתיו והאביב. כמות המשקעים הממוצעת היא בין 150 ל-350 מ"מ. משרע הטמפרטורות נרחב, הן השנתית והן היומית. צמחיית החבל הינה ערבתיית (סטפה - steppe) והיא

עשירה מאוד במספר מיניה. חגורה זו מורכבת בעיקר מעשבים חד שנתיים, שיחים ובני-שיח. מבין הצמחים העשבוניים בולטים הדגניים (Poaceae) והסלקיים (Chenopodiaceae), כגון *מלחית אשונה* – *Salsola vermiculata* *תואית קוצנית* (*Noaea mucronata*). כמו-כן אופיינית לחבל זה *הלענה* (*Artemisia*) על מיניה השונים: *A. fragrans* במרכז אנטוליה, *לענה מדברית* (*A. herba-alba*) במישור הסורי, בהר הנגב בישראל ובמישורי צפון אפריקה ו-*A. terra-alba* במרכז אסיה. בחבל זה גדלות גם חברות שיחים כמו חברת *שיזף השיח* (*Ziziphus lotus*) ובאזורים מסויימים (למשל בערוצים מוגנים) מצויים גם עצים בודדים כגון *אלה אטלנטית* (*Pistacia atlantica*).

בין החבל היס-תיכוני שלאורך החוף הלבנטיני והחבל האירנו-טוראני משתרעת רצועת מעבר, המכונה בשם אזור ספר. באזור זה גדלים מינים יס-תיכוניים יחד עם מיני צמחים אירנו-טורניים ואף סהרו-ערביים. תצורות הצומח האופייניות לרצועה זו עשויות להופיע כבתות, חורשי אלונים ויער פארק. באזורי הספר נפוצים עצים כגון מיני אלונים (*Quercus pubescens*), בקרב השיחים האופייניים ניתן למצוא את *הסירה הקוצנית* (*Pistacia atlantica*), *שברק מצוי* (*Sarcopoterium spinosum*), *ערער רם* (*Juniperus excelsa*), ואלה אטלנטית (*Phlomis*), *ועירית גדולה* (*Asphodelus ramosus*), *תירית גדולה* (*brachyodon*).

ג. החבל הסהרו-ערבי: כולל את מדבריות סהרה, חצי האי ערב, חופי היס-התיכון הלובי והמצרי, סיני ודרומה של ארץ-ישראל. האקלים המאפיין את החבל הוא מדברי טיפוסי: כמות המשקעים השנתית אינה עולה על 150 מ"מ (בדרך-כלל פחות מ-50 מ"מ). יש הבדלים ניכרים בכמויות הגשם בין שנה לשנה ומשרע הטמפרטורות הן היומי והן השנתי הינו נרחב. במדבר מצויים בני שיח רבים, ויש בו שפע של צמחים חד-שנתיים, אולם מגוון המינים הכללי מצומצם יחסית. מבין המינים הבולטים בחבל ניתן למצוא את *רותם המדבר* (*Retama raetam*), *זוגן השיח* (*Zygophyllum dumosum*) ו*פרוק המדבר* (*Anabasis articulata*). אזורי המדבר הנושקים ליס-התיכון מתאפיינים בצומח מדברי חולי וביניהם מיני דגניים כגון *מלענן המטאטאים* (*Stipa capensis*) ו*חיפנצה מדוקרנת* (*Pennisetum dichotomum*), מיני סלקיים כמו *חמדת השיח* (*Hammada salicornica*); גם *הלענה החד-זרעית* (*Artemisia monosperma*) אופיינית לחברות של צמחי חולות. באזורי המלחות המדבריים נפוצים מינים כגון *אוכס שיחני* (*Suaeda fruticosa*) ו*מלוח פגום* (*Nitraria retusa*). בנוסף מתקיימת גם חדירה של צמחי מדבר לאורך חופי היס-התיכון בשל התנאים הדומים (למשל רסס מי היס הגורם למליחות); לכן, לצד צומח האופייני לחבל היס-תיכוני נמצא גם מינים כגון *רותם המדבר* (*Retama raetam*), *לענה חד-זרעית* (*Artemisia monosperma*) ו*מתנן שעיר* (*Thymelaea hirsuta*). הצומח בדרך-כלל מופיע בצורת בתה, שבה רוב השטח מכוסה בני-שיח נמוכים, כמו *סירה קוצנית* (*Sarcopoterium spinosum*) ו*קורנית מקורקפת* (*Coridothymus capitatus*). זוהי אותה תצורה האופיינית גם לאזור ספר, ולשלבי ההתחדשות של חורש יס-תיכוני אחרי פגיעה (למשל אחרי שריפה).

ד. החבל הסודני – מיוצג באזור המזרח התיכון לרב באזורים מוגבלים בתוך החבל הסהרו-ערבי (חבל זה נעדר רציפות גיאוגרפית), בעיקר בנאות מדבר ובערוצי נחלים. הלחות המוגברת במקומות אלה, מאפשרת התפתחות צמחים סודניים, שמקורם באזורים טרופיים באפריקה המזרחית. מבין המינים הסודנים (הנפוצים לעיתים גם בחבלים נוספים) ניתן למצוא את השיזף מצוי (*Ziziphus spina-christi*), מורינגה רותמית (*Moringa peregrina*), פתילת המדבר הגדולה (*Calotropis procera*) וסוגים של עצי שיטה (*Acacia*), שיחד עם צמחים עשבונים המלווים אותם (כגון לובד המדבר – *Aerva javanica* – ובאשן עגול עלים – *Droserifolia cleome*), יוצרים נוף דמוי סוואנה.

### 1.3.5.2 גרגרי אבקה רצנטיים

#### 1.3.5.2.1 כללי

במחקרים העוסקים בשחזור גרגרי אבקה מאובנים נהוג לערוך במקביל גם בדיקות לזיהוי הגרגרים הרצנטיים. עקב ריבוי גורמים המשפיעים על ייצוגם היחסי של גרגרי האבקה ב"גשם הפולן", המאספים הפלינוולוגים (הן המאובנים והן הרצנטיים), אינם מייצגים באופן ישיר את הרכב הצומח. דבר זה מביא לכך, שלא כל הצמחים המרכיבים את הצומח באזור המחקר מיוצגים ב"גשם הפולן" באופן המשקף את חלקם היחסי בצומח השטח (הם יכולים לסבול מייצוג יתר או מתת-ייצוג). ההבדל הבולט ביותר קיים בין צמחים מואבקי-חרקים לצמחים מואבקי-רוח, שכן בעוד שהראשונים מייצרים, בדרך-כלל, כמויות קטנות של אבקה המועברת ישירות מפרח לפרח, מייצרים האחרונים כמויות גדולות יחסית של אבקה המתפזרת באוויר למרחקים גדולים. לכן, מקובל להניח כי גרגרי האבקה של מואבקי-הרוח מהווים את המרכיב העיקרי ב"גשם הפולן", בעוד שגרגרי האבקה של צמחים מואבקי-חרקים מיוצגים בו בדרך-כלל, באופן מצומצם ואקראי (Faegri and Iversen, 1992; ברוד, 1993).

בנוסף לזאת, קיימים גם הבדלים מבחינת אופן הייצוג ב"גשם הפולן", בין מינים שונים של מואבקי-רוח אשר נובעים מצורתם המורפולוגית של גרגרי האבקה. ישנם טקסונים אשר לגרגריהם מידה גבוהה של התאמה לנשיאה על-ידי הרוח (למשל גרגרי האבקה של משפחת האורניים, שלהם שקי אוויר) ועל כן הם מיוצגים ב"גשם הפולן" במספרים גבוהים יותר מייצוגם בפועל. יתרה מכך, ישנם גם הבדלים במידת הייצוג ב"גשם הפולן", בין מינים שונים המייצרים כמויות גדולות במיוחד של אבקה - טקסונים אלה עשויים להתאפיין גם הם בייצוג יתר (לדוגמה סוגי חומעה ממשפחת הארכובתיים; Faegri and Iversen, 1992; Jarzen and Nichols, 1996; ברוד, 1993).

גורמים נוספים המשפיעים על ייצוג הטקסון ב"גשם הפולן" נובעים מפיזור הצומח בשטח, גובה הצמח, היחס בין צומח עצי לצומח עשבוני, צפיפות הצומח, תדירות הפריחה, מכניזם ההפצה (גרגרי אבקה בודדים מופצים טוב יותר, בניגוד למשל, לגרגרי אבקה שלהם נטייה להופיע בתלכידים). בנוסף משפיעים גם התנאים הטופוגרפיים, הפיסיוגרפיים והמטאורולוגיים האופייניים לאזור המחקר (Faegri

1996; Jarzen and Nichols, 1992; and Iversen, 1992; ברוך, 1993). כמו-כן ישנם גרגרי אבקה המשתמרים טוב יותר מאחרים. כך למשל במקרה של טיפוס הלשוניים (Cichorioideae) ממשפחת המורכבים (Bottema, 1975; Weinstein-Evron, 1994). השימור נובע ממספר גורמים, שהעיקרי שבהם הוא כמות הספורופולנין (sporopollenin) הנמצאת בדופן החיצונית (exine) של גרגר האבקה. ככל שהדופן עבה יותר כמות הספורופולנין גדלה. תנאי שימור טובים הקשורים לסביבת ההשקעה, יהיו במקום בו כמות החמצן דלה או נעדרת לחלוטין ( Faegri and Iversen, 1996; Jarzen and Nichols, 1964; Havinga, 1992).

לאור כל האמור לעיל, מומלץ לשלב במחקרים פלינולוגיים גם סקר של גרגרי האבקה הרצנטיים מאזור המחקר. בסיס נתוני "גשם הפולן" הרצנטי מסייע בפרשנות מהימנה יותר של הרכב המאספים הפלינולוגיים המאובנים. בנוסף לבדיקת "גשם הפולן" הרצנטי מקובל לערוך גם תרשימי צומח בכדי לעמוד על ייצוגו היחסי של כל טקסון בכיסוי הצומח בפני השטח.

במקומות בהם הכיסוי הצמחי באזור מסוים לא הופר על-ידי פעילות האדם, ניתן לשלב בין הבדיקות השונות ("גשם הפולן" הרצנטי, תרשימי צומח ופולן מאובן) בכדי לנסות ולעמוד על צומח העבר. במרחב המזרח-תיכוני הצמחיה הטבעית הופרעה ומופרעת על-ידי פעילות בני-האדם במשך אלפי השנים האחרונות, פעילות הנובעת מחקלאות, בירוא יערות, שרפות מעשה ידי-אדם, תהליכי עיור וכיוצא בזה. התהליכים הללו מואצים בשל התפתחויות טכנולוגיות וגידולה של האוכלוסייה האנושית, כלומר ככל שמתקרבים להווה הרי שהשפעת האדם על הצמחיה הטבעית גדלה. ביטוי רב עוצמה לתופעה זו החל מאז המהפכה התעשייתית (החל מסוף המאה ה-18) אשר הביאה לכריתה מאסיבית של יערות. השינויים בצמחיה הטבעית בעקבות התערבות האדם במערכות הנוף מטביעים חותמם גם על "גשם הפולן" הרצנטי. יש לציין שבעיה זו אינה ייחודית לאזורנו והיא נלווית למרבית המחקרים הפלינולוגיים בעולם הבוחנים פולן מאובן ביחס לרצנטי (לדוגמה - Faegri and Grimm, 1990; and Iversen, 1992).

#### 1.3.5.2.2 פלינומורפים ביחידת החקירה

בפרק שלהלן מסוכמות תוצאות של עבודות פלינולוגיות העוסקות בפלינומורפים רצנטיים באגן המזרחי של הים-התיכון:

בעבודתו של Cheddadi (1988) נבדק "גשם הפולן" הרצנטי המרחף באטמוספירה באגן הלבנטיני; מחקרו התמקד בצמחים מואבקי רוח. לשם כך הותקנו פילטרים על גבי ספינות ששייטו בנתיב ההפלגה מרסיי-סואץ ונלקחו דגימות ממספר נקודות ציון. המינים העיקריים שזוהו: צומח ים-תיכוני – אלון, זית, אורן, ארז, לחך וחומעה. עצים נשירים - *Corylus*, *Ostrya*, *Alnus* ו-*Betula*. צומח אירנו-טורני – לענה. צומח מדבר – שרביטן, שבטוט, ימלוח ו-*Moltakia ciliate*. צומח קרקעות מלוחות – סלקיים. חגורות הצומח הנזכרות לעיל מקיפות את מזרח הים-התיכון (ר' איור 5). גרגרי האבקה של הצמחים נישאים על-ידי הרוח ושוקעים לקרקעית הים באופן דומה לפלנקטון (Rossignol-Strick, 1972). ב"גשם הפולן" הרצנטי היה ייצוג למרבית גרגרי האבקה שזוהו במאספים המאובנים. אולם, ישנם מספר

טקסונים שהופיעו רק ב"גשם הפולן". כאלו הם למשל מינים ממשפחת הברושיים, התותיים, הסרפדיים, מיני צפצפה, קזוארינה ואחרים. הופעתם של טקסונים אלה במאספים הרצנטיים בלבד, עשויה לנבוע ממספר סיבות: א). טיב השימור של חלק מגרגרי האבקה אינו גבוה (למשל הסרפדיים, צפצפה) ב). הגעתם של צמחים שונים לאזור על-ידי האדם (קזוארינה לדוגמה) (Cheddadi, 1988).

בעבודתו של Koreneva (1971) מסוכמים תוצאות מחקרים העוסקים בחקר גרגרי אבקה ונבגים מפני השטח של היס-התיכון (הנתונים נסמכים על חלקם העליון של קידוחים ממחקרים שונים מהאזור). Koreneva מצא כי ככל שעולה המרחק מהחוף פוחת מגוון המינים וגובר ייצוגם של הטקסונים שמוסעים למרחקים ארוכי טווח (כגון העצים המחטניים). בקרב המאספים הרצנטיים מהאגן הלבנטיני, נמצא כי למעלה משלושת רבעים מקרב מאספים אלו, נשלטים על-ידי צומח עשבוני ובעיקר סלקיים. יתר המאספים נחלקת בין הצומח העצי (המורכב ברובו מאורן ומיעוטו מעצי אלון, ועצי חורש ים-תיכוני אחרים) ונבגים.

מחקרם של Ayyad et al. (1992) עוסק ב"גשם הפולן" הרצנטי במרחב של דלתת הנילוס. בעבודתם נבדקו ביוטופים שונים: חופים, דיונות חוליות מיוצבות ודינמיות, ביצות, מלחות, קרקעות מלוחות וביצות. הדגימות הרצנטיות הושוו לגרגרי אבקה מאובנים שבודדו מתוך קידוחים של חומר אלוביאלי. המשפחות וסוגי הצומח הדומיננטים במאספי הדלתא הרצנטיים הינם: סלקיים, דגניים, סופיים, לחך, קזוארינה, גמאיים וחומעה. בחקר החומר האלוביאלי נמצא מדד למליחות גופי מים המיוצג על-ידי יחס סופיים-סלקיים: אחוזי סופיים גבוהים מעידים על קיומו של גוף מים מתוק בעוד שעליה בערכי הסלקיים מייצגת התמלחות.

שימוש במשפחת הסלקיים כאינדיקטור למליחות של גופי מים נעשה גם לאורך החוף הישראלי (Galili and Weinstein-Evron, 1985). במחקרם בוצעו אנליזות של "גשם הפולן" הרצנטי ממספר ביצות לאורך מישור החוף הישראלי. מממצאיהם מראים כי אחוזי הסלקיים עולים ככל שמליחות המים עולה בביצות (במלחת עתלית שהינה ברכת מלח מלאכותית נמצאו 47% סלקיים, בביצת הנעמן החשופה לחדירת הים – 28% ובגדור - ברכת מים עונתית זוהו 3.4% סלקיים מכלל הצומח). השליטה של משפחת הסלקיים במאספי הצומח ממלחות חופיות תועדה גם במחקרים נוספים מהאזור: בצפון-מזרח יוון באזורי מישור החוף נעו אחוזי הסלקיים בין 50 ל-90% (Bottema, 1974a) ובצפון מדבר סהרה באזור ביצות החוף נמצאו כ-75% (Calleja et al., 1993).

מספר מחקרים בדקו את גרגרי האבקה הטרופיים והנבגים המוצאים דרכם לים-התיכון דרך הנילוס (Rossignol, 1961, 1962, 1963, 1969 - החוף הישראלי; Rossignol-Strick, 1972 - אבו-סימבל). עבודות אלו סוכמו בספרו של Horowitz (1979): מקור גרגרי האבקה הטרופיים הינו ברמת אתיופיה וברמות של מזרח אפריקה. הללו מושקעים בקרקעית הים, לעיתים מרחק אלפי קילומטרים ממוצאם, יחד עם סחופת סילטית המוסעת על-ידי הנילוס. במאספים הפלינוולוגים ממזרח היס-התיכון ישנו ייצוג סלקטיבי של הצומח הטרופי המביא לכך שרק גרגרי האבקה העמידים יותר מגיעים לכדי זיהוי. הפולן הטרופי כולל את המשפחות: קוציציים - Acanthaceae, Combretaceae ו-Sapotaceae; הסוגים:

*Podocarpus* ו-*Alchornea* והמין-*Dodonaea viscosa*. מגוון המינים של הנבגים הינו נרחב באזורי המוצא של הנילוס, אולם גם בקרבם מתרחש שימור דיפרנציאלי הנובע מעמידותם השונה. משפחות הנבגים השולטות שזוהו במאספים הרצנטיים הינן: Gleicheniaceae, Cyatheaceae, Anthocerotaceae, Schizaeaceae ו-Osmundaceae, Polypodiaceae, Lycopodiaceae, גם במחקרו של Kendall (1969) נימצאו לכך תימוכין: החוקר השווה בין מאסף הנבגים מאגם ויקטוריה שבסמוך למוצאו של הנילוס הלבן למאסף הנבגים שבמורד הנהר. נמצא כי לנבגים מטיפוס ה-Pteridophyte יש ייצוג גבוה במורד ביחס לנוכחותם במעלה הנהר, אשר נובע מעמידותם הגבוהה. Horowitz מדווח במחקריו שפולן ונבגים ממוצא טרופי מוצאים דרכם למזרח הים-התיכון החל מתחילת פעילותו של הנילוס בתקופת הפליוקן (Horowitz, 1974) והם נוכחים לכל אורכה של התקופה (Horowitz, 1992) וכן במהלך הפלייסטוקן (Rossignol, 1969). בעבודותיה של Rossignol (1961, 1962, 1963, 1969) בחוף הישראלי נמצא כי אחוז הטקסונים ממוצא טרופי מהווה קרוב למחצית מהרכב המאספים הרצנטיים בממוצע. המחצית האחרת מורכבת ממספר קבוצות: דגניים וגמאיים - הדומיננטים ביותר במאספים הרצנטיים; לדעת Horowitz (1979) מרבית קבוצה זו אינה מייצגת את הצומח בישראל, אלא מקורה לרוב מדלתת הנילוס ועל-כן נוטים הדגניים והגמאיים לייצוג יתר במאספים הימיים הרצנטיים ביחס לאלו היבשתיים. המחטניים – המין השולט בקבוצה זו הינו אורן ירושלים; נמצאו גם מספר גרגרי אבקה של ארז הלבנון שנישאו ככל הנראה על-ידי רוחות מהגזרה הצפונית. מורכבים - נשלטים בעיקר על-ידי טיפוס הלשוניים (Cichorioideae); לענה יחסית נדירה. שרביטן וסלקיים – מופיעים בערכים בינוניים. גרגרי אבקה של צמחים תרבותיים נעדרים מהמאספים הרצנטיים, ככל הנראה משום שהדגימות נלקחו מעומק 30-40 ס"מ ולכן הינן תת-רצנטיות למעשה. Weinstein (1979) טוענת כי עצי אלון, אלה, חרוב הית נוטים לתת-ייצוג במאספי הפולן הרצנטיים בחוף הארץ-ישראלי בעוד שארן ירושלים נוטה לייצוג יתר. מצב זה נובע מכך שבעת פריחת האורן הרוחות השולטות הינן מהגזרה המזרחית, בעוד ששאר העצים הנזכרים פורחים בעת נשיבתן של רוחות צפוניות ומערביות. השינויים בייצוג הנובעים מכיווני הרוחות מתווספים להבדלים הנובעים ממבנה הגרגר ומכמויות הפולן המיוצרות.

"גשם הפולן" הרצנטי בסהרה נבדק על-ידי Van Campo (1975). דגימות נלקחו מאבק שהצטבר על הקרקע, שמקורו ברוחות הנושבות מצפון מדבר סהרה, דרומה. נמצא כי מאספי הצומח נשלטים בעיקר על-ידי שיחים ועשבים: דגניים, סלקיים, לענה, מורכבים, שרביטניים, לחכיים ומצליבים. הייצוג במאספים הרצנטיים גבוה יותר לגרגרי אבקה שמוצאם באגן הים-התיכון, בהשוואה לגרגרים שמוצאם מדרום לסהרה – מאזורים טרופיים. ההבדלים נובעים מכך שעצים ממוצא משווני וטרופי מייצרים כמויות נמוכות יחסית של גרגרי אבקה וכן מכיווני הרוחות.

במחקרם של Horowitz, et al. (1975), נמצא כי גרגרי אבקה הנישאים על-ידי סופות אבק שמוצאן בצפונה של אפריקה, מגיעים לישראל באמצעות רוחות מהגזרה הדרומית והדרום-מערבית. המאספים הפלינוולוגיים הרצנטיים שנאספו בישראל (בירושלים ובתל-אביב) מייצגים משרעת גיאוגרפית נרחבת בהתאם לכיווני הסופות ונשלטים על-ידי הטקסונים הבאים: דגני תבואות (ממערב הנגב), עצי ברז (ממישור החוף הישראלי), דגניים (צמחי שדות פתוחים ועל-כן עשויים להגיע ממגוון מקורות) לענה וסלקיים (מהנגב ומחופי צפון סיני ודרומה של ישראל) ועצי זית (מגב ההר). סופות אבק שמוצאן

מזרחית לישראל וכן סופות מהגזרה הדרום-מערבית נושאות עימן גרגרי אבקה רבים של סלקיים, לענה וכן מיני מורכבים. מאספי הצומח הן הרצנטים והן הרביעוניים עשויים לייצג אם כן גם את הצומח הגדל במרחבי מסלולן של סופות האבק; מכאן, שבמחקרים פלינולוגים באזור המזרח התיכון יש להתחשב גם בנתיבן של סופות אלו (Horowitz, 1979; Horowitz et al., 1975).

## 1.4 מטרות המחקר וחשיבותו

### מטרות:

1. שחזור השינויים בצמחיה ובאקלים באגן המזרחי של היס-התיכון ברביעון המאוחר, על-פי מאספי גרגרי האבקה שהשתמרו בשני גלעינים מהאזור: גלעין 09-95 מדרום האגן הלבנטיני וגלעין 01-95 מצפון. הניתוח הפלינולוגי מתבסס על הרכב מאספי הצומח (עצים לעומת עשבים), קבוצות הצומח העיקריות וטקסונים אינדיקטיביים המיוצגים במאספים, דרגת השימור וריכוז גרגרי האבקה (כמאפייני סדימנטים מטיפוסים שונים ומידת חימצונם).
2. אפיון מפורט של תנאי האקלים השונים (שחזור שינויים בלחות ובטמפרטורה ובחינת הקשרים ביניהם), לצורך הבנה מעמיקה וכוללת של הגורמים המשפיעים על שינויי אקלים באגן המזרחי של היס-התיכון, יחסי הגומלין ביניהם ותרומתם היחסית בתקופות השונות.
3. השוואה בין צפון האגן הלבנטיני לדרומו. מקור גרגרי אבקה בכל אחד משני הקידוחים הינו שונה, ועל-כן מאפשר לערוך השוואה בין סביבות אקולוגיות שונות באגן המזרחי של היס-התיכון.
4. בניית רצף פאליאואקלימי מייצג לאזור, תוך שילוב תוצאות המחקר הנוכחי יחד עם נתונים מתחומים אחרים אשר נבדקו על אותם הגלעינים והשוואתם לרצפים אחרים בים וביבשה. ניתוח השוואתי של קידוחים מאזורים שונים במזרח היס-התיכון ותיארוכם המדויק, יסייע בבניית רצף מייצג לאזור תוך זיהוי פערים סדימנטרים בחתך, חישוב קצב השינויים ומהלכם, לימוד מהירות התגובה של הצמחיה לשינויים הסביבתיים והשוואה למערכות גלובליות.
5. השוואה בין כלי המחקר הפלינולוגי לשיטות אחרות העוסקות בחקר פלאואקלים ובחינת האופן בו הם משלימים אלה את אלה. העבודה הנוכחית הינה חלק ממחקר מקיף, אשר בו, בנוסף לאנליזות הפלינולוגיות בוצעו על הגלעינים מגוון נרחב של בדיקות.

### חשיבות:

1. עד כה העבודות הפלינולוגיות מהיס-התיכון נעשו במרווחי דגימה גדולים יחסית ובכך הניחו את היסודות להבנת הרצף הכללי באזור. יחד עם זאת, יש חילוקי דעות רבים באשר לאופי התנודות בתוך הדרגות האיזוטופיות השונות. בנייה של עקומה פלינולוגית מפורטת כפי שנעשה במחקר זה תסייע בזיהוי ואפיון תנודות ותהווה בסיס לדיון בנושאים השנויים כעת במחלוקת. יתכן שחוסר המתאם בין המחקרים השונים נובע מדרגות פרוט שונות של הנתונים בשיטות המחקר השונות. המחקר הנוכחי המשולב יכול להוות נדבך חשוב בהבנת שינויי האקלים וגורמיהם באזור.

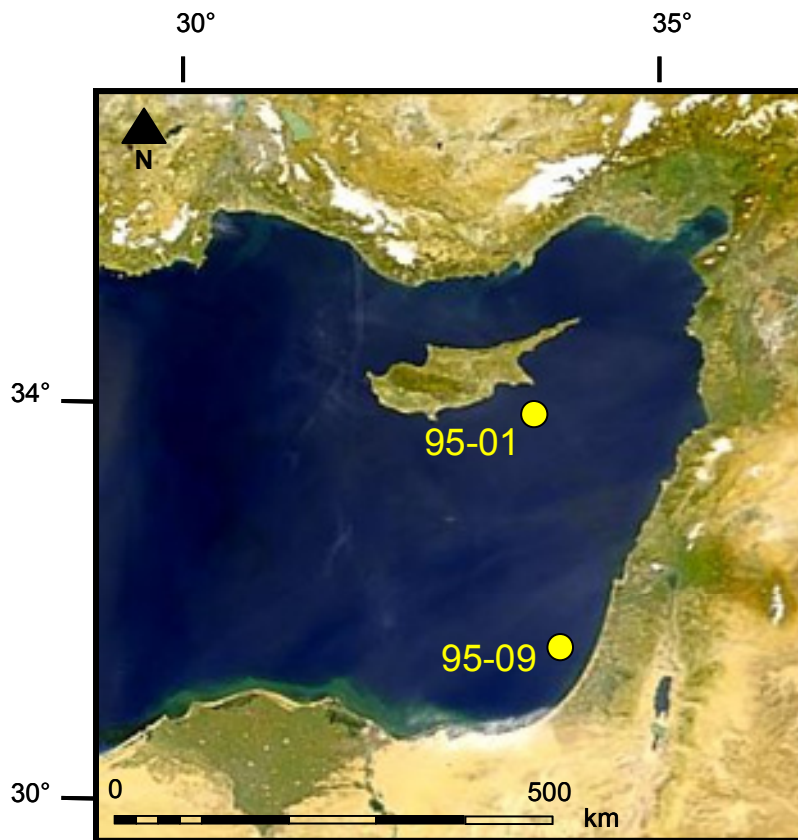
2. מחקר פלינולוגי עדכני באזור יאפשר לעמוד בצורה טובה על תרומתם היחסית של המקורות השונים של גרגרי האבקה לסדימנטים בתקופות שונות ובכך יסייע בזיהוי מקורות הסדימנטים שהורבדו בקרקעית הים. בנוסף בוחן המחקר את מידת השפעתו של הנילוס באזורים הדרום מזרחיים של הים-התיכון, תוך שחזור עוצמות שפיעתו במהלך 90,000 השנים האחרונות.
3. תיעוד שינויים בהרכב הצמחיה והאקלים נמצא כיום בחזית המחקר. הקשר בין שינויי אקלים לשינויי הצמחיה ומהירות התגובה שלה חשוב מאד למתכנני הסביבה לטווח הארוך במיוחד באזור הרגיש לתהליכי מידבור כמו מזרח הים-התיכון.
4. תרומה חשובה נוספת של המחקר המוצע היא לעניין תיארוך עקומות הפולן מהיבשה ובעיקר מבקע ים-המלח. במקרים רבים, עקומות הפולן של אגמים יבשתיים מהאזור חסרות תיארוך מדויק. כיוון שהעקומות הפלינולוגיות שהופקו במחקר הנוכחי מצטיינות בתיארוך ברזולוציה גבוהה, הקורלציה ביניהן לעקומות היבשתיות תאפשר לתארך גם את התנודות המשניות המסתמנות באלה האחרונות.
5. תיעוד שינויי האקלים והצומח באזור המזרח התיכון - אחד האזורים המרכזיים בחקר התפתחות התרבות האנושית, עשוי לתרום להבנת הרקע הסביבתי לפעילות בני האדם בתקופות השונות ולעמוד על יחסי הגומלין ביניהם לסביבה.

## 2. חומרים ושיטות

### 2.1 קידוחים

#### 2.1.1 מיקום

שני גלעיני המחקר הוצאו מהאגן הלבנטיני: קידוח 95-09 נלקח מהחלק הדיסטאלי של דלתת הנילוס (דרום האגן הלבנטיני) וקידוח 95-01 הוצא דרומית-מזרחית לקפריסין (מצפון האגן; איור 6, טבלה 1). הגלעינים נלקחו במהלך הפלגת VALPMED על-ידי ספינת המחקר "Marion Dufresne" בפיקוחה של המדענית הראשית Dr. Martine Paterne, מ-Gif sur Yvette (צרפת); במקום זה גם מאוחסנים הגלעינים.



איור 6 : מפת מיקום

מתוך : [www.intute.ac.uk/science](http://www.intute.ac.uk/science)

בעבודה זו מייצג קידוח 95-09 את דרום האגן הלבנטיני בעוד שקידוח 95-01 מייצג את חלקו הצפוני. גרגרי האבקה שהצטברו בקרקעית האגן עשויים היו להגיע הן ממקורות פלוביאלים (על-ידי נחלים ונהרות שביבשות הסובבות את האגן), והן ממקורות איאולים.

טבלה 1: נתוני קידוח 95-09 וקידוח 95-01

שם הקידוח	מיקום	קו אורך	קו רוחב	עומק עמודת המים (m)	אורך (m)	גיל (אלפי שנים)
(MDVAL) 95-09	מערבית לישראל (מול חופי אשקלון)	34°16.98E	32°01.90N	884	17.8	86ka
(MDVAL) 95-01	דרומית-מזרחית לקפריסין	33°59.54E	34°32.25N	980	11.0	250ka

### 2.1.2 דיגום

הקידוחים נדגמו ברזולוציה גבוהה (טבלה 2), בהתחשב בקצבי הסדימנטציה (ר' 2.1.3). בעבודה זו נחקר גלעין 95-09 לכל אורכו (17.80 מ') והוא מייצג את 90,000 השנים האחרונות. בגלעין 95-01 נבדקו רק חמשת המטרים העליונים (אורכו הכולל הוא 11 מ'), כך שתקופת הזמן שנחקרה זהה בשני הגלעינים (90,000 שנים). קידוחים אלה נמצאו מתאימים למחקר פאליאוקלימי בשל רציפותם, משך הזמן הארוך יחסית אותו הם מייצגים וכן העובדה שאינם מופרים.

טבלה 2: מרווחי דיגום

שם הקידוח	המקטע הנדגם	מרווח בס"מ	עובי הדגימה בס"מ	הערות
95-09	יחידות רגילות	10	2	
	שכבות ספרופל	5	2	
95-01	יחידות רגילות	2	2	דיגום רציף
	שכבות ספרופל	1	1	דיגום רציף

### 2.1.3 הערכת קצבי הסדימנטציה

שחזור קצב הצטברות הסדימנטים הכללי חושב על-ידי חלוקת הפרש העומקים בטווח השנים ומבוטא ביחידות מדידה של ס"מ לאלף שנה (cm/kyr). בגלעין 95-09 חושבו קצבי ההשקעה לכל אורך החתך בעוד שבגלעין 95-01 נערך החישוב עבור חמשת המטרים העליונים בלבד.

## 2.2 פלינולוגיה

### 2.2.1 הפקה

לאחר בחינה של שיטות הפקה שונות בכדי לבודד את גרגרי האבקה מהסדימנטים הימיים בצורה היעילה ביותר, גובשה שיטת הפקה המתבססת על השלבים הבאים:

1. הוספת טבלית מומסת אחת של נבגי ליקופודיום (*Lycopodium*) לחומר הדגימה (הטבלית הומסה באמצעות חומצת מלח - HCL בריכוז 10%).
  2. הוספת HCl (10%) להרחקת הקרבונטים והקלציום.
  3. שטיפה במים מזוקקים.
  4. הפרדת החומר האורגני מן החומר המינרלי על-ידי תהליך הצפה בנוזל כבידה מסוג אבץ ברומי (זינקברומיד - ZnBr). משקלה הסגולי של התמיסה: 1.95.
  5. ניקוי באולטראסוניק למשך 10 דקות.
  6. חזרה על שלבים 4 ו-5.
  7. העברת הנוזל המוצף למבחנה נקיה ושטיפתו במים מזוקקים.
  8. צביעה: 1 טיפת סאפרנין עם אלכוהול בריכוז 30%.
  9. שטיפה באלכוהול אבסולוטי.
  10. הוספת גליצרין ואיחסון הדוגמה.
- כל אחד מהשלבים מלווה בצנטריפוגציה, שמהירותה 3,500 סיבובים לדקה למשך 3 דקות, למעט הצנטריפוגציה לאחר שלבים 5 ו-6 שאורכת 15 דקות.

נבגי הליקופודיום: הוספת נבגים אלו (שגידולם וריכוזם בגלולות הינו תעשייתי), לחומר הדגימה, נעשה לשתי מטרות:

א) חישוב ריכוז הפלינומורפים. הוספת נבגים במספר ידוע לכל דגימה (10,679 בממוצע בגלולה), מאפשרת לחשב את הריכוזים על-פי הנוסחה הבאה:

$$\text{ריכוז} = \frac{\text{סה"כ פלינומורפים שנספרו} \times 10,679}{\text{מס' גרגרי הליקופודיום שנספרו} \times \text{משקל הדגימה (גרם)}}$$

יחידות המדידה הן מספר הפלינומורפים לגרם סדימנט יבש. כל הדוגמאות עברו תהליך של ייבוש (Freeze-drying) לצרכי שימור ועל-כן הן נעדרות מים ונוזלים אחרים המשנים את מסת הדוגמה.

ב) בקרה על תהליך המעבדה. נוכחותם של נבגי הליקופודיום בסיום תהליך הפקת גרגרי האבקה, מעידה על מהימנות ההליכים ולהיפך (היעדרותם מצביעה על בעיות בהפקה).

במהלך עבודת המעבדה פותחה שיטה נוספת להפקת גרגרי האבקה מהסדימנט המאפשרת למחזר את נוזל הכבידה. תחילת התהליך כמתואר בשלבים 6-1 שלעיל. בהמשך הועבר נוזל הכבידה (אשר בו צפים גרגרי האבקה) למערכת פילטרים שלהם חוברו מסננות נייר במפתחים מתאימים (בהתאם לגודל גרגרי הסדימנט והפולן). על-ידי חיבור לצינור וואקום התאפשרה שאיבה חוזרת של נוזל הכבידה, לאחר שעבר סינון (מסננת נייר בעלת מפתח של 5 מיקרון). המשך התהליך כמתואר בשלבים 7-10. מאחר ונוזלי הכבידה על בסיס אבץ (Zinc chloride ו-Zinc bromide), בהם לרוב נעשה שימוש במעבדות

פלינולוגיות, אינם ידידותיים לאדם ואו לסביבה נעשו ניסיונות שצלחו לשימוש בנוזל כבידה אחר: Sodium Polytungstate. החידושים הללו הביאו לראשונה ליישום שיטה להפקת פולן שהינה הן חסכונית מבחינת משאבים (מחזור נוזל הכבידה) והן ידידותית למשתמש ולסביבה. מאחר והשיטה גובשה בשלבים מתקדמים של המחקר העדפנו לסיים את הפקת הדוגמאות בשיטה הראשונה (שלבים 1-10). זאת במטרה לשמור על אחידות ולמנוע הטיה אפשרית של התוצאות בשל שימוש בשיטות שונות (יש לציין שבבדיקות ראשוניות שבצענו נתקבלו עבור אותן דוגמאות תוצאות מקורבות בשתי שיטות ההפקה, אולם יש מקום לעריכת השוואה מדוקדקת יותר בין התהליכים).

בדגימות שבהן לא נמצאו גרגרי אבקה (מקידוח 01-95) נוסו תהליכי הפקה שונים בכדי לנסות ולהתאים את חומר הדגימה לתהליך. כך למשל במקרים מסוימים הוחלף נוזל הכבידה זינקברומיד בזינקלוריד. כן נעשה שימוש ב- EDTA (Ethylene Diamine Tetraacetic Acid) לפני תחילת תהליך ההפקה בכדי להפריד את החרסיות. כל ניסיונות ההפקה הניבו תוצאות דומות. בדגימות אלה, בהן לא נמצאו גרגרי אבקה שימשה נוכחותם של נבגי הליקופודיים כבקרה לכך שההליך המעבדתי בוצע כהלכה.

## 2.2.2 שיטות הזיהוי וההגדרה

האבחנה בין גרגרי האבקה השונים נעשתה על-ידי התבוננות במיקרוסקופ מסוג Nikon Eclipse E-400, תוך שימוש בהגדלות של פי 200, פי 400 ופי 1,000 (אימריסיה). מתוך שאיפה לקבל את מירב המידע מכל דגימה זוהו בנוסף לגרגרי אבקה של צמחים (pollen) גם מאובנים נוספים: נבגים (spores), פטריות (fungal), דינופלגלטות (dinoflagellates) ואצות (algae).

### גרגרי אבקה ונבגים:

הגדרת טיפוסי הפולן התבססה על אוסף ההשוואה המפורט המצוי במעבדה לפלינולוגיה באוניברסיטת חיפה הכולל שקפים של גרגרי אבקה של צמחים רצנטיים. כמו-כן נעשה שימוש במגדירי הפולן הבאים:

1. *Pollen et Spores d'Europe et d'Afrique du Nord* (Reille, 1995; 1998; 1999).
2. *Pollen et Spores d'Afrique tropicale* (Association des palynologues de langue française, 1974).
3. *Pollen and Spores* (Kapp's, 2000).
4. *Les caractères de diagnose de grains de pollen a ballonets* (Sivak, 1975).

זיהוי הנבגים הסתמך רבות על אוסף השוואתי שהוכן על-ידי Rossignol (בין השנים 1966-1967) ועל האוסף שהוכן על-ידי אהרון הורוביץ בתחילת שנות ה-70. שני האוספים מייצגים נבגים רצנטיים מהחוף הים-תיכוני של ישראל ומאוחסנים במכון הגיאולוגי, ירושלים. האופן הטוב בו הוכנו האוספים הללו (ובעיקר אטימת השקפים בשעווה), הביא לשימורם גם לאחר שנים כה רבות. כן התבסס הזיהוי על עבודותיה המפורטות של Rossignol מהאזור (1961, 1962, 1963, 1969).

## פלינומורפים נוספים :

שיטת ההפקה בה נעשה שימוש במחקר הנוכחי (ר' 3.1) נעדרת במכוון את שלב האצטוליזה משום שהליך זה הינו הרסני עבור הפטריות האצות והדינופלגלטות (האחרונות הינן אצות פיטופלנקטוניות היוצרות ציסטות המהוות גופי קיימא).

הדינופלגלטות הוגדרו לטיפוסים בהסתמך על הספרים הבאים :

1. *Neogene and Quaternary dinoflagellate cysts and acritarchs* (Head and Wrenn, 1992)

2. *Dinoflagellates*, in: *Palynology: Principles and Applications* (Fensome et al., 1996)

וכן על אבחנותיה של Rossignol ממחקריה בחוף הישראלי (1961, 1962, 1963, 1969) וממזרח הים-התיכון (Rossignol-Strick, 1972). יש לציין כי חלק מהדינופלגלטות הוגדרו לראשונה בעולם על-ידי Rossignol במסגרת עבודות אלו.

הפטריות אינן מוגדרות לטיפוסים והן מקובצות יחדיו לאורך העבודה. הגדרת האצות, שלעיתים שנויה במחלוקת (יש חוקרים הטוענים כי מדובר למעשה בפטריות ולא באצות ירוקות), מתבססת גם היא על מחקריה של Rossignol מהאזור (1962, 1969, 1972).

בעבודה הנוכחית נעשה שימוש בטרמינולוגיה המקובלת במחקרים פלינולוגים רביעוניים. קיימות בעיות רבות בהגדרת גרגר האבקה עד לרמת המין. לעיתים מתאפשר זיהוי רק עד לרמת סוג או משפחה (Faegri and Iversen, 1992). בעבודה זו נעשה ניסיון, במידת האפשר, להגדיר את הפלינומורפים עד לרמת הפירוט המרבית. במקרים מסוימים חולקו משפחות לטיפוסים מורפולוגים כפי שנעשה במחקרים אחרים מהאזור.

### הגדרת גרגרי האבקה של קבוצת העצים - AP (Arboreal Pollen) :

בגרגרי האבקה של הסוג אלון (*Quercus*) ניתן לערוך אבחנה לשני טיפוסים מורפולוגים : אלונים ירוקי עד - *Quercus calliprinos* type (למשל אלון מצוי - *Quercus calliprinos*, א. הגלעין - *Q. ilex*) ושל טיפוס האלונים הנשירים - *Quercus ithaburensis* type (למשל א. תבור - *Q. ithaburensis*, א. התולע - *Q. boissieri*, א. שסוע - *Q. cerris*).

בקרב העצים המחטניים (Coniferous) ניתנים להגדרה הסוגים והמינים הבאים : אורן (*Pinus*), ארז (*Cedrus*), אשוח (*Abies*), אשוחית (*Picea*), *Tsuga*, *Podocarpus* ו-*Dacrydium* (Sivak, 1975). העצים המחטניים לרוב מיוצגים במאספים הפלינולוגים במידה גדולה יותר מצמחים אחרים. הדבר נובע ממספר סיבות (Sivak, 1975; Faegri and Iversen, 1992) : א) ישנה התאמה גבוהה של גרגרי האבקה של המחטניים לנשיאה על-ידי הרוח, מאחר והם מצוידים בשקיות אוויר. ב) הייצור של גרגרי אבקה עבור עץ בודד הינו גבוה, באופן יחסי לעצים שאינם מחטניים. ג) בשל גודל הגרגר הגדול יחסית של האורניים, גם חלקים ממנו עשויים להיות אינדיקטיביים. ד) גרגרי האבקה של המחטניים הינם עמידים יחסית ועל כן ניתן למצואם לעיתים במאספים הפלינולוגים כהשקעה חוזרת (reposition) מבלייט סלעים. זיהויים

של האחרונים מתבסס על כמות הצבע (סאפרנין) השונה שקלטו הגרגרים (Horowitz, 1992) וטיב שימורם בהשוואה לאלו המאוחרים יותר. הגרגרים החשודים כהשקעה חוזרת נספרו והוצאו מהחישוב הכולל (נספחים 3-4). (ה) מספר חוקרים טוענים כי ההסעה של האגון באמצעות זרמי הים, יעילה יותר מזו של גרגרי אבקה אחרים (Heusser, 1977; Heusser and Balsam, 1977; Traverse and Ginsburg, 1966; Heusser, 1988).

במשפחת הזיתיים זוהה המין זית אירופי (*Olea europaea*), והסוגים בר-זית (*Phillyrea*) ומילה (*Fraxinus*). במשפחת הקסאלפיניים הוגדרו שני סוגים: חרוב (*Ceratonia*) וכליל (*Cercis*). החרוב בשל היותו מואבק חרקים בחלקו, נוטה לתת-ייצוג במאספים הפלינולוגים (Horowitz, 1979). במשפחת האלסריים אובחנו שלושה סוגים: אלסר (*Corylus*), *Carpinus* ו-*Ostrya*. במשפחה Betulaceae זוהו שני סוגים: *Alnus* ושדר- (*Betula*). גרגרי האבקה של המשפחות הבאות הוגדרו לרמת משפחה בלבד: ורדניים (*Rosaceae*), האברשיים (*Ericaceae*) והפיגמיים (*Rutaceae*).

עצים נוספים שזוהו לרמת הסוג בלבד הם: אוג (*Rhus*), צפצפה (*Populus*), ברוש (*Cupressus*), ערער (*Juniperus*), אשל (*Tamarix*), ערמון (*Castanea*), גפן (*Vitis*), אשחר (*Rhamnus*), שיזף (*Ziziphus*), אולמוס (*Ulmus*), אדר (*Acer*), תרזה (*Tilia*) ו-*Myrica*. עצי השיטה (*Acacia*) זוהו אף הם לרמת הסוג, פרט לשיטה המלבינה (*Acacia albida*). גם גרגרי האלה (*Pistacia*) ניתנים לזיהוי רק עד לרמת הסוג (Horowitz and Baum, 1967). יש לציין שמרבית המינים נוטים לתת-ייצוג במאספים הפלינולוגים, למרות היותם מואבק רוח. מגמה זו נובעת מכך שסף העמידות בפני תהליכי חימצון ושימור של גרגרי אבקה אלו הינו נמוך מאוד (הורוביץ, 1968; Weinstein, 1981; Horowitz, 1979).

#### הגדרת גרגרי האבקה של קבוצת העשבים – NAP (Non Arboreal Pollen):

משפחת הדגניים (*Poaceae*) הוגדרה עד לרמת המשפחה בלבד. יחד עם זאת היא חולקה לשני תתי קבוצות בכדי לנסות ולזהות מעבר בין דגני הבר (wild grasses) לתבואות (cultivated cereals). גרגר האבקה של דגן תרבותי בשונה מדגן בר הינו גדול מ-40 מיקרון, דופנו עבה יותר והחור (האופייני לכל הדגניים) הינו בולט יותר (Van Zeist and Bottema, 1977; Kapp's 2000; Bottema, 1992). אולם, מאחר וישנם באזור המזרח התיכון מספר מיני דגני בר המייצרים פולן הדומה בגודלו לדגניים תרבותיים (שאף מואבקים עצמית בחלק מהמקרים), הרי שנוכחות גבוהה של תבואות לא בהכרח מעידה על חקלאות (Van Zeist and Bottema, 1977).

במקרה של משפחות הסלקיים והירבוזיים (*Chenopodiaceae* ו-*Amaranthaceae*, בהתאמה) לא ניתן להגיע לזיהוי לרמת המשפחה בשל מבנה צורני כמעט זהה ועל-כן הם מקובצים יחדיו (Faegri and Iversen, 1992). בקבוצה זו זוהו ארבעה טיפוסים מורפולוגים הנבדלים זה מזה בגודל הגרגר ובמספר החורים האופייניים לכל טיפוס: מלוח – *Atriplex*, *Chenopodium* ו-*Noea* (Van Zeist and Bottema, 1977; ברוך 1993).

במשפחת המורכבים (Asteraceae) ניתן להבחין בשתי בנות משפחה: בת משפחת הצינוריים (Asteroideae) ובת משפחת הלשוניים (Cichorioideae). כמו כן התאפשר זיהויים של מספר סוגים: *Centaurea*, *Artemisia* (קיפודן *Echinops*), זאת משום שגרגרי האבקה שלהם נבדלים בצורתם משאר בני משפחה זו.

במשפחת הסוככיים (Apiaceae) הוגדרו הטיפוסים המורפולוגיים הבאים: *Bunium*, *Ferula*, *Sium*; *Apium*, *Bupleurum*, *Malabala*, *Turgenia*, *Anisociadium*, *Pimpinella*. חלוקה זו מתבססת על מחקרים פלינולוגיים קודמים מהאזור (Van Zeist and Bottema, 1977; ברוך 1993).

במשפחת השושניים (Liliaceae) הוגדרו הטיפוסים הבאים: טיפוס *Bellevalia*, טיפוס השום (*Allium*) *הזעירית* (*Asphodelus*). משפחת השרביטניים (Ephedraceae) חולקה לשני טיפוסים אופייניים: האחד בעל תעלות מסועפות (*Ephedra distachya*) ואילו השני בעל תעלות חלקות (*Ephedra fragilis*). בקרב משפחת הארכובתיים (Polygonaceae) זוהה הסוג *חומעה* (*Rumex*). משפחת השפתניים (Laminaceae) חולקה לשני טיפוסים מורפולוגיים על-פי מספר התעלות שבגרגר האבקה (שלוש – *tricolpe*, או שש – *stephanocolpe*). במשפחת הלחכיים (Plantaginaceae) נערכה הבחנה בין המין *לחך* *אזמלני* (*Plantago lanceolats*) לשאר מיני *הלחך*.

לרמת משפחה בלבד הוגדרו משפחות עשבוניות רבות שייצוגם היחסי בחתכים היה נמוך מאוד. בנוסף לכך, זיהוי טיפוסים מורפולוגיים במשפחות אלה לרוב איננו אפשרי או שהינו חסר חשיבות מבחינת משמעותם האקלימית. כאלו הן למשל: הפרפרניים (Fabaceae), הנוריתיים (Ranunculaceae), המצליבים (Brassicaceae), הציפורניים (Caryophyllaceae), הטבורתיים (Crassulaceae), הלטמיים (Cistaceae), החלמתיים (Malvaceae), הלעתניים (Scrophulariaceae) הגרניים (Geraniaceae) והשלמוניים (Dipsaceae).

#### הגדרת גרגרי האבקה של הצומח ההידרופילי וצומח המים:

הצמחים ההידרופילים מוגדרים במחקר זה כצומח גדות, נהרות, נחלים, אגמים, ביצות, דלתאות ונביעות. הללו חולקו לשתי קבוצות - עצים ועשבים. מבין העצים בולטים *המילה* (*Fraxinus*), *הערבה* (*Salix*) ו*האשל* (*Tamarix*); האופייני גם לגופי מים מלוחים). בקבוצת השיחים ההידרופיליים נכללות משפחות הגמאיים (Cyperaceae), הסופיים (Typhaceae) והכדורניים (Sparganiaceae).

צמחי מים מוגדרים בעבודה זו כצמחים שמרבית גופם שקוע במים. צמחים אלה גדלים לרוב במקווי מים מתוקים כגון אגמים, ביצות, נהרות ונחלים. כאלו הן המשפחות הבאות: הנופריים (Nymphaeaceae), האלטיניים (Elatinaceae), עדשת המים (Lemnaceae) והסוגים: *נהרונית* (*Potamogeton*) ו*אלף העלה* (*Myriophyllum*).

### הגדרת הנבגים :

הנבגים שזוהו בעבודה הינם בעיקר של שרכים וטחבים. מוצאם של כל הנבגים נילוטי, פרט לסוג *Riccia* (המדובר בטחב שמקורו בדלתת הנילוס, שהוצא על-כן מחישוב הנבגים הכולל (ומופיע בנספח 3; Rossignol, 1969). גם במקרה זה נעשה נסיון לערוך אבחנה עד לרמת הפירוט המירבית (משפחה, סוג, טיפוס מורפולוגי ומין במידת האפשר). הנבגים נחלקים לשתי קבוצות עיקריות על-פי צורתם: א. Monolete spore (חד-תעלתי, דמוי כליה); ב. Trilete spore (בעל שלוש תעלות היוצרות יחדיו במרקם פני השטח את צורת האות Y). להלן משפחות הנבגים שזוהו: Sphaganaceae, Thelypteridaceae, Polypodiaceae, Hypolepidaceae, Isoetaceae, Cyatheaceae, Lycopodiaceae, Equisetaceae, Selaginellaceae, Osmundaceae ו-Hymenophyllaceae. במשפחת ה-Cycadaceae אובחנו שני סוגים: *Encephalartos* ו-Cycas. וגם במשפחת Taxodiaceae שני סוגים הוגדרו: *sequoiadendron* ו-*Cryptomeria*. כמו-כן זוהו הסוגים הבאים: *Pteris*, *Botrichium*, *Mohria*, *Asplenium* ו-*Dryopteris*. יש לציין שבתהליך הפקת גרגרי האבקה הוספה טבלית המכילה נבגים של *ליקופודיום*. המדובר בנבגים רצנטים, השונים מהנבגים של משפחת Lycopodiaceae המאובנים שזוהו בקידוחים. מספר רב של הבדלים מאפשר לערוך אבחנה ברורה בין הרצנטים לאלו המאובנים: נבגי הליקופודיום התעשיתיים, עוד בטרם הוספו לדגימות, עברו תהליך אצטוליזה ונצבעו בסאפרנין. בתהליך ההפקה הם נצבעו שנית ועל-כן גוונם הסופי שונה משל שאר הגרגרים המאובנים (כהים הרבה יותר). יתרה מזאת, גודלם של אלו המלאכותיים קטן באופן משמעותי משל שאר טיפוסי הליקופודיום שזוהו ודופנם החיצונית שונה משום שעברו תהליך אצטוליזה. הבדל נוסף מתבטא בדרגת השימור: גבוהה מאוד אצל הנבגים הרצנטים בהשוואה לאלו המאובנים. בנוסף להבדלים הרבים המאפשרים אבחנה ודאית בין שני סוגי הליקופודיום, יש לציין כי בקרב הגרגרים המאובנים נרשמו ערכים בודדים בלבד, בעוד שגרגרי הליקופודיום המלאכותיים מונים מאות ולעיתים אלפי גרגרים בדגימה.

### הגדרת פלינומורפים נוספים :

בקרב הדינופלגטות זוהו הסוגים הבאים: *Hystrichosphaeridium*, *Hystrichosphaera*, *Operculodinium* ו-*Spiniferites*. כן זוהו מספר מינים: *Hystrichosphaeridium israelianum*, *Pterospermopsis van campo*, *Polysphaeridium zohary*, *Baltisphaeridium machaerophorum*, ו-*Baltisphaeridium israelianum*.

מבין האצות זוהו הסוגים *Botryococcus* והמין *Concentricystes rubinus*. הטיפוס הראשון הינו אצה ירוקה קוסמופוליטית האופיינית למים אוליגוטרופיים. המין השני זוהה לראשונה על-ידי Rossignol (1962), היא שיערה שמדובר באצה של מים מתוקים אולם טענתה לא אוששה באופן ודאי. עד היום קיימת מחלוקת האם המדובר באצת מים מתוקים ירוקה ממשפחת ה-Zygnemataceae (Grenfell, 1995) או בפטריה. אצה זו משאירה חותמה בצורה הדומה לטביעת אצבע ומעולם לא נמצאו פרטים חיים שלה. כך או כך, Rossignol-Strick (1972) מצאה כי מוצאן של האצות הינו נילוטי. כל הפטריות קובצו כאמור יחדיו ולא נערכה בהן אבחנה לטיפוסים שונים. פטריות אלה חיות הן במים מתוקים והן בים.

קבוצת "הבלתי ניתנים לזיהוי" (indeterminable) כוללת פלינומורפים שלא ניתן היה להגדירם בשל טיב שימורם ו/או מצבם הגרוע; קבוצה זו נבדלת מקבוצת "הבלתי ידועים" (unknown). האחרונה מקבצת את כל הפלינומורפים שלא הוגדרו.

### 2.2.3 חישוב מגוון המינים

לחישוב מגוון המינים נעשה שימוש במדד הסטטיסטי - Margalef's diversity index. מדד זה מעריך את עושר המינים ומתאים לשימוש בעיקר בדוגמאות שבהם מספר הפרטים אינו אחיד. כן נהוג להשתמש באינדקס זה לצרכי השוואה בין מערכות אקולוגיות שונות (Magurran, 2004). המדד מחושב על-פי הנוסחה:

$$I_{\text{Margalef}} = (S-1)/\text{LN}(n)$$

כאשר S הוא מספר הטקסונים (הכוללים משפחות, טיפוסים, סוגים ומינים של פלינומורפים) ו-n הוא מספר הפרטים במדגם.

### 2.2.4 אופן הצגת התוצאות

מכל דגימה נספרו קרוב ל-400 פלינומורפים, המכילים לפחות 200 גרגרי אבקה מקבוצות ה-AP וה-NAP. מדגם זה מייצג את צמחיית העבר באזור המחקר. כלל הפלינומורפים שנספרו אינם כוללים את גרגרי האבקה החשודים כהשקעה חוזרת (ר' נספחים 3-4). הפלינומורפים שזוהו במיקרוסקופ נספרו והערכים המוחלטים כפי שהתקבלו, הומרו לאחוזים. בניית הדיאגרמות נעשתה כמקובל במחקרים פלינולוגיים רביעוניים ימיים. בחישובים, כלל עקומות העצים, השיחים והעשבים מהווים יחדיו 100% מהרכב הצומח. עקומות ה-AP/NAP מחושבות גם הן כ-100% (ועל-כן מוצגות לרוב כבתמונת ראי). צומח הגדות, המים, הנבגים, האצות, הפטריות והדינופלגלטות חושבו בנפרד. בתחתית כל דיאגרמה הוסבר הבסיס לחישוב. תאור העקומות יתבצע מבסיס החתך כלפי מעלה. ציון של ערכים נמוכים/בינוניים/גבוהים מתייחס לכל טקסון ביחס לעצמו. טבלאות המציגות את הפלינומורפים שנספרו בערכים מוחלטים ובאחוזים מקובצות בנספחי העבודה.

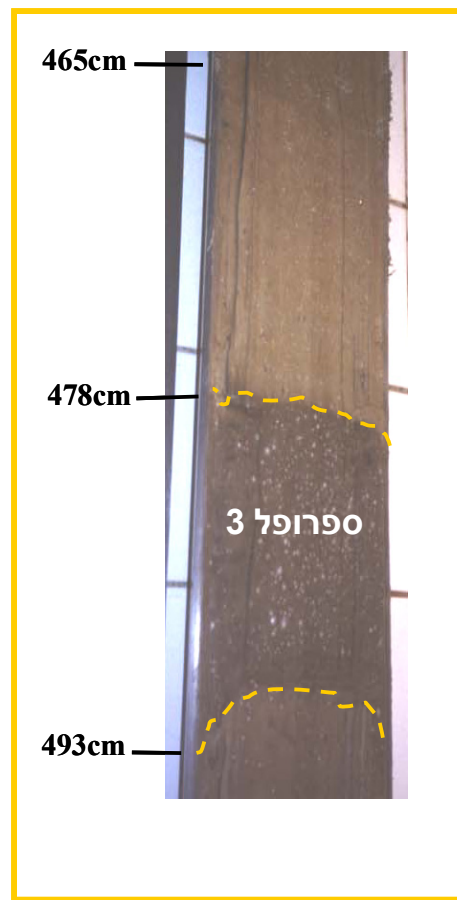
הצמחים המזוהים במאספים הפלינולוגיים מופיעים בדיאגרמות בשמם המדעי ובגוף העבודה בשמם העברי (ובאזכורם הראשון גם בשמם המדעי; בנספח 5 טבלה המרכזת את השמות הלטיניים ותרגומם לעברית). משפחות הסלקיים והירבוזיים (Chenopodiaceae ו-Amaranthaceae, בהתאמה) מכונים בדיאגרמות בשם הכולל - Cheno/Ams ובגוף העבודה - סלקיים.

### 3. תוצאות

#### 3.1 קידוחים

##### 3.1.1 תאור הסדימנט

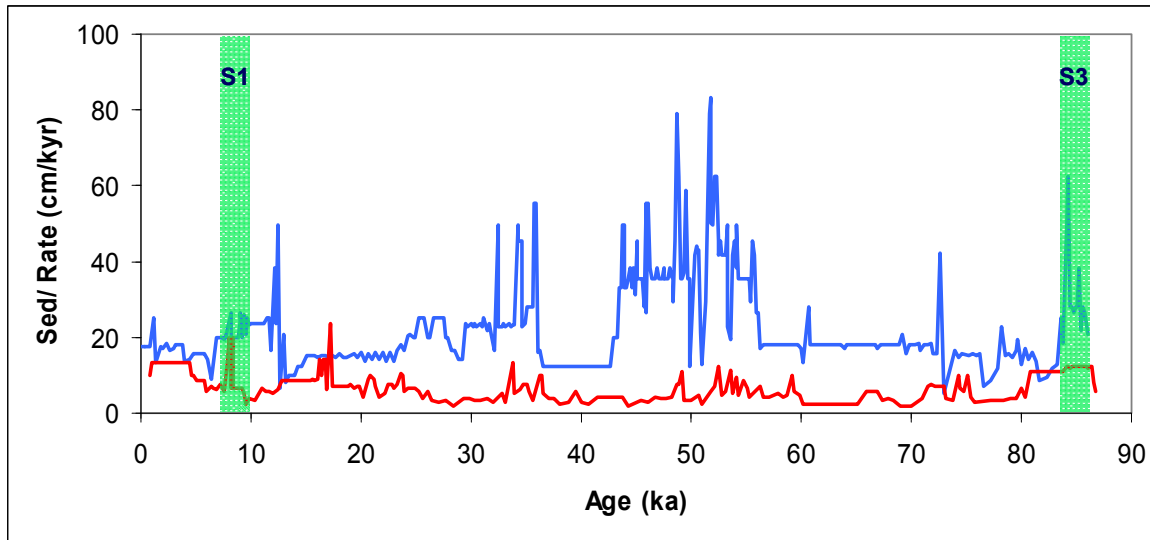
קידוח 95-09: הסדימנט הומוגני וצבעו אפור כהה. שכבות ספרופל אינן ניתנות לזיהוי בעין.  
קידוח 95-01: צבע הסדימנט לאורך חמשת המטרים העליונים אינו אחיד, והוא משתנה בין אפור, חום כהה, חום בהיר וצהוב בהיר. גוונים בהירים נפוצים בחלקים רבים של הגלעין, והצבע הכהה ביותר מופיע במקטעי עומק דקים יחסית (שעוביים עד 14 ס"מ). זוהו שני מקטעים בגלעין שצבעם חום כהה עד חום כהה-אפור. אלו הן שכבות הספרופל. שכבת ספרופל S1 מצויה בעומק של 80-90 ס"מ. צבע הסדימנט משתנה מחום לחום כהה-אפור בעומק 80 ס"מ, המציין את המעבר לגג הספרופל. הצבע הכהה מופיע עד לעומק 90 ס"מ (בסיס הספרופל). נמצא כי שכבת ספרופל S3 מצויה בעומק שבין 478 עד 492/3 ס"מ (איור 7), והיא מורכבת מאופק בגוון חום כהה-אפור. מתחת לעומק זה ועד ל-500 ס"מ, צבע הסדימנט חוזר להיות שוב לחום.



איור 7: תצלום של ספרופל S3 בגלעין 95-01  
צולם על-ידי מירה בר-מטיוס ואהובה אלמוגי-לבין

### 3.1.2 קצבי סדימנטציה

גלעין 95-09: קצבי הסדימנטציה גבוהים באופן יחסי עם קצב ממוצע של 20.6cm/kyr. ממוצע קצבים גבוה במיוחד נמצא בתקופות הבאות (איור 8 ונספח 6): במהלך הצטברות ספרופל S3 - 32.6cm/kyr, ובפרקי הזמן: 55.8-43.5ka - 40.9cm/kyr, 35.9-32.4ka - 32.8cm/kyr וסביב 12ka - עד 50cm/kyr. ערכים ממוצעים נמוכים יחסית נמצאו בפרקי הזמן: 42.6-36.6ka - 12.5cm/kyr ובין 82.3 ל-73.0ka - 14.0cm/kyr.



איור 8: קצבי סדימנטציה בגלעין 95-09 (עקומה כחולה) ובגלעין 95-01 (עקומה אדומה)

קצבי הסדימנטציה בגלעין 95-01 (איור 8 ונספח 7) נמוכים יותר מאלו של גלעין 95-09: הקצב הממוצע ל-86ka השנים האחרונות, הוא 5.8cm/kyr. מבין קצבי הסדימנטציה המירביים, קצב גבוה של 23.5cm/kyr מאפיין את תקופת הדה-גלציאציה ב-17.2ka ובמחצית השניה של ההולוקן ב-4.5-1.0ka - 13.3cm/kyr. גם במהלך הצטברות שכבות הספרופל באזור נמצאו קצבים גבוהים יחסית: עד 12.5cm/kyr בספרופל S3 ועד 20.0cm/kyr בספרופל S1. תקופת הגלציאל התאפיינה בקצבי השקעה נמוכים לכל אורכה - 4.4cm/kyr בממוצע.

המסגרת הכרונולוגית של גלעיני המחקר נקבעה כאמור על-ידי התאמת הרקורד האיזוטופי שלהם ( $\delta^{18}O$  של *G. ruber*) לערכי  $\delta^{18}O$  של הרקורד היבשתי של ספלאוטמים ממערת שורק, המתוארך ברזולוציה גבוהה לפי שיטת אורניום-תוריום (U-Th); ר' 1.2.3 ואיורים 2 ו-3; Bar-Matthews et al., 1997, 1999, 2000, 2003a, 2005; Ayalon et al., 2002; Bar-Matthews and Ayalon, 2003.

## 3.2 פלינומורפים

### 3.2.1 קידוח 95-09

#### 3.2.1.1 כללי

בקידוח 95-09 נבדקו 120 דגימות, מפני השטח של קרקעית הים ועד לעומק של 17.78 מ'. בכל האנליזות שבוצעו נמצא כי נשתמרו פלינומורפים, אשר אפשרו את אפיונם של המאספים השונים. בקרב מאספי הצומח זוהה מגוון של כ-40 עצים ולמעלה מ-50 שיחים ועשבים, המשתייכים למשפחות, טיפוסים, סוגים ומינים שונים. כמו-כן נמצאו שבעה משפחות וסוגים של צמחי מים, למעלה מ-20 טקסונים של נבגים, קרוב לעשרה טקסונים של דינופלגלטות, שני טיפוסי אצות מים מתוקים וקבוצה של פטריות כהות. בנספח 8 מרוכזים כלל הפלינומורפים שנספרו בגלעין 95-09 בערכים מוחלטים ובאחוזים.

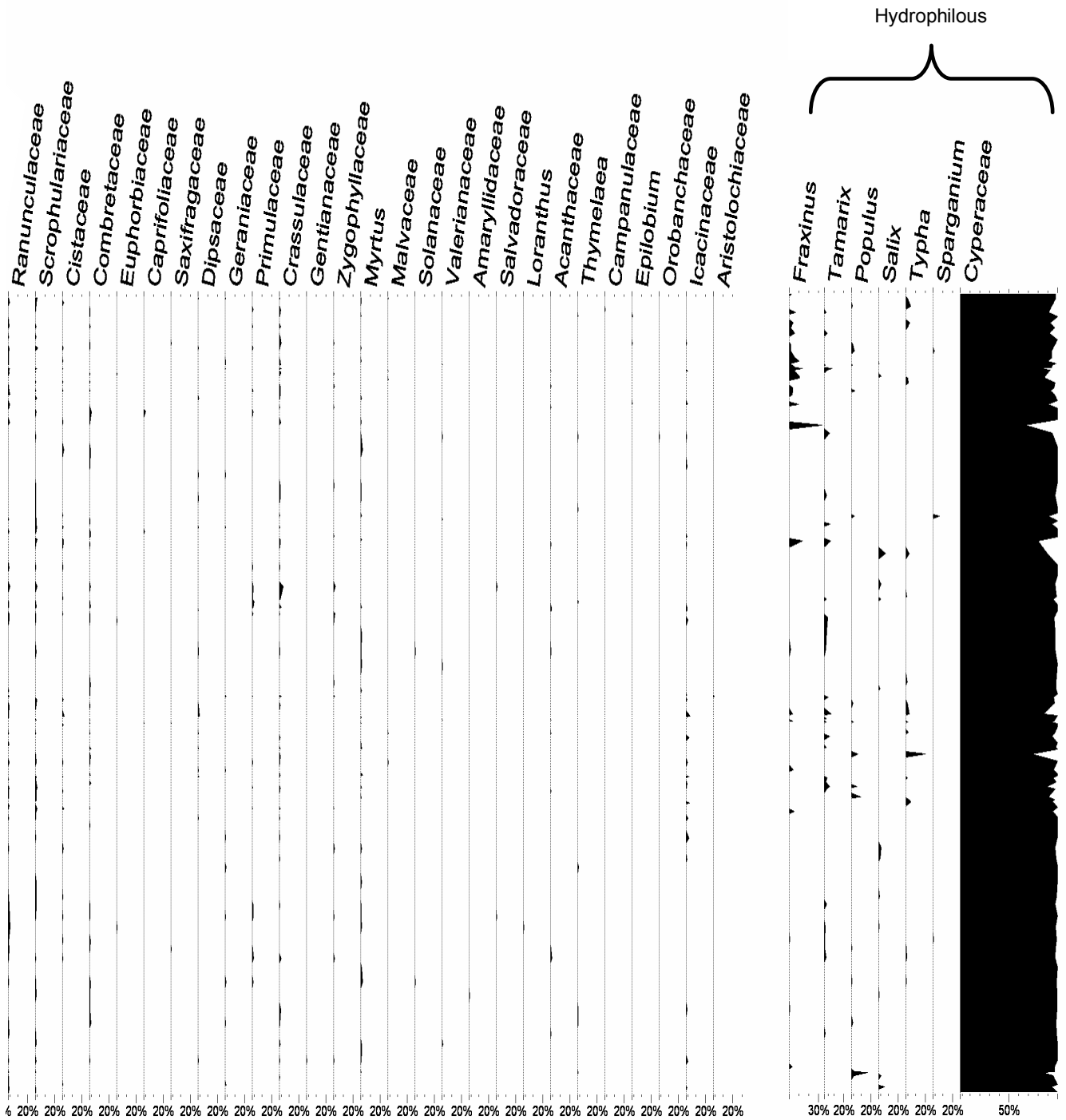
#### 3.2.1.2 ממצאים פלינולוגים

באיור 9 מוצגת דיאגרמה פלינולוגית של כלל המשפחות, הסוגים וטיפוסי הפולן של מאספי הצומח השונים שזוהו בגלעין 95-09. בהמשכה מובאת דיאגרמה של צומח הגדות. במחקרים פלינולוגים ובאלו הימיים בפרט, מקובל לערוך גם חישוב של מרכיבי מאספי הצומח ללא העצים המחטניים, משום שהללו נוטים לייצוג יתר (רי' 2.2.2 ; Faegri and Iversen, 1992 ; Sivak, 1975). הוצאת המחטניים לרוב, כמו-גם במחקר זה, אינה משנה את המגמה הכללית, יתרה מכך - היא מאפשרת להציג את התמונה הכוללת ביתר בהירות, ללא התנודתיות של העצים המחטניים, הגורמים פעמים רבות למיסוכה של התמונה. באופן זה ניתן להתגבר על בעיית ייצוג היתר והשימור של עצים אלו, תוך שמירה על המגמות האופייניות (אולם, תוך צמצום עוצמת המגמות לעיתים). בנוסף לזאת מקובל באנליזות פלינולוגיות מאזור מזרח הים-התיכון, להציג גם את משפחת הגמאיים כחלק מקבוצת ה-NAP (לדוגמא - Cheddadi, 1988; Rossignol-Strick et al., 1992). לכן באיור 10a מובאת דיאגרמה פלינולוגית הנבדלת מאיור 9 בכך שבחישובה הכולל הוצאו המחטניים והתווספו הגמאיים (לאחר שהוצאו ממאספי צומח הגדות - איורים 10a ו-10b). בהמשך לאיור 10a מובאות הדיאגרמות של צמחי המים ושאר הפלינומורפים שזוהו בקידוח זה - ר' איורים 10b-10d. החלוקה לאזורי פולן תבצע על העקומות הפלינולוגיות שבאיורים 10a-10d (ללא המחטניים, בתוספת הגמאיים לכלל הצומח). אם זאת, בעת הניתוח והדיון בדיאגרמות ילקחו בחשבון גם אלמנטים אינדיקטיביים.

מעיון באיור 9 עולה כי הופעתה של עקומת ה-AP/NAP אינה אחידה לאורך 90,000 השנים האחרונות, וכי חלו שינויים ביחסים שבין קבוצות העצים, השיחים והעשבים במהלכה של תקופה זו. מאחר וקבוצות ה-AP וה-NAP מהוות יחד 100% של גרגרי האבקה בכל מדגם, הרי שמעצם תאור מגמת העצים מתקבלת גם מגמת השיחים והעשבים כבתמונת ראי. בתחתית החתך מ-85.9 ועד 75.5ka נמצאו ערכים בינוניים עבור העצים של 20.0-47.0%. החל מ-75.5ka ועד 56.7ka חלה התמעטות מסוימת באחוזי ה-AP - עד 7.1-39.4%. בהמשך בין עד 47.7ka, ישנה עליה בכמות היחסית של העצים - 57.6-21.9%. תקופה זו מאופיינת בתנודות משנה רבות. לאחריה ישנה תקופה ארוכה יחסית הנמשכת עד 17.0ka, עם אחוזי העצים הנמוכים ביותר בחתך. ערכים מינימליים נמצאו ב: 44.0ka - 13.5%, 35.2ka - 7%, 23.7ka - 13.4% וב-18.8ka - 12.6%. סביב 46ka נמצאו אחוזים גבוהים יחסית - 49.3-62.3%. החל מ-15.5ka ישנה עליה משמעותית בערכי העצים - 52.4%, המתמעטים סביב 10ka. עליה מחודשת נמצאה החל מ-7.2ka ועד לגג החתך בהווה: 44.1-64.0%.

הצומח העצי בגלעין 95-09 נשלט על-ידי עצי האורן, ולאחריהם בסדר יורד: טיפוס האלון המצוי, ארז, טיפוס האלון הנשיר, אשוח, בר-זית חית. שאר העצים מופיעים בערכים זניחים. עקומת האורנים מתנהגת לרוב באופן דומה לעקומת ה-AP. יחד עם זאת ישנן גם אי התאמות, כמו למשל בפרקי הזמן בהם הצטברו ספרופלים, אז נמצאו אחוזי עצים גבוהים, אולם נפיצות האורן היתה נמוכה יחסית: 85.9-84.3ka - 2.9-11.9% וב-10.4-7.8ka - 0.4-10.1%. טיפוס האלון המצוי מופיע בערכים גבוהים בבסיס ובחלק העליון של החתך, בעוד שבאמצעו, ב-74.2-14.6ka, נמצאו ערכים בינוניים (בעיקר בפרק הזמן 56.0-47.2ka) ונמוכים יותר ביתר החתך, לעיתים עד כדי 0%. אחוזים גבוהים מאוד נמצאו בעת שקיעת הספרופלים: ב-85.6ka - 21.2%, ב-9.4ka - 18.8% ואילו הערך המקסימלי נמצא ב-1.4ka - 23.3%. עקומת הארז מופיעה כמעט באופן רציף לאורך הדיאגרמה ולרוב בערכים נמוכים המגיעים עד 5%. יחד עם זאת, בפרק הזמן 52.0-46.0ka היו מספר שיאים בערכי הארזים, המגיעים עד 10.3% ואילו אחוזים נמוכים במיוחד נמצאו במהלך הצטברות הספרופלים: ב-85.9-84.3ka - 0-1.2% ובראשית ההולוקן בין 10.4 ל-7.5ka - 0-0.4%. עקומת האלוניים הנשירים דומה לעקומת האלוניים המצויים: אחוזים גבוהים נמצאו בבסיס החתך ובראשית ההולוקן: ב-85.9-84.6ka - 2.4-6.9% וב-9.4-7.5ka - 9.9-2.5%. לעומת זאת בתקופת הזמן 30.1-18.8ka האחוזים נמוכים מאוד - 0-1.4%. האשוח מופיע בערכים יחסית גבוהים בבסיס החתך: ב-85.9-83.0ka עד 4.0% ובחלקו העליון בעיקר במחצית השנייה של ההולוקן עד 6.3%, וכן בפרק הזמן 56.0-44.4ka עד 8.8%, אז קיימות גם תנודות משנה רבות. ערך גבוה נוסף נמצא גם ב-21.0ka עם 7.2%. בר-זית מופיע באופן בלתי רציף ובערכים יחסית נמוכים לאורך החתך - 0-3.8%, הגדלים במהלך ההולוקן עד 5.2%. גם הופעת הזית מקוטעת והיא מיוצגת לרוב באחוזים יחסית נמוכים - 0-3.3%. יחד עם זאת בין 6.4-5.7ka האחוזים של הזית יחסית גבוהים - 4.4-3.8%; ערך גבוה נוסף נמצא ב-32.2ka - 4.2%. נפיצותו של העץ מסוג *Myrica* נמוכה מאוד לאורך החתך, אולם בשני מקטעי זמן נפיצותו יחסית גבוהה: ב-84.3-64.1ka - 2.5% עד 7.8-2.1ka - עד 2.0%. שאר העצים מופיעים בערכים נמוכים מאוד ואינם מראים חוקיות מסוימת בהופעתם.

איור 9 : דיאגרמה פלינוולוגית של כלל מאספי הצומח וצומח הגדות בגלעין 95-09



הערה: כל אחת מבין שלושת הקבוצות הבאות מהווה 100% עקומת ה-AP/NAP, כלל הצומח וצומחי הגדות. בסיס הנתונים לדיאגרמה זו מופיע בנספח 8.

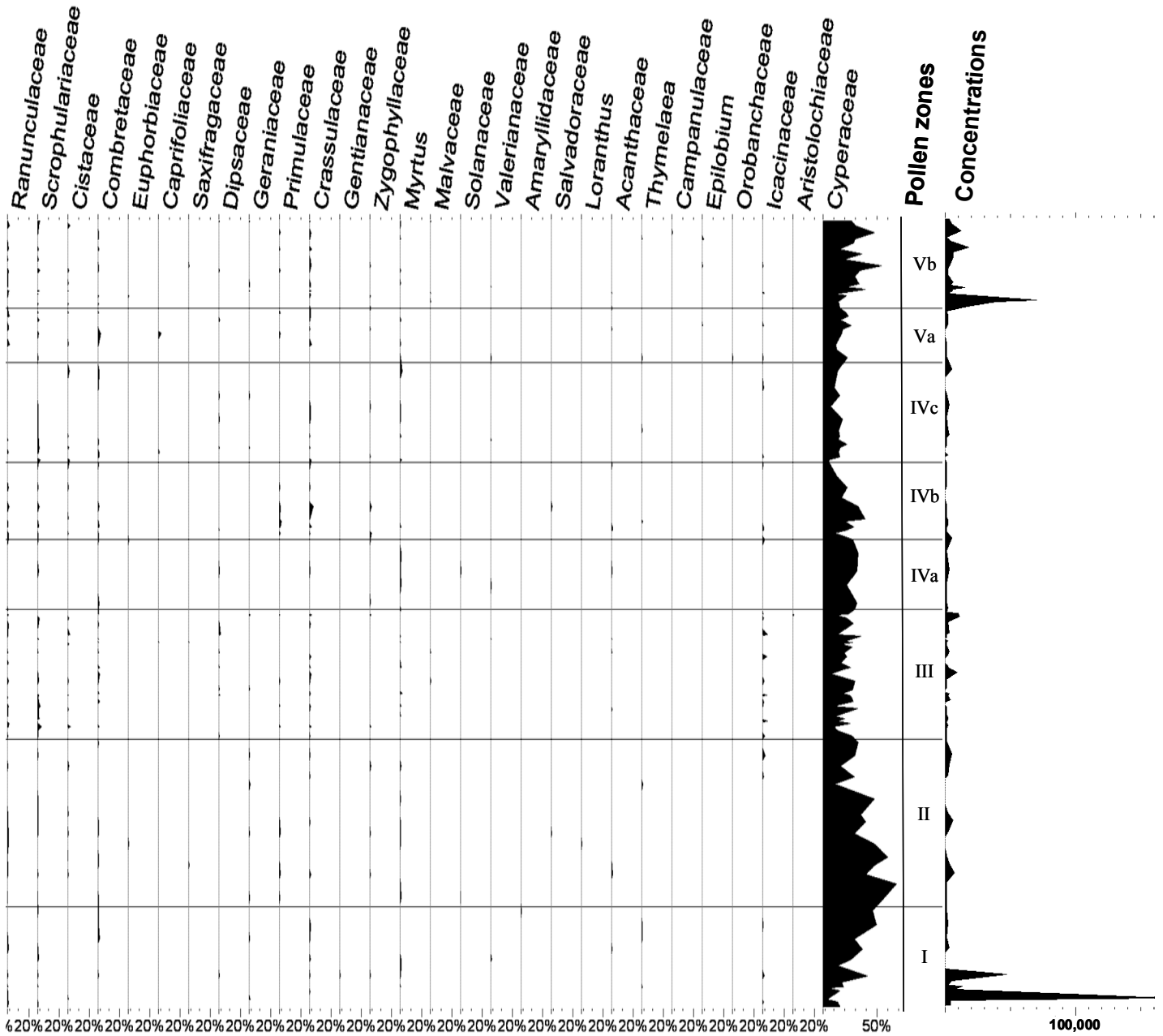


בקבוצת ה-NAP המרכיב הגדול ביותר בגלעין 09-95 הינם הסלקיים ולאחריהם בסדר יורד: הלענה, השרביטן המצוי, המורכבים הצינוריים, הדגניים והסוככיים. משפחת הסלקיים נשלטת על-ידי טיפוס המלוח. טיפוס זה מופיע באחוזים גבוהים לכל אורך החתך - 11.2%-56.1, עם תנודות משנה רבות. בתקופת הזמן 35.9ka-56.0 וכן בהולוקן המאוחר ב-1.4ka-6.4 מתמעטים אחוזי המלוח - 11.2%-32.2 ו-15.1%-26.1, בהתאמה. בדגימות שבבסיס וגג החתך וכן בפרקי הזמן 59.4ka-60.6 ו-9.9ka-10.4, מופיע טיפוס זה בערכים מקסימלים, המגיעים עד 56.1%. שני טיפוסים הסלקיים הנוספים (*Noea* ו-*Chenopodium*) מראים התנהגות דומה לזו של טיפוס המלוח. המרכיב השני בגודלו - הלענה, מופיעה בערכים נמוכים יחסית בחלקה התחתון של הדיאגרמה: בין 85.9 ל-68.1ka - 7.5%-23.3 ובחלק העליון, בין 14.6 ל-3.3ka, ערכי הלענה נמוכים ביותר ומגיעים עד לסף מינימלי של 2.6%. יחד עם זאת, מקטע זמן זה (החל מהדה-גלציאציה ובהולוקן), מתאפיין בתנודות משנה: ערכים גבוהים נמצאו בין 11.9-11.2ka - 27.2%-30.0, ב-8.2ka - 16.2% ובגג החתך - 0.1ka-2.6 - עד 14.1%. השרביטן המצוי, המרכיב השלישי בגודלו בקבוצת ה-NAP, מיוצג לאורך החתך באופן דומה ללענה: ערכים יחסיים גבוהים נמצאו במרכז החתך בין 56.7 ל-19.7ka - עד 14.6%, בעוד שאחוזים נמוכים נמצאו בחלקו התחתון - 58.2ka-85.9 - ובחלקו המאוחר, בעיקר בהולוקן - 0%-8.5. גם הטיפוס השני של השרביטן (*Ephedra distachya*), למרות הופעתו המקוטעת ובערכים יחסית נמוכים של 0%-4.8, מתאפיין במגמות ייצוג דומות לאלו של השרביטן המצוי והלענה, קרי - אחוזים נמוכים בחלק התחתון והעליון של החתך ומעט גבוהים יותר בחלק האמצעי. באופן דומה, גם המורכבים הצינוריים, למרות ייצוגם הנמוך בדיאגרמה, מתנהגים במגמה דומה לזו של הלענה וטיפוסי השרביטן: בין 68.1ka-85.9 נמצאו אחוזים נמוכים יחסית - 0%-3.0, בהמשך ב-15.5ka-67.5 ישנה עליה עד 7.9% ולאחריה שוב נמצאו ערכים נמוכים - 4.2-0%. נפיצות הדגניים אינה מציגה חוקיות מסוימת: משפחה זו מאופיינת לרוב בערכים נמוכים ומופיעה באופן בלתי רציף לאורך הדיאגרמה; יחד עם זאת נמצאו שיאים בהולוקן המוקדם המגיעים עד 9.3%. הופעתם של הדגניים מטיפוס Cereal לאורכו של הגלעין הינה מקוטעת ודלה מבחינת ערכים היחסי - 0%-2.2. בקרב משפחת הסוככיים שולטים גרגרי האבקה מטיפוס *Bunium*, בעוד יתר טיפוסים הסוככיים מופיעים בערכים זניחים. טיפוס ה-*Bunium* מאופיין אף הוא בערכים לא גבוהים והופעתו לאורך החתך מקוטעת, אולם בראשית ההולוקן נמצאו אחוזים יחסית גבוהים המגיעים עד 3.8%. גרגרי אבקה ממשפחת Icacinaceae מיוצגים באחוזים נמוכים מאוד במאספי הצומח, אולם תדירות הופעתם ואחוזיהם גבוהים יחסית בפרק הזמן 45.2ka-58.2 ומגיעים עד 4.0%. נפיצותם של יתר השיחים והעשבים לכל אורכה של הדיאגרמה הינה דלה ואינה מצביעה על שינויים.

הדיאגרמה הפלינולוגית שבאיור 10a (ללא המחטניים ובתוספת הגמאיים), חולקה לאזורי פולן בהסתמך על העקרונות המקובלים במחקרים מסוג זה, שעיקרם תנודות בעקומת ה-AP/NAP ובמרכיבי צומח דומיננטים. גבולות האזורים שנקבעו בדיאגרמה זו מופיעים גם בשאר הדיאגרמות של גלעין 95-09 (איורים 10b-10d), המהוות למעשה חלק בלתי נפרד מעקומת כלל הצומח (איור 10a). תיאור אזורי הפולן של גלעין 95-09 יעשה מבסיס הגלעין כלפי מעלה; תחילה יתוארו בכל אזור מאספי הצומח של קבוצת ה-AP/NAP ובהמשך יתוארו צמחי הגדות והמים (איור 10b), הנבגים (10c), הדינופלגלטות, האצות והפטריות (10d), האופייניים לכל אחד מהאזורים.

איור 10a : דיאגרמה פלינולוגית של כלל מאספי הצומח שזוהו בגלעין 09-95 (ללא העצים המחטניים,

תוך הכללת הגמאיים)



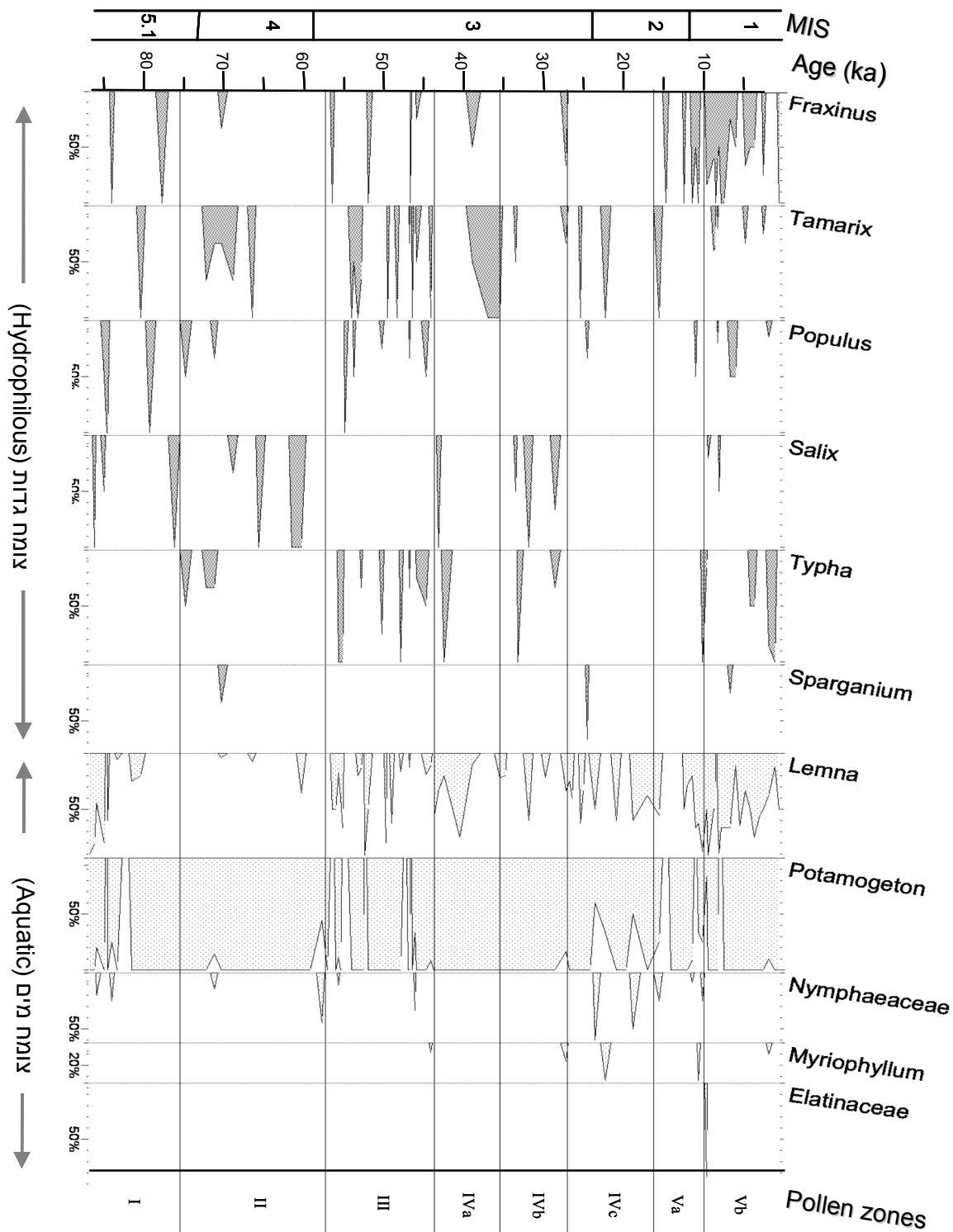
הערה : סך-כל העקומות שבאיור הינו 100%, פרט לעקומת AP/NAP שמהווה אף היא 100%. עקומת הריכוזים מיוצגת בערכים של פלינומורפים לגרם סדימנט.



הופעתם של אלמנטים אינדיקטיביים המוצגים רק באיור 9 מאוזכרת גם בתיאור מאספי הצומח על-פי אזורים כאשר היא מסייעת לחלוקה ולאפיון האזורים.

דיאגרמת הפולן (איור 10a) חולקה לחמישה אזורי פולן. חלק מהאזורים חולקו לתתי-אזורים, בהתחשב בתנודות משנה שזוהו בעקומות הצומח. בעקומה הימנית מופיעים ריכוזי הפלינומורפים. הצומח העצי בדיאגרמה נשלט על-ידי האלונים והזיתיים (בסדר יורד): טיפוס האלון המצוי, טיפוס האלון הנשיר, בר-זית זית. שאר העצים מופיעים בערכים נמוכים יחסית. בקבוצת ה-NAP המרכיב הגדול ביותר בגלעין 95-09 הינם הגמאיים ולאחריהם הסלקיים מטיפוס המלוח, הלענה, השרביטן המצוי, המורכבים הצינוריים, הדגניים והסוככיים.

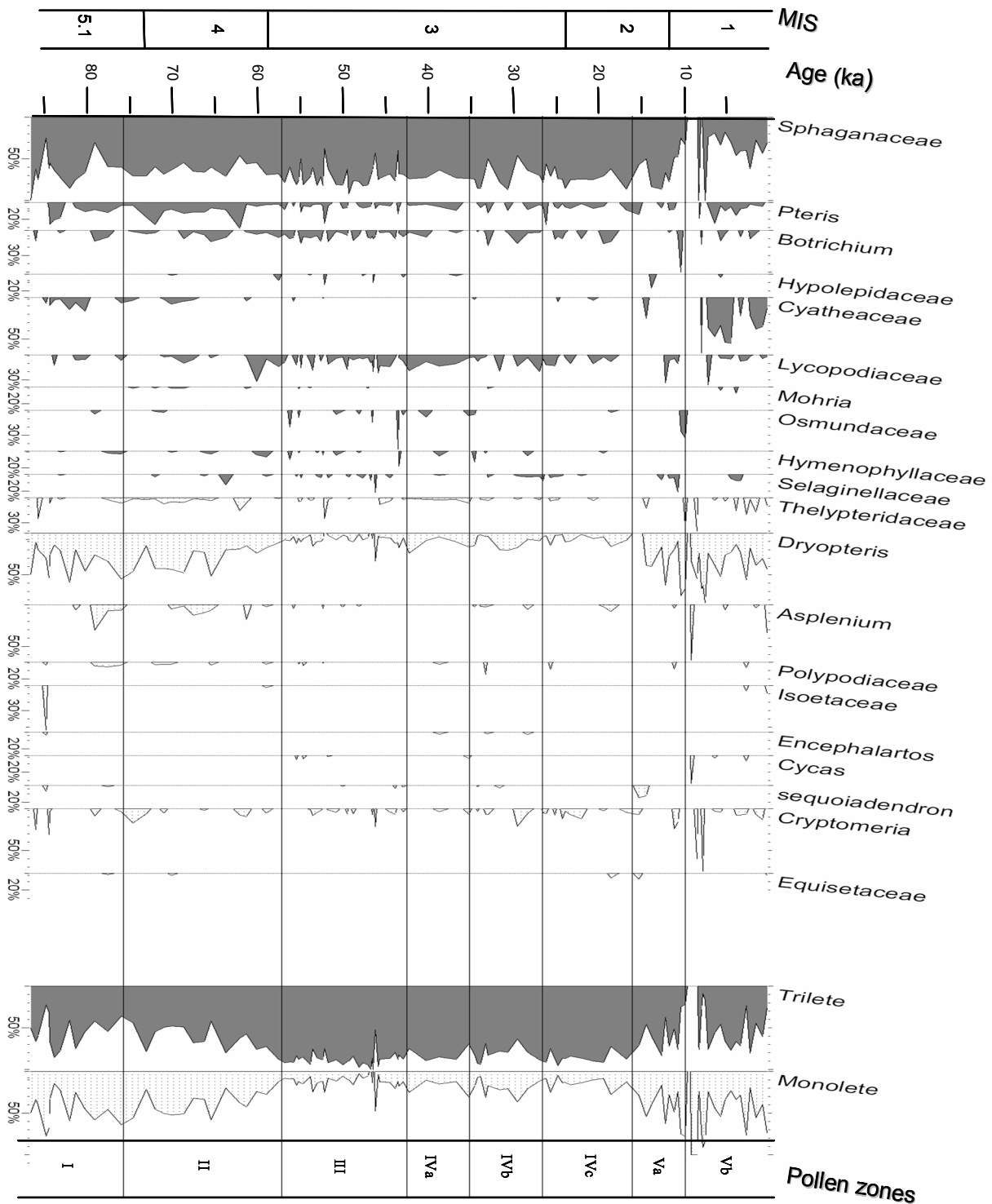
באיור 10b מוצגים צמחי הגדה וצמחי המים. ארבעת העקומות הראשונות מתארות עצים: מילה, אשל, צפצפה וערבה; שתי העקומות הנותרות מייצגות שיחים: סוף וכדורן. אף אחד ממרכיבי הקבוצה אינו מופיע באופן רציף לאורך החתך. הסוגים השונים על-פי מידת הופעתם בסדר יורד הם: מילה, אשל, סוף, צפצפה, ערבה וכדורן. יש לציין שהצפצפה והאשל, המשויכים במחקר לקבוצת צומח הגדות, עשויים לגדול גם בבתי גידול נוספים, אולם בשל הופעתם בערכים נמוכים יחסית (נספח 8), קשה לדון במשמעותם. הופעתם של צמחי המים על-פי נפיצותם היחסית בסדר יורד הינה כדלקמן: נהרונית, עדשת המים, הנופריים, אלף העלה והאלטיניים. הראשונה הינה המרכיב החשוב ביותר בקבוצת צמחי המים; היא נוכחת כמעט ברציפות לכל אורכה של העקומה ולרוב בערכים גבוהים.



איור 10b : דיאגרמות פלינווגיות של צומח הגדות וצומח המים בגלעין 09-95 הערות : צומח הגדות וצמחי המים חושבו בנפרד : סך כל קבוצה מהווה 100%. צומח הגדות מופיע בעקומות הכהות ואילו צומח המים מיוצג על-ידי העקומות הבהירות.

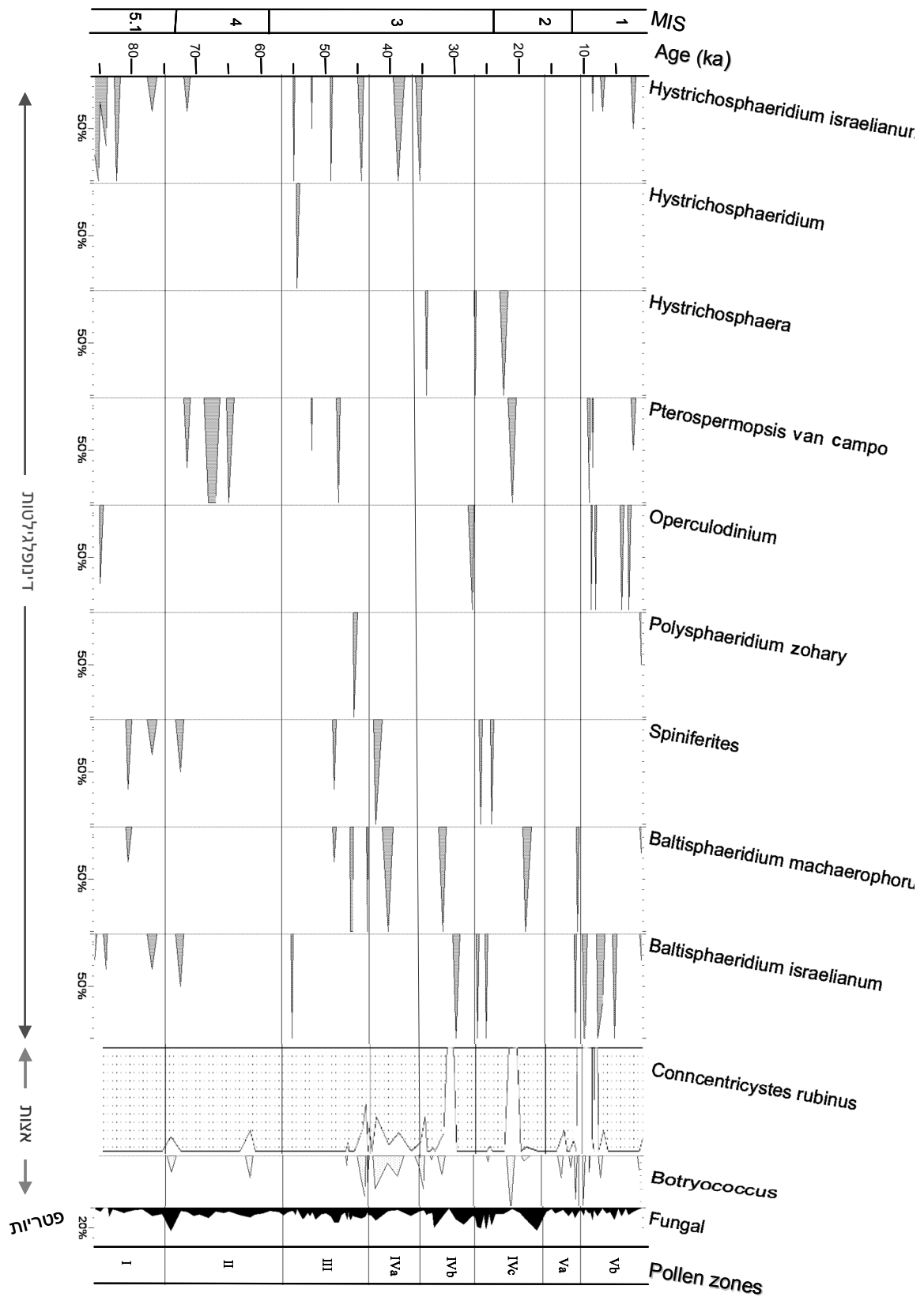
באיור 10c מוצגים הנבגים שזוהו בגלעין 09-95 תוך חלוקתם לאזורי משנה. העקומות הכהות משמאל מייצגות נבגים מקבוצת ה-Trilete בעוד שהעקומות הבהירות שבהמשך הינן מטיפוס Monolete. מאספי הנבגים נשלטים על-ידי נבגי משפחת ה-Sphagnaceae, הנוכחים באחוזים גבוהים מאוד בכל אזורי

הפולן. המרכיב השני בגודלו הינם נבגים מסוג *Dryopteris* ולאחריהם הסוג *Pteris* ומשפחת ה-  
Lycopodiaceae.



איור 10c : תפוצת הנבגים בגלעין 95-09  
הערה: סך-כל העקומות שבאיור הינו 100% פרט לעקומות Monolete ו-Trilete שמהוות יחדיו גם 100%.

באיור 10d מקובצים הדינופלגלטות, האצות והפטריית שזוהו בגלעין 95-09 תוך חלוקתם לאזורי הפולן:



איור 10d: תפוצת הדינופלגלטות האצות והפטריית בגלעין 95-09  
 הערה: סך-כל עקומות הדינופלגלטות (הכחות) מהוות 100%; העקומות (הבהירות) של האצות מהוות גם 100%. העקומה הקיצונית מימין מציגה את סך-כל אחוז הפטריות שזוהו בקידוח, באופן יחסי לכלל הפלינומורפים שנספרו.

הופעתם של הדינופלגלטות על-פי נפיצותם היחסית בסדר יורד הינו: *Baltisphaeridium israelianum*, *Baltisphaeridium machaerophorum*, *Operculodinium*, *Hystrichosphaeridium israelianum*, *Pterospermopsis van campo* ו-*Spiniferites*. נוכחותם של שאר הסוגים והמינים הינה זניחה. כלל הדינופלגלטות מופיעות בערכים נמוכים לאורך החתך ולא באופן רציף (ר' איור 11) ואינן מצביעות על חוקיות מגמת הופעה כלשהי. בקרב האצות זוהו המין *Concentricystes rubinus* והסוג *Botryococcus*. הראשון הינו הדומיננטי ביותר ומגיע במקרים רבים ל-100% ממאספי האצות. מבחינת סך כל הפטריות שזוהו ביחס לשאר הפלינומורפים עולה, שנוכחותן רציפה כמעט לכל אורכו של החתך.

להלן אזורי הפולן שזוהו בגלעין 95-09:

אזור I – 86.0-75.5ka (17.78-16.00m)

האזור מתאפיין בספקטרום פלינולוגי שבו ערכי העצים גבוהים ומגיעים עד 27.0% ומתמעטים בהדרגתיות כלפי סופו של המקטע - 6.6% בגג האזור. יחד עם זאת, ערך מינימלי נמצא דווקא בבסיס המקטע: 85.9ka – 10.6%. המרכיב השליט בקבוצת העצים באזור זה, כמו גם באזורים אחרים הינו האלון המצוי. זהו גם העץ היחיד הנוכח באופן רציף לכל אורכו של האזור. שיא בערכי האלון המצוי מופיע ב-85.0ka – 21.6%. המרכיב השני בגודלו בעקומת העצים באזור זה, הינו טיפוס האלון הנשיר, שאחוזיו מגיעים עד 6.8% ב-84.6ka. ומתמעטים גם ככל שמתקדמים כלפי גג האזור – 1.6% ב-75.6ka. טיפוס זה נעדר לחלוטין ב-83.0ka. גרגרי אבקה של הזית מופיעים באחוזים יחסית גבוהים בבסיס החתך - 85.3ka% – 2.2%. והם נעלמים כמעט לחלוטין החל מאמצעו של האזור. גם הבר-זית והאברשיים מופיעים בערכים בינוניים יחסית בחלק התחתון של המקטע (עד 3.8% ו-1.5%, בהתאמה) ונעדרים לחלוטין ביתר האזור. אחוזי הורדניים מגיעים עד 1.8% ב-81.8ka. עץ ה-*Myrica* מגיע במקטע זה לשיא נפיצותו – עד 2.9% וכך גם ה-*Alnus* - עד 2.9%. בחלקו העליון של האזור נמצאו ערכים גבוהים ל-*Betula* (ב-84.3ka עם 1.5%) ונמצא שיא בהופעתו של האוג – 1.2% ב-77.2ka. יתר העצים מופיעים בערכים נמוכים מאוד ואינם מצביעים על שינויים. הגבול העליון של האזור נקבע על-פי הירידה בערכי ה-AP, הבאה לידי ביטוי גם בעקומות האלונים.

מאספי הצומח בקבוצת השיחים והעשבים באזור I נשלטים על-ידי טיפוס המלוח ממשפחת הסלקיים, שאחוזיהם מגיעים עד 47.7% בדגימה שבבסיס הגלעין. הערכים מצטמצמים ככל שמתקדמים כלפי גג החתך, עד ל-17.5% ב-75.6ka. המרכיב השני בגודלו בקבוצת ה-NAP באזור זה הינם הגמאיים המיצגים מגמה הפוכה, כלומר – ערכים נמוכים בבסיס החתך, הגדלים כלפי חלקו העליון של המקטע – 49.3-46.6%. הלענה הינה המרכיב השלישי בחשיבותו בקבוצת השיחים והעשבים ומופיעה בערכים בינוניים – 18.8-5.4%. גם השרביטן המצוי והדגניים מופיעים באחוזים בינוניים בחלק זה של החתך – 11.7-1.1% ו-5.8-0%, בהתאמה. באופן דומה, תדירות הופעתו של טיפוס הצינוריים ממשפחת המורכבים מתאפיינת בערכים בינוניים יחסית לתדירותו בהמשך הדיאגרמה: 2.2-0% – בקרב טיפוס ה-*Bunium* ממשפחת הסוככיים נמצאו ערכים יחסית גבוהים של – 2.6% ב-84.6ka. יתר השיחים והעשבים מיוצגים בערכים נמוכים מאוד ולכן נוכחותם אינה מבטאת מגמה כלשהי.

ריכוזי הפלינומורפים בחלקו התחתון של אזור I גבוהים מאוד בהבדל של 3-4 סדרי גודל לעיתים בהשוואה לשאר הדגימות שבאזור והינם הגבוהים ביותר בכל החתך. הדוגמאות שבהן נמצאו ריכוזים גבוהים מאופיינות גם על-ידי שימור מעולה של הפלינומורפים. על-פי הריכוזים הגבוהים ניתן להעריך את זמן הצטברות ספרופל S3 בדרום האגן הלבנטיני, בין 85.9 ל-83.0ka. יחד עם זאת, זוהו גם תנודות במהלך אירוע שקיעת הספרופל (ר' טבלה 3): תחילתו בערכים יחסית נמוכים, המגיעים לערך מקסימלי בחתך ב-85.0ka. לאחר מכן ישנה מגמה של ירידה, עד לערך מינימלי ב-84.2ka. בהמשך עולים ערכי הריכוזים עד לסיום אירוע ההרבדה ב-83.0ka.

טבלה 3: ריכוזי הפלינומורפים בגלעין 95-09, באזור פולן I

גיל (ka)	מספר פלינומורפים לגרם סדימנט
75.6	1,394
77.2	2,447
78.8	1,122
80.0	2,924
81.1	544
81.8	532
83.0	46,838
83.7	5,071
84.2	1,669
84.3	12,657
84.6	7,019
85.0	167,898
85.3	4,114
85.9	7,673

הערות: האזור המוצלל מציין את התקופה בה הצטבר ספרופל S3 בגלעין 95-09: 85.9-83.0ka. הערך הממוצע לתקופות שאינן ספרופליות בגלעין 95-09: 2,340 פלינומורפים לגרם סדימנט (ר'נספח 1).

על-פי צמחי הגדה (איור 10b) אזור I אינו נשלט על-ידי טקסון מסויים. בולטים בהעדרם שיחי הגדה – הסוף והכדורן. הנהרזונית הינה המרכיב השולט במאספי המים ולאחריה עדשת המים. ערך גבוה במיוחד נמצא עבור מין זה ב-85.9ka - 90%. המרכיב החשוב ביותר באזור זה בקרב הנבגים, כמו גם בשאר החתך, הוא משפחת ה-Sphaganaceae (איור 10c). יחד עם זאת ב-84.6ka ישנה ירידה חדה בנפיצותם היחסית - 17.5%. הסוג *Dryopteris* מופיע בערכים גבוהים המגיעים עד 55.2% בגג האזור. הסוג *Pteris* נעדר מבסיס המקטע ב-84.6-85.9ka, אולם בהמשכו מגיעים אחוזיו עד 19%. משפחת ה-Cyatheaceae מיוצגת בערכים בינוניים – 0%-9.1. משפחת ה-Hymenophylaceae מופיעה בערכים שאינם גבוהים בחלקו העליון של האזור - 1.5%-1.8. כלל נבגי ה-Trilete מבוטאים בערכים בינוניים עד גבוהים – 22.5%-85.5 בעוד שנבגי ה-Monolete מופיעים באחוזים בינוניים עד נמוכים – 14.5%-77.5. הסוג *Hystrichosphaeridium israelianum* הינו המרכיב החשוב ביותר בקבוצת הדינופלגלטות (איור 10d) ומופיע בעיקר בחלק הקדום שלהאזור. במקטע זה זוהה רק טקסון אחד של אצות - *Concentricystes rubinus*, המהווה אם כן 100% מהמאספים. נפיצות הפטריות נמוכה יחסית באזור I והן אף נעלמות כליל ב-84.6ka.

## אזור II – 75.5-56.3ka (16.00-12.70m)

אזור זה מתאפיין באחוזי עצים נמוכים (2.4%-7.2). האלוניס המצויים שומרים על ערכים נמוכים לכל אורכו של המקטע (0.7%-3.3), פרט לאחוז גבוה יחסית -6.3% ב-64.8ka. האלוניס הנשירים מופיעים בערכים נמוכים בחלקו התחתון של האזור (70.5ka-75.5 – עד 2%) ומעט יותר גבוהים ביתר האזור המגיעים עד 3.3%. הזית מופיע בחלקו האמצעי של אזור II באופן רציף ובנוכחות יחסית בולטת – 68.1-63.1ka – 1.5%-2.0. הבר-זית מופיע בערכים בינוניים המגיעים עד 2.3% ב-68.1ka ומתמעטים כלפי חלקו הצעיר של האזור. הופעתו של העץ *Myrica* אינה רציפה והוא מיוצג באחוזים נמוכים – 1.5-0% וכך גם האלה 0.7%-0.0. תפוצתם של שאר העצים במקטע נמוכה מאוד. הגבול העליון של האזור נקבע על-סמך העליה בערכי כלל העצים ובעיקר אלו של האלון המצוי, החלה באזור שמעליו.

בקבוצת ה-NAP, בולטת באזור זה נוכחותם של הגמאיים – בתחילת המקטע נפיצותם היחסית מגיעה לשיא בחתך – 68.0% ב-72.0ka. בהמשך ישנה ירידה הדרגתית כלפי גג החתך – 16.3%-59.8 וב-61.4ka אף נמצא ערך נמוך מאוד של – 11.0%. המרכיב השני בגודלו בקבוצת השיחים והעשבים הם הסלקיים מטיפוס המלוח. הללו מופיעים בערכים בינוניים וקבועים באופן יחסי – 12.2%-30.4, פרט לתקופת הזמן 60.6-59.4ka אז נמצאו ערכים גבוהים – 39.4%-41.7. שני טיפוסים נוספים של הסלקיים (*Chenopodium* ו-*Noaea*) תואמים שיא זה. המרכיב השלישי בגודלו באזור II בקבוצת ה-NAP הינה הלענה, המופיעה במגמה הפוכה לגמאיים, קרי – ערכים נמוכים בחלקו התחתון של האזור הגדלים בהמשך. שיאים בעקומת הלענה באים לידי ביטוי במקטע זה ב-67.0ka – 25.7% וב-61.4ka – 33.1%. הופעתו של השרביטן המצוי דומה לזו של הלענה: ערכים נמוכים יחסית בבסיס האזור ההולכים וגדלים כלפי חלקו העליון של האזור – 3.5%-10.1. הופעתם של הדגניים והסוככיים במקטע זה אינה רציפה ובערכים נמוכים. המורכבים הצינוריים מופיעים החל מאזור זה ועד גג החתך בערכים בינוניים. בחלקו העליון של המקטע, ב-58.2ka נמצאו אחוזים יחסית גבוהים למשפחת ה-Icacinae עם 2.6%. הופעתם של שאר השיחים והעשבים הינה זניחה. ריכוזי הפלינומורפים בחלק זה בדרך-כלל נמוכים, אולם נמצאו שלושה שיאים במהלך התקופה: ב-71.6ka, ב-65.6ka וב-58.2ka.

בקרב צמחי הגדות באזור II ישנה נוכחות גבוהה לאשל – 100-33.3% ולערבה 100-33.3%, בעוד שהמילה מופיעה בערכים נמוכים – 0%-33.3. מאספי המים נשלטים באופן בולט על-ידי הנהרונית, המהווה קרוב ל-100% במרבית המאספים. אחוזים בודדים נמצאו לעדשת המים ולמשפחת הנופריים. המרכיב החשוב ביותר בקבוצת הנבגים הוא משפחת ה-Sphaganaceae – 28.6%-60.2. אחוזי הסוג *Dryopteris* יורדים באופן הדרגתי לאורכו של המקטע – 11.4%-51.6. הסוג *Pteris* מופיע בערכים גבוהים המגיעים עד 25.0%, אולם בחלק העליון של האזור אחוזיו מתמעטים – 1.6%-3.4. משפחת ה-Cyatheaaceae מיוצגת בערכים בינוניים המגיעים עד 4.4%. כלל נבגי ה-Trilete עולים באופן הדרגתי, החל מ-43.9% בבסיס האזור ועד 87.8% בגג האזור, בעוד שנבגי ה-Monolete מופיעים כבתמונת ראי. הסוג *Pterospermopsis van campo* הינו המרכיב החשוב ביותר בקבוצת הדינופלגלטות. בקרב האצות מהווה המין *Concentricystes rubinus* את הרכיב השולט. נפיצות הפטריות מצטמצמת באופן הדרגתי לאורכו של המקטע.

### אזור III – 56.3-43.5ka (12.70-7.92m)

הן עקומת ה-AP והן מרבית עקומות הצומח מראות באזור זה תנודתיות רבה. אחוזי העצים נמוכים יחסית במקטע זה, אולם הם גבוהים מעט בהשוואה לאזור הקודם. מהתבוננות חוזרת באיור 9 עולה שגם אחוזי העצים המחטניים ובעיקר האורנים והארזים, מעט יותר גבוהים באזור זה, ביחס לקודמו. במקטע הנוכחי נמצאו שלושה ערכי עצים גבוהים מאוד: ב-54.3ka - 27%, ב-46.1ka - 18.2% וב-44.4 - 15.9% וערך מינימלי (הנמוך ביותר שנמצא בגלעין 09-95): ב-44.7ka 0.9%. האלונים המצויים והאלונים הנשירים מופיעים באופן דומה לעקומת ה-AP וערכיהם המירביים תואמים את שיאי העצים. הזית והגז-זית מאופיינים בערכים נמוכים (0-2.2% ו-0-1.2%, בהתאמה). שיא בערכי הגז-זית נמצא ב-51.8ka עם 3.2%. הורדניים נוכחים כמעט באופן רציף בחלקו התחתון של המקטע 56.0-52.7ka ומגיעים עד 1.7%. גם בחלק זה של הדיאגרמה מופיעה האלה באופן מקוטע ובאחוזים בודדים - 0.4-0.0%. יתר העצים גם מופיעים בערכים נמוכים מאוד ואינם מצביעים על שינויים. הגבול העליון של האזור נקבע על-סמך הירידה הקלה באחוזי ה-AP, יחד עם סיום התנודתיות הרבה שאפיינה את המקטע ואחידותו של תת-האזור שמעליו (IVa).

מרכיביה העיקריים של קבוצת ה-NAP מאופיינים אף הם בתנודתיות רבה. הספקטרום הפלינולוגי באזור III נשלט על-ידי הלענה, אשר מופיעה במקטע זה בערכים הגבוהים ביותר בגלעין 09-95 ומגיעה לשיא ב-54.4ka עם 45.6%. המרכיב השני בגודלו בקבוצת השיחים והעשבים הם הגמאיים, המיוצגים בערכים בינוניים – 7.6% - 34.8ka. גם טיפוס המלוח ממשפחת הסלקיים, המהווה במקטע זה את המרכיב השלישי בגודלו בקבוצת השיחים והעשבים, מופיע בערכים בינוניים - 11.6%-35.2. טיפוס ה-*Chenopodium* מיוצג באחוזים יחסית גבוהים המגיעים עד 5.4%. נפיצתו היחסית של השרביטן המצוי גבוהה לאורך המקטע עם 0.1%-4.3%; טיפוס השרביטן הנוסף (*Ephedra distachya*) מאופיין במגמה דומה לזו של השרביטן המצוי. תדירות הופעתם של הדגניים אינה גבוהה עם 0.1%-4.3, אולם נפיצותם של המורכבים הצינוריים עולה באופן יחסי במקטע זה ומגיעה עד 5.7%. הסוככיים מיוצגים בערכים בינוניים בפרק הזמן 52.7-49.1ka עם 0.4%-2.5. בחלקו העליון של האזור נמצאו אחוזים יחסית גבוהים למשפחת ה-Icacinae - 4.3% - 45.2ka. עקומת הריכוזים באזור III מציגה תנודתיות רבה, באופן דומה לעקומות הצומח. שני ערכים גבוהים של ריכוזי פלינומורפים נמצאו במקטע זה: ב-49.6ka ובין 44.7 ל-44.4ka.

בקבוצת צמחי הגדות באזור III מופיעים בערכים בינוניים עד גבוהים המילה, האשל, הצפצפה והסוף, אולם הופעתם נעדרת רציפות. הערבה והכדורן אינם מופיעים כלל במקטע. מאספי המים נשלטים גם באזור זה על-ידי הנהרונית, המהווה קרוב ל-100% במרבית מהמאספים, יחד עם זאת, ערכי עדשת המים עולים החל ממקטע זה ועד לגג החתך. שאר טקסוני המים מופיעים בערכים זניחים. הנפיצות היחסית הגבוהה המאפיינת את הנבגים ממשפחת ה-Sphaganaceae לאורך הגלעין, אף עולה במקטע – 35.5%-84.3. אחוזי הסוג *Dryopteris* ו-*Pteris* מתמעטים מאוד – 0-17.6% ו-0-25.0, בהתאמה, בעוד

שערכי משפחות ה-Lycopodiaceae וה-Osmundaceae עולים באזור III ומגיעים עד - 20.7% ו-18.2%, בהתאמה. כלל נבגי ה-Trilete מופיעים במקטע הנוכחי באחוזים הגבוהים ביותר לאורך החתך המגיעים עד 100% סביב 46ka, בעוד שנבגי ה-Monolete המופיעים כבתמונת ראי, הם הנמוכים ביותר. קבוצת הדינופלגלטות אינה נשלטת על-ידי טקסון מסויים. בקרב האצות מהווה המין *Concentricystes rubinus* את הרכיב הדומיננטי ביותר גם במקטע זה. הפטריות מופיעות בערכים בינוניים.

#### אזור IV – 43.5-16.2ka (7.92-2.92m)

כלל האזור מתאפיין באחוז העצים הנמוך ביותר בחתך: 1.5%-11.3%. ערכי האלון המצוי נמוכים מאוד – 0.4%-4.3% וכך גם אחוזי האלון הנשיר המופיעים באי רציפות ובערכים נמוכים – 0%-5.7%, בעיקר בחלק העליון של המקטע. הזית והבר-זית מופיעים בערכים יחסית נמוכים ובאופן בלתי רציף. נפיצות הלענה מעט יותר נמוכה ביחס לאזור הקודם – 11.7%-33.3%. אחוזי טיפוס המלוח ממשפחת הסלקיים עולים בהדרגתיות לאורך המקטע – 14.4%-41.7%, בעוד ערכי הגמאיים מתמעטים כלפי גג האזור – 5.1%-38.9%. ריכוזי הפלינומורפים נמוכים מאוד. הגבול העליון של האזור נקבע על-סמך העליה החדה הן בערכי כלל ה-AP המתבטאת גם בעליה בערכי האלונים (ירוקי עד ונשירים), הזית והבר-זית, ומלווה בירידה משמעותית באחוזי הלענה.

בקרב צמחי הגדות המרכיב החשוב ביותר באזור IV הוא האשל, המופיע בערכים גבוהים בעיקר בפרק הזמן - 35.9ka-39.4 עם 50%-100%. מאספי המים נשלטים גם באזור זה על-ידי הנהרונים, המהווה קרוב ל-100% במרבית המאספים. יחד עם זאת, ערכי עדשת המים מופיעים ברציפות ובערכים גבוהים בבסיס וגג האזור: בין 39.4ka-43.1 עד 75% ובין 17.0ka-26.2 מגיעים עד 62.5%. נפיצות הנבגים ממשפחת ה-Sphaganaceae נותרת גבוהה באזור זה – 38.1%-83.7%. אחוזי הסוג *Dryopteris* ו-*Pteris* נותרים נמוכים – 1.7%-23.9% ו-0%-25.7%, בהתאמה, בעוד שערכי משפחת ה-Lycopodiaceae יחסית גבוהים ומגיעים עד – 18.2%. כלל נבגי ה-Trilete מופיעים במקטע הנוכחי באחוזים גבוהים מאוד המגיעים עד 91.4%, בעוד שנבגי ה-Monolete מיוצגים בערכים נמוכים. בקרב האצות מהווה המין *Concentricystes rubinus* את הרכיב הדומיננטי ביותר גם במקטע זה, אולם הוא נעדר לחלוטין ב-31.2ka וב-21.0ka. נפיצות הפטריות עולה כלפי גג האזור ומגיעה לשיא ב-17.0ka עם 29.2%.

בהסתמך על-שינויים בעקומת ה-AP/NAP ועל תנודות משנה במרכיבי צומח עיקריים, חולק אזור IV לשלושה תתי-אזורים:

#### תת-אזור IVa – 43.5-35.9ka (7.92-6.85m)

הנפיצות היחסית של העצים במקטע זה נמוכה מאוד עם 2.4%-7.5%. האלונים המצויים מאופיינים בערכים נמוכים, עם עליה מסוימת בפרק הזמן – 41.0ka-43.1: 3.7%-3.8%. תדירות הופעתם של האלונים הנשירים דלה – 0%-1.3%. עצי האלה שהופיעו עד כה בחתך באחוזים בודדים, נעדרים כליל ממקטע זה. גם אחוזי הזית והבר-זית נמוכים מאוד 0%-1.0% ו-0%-0.9%, בהתאמה. הורדניים מופיעים בערכים בינוניים בחלקו המאוחר של תת-האזור – 0.5%-0.8% ב-35.9ka-37.4. נפיצותם של שאר העצים במקטע הינה נמוכה מאוד.

שלושת המרכיבים העיקריים בקבוצת ה-NAP (בסדר יורד) הינם: הגמאיים, הלענה והסלקיים (מטיפוס המלוח). הופעת המרכיבים הללו הינה יציבה ובערכים בינוניים: גמאיים - 31.6-21.9%, לענה 27.2-22.6% וסלקיים 30.5-16.7%. גם נפיצותו היחסית של השרביטן המצוי הינה אחידה ובאחוזים בינוניים - 9.3-4.0%. המורכבים הצינוריים מופיעים בערכים בינוניים המגיעים עד - 5.3% בראשית המקטע. גם הופעת הדגניים מקוטעת ובאחוזים נמוכים - 2.1-0%. נוכחותה של משפחת הארכובתיים עולה לקראת סופו של המקטע - 1.2-0.8% ב-37.4ka-39.4. בהופעתם של יתר השיחים והעשבים לא נמצאו שינויים רבים והם מופיעים בערכים זניחים.

#### תת-אזור IVb - 35.9-27.1ka (6.85-4.75m)

מקטע זה פחות הומוגני מקודמו והוא מתאפיין במספר תנודות משנה בעקומת ה-AP. ערכי עקומת העצים נמוכים, אולם נמצאו שני שיאים: ב-31.2ka - 11.3% וכן ב-27.4ka - 9.4%. תדירות הופעתם של האלונים המצויים בתת-האזור הינה הנמוכה ביותר לאורך החתך עם 3.5-0.5%. גם האלונים הנשירים מופיעים באחוזים נמוכים - 2.1-0% ובאופן בלתי רציף, אולם ב-31.2ka נמצא ערך יחסית גבוה עבור טיפוס זה של אלונים - 5.7%. הזית מיוצג בערכים בינוניים 3.3-0% וכך גם תבר-זית 3.7-0%. הנפיצות היחסית של הורדניים מבוטאת בערכים בינוניים בחלקו העליון של תת-האזור 1.9-0.5% ב-31.2ka. באמצע המקטע נמצאו ערכים מקסימלים לאלסר - 1.9% ב-32.1ka ולמשפחת הפיגמיים - 0.8% ב-32.2ka. האלה נעדרת כליל מחלק זה של החתך.

מאספי הצומח בקבוצת ה-NAP נשלטים בסדר יורד: טיפוס המלוח ממשפחת הסלקיים - 32.3-14.4%, הלענה 32.5-11.7% והגמאיים 38.9-6.3%. השרביטן המצוי מופיע בערכים בינוניים עד גבוהים ונפיצותו היחסית גבוהה בעיקר בבסיס המקטע - בין 35.2-34.8ka עם 13.6-8.6%. המורכבים הצינוריים מופיעים באחוזים בינוניים המגיעים עד - 3.7% בעוד שהמורכבים הלשוניים נעדרים מהמקטע כמעט לחלוטין. טיפוס ה-Bunium ממשפחת הסוככיים והדגניים מופיעים באופן בלתי רציף ובאחוזים נמוכים מאוד - 1.6-0% ו-1.1-0%, בהתאמה.

#### תת-אזור IVc - 27.1ka-16.2 (4.75-2.92m)

המקטע מתאפיין באחוז העצים הנמוך ביותר בחתך (7.4-1.5%). ערכים נמוכים מאוד נמצאו ב-26.6ka - 1.9% וכן ב-18.8ka - 1.5%. אחוז האלונים המצויים נמוך מאוד - 4.3-0.9% והם אף נעדרים לחלוטין ב-25.6ka. תדירות הופעתם של האלונים הנשירים דלה לאורכו של תת-אזור זה - 1.5-0%, אולם החל מ-17.0ka ישנה עליה באחוז טיפוס האלונים הנשירים - 3.3%. גם הופעתם של הזית ותבר-זית מגיעה לערכי מינימום במקטע זה: 1.5-0% ו-1.1-0%, בהתאמה. נפיצותם היחסית של שאר העצים בתת-אזור IVc אפסית כמעט.

קבוצת ה-NAP נשלטת על-ידי הסלקיים מטיפוס המלוח ולאחריהם הלענה והגמאיים. בעוד שני הראשונים מיוצגים במקטע זה באחוזים גבוהים מאוד: טיפוס המלוח - 41.7-16.0% ולענה 39.1-

19.2%, מופיעים הגמאיים באחוזים הנמוכים ביותר לאורכו של החתך – 5.1%-22.0%. נפיצותם של שני טיפוסים השרביטן הינה גבוהה: טיפוס השרביטן המצוי - 9.3% ו-*Ephedra distachya* מגיע עד - 4.6%. גם תדירות הופעתם של המורכבים הצינוריים גבוהה יחסית, בעוד שהדגניים והסוככיים מטיפוס *Bunium* מופיעים באופן בלתי רציף ובאחוזים נמוכים – 3.3%-0% ו-1.5%-0%, בהתאמה.

#### אזור V – 16.2 ועד ההווה (2.92-0.1m)

כלל האזור מתאפיין במגמה חדה של עליה באחוזי העצים ההולכת וגדלה כלפי החלקים הצעירים של הגלעין; האחוזים מגיעים עד 27.8%. העליה בולטת בעיקר בעצי החורש היס-תיכוני: האלון המצוי – 20.5%-3.4%, האלון הנשיר – 8.6%-0.8%, הזית – 4.2%-0% והבר-זית 4.7%-0%. מהתבוננות חוזרת באיור 9 עולה שעליה חדה מאפיינת גם את האורנים. במקביל מתמעטים בהדרגתיות אחוזי הלענה 27.6%-0.9%, בעוד נוכחות הגמאיים גדלה כלפי גג המקטע – 47.4%-11.7%. טיפוס המלוח מופיע בערכים בינוניים עד גבוהים – 50.8%-14.1%. תנודות בעקומת ה-AP/NAP ובעקומות נוספות (בעיקר של שני טיפוסים האלוניים והלענה) הובילו להחלטה לחלק את אזור זה לשני תתי-אזורים.

בקבוצת צומח הגדות המרכיב החשוב ביותר באזור V הוא העץ מילה, שהופיע עד כה בערכים נמוכים ובאופן מקוטע למדי; בעיקר גבוהים אחוזי סוג זה במחצית הראשונה של ההולוקן, אז מהווה לעיתים המילה 100% המאספים. בסוף התקופה ב-1.4ka-2.1, מופיע הסוג בערכים גבוהים - 87.5%-100%. מאספי המים נשלטים גם באזור זה על-ידי הנהרונית, המהווה קרוב ל-100% במרבית המאספים. יחד עם זאת, ערכי עדשת המים ממשיכים להיות גבוהים יחסית ואף עולים במקצת באזור זה. ערך מירבי עבור מין זה נמצא ב-9.2ka עם 91.2%. נפיצות הנבגים ממשפחת ה-Sphaganaceae נותרת גבוהה במקטע הנוכחי, אולם הם נעדרים לחלוטין מההולוקן המוקדם ובהמשך החתך מופיעים בערכים יחסית נמוכים. אחוזי הסוג *Dryopteris* גבוהים יחסית ומגיעים עד 83.3%. אחוזי ה-Cyatheaceae עולים החל מ-7.2ka ומגיעים עד 42.3%. כלל נבגי ה-Trilete באזור זה מתמעטים ובמקביל עולה אחוז נבגי ה-Monolete. בקבוצת הדינפולגטות נמצאו ערכים יחסית גבוהים במהלך ההולוקן לסוג *Operculodinium* ולמין *Baltisphaeridium israelianum*. בקרב האצות מהווה המין *Concentricystes rubinus* את הרכיב הדומיננטי ביותר גם במקטע זה, אולם הוא נעדר לחלוטין בדגימות מראשית ההולוקן. הנפיצות היחסיות של הפטריות נמוכה לכל אורכו של אזור V – 13.6%-0%.

#### תת-אזור Va – 16.2-9.9ka (2.92-1.73m)

המקטע מתאפיין בעליה חדה באחוזי העצים הנעים בין 9.5 ל-21%. ערכי ה-AP מגיעים לשיאם ב-14.6ka עם 21.0%. בין 12.7 ל-11.2ka ישנה ירידה מסוימת באחוזי העצים עד ל-10.9%, אולם החל מ-10.8ka, נמצאה שוב מגמת עלייה הנמשכת ואף מתעצמת בראשית ההולוקן. האלון המצוי והאלון הנשיר, המאופיינים בערכים גבוהים מאוד בתת-אזור זה - 13.6%-4.8% ו-4.9%-0.9%, בהתאמה, מציגים מגמות דומות לאלו של עקומת ה-AP. הזית והבר-זית מופיעים בערכים בינוניים – 2.7%-0% ו-3.3%-0%, בהתאמה. משפחת הורדניים גם מיוצגת באחוזים בינוניים – 1.9%-0%. נוכחותם של העצים הבאים מקוטעת ובערכים נמוכים: האלה – 0.7%-0%, האברשיים - 0.7%-0% וה-*Myrica* – 1.2%-0%. בקרב העצים

המחטניים, ובעיקר האורנים והאשוח ישנה גם עליה חדה בערכיהם היחסיים (איור 9). נפיצותם של שאר העצים בתת-אזור זה הינה נמוכה.

הסלקיים מטיפוס המלוח מופיעים בתת-אזור Va בערכים בינוניים, אולם מהווים את המרכיב העיקרי בקבוצת ה-NAP עם 15.0%-34.7%. בתחילת המקטע מתמעטים מאוד אחוזי הלענה ומגיעים עד 7.9%; יחד עם זאת, לקראת סיומו של תת-האזור, בתקופת הזמן 11.9-11.2ka נמצאו ערכים גבוהים עם 27.6% ו-24.0% ובגג המקטע, שוב נצפתה ירידה - 10.4ka - 7.4%. נפיצותם היחסית של הגמאיים נותרת נמוכה עם 12.1%-25.8% והיא גדלה מעט ככל שהחתיך צעיר יותר. השרביטן המצוי מיוצג בערכים דומים לאלו שנמצאו במקטעים הקודמים - 3.4%-8.8%. גם הדגניים, המורכבים הצינוריים והסוככיים מופיעים במגמה דומה למקטע הקודם: 0%-4.2%, 0%-4.7%, ו-0%-2.7%, בהתאמה. שאר השיחים והעשבים מיוצגים בערכים זניחים. ריכוזי הפלינומורפים הנמוכים ביותר בחתיך נמצאו בתת-אזור זה (טבלה 4).

#### תת-אזור Vb - 9.9ka ועד ההווה (0.1m-1.73)

המקטע מתאפיין באחוזי העצים הגבוהים ביותר בחתיך המגיעים עד 27.8%, תוך שמירה על מגמה זו לכל אורכו של תת-האזור, פרט לדגימה שבגג החתיך: 0.1ka - 6.3%. האלונים המצויים מופיעים באחוזים גבוהים בתחילת המקטע ב-9.4ka עם 16.0% ובהולקן המאוחר מגיעים האחוזים עד 20.5%. האלונים הנשירים מראים מגמה דומה: שיא בערכיהם נמצא ב-9.4ka עם 8.6% וכן נמצאו אחוזים גבוהים במחצית השנייה של ההולקן המגיעים עד 53% ב-4.4ka. בחלקו המוקדם של תת-האזור נמצאו הערכים הגבוהים ביותר בחתיך עבור הזית: 5.7ka-9.9 - 0.4%-4.2%. באופן דומה, גם תר-זית מיוצג באחוזים גבוהים - בין 3.8ka-9.4 ערכיו מגיעים עד 4.7%. נפיצות מקסימלית נמצאה בהולקן גם לעצים הבאים: אברשיים - עד 1.3% ב-1.4ka, חרוב - עד 0.8% ב-8.3ka, Betula - עד 1.9% ב-6.4ka ו- Myrica - עד 2.9% ב-2.1ka.

בתת-אזור Vb אחוז גמאיים גבוה מאוד - 11.7%-53.8%. בניגוד לכך, הלענה, שבאזורים הקודמים הופיעה בערכים גבוהים, מיוצגת באחוזים הנמוכים ביותר בחתיך - 0.9%-7.9%. יחד עם זאת, נמצאו ערכי שיא במקטע הנוכחי עבור הלענה ב-8.2ka - 15.4% וב-2.6ka - 14.6%. בגג החתיך יש שוב עליה בנפיצות היחסית של הלענה 8.8%-13.0%. במקטע זה נמצאו הערכים הנמוכים ביותר גם עבור השרביטן המצוי - 7%-0%, אשר תדירות הופעתו הולכת ומצטמצמת כלפי ההווה. טיפוס המלוח ממשפחת הסלקיים מופיע בתת-אזור Vb בערכים גבוהים בבסיס וגג המקטע המגיעים עד 50.8%, אולם הוא מופיע באחוזים בינוניים בתקופת הזמן 4.4ka-6.4 עם 16.1%-17.3%. שני טיפוסים נוספים של משפחת הסלקיים - *Chenopodium* ו-*Noea*, מבוטאים אף הם בערכים בינוניים - 0%-6.1 ו-0%-4.3, בהתאמה, אולם בגג החתיך מתמעטים מאוד אחוזיהם. נפיצות גבוהה יחסית נמצאה בקרב הדגניים המגיעה עד 8.5% ב-8.3ka ובקרב הסוככיים מטיפוס *Bunium* - עד 3.2% ב-8.5ka, בעוד שהמורכבים הצינוריים מיוצגים בערכים בינוניים - 0%-4.6%. תדירות הופעתם של שאר השיחים והעשבים נמוכה.

בתת-אזור Vb נמצאו ריכוזי פלינומורפים גבוהים מאוד. באופן דומה לאזור I, גם במקרה זה מסייעים הריכוזים הגבוהים בהגדרת זמן הצטברות ספרופל S1 באזור: 9.9-7.2ka. חלק מהערכים גבוה ב-3 סדרי גודל מהערכים הממוצעים שחושבו לכלל הדגימות בחדך (טבלה 4). במאספים של הספרופל שימור הפלינומורפים היה טוב מאוד. נראה כי גם במקרה של ספרופל S1 ישנה תנודתיות מסוימת: ערכי פלינומורפים גבוהים נמצאו בפרק הזמן 9.9-9.2ka. לאחר מכן יש ירידה בערכי הריכוזים וב-7.8ka, נמצא שוב ערך גבוה יחסית.

טבלה 4: ריכוזי הפלינומורפים בגלעין 95-09, בתקופת הזמן – 10.8ka ועד ההווה

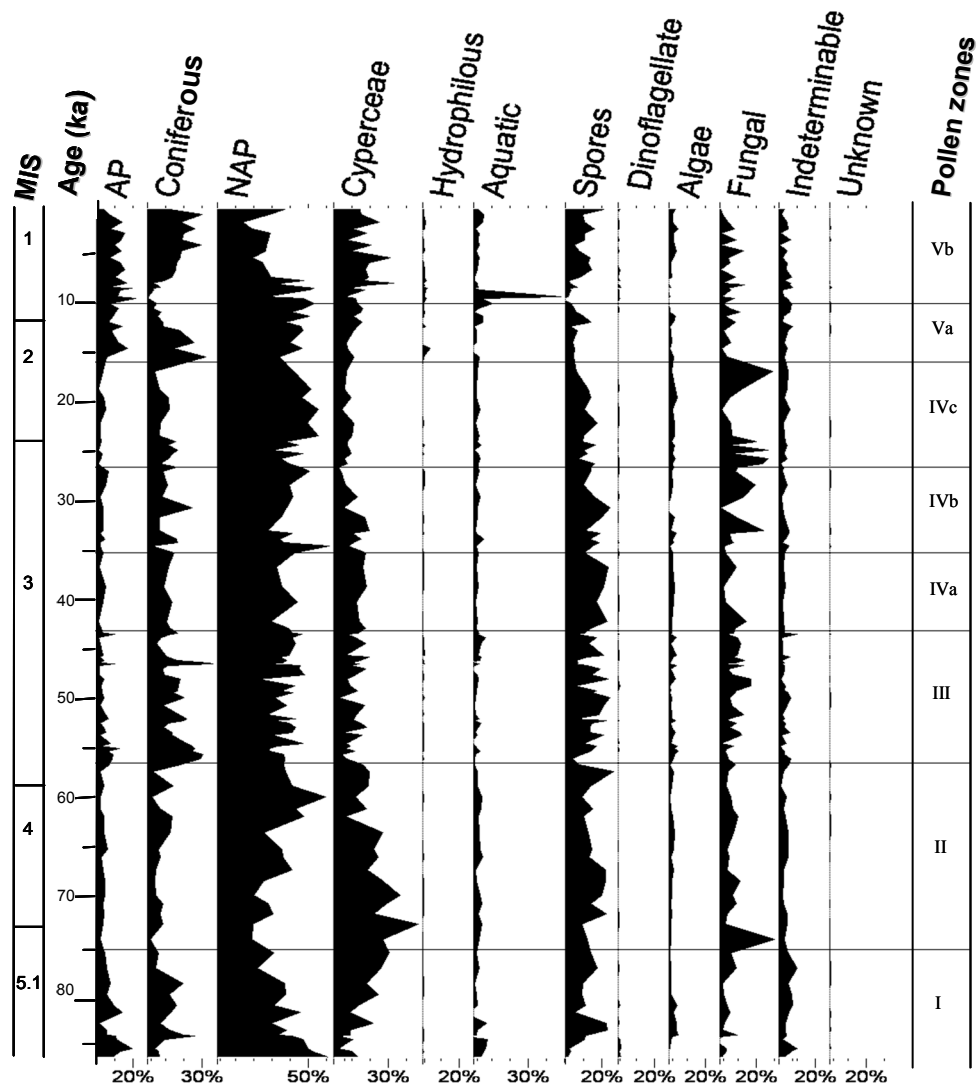
גיל (ka)	מספר פלינומורפים לגרם סדימנט
0.1	3,448
0.6	5,420
1.4	11,785
2.1	918
2.6	4,100
3.3	18,521
3.8	6,366
4.4	5,910
5.1	3,879
5.7	1,920
6.4	2,111
7.2	5,542
7.5	3,691
7.8	14,925
8.0	6,079
8.2	5,342
8.3	2,934
8.5	4,483
9.2	70,441
9.4	38,653
9.9	17,185
10.4	1,206
10.8	1,961

הערות: האזור המוצלל מציין את התקופה בה הצטבר ספרופל S1 : 9.9-7.2ka. הערך הממוצע לתקופות שאינן ספרופליות בגלעין 95-09: 2,340 פלינומורפים לגרם סדימנט (ר' נספח 1).

ריכוזי פלינומורפים גבוהים נמצאו כמעט לכל אורכה של המחצית השנייה של ההולוקן; ראויים לציון הערכים הגבוהים שזוהו ב-3.3ka וב-1.4ka. המדובר בערכים הגבוהים ביותר לאורך החדך בתקופות שאינן קשורות לאירועי הצטברות הספרופלים.

באיור 11 מרוכזות כל קבוצות הפלינומורפים שזוהו בקידוח 95-09. עקומת ה-AP מופיעה ללא העצים המחטניים המופיעים מיד לאחר-מכן בנפרד. באופן דומה, כמקובל במחקרים פלינולוגיים ימיים הוצאו גם הגמאיים מקבוצת צומח הגדות, והם מוצגים לאחר עקומת ה-NAP. בהמשך מוצגות עקומות כלל

צומח הגדות, המים, הנבגים, הדינופלגלטות, האצות, הפטריות, הפלינומורפים שאינם ברי זיהוי וכאלו שלא צלחה הגדרתם.



איור 11: כלל הפלינומורפים שזוהו בגלעין 95-09  
 הערה: כל אחת מהעקומות חושבה כאחוזים מסך כל הפלינומורפים שנספרו.

מעיון באיור 11 עולות המגמות הבאות: קבוצת ה-AP מיוצגת בערכים יחסית גבוהים באזורי פולן I ו-V המגיעים עד 21.5%, בעוד שבאזורים II-IV אחוזי העצים יחסית נמוכים עם ערכים מינימליים של 0.9% ב-18.8ka וב-26.6ka. נמצא אחוז עצים גבוה יחסית - 12.7%. בעקומת המחטניים גם נמצאו אחוזי פולן גבוהים באזורים I ו-V המגיעים עד 29.8%, אולם בין 9.4ka ל-8.5ka ישנה ירידה חדה באחוזי המחטניים - 0.0%-3.3%. באופן דומה לעקומת ה-AP, גם אחוזי המחטניים יורדים באזור II - 1.6%-14.0%, בעוד שבאזורים III ו-IV ישנה עליה מסוימת והם מופיעים באחוזים בינוניים ומגיעים עד 36.0%. יש לציין כי עקומת המחטניים, כמו גם שאר העקומות המופיעות באיור 11 מציגות תנודות משנה רבות באזור III. אחוזי השיחים והעשבים גבוהים בתחילת החתך מ-85.9 ועד 84.3ka עם 61.1-

41.2% והם מתמעטים בחלק העליון של אזור I. האחוזים הנמוכים יחסית נשמרים ולעיתים אף יורדים גם לאורכו של אזור II, אולם לקראת סופו נמצאה עליה באחוזי ה-NAP, עם אחוז מקסימלי של 59.3% ב-59.4ka. באזורים III-IV וכן באזור V עד להולקן העליון מופיעים השיחים והעשבים באחוזים גבוהים - 61.6-22.6%. החל מ-7.2ka נמצאה ירידה באחוזי ה-NAP - 29.6-14.0%, יחד עם זאת, בגג הגלעין ישנה שוב עליה - 37.0%. משפחת הגמאיים מתאפיינת בחלק התחתון של החתך בערכים יחסיים נמוכים - 85.9-83.7ka - 13.4-1.9%, הגדלים כלפי חלקו העליון ומגיעים לערך מרבי בתחילת אזור II ב-72.5ka עם 46.5%. בהמשך האזור ישנה מגמה של ירידה, הנשמרת באופן יציב יחסית גם באזורים III ו-IV עם 19.7-2.6% ואף מתעצמת במקטע העליון של האזור: IVc - 11.0-2.6%. תחילתו של אזור V מתאפיין במגמת עליה באחוז הגמאיים ובעיקר גבוהים ערכיהם באזור Vb, בו הם מגיעים עד 32.9%. החל מחלקו העליון של אזור II התנהגותה של עקומת הגמאיים דומה למגמות העולות מעקומות ה-AP והמחטניים, קרי, אחוזים יחסית נמוכים עד לסופו של אזור IV ועליה בתת-אזור Va הגוברת בתת-אזור Vb. כלל מאספי צמחי הגדה מופיעים באופן מקוטע ובערכים נמוכים לאורך החתך עם ערכים מירביים של עד 1.2% באזורים I-IV, אולם באזור V הופעת צמחי הגדה רציפה יותר, והאחוזים מעט יותר גבוהים ומגיעים עד 3.8%. עקומת צמחי המים מתאפיינת באחוזים דומים לאורך החתך. יחד עם זאת נמצאו ערכים יחסית גבוהים בחלקו התחתון של הגלעין ב-85.9-83.0ka עם 7.7%, וערכים גבוהים מאוד בראשית ההולקן, עם ערכים מקסימלים ב-9.4-9.2ka - 52.8-46.9%, במהלך הצטברות הספרופלים באזור. הנבגים מיוצגים בערכים בינוניים לאורך החתך. אולם בבסיסו בין 85.9-85.6ka וכן באזור V ובעיקר בראשית ההולקן בין 9.9-8.3ka, נמצאו אחוזי נבגים נמוכים מאוד: 3.0-0.8% ו-3.1-1.6%, בהתאמה וב-9.4ka לא נמצאו כלל נבגים. עקומת הפטריות מופיעה במגמה הפוכה לעקומת ה-AP, קרי - ערכים יחסית נמוכים באזורים I ו-V המגיעים עד 13.6%, בעוד שבאזורים II-IV אחוזי הפטריות גבוהים יותר ומגיעים עד 29.2%. נפיצותם היחסית של האצות, הדינופלגלטות, הפלינומורפים שאינם ברי זיהוי ואלו שלא הוגדרו, נמוכה לאורך הגלעין ואין בהופעתם חוקיות נראית לעין. יש לציין שאחוז הפלינומורפים שלא הוגדרו קטן מאוד בהשוואה לאלו שאינם ברי זיהוי. ממצא זה מצביע על-כך שהקושי בהגדרה נבע במחקר זה, בעיקר בשל הרעה במצב השימור של הפלינומורפים ולא מחוסר מיומנות בזיהוי.

### 3.2.1.3 פולן רצנטי

שתי הדגימות העליונות בגלעין 95-09 מייצגות בעבודה הנוכחית את הצומח הרצנטי והתת-רצנטי (משמע - כיום וטרם הפיתוח האזורי המודרני והקמת סכר אסוואן):

❖ הדגימה בגג החתך נלקחה מעומק 0-4 ס"מ וגילה המשוער הינו 0.1ka. בדגימה זוהו גרגרי אבקה שמוצאם מאפריקה המשוונת ושהוסעו לאגן הלבנטיני באמצעות הנילוס. מכאן, שהדגימה קדומה להקמת סכר אסוואן (1964). בנוסף לזאת, נעדרת הדגימה צמחים שאינם גדלים בר באזורנו כגון *קוזארינה* ו*אקליפטוס*, כפי שמצאו Cheddadi (1988), בעבודתו אודות "גשם הפולן" הרצנטי במזרח הים-התיכון, Van Campo (1975), בנוגע

לפולן רצנטי בסהרה ו-Horowitz (1979), ביחס לגרגרי אבקה רצנטיים בישראל. לפיכך

דגימה זו ככל הנראה קדומה גם לסוף המאה ה-19 (תחילת יבוא העצים הגרים).

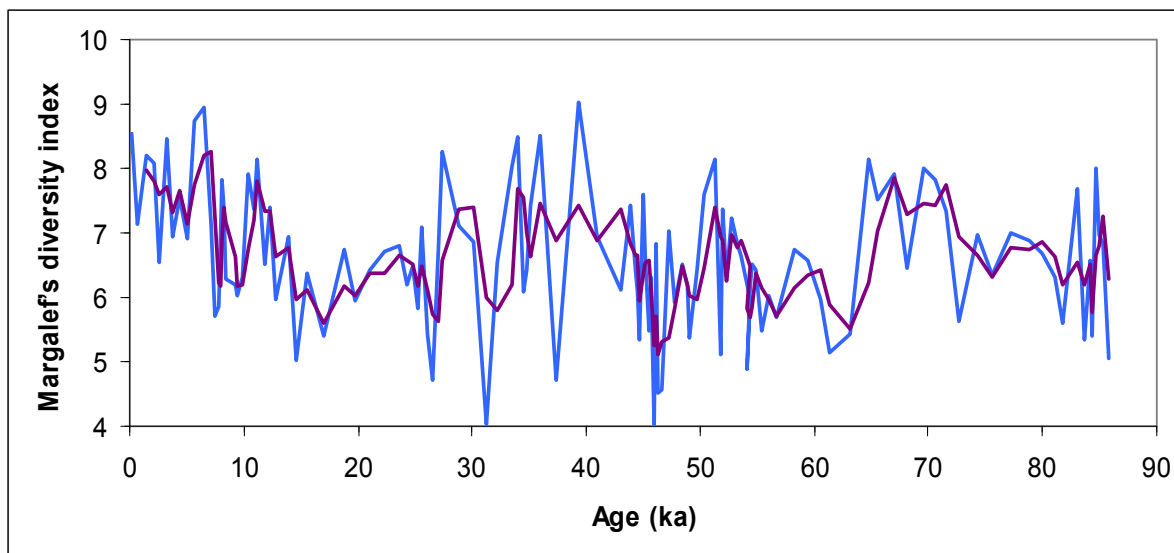
❖ דגימה מעומק 10-12 ס"מ מתוארכת ל-0.6ka לפני ההווה.

נוכחות של פורמיניפרים אגלוטיננטיים בעלי צמנט אורגני מאשרת שאכן מדובר בדגימות רצנטיות וסאב-רצנטיות (פורמיניפרים אלו חיים בפני השטח ועם מותם שלדם מתפרק תוך זמן קצר והם אינם נשמרים ברקורד הפוסילי; Schröder, 1988; Almogi-Labin et al., 1996; Edelman-Furstenberg et al., 2001).

בבחינת מאספי הצומח של דגימות אלו (איור 10a) בולטת הירידה החדה בכלל ערכי העצים: 13.5-6.7% לעומת ~25% בראשית ההולוקן. אחוזי האלונים המצויים נעים בין 5.9 ל-3.8%, האלונים הנשירים והזית מופיעים בערכים נמוכים מאוד ב-0.6ka עם 0.6% ו-1.8%, בהתאמה ונעלמים כליל בדוגמא מפני השטח. גם העצים המחטניים מתמעטים בדגימות אלה (ר' איור 9), אולם יש לציין את נוכחותו של העץ המחטני מסוג *Podocarpus*, שמקורו בהסעה נילוטית, בדגימה העליונה בחתך. הגמאיים מיוצגים בערכים גבוהים יחסית של 30.0-26.4%. גם עבור הסלקיים מטיפוס המלוח ועבור הלענה נמצאו אחוזים גבוהים ובעיקר בדגימה מגג הקידוח - 38.9% ו-13.0%, בהתאמה. באופן דומה עלתה הנפיצות היחסית של הנבגים ובעיקר בדגימה הרצנטית - 21.0%, ר' איור 11.

#### 3.2.1.4 מגוון המינים

מספר המשפחות, הטיפוסים הסוגיים והמינים של הפלינומורפים שזוהו בגלעין 95-09 נע בין 24 ל-57 טקסונים לדוגמא. ערכי מדד Margalef's diversity משתנים לאורך הגלעין ונעים בין 4 ל-9 (איור 12).



איור 12 : מגוון המינים במאספי הצומח שבגלעין 95-09

הערה : העקומה הכחולה מציגה את ערכי Margalef's diversity index. העקומה הסגולה מבטאת ממוצע נע (שלושה ערכים עוקבים)

מאחר וקיימת תנודתיות רבה בערכי מגוון המינים בגלעין 95-09 (עקומה כחולה), חושב גם ממוצע נע (עקומה סגולה). אזור I מאופיין בערכים בינוניים של מדד מגוון המינים - 8.0-5.1. באזור II בין 71.6-64.8ka מופיעים ערכים גבוהים יחסית – 8.1-6.5, המתמעטים בהמשך המקטע. אזורים III ו-IV מאופיינים בתנודות תכופות והערכים נעים בין 9.0-4.0. לקראת סופו של אזור IV ישנה התייצבות מסוימת והערכים הינם בינוניים עד נמוכים: 25.2-17.0ka עם 6.8-5.4. באזור V ישנה עליה הדרגתית כלפי גג הגלעין - 8.9-5.0 ובהולקן המאוחר הערכים גבוהים מאוד.

## 3.2.2 קידוח 95-01

### 3.2.2.1 כללי

האנליזות הפלינולוגיות בגלעין 95-01 נערכו בחלק העליון, עד לעומק של 5 מ' (המייצגים את 90,000 השנים האחרונות). סך-הכל נבדקו 60 דגימות, אולם רק ב-16 דוגמאות נמצאו פלינומורפים (ר' נספח 2a). בקרב מאספי הצומח זוהה מגוון של כ-23 עצים ולמעלה מ-35 שיחים ועשבים, המשתייכים למשפחות/סוגים, מינים וטיפוסים שונים. כמו-כן נמצאו חמש משפחות וסוגים של צמחי מים, שלושה טקסונים של נבגים, ארבעה טקסונים של דינופלגלטות, שני טיפוסים אצות מים מתוקים וקבוצה של פטריות. בנספח 9 מוצגים כלל הפלינומורפים שנספרו בגלעין 95-01, בערכים מוחלטים ובאחוזים. גרגרי אבקה ופלינומורפים נוספים, נשתמרו בשלושה מקטעי זמן:

- 86.1-85.1ka
- 16.8-13.4ka
- 9.9-8.2ka

### 3.2.2.2 ממצאים פלינולוגיים

באזור 13 מופיעים כלל העצים, השיחים והעשבים שזוהו בגלעין 95-01. תחילה מוצגת עקומת ה-AP/NAP ולאחריה מופיעות עקומות של המשפחות, הסוגים, המינים וטיפוסי הפולן שזוהו במאספים הפלינולוגיים.

בחלק התחתון של הדיאגרמה מופיעים העצים באחוזים גבוהים של 76.0-47.3%, בתקופת הדה-גלציאציה אחוזיהם קטנים יותר - 46.5-24.0% ונפיצותם היחסית גבוהה שוב בחלקו העליון של ההולקן - 83.0-33.8%. קבוצת ה-AP נשלטת על-ידי האורנים המופיעים בערכים גבוהים מאוד בשלוש תקופות הזמן בהן נמצאו פלינומורפים עם 62.7-4.2% ובערכים מקסימלים בדגימות שבבסיס החתך ב-86.1ka - 54.5% ובגג החתך ב-8.2ka - 62.7%. עקומת האורנים מתאפיינת גם בתנודות משנה רבות. המרכיב השני בגודלו בקרב קבוצת העצים הוא האלון המצוי. מין זה מופיע באחוזים גבוהים במיוחד בבסיס החתך בין 85.9 ל-85.1ka עם 33.0-19.4%, אחוזיו קטנים יותר בתחילת תקופת הדה-גלציאציה - 15.3-7.4% והם גבוהים שוב בראשית ההולקן - 19.2-11.5%. עקומת האלונים הנשירים מתאפיינת



באחוזים בינוניים בבסיס הדיאגרמה - 0.5%-8.2, נמוכים בדה-גלציאציה - 0.8%-5.3 וגבוהים בראשית ההולוקן - 2.2%-13.1. הזית מופיע בערכים גבוהים יחסית בבסיס החתך המגיעים עד 23.5% ב-85.9ka. ערכים נמוכים יותר נמצאו הן בדה-גלציאציה - 1.7%-5.1 והן בראשית ההולוקן עם 1.2%-5.1. שני הסוגים הנוספים שזוהו במשפחת הזיתיים – *בר-זית* ו*מילה* מופיעים באחוזים נמוכים מאוד בחלקו התחתון של החתך עם 0.5%-1.0 ו-0.5%-0.5, בהתאמה; אחוזי הזיתיים עולים בתקופת הדה-גלציאציה ובתחילת ההולוקן ב- 8.6ka-9.9 הם מיוצגים בערכים יחסית גבוהים: 3.9%-5.1 *בר-זית* ו-1.6%-6.1 *מילה* (בדיאגרמות של גלעין 95-01 שולב העץ *מילה* בעקומות של כלל הצומח משום שזוהו עץ הגדה היחיד שזוהה). הארז מופיע באחוזים נמוכים לכל אורך העקומה פרט לדגימה שבבסיס הגלעין ב-86.1ka, שבה נפיצותו היא 11%. האלה מופיעה בחתך בערכים נמוכים מאוד ובתחילת הדה-גלציאציה אף נעדרת לחלוטין. האלסר מיוצג בדרך-כלל באחוזים בודדים המגיעים עד - 0.8%, להוציא את ראשית ההולוקן ב-9.0ka, שבה נפיצותו היחסית מגיעה עד 2.1%. ה-*Alnus* מופיע בערכים נמוכים בבסיס החתך עם 0%-1.7 וכמעט נעלם בהמשך. שאר העצים מופיעים באחוזים נמוכים מאוד.

בקבוצת ה-NAP המרכיב הגדול ביותר בגלעין 95-01 הם הסלקיים הנשלטים על-ידי טיפוס *המלוח* עם 5.6%-34.7. טיפוס זה מופיע באחוזים גבוהים בשלושת האינטרוולים בהם נשתמרו פלינומורפים ובעיקר בתקופת הדה-גלציאציה עם 26.3%-34.7. שני טיפוסים הסלקיים הנוספים (*Noea* ו-*Chenopodium*) מתנהגים באופן דומה. מרכיב עיקרי נוסף בקבוצת השיחים והעשבים הינה *הלענה*, המופיעה בערכים גבוהים מאוד בבסיס החתך המגיעים עד 24.2%. בדה-גלציאציה ובתחילת ההולוקן נפיצותה היחסית נמוכה - 7.4%-8.6 ו-2.2%-6.5, בהתאמה. מגמה הפוכה נמצאה עבור הדגניים – ערכיהם נמוכים בבסיס החתך ומגיעים עד - 3.7%, מעט יותר גבוהים בדה-גלציאציה - 0.8%-5.8 וגבוהים אף יותר בתחילת ההולוקן - 5.2%-7.3. בגג העקומה מתמעטים שוב אחוזי הדגניים: -9.2-8.2ka – 0.4%-1.6. גם *השרביטן המצוי* מתאפיין במגמה דומה ואחוזיו עולים כלפי המקטע ההולוקני, אולם הערך הגבוה ביותר נמצא בדה-גלציאציה ב-13.4ka עם 6.6%. הן המורכבים הצינוריים והן המורכבים הלשוניים מופיעים בערכים נמוכים באופן יחסי, בדגימות מבסיס החתך ומראשית ההולוקן, אולם בתקופת הדה-גלציאציה נפיצותם גבוהה יחסית: 1.6%-6.6 ו-1.0%-5.0, בהתאמה. מגמה הפוכה זוהתה בקרב טיפוס ה-*Bunium* ממשפחת הסוככיים המופיע בערכים נמוכים מאוד בדה-גלציאציה המגיעים עד 0.8% ובאחוזים מעט יותר גבוהים בבסיס החתך - עד 1.6% ובגג הקידוח - עד 2.2%. נפיצותם היחסית של שאר השיחים והעשבים נמוכה מאוד.

מאחר ושאר קבוצות הפלינומורפים מופיעות באחוזים מאוד נמוכים לא ניתן להציגן בצורה גרפית, כפי שנעשה עבור העצים, השיחים והעשבים. קבוצות אלה רוכזו בטבלה 5, שם הן מוצגות בערכים מוחלטים.

קבוצת צמחי הגדה בגלעין 95-01 מופיעה בערכים שאינם גבוהים יחסית ומיוצגת רק על-ידי משפחת הגמאיים והעץ *מילה*. מטעמים דומים לאלו שהוצגו בהקשר לקידוח 95-09, הוחלט גם בקידוח הנוכחי (איור 14) להכליל את הגמאיים בקבוצת ה-NAP ולהוציא את העצים המחטניים מקבוצת ה-AP. כפי

שצויין לעיל, הוחלט במקרה זה כי העץ מילה ישולב בעקומות של כלל הצומח (איורים 13-14). בעקומה הימנית של הדיאגרמה מופיעה עקומת הריכוזים. מאחר והפלינומורפים השתמרו רק בשלושה מקטעי זמן, לא בוצעה חלוקה לאזורי פולן.

טבלה 5: פלינומורפים נוספים בגלעין 95-01

מספרים בערכים מוחלטים	סוג הפלינומורפים	
	10	נהרונית
71	עדשת מים	
2	נימפאה	
83	סה"כ צמחי מים	
4	נבגים	
23	דינופלגטות	
178	פטיות	
4	אצות מים מתוקים	
21	לא ידוע	
196	בלתי מזוהה	

בנספח 9 מופיעים הפלינומורפים המוצגים בטבלה בערכים מוחלטים ובאחוזים. פלינומורפים אלה הם מתוך סך-הכל 5,183 גרגרים שנספרו.

בבסיס החתך מופיעים העצים באחוזים גבוהים מאוד של 68.9-30.0%. בתקופת הדה-גלציאציה נמצאו אחוזי עצים נמוכים יותר - 31.9-16.0% ובראשית ההולוקן הם שוב מבוטאים בערכים גבוהים - 53.5-28.6%. המרכיב הדומננטי ביותר בקרב קבוצת ה-AP הוא טיפוס האלון המצוי המופיע בערכים גבוהים בשלושת האינטרוולים בהם נשתמרו פלינומורפים ובעיקר באינטרוול התחתון עם 38.5-16.9%. המרכיב השני בגודלו בקבוצת העצים הוא הזית, אשר באופן דומה לאלון המצוי מופיע באחוזים גבוהים במיוחד בבסיס החתך עם 24.3-7.0%. שני הסוגים הנוספים במשפחת הזיתיים – בר-זית ומילה מופיעים בערכים יחסיים גבוהים בעיקר בראשית ההולוקן - 6.1-1.9% ו-8.9-1.3%, בהתאמה. באופן דומה, גם האלונים הנשירים מבוטאים באחוזים גבוהים יחסית לכל אורכו של החתך ובעיקר במקטע ההולוקני - 13.9-2.1%. האלה מופיעה בערכים בינוניים עד נמוכים בבסיס ובגג החתך עם - 1.9-0% ו-1.0-0%, בהתאמה. בתקופת הדה-גלציאציה נעדרת האלה לחלוטין. האלסר מופיע באחוזים בודדים בשני האינטרוולים התחתונים ואחוזיו גדלים בראשית ההולוקן ומגיעים עד 2.2% ה-*Alnus* מיוצג בערכים נמוכים בחלקה התחתון של העקומה עם 1.8-0%, המתמעטים עוד יותר בהמשך. שאר העצים מופיעים באחוזים נמוכים מאוד.

המרכיב הגדול ביותר בקבוצת ה-NAP הינם הסלקיים הנשלטים על-ידי טיפוס המלוח. טיפוס זה מופיע באחוזים גבוהים בשלושת מקטעי הזמן בהם נשתמרו פלינומורפים - 35.0-7.9% ובעיקר בדה-גלציאציה עם 35.0-29.7%. מרכיב עיקרי נוסף בקבוצה זו היא האלענה, המופיעה בערכים גבוהים מאוד בבסיס החתך - 26.2-5.2% ונפיצותה היחסית פוחתת בדה-גלציאציה - 9.7-7.5% ובראשית ההולוקן - 7.2-4.1%. מגמה הפוכה נמצאה עבור הגמאיים – אחוזיהם גדלים ככל שעולים בגיל: 7.1-1.1% באינטרוול

התחתון, 13.6-6.6% בדה-גלציאציה ו-15.2-4.9% באינטרוול ההולוקני. עוד בולטים בקבוצת השיחים והעשבים ומופיעים בערכים דומים בשלושת מקטעי הזמן בהם נשתמרו פלינומורפים, השרביטן המצוי עם 7.0-1.0% והדגניים עם 6.8-0.4%. נפיצותם היחסית של המורכבים הצינוריים והמורכבים הלשוניים בבסיס ובגג החתך נמוכה, אולם בתקופת הדה-גלציאציה עולה נפיצותם היחסית - 6.7-1.6% ו-5.0-1.1%, בהתאמה. מגמה הפוכה זוהתה בקרב טיפוס ה-Bunium ממשפחת הסוככיים המופיע בערכים נמוכים מאוד בדה-גלציאציה עם 0.8% ובאחוזים מעט יותר גבוהים בבסיס וגג החתך - 1.6% ו-2.2%, בהתאמה. נפיצותם היחסית של שאר השיחים והעשבים נמוכה מאוד.

בבסיס החתך ובתחילת ההולוקן נמצאו ריכוזי פלינומורפים גבוהים מאוד ואילו תקופת הדה-גלציאציה מתאפיינת בריכוזים נמוכים (ר' טבלה 6). ריכוזים גבוהים אלה מלווים בשימור מעולה של הפלינומורפים והם מאפשרים להגדיר את זמני הצטברות שכבות ספרופל בצפון האגן הלבנטיני:

(א) ספרופל S3 : 85.9-85.1ka

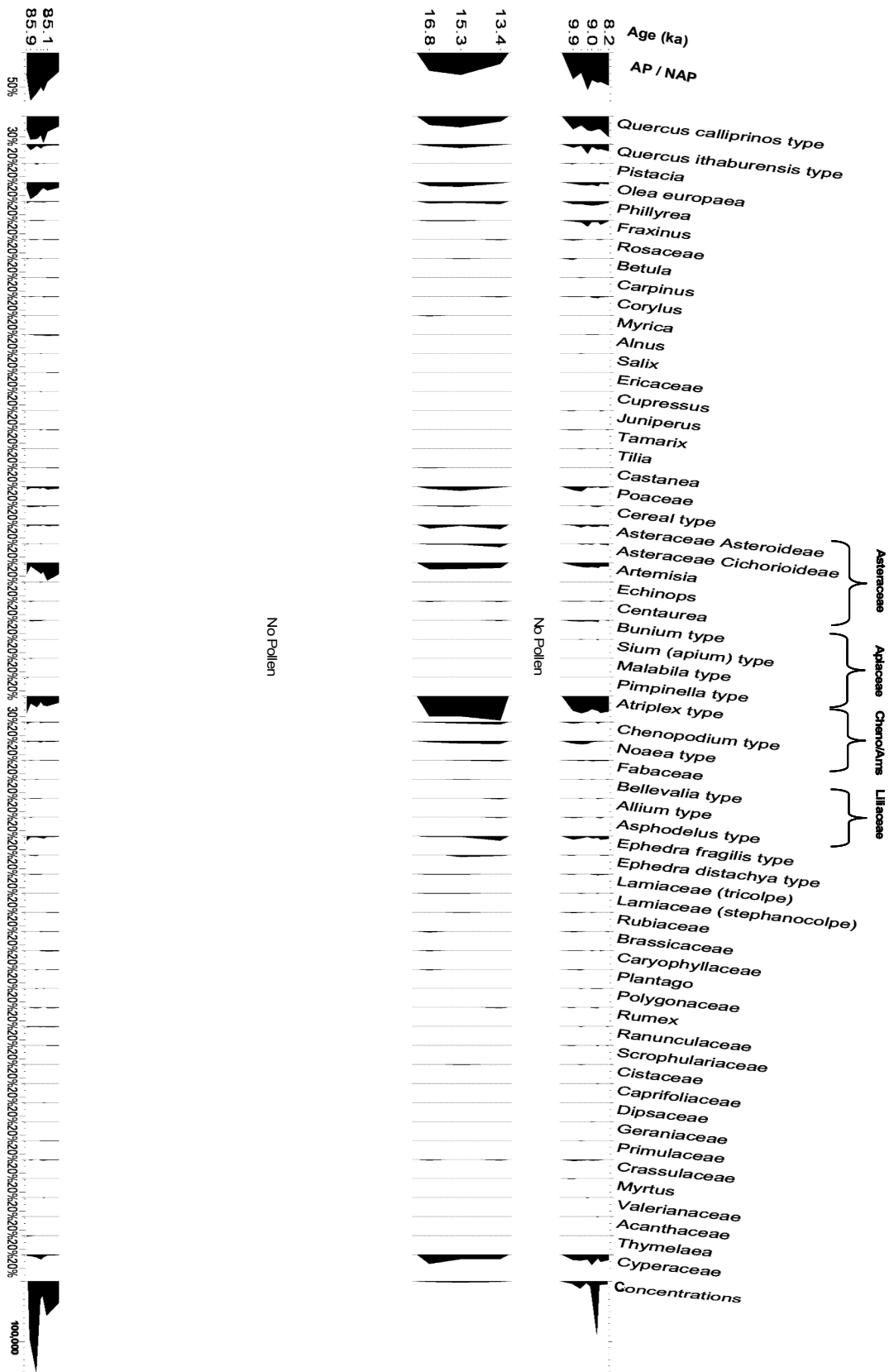
(ב) ספרופל S1 : 9.5-8.2ka

ריכוזים נמוכים נמצאו בבסיס הספרופלים ב-86.1ka, ב-10.2ka ובתחילת תקופת הדה-גלציאציה -16.8-14.7ka.

טבלה 6: ריכוזי הפלינומורפים בגלעין 95-01

גיל ka	מספר פלינומורפים לגרם סדימנט
8.2	5,688
8.6	6,919
8.7	91,572
9.0	9,951
9.2	3,5011
9.5	12,333
9.9	4,251
13.4	596
15.3	2,621
16.8	1,440
85.1	57,845
85.3	23,416
85.4	29,796
85.6	150,415
85.9	97,346
86.1	505

הערות: האזור המוצלל התחתון מציין את תקופת הצטברות ספרופל S3 : 85.9-85.1ka ואילו האזור המוצלל העליון מציין את תקופת שקיעת ספרופל S1 : 9.5-8.2ka. הערך הממוצע לתקופות שאינן ספרופליות: ~2,000 פלינומורפים לגרם סדימנט.



איור 14 : דיאגרמה פלינולוגית של מאספי הצומח שזוהו בגלעין 01-95, ללא העצים המחטניים תוך הכללת הגמאיים  
 הערה : סך-כל העקומות שבאיור הינו 100%, פרט לעקומת AP/NAP שמהווה אף היא 100%. עקומת הריכוזים מיוצגת בערכים של פלינומורפים לגרם סדימנט.

השינויים בריכוזי הפלינומורפים עשויים להעיד כי תקופת הצטברות הספרופלים אינה אחידה ורציפה : ספרופל S3: בבסיס הספרופל ב-85.9ka יש עליה ברורה בריכוזי הפלינומורפים. הערך הגבוה ביותר לאורכו של הגלעין נצפה ב-85.6ka ובהמשך בין 85.4 ל-85.3ka יש ירידה חדה בריכוזים. טרם תחילת ההרבדה ב-86.1ka זוהה ערך נמוך במיוחד.

ספרופל S1: העליה החדה בריכוזי הפלינומורפים ב-9.5ka מציינת את תחילת הספרופל. בהמשך ב-9.2ka ישנה ירידה חדה ולאחריה עליה נוספת בין 9.0 ל-8.7ka. בסיום הצטברות הספרופל יורדים ריכוזי הפלינומורפים.

### 3.2.2.3 מגוון המינים

מספר המשפחות, הטיפוסים הסוגים והמינים של הפלינומורפים שזוהו בגלעין 95-09 נע בין 24 ל-46 טקסונים לדוגמא. ערכי מדד Margalef's diversity משתנים ונעים בין 4.2 ל-8.1. בשל העדר רציפות בממצאים הפלינולגים לאורך הגלעין לא מוצג מגוון המינים באופן גרפי, אלא ערכי המדד מקובצים בטבלה 7.

טבלה 7: מגוון המינים במאספי הצומח שבגלעין 95-01

גיל ka	ערכי מדד Margalef's diversity
8.2	4.4
8.6	6.1
8.7	7.0
9.0	5.9
9.2	4.2
9.5	7.5
9.9	8.1
13.4	5.0
15.3	5.8
16.8	6.1
85.1	5.9
85.3	5.9
85.4	6.2
85.6	5.0
85.9	6.0
86.1	4.5

הערות: האזור המוצלל התחתון מציין את תקופת הצטברות ספרופל S3 : 85.9-85.1ka ואילו האזור המוצלל העליון מציין את תקופת שקיעת ספרופל S1 : 9.5-8.2ka.

מטבלה 7 עולה כי במהלך הצטברות הספרופלים ובראשית ההולוקן ערכי אינדקס מגוון המינים גבוהים במעט בהשוואה לתקופת הדה-גלציאציה, המאופיינת בערכים בינוניים.

## 4. דיון

### 4.1 שחזור הצומח והאקלים במזרח הים-התיכון ברביעון המאוחר

#### 4.1.1 עצים לעומת שיחים ועשבים

ניתוח הנתונים הפלינוולוגיים בעבודה זו נעזר במסקנות שהוסקו במחקרים פלינוולוגיים קודמים שנערכו באזורנו, הן ביבשה והן בים (ר' 1.2.2). מסקנות החוקרים משולבות עם מאפיינים ומגמות הייחודיים ליחידת החקירה הנוכחית.

עיקר הניתוח מתבסס על השוואת היחסים בין כלל הצומח העצי לכלל צומח השיחים והעשבים, כלומר יחסי AP/NAP (Arboreal Pollen/Non Arboreal Pollen). מהעקומה המתארת את תפוצת גרגרי האבקה של העצים ניתן ללמוד בעיקר על שינויים בלחות/יובש. עליה בנפיצותם של גרגרי אבקה של עצים מצביעה במרבית המקרים על עליה בלחות, בעוד שירידה נגרמת על-ידי תנאים יבשים יותר (Faegri and Iversen, 1992). איתור שינויים בהרכב הפנימי של קבוצות גרגרי האבקה של העצים והעשבים ולימוד היחסים בין מרכיביהם השונים מהווים את הבסיס לניתוח עקומות הפולן.

עליה בכמות היחסית של העצים מצביעה לרוב על עליה בכמויות המשקעים, אולם יתכן כי זו עדות לשינויים במשטר הגשמים ובעקבות כך לשינויים בכמות המשקעים הזמינה לצומח. גם אם כמות המשקעים המוחלטת אינה משתנה הרי שסוגי הגשמים, עוצמתם, עונתם ופיזורם, יחד עם טמפרטורה, לחות יחסית באוויר, התאיידות, עננות, רוחות וכדומה, יכולים להשפיע על כמות המים הזמינה לצמח (וינשטיין, 1973; 1982). גשמים בעוצמה חזקה יעילים פחות מגשמים מתונים, שאין בהם הפסד של מים על-ידי נגר עילי ושיטפונות. פיזור רב של גשמים על פני העונה הגשומה או על פני השנה יעיל יותר מגשמי חורף המרוכזים בתקופה קצרה, במיוחד כשעוצמתם חזקה. לכן, לדעת Horowitz (1979) ו-Horowitz and Gat (1984), עליה בלחות המוסברת על-ידי עליה בכיסוי הצומח העצי, יכולה להיות תוצאה של שינוי משטר הגשמים באזורנו בתקופה פלוביאלית ומעבר מגשמי חורף חזקים, מלווים בסופות רעמים שמקורם בציקלונים – לגשמי חורף מתונים שמקורם בחזיתות חמות ואולי אף לגשמי קיץ.

הטמפרטורה מהווה גורם חשוב בקביעת אזורי פיטוגיאוגרפים וגבהי תפוצה של חגורות צומח. הגורם המגביל במקרה זה הוא עמידות הצמח לקור ולא כמות המשקעים. כך למשל באזורנו, הטמפרטורה היא שמכתיבה את גבולות החורש הים-תיכוני, קובעת את הגבול התחתון של תפוצת מחטניים שונים ותוחמת את קו העצים העליון. לטמפרטורה גם השפעה על אחוזי ההתאיידות – טמפרטורה נמוכה מורידה את יכולת האידוי ולהפך. טקסונים מסוימים עשויים להוות כלי לשחזור הטמפרטורה, כמו במקרה של הזית, שאינו פורח כשהטמפרטורה נמוכה מ-3°C ומכאן שעץ זה יכול להצביע על טמפרטורת מינימום (Zohary, 1973).

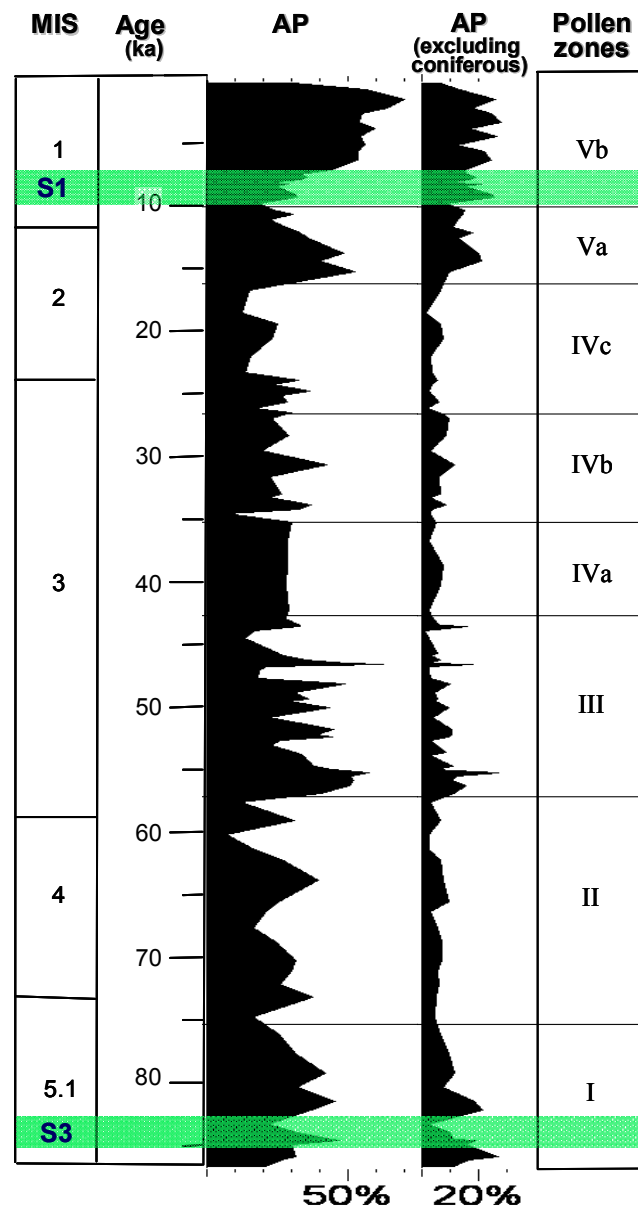
במחקר הנוכחי, המרכיב השליט בקרב ה-AP הם קבוצת המחטניים (Coniferous, ר' איורים 9 ו-11), הכוללים עצים מבתי גידול שונים (ר' איור 11). הבולטים מביניהם: אורן (*Pinus*), ארז (*Cedrus*), ואשוח (*Abies*); (הערה - העץ *Podocarpus* אינו מופיע בקבוצת המחטניים אלא בקבוצת הצומח הטרופי). סוגים שונים של אורנים גדלים לרוב בחבל הים-תיכוני במורדות הנמוכים של ההרים - עד 1,200 מ' (למשל אורן ירושלים - *Pinus halepensis* א. ברוטיה - *P. brutia*), בסמיכות לעצי חורש ירוקי עד נוספים (Zohary, 1962). מעל לרום זה מוצאים סוגי אורנים אחרים (כגון אורן היערות - *P. silvestris* ואורן שחור - *Pinus nigra*, שלא ניתן להבדילם מורפולוגית בינם לבין האורנים שבחגורות הנמוכות יותר) ועצים מחטניים נוספים ביניהם הארז (*Cedrus*) והאשוח (*Abies*). שני האחרונים עשויים להצביע על ירידה בטמפרטורות. כמו-כן קטנים מאוד הסיכויים של זרעי הארז לשרוד ושל העצים הבוגרים להניב פרי, במהלכו של קיץ חם ויבש (Shmida and Lev-Ari, 1982). בנוסף ערכים גבוהים של ארז עשויים לייצג השתלטות של תנאים יבשתיים בחגורות הצומח הגבוהות, שכן כיום הארז גדל בתנאים קיצוניים ויבשתיים ובתת היער שלו אף מצויה צמחיה אירנו-טורנית (Zohary, 1973).

בגלעין 95-09 מתנהגת עקומת ה-AP הכוללת את כלל העצים שזוהו במחקר, בדרך-כלל באופן הדומה לעקומת העצים ללא המחטניים. כפי שהוסבר קודם לכן, מאחר ומשפחת האורניים נוטה לייצוג יתר במאספים הפלינוולוגים ולכן עלולה להטות את התמונה המתקבלת מעקומות המרכיבים האחרים, מקובל להוציאה מהחישוב הכולל. באיור 15 מוצגות שתי עקומות ה-AP: א. עקומת כלל העצים. ב. עקומת העצים חסרת המחטניים (עקומות אלה מופיעות גם באיורים 9 ו-10a, בהתאמה).

הנפיצות הגבוהה של העצים המחטניים יורדת משמעותית בתקופות שבהן הצטברו הספרופלים ובעיקר בעת הצטברות ספרופל S1 (ר' איורים 11 ו-15). קרקעית הים בתקופות אלה היתה דיסאוקסית עד אנוקסית. בשכבות הספרופל גרגרי האבקה השתמרו היטב, זיהויים התאפשר בנקל ומאספי הצומח הכילו מגוון מינים גבוה, כולל גרגרי אבקה שאינם משתמרים בדרך-כלל. מכאן שהירידה בנפיצות היחסית של העצים המחטניים קשורה במידה רבה לשינויים ברמת השימור. יתכן גם, שהירידה באחוזי האורניים בתקופות בהן שקעו ספרופלים, נובעת מהשתרעות נרחבת יותר של עצים חובבי לחות וחום כגון אלונים וזיתים. אולם, נראה כי האפשרות הראשונה היא הסבירה יותר מאחר וגרגרי אבקה של האורן עמידים יותר מגרגרים אחרים מפני הרס הנובע מחמצון בקטריאלי (Hopkins, 1964; Havinga, 2002 and references therein), ככל הנראה בשל תכולת הספרופולנין הגבוהה שבגרגרי אבקה אלה (Brooks et al., 1971; Jarzen and Nichols, 1996). בשל כך ייצוגם של האורניים בסדימנטים גבוה לרוב מנפיצותם היחסית ב"גשם הפולן" באוויר. סיבות נוספות לייצוג היתר של העצים המחטניים מצוינות בתת-פרק 2.2.2.

בגלעין 95-01 נשתמרו גרגרי אבקה רק במקטעי זמן קצרים יחסית בעיקר בתקופות הצטברות שכבות הספרופל. על-כן קידוח זה אינו יכול להוסיף מידע בנוגע לשימור הדיפרנציאלי של המחטניים ביחס לשאר גרגרי האבקה ולרמות השימור. בשל מיעוט הדגימות בהן נשתמרו פלינומורפים ומאחר והרקורד של הגלעין הצפוני מקוטע, ניתוח הממצאים הפלינוולוגים בפרק זה (4.1) מתרכז בעיקר בגלעין 95-09, המבטא רקורד פלינוולוגי רציף של 90,000 השנים האחרונות. התנודות בעקומת ה-AP מייצגות אם כן

שינויים בתנאי הלחות ויובש ומסייעות בחלוקתו של הגלעין הדרומי לאזורי פולן (איור 15), כשכל אזור מוגדר על-סמך שינויים במאספי הצומח, המשקפים תנודות ושינויים בתנאי האקלים.



איור 15 : עקומות ה-AP/NAP בגלעין 09-95 - כלל העצים (AP) וללא המחטניים (AP- excluding coniferous)  
 הערה : האזורים המוצללים חופפים את מועדי הרבדת ספרופל S3 ו-S1.

להלן החלוקה לאזורי הפולן בהסתמך על שתי עקומות העצים המופיעות באיור 15 – עקומת כלל העצים ועקומת העצים ללא המחטניים :

אזור I (86.0-75.5ka) מאופיין על-ידי ספקטרום פלינולוגי המורכב מערכי עצים גבוהים המתמעטים בהדרגתיות כלפי גג המקטע. מכאן, שתחילתו בתנאי לחות גבוהים יחסית בהשוואה לסופו. ריכוזי פלינומורפים גבוהים מאוד בין 85.9 ל-83.0ka, בבסיס אזור I, מאפיינים את הצטברות ספרופל S3. עם סיום אירוע הצטברות הספרופל היתה ירידה חדה בשתי עקומות ה-AP. הופעתן של שתי העקומות

במקטע זה דומה וכן דומים מהלכיהן בזמן הצטברות הספרופל. משפחת האורניים מופיעה באחוזים נמוכים בעת הצטברות הספרופלים, בעיקר בשל אפקט השימור הדיפרנציאלי.

אזור II (75.5-56.3ka) מתאפיין בנפיצות יחסית נמוכה מאוד של עצים, המעידה על התייבשות. הבסיס של אזור II מקביל לתחילת תקופת הקרח האחרונה (~75ka). ערכי העצים הנמוכים ניכרים בשתי העקומות, אולם הירידה בולטת פחות בעקומת ה-AP המכילה גם את המחטניים, בשל נטייתם לייצוג יתר המובילה למיסוך המגמה הכללית.

באזור III (56.3-43.5ka) ישנה עליה קלה מאוד בערכי העצים. מגמה זו בולטת יותר בעקומת ה-AP המכילה את המחטניים וכוללת עליה בערכים הן של האורנים והן של הארז והאשוח (ר' איור 9). יתכן כי ממצא זה מעיד על התגברות של תנאים יבשתיים בחגורות הצומח הגבוהות ואף על התקררות. ממצא נוסף הבולט לאורך המקטע הן התנודות התכופות והחדות המייצגות חוסר יציבות אקלימית בפרק זמן זה: במהלך התקופה נמצאו ערכי AP גבוהים במיוחד ב-54.3ka, ב-46.1ka וב-44.4ka ולעומת זאת ב-44.7ka נמצא אחוז העצים הנמוך ביותר בכל החתך. אזור III מתאפיין ככל הנראה בעליה קלה מאוד בלחות, התקררות, חוסר יציבות אקלימית ואולי אף התגברות תנאי יובש בחגורות הצומח הגבוהות באזורי ההרים.

אזור IV (43.5-16.2ka) – בתקופה זו אחוז העצים הוא הנמוך ביותר בחתך. בהסתמך על תנודות בעקומת ה-AP חולק האזור לשלושה אזורים משנה:

תת-אזור IVa (43.5-35.9ka): מיוצג על-ידי ערכי עצים נמוכים ונעדר תנודות בולטות (ניכר במיוחד בעקומת ה-AP הכוללת את המחטניים). כלומר, תת-אזור זה מתאפיין בהתייבשות ובתנאי אקלים יציבים יותר לאורך זמן. תת-אזור IVb (35.9-27.1ka) הינו פחות הומוגני מקודמו והוא מאופיין במספר תנודות משנה. עליה קלה באחוזי העצים בשתי עקומות ה-AP, מעידה על עליה מסוימת בלחות. בתת-אזור IVc (27.1-16.2ka) מופיעים אחוזי העצים הנמוכים ביותר בחתך, המעידים כי זהו מקטע הזמן היבש ביותר במהלך 90,000 השנים האחרונות. ערכים נמוכים מאוד נמצאו ב-26.6ka וכן ב-18.8ka. החל מ-17.0ka, ישנה שוב עליה באחוזי ה-AP, המקבילה לסיום הגלציאל ותחילת תקופת הדה-גלציאציה.

מהממצאים הפלינוולוגים עולה כי תקופת הקרח האחרונה, שבה נמצאו ערכי עצים נמוכים בפרק הזמן 75.5-16.2ka, לא היתה אחידה מבחינת תנאי האקלים: תחילת התקופה (75.5-56.3ka) בהתייבשות ביחס לתקופה שקדמה לה (86.0-75.5ka), בהמשך (56.3-43.5ka) תנאי האקלים היו בלתי יציבים עם עליה מסוימת בלחות, התקררות ואולי אף התגברות התנאים היבשתיים. בפרק הזמן 43.5-35.9ka התנאים היו יציבים ויבשים מעט יותר ובין 35.9 ל-27.1ka היתה עליה קלה מאוד בלחות. חלקו העליון של הגלציאל (27.1-16.2ka) הינו המקטע היבש ביותר. ב-17ka זוהתה עליה חדה בלחות, המייצגת את סיום הגלציאל ותחילת הדה-גלציאציה.

אזור V – 16.2 ועד ההווה - כלל האזור מתאפיין במגמה חדה של עליה באחוזי העצים בשתי עקומות ה-AP, ההולכת ומתעצמת כלפי גג החתך. עליה זו מייצגת את העליה המשמעותית בלחות שאפיינה את תקופת הדה-גלציאציה וההולוקן. לאור תנודות שזוהו באזור זה הוא חולק לאזורי משנה כדלהלן: תת-אזור Va (16.2-9.9ka) מאופיין בעליה החדה בערכי העצים: בעקומת ה-AP המכילה את המחטניים, העליה היא בתחילת התקופה, לעומת זאת בעקומת העצים ללא משפחת האורניים, העליה הדרגתית יותר ומגיעה לשיאה ב-14.6ka. החל מ-12.7ka ישנה ירידה משמעותית בעקומת ה-AP הכוללת את המחטניים, בעוד שבעקומת העצים ללא הארניים, הירידה באחוזי העצים בסופה של התקופה פחות בולטת. תת-אזור Vb (9.9ka ועד ההווה) – מאופיין על-ידי אחוז העצים הגבוה ביותר לאורך החתך, המייצגים לחות גבוהה בהולוקן. הערכים הגבוהים ניכרים בשתי עקומות העצים, אולם בעקומת ה-AP הכוללת את המחטניים, נמצאו ערכים יחסית נמוכים בתחילת התקופה בעת הצטברות ספרופל S1, שזוהה במחקר זה על-פי ריכוזי הפלינומורפים הגבוהים בפרק זמן זה - 9.9-7.8ka. הירידה בנפיצות היחסית של העצים המחטניים קשורה ככל הנראה לשינויים ברמת שימורם במהלך הצטברות הספרופלים.

#### 4.1.2 מוצא גיאוגרפי ומשמעות אקלימית

##### 4.1.2.2 קבוצות צומח עיקריות

בנוסף להשוואת יחסי עצים לעשבים, ניתוח מאספי הפולן מתבסס גם על התנאים האקולוגיים הדרושים לטקסונים השונים. פרק זה עוסק בתיאור בתי הגידול של הצמחים העיקריים שזוהו במחקר זה ואו כאלו שלהם משמעות אקלימית מיוחדת. צמחים בעלי מאפיינים דומים מבחינת מוצאם הגיאוגרפי ובית גידולם קובצו יחדיו במידת האפשר. כמו-כן צוינו המגמות הכלליות של כל אחת מקבוצות הצומח שנמצאו בגלעין 95-09.

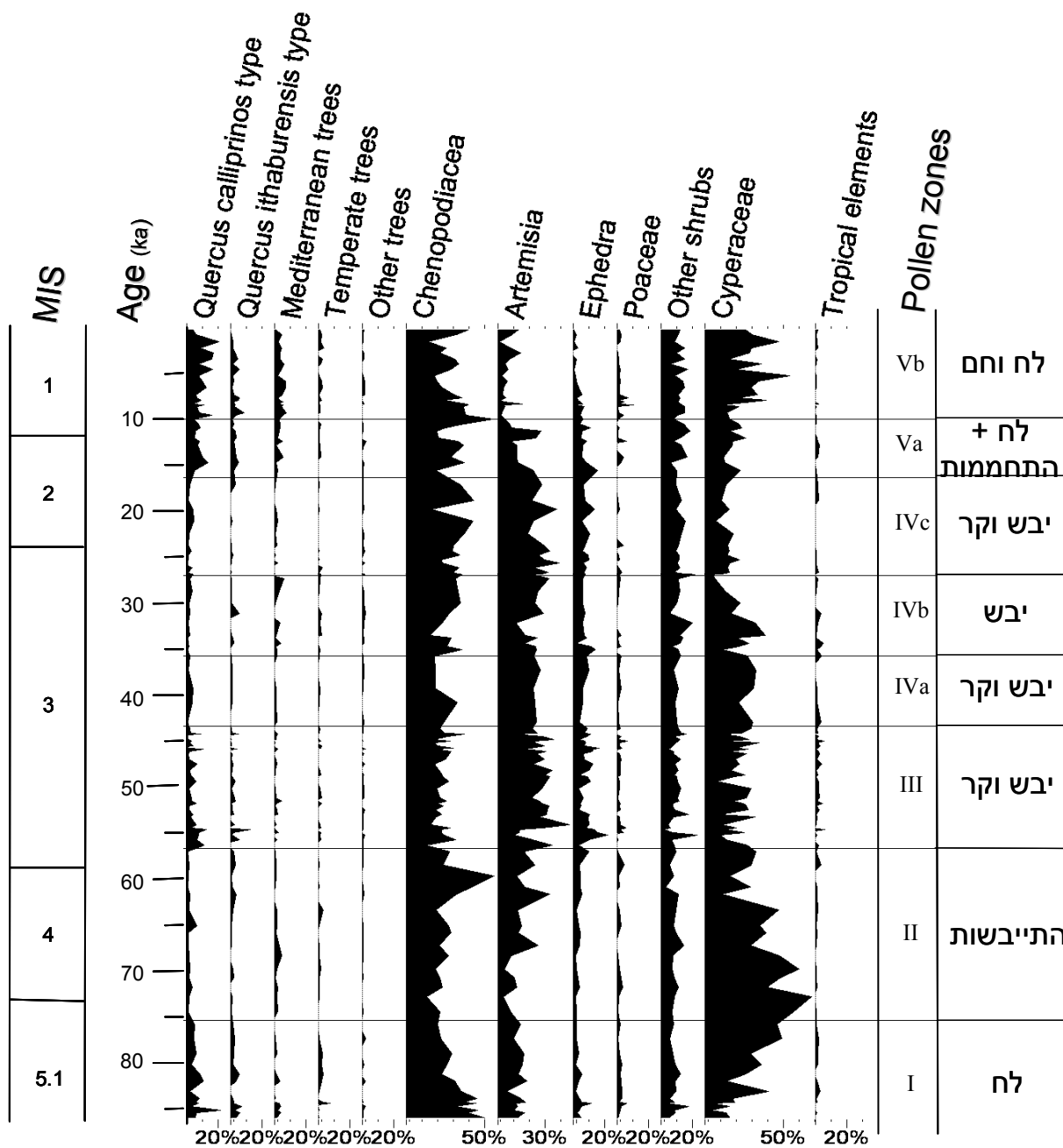
##### 1. אלונים ירוקי עד (*Quercus calliprinos* type)

עצים אלו מהווים את המרכיב החשוב ביותר בחורש היס-תיכוני. הם גדלים לרוב ברום של עד 1,000 מ' וזקוקים לכמות משקעים שנתית מינימלית של 400 מ"מ (Zohary, 1973). במחקר הנוכחי מהווה טיפוס זה את המרכיב הדומיננטי בקבוצת ה-AP (לאחר הוצאת האורניים מהחישוב הכולל) והינו העץ היחיד המופיע ברציפות לכל אורכו של החתך. עליה בערכיו מצביעה על התרחבות החורש היס-תיכוני באזורינו ומעידה על עליה בכמויות המים הזמינות לצמחים. אחוזים גבוהים זוהו במהלך MIS-5a, בתקופת הדה-גלציאציה ובהולוקן ואילו ערכים נמוכים יחסית אופייניים לגלציאל ומעידים על תנאי אקלים יבשים יותר.

##### 2. אלונים נשירים (*Quercus ithaburensis* type)

בקבוצת האלונים הנשירים ישנם מינים בעלי תפוצה גיאוגרפית מגוונת, העשויה להצביעה על מגמות אקולוגיות שונות לחלוטין. כך במקרה של אלון תולע ואלון תבור: האחרון הינו עץ תרמופילי הגדל לרוב במורדות הנמוכים של רכסי הרים ובאזור החוף ומייצג את צומח השוליים של החבל היס-תיכוני. לעומת זאת אלון תולע גדל בחגורת הצומח העליונה של היער היס-תיכוני ההררי

הנשיר - תפוצתו מקיפה את הרי הזגרוס, האנטי טאורוס, הרי הלבנון, מול הלבנון ובחורשי ההרים הגבוהים בישראל. כלומר שני אלונים אלו גדלים בחגורות צומח שונות לחלוטין ומייצגים אם כן סביבות אקולוגיות שונות. בהכללה, זיהויים של אלונים נשירים במאספים הפלינולוגים מעיד על קיומו של חורש ים-תיכוני המקבל לפחות 350 מ"מ גשם בשנה (Zohary, 1962, 1973). טיפוס זה של אלונים הינו המרכיב השני בגודלו בקבוצת העצים והוא מופיע כמעט ברציפות לאורכו של החתך. מגמות הופעתם של האלונים הנשירים דומות מאוד לאלו של האלונים המצויים ועל-כן, ככל הנראה הם מצביעים על מאפיינים אקלימיים דומים, קרי – עליה בנפיצותם היחסית מבטאת עליה בלחות בתקופות הבין-קרחוניות, בעוד שערכים נמוכים מאפיינים את הגלציאל היבש יחסית. הנפיצות הגבוהה ביותר של האלונים הנשירים מופיעה במהלך הצטברות שכבות הספרופל.



איור 16: מרכיבי הצמחיה העיקריים שזוהו בגלעין 95-09

### 3. חורש ים-תיכוני ירוק עד - Mediterranean trees

בקרב העצים הבולטים בקבוצה זו נמנים הזית (*Olea*) וחבר-זית (*Phillyrea*), ובערכים נמוכים יותר האלה (*Pistacia*), החרוב (*Ceratonia*), הברוש (*Cupressus*) ועצים ממשפחת האברשיים (*Ericaceae*) כגון הקטלב. עצים אלה זקוקים לכמות משקעים שנתית מינימלית של 400 מ"מ גשם, יכולים לעמוד בתנאים של עונה גשומה אחת, ללא תנאי קיפאון בשנים עוקבות (Zohary, 1962). הזית למשל אינו פורח כאשר הטמפרטורות נמוכות מ-3°C. ההתחממות אם כן מעודדת צמיחה צפופה יותר של הזית וכן של מיני אלה ומעידה גם על עליה בלחות (הורוביץ, 1968; Cheddadi et al., 1991). במחקר זה משמשים הזיתיים (זית ובר-זית) כסמן פלינולוגי לעליה בטמפרטורות. באופן דומה לאלונים, אחוזים גבוהים של קבוצה זו נמצאו בין 68-86ka, בתקופת הדה-גלציאציה ובהולוקן והם מייצגים התחממות באזור. מרבית הגלציאל התאפיין בערכים נמוכים יחסית של מרכיבי החורש הים-תיכוני, לעיתים עד העלמות מוחלטת, המבטאים תנאי אקלים יבשים וקרים יותר. (הערה: אבחנה פלינולוגית בין מיני אלה נשירים לירוקי עד אינה אפשרית, אולם בשל הופעתם בערכים כה זניחים, אין לכך חשיבות רבה והם מופיעים בעבודה הנוכחית כחלק מקבוצה זו).

### 4. חורש ים-תיכוני הררי - Temperate trees

הקבוצה כוללת את העצים הבאים: אלסר (*Corylus*), *Myrica*, *Alnus*, *Ostrya*, *Carpinus*, שדר (*Betula*), ערער (*Juniperus*), אדר (*Acer*), *Ulmus*, תרזה (*Tilia*). כן נמנים בקבוצה זו גם עצים ממשפחות הפיגמיים (*Rutaceae*). עצים אלו גדלים לרוב בחגורות הצומח הגבוהות יותר, מרביתם נשירים וחובבי לחות (זקוקים לכמות משקעים מינימלית של 600 מ"מ, המשתרעת על-פני כל השנה; Zohary, 1973; Cheddadi 1988). למרות קיבוצם של מספר סוגי עצים יחדיו, הופעתה של קבוצה זו אינה רציפה לאורך החתכים ואחוזיה לרב נמוכים. יחד עם זאת עליה באחוזי העצים הללו נמצאה במהלך MIS-5a, בתקופת הדה-גלציאציה ובהולוקן ומעידה על עליה מסוימת בלחות, בעוד שערכים נמוכים מאפיינים את הגלציאל.

### 5. עצים אחרים - Other trees

הקבוצה המכונה "Other trees", מכילה מספר מועט של עצים שלא משתייכים לאחת מן הקבוצות שתוארו לעיל (זאת מאחר והם עשויים לגדול בביוטופים שונים). עצים אלו מופיעים בערכים זניחים ובאופן בלתי רציף לאורך הדיאגרמה (ר' איור 10a) והם חסרי משמעות אקולוגית מיוחדת, על-כן לא יידונו בהרחבה בהמשך.

### 6. סלקיים - Chenopodiaceae

הסלקיים הינם מואבקי רוח, לפיכך הם עשויים להינשא למרחק רב. בנוסף הם נוטים לייצר גרגרי אבקה רבים (Ayyad et al., 1992), לכן הופעתם בחתך רציפה, ובערכים גבוהים מאוד. משפחה זו אופיינית למספר בתי גידול: צומח מדברי, צומח ערבתי וצומח מלחות (הן יבשות והן לחות);

(Zohary, 1973). כלומר מינים שונים ממשפחת הסלקיים יכולים לגדול בחבל הסהרו-ערבי, בחבל האירנו-טוראני, במלחות החוף ובדלתת הנילוס. על-כן למרות הנוכחות הבולטת של משפחה זו במאספים הפלינולוגים משמעותה האקלימית מועטה בשל מגוון הביוטופים הרב שהיא עשויה לייצג:

❖ מדלתת הנילוס - במקרה זה היינו מצפים למצוא מתאם (ישר או הפוך) בין עקומת הסלקיים והגמאיים, מאחר ומקור האחרונים הינו נילוטי. אולם קורלציה מעין זו אינה מתקיימת באופן ברור בגלעין 95-09.

❖ מחגורות הצומח הערבתי והמדברי של הסהרה והמזרח התיכון - אזי, התנודות בעקומת הסלקיים אמורות להיות דומות לאלו של *הלענה השרביטן*, אך מצב זה מתקיים באופן חלקי ביותר.

❖ במלחות שלאורך החוף - תדירות גבוהה של הופעת סלקיים מאפיינת מלחות חופיות במקומות שונים, למשל: בצפון-מזרח יוון (Bottema, 1974a) ובצפון מדבר סהרה באזור ביצות החוף (Calleja et al., 1993). בנוסף, במחקרים שונים משמשים הסלקיים כמדד למליחות של גופי מים חופיים (Galili & Weinstein-Evron, 1985) - ביצות רצנטיות ופוסיליות לאורך החוף הישראלי; Ayyad et al., 1992 - יחס סלקיים-סופיים כמיצג מליחות בביוטופים שונים בדלתת הנילוס).

מאחר ומוצא הסלקיים עשוי להיות ממספר בתי גידול שונים גם המשמעות האקולוגית של נפיצותם עשויה להיות מגוונת: נוכחותם יכולה להוות אינדיקטור להתייבשות ואו קרקעות מלוחות. חלוקת הסלקיים לארבעה טיפוסי משנה גם אינה תורמת רבות לניתוח הממצאים, בשל הופעתם במגמות דומות. לפיכך, למרות ייצוגם הגבוה של הסלקיים הם לא ידונו עוד בהרחבה.

Rossignol-Strick מצאה במחקרה מהאגן המזרחי של הים-התיכון כי הסלקיים שומרים על ערכים דומים הן לאורך ציר הזמן והן במרחב, דהיינו בתקופות שונות ובאזורים שונים באגן המזרחי. לטענתה מקורם בגשם פולן קבוע של סלקיים המרחף באטמוספירה מעל הים-התיכון ומתפזר באופן דומה. מוצאם באזורים הערבתיים והמדבריים של צפון-אפריקה והמזרח התיכון (לדוגמא - Rossignol-Strick, 1972). באופן דומה, מציינים Faegri and Iversen (1992 and references therein), שהאפשרות של גרגרי אבקה לרחף בחלקים הגבוהים של האטמוספירה גדולה יותר כאשר מוצאם באקלים יבש, בשל הלחות היחסית הנמוכה שבאוויר. בתנאים אלה, הסלקיים, כמו גם *השרביטן*, עשויים להיות מושאים על-ידי הרוחות למרחקים ניכרים. גם בעבודתו של Koreneva (1971), המתייחסת לגרגרי אבקה רצנטים בים-התיכון נמצא כי בקידוחים שונים מרחבי האגן הלבנטיני, למעלה משלושת רבעים מקרב המאספים הרצנטים נשלטים על-ידי צומח עשבוני ובעיקר סלקיים.

#### 7. *לענה – Artemisia*

*הלענה* מהווה מרכיב עיקרי בחבורות הצומח הערבתי והמדברי, כלומר בית גידולה מתאפיין בתנאי אקלים יבשים (Zohary, 1973). צמח זה מואבק על-ידי הרוח ולכן גרגרי האבקה עשויים להיות מוסעים ממרחקים ניכרים (Faegri and Iversen, 1992). ייצוגה של *הלענה* במאספים הפלינולוגים

גבוה בהשוואה לעשבונים אחרים ובעיקר ביחס למואבקי חרקים. מיני הלענה השונים אינם ניתנים לזיהוי פלינולוגי. מרבית המינים גדלים בחגורת הצומח האירנו-טוראנית ועל-כן מוצאם הגיאוגרפי עשוי להיות נרחב. המין הנפוץ ביותר הינו לענה מדברית (*A. herba-alba*). בן שיח ערבתי זה זקוק לטמפרטורות נמוכות יחסית (משרע טמפרטורות חורף הנע בין 12 ל-20°C-) וגדל בתחום משקעים של 100-200 מ"מ גשם בשנה (Zohary, 1973). הלענה עמידה ליובש ומסוגלת לעבור מספר שנות בצורת בנזק מזערי. באזורי המדבר בחבל הסהרו-ערבי מצטמצמת תפוצת הלענה לבתי גידול מיוחדים בהם הטמפרטורות אינן גבוהות מדי. מין אופייני לאזורי חולות מיוצבים ולצומח לאורך מישור החוף-הים תיכוני הינו לענה חד-זרעית (*A. monosperma*) (Zohary, 1973; Horowitz, 1979). במחקר הנוכחי לצמח זה חשיבות רבה בניתוח עקומות הפולן, הן בשל ייצוגו הגבוה והן בשל יכולתו לשמש כסמן פלינולוגי לשינויים בלחות ויובש: עליה בנפיצות של הלענה מצביעה על תנאי אקלים יבשים ולהפך. המגמה הכללית של הלענה מציגה תמונה לפיה במהלך MIS-5a ובתחילת הגלציאל (~86-68ka) ערכי הלענה נמוכים יחסית והם גדלים במהלכו של הגלציאל ומעידים על קיום של תנאי אקלים יבשים. בתקופת הדה-גלציאל, יש ירידה באחוזי הלענה שנמשכת במהלך ההולוקן ומצביעה על עליה בלחות.

#### 8. שרביטן – Ephedra

השרביטן עשוי להיות ממוצא גיאוגרפי נרחב, אולם לרוב הינו צמח ערבתי, הגדל גם בדיונות חוליות (Zohary, 1973). השרביטן מייצג תנאי אקלים יבשים יחסית הדומים ולעיתים אף פחותים בכמות המשקעים מאלו הדרושים ללענה. צמח זה מפיץ לאוויר כמויות נמוכות של גרגרי אבקה. ייצוגו הגבוה במאספים הפלינולוגים נובע מהדופן העמידה של גרגר אבקה זה ומיכולתו להיות מוסע למרחקים ניכרים (Faegri and Iversen, 1992). נטייה זו לייצוג יתר אף מתגברת במאספים הימיים (Cheddadi et al., 1991). מגמת הופעתם של שני טיפוסים השרביטן (*Ephedra fragilis* ו-*Ephedra distachya*) במאספים של גלעיני המחקר דומה ומכאן, שעריכת אבחנה זו אינה שופכת אור נוסף (רי' איורים 9 ו-10a). באופן כללי ייצוג השרביטן דומה לזה של הלענה, עם ערכים נמוכים יחסית בין 86-60ka ~ ובהולוקן ואחוזים גבוהים בגלציאל, המעידים על תנאי אקלים יבשים יותר.

#### 9. דגניים - Poaceae

מיני הדגניים (אשר לא ניתנים להפרדה מבחינה פלינולוגית) אופייניים אף הם למספר רב של בתי-גידול: שדות, בתות עשבוניות, קרחות יער, תת יער ואף מצויים בסמיכות לגופי מים. הביוטופים השונים מייצגים מגוון נרחב של תנאים אקולוגיים ולכן משמעותם האקלימית מוגבלת. Horowitz (1992) מציין כי הדגניים עשויים להגיע לחוף הישראלי אפילו ממקור טרופי באמצעות הנילוס. במחקר זה נעשה ניסיון לזהות את המעבר התרבותי בין דגני הבר (wild grasses) לתבואות (cultivated cereals), אולם בשל הערכים הנמוכים יחסית של שתי קבוצות הדגניים ובעיקר של הדגניים התרבותיים (רי' איורים 9 ו-10a), לא ניתן היה לעשות זאת. בנוסף לזאת, מאחר וקיימים מספר מיני דגני בר המייצרים פולן הדומה בגודלו לדגניים תרבותיים באזור המזרח התיכון, הרי שנוכחות גבוהה של תבואות לא בהכרח מעידה על חקלאות (Van Zeist and Bottema, 1977).

#### 10. שיחים אחרים - Other shrubs

בקבוצה זו נכללות עשרות משפחות של שיחים ועשבים שנוכחותם לאורך החתכים הינה לרוב דלה וואו משפחות שעשויות לגדול במספר רב של ביוטופים ועל-כן הן נעדרות משמעות אקולוגית מיוחדת. מרבית המשפחות העשבוניות הנכללות בקבוצה זו הינן מואבקות חרקים ועל-כן ייצוגן במאספים הפלינולוגים מועט (ביחס לשיחים ועשבים אחרים שהינם מואבקי רוח כגון הסלקיים *הלענה*). על משפחות וטיפוסים אלו נמנים: פרפרניים (Fabaceae), השושניים (על טיפוסיהם השונים – Liliaceae), מצליבים (Brassicaceae), מורכבים צינוריים (Asteroideae), מורכבים לשוניים (Cichorioideae), נוריתיים (Ranunculaceae), ציפורניים (Caryophyllaceae), טבורתיים (Crassulaceae), לטמיים (Cistaceae), חלמתיים (Malvaceae), לעתניים (Scrophulariaceae) גרניים (Geraniaceae), זיפניים (Boraginaceae), ארכובתיים (Polygonaceae), לחכיים (Plantaginaceae), פרגיים (Papaveraceae), פואתיים (Rubiaceae), חבלוביים (Euphorbiaceae), יערתיים (Caprifoliaceae), רקפתיים (Primulaceae), הדסיים (Myrtaceae), שלמוניים (Dipsaceae) ואחרים. במקרים אחדים עשויים לייצג חלק מהעשבוניים דרגות שימור – כך למשל בעת הצטברות ספרופלים, כתוצאה מקרקעית ים דלת עד נעדרת חמצן, שימור הפלינומורפים היה טוב. במהלך אירועים אלה נמצאו למשל אחוזים גבוהים לטיפוס ה-*Bunium*, ממשפחת הסוככיים למרות שלגררי האבקה מטיפוס זה דופן עדינה יחסית. באופן כללי קבוצת "השיחים האחרים" מופיעה לאורך החתך בערכים דומים ועל-כן אינה תורמת רבות לשחזור תנאי האקלים.

#### 11. צומח טרופי – Tropical elements

בקבוצה זו נכלל העץ המחטני *Podocarpus* והמשפחות *Combretaceae*, *Icacinaeae* והקוציציים (Acanthaceae); בני משפחה זו עשויים לגדול גם באזורי צומח ים-תיכוניים ואף ערבתיים ומדבריים, אולם הם נדירים מאוד במאספים הפלינולוגים מאזורים אלה). מקור גרגרי האבקה של הצמחים בקבוצה זו הוא ברמת אתיופיה וברמות של מזרח אפריקה. הגרגרים מוסעים אל הים-התיכון על-ידי נהר הנילוס. קיים ייצוג סלקטיבי של הצומח הטרופי המביא לכך שרק גרגרי האבקה העמידים יותר, מוצאים דרכם אל הים-התיכון (Kendall, 1969; Rossignol, 1969; Rossignol-Strick, 1972). למרות הופעת קבוצת צומח זו באחוזים נמוכים ובאופן בלתי רציף, שילובה של הקבוצה יחד עם פלינומורפים נוספים (הנבגים הנילוטים, הגמאיים, צמחי המים והאצות), מספקת מידע על שחזור שפיעת הנילוס (ר' 4.4).

#### 12. הגמאיים - Cyperaceae

הגמאיים הינם שיחים הגדלים בגדות של נחלים, דלתאות, ביצות ומקווי מים נוספים. גרגרי אבקה של משפחה זו מוסעים לרוב לים-התיכון על-ידי המים ומוצאם העיקרי הוא מאזורי דלתת הנילוס. במחקרו של Bottema (1992) נמצא כי מאספי הצומח מהדלתא נשלטים על-ידי הגמא. גם מעבודתה של Rossignol-Strick (1972) עולה שבמזרח הים-התיכון מקורם העיקרי של הגמאיים הוא מדלתת הנילוס וואו מאזורי הביצות של באהר אל גאזל (היובל הראשי של הנילוס הלבן). תפוצת משפחה זו נרחבת במיוחד משום שהללו מואבקים על-ידי הרוח ועשויים לגדול במגוון נרחב של בתי גידול לחים בעלי מליחויות משתנות (Ayyad et al., 1992), למרות המבנה העדין של גרגר

אבקה זה (Horowitz, 1992). נוכחות הגמאיים מעידה אם כן על זרימה של הנילוס לאגן הלבנטיני: אחוזים גבוהים מייצגים ככל הנראה שפיעה חזקה. בנוסף נמצא כי ככל שגדל המרחק מהנילוס קטנה מידת הופעתם (Rossignol-Strick, 1972). משפחה זו מיוצגת באחוזים גבוהים מאוד לאורך גלעין 95-09: בבסיס החתך היא מופיעה בערכים בינוניים. בפרק הזמן - 80.0-63.1ka הגמאיים מהווים את המרכיב השולט בקרב מאספי הצומת. בהמשך התקופה, הכוללת את מרבית הגלציאל האחרון ותקופת הדה-גלציאציה, נמצאו אחוזים נמוכים עם מספר תנודות משנה ובהולוקן ישנה עליה בערכי הגמאיים, המעידה קרוב לוודאי על התגברות שפיעות הנילוס (ר' 4.4).

החלוקה לקבוצות שופכת אור נוסף על התנאים האקלימיים באזור ומשלימה את התמונה המתקבלת מיחסי ה-AP/NAP. במספר מקרים אופן זה של הצגת התוצאות אף מסייע בפירוט תנודות משנה ובהארת אירועים אקלימיים מסוימים.

קבוצות פלינומורפים נוספות שזוהו בקידוח 95-09 ומופיעות באיורים 10b-10d ובאיור 11:

### 1. צומח הידרופילי - Hydrophilous

נוכחותם של צמחים הידרופיליים מעידה על הימצאותם של מקווי מים מתוקים באזור המחקר כגון נחלים, אגמים, ביצות ונביעות. האשל, הנכלל בקבוצה זו, אופייני גם לגופי מים מלוחים וסובל לרוב מתת ייצוג במאספים הפלינוולוגים (Van Zeist et al., 1968; Ayyad et al., 1992). הקבוצה מופיעה בערכים נמוכים לאורך החתך, עם עליה בולטת בתקופת הדה-גלציאציה ובהולוקן.

### 2. צומח מים - Aquatic

צמחי מים מוגדרים כצמחים שמרבית גופם שקוע במים. צמחים אלה גדלים לרוב בגופי מים מתוקים כגון אגמים, ביצות, נחלים ונהרות. נוכחותה של קבוצה זו מועטת ביחס לצומח ההידרופילי משום שהיא מואבקת ברובה על-ידי מים ואו חרקים, בניגוד לצומח ההידרופילי המואבק ברובו על-ידי הרוח. צמחי המים מופיעים בחתך בערכים יחסית נמוכים ואינם מצביעים על מגמה מיוחדת. אולם בולט במיוחד האחוז הגבוה של צמחי מים שנמצא במהלך הצטברות ספרופל S3 ובעיקר בספרופל S1. סביר שמספרים גבוהים אלה נובעים מכך שמרבית גרגרי האבקה בקרב קבוצה זו הינם בעלי דופן חיצונית עדינה יחסית ולכן טיב שימורם גבוה רק בתקופות ספרופליות (ר' 4.3.1).

### 3. נבגים - Spores

מקור נבגי האצות, השרכים והטחבים הינו ברצועה הטרופית שבמעלה הנילוס. במקרים רבים מדובר בהשקעה חוזרת של נבגים משכבות מתקופת היורא שהתבלו והוסעו על-ידי הנילוס הכחול והאטברה (השכבות הללו מונחות תחת רמות הבזלת של אתיופיה; Rossignol, 1969). במחקר זה לא נערכה אבחנה בין טקסוני הנבגים הרגילים לאלו שמקורם בבליה. מגוון המינים של הנבגים הינו נרחב באזורי המוצא של הנילוס, אולם בדומה לצומח הטרופי גם בקרב הנבגים השימור הדיפרנציאלי מביא לכך שרק אלו העמידים מיוצגים במאספים הפלינוולוגים (Kendall, 1969; Rossignol, 1969; Rossignol-Strick, 1972). נוכחות הנבגים הטרופים, כמו גם העדרם, מייצגים את

פעילותו של הנילוס ועשויים לייצג את אופן פיזור הסדימנטים הנילוטיים באגן הלבנטיני וכן להעיד על טיב השימור בסדימנטים (ר' 4.3.1 ו-4.5.2).

#### 4. דינופלגלטות – (Dinoflagellate)

הדינופלגלטות הינן אצות פיטופלנקטוניות היוצרות ציסטות המהוות גופי קיימא. נוכחותן או העדרן של הדינופלגלטות עשויה לנבוע מהשלב בו הן נמצאות מבחינת מחזור חייהן, מאחר ולא כל השלבים משתמרים כמאובנים. כאשר הדינופלגלטות מופיעות בערכים גבוהים ובמגוון מינים נרחב, הן אינדיקטיביות למליחות, יצרנות ראשונית וטמפרטורות. בגלעינים ממחקר זה מתאפיינות הדינופלגלטות בנפיצות נמוכה ובלתי רציפה ולכן תרומתן לשחזור הפאליאואקולוגי אינה רבה. במחקרים נוספים מהאזור נמצאו גם ערכי דינופלגלטות נמוכים, הנובעים מכמות נוטריינטים נמוכה יחסית האופיינית למזרח הים-התיכון (ככל שכמויות הנוטריינטים בפני הים גבוהות יותר עולה היצרנות של הדינופלגלטות; Zonneveled, 1995).

#### 5. אצות – (Algae)

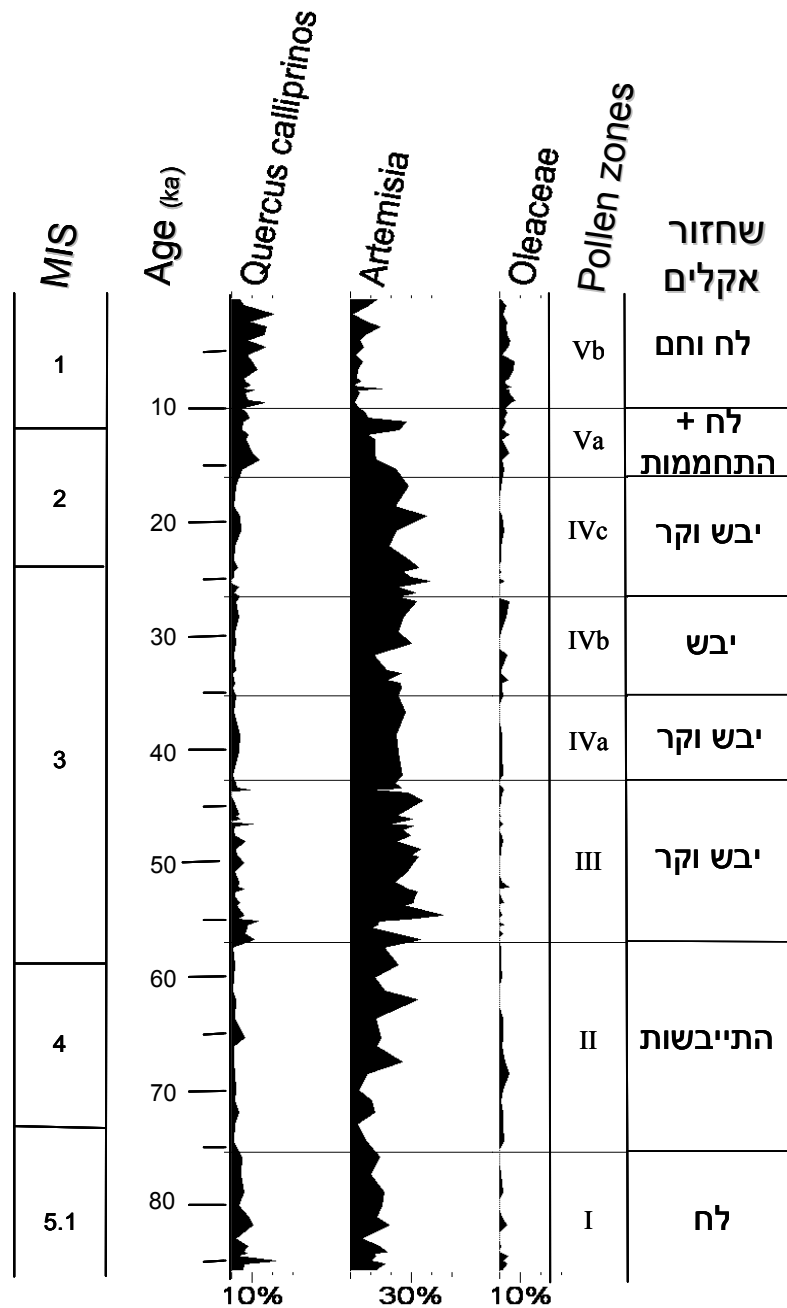
נוכחותן של אצות המים המתוקים במאספים הפלינולוגים מעידה על הובלתן על-ידי הנילוס. מקורן ביבשה והן הובלו לים באופן הדומה לפולן טרופי ולנבגים. האצות מופיעות לאורך החתך בערכים דומים וכמו הנבגים, נעדרות באופן חלקי בעת הצטברות הספרופלים, בשל שינויים בטיב השימור.

#### 6. פטריות – (Fungal)

הפטריות שנמצאו במחקר אופייניות הן למים מתוקים והן לסביבה ימית. עליה בנפיצות הפטריות ממוצא יבשתי עשויה להתקשר לעליה בכמויות החומרים האורגניים המוסעים לים. יתכן שהנפיצות מושפעת גם משינויים במרחק בין דלתת הנילוס למיקום גלעין 09-95, הנובעת מכך שמיקום הדלתא לא היה קבוע בהכרח בשל שינויים במפלס הים ובזרמים. עליה בנפיצות היחסית של פטריות ממקור ימי קשורה להתרבות מהירה (Elsik, 1996). הפטריות מופיעות בערכים נמוכים בתקופות הבין-קרחוניות שזוהו במחקר זה ואחוזיהם גדלים בגלציאל, ככל הנראה משום שהן עמידות יותר מפולן. לפיכך מגמת הופעתם דומה לנבגים ובעיקר לאלה מטיפוס Trilete.

#### 4.1.2.3 סמנים פלינולוגים כמציני אקלים

מניתוח קבוצות הצומח העיקריות (איור 16) עולה, שהסמנים הפלינולוגים הטובים ביותר להגדרת מחזורים של לחות/יובש הן העקומות של האלון המצוי והלענה, בהתאמה (איור 17): ערכים גבוהים של אלונים מעידים על לחות גבוהה הזמינה לצמחים (מעל 400 מ"מ משקעים במוצע שנתי; Zohary, 1973) ועל קיומו של חורש ים-תיכוני, בעוד שאחוזי לענה גבוהים מייצגים תנאי אקלים של התייבשות באזורנו. הלענה יכולה להתקיים גם בכמות גשמים שנתית מינימלית של 100-200 מ"מ וכן באקלים יבשתי עם משרע עונתי גבוה וחורפים קרים (Zohary, 1973).



איור 17 : שחזור אקלים ב-90,000 השנים האחרונות בהתבסס על עקומות צומח נבחרות מגלעין 95-09, דרום האגן הלבנטיני  
 הערה: העקומות נלקחו מאיור 10a ועל-כן אינן מהוות יחדיו 100%.

ערכים גבוהים של עצים ירוקי עד ממשפחת הזיתיים (זית ובר-זית) מהווים במחקר זה סמן פלינוולוגי להתחממות באזורינו. צמיחתם של עצים אלו מעודדת על-ידי טמפרטורות גבוהות (הזית כאמור אינו פורח כאשר הטמפרטורות נמוכות מ- 3°C; Zohary, 1973). ערכי זיתיים גבוהים מעידים על קיומן של שנים עוקבות בהן הקרקע לא קפאה (איור 17).

שינויים בתדירות הופעתם של סמנים פלינוולוגים אלה, דהיינו - האלון המצוי, הלענה והזיתיים מגדירים אם כן בברור את המחזוריות האקלימית במהלך 90,000 השנים האחרונות: תקופות בין-קרחוניות, שהתאפיינו באזורנו באקלים לח וחס יחסית, זוהו בין 86.0 ל-75.5ka (MIS-5a – אזור I) והחל מ-16.2ka ועד ההווה (תקופת הדה-גלציאציה וההולוקן – אזור V). הגלציאל האחרון זוהה במחקר הנוכחי בפרק הזמן 75.5-16.2ka (אזורים II-IV) ושרר בו אקלים יבש וקר יחסית. יחד עם זאת, נמצא כי תנאי האקלים בתקופה זו לא היו אחידים. זוהו תנודות במהלך הגלציאל המעידות על קיומם של פרקי זמן בהם היתה עליה בלחות.

דיגום מפורט בגלעין 95-09 בשילוב עם קצבי סדימנטציה גבוהים אפשרו גם את זיהויים של אירועים אקלימיים קצרי מועד, שתועדו במחקרים פאליאואקלימיים קודמים. הזיהוי התאפשר בעיקר על-סמך תנודות בעקומות של האלון המצוי והלענה:

❖ אירוע פלוביאל ביין 56.0-54.3ka – מזוהה ברקורד הפלינוולוגי על-ידי ערכים גבוהים מאוד של האלון המצוי המייצגים את המקטע הלח ביותר במהלך הגלציאל האחרון. חיזוק לקיומו של אירוע פלוביאל זה מתקבל מערכים שליליים גבוהים של  $\delta^{18}O$  בספלאוטמים ממערת שורק ביין 56.2-54.3ka (Bar-Matthews et al., 2005).

❖ אירוע Bölling/Alleröd - מיוצג בעבודה זו על-ידי ערכי עצים גבוהים מאוד ובכללם האלון המצוי בפרק הזמן: 14.6-12.3ka, המעידים על תנאי לחות גבוהים. על-פי הרקורד של גלעיני הקרח בגרינלנד התרחש האירוע ביין 14.7-12.9ka והוא מאופיין בהתחממות (Stuiver et al., 1995).

❖ אירוע ה-Younger Dryas - מוגדר במחקר הנוכחי על-ידי שיא בערכי הלענה בפרק הזמן שבין 11.9-11.2ka ומייצג התייבשות. האירוע לווה גם בירידה קטנה באחוזי האלונים המעידה אף היא על ירידה בלחות הזמינה לצמחים והתייבשות אזורית מסוימת. על-פי Genty et al. (2006) התרחש אירוע ה-Younger Dryas ביין 12.9-11.5ka והוא מאופיין בהתקררות ניכרת.

❖ אירוע סביב 8.2ka – במועד זה נמצא הערך ההולוקני הגבוה ביותר עבור הלענה, המרמז על התייבשות קצרת מועד באזורינו. האירוע זוהה בקידוחי הקרח של גרינלנד ובצפון האוקיינוס האטלנטי במועד זה - 8.2ka והוא מבטא התקררות בולטת (Bond et al., 1997).

זיהוי אירועים אלה מעיד שקיים קשר הדוק בין האקלים במזרח הים-התיכון לאזורים נרחבים, בעיקר בחצי הכדור הצפוני, שבהם תועדו אירועים אלה (ר' גם 1.2.1). המתאם בין התייעוד הפלינוולוגי לרקורדים פאליאואקלימיים אחרים מחזק את הקשר בנוגע למאפיינים של תנאי האקלים, לפיהם התייבשות מעידה גם על התקררות, בעוד שעליה בלחות מתקשרת לתנאים חמים יותר.

השימוש בעקומות של האלון והלענה כמייצגי שינויים של לחות/יובש באזורינו, נעשה גם במחקרים פלינוולוגים ימיים נוספים ממזרח הים-התיכון (Cheddadi 1988, Rossignol-Strick and Planchais, 1989; Cheddadi et al., 1991; Cheddadi and Rossignol-Strick, 1995a, 1995b; Rossignol-Strick and Paterne, 1999). גם במחקר היבשתי ממקדוניה (Tenaghi Philippon), המציג את הרקורד הפלינוולוגי

הרביעוני היבשתי הארוך ביותר במזרח הים-התיכון, נמצא שאלענה והאלונים (הנשירים) מתואמים היטב עם המחזוריים האקלימיים של הדרגות האיזוטופיות הימיות (Wijmstra, 1969; Wijmstra and Smit, 1976; Tzedakis et al., 2006).

הארזים העשויים להצביע על התקררות, מופיעים לאורך גלעין 95-09 באופן בלתי רציף ובערכים נמוכים ולכן לא ניתן להשתמש בהם כסמן פלינולוגי מובהק במחקר זה; להוציא את התקופה בין 56.3-43.5ka (אזור III), בה נמצאו אחוזי ארזים גבוהים יחסית ובמקביל הצטמצמו אחוזי הזיתיים, חובבי החום (ר' איור 9). במחקרים פלינולוגים מצפון ישראל נמצא כי הארזים עשויים להעיד על התקררות והתגברות של תנאי אקלים יבשתיים. נפיצות יחסית גבוהה יותר של ארזים מופיעה לרב לאחר שיאי לחות המיוצגים על-ידי אלונים (Weinstein, 1976) – ברכת רם; Weinstein-Evron, 1990, 1983 – עמק החולה).

במספר מחקרים מקידוחים יבשתיים במזרח הים-התיכון הסלקיים משמשים גם כמדד להתייבשות. מקור גרגרי האבקה של הסלקיים בבתי גידול שונים ולפיכך משמעותם האקלימית אינה חד משמעית (ר' 4.1.2.2). נוכחותם עשויה למסך את המגמות העולות מעבודה זו וכן במחקרים פלינולוגים ימיים המייצגים צומח מאזור גיאוגרפי נרחב. ברקורדים הפלינולוגים מבקע ים-המלח (עמקי החולה - Baruch and Bottema, 1999 - Ghab and Niklewski and Van Zeist 1970), עקומות הסלקיים והלענה דומות בהופעתן. יתכן כי הסלקיים מתאימים לייצג תנאי יובש ברקורד יבשתי יותר מאשר ברקורד ימי. למרות זאת (Rossignol-Strick, 1995, 1993), משתמשת בסלקיים כסמן לזיהויו של אירוע היובש: ה-Younger Dryas, בעוד שבמחקר זה מיוצג האירוע על-ידי ערכי לענה גבוהים (ר' 4.2.3). Baruch and Bottema (1991, 1999), מזהים במחקרם את אפיזודת התייבשות זו בעיקר באמצעות ירידה בערכי העצים.

בראשית ההולוקן זוהו במחקר הנוכחי שינויי אקלים משמעותיים: עליה בלחות - המיוצגת על-ידי עליה בערכי כלל העצים והאלונים וירידה באחוזי הלענה וכן התחממות - המבוטאת באמצעות עליה בערכי הזיתיים. שינויי אקלים בהולוקן המוקדם (6.0-9.0ka) זוהו גם בקידוחים הימיים בעבודותיה של Rossignol-Strick (1993, 1995). העליה בלחות נסמכת על זיהוי שיא בערכי אלות ("Pistacia Phase"). זיהויים של גרגרי אבקה כה רבים של עצי אלה במאספים הימיים אינו ברור. עץ זה על מיניו השונים נוטה לתת ייצוג במאספים הפלינולוגים, למרות היותו מואבק רוח. כך למשל במחקר הנידון זוהו רק גרגרים בודדים בלבד של עצי אלה. מגמה זו נובעת מכך שסף העמידות בפני תהליכי חמצון ושימור של גרגרי אבקה אלו הינו נמוך מאוד (הורוביץ, 1968; Horowitz, 1979). גם במאספי צומח יבשתיים הופעתו של עץ זה יחסית מצומצמת (ר' למשל נפיצותו בעמק החולה; Baruch and Bottema, 1999). התנאים האקלימיים הדרושים לצמיחה ופריחה של האלה דומים לאלו של הזית (הורוביץ, 1962; Zohary, 1962). לכן, לאור נפיצותם הגבוהה יחסית של הזיתיים בסדימנטים הימיים שנבדקו, מוצע להשתמש בהם כסמן פלינולוגי להתחממות.

### 4.1.3 סיכום: שינויי אקלים במהלך 90,000 השנים האחרונות על-סמך הממצא

#### הפלינוולוגי

הדיאגרמות הפלינוולוגיות המפורטות שבאיורים 9 ו-10a, בשילוב עם העקומות המופיעות באיורים 15-17, המציגות את קבוצות הצומח העיקריות והסמנים הפלינוולוגים שזוהו במחקר, מאפשרים לשחזר בפירוט את תנאי האקלים בסוף הפלייסטוקן ובהולוקן. מסיכום הנתונים עולה המחזוריות האקלימית הבאה במזרח הים-התיכון:

בין 86.0 ל-75.5ka (אזור I) נמצאו ערכים גבוהים יחסית של עצים ובכללם האלון המצוי, האלון הנשיר, עצים האופייניים לחורש ירוק העד וכן עצים נשירים, המעידים כי התקופה היתה לחה. אחוזי ה-AP מתמעטים בהדרגתיות ומייצגים מגמה של ירידה בכמויות המשקעים באזור מזרח הים-התיכון; שיא בערכי האלונים נמצא במקטע זה סביב 85ka והוא קשור ככל הנראה לעליה בלחות שליוותה את אירוע הצטברות ספרופל S3 בדרום האגן הלבנטיני. הלענה השרביטן, הדגניים וכן יתרת העשבונים מופיעים באחוזים בינוניים ומעידים כי התקופה לא היתה מאוד לחה, אולם גם לא התאפיינה ביובש.

בתחילתו של פרק הזמן 75.5-56.3ka (אזור II) יש ירידה חדה באחוזי האלון המצוי, הנשמרים לאורכו של המקטע ומייצגים, כבר בראשיתה של תקופת הקרח האחרונה, התייבשות באזורינו. יחד עם זאת, העליה בערכי הלענה והשרביטן והירידה באחוזי הזיתיים, מציגים מגמה הדרגתית של התייבשות והתקררות, בהתאמה. מעבר הדרגתי לגלציאל בולט גם בעקומת הגמאיים. כלומר, בהסתמך על עקומות אלו, המעבר לגלציאל התרחש באופן הדרגתי, בעוד שעקומת האלון המצוי מציגה מעבר חד. הסבר אפשרי לכך הוא שהתקופה המיוצגת באזור II לא היתה מאוד יבשה, אולם לא התקיים בה סף המשקעים המינימלי של 400 מ"מ הדרוש לאלון המצוי, בחלקים נרחבים באגן הלבנטיני. לאור זאת ניתן לראות באזור II תקופת מעבר לגלציאל האחרון.

המשך התקופה, בין 56.3 ל-43.5ka (אזור III), מתאפיין בחוסר יציבות אקלימית, המיוצגת על-ידי תנודות תכופות וחדות בכל עקומות הצומח. אחוזי האלונים הנמוכים יחסית ובעיקר ערכי הלענה והשרביטן המופיעים בערכים הגבוהים ביותר בחתך, מעידים על תנאי יובש ששררו באזורינו. למרות שהאזור מאופיין ביובש ישנה עליה מסוימת בערכי האלונים ביחס לאזור הקודם, המייצגים ככל הנראה עליה קלה מאוד בלחות. בנוסף לכך, נמצאו באזור זה מספר שיאים באחוזי האלונים בפרקי הזמן: 56.0-54.4ka, 46.1ka ו-44.4ka, המייצגים אירועים פלוביאלים קצרי מועד. כמו-כן במהלכה של תקופה יבשה וחוסר יציבה זו נמצאו ערכי ארזים גבוהים המייצגים התקררות ויתכן שגם התגברות של תנאי אקלים יבשתיים בחגורת הצומח ההררי הגבוה. ממצא זה נתמך גם בהופעתם המקוטעת ובאחוזים נמוכים יחסית של הזיתיים.

המשכו של הגלציאל - 43.5-16.2ka (אזור IV), התאפיין בנפיצות נמוכה מאוד של העצים ובכללם האלונים, המייצגים התמעטות של החורשים הים-תיכוניים באזורינו ומעידים על יובש ניכר. הלענה והשרביטן מופיעים בערכים גבוהים ואילו נפיצות הגמאיים נמוכה. תנודות בעקומות הצומח מחלקות פרק זמן זה לשלוש תקופות:

בין 43.5 ל-35.9ka (אזור IVa), מתייצבים תנאי האקלים היבשים וזאת לפי ההופעה האחידה של עקומת האלונים על אחוזיה הנמוכים ושל עקומות הלענה והשרביטן על ערכיהן הגבוהים, המצביעים על אקלים יבש באזורינו. האחידות בולטת מאוד גם בהופעתה של עקומת עצי האורן. ייצוגם המוגבל והבלתי רציף של הזיתיים מעיד, שהחורפים היו ככל הנראה קרים מאוד והלחות הזמינה לצמחים היתה נמוכה. בהמשך התקופה - 35.9-27.1ka (אזור IVb), שומרים האלונים על ערכיהם הנמוכים והלענה על אחוזיה הגבוהים, כלומר גם פרק זמן זה מתאפיין ביובש. יחד עם זאת, עליה קטנה באחוזי הזיתיים מצביעה על-כך, שככל הנראה תקופה זו לא היתה מאוד קרה. בגלציאל המאוחר - 27.1-16.2ka (IVc) תנאי האקלים היו היבשים והקרים ביותר: אחוזי אלונים והזיתיים נמוכים מאוד וערכי הלענה והשרביטן גבוהים מאוד. נפיצות האלון המצוי היא מינימלית ב-18.8ka ומייצגת את שיאה של תקופת הקרח (LGM).

תקופת הדה-גלציאציה (החל מ-16.2ka ועד להולוקן - אזור Va), התאפיינה באזורינו בעליה חדה של כלל העצים: אלונים ירוקי עד ונשירים, עצי החורש היס-תיכוני ובעיקר הזיתיים, המעידים על התלחחות והתחממות. כמויות המים הזמינות לצמחים עלו באופן משמעותי, ובאזור הלבנט היתה השתרעות נרחבת של חורשים שעיקרם אלונים. עקומת הלענה מייצגת מעבר מתון מתקופת הקרח המתבטא בעליית אחוזים הדרגתית, בעוד שעקומת האלונים ושאר העצים (בעיקר המחטניים), מייצגות מעבר חד. ערכי הזיתיים העולים אף הם באופן הדרגתי, מצביעים כי בנוסף לעליה המשמעותית בלחות היתה גם התחממות באזור מזרח הים-התיכון.

ההולוקן (אזור Vb) היא התקופה הלחה והחמה ביותר במהלך 90,000 השנים האחרונות ומיוצגת על-ידי אחוזי אלונים גבוהים ואחוזי הלענה הנמוכים ביותר בחתך, המעידים על השתרעות נרחבת של חורשים ים-תיכוניים באזורינו. באופן דומה, גם נפיצותם של הזיתיים הינה הגבוהה ביותר במקטע זה ומצביעה על-כך שבנוסף ללחות הגבוהה שררו גם תנאי אקלים יחסית חמים. נוכחות השרביטן בהולוקן נמוכה בעוד שערכיהם היחסיים של הגמאיים גבוהים. אחוזי אלונים גבוהים בראשית ההולוקן בין 9.4 ל-7.8ka, מופיעים בו זמנית למועד הצטברות ספרופל SI בדרום האגן הלבנטיני. במחצית השנייה של ההולוקן מתמעטים ערכי הזיתיים ומתרבות תנודות המשנה, המעידות על חוסר יציבות, ביחס לחלקה העליון של התקופה. הדגימות בגג החתך (0.6ka ועד ההווה) מייצגות את הצומח הרצנטי והתת-רצנטי באזור, שהופרע בשל פעילות האדם. הירידה המשמעותית בערכי האלונים בבסיס החתך עשויה להצביע על כריתת יערות במזרח הים-התיכון. במקביל עולים ערכי הלענה במאספים אלו.

מבדיקת מגוון המינים בגלעין 95-09 (איור 12), עולה שערכים בינוניים מאפיינים את בסיס החתך (אזור I – 86.0-75.5ka). באזור II (75.5-56.3ka), המהווה אזור מעבר לגלציאל, מתמעטים בהדרגתיות ערכי מגוון המינים, בדומה למגמות ההדרגתיות שזוהו בעקומות הלענה והשרביטן והגמאיים. אזור III (56.3-43.5ka) מאופיין בתנודות תכופות וחדות, המצביעות ככל הנראה על חוסר יציבות אקלימית, כפי שנמצא גם על-פי עקומות הצומח. באזור IV (43.5-16.2ka) ישנה ירידה כלפי חלקו הצעיר של המקטע (אזור IVc – 27.1-16.2ka), המיוצג בערכי מגוון מינים נמוכים יחסית ובתנאי האקלים היבשים ביותר

בחתך. בדה-גלציאציה ובתחילת ההולוקן, המאופיינים בלחות גבוהה, נמצאה עליה הדרגתית כלפי גג הגלעין של מדד מגוון המינים ובהולוקן המאוחר הערכים גבוהים מאוד.

## 4.2 השוואת ממצאי המחקר עם ממצאים פלינולוגים אחרים

### 4.2.1 כללי

מניתוח עקומות הפולן עולה התמונה הבאה: במהלך 90,000 אלף השנים האחרונות התקיימה מחזוריות של מקטעי זמן לחים ויבשים באגן המזרחי של הים-התיכון. תקופות בין-קרחוניות, שהתאפיינו באזורנו באקלים לח וחס יחסית, זוהו בין 86.0 ל-75.5ka (MIS-5a) והחל מ-16.2ka ועד ההווה (תקופת הדה-גלציאציה וההולוקן). הגלציאל האחרון זוהה במחקר הנוכחי בפרק הזמן 75.5-16.2ka. תחילתו בתקופת מעבר בין 56.3ka-75.5 שהתאפיינה בהתייבשות הדרגתית. בהמשך, בין 56.3-16.2ka שרר אקלים יבש וקר, אולם זוהו בו תנודות המעידות כי תנאי האקלים בתקופה זו לא היו אחידים – נמצאו פרקי זמן קצרים המאופיינים כלחים. דיגום מפורט בשילוב עם קצבי סדימנטציה גבוהים אפשרו גם את זיהויים של אירועים אקלימיים קצרי מועד. חלקם התאפיינו בעליה בלחות כגון: הצטברות ספרופל S3 ו-S1, פרק הזמן 54.4ka-56.0 ואירוע ה-Bölling/Alleröd. כמו-כן זוהו מספר אפיזודות של התייבשות: ה-LGM, תקופת ה-Younger Dryas ואירוע ה-8.2ka. בנוסף נמצא מתאם חלקי בין אירועי היינריך למקטעי זמן המאופיינים בהתייבשות במחקר הנוכחי (ר' 4.6). בפרק זה יבחנו ממצאי העבודה ביחס לרקורדים פלינולוגים ימיים ויבשתיים מהאזור.

### 4.2.2 עבודות פלינולוגיות ימיות

ממצאי עבודתם של Cheddadi (1988) ו-Cheddadi and Rossignol-Strick (1995a, 1995b), מאשרים את המחזוריות האקלימית שזוהתה במחקר הנוכחי. עבודתם מתבססת על שלושה גלעינים ימיים, שהוצאו צפונית-מזרחית לדלתת הנילוס, המתעדים שינויים אקלימיים ב-250,000 השנים האחרונות. מהאנליזות הפלינולוגיות בעבודתם עולה כי בתקופה הבין-קרחונית שקדמה לגלציאל (MIS-5a), השתרעות העצים היתה נרחבת, כתוצאה מלחות גבוהה באופן יחסי, שככל הנראה נבעה לדעת החוקרים גם מקיומם של גשמי קיץ באזור. המעבר לגלציאל החל בתחילת MIS 4 והתרחש באופן הדרגתי: האלונים והצומח הים-תיכוני מתמעטים בהדרגתיות. מאספי הצומח הגלציאלי מעידים כי הצומח האופייני באזורינו היה ערבתי ומדברי למחצה ותנאי האקלים היו יבשים יותר, יבשתיים וככל הנראה קרירים יותר. במהלך הגלציאל זוהו תנודות משנה רבות המעידות על העדר תנאים אחידים ועל חוסר יציבות אקלימית.

מתחילת תקופת הדה-גלציאציה נמצאה עליה חדה בערכי העצים (אלונים, זיתים ועצי חורש ים-תיכוניים נוספים), אשר הגיעה לשיאה בראשית ההולוקן (Cheddadi and Rossignol-Strick, 1995a, 1995b). בשל מרווחי דיגום גדולים יחסית וקצבי סדימנטציה נמוכים (בהשוואה לקצבים בגלעין 09-95), לא זוהו תתי אירועים במהלך התקופה, כפי שנמצאו בעבודה זו: ה- Bölling/Alleröd ה-Younger Dryas ואירוע התייבשות סביב 8.2ka. במחצית השניה של ההולוקן נצפו

ממצאים פלינוולוגים השונים במקצת מממצאי מחקר זה : בקידוח MD-84-629 (נמצא דרומית-מזרחית לגלעין 95-09 והינו הקרוב אליו ביותר מבין שלושת הגלעינים שנבדקו על-יד החוקרים), ישנה ירידה משמעותית בהולוקן המאוחר הן של ערכי האלונים והן של אחוזי הסלקיים והלענה. לדעת החוקרים הירידה מתקשרת לעליה חדה בערכי הדגניים (עד 50% מהמאספים), שמקורם בצפון-מזרח אפריקה. בנוסף מציעים Cheddadi and Rossignol-Strick (1995a) כי שינויים בריכוזי החמצן בקרקעית הים הובילו לעליה בטיב השימור של גרגרי האבקה ומכאן השוני הרב בין המאספים מההולוקן המאוחר, לעומת חלקיו המוקדמים של החתך. בניגוד לתוצאותיהם, במחקר זה במחצית השנייה של ההולוקן ישנה עליה באחוזי הלענה, בעוד ערכי האלונים – הן המצויים והן הנשירים נותרים גבוהים מאוד לכל משך ההולוקן (במחקרם של Cheddadi and Rossignol-Strick לא נערכה אבחנה בין טיפוס האלונים). בקרב הפלינוולוגים קיימת מחלוקת בנוגע לתנאי האקלים המשוחזרים בהולוקן המאוחר, הן באזורינו והן באזורים מרוחקים יותר. מרבית הקשיים נובעים מהשפעות אנתרופוגניות הגורמות לכך שמאספי הפולן אינם מייצגים בהכרח את הצומח הטבעי ( Baruch, 1986; Magri, 1995 and references therein; Jalut et al., 2000).

מגמות דומות נמצאו בעבודותיהם של Cheddadi (1988) ו-Cheddadi and Rossignol-Strick (1995a), וכן במחקר זה בנוגע לצומח המוסע לאגן הלבנטיני דרך הנילוס: אחוזי הנבגים הינם גבוהים בתקופות קרחוניות ונמוכים בתקופות בין-קרחוניות. כמו-כן הצומח הטרופי, כמו גם בעבודה הנוכחית, מצומצם מבחינת הופעתו. הגמאיים והדגניים במחקרם אינם שומרים על חוקיות בהופעתם ביחס למחזורי האקלים. באופן כללי הערכים היחסיים של משפחת הדגניים גבוהים בהשוואה לאלו שנמצאו בעבודה זו. על-סמך הנתונים לא ניתן כרגע להציע הסבר להבדל זה שבין שני המחקרים.

ספרופלים זוהו בעבודתם של Cheddadi (1988) ו-Cheddadi and Rossignol-Strick (1995a, 1995b), כמו גם בעבודה זו, בשל הריכוזים הגבוהים של גרגרי האבקה בשכבות הספרופל, שימורם הטוב של הפלינומורפים והנפיצות הנמוכה של העצים המחטניים והנבגים. על-פי מדדים אלה, הוגדרו האירועים הללו גם במחקרים פלינוולוגים נוספים ממזרח הים-התיכון ( Rossignol and Pastouret, 1971; Rossignol-Strick et al., 1982; Rossignol-Strick, 1973, 1985, 1993, 1995, 1999; and Paterne, 1999). מעבודתה המקיפה של Rossignol-Strick (1999), העוסקת בשחזור הרקורד הפלינוולוגי בספרופל S1 (~9-6ka), בהתבסס על 18 קידוחים מהאגן המזרחי של הים-התיכון, עולה התמונה הבאה: מאספי הצומח בעת הצטברות השכבה התאפיינו באחוזי-לענה נמוכים ובערכים גבוהים של עצים נשירים - עיקרם אלונים. עצים אלו גדלים לרוב במורדות הבינוניים והגבוהים של ההרים ומעידים על כמויות משקעים גבוהות (מעל 550 מ"מ בממוצע שנתי), שירדו ככל הנראה לאורך כל השנה. עצי אלה אפיינו את המורדות הנמוכים של ההרים. הטמפרטורות המשוערות לאזורים אלו היו בממוצע שנתי - 15°C ולא פחותות מ-5°C. באופן דומה נמצא בעבודה הנוכחית כי במהלך הצטברות ספרופלים S3 ו-S1 ישנם ערכים מירביים לאלונים הנשירים. כמו-כן נמצאה נפיצות גבוהה לעצי החורש הים-תיכוני ירוקי העד כגון האלונים המצויים והזיתיים, המחייבים כמות משקעים שנתית מינימלית של 400 מ"מ, ללא תנאי קיפאון בשנים עוקבות.

ברקורד פלינוולוגי ימי מהים היוני, שגילו-26-5ka (Cheddadi et al., 1991), עולות מגמות הדומות לאלו המאפיינות את גלעין 09-95: הגלציאל התאפיין בתנאי יובש וקור, ערכי הלענה היו גבוהים בעוד שערכי האלונים היו נמוכים. לאחר שיאה של התקופה (~19ka) נצפתה עליה חדה בלחות, המעידה על השתרעות נרחבת של חורשים ים-תיכוניים באזור מזרח הים-התיכון ומאפיינת את תקופת הדה-גלציאציה. אירוע ה-Younger Dryas זוהה על-פי אותם סמנים פלינוולוגים שבמחקר הנוכחי: ערכי לענה גבוהים לעומת אחוזי אלונים נמוכים. מאספי הצומח בראשית ההולוקן מציינים עליה נכרת בלחות (Cheddadi et al., 1991). גם באזורים מרוחקים יותר במזרח אגן הים-התיכון נמצאה מחזוריות אקלימית דומה: בים האדריאטי (Bottema, 1974b; Gröger, 1975; Rossignol-Strick et al., 1992; ) (Lowe et al., 1996; Trincardi et al., 1996; Zonneveld, 1996; Combourieu-Nebout et al., 1998; Schmidt et al., 2001; Giunta et al., 2003) ובאזורים הגובלים באגן המזרחי ממערבו - בים הטיירני (Rossignol-Strick and Planchais 1989; Amore et al., 2000; Ermolli et al., 2002) ובמדף היבשת שלחוף איטליה ויוון (Rossignol-Strick and Paterne, 1999). על-פי מחקרים אלה בתקופת הגלציאל חגורות הצומח במורדות הנמוכים והגבוהים של ההרים התאפיינו בצמחיה מדברית ומדברית למחצה כמו לענה ואילו החגורות הבינוניות כוסו בצמחיית בתה עם שרידים של עצי אורנים. במהלך הדה-גלציאציה ועד ההולוקן נתווספו לצמחי הבתה במורדות הבינוניים עצים המשתייכים לחורש הנשיר. עליה מחודשת בנפיצות היחסית של צמחי הבתה ובעיקר לקראת סוף התקופה מתקשרת לאירוע ההתקררות וההתייבשות – ה-Younger Dryas. ההולוקן מאופיין בהתרחבות של החורשים הנשירים והים-תיכוניים באזור, המעידים על לחות גבוהה הזמינה לצמחים. הלחות מהווה את הגורם המגביל את הצומח במורדות הנמוכים, בעוד שבמורדות הגבוהים הטמפרטורה היא הגורם המשפיע ביותר. הצומח במורדות הבינוניים מושפע משילובם של שני הגורמים. למרות ההבדלים בין מחקרים אלה והעבודה הנוכחית מבחינת הרכב המאספים (בשל הבדלים במיקום הגיאוגרפי, בטופוגרפיה וכן הלאה), המשמעויות האקלימיות מניתוח הרקורדים הפלינוולוגים לרוב דומות.

### 4.2.3 עבודות פלינוולוגיות יבשתיות

מחקרים פלינוולוגיים רבים של הרביעון המאוחר באזור הלבנט דנים ברקורדים מבקע ים-המלח. מעבודותיו של Horowitz (1974, 1979, 1989, 1992, 2001) באזור, דהיינו: מאגם החולה, אגם הכינרת וים-המלח, עולה שהפלייסטוקן העליון התאפיין בתנודות מחזוריות בין תקופות של אקלים לח לבין תקופות של אקלים יבש יותר. האינדיקציות הפלינוולוגיות שנמצאו בעבודותיו של Horowitz, דומות לאלו של המחקר הנוכחי: נפיצות יחסית גבוהה של עצים ובעיקר אלונים מייצגים עליה בלחות. לעומת זאת ירידה באחוזי ה-AP יחד עם עליה באחוזי הצומח הערבותי מעידים על התייבשות. במחקריו של Horowitz נמצא כי ההולוקן היה יבש באופן יחסי, בעוד שממצאי עבודה זו מצביעים על מגמות הפוכות, לפיהן ההולוקן הינה התקופה הלחה ביותר במהלך 90,000 השנים האחרונות.

בעמק החולה מצאה Weinstein-Evron (1983, 1990) כי במהלכה של דרגה איזוטופית 5 שררו באזור תנאי אקלים יבשים יחסית, עם מספר תנודות לחות יותר. תנודה לחה במיוחד שמשכה מספר אלפי שנים זוהתה סביב 75ka. בעבודה זו נמצא כי ב-MIS-5a האקלים באזורינו היה מתון. המעבר לגלציאל

התרחש ככל הנראה באופן הדרגתי החל מ-75ka. במהלך הגלציאל מצאה Weinstein-Evron, (1983, 1990), שהאקלים היה לח וקר יחסית. מאידך, מממצאי המחקר הנוכחי עולה שהגלציאל התאפיין ביובש יחסי; יחד עם זאת בפרק הזמן 56.3-43.5ka (אזור III) נמצאה עליה קלה באחוזי העצים המייצגת התלחלחות מסויימת במהלך הגלציאל; שיא בנפיצות הארזים בשילוב עם ירידה באחוזי הזיתיים מעידים גם על התקררות. באופן דומה, הארזים שזוהו במאספים מעמק החולה מייצגים התקררות וכן מעידים על התגברות של תנאי אקלים יבשתיים. שיאים בארזים במהלך הגלציאל מופיעים לרב לאחר שיאי לחות המיוצגים על-ידי אלונים (Weinstein-Evron, 1990, 1983). בשתי העבודות (הנוכחית וזו מעמק החולה), זוהו תנודות משנה המעידות כי תנאי האקלים בגלציאל לא היו אחידים.

בהמשך התקופה – בשיא הגלציאל (LGM) ובתקופת הדה-גלציאציה, שוחזרו תנאים אקלימיים דומים בעמק החולה ובעבודה זו: עליה בנפיצות של הלענה והסלקיים באזור החולה מעידים על התייבשות ב-LGM, המיוצגת בגלעין 95-09 על-ידי ירידה באחוזי העצים ועליה בנפיצות הלענה. בתקופת הדה-גלציאציה השתררו בעמק החולה תנאי אקלים לחים יחסית, שהתבטאו בעליה משמעותית באחוזי העצים ובעיקר אלונים נשירים (Weinstein-Evron, 1981; Bottema and van Zeist, 1981; Tsukada, cited in Bottema and van Zeist, 1981; Baruch and Bottema, 1991, 1999). בעבודה זו זוהתה תחילת תקופת הדה-גלציאציה באמצעות העליה החדה באחוזי העצים סביב 17ka – האלונים המצויים, האלונים הנשירים, האורנים והזיתיים, מייצגים עליה ניכרת בלחות ומעידים על התחממות. התייבשות קצרת מועד בין 10.5- ca. 9.5ka, מזוהה לדעת החוקרים (Baruch and Bottema, 1991, 1999; Bottema, 1995) עם אירוע ה-Younger Dryas, שתועד בעבודה הנוכחית על-ידי עליה חדה בנפיצות הלענה וירידה מסויימת באחוזי האלון המצוי. בראשית ההולוקן נצפתה שוב עליה בלחות הן בעמק החולה (Baruch and Bottema, 1999) והן במחקר זה, אולם לדעת חוקרים אחרים (Tsukada, cited in Bottema and van Zeist, 1981; Weinstein-Evron, 1990), ההולוקן באזור התאפיין ביובש יחסי.

האינדיקציות הפלינוולוגיות העולות מהמחקר הנוכחי בנוגע לאירוע ה-Younger Dryas מצביעות כי תקופה זו, שהתאפיינה בהתייבשות וככל הנראה גם בהתקררות, היתה בעוצמות פחותות ככל הנראה באגן הלבנטיני, בהשוואה לעדויות מצפון ומערב אירופה. למרות אחוזי הלענה הגבוהים שזוהו במהלך ה-Younger Dryas ערכי האלונים יורדים רק במעט ואינם מגיעים לערכים האופייניים לגלציאל באזורינו. לפיכך, במהלך אירוע זה חלה התייבשות, אולם ככל הנראה לא היתה חזרה לתנאי אקלים האופייניים לאזור במהלכן של תקופות קרחוניות, כפי שנמצא בעדויות פאליאואקלימיות בצפון ומערב אירופה. מספר חוקרים אף טוענים שעוצמת ה-Younger Dryas באזור הלבנט היתה חלשה עד בלתי מורגשת (Bottema, 1995, 2002; Weinstein-Evron, 2002; Lev-Yadun and Weinstein-Evron, 2005). לעומת זאת Rossignol-Strick (1993, 1995) מצאה בעבודותיה ממזרח הים התיכון, כי אירוע ה-Younger Dryas התבטא באזור בתנאי יובש וקור קיצוניים. זיהוי האירוע מסתמך על מתאמים שערכה החוקרת בין רקורדים יבשתיים לרקורדים ימיים מהאגם המזרחי. האינדיקציות הפלינוולוגיות עליהן נשענות האבחנות של החוקרת הם בעיקר שיאים בנפיצות הסלקיים. במחקרים פלינוולוגיים ימיים, כמו גם במחקר זה, לסלקיים יש נטייה למסך את המגמות הכלליות בשל תדירות הופעתם הקבועה והגבוהה

(ר' 4.1.2.3). מהעבודה הנוכחית עולה, שמקורם הגיאוגרפי של הסלקיים אינו ודאי ונראה כי הופעתם בחתך מוצאה במספר בתי-גידול שונים. על-כן גם משמעותם האקולוגית עשויה להיות מגוונת: נוכחותם יכולה להוות אינדיקטור להתייבשות ואו קרקעות מלוחות. הערות דומות בנוגע לסלקיים ברקורדים ימיים הועלו כבר בעבר על-ידי חוקרים רבים (לדוגמא, Koreneva, 1971; Faegri and Iversen, 1992). בדיאגרמות מבקע ים-המלח (Niklewski and Van Zeist 1970; Baruch and Bottema, 1999), מתנהלות עקומות הסלקיים והלענה באופנים דומים. יתכן כי הסלקיים מתאימים לייצג תנאי יובש ביבשה יותר מאשר בים.

התמונה מעמק החולה דומה לזו שנתקבלה מאנליזות פלינולוגיות מעמק ה-Ghab שבצפון סוריה (Niklewski and Van Zeist 1970; Van Zeist and Woldring, 1980; Van Zeist and Bottema, 1982; Yasuda et al., 2000). על-פי עבודות אלו, במהלך הגלציאל אחוזי ה-AP היו גבוהים יחסית והם מבטאים לחות גבוהה הזמינה לצומח. אולם, בשיאה של התקופה (LGM) ישנה ירידה חדה באחוזי העצים המייצגת הצטמצמות של החורשים באזור. בתחילת ההולוקן נמצאה עליה מחודשת באחוזי העצים המעידה על התלחחות. העבודות מעמקי החולה וה-Ghab הניחו את היסודות לשחזור הצומח ותנאי הסובב ברביעון המאוחר באזור הלבנט. אי התאמות בין העבודות השונות מבקע ים-המלח עשויות לנבוע מבעיות שונות בתיארוך של הרקורדים הפלינולוגיים. הערות בנוגע למסגרת הזמן הכרונולוגית של הרקורדים הללו נידונו על-ידי מספר חוקרים (Weinstein-Evron, 1990, 1998, 2002; Rossignol-Strick, 1993, 1995; Baruch and Bottema, 1999; Weinstein-Evron et al., 2001; Cappiers et al., 2006; Meadows, 2005; Robinson et al., 2006). קורלציה אפשרית בין הרקורדים מעמקי ה-Ghab (Niklewski and Van Zeist 1970) והחולה (Baruch and Bottema, 1991) ו-Tsukada, cited in Bottema and van Zeist, 1981). על-פי קורלציה זו, תקופת הדה-גלציאציה התאפיינה באחוזי AP גבוהים מאוד ובעיקר של אלונים נשירים, המייצגים עליה בלחות. תקופה זו לוותה בסופה באירוע התייבשות המיוצג על-ידי ירידה חדה בנפיצות העצים ועליה בערכי הסלקיים והלענה. יש לציין כי שינויים אלה פחות בולטים בעקומה הקדומה מעמק החולה (Tsukada, cited in Bottema and van Zeist, 1981), ככל הנראה בשל רזולוציית דיגום נמוכה יחסית (Weinstein-Evron, 1998). כמו-כן טוענת Weinstein-Evron (1990, 1998), שבעוד ה-LGM מזהה בברור ברקורד מעמק החולה (Baruch and Bottema, 1991) וברקורדים נוספים מהאזור (Rossignol-Strick, 1993, 1995) על-סמך מאספי פולן האופייניים לתנאי יובש, אירוע ה-Younger Dryas לא תמיד מזוהה באופן חד משמעי.

במהלך ההולוקן מוסברים חלק מהשינויים בצומח במחקרים מבקע ים-המלח, בשל השפעות אנתרופוגניות (Van Zeist and Woldring, 1980; Yasuda et al., 2000; Baruch, 1986, 1990). כך למשל Baruch בעבודותיו מהכינרת (1986) וים-המלח (1990), הדנות בהולוקן המאוחר, טוען כי רוב השינויים שחלו בהרכב הצומח נגרמו, ככל הנראה, בשל התערבות האדם. באופן דומה נמצא כי בברכת רם, שבצפונה של ישראל, התנדודות בצומח שתועדו במהלך 6,500 השנים האחרונות הושפעו רבות מפעילות האדם וכי תנאי האקלים באזור כמעט ולא נשתנו (Schwab et al., 2004; Neumann et al., 2007). בעבודה הנוכחית ניכרות השפעות אנתרופוגניות על הצמחיה רק החל מ-1.5ka ועד ימינו: זוהתה ירידה

ניכרת בכלל העצים (אלונים, אורנים, זיתים ואחרים), המייצגת ככל הנראה כריתת יערות נרחבת באזור הלבנט. יתכן כי הפער בין העבודות בנוגע למועד תחילת האבחנה של השפעות האדם על הצומח, נובע מכך שעבודה זו דנה בהיקף גיאוגרפי נרחב הרבה יותר בהשוואה לעבודות היבשתיות הנזכרות לעיל. מקור הפולן במחקר הנוכחי מגוון מאוד ויתכן כי הוא נוטה על-כן למסך את השפעות האדם על הצומח. נראה שבמהלך 1.5ka ההשפעות האנתרופוגניות הינן מאסיביות ועל-כן הן הטביעו חותמן על מאספי הצומח באופן ברור. מחקרים פלינוולוגיים רבים נתקלים בקשיים בנסיון להעריך במדויק את מועד תחילת השפעת האדם על הצומח ואת היקף ביטוי בעקומות הפלינוולוגיות. כמובן שהתמונה משתנה במרחבים גיאוגרפים שונים, בהתאם למועד תחילת פעילות האדם וקנה המידה של פעילותו (Magri, 1995 and references therein; Roberts et al., 2004).

מחקרים פלינוולוגיים יבשתיים מאזורים מרוחקים יותר נעשו במספר אגמים ביוון, תורכיה ובמזרח הקרוב (Wijmstra, 1969; Bottema, 1974a, 1979, 1982; Van Zeist et al., 1975; Wijmstra and Smit, 1976; Van Zeist and Bottema, 1977, 1982; Van Zeist and Woldring, 1978; Bottema and Van Zeist, 1981; Bottema and Woldring, 1984; Tzedakis, 1994, 1999; Tzedakis et al., 2002, 2003, 2004, 2006; Bottema and Sarpaki, 2003; Wick et al., 2003; Lawson et al., 2004; Emery-Barbier and Thiébault, 2005; Jahns, 2005). רקורדים אלה המתוארכים לרביעון המאוחר הינם ארוכים יחסית ומפורטים. שינויי האקלים העולים ממאספי הצומח תואמים את המחזוריות האקלימית של התקופות הקרחוניות (שהתאפיינו בקור וביובש יחסי) והתקופות הבין-קרחוניות (אזי היתה התחממות ועליה בלחות), לסירוגין, שזוהתה גם בעבודה זו. יתרה מכך, מהשינויים במאספים הפלינוולוגיים מסתמנות גם תנודות משנה במהלכן של התקופות הקרחוניות והבין-קרחוניות; כן תועדו בחלק מהמחקרים אירועים קצרי מועד בהם התרחש שינוי אקלימי, שזוהו גם במחקר הנוכחי כגון אירוע ה-Bölling/Alleröd וה-Younger Dryas. הרקורדים היבשתיים ממזרח הים-התיכון, כמו גם המחקר הנוכחי, תואמים את המחזוריות האקלימית הכללית המקובלת לחצי הכדור הצפוני. כך למשל מצא Tzedakis (2005) מתאם בין הרקורדים מיוון (Tzedakis et al., 2002) לרקורדים ימיים ולגלעיני הקרח מגרינלנד (GISP2) במהלך 50,000 השנים האחרונות. על-פי קורלציה זו אחוזים גבוהים של עצי היער ההררי הנשיר אופייניים לתקופות עם תנאי אקלים לחים יחסית. לעומת זאת אחוזים נמוכים מורים על הצטמצמות החרשים ועליה בנפח הקרחונים. בין הרקורדים הפלינוולוגיים היבשתיים ממזרח הים-התיכון קיימים הבדלים מבחינת הרכב מאספי הצומח (הן בינם לבין עצמם והן בהשוואה למחקר הנוכחי), אולם, המשמעויות האקלימיות מניתוח העקומות לרוב דומות. הבדלים בין הספקטרומים הפלינוולוגיים ברקורדים היבשתיים נובעים במרבית מהמקרים בשל המיקום הגיאוגרפי השונה (קווי אורך ורוחב, גובה טופוגרפי, מרחק מהים, השפעות מקומיות וכיוצא בזה). להבדלים בין העקומות הפלינוולוגיות היבשתיות לאלו הימיות מתווסף גם ההיבט המרחבי: הרקורדים היבשתיים מייצגים לרוב את הצומח המקומי בעוד שרקורדים מהים העמוק מייצגים צומח שמוצאו במרחב גיאוגרפי הרבה יותר גדול. גם הסמנים הפלינוולוגיים לזיהוי המחזוריות האקלימית שונים בין הים ליבשה (ר' 4.1.2.3). על-אף הבעיות הכרוכות בעריכת מתאמים בין עקומות הפולן היבשתיות והימיות, הציעו חוקרים שונים קורלציות בין הרקורדים (Rossignol-Strick, 1993, 1995, 1999; Lowe et al., 1996; Zonneveld, 1996; Magri and Tzedakis, 2000; Tzedakis et al., 1997, 2002; Tzedakis, 2005).

### 4.3 אירועי ספרופל

#### 4.3.1 ריכוזי הפלינומורפים ומשמעותם

בעבודה זו זוהו שני ספרופלים (S1 ו-S3) באמצעות עליה חדה בריכוזי הפלינומורפים (שינויים של 2-4 סדרי גודל ביחס לערכים ממוצעים). בנוסף, טיב השימור של גרגרי האבקה בשכבות הספרופל היה טוב מאוד. משך התקופות שבהם הצטברו הספרופלים ארוך יותר בדרום האגן, בהשוואה לצפון (טבלה 8):

טבלה 8: גילם של אירועי ספרופל על-פי ריכוזי הפלינומורפים

אירוע	גלעין	משך התקופה (ka)
ספרופל S3	95-09	85.9-83.0
	95-01	85.9-85.1
ספרופל S1	95-09	9.9-7.2
	95-01	9.5-8.2

עליה חדה בריכוזי הפלינומורפים בעת הצטברות שכבות הספרופל, זוהה גם במחקרים פלינולוגים נוספים ממזרח הים-התיכון (Rossignol and Pastouret, 1971; Rossignol-Strick, 1973, 1985, 1993, 1995, 1999; Rossignol-Strick et al., 1982; Cheddadi 1988; Rossignol-Strick and Paterne, 1999). הגידול בריכוזי הפלינומורפים בעת הצטברות הספרופלים, קשורים כנראה לירידה חדה בריכוז החמצן בקרקעית הים, שהובילה לדיסאוקסיה עד אנוקסיה. סביר להניח כי למרות העליה בכמויות המשקעים והנגר העילי באזור במועדי הצטברות הספרופלים (Rossignol-Strick, 1985; Kallel et al., 1997, 2000; Rossignol-Strick and Paterne, 1999; Bar-Matthews et al., 2000, 2003b; Rohling, 2002), השינויים העצומים בריכוזי הפלינומורפים אינם מייצגים עליה באחוז הכיסוי הצמחי, עליה בייצור גרגרי האבקה וואו הסעה יעילה יותר של הגרגרים לאגן המזרחי של הים-התיכון. שינויים מעין אלה אמנם עשויים להוביל לתרומה גדולה יותר של פולן לקרקעית האגן, אולם לא בריכוזים הגבוהים שנמצאו במחקר. מכאן שריכוזי הפלינומורפים הגבוהים בשכבות הספרופל נובעים מהתמעטות החמצן בקרקעית. חיזוקים לכך מתקבלים מהעליה החדה בתכולת הפחמן האורגני (TOC) בעת הצטברות הספרופלים, המצביעה על קיומה של קרקעית ים דיסאוקסית עד אנוקסית (איור 4; Bar-Matthews et al., 2005); מאספי הפורמינפרים הבנתיים מעידים גם שבצפון האגן התרחשה עקת חמצן ובדרומו הקרקעית היתה אנאוקסית (היעדרות מוחלטת של הפאונה הבנתית - Avnaim-Katav, 2005). ממצאים דומים נמצאו גם במחקרים נוספים ממזרח הים-התיכון (Rohling, 1994 and references therein).

השינויים בעמידות של גרגרי האבקה המאובנים קשורים באופן ישיר לתכולת הספורופולנין: הפולן עמיד יותר ככל שכמות הספורופולנין בדופן של הגרגר גבוהה יותר ולהפך (Jarzen and Havinga, 1964; Nichols, 1996). כך, למשל במקרה של האורניים – בשל תכולת ספורופולנין גבוהה יחסית, פלינומורפים ממשפחה זו עמידים יותר לתהליכי חימצון ולכן הם נוטים לייצוג יתר. בזמן הצטברות הספרופלים

מופיעים המחטניים לרוב בערכים יחסיים נמוכים (איור 9) ובעיקר בדגימות בהן זוהו הריכוזים הגבוהים ביותר: נפיצותם היחסית יורדת בגלל עליה בטיב השימור של פלינומורפים אחרים. הוצאת העצים המחטניים אפשרה לערוך השוואה בין מאספי צומח מתקופות שונות (ספרופליות ורגילות) וסייעה לזהות ביתר בהירות את המשמעות האקלימית בהתבסס על הספקטרום הפלינולוגי, מאחר שפלינומורפים אחרים זכו לייצוג אמין יותר ונמנעה הטייה של הנתונים.

הצטמצמות ניכרת עד העלמות מוחלטת של הנבגים הנלווים, במועדי הצטברות הספרופלים מצביעה כי גם הם נוטים לייצוג יתר. לקבוצה זו יש יכולת שימור מעולה ולרוב מקורה בהשקעה חוזרת מבליה של שכבות מתקופות קדומות. בעיקר בולטת התופעה בנבגים מטיפוס Trilete, שלהם דופן עמידה במיוחד (איור 10c; Rossignol, 1969). לפיכך מתקבלת התמונה הבאה: בתקופת הקרח האחרונה נמצאו ערכים גבוהים של כלל הנבגים (איור 11) ובאופן בולט יותר של טיפוס Trilete (איור 10c), בעוד שבתקופות בין-קרחוניות נמצאו ערכים נמוכים יותר. גם במקרה זה אין לקשור בין עליה בשכיחות הנבגים לירידת אחוז הכיסוי הצמחי. נפיצות הנבגים במאספים הפלינולוגים נמצאת ביחס הפוך לריכוזי החמצן בקרקעית האגן ועל-כן הופעתם המצומצמת במהלך הצטברות הספרופלים, למרות שפיעת הנילוס המוגברת ומוצאם הנלווים. גם ברקורדים פלינולוגיים ימיים נוספים מהאזור נמצא ייצוג יתר לנבגים ומחטניים בשל עמידותם הגבוהה בפני תהליכי חמצון ועל-כן גם הם הוצאו מהחישוב הכולל (Rossignol-Strick and Planchais, 1989; Cheddadi and Rossignol-Strick, 1995a; Rossignol-Strick and Paterne, 1999).

Cheddadi and Rossignol-Strick (1995b) מציינים שלוש תכונות עיקריות המאפיינות מאספי פולן אשר הצטברו בתקופות ספרופליות: ריכוזים גבוהים של גרגרי אבקה, מיעוט בעצים מחטניים ומיעוט בנבגים. יחד עם זאת יש לציין כי בגלעין 95-09 זוהתה ירידה חדה בערכי ריכוזי הפלינומורפים בעת הצטברות ספרופל S3, סביב 84.2ka ובמקביל נמצאה עליה משמעותית בערכי הנבגים (איור 11). השינויים הללו מיצגים ככל הנראה אפיזודה קצרת מועד לקראת סיום הרבדת הספרופל, בה עלו ריכוזי החמצן בקרקעית הים. באופן דומה נמצא כי בעת התרחשות אירוע ההתקררות במהלכו של ספרופל S1, ב-8.2ka (שזוהה בקידוחי הקרח של גרינלנד - GISP2 ובצפון האוקינוס האטלנטי - Bond et al., 1997), ישנה ירידה בריכוזי הפלינומורפים. במקביל נמצאה גם ירידה של תכולת הפחמן האורגני בגלעין 95-09 (Bar-Matthews et al., 2005) וזוהתה הופעה נקודתית של פאונה בנתונית באותו פרק זמן (Avnaim-Katav, 2005). אירוע קירור זה נמצא גם במחקרים אחרים ממזרח הים-התיכון (ביים האדריאטי ובים האגאי - Rohling et al., 2002). ניתוח של שכבות הספרופל במחקרים אלה מראה על ירידה קלה בטמפרטורת פני הים ואוורור עמודת המים לזמן קצר. תיעוד אפיזודות קצרות מועד אלה מצביע על-כך שאירועי הצטברות ספרופלים אינם הומוגניים בזמן ובמרחב: שינויים בריכוזי הפלינומורפים ובעדויות שתוארו לעיל מצביעים על תנודות בריכוזי החמצן בקרקעית הים.

אירוע הקירור ב-8.2ka זוהה גם ברקורד הפלינולוגי בגלעין מדרום האגן, לפי שיא בערכי הלענה המעיד על התייבשות קצרת מועד במהלך הרבדת ספרופל S1. באגן הצפוני מועד זה חותם את אירוע האנוקסיה, אולם לא נמצאו לו עדויות ברקורד הפלינולוגי. נוסף על כך, במהלך הצטברות הספרופל

בעוד קצבי הסדימנטציה עלו בגלעין הדרומי, הצטמצמו הללו בגלעין הצפוני (ר' איור 8). Avnaim-Katav (2005) חישה במהלך הצטברות ספרופל S1 את הקצבים הבאים: גלעין 95-09 – 19cm/kyr ובגלעין 95-01 - 3.8cm/kyr. נראה כי בתקופות של הצטברות ספרופלים, עם התגברות הפעילות ההידרולוגית, התחזקות מערכת המונסון האפריקאי והגידול בתכסית הצומח בסהרה, קטנה אספקת הסדימנטים האיאוליים לצפון האגן וגדלה אספקת הסדימנטים ממקור נילוטי לדרום האגן (Adamson et al., 1980; Krom et al., 1999b).

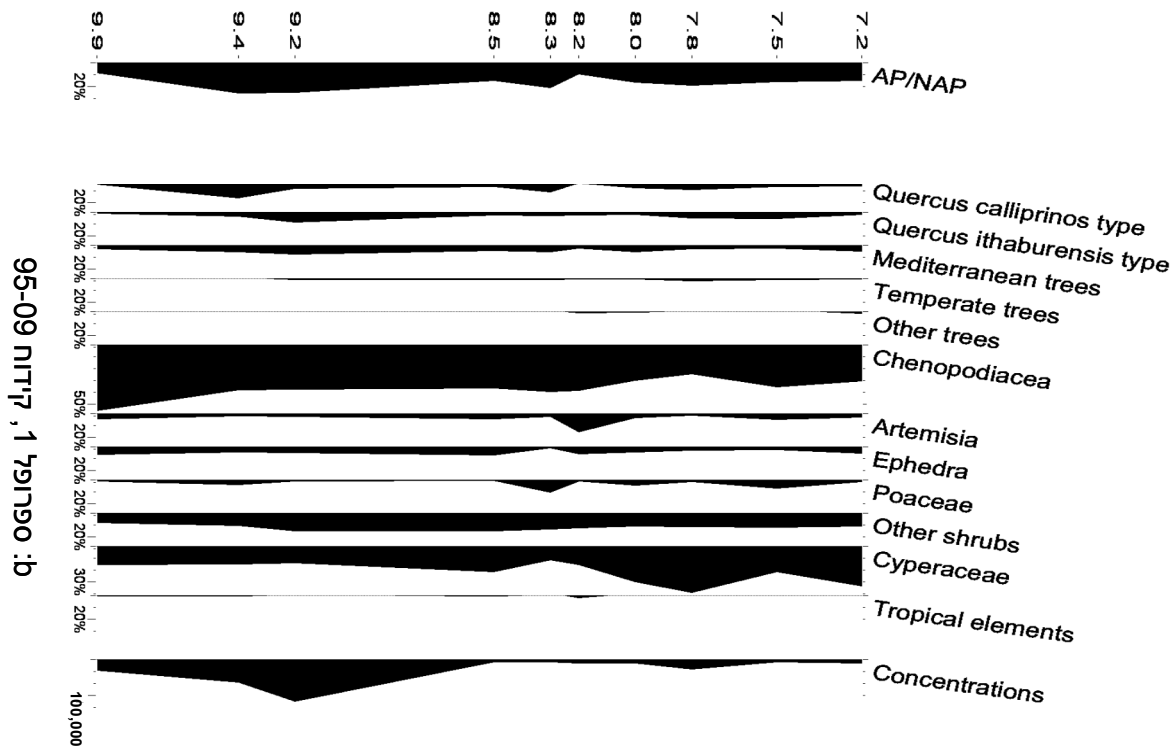
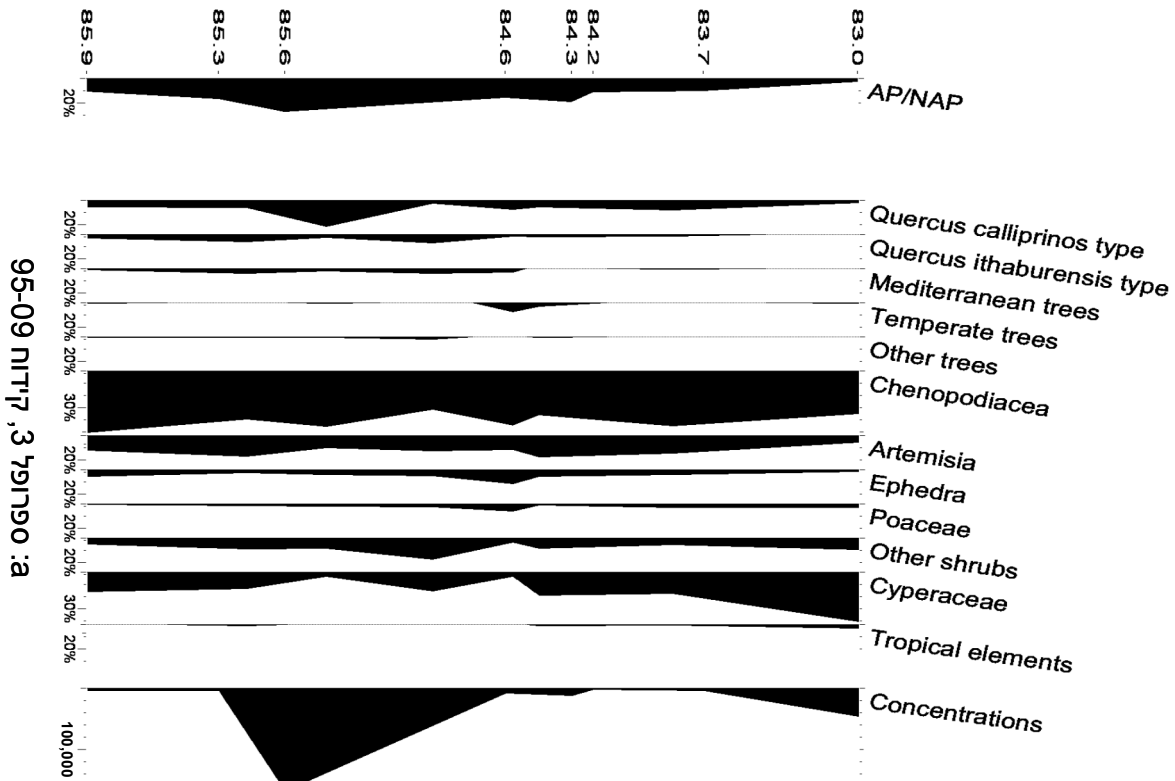
מאפיין נוסף של הצטברות פולן בתקופות ספרופליות הוא קיומם של ערכים נמוכים מהממוצע בבסיס ובסיום שכבות הספרופל (טבלאות 4, 5, 7). ריכוזים אלה עשויים להצביע על מעבר הדרגתי מקרקעית ים אנוקסית/דיסאוקסית שאפיינה את הצטברות הספרופל, לסביבה מאווררת יותר. ריכוזי פלינומורפים מעט גבוהים מהממוצע זהו במועדים נוספים: ב-58.2ka, ב-52.7ka, ב-49.6ka וסביב 44.5ka, ללא קשר לאירועי ספרופל. במרבית מדגימות אלה נמצאו קצבי סדימנטציה גבוהים יחסית (איור 8) ויתכן שזו הסיבה לריכוזים הגבוהים. בגג הקידוח גם נמצאו ריכוזי פלינומורפים גבוהים והם נובעים ככל הנראה מהשפעה דיאגנטית קצרה יחסית.

#### **4.3.2 שחזור תנאי הסובב בעת הרבדת הספרופלים והיווצרותם**

בגלעין 95-09 התקבל תיעוד פלינולוגי רציף, בעוד שבגלעין 95-01 הרקורד מקוטע: פלינומורפים השתמרו בשכבות ספרופל S3 ו-S1 ובחלק מהדה-גלציאציה (13.4-16.8ka). מהשוואת מקטעי זמן אלו (ר' איורים 13 ו-14) עולה שבשכבות הספרופליות ערכי העצים היו מעט גבוהים יותר - האורנים, האלוניים ירוקי העד והנשירים וכן משפחת הזיתיים (הכוללת את העצים זית, בר-זית ומילה). לפיכך, תקופות הספרופל בצפון האגן התאפיינו בעליה קלה בלחות, בהשוואה לדה-גלציאציה.

ההבדלים במאספי הצומח ובתנאי האקלים במועדי הצטברות הספרופלים עשויים לספק מידע אודות שינויים לאורך ציר הזמן - השוואה עתית בין שני אירועי הספרופל באותו הגלעין וכן על השוואה מרחבית, קרי - הבדלים בין דרום האגן הלבנטיני לצפונו (איורים 18 ו-19):

השוואה עתית - גלעין 95-09 (איור 18): ערכי שני טיפוסי האלון - ירוק-העד והנשיר, במהלך הצטברות ספרופל S3 ו-S1 דומים, אולם כלל אחוז העצים גבוה מעט יותר במהלך הרבדת ספרופל S1 ומייצג לחות זמינה גבוהה יותר לצמחים בראשית ההולוקן. תימוכין לכך ניתן למצוא גם בערכי הלענה הקטנים באופן משמעותי בספרופל S1. נוכחות רציפה וגבוהה באופן יחסי של עצי החורש ירוק העד, שעיקרם זית ובר-זית, בספרופל S1, מעידים כי בנוסף לעליה בלחות, תנאי האקלים ככל הנראה היו גם חמים יותר בראשית ההולוקן. ערכי הגמאיים מעט גבוהים יותר בספרופל ההולוקני ונראה כי הם מייצגים שפיעה מעט גבוהה יותר של הנילוס (ר' 4.3). הופעתן של שאר עקומות הצומח דומה בשני אירועי הספרופל.



איור 18: השוואה בין ספרופל S3 לספרופל S1 בגלעין 95-09

הערה: סך-כל העקומות שבדיאגרמה a הינו 100%, פרט לעקומת ה- AP/NAP שמהווה אף היא 100% ועקומת הריכוזים המיוצגת בערכים של פלינומורפים לגרם סדימנט. בדיאגרמה b אופן החישוב זהה.

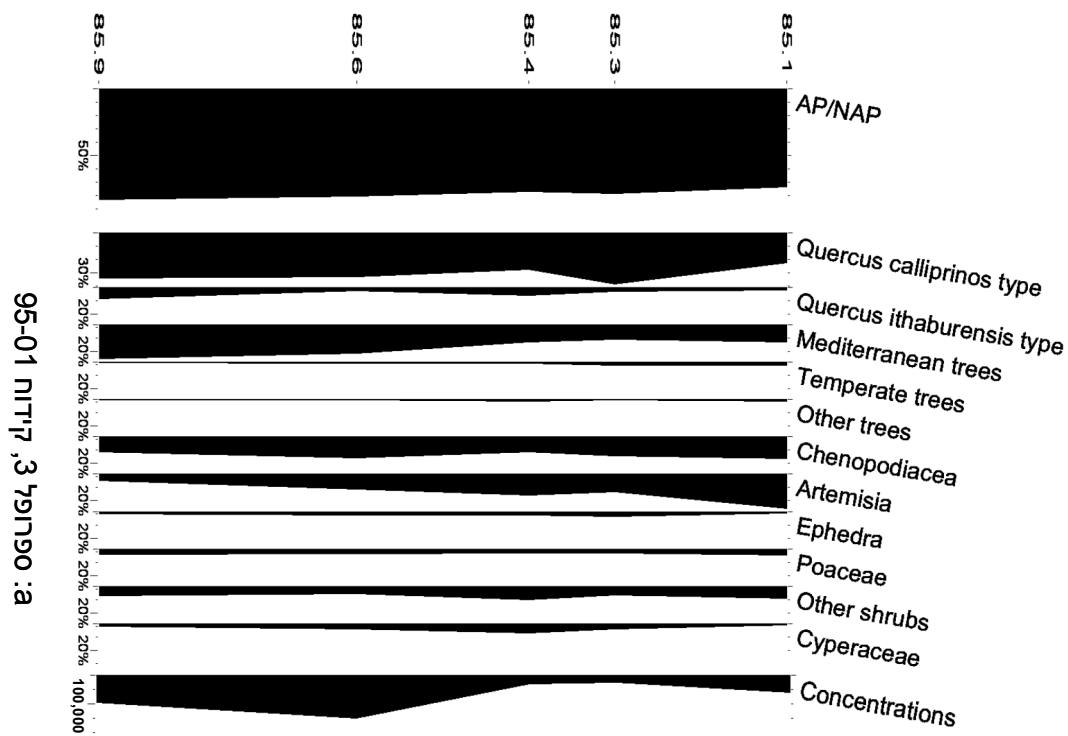
השוואה עתית - גלעין 95-01 (איור 19): הנפיצות היחסית של ה-AP מיוצגת בערכים גבוהים מאוד בספרופל S3 ומתבטאת באחוזים גבוהים יותר של אלון מצוי ושל העצים ירוקי העד, שעיקרם זית תב-זית. תדירות הופעתם של האלונים הנשירים לעומת זאת גבוהה במעט באירוע ספרופל S1. שאר הטקסונים מופיעים בערכים דומים. מכל האמור לעיל נראה כי באגן הצפוני במהלך ספרופל S3 תנאי האקלים היו לחים יותר וככל הנראה גם מעט יותר חמים, בהשוואה לאירוע ההרבדה מראשית ההולוקן.

השוואה מרחבית - ספרופל S3 (איורים 18a ו-19a): ערכי העצים הגבוהים (בעיקר אלון מצוי) בגלעין הצפוני בהשוואה לדרומי, מעידים על לחות גבוהה יותר בצפון האגן. שיאים בערכי האלונים המצויים זוהו בשני הגלעינים במועדים דומים (95-09 ב-85.6ka ו-95-01 ב-85.9ka) ומייצגים שיאים בלחות. האחוז הגבוה מאוד של העצים ירוקי העד בגלעין הצפוני, מעידים כי תנאי האקלים היו מותאמים יותר להתפתחותם של חורשים ים-תיכוניים בצפון האזור. נפיצותם הגבוהה של הגמאיים בקידוח 95-09, יחד עם היעדרותם של אלמנטים טרופיים ונוכחותם הדלה של הנבגים הנילוטים בקידוח הצפוני (ר') (4.4), נובעים מקרבת הגלעין הדרומי לנילוס.

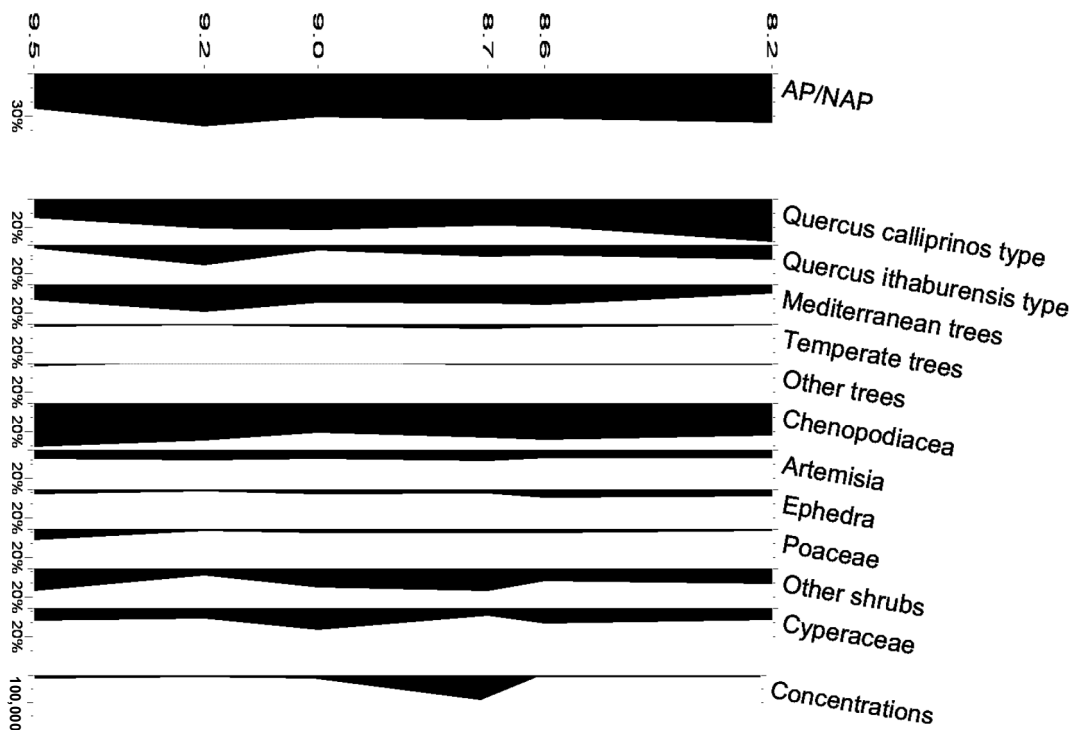
השוואה מרחבית - ספרופל S1 (איורים 18b ו-19b): נפיצותם של העצים ובכללם האלונים המצויים, האלונים הנשירים והעצים ירוקי העד, גבוהה באופן משמעותי בקידוח מצפון האגן. ממצא זה מעיד כי הלחות הזמינה לצמחים היתה גבוהה יותר באזור זה. הלענה והשרביטן מיוצגים באחוזים דומים בשני הקידוחים; פרט לאירוע ההתייבשות סביב 8.2ka, אשר אינו מופיע בקידוח 95-01 וזוהה ברקורד הפלינוולגי רק באגן הדרומי על-פי שיא בערכי הלענה. באופן דומה לממצאים מספרופל S3, גם במהלך הצטברות ספרופל S1 נמנו בגלעין 95-09 ערכי גמאיים גבוהים יותר מאשר בצפון האגן. כמו-כן ישנה נוכחות של צומח ממוצא טרופי ונבגים (איורים 11 ו-16), הנעדרת לחלוטין מגלעין 95-01. ההבדלים הללו נובעים מהמיקום הגיאוגרפי השונה של הקידוחים ומעידים כי השפעת הנילוס היא בעלת השתרעות גיאוגרפית מוגבלת ביס-התיכון.

ריכוזי הפלינומורפים: הריכוזים בשני אירועי הספרופל מציגים תנודתיות, המצביעה על רמות איוורור שונות בקרקעית הים. יחד עם זאת, שיאי הריכוזים גבוהים באופן משמעותי בספרופל S3 בהשוואה לספרופל S1, בשני גלעיני המחקר (איורים 18 ו-19). יתכן כי ממצא זה מעיד על הבדלים בריכוזי החמצן בקרקעית הים בשיאו של אירוע האנוקסיה בעת הצטברות ספרופל S3.

לסיכום - מהשוואת אירועי הצטברות שכבות הספרופל הן בזמן והן במרחב, עולה כי ההבדלים המשמעותיים יותר ניכרים בהיבט המרחבי: נמצא כי צפון האגן התאפיין בתנאי אקלים לחים יותר המיוצגים על-ידי אחוזי עצים גבוהים ובעיקר אלונים. בצפון האגן היתה השתרעות נרחבת יותר של חורשים ים-תיכוניים, המחייבים כמות משקעים שנתית מינימלית של 400 מ"מ, ללא תנאי קיפאון בשנים עוקבות. מאספי הצומח במהלך שקיעת הספרופלים משתנים בציר הזמן גם כאשר מדובר באותו האזור ועל-כן מייצגים תנאי אקלים מעט שונים בעת הצטברות שכבות הספרופל. כך למשל, הלחות



א: ספרופל 3, קידוח 95-01



ב: ספרופל 1, קידוח 95-01

איור 19: השוואה בין ספרופל S3 לספרופל S1 בגלעין 95-01

הערה: סך-כל העקומות שבדיאגרמה a הינו 100%, פרט לעקומת ה- AP/NAP שמהווה אף היא 100% ועקומת הריכוזים המיוצגת בערכים של פלינומורפים לגרם סדימנט. בדיאגרמה b אופן החישוב זהה.

שזוהתה בצפון האגן היתה גבוהה באופן משמעותי במהלך הרבדת ספרופל S3 בהשוואה לפרק הזמן בו הצטבר ספרופל S1. ההבדלים מתבטאים בהשתרעות נרחבת יותר של מרכיבי החורש הים-תיכוני – הן האלונים והן העצים ירוקי העד, שעיקרם זיתיים המעידים על לחות גבוהה הזמינה לצמחים וכן על התחממות. לעומת זאת בגלעין הדרומי נצפתה מגמה שונה - במהלך הרבדת ספרופל S1 התקבלו ערכי AP גבוהים ואחוזי לענה נמוכים ביחס לערכים שהתקבלו בספרופל S3, המעידים שתנאי הלחות היו מעט יותר גבוהים בספרופל ההולוקני. בנוסף זוהתה התחממות הבאה לידי ביטוי בהופעה רציפה ובערכים מעט גבוהים יותר של הזיתיים, בהשוואה לתנאים ששוחזרו במהלך שקיעת ספרופל S3.

היווצרות הספרופלים: מרבית המודלים הפאליאואקלימיים הדנים בשחזור התנאים שהובילו להצטברות שכבות הספרופל, תומכים במנגנון היצירה הבא (ר' 1.2.1): הספרופלים הצטברו בזמנים של קרינת שמש מירבית אשר יצרה הבדלי טמפרטורה גדולים יותר בין הים ליבשה והובילה לעליה בכמויות המשקעים באזור (Rossignol-Strick and Kallel et al., 1997, 2000; Rossignol-Strick, 1985; Paterne, 1999; Bar-Matthews et al., 2000, 2003b; Rohling, 2002). המליחות הנמוכה והטמפרטורות הגבוהות בפני הים גרמו לירידה בצפיפות המים, שכתוצאה ממנה נוצר שיכוב בעמודת המים, שמנע את יצירת מסת המים העמוקים (DW) במזרח הים-התיכון, ולכן הידלדל החמצן בעומק (Olausson, 1961; Rohling, 2002). חומר אורגני רב שנוצר בתנאי פוריות גבוהה במים העליונים עקב אספקה מוגברת של נוטריינטים שהובלו לים מנהרות ועקב העליה בכמויות המשקעים, שקע והצטבר בקרקעית והוביל לעקת חמצן חמורה עד אנוקסיה (Calvert, 1983; Calvert and Pedersen, 1992; Emeis and Sakamoto, 1998).

ספרופלים עשויים אם כן להיווצר בשל מספר גורמים וכן משילובם:

א. עליה בכמויות המשקעים והנגר העילי – אחוזי העצים הגבוהים בעת הצטברות ספרופל S3 וספרופל S1 מעידים כי תנאי האקלים היו לחים הן בדרום האגן הלבנטיני והן בצפון. התחממות מהירה יותר של היבשה ביחס לים גרמה לעליה בכמויות המשקעים בצפון אפריקה ולהגברת גשמי מונסון מעבר לקו פרשת המים באזור (Rossignol-Strick, 1985; Rossignol-Strick and Paterne, 1999; Rohling, 2002). מצב זה הוביל גם לעליה בכמות המשקעים בשולי היבשות של דרום מזרח הים-התיכון (Kallel et al., 1997, 2000; Rossignol-Strick and Paterne, 1999; Bar-Matthews et al., 2000, 2003b; Vance et al., 2004). מדווחים כי כמות המשקעים בעת הצטברות ספרופל S1 היתה גבוהה בכ-30% בהשוואה לכמותם בהווה. בעקבות העליה בכמויות המשקעים עלו כמויות הנגר העילי הזורמים לים, שמקורם בנחלים ונהרות ובעיקר הנילוס (Rossignol-Strick, 1985; Rohling, 2002).

ב. עליה ביצרנות הראשונית – הובילה לתנאים של דיסאוקסיה עד אנוקסיה בקרקעית הים (Calvert, 1983; Calvert and Pedersen, 1992). ריכוזי הפלינומורפים הגבוהים ושימורם הטוב בעת הצטברות שכבות ספרופל S3 וספרופל S1, כמו גם ערכי ה-TOC הגבוהים מייצגים קרקעית ים דלת עד חסרת חמצן בשני חלקי האגן הלבנטיני. יתכן כי עליה בכמויות המים ממקור נילוטי, כתוצאה מהתחזקות מערכת המונסון הובילה לעליה ביצרנות הראשונית

ולשטף גבוה יותר של חומר אורגני. להערכות דומות הגיעו Shriki (2005) ו-Avnaim-Katab (2005) על-סמך ממצאים פאליאונטולוגיים: במהלך הרבדת ספרופל S3 ובעיקר ספרופל S1, נמצאה נפיצות גבוהה של פורמיניפרים פלנקטוניים בגלעין הצפוני, אשר מוסברת בעליה מסוימת ביצרנות הראשונית בזמן שקיעתן של שכבות הספרופל (Shriki, 2005). במהלך הצטברות ספרופל S1 בדרום האגן מצאה Avnaim-Katab (2005) עליה בכמות הנוטריינטים, שהובילה לעליה ביצרנות הראשונית.

ג. שינויים אסטרונומיים - במועדי הרבדת ספרופל S3 ו-S1, כמו גם בעת הצטברות ספרופלים אחרים שנמצאו ב-250ka, נמצא מתאם גבוה בין זמנים של קרינת קיץ מקסימלית במחזורי מינימום של תנועת הנקיפה למועדי היווצרות הספרופלים (Rossignol-Strick, 1983; Rossignol-Strick and Paterne, 1999).

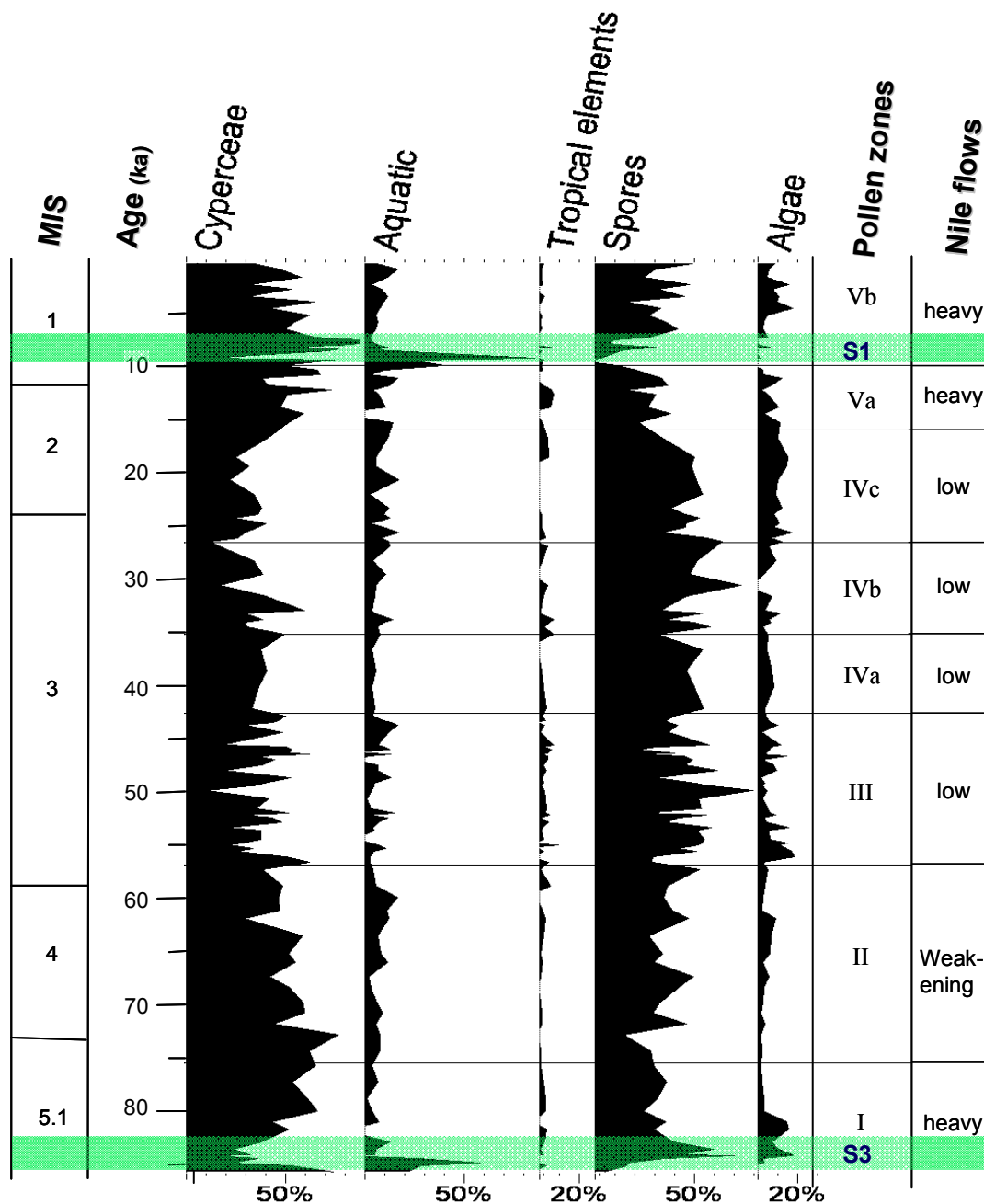
נתוני העבודה הנוכחית תורמים להבנת אופי ומהלך הצטברותם של ספרופלים במזרח הים-התיכון, ומראים כי המנגנון האחראי להיווצרות של אירועים ייחודיים אלה הינו מורכב ועשוי לנבוע ממספר גורמים וואו שילובם. עליה בלחות בשני חלקי האגן הלבנטיני מייצגת ככל הנראה כי הן המערכת המונסון האפריקאי והן המערכת הים-תיכונית היו לחות יותר. Almogi-Labin et al. (2004), שבתקופות לחות פעלו שתי מערכות האקלים בו זמנית באזור הלבנט. לדעתם העליה בלחות בשתי המערכות – המונסון האפריקאי והים-תיכונית, נגרמת בשל אותה סיבה: קרינת קיץ מקסימלית במחזורי מינימום של תנועת הנקיפה, הנובעת משינויים אסטרונומיים.

#### 4.4 שחזור עוצמת פעילות הנילוס

שחזור שפיעת הנילוס מבוסס על ממצאי הגלעין מדרום אגן הלבנט, הממוקם בחלק הדיסטאלי של דלתת הנילוס. בגלעין הצפוני נמצאה נוכחות דלה של חומרים נילוטים, בשל הריחוק מהדלתא. קבוצת הפלינומורפים הבאים נבחרה לאפיין במחקר זה את משטר הזרימה הקדום:

- גמאיים
- צמחי מים
- צומח טרופי
- נבגים
- אצות מים מתוקים

מוצאם של שני המרכיבים הראשונים הינו נילוטי ברובו, אולם מיעוטם עשוי להגיע גם מנחלים מקומיים מצפון האגן הלבנטיני. שאר המרכיבים בקבוצה זו הובלו לאזור רק באמצעות הנילוס, מאחר ומוצאם הינו טרופי - ממזרח אפריקה המשוונית. מהדיאגרמה שבאיור 20 עולה כי על-סמך מרכיבי קבוצת הפלינומורפים הנילוטים ניתן בברור לשחזר את עוצמות שפיעת הנילוס במהלך 90,000 השנים האחרונות.



איור 20: שחזור עוצמות זרימת הנילוס במהלך 90,000 השנים האחרונות בדרום האגן הלבנטיני הערה: סך-כל העקומות שבאיור הינו 100%; האזורים המוצללים חופפים את אירועי הצטברות שכבות הספרופל באזור. באיור II מבוטאים באחוזים מרכיבי קבוצת הפלינומורפים הנילוטים כחלק מכלל הפלינומורפים שזוהו במחקר.

הגמאיים מופיעים בערכים גבוהים בחלקו התחתון והעליון של החתך (אזורי פולן I ו-V), קרי – החל מהתקופה הבין-קרחונית שקדמה לגלציאל (MIS5a – 86.0-75.5ka) ובתקופת הדה-גלציאציה וההולוקן (16.2ka ועד הווה). באירוע הצטברות ספרופל S1 ו-S3 נמצאו ערכים גבוהים עד נמוכים מאוד בשל שינויים בטיב השימור, כפי שיוסבר בהמשך. האחוזים הגבוהים מייצגים כניסה של כמויות מים גבוהות יחסית מהנילוס לים-התיכון בתקופות הבין-קרחוניות, שהתאפיינו בלחות יחסית גבוהה. נפיצות נמוכה של הגמאיים נמצאה במהלך הגלציאל (אזורים III-IV – 56.3-16.2ka) והיא מייצגת שפיעות בעוצמות חלשות יותר של הנילוס, בתקופה שהתאפיינה בתנאי אקלים יבשים יחסית. יוצא מן הכלל הוא אזור II

(75.5-56.3ka), המהווה ככל הנראה שלב מעבר: ערכי הגמאיים הגבוהים מתמעטים לאורך המקטע ומצביעים כי המעבר לגלציאל התרחש בצורה הדרגתית. באופן דומה, עליה הדרגתית של אחוזי הלענה באזור II (ר' איור 17), תומכת בכך שבראשית הגלציאל תנאי האקלים ככל הנראה לא היו מאוד יבשים. אחוזי הגמאיים הנמוכים ביותר נמצאים בתת-אזור IVc (27.1-16.2ka) ומבטאים שפיעת מים נמוכה יחסית של הנילוס. (1980) Adamson et al., מציינים כי בתקופות של קור ויובש באזורי מוצא הנילוס פחתו אזורי הביצות. מאחר והגמאיים אופייניים לבתי גידול לחים כגון ביצות, מחזקים ממצאי מחקרם את הקשר בין ערכים נמוכים של גמאיים לכמויות מים נמוכות בנילוס במהלך הגלציאל.

הנבגים מופיעים בערכים בינוניים בחלקו התחתון של הגלעין (אזור I-II: 86.0-56.3ka) וכן בגג החתך (אזור V - 16.2ka ~ ועד ההווה). במהלך הגלציאל (אזורים III-IV - 56.3-16.2ka) נפיצות הנבגים גבוהה מאוד. ההסבר לנוכחותם הגבוהה בתקופת זמן זו מתקשר לטיב השימור של הפלינומורפים: הגלציאל התאפיין בריכוזי פלינומורפים בינוניים עד נמוכים, ברמת שימור נמוכה יחסית של גרגרי האבקה ובמגוון מינים בינוני עד נמוך (ר' איור 12). מאפיינים אלה נובעים מעליית ריכוז החמצן בקרקעית הים, שהובילו לשימור דיפרנציאלי של חלק מהמרכיבים האורגניים; על-כן מיוצגת התקופה גם בערכים נמוכים של פחמן אורגני (TOC; ר' איור 4). הנבגים המופיעים בחתך מצטיינים ביכולת שימור גבוהה, הן במימד המרחק (אלפי ק"מ) והן במימד הזמן (אלפי ומיליוני שנים לעיתים) – מאחר ומרבית הופעתם קשורה להשקעה חוזרת). תימוכין להסבר זה ניתן למצוא בנוכחות המצומצמת יחסית של נבגים במהלך הצטברות ספרופלים וב-9.4ka, בראשית הרבדת ספרופל S1, הם אף נעדרים כליל. כידוע, בשכבות הספרופל דרגות השימור הינן גבוהות עבור מרכיבים אורגניים בשל הסביבה דלת עד חסרת חמצן (ר' 4.3.1). הנבגים אם כן נוטים לייצוג יתר במאספים הפלינולוגיים מדרום האגן הלבנטיני. תופעה זו בולטת במיוחד בקבוצת הנבגים מטיפוס Trilete, שלהם דופן עמידה יותר מאלו השייכים לטיפוס Monolete (איור 10c). הפטריות מופיעות במגמה דומה לנבגים מטיפוס ה-Trilete כיוון שגם טיב שימורן גבוה ביחס לגרגרי האבקה (איור 11).

הסבר נוסף לנוכחות הגבוהה של הנבגים בתקופות יחסית יבשות עשוי להתקשר לבלייה הפיזית של הסלעים: מאחר ומרבית הנבגים הינם למעשה תוצר בלייה של המסלע שבאזורי מוצא הנילוס, בזמנים של פעילות מוגברת של כוחות הבליה מוסעים יותר סדימנטים ונבגים על-ידי הנהר, המושקעים בהמשך בקרקעית האגן של מזרח-הים התיכון. מצב זה עשוי להתרחש בשל עליה בשטח של סלעים חשופים בעקבות צמצום אחוז הכיסוי הצמחי, הנובע מירידה בכמויות המשקעים. באופן דומה מספר עבודות מהאזור מצביעות על קשר בין ספיקות גבוהות של הנילוס להפחתה בכמויות הסדימנטים המוסעים דרך הנהר, בשל העליה באחוז הכיסוי הצמחי, בעיקר באזור רמת אתיופיה. עליה זו קשורה להתארכות העונה הגשומה ועליה בכמויות המשקעים, שנבעה מנדידה צפונה של חגורות האקלים (Rossignol-Adamson et al., 1980) נמצא מתאם ישיר בין זמני שיא בכמויות הסעת סדימנטים מרמת אתיופיה לשיאים של יובש וקור ולספיקת מים נמוכה בנילוס, שאפיינו את הפלייסטוקן המאוחר. ממצאים פלינולוגיים מראים כי עם סיום הפלייסטוקן ועד מחצית ההולוקן תנאי האקלים ברמת אתיופיה היו לחים, הכיסוי הצמחי היה נרחב, המדרונות היו יותר יציבים ועל-כן אספקת הסדימנטים פחתה (Adamson et al. 1980).

תמונה דומה מצטיירת מעבודתם של Box et al. (2006), העוסקת בניתוח איזוטופים של סטרונציום ( $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ ) בקידוח 95-09 במהלך 25ka: מהממצאים עולה כי בתקופות לחות, כאשר המערכת של המונסון האפריקאי יותר דומיננטית, אחוז הכיסוי הצמחי גבוה יותר ברמות אתיופיה וכמויות הסדימנטים בנילוס הכחול מתמעטות. לפיכך, בתקופות לחות כמויות הסדימנטים שמוצאם בנילוס הכחול פחותות ביחס לסדימנטים מהנילוס הלבן. מצב הפוך מתקיים בתקופות יבשות.

המחצית השנייה של ההולוקן התאפיינה בירידה כללית של כמויות המים שהוביל הנילוס, שלוותה במספר תנודות משנה (Butzer, 1980; Adamson et al. 1980). ממצאים דומים עולים במחקר זה מהתמעטות אחוזי הגמאיים במחצית השנייה של ההולוקן בהשוואה לחלק המוקדם של התקופה, המייצגים התמעטות בשפיעת הנילוס; במקביל לירידת הגמאיים נמצאה עליה בקרב הנבגים בחלק העליון של הקידוח.

תימוכין לכך שנוכחות גבוהה של נבגים מייצגת ספיקות נמוכות של הנילוס, ניתן למצוא גם במתאם שמתקיים בין נפיצות הנבגים לקצבי הסדימנטציה בגלעין 95-09: קצבי השקעה גבוהים יחסית אפיינו את תקופת הגלציאל (איור 8), אז גם נמצאו ערכים גבוהים לנבגים (איור 20). התקופות הבין-קרחוניות במחקר זה (אזורים I ו-V) התאפיינו בקצבי סדימנטציה נמוכים יחסית ובירידה בנפיצות הנבגים, פרט למחצית השניה של הצטברות ספרופל S3. אזור II (56.3-75.5ka) המהווה תקופת מעבר לגלציאל, התאפיין בעליה הדרגתית של הנבגים ובערכים בינוניים של קצבי הסדימנטציה. בעבודות נוספות מהאזור גם נמצא מתאם בין כמויות סדימנטים גבוהות שמוסעות על-ידי הנילוס לקצבי סדימנטציה גבוהים באגן הלבנטיני, שלוו בזרימות מים נמוכות מהנילוס (Stanley and Maldonado, 1977; Krom et al., 2002). באופן דומה הציעו Schilman et al. (2001) כי תהליך בירוא יערות אינטנסיבי (בעיקר באלפיים השנים האחרונות) באגן ההיקוות העליון של הנילוס הכחול ברמת אתיופיה, יחד עם התגברות תהליך הארידיפיקציה באזור, הביאו לכך שקצב הסרת הסדימנטים גבר וקצבי ההשקעה באגן היס-התיכון המזרחי עלו.

האצות מופיעות בערכים בינוניים בבסיס אזור I ובמחציתו – סביב 80ka, נפיצותן היחסית יורדת ונותרת נמוכה גם באזור II. בהמשך החתך מופיעות האצות בערכים בינוניים עד גבוהים (אזורים III-IV – 16.2ka-56.3ka) ואילו באזור V (16.2ka ועד ההווה) אחוזי האצות בינוניים עד נמוכים. האצות, בדומה לנבגים, נעדרות באופן חלקי בעת הצטברות הספרופלים. הימצאותה של האצה הנילוטית מסוג *Concentricystes rubinus* לאורך הגלעין והעובדה שעד כה לא נמצאו פרטים חיים שלה, מעידה שמקורה ככל הנראה בבליית מסלע קדום ותומכת בהנחה שמרבית הנבגים הינם למעשה השקעה חוזרת. צמחי המים מופיעים בחתך בערכים יחסית נמוכים ואינם מצביעים על מגמה מיוחדת. יש לציין את האחוזים הגבוהים שנמצאו בעקומת צמחי המים במהלך הרבדת ספרופל S3 ו-S1 (איור 20). מספרים גבוהים אלה ניתן ליחס לכך שמרבית גרגרי האבקה בקרב צמחי המים הינם בעלי דופן חיצונית עדינה יחסית ועל-כן טיב שימורם גבוה בתקופות ספרופליות.

האלמנטים הטרופיים גם הם מופיעים בערכים נמוכים מאוד, אולם נוכחותם הכמעט רציפה לאורך החתך, מייצגת זרימות קבועות של הנילוס לים-התיכון. שחזור הצומח והאקלים באזורי מוצא הנילוס אינו אפשרי משתי סיבות: ראשית בשל המספרים הנמוכים של הצומח הטרופי ושימורו הסלקטיבי ושנית, בהתאם למה שהוצג לעיל, מרבית הנבגים כלל אינם בני התקופה ולכן אין הם מייצגים בהכרח את הצומח הטרופי בתקופת המחקר.

שחזור שפיעות הנילוס במהלך הצטברות הספרופלים מראה כי במחצית הראשונה של ספרופל S3 ובמהלך הצטברות ספרופל S1 נצפו מגמות דומות, קרי: מיעוט נבגים ואצות וכן שיאים באחוזי צומח המים המעידים על שימור גבוה, על סביבה דלת חמצן בקרקעית הים וכן על הובלת כמויות סדימנטים נמוכות יחסית (בשל העליה בשפיעת הנילוס). מגמות הפוכות קיימות במחצית השנייה של הצטברות ספרופל S3 ומייצגות ככל הנראה עליה בריכוזי החמצן, הנתמכת גם על-ידי ירידה קלה בריכוזי הפלינומורפים (ר' 4.3.1 וטבלה 3) וירידה בתכולת הפחמן האורגני (ר' איור 4). ממצאים אלה מעידים כי אירוע האנוקסיה בקרקעית לא היה אחיד. יש המעריכים כי במהלך הצטברות ספרופל S1 היתה עליה של 2-3 סדרי גודל באספקת המים מהנילוס, ללא עליה בכמויות הסחף (Foucault and Stanley, 1989). במחקרם של Krom et al. (2002) נמצאו לראשונה עדויות ישירות לקורלציה שבין כמויות מים גבוהות של הנילוס להסעת כמויות סדימנטים יחסית נמוכות בזמני הצטברות של שכבות ספרופל.

במחקרו של Cheddadi (1988) נבדקו שלושה קידוחים מהחלק הדיסטאלי של דלתת הנילוס, אמנם ברזולוציית דיגום נמוכה בהשוואה לגלעין 09-95, אולם משני המחקרים עולות מספר מגמות דומות ביחס לנילוס: אחוזי הנבגים בעבודתו של Cheddadi הינם גבוהים בתקופות קרחוניות ונמוכים בתקופות בין-קרחוניות. כמו-כן הצומח הטרופי, כמו גם בעבודה הנוכחית, מצומצם מבחינת הופעתו. הגמאיים והדגניים במחקרו של Cheddadi אינם שומרים על חוקיות בהופעתם ביחס למחזורי האקלים.

ירידת מפלס הים-התיכון, שאפיינה את הגלציאל, גרמה לכך שגלעין 09-95 היה קרוב יותר לדלתת הנילוס בהשוואה לתקופות הבין-קרחוניות. אולם נראה כי שינויים במפלס הים לא השפיעו על הכמות היחסית של הדינופלגלטות באזור הקידוח (איור 11). על-כן ניתן לשער שהשינויים במיקום הדלתא לא היו משמעותיים. למסקנות דומות הגיעו חוקרים שונים, בהסתמך על מאספי הדינופלגלטות: כך למשל Cheddadi (1988), מצא שלא היו שינויים גדולים במיקום דלתת הנילוס באגן הלבנטיני בפלייסטוקן המאוחר; גם באזורים מרוחקים יותר נצפו מגמות דומות, לדוגמא במיקום שפך נהר הפו והים-האדריאטי, בתקופת הדה-גלציאציה ובהולוקן (Zonneveled, 1995).

מניתוח קבוצת הפלינומורפים הנילוטים והדינופלגלטות עולים עיקרי הדברים הבאים:

❖ נוכחות הגמאיים וצומח המים באופן רציף ובערכים גבוהים לכל אורך החתך מציינים כי הנילוס זרם ברציפות במהלך 90,000 השנים האחרונות. אולם, קבוצה זו היתה עשויה להגיע גם ממקורות נוספים. הצומח הטרופי והאצות, המהווים גם אינדיקציה לשפיעת הנילוס, מופיעים בחתך באחוזים נמוכים ובאופן מקוטע. מכאן שרק הנבגים מהווים עדות חד-משמעית

לזרימת הנילוס: נוכחותם לכל אורכו של גלעין 95-09 מעידה על שפיעות רציפות לים-התיכון במהלך תקופת המחקר, אפילו בתקופות יבשות כגון שיא הגלציאל.

❖ תקופות בין-קררחוניות מיוצגות על-ידי אחוזי גמאיים בינוניים עד גבוהים וערכים בינוניים עד נמוכים של נבגים ושל קצבי סדימנטציה, המצביעים על זרימה של כמויות מים גדולות יותר בנילוס. לעומת זאת מרבית הגלציאל מאופיין בנפיצות גבוהה של נבגים ונמוכה של גמאיים וכן בעליה בקצבי השקעת הסדימנטים. המעבר מהאקלים הלח שאפיין את התקופה הבין-קררחונית לגלציאל היבש היה ככל הנראה הדרגתי. תקופת מעבר זו מופיעה במהלכו של אזור II (56.3ka-75.5) והיא מאופיינת בירידה הדרגתית של אחוזי הגמאיים, עליה הדרגתית של הנבגים וקצבי סדימנטציה בינוניים.

❖ האצות, צמחי המים ובעיקר הנבגים מספקים מידע בנוגע לתנאי השימור של גרגרי האבקה בקרקעית הים: בתקופות בין-קררחוניות טיב השימור של הגרגרים היה גבוה ונוכחות הנבגים היתה יחסית נמוכה בעוד הגלציאל התאפיין במגמות הפוכות. בנוסף לזאת, במרבית הזמן בו הצטברו ספרופלים, הנפיצות הנמוכה של הנבגים והאצות והנוכחות הגבוהה של צמחי המים, מרמזת על קרקעית ים דלת עד חסרת חמצן. שינויים בכמות היחסית של הנבגים אם כן, עשויה להצביע על שינויים בכמויות המים בנילוס ובנוסף עשויה גם להעיד על טיב שימור הפלינומורפים ומידת החמצון בקרקעית הים.

❖ נפיצותן של הדינופלגלטות בערכים דומים לאורך גלעין 95-09, מעידה שככל הנראה לא חלו שינויים גדולים בתוואי דלתת הנילוס, במהלך תקופת המחקר.

## 4.5 האגן הלבנטיני – היבטים מרחביים

### 4.5.1 השוואה בין דרום האגן לצפון

בגלעין הצפוני (95-01), שימור הפלינומורפים היה לרוב גרוע ותכופות הם לא נשתמרו כלל (נספח 2a). לעומת זאת בגלעין מדרום האגן (95-09), השתמרו פלינומורפים בכל האנליזות הפלינולוגיות שבוצעו. ההבדלים הברורים בדרגות השימור של המרכיבים האורגנים בשני הקידוחים, נובעים מכך שקצבי הסדימנטציה גבוהים יותר בדרום האגן בהשוואה לצפון (איור 8); קצב הסדימנטציה הממוצע בגלעין 95-09 הינו  $20.6\text{cm/kyr}$ , לעומת  $5.8\text{cm/kyr}$  בגלעין 95-01. יתכן כי קצב הסדימנטציה המהיר בשולי דלתת הנילוס הביא לכך שסביבת קרקעית הים בדרום האגן מתאימה יותר לשימורם של מרכיבים אורגנים וביניהם פלינומורפים. באופן דומה נמצא כי ערכי תכולת הפחמן האורגני גבוהים יותר בגלעין מדרום האגן בהשוואה לגלעין הצפוני ובעיקר בתקופות לא ספרופליות (ר' איור 4).

במהלכם של אירועי הספרופל נמצא מגוון מינים מעט יותר גבוה בגלעין הדרומי בהשוואה לצפוני: בעת הצטברות ספרופל S3 חושב ערך ממוצע של מגוון המינים - 6.4 לעומת 5.6, בהתאמה. מגמה דומה קיימת גם במהלך הצטברות ספרופל S1: בגלעין 95-09 נמצא ערך ממוצע של 6.6 לעומת 6.2 בגלעין 95-01. יתכן כי ההבדלים בין האגנים נובעים מכך שדרום האגן הלבנטיני ניזון מגרגרי אבקה ונבגים ממוצא גיאוגרפי נרחב ומגוון יותר מבחינה אקלימית. כל הטקסונים שזוהו בגלעין הצפוני ובעיקר

הצומח של החבל היס-תיכוני, נצפו גם בגלעין הדרומי. לעומת זאת מאספי הצומח מדרום האגן מכילים גם גרגרי אבקה, אמנם ספורים, האופייניים לרוב לצומח מדברי ומדברי למחצה. כך למשל זוהו עצי שיטה ושיזף רק בגלעין 95-09. באופן דומה, רק לאגן הדרומי הגיעו גרגרי אבקה ממוצא טרופי. העץ *Podocarpus* ומשפחות טרופיות נוספות, לא זוהו כלל במאספי הצומח מצפון האגן. נבגים שהוסעו דרך הנילוס מאזורי מוצאם (מזרח אפריקה המשוונית), נמצאו בערכים גבוהים ובמגוון מינים גבוה בגלעין הדרומי, בעוד שבקידוח הצפוני שכיחות הנבגים היתה מזערית. מגמת תפוצה דומה לזו של הנבגים נמצאה גם בקרב אצות המים המתוקים, בשל מוצאם הזהה.

מהשוואת היחסים במאספי הצומח שזוהו בשני הקידוחים באותן תקופות הזמן (ספרופל S3, תקופת הדה-גלציאציה ותחילת ההולוקן), מצטיירת התמונה הבאה: האקלים ביבשות המקיפות את צפון האגן הלבנטיני, בדומה להווה, היה יותר לח בהשוואה לאזור הדרומי. הלחות בצפון האגן מיוצגת על-ידי אחוזי אלונים וזיתיים גבוהים, המצביעים על השתרעות נרחבת של חורש ים-תיכוני, המחייב כמות משקעים שנתית מינימלית של 400 מ"מ, ללא תנאי קיפאון בשנים עוקבות. ראויים לציון ערכי הזיתים הגבוהים מאוד שזוהו בגלעין הצפוני במהלך הרבדת ספרופל S3 (85.5-83ka), המייצגים תנאי אקלים לחים וחמים יחסית באזור זה (על-פי הזית הטמפרטורות היו ככל הנראה לא פחותות מ-3°C וכמויות המשקעים מעל 400 מ"מ לערך במוצע שנתי; Zohary, 1973), ביחס לתקופות האחרות שזוהו בצפון האגן. מאספי צומח מדרום האגן מעידים כי תנאי אקלים יבשים יותר התקיימו באזור, הבאים לידי ביטוי למשל בערכי לענה ושרביטן גבוהים יותר ובנוכחות של עצים ועשבונים הגדלים באזורים מדבריים ומדבריים למחצה.

במחקר זה מתאפיינות הדינופלגלטות בנפיצות בערכים בינוניים עד נמוכים ובאופן בלתי רציף בגלעין הדרומי, בעוד שהן נעדרות כמעט לחלוטין מהגלעין הצפוני (איור 11). הבדלים אלו נובעים מקרבתו של גלעין 95-09 לדלתת הנילוס, שם גבוהה יותר כמות הנוטריונים (היצרנות של הדינופלגלטות עולה ככל שכמויות הנוטריונים בפני הים גבוהות יותר; Zonneveled, 1995).

על בסיס ממצאי הפולן ניתן לסכם את ההבדלים בין דרום האגן הלבנטיני לצפוןו כדלהלן:

- ❖ קצבי הסדימנטציה גבוהים יותר בדרום האגן בהשוואה לחלקו הצפוני ועל-כן טיב שימור הפלינומורפים גבוה באופן משמעותי בחלק הדרומי. הקצבים המהירים אפשרו לשחזר ברזולוציה גבוהה מאוד את המחזוריות האקלימית ב-90,000 השנים האחרונות, תוך זיהוי גם של אירועים אקלימיים שמשכם קצר.
- ❖ תנאי הלחות בפרקי הזמן המשוחזרים היו גבוהים יותר בצפון האזור.
- ❖ בקידוח 95-09 נימצא מגוון מינים גדול יותר מאשר בקידוח 95-01, בשל הקרבה לנילוס ומאחר והוא מקבל גרגרי אבקה ונבגים ממוצא גיאוגרפי נרחב ומגוון יותר מבחינה אקלימית.
- ❖ גרגרי אבקה רבים וכן סדימנטים בדרום האגן הלבנטיני, הינם ממקור נילוטי. מרכיב זה הולך ופוחת באופן חד כלפי צפון ומערב האגן (ר' 4.5.2).
- ❖ ספרופלים זוהו בשני הקידוחים על-פי ריכוזים גבוהים מאוד של פלינומורפים ובסדרי גודל דומים. זמני ההצטברות דומים, אולם משכם קצר יותר בגלעין הצפוני.

## 4.5.2 שחזור מקורות הסדימנטים

הסדימנטים שבקרקעיתו של האגן המזרחי של הים-התיכון (ר' 1.3.3) כמו גם גרגרי האבקה, מספקים מידע בנוגע לתנאים הסביבתיים באזור בעבר ובהווה. הן הסדימנטים והן הפולן, מוסעים לאגן הלבנטיני במספר אופנים. הבנת מכניזם ההפצה של גרגרי האבקה וניתוחו שופך אור אודות מוצא הסדימנטים. הללו יכולים להינשא הן על-ידי המים והן בהסעה איאולית:

### הסעה פלוביאלית:

גרגרי אבקה הנמצאים בסביבה מימית כגון נהרות, אגמים ביצות וכיוצא בזה מתנהגים באופן דומה לסדימנטים סילטים. משקל הכבידה של פולן נע בין 1.4 ל-1.5 (Jarzen and Nichols, 1996). באגן המזרחי של הים-התיכון יתכנו שני מקורות פלוביאלים:

- א. הנילוס – נהר זה ניזון משלושה מקורות עיקריים: הנילוס הלבן, הכחול ואטברה (לדוגמה – Adamson et al., 1980). מניתוח נתוני קבוצת הצומח ממוצא נילוטי לא ניתן לקבוע את היחסים בין שלושת המקורות, בשל הכיסוי הצמחי הדומה (טרופי) באזורי מוצא הנילוס (Van Chi-Bonnardel, 1973). אולם הנוכחות לכל אורכו של החתך, של קבוצת הפלינומורפים הנילוטים (גמאיים, צמחי מים, צומח טרופי, נבגים ואצות - איור 20), מעידה כאמור על זרימה רצופה של הנילוס למזרח הים-התיכון במהלך 90,000 השנים האחרונות. מכאן, שגם הסדימנטים הנילוטים הוסעו באופן סדיר לדרום האגן הלבנטיני בפרק זמן זה. בעבודתם של Venkatarathnam and Ryan (1971), כמו גם במחקרם של Krom et al. (1999a, 1999b), נמצא כי הסדימנטים ממקור נילוטי נפוצים בעיקר באזור הדלתא של הנילוס במזרח האגן ושכיחותם קטנה כלפי צפון ומערב. בעבודה הנוכחית נמצא חיזוק להנחה זו על-ידי מיפוי גרגרי האבקה הנילוטים: בעוד שבגלעין 95-09 אובחנו גרגרים רבים ממוצא נילוטי בקרב המאספים, בקידוח 95-01 אשר ממוקם צפונית-מערבית לקידוח 95-09, זוהו גרגרי אבקה בודדים בלבד ממקור זה. ההבדלים בין הגלעינים נובעים מכך שיכולת הסעת חומרים מהנילוס על-ידי זרמי הים קטנה ככל שמצפינים. תמונה דומה מצטיירת ממחקרים פלינולוגים מהאזור: נמצא שנוכחות הגמאיים באגן המזרחי קטנה ככל שגדל המרחק מהנילוס (Rossignol-Strick, 1972). כמו-כן נמצא שתפוצת הפולן המוסע על-ידי הנילוס חופפת את תפוצת הסדימנטים הנילוטים ואינה נרחבת מעבר לתחומי השקעת הסדימנטים (Rossignol-Strick et al., 1982).
- ב. המקור הפלוביאלית השני הינו מנהרות ונחלים נוספים (פרט לנילוס) שזורמים למזרח הים-התיכון (Chester et al., 1977; Stanley et al., 1997; Sandler and Herut, 2000). מאחר וכמויות המים המוסעות על-ידי מקורות פלוביאלים עולה כלפי צפון האגן הלבנטיני, הרי שאמצעי הסעה זה דומיננטי יותר בגלעין 95-01. קשה להעריך כמותית את התרומה של גרגרי האבקה בהובלה פלוביאלית זו, מאחר והגרגרים שמוצאם הגיאוגרפי מצפון האגן, מובלים לים-התיכון גם באמצעות הסעה איאולית. אולם, מכיוון שמספר הנחלים באזור מצומצם יחסית ושפיעתם אינה גבוהה במיוחד, הרי שאמצעי תובלה זה זניח באופן יחסי.

### הסעה איאולית:

- א. רוחות מזרחיות וצפון-מזרחיות המובילות את גרגרי האבקה שמקורם באזורי חבל הצומח הים-תיכוני (אזורי מישור החוף ואו שרשרות ההרים הסמוכות שמצפון ומזרח האגן). במקרה

זה מוסעים גרגרי האבקה בתחילה על-ידי הרוח, לרוב לטווח קצר – עד להגעתם לים. עם הגעתם לפני המים, התנהלותם דומה לאלמנטים פלגיים. הפצתם תלויה במרחק מהחוף, בעונת השנה, בכיווני הרוחות ועוצמתן ובזרמי הים. בשל אחוזי הכיסוי הצמחי הגבוה יחסית ותכסית פני השטח באזור, כמויות הסדימנטים שמוצאם בחבל הים-תיכוני אינן גבוהות, לעומת הפולן שמקורו בחבל זה ומיוצג באחוזים גבוהים בעיקר בגלעין הצפוני.

ב. רוחות שמקורן במדבריות סהרה וערב - הסדימנטים האיאלים מגיעים לאגן המזרחי בעיקר בסופות אבק החוצות את האזור (Yaalon and Ganor, 1979; Ganor and Foner, 1996) ותפרושתם גדלה כלפי צפון ומערב האגן הלבנטיני (Venkatarathnam and Ryan, 1971; Krom et al., 1999a, 1999b). בעוד שבמרכז ובמערב האגן הלבנטיני מקור החומרים האיאלים במרכז ומזרח הסהרה (Chester et al., 1977), בחלקים המזרחיים ביותר של האגן (הכוללים גם את ישראל), מסלול הסעת הסדימנטים עובר מעל מדבריות ערב וסיני (Krom et al., 1999a). ממצאים דומים מצאו Horowitz et al. (1975) בבחינת מקורות גרגרי האבקה בסופות אבק שמוצאן בצפון אפריקה. מכאן ניתן לשער שגרגרי האבקה שהובלו על-ידי הרוח בקידוח הצפוני, מקורם במרכז ומזרח הסהרה, בעוד שהקידוח הדרומי מתאפיין בהסעה איאלית שמוצאה במדבריות מצרים וערב. סופות אבק אלה אופייניות לעונות החורף והאביב בדרום ישראל ובצפון מצרים, בעוד שבאזורים צפוניים יותר בלבנט סופות האבק מוגבלות לעונת האביב (Kutiel and Furman, 2003). תמונה דומה מצטיירת מעבודתו של Box et al. (2007), בנוגע לכמויות ופיזור האבק שמקורו במדבר סהרה, המגיע לאזור המזרח-התיכון. מחקרו מתבסס על ניתוח איזוטופים של סטרונציום ( $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ ) במהלך 25,000 השנים אחרונות. אישוש ההבדלים הגיאוגרפיים במוצא הפולן אינו אפשרי מאחר והצומח במרחבי מדבריות אלה דומה (איור 5). כך למשל מופצים גם בני משפחת הסלקיים, המופיעים בשכיחות גבוהה מאוד בשני הגלעינים ומוצאם באזורים הערבתיים והמדבריים של צפון-אפריקה ומדבריות סיני וערב. אולם, מאחר והסלקיים גדלים גם בבתי גידול נוספים באזור, אין הם יכולים להוות מדד בלעדי לנתח חלקו של גורם הובלה זה.

ניתוח המאספים הפלינולוגיים מדרום האגן הלבנטיני מצביע על-כך שמכניזם ההפצה של גרגרי האבקה והסדימנטים מתבסס על שילובם של כל גורמי ההסעה כשההובלה הנילוטית מהווה נדבך מרכזי באזור זה. לעומת זאת, הספקטרום הפלינולוגי בצפון האגן מורכב ברובו מצומח שמקורו בחבל הים-תיכוני ומיעוטו מצומח האופייני לאזורים מדבריים וערבתיים. קשה להעריך במדויק בכל אחד מהאזורים את התרומה היחסית של כל גורם תובלה, מה גם שקיימת חפיפה במוצאם של גרגרי האבקה הן בזמן והן במרחב. יחד עם זאת ברור מהמחקר כי גרגרי אבקה וסדימנטים בדרום האגן הלבנטיני נתרמים באופן ניכר על-ידי הנילוס ושהגעתם של חומרים נילוטים הולכת ופוחתת באופן משמעותי כלפי צפון ומערב האגן. גרגרי אבקה הובלו לדרום האגן גם בהסעה איאלית – הן על-ידי רוחות מהגזרה המזרחית והצפון-מזרחית והן באמצעות סופות אבק שמוצאן במדבר הערבי. מקור הפולן בגלעין הצפוני הוא בעיקר מנשיאה על-ידי רוחות מהגזרה המזרחית והצפון-מזרחית ומיעוטו באמצעות סופות אבק שמוצאן במדבר סהרה ובהסעה פלוביאלית מנחלים ממזרח הים-התיכון.

## 4.6 פלינולוגיה וסמנים אקלימיים נוספים

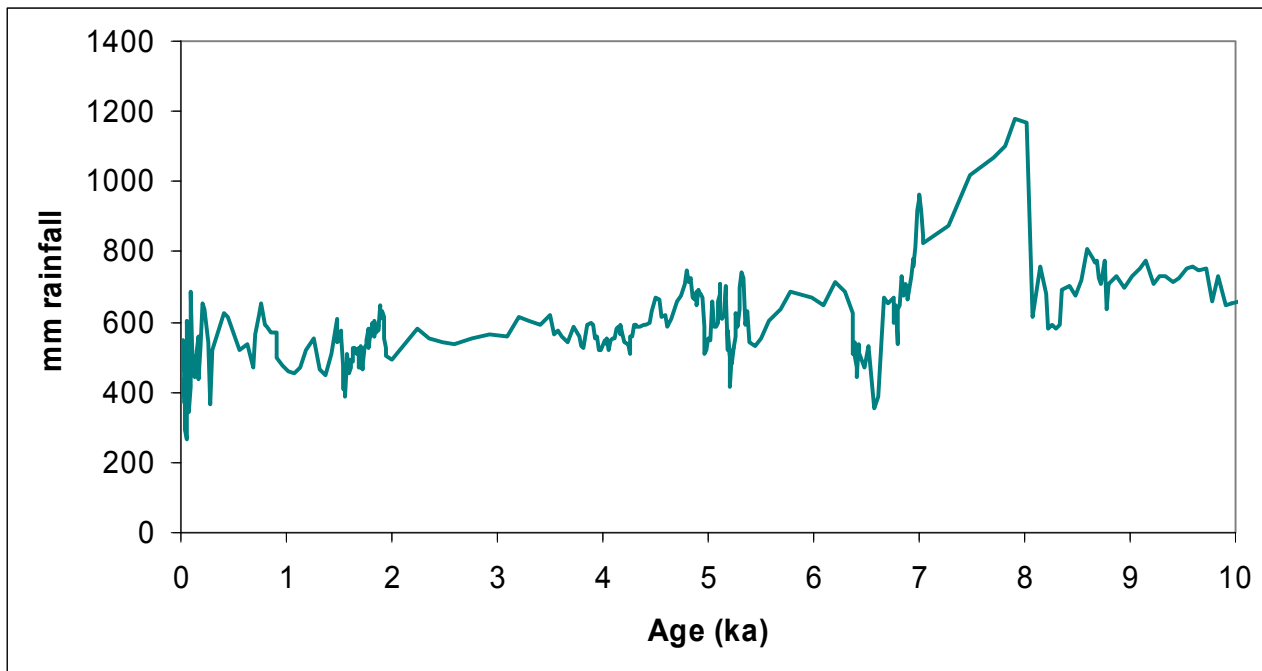
העבודה הנוכחית הינה כאמור חלק מפרויקט נרחב, אשר בו, בנוסף לאנליזות הפלינולוגיות, בוצעו על קידוחי המחקר הבדיקות הבאות: בניית עקומה איזוטופית של פורמיניפרים פלנקטונים, תיארוך מפורט, שחזור ההרכב האיזוטופי וטמפרטורות פני הים (לפי הרכבים איזוטופיים של פורמיניפרים פלנקטונים, אלקנונים והגדרת מאספי הפורמיניפרים). בנוסף נבדקו נוכחות והרכב הפחמן האורגני בסדימנטים כדי לקבוע את מקורם ונבחן מוצא הסדימנטים על-פי ההרכב האיזוטופי של סטרונציום. בפרק זה יבחן הקשר בין שיטות המחקר לעיל לשיטה הפלינולוגית, תוך בחינת האופן בו הן משלימות זו את זו וההבדלים ביניהן.

בניית העקומות האיזוטופיות של קידוחי המחקר התבססה על שחזור ההרכב האיזוטופי של חמצן ( $\delta^{18}\text{O}$ ) בפורמיניפר הפלנקטוני *G. ruber* (Shriki, 2005; Bar-Matthews et al., 2005). תיארוך הרקורד האיזוטופי של הגלענים נעשה על-ידי התאמה בין ערכי  $\delta^{18}\text{O}$  של *G. ruber* לערכי  $\delta^{18}\text{O}$  המייצגים את הרקורד היבשתי של ספלאוטמים ממערת שורק (איורים 2 ו-3), המתוארך ברזולוציה גבוהה לפי שיטת אורניום-תוריום (U-Th; Bar-Matthews et al., 1997, 1999, 2000, 2003a; Ayalon et al., 2002; Bar-Matthews and Ayalon, 2003).

באיור 21 נערכה השוואה בין העקומות האיזוטופיות של חמצן -  $\delta^{18}\text{O}$  ופחמן -  $\delta^{13}\text{C}$  של הרקורד היבשתי של ספלאוטמים ממערת שורק, לממצאים הפלינולוגיים מגלעין 95-09: העקומות של האלון המצוי והלענה המייצגות מחזורים של לחות/יובש, בהתאמה, העקומות של ריכוזי הפלינומורפים ותכולת הפחמן האורגני. את השילוב בין ערכי  $\delta^{18}\text{O}$  ו- $\delta^{13}\text{C}$  שליליים יותר מפרשים Bar-Matthews et al. (1997, 2000) ו-Bar-Matthews and Ayalon (2003), כמייצגים תנאי אקלים לחים יחסית. יוצא מהכלל הוא השילוב בין  $\delta^{18}\text{O}$  שלילי ו- $\delta^{13}\text{C}$  חיובי בתקופה שבין 9.4 ל-7.0ka, המקבילה להצטברות ספרופל S1. שילוב זה לדעתם נובע מתקופה שיטפונית בה הערך של  $\delta^{13}\text{C}$  מקורו בעיקר בסיגנל אטמוספרי. לאור זאת טוענים המחברים כי במהלך ספרופל S1 עוצמת הגשמים היתה חזקה יותר בהשוואה לספרופל S3.

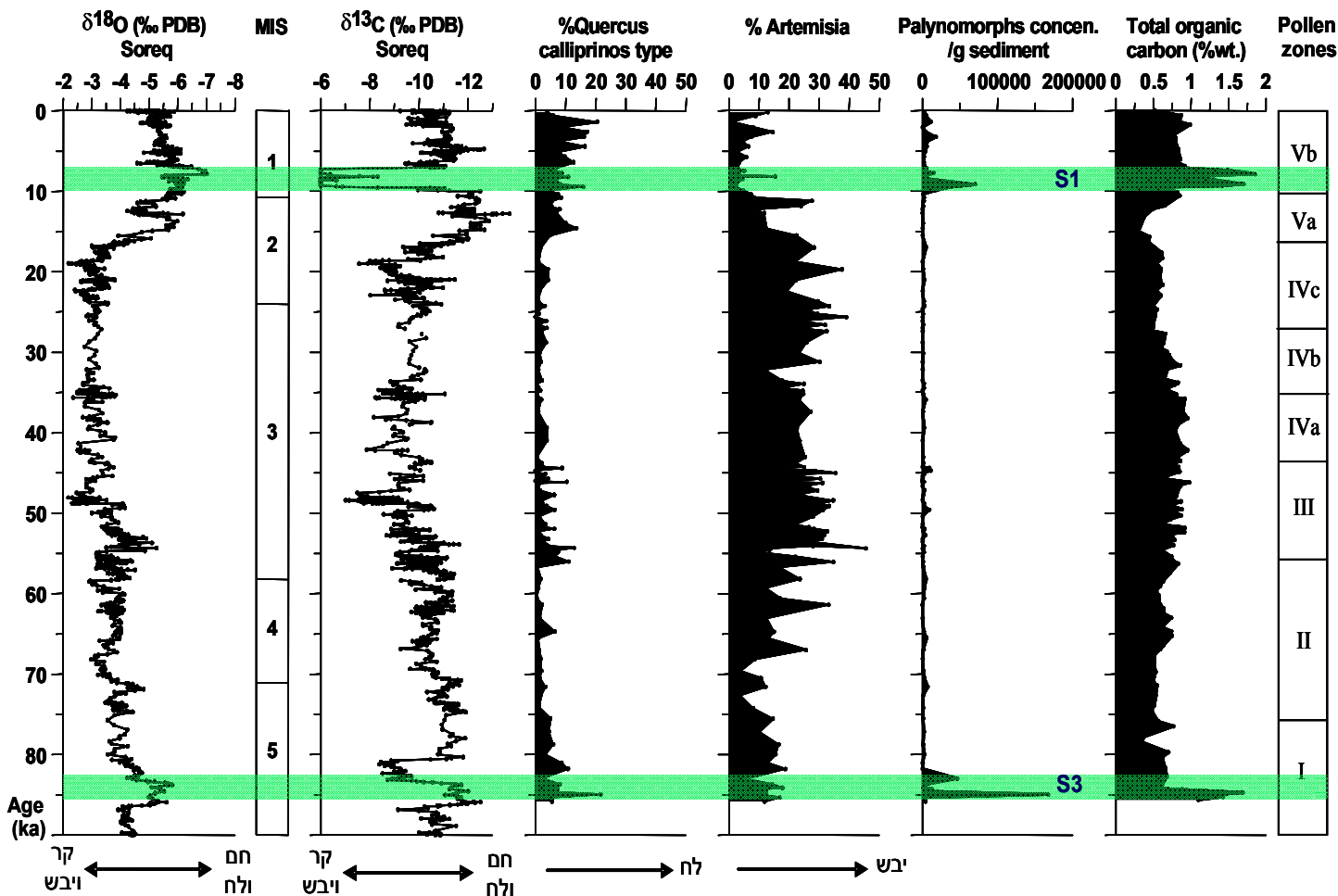
## תקופת ההולוקן

ראשית התקופה מתאפיינת בעליה באחוזי האלון ובירידה חדה בערכי הלענה ה- $\delta^{18}\text{O}$  וה- $\delta^{13}\text{C}$ , המייצגים עליה בולטת בלחות (תחילת אזור Vb ; איור 21). ספרופל S1 מזהה בברור על-ידי שיאים בריכוזי הפלינומורפים בין 7.2-9.9ka. באופן דומה לספרופל S3, על-פי תכולת הפחמן האורגני הגבוהה משך הצטברות ספרופל S1 מעט קצר יותר - 7.2-9.3ka. אירוע ההצטברות התאפיין באחוז גבוה של עצי החורש היס-תיכוני ובעיקר של אלונים וזיתים. האחרונים מעידים כי בנוסף לעליה בלחות הזמינה לצמחים היתה גם התחממות (רי איורים 16, 17 ו-21). הטמפרטורות המחושבות לאזור בראשית התקופה (10-8ka) נעו בין 14 ל-17°C (לפי אינקלוזיות נוזליות - McGarry et al., 2004). טמפרטורת מי הים העליונים (SST) המחושבת לתקופה היתה 18.8°C (לפי אלקונוים - Emeis et al., 2003). טמפרטורה דומה של 19.8°C חושבה על-ידי Kolosovsky (2003) בשיטת חישוב זהה. כמויות המשקעים המשוערות לראשית ההולוקן על-סמך משקעי מערת שורק (איור 22; Bar-Matthews et al., 2003b; Bar-Matthews and Ayalon, 2004) גבוהות מאוד ומגיעות בשיאן עד למעלה מ-1,000 מ"מ. ממצאים דומים עולים משחזור מפלסי ים-המלח בהולוקן (Frumkin and Elitzur, 2002; Enzel et al., 2003; Bookman-Ken-Tor et al., 2004; Migowski, 2006) וממערת המלח שבסדום (Frumkin et al., 1991). על-פי עבודות אלה בראשית ההולוקן (~10-8ka) נמצאו עדויות ללחות גבוהה מאוד ובהמשך התקופה זוהו מספר תנודות המייצגות מחזורים של התלחחות והתייבשות.



איור 22: כמויות משקעים שנתיות משוערות על-פי משקעי מערת שורק  
מקור: מעובד על-פי Bar-Matthews & Ayalon 2004

התנודות בעקומות השונות המופיעות באיורים 21 ו-22, מצביעות על-כך שתנאי האקלים בעת הצטברות ספרופל S1, לא היו אחידים. במהלך הצטברות הספרופל ב-8.2ka, מופיע שיא באחוזי הלענה (הערך הגבוה ביותר שתועד בהולוקן), המייצג תנאי אקלים האופייניים ליובש. במקביל נמצאה גם



איור 21: השוואת הרקורדים האיזוטופים ( $\delta^{18}\text{O}$  ו- $\delta^{13}\text{C}$ ) של משקעי מערת שורק עם עקומות האלון המצוי (*Quercus calliprinos*) הלענה (*Artemisia*), ריכוזי הפלינומורפים ותכולת הפחמן האורגני – גלעין 95-09

הערה: האזורים המוצללים חופפים את מועדי הצטברות ספרופל S3 ו-S1.

מהשוואת הרקורדים האיזוטופים והסמנים הפלינוולוגים שבאיור 21 עולה כי מתקיים מתאם גבוה בין אחוזי האלון לעקומות האיזוטופיות, בעוד אחוזי הלענה מופיעים כבתמונת ראי לרקורדים אלו. ערכי  $\delta^{18}\text{O}$ ,  $\delta^{13}\text{C}$  ולענה גבוהים ואחוזי אלונים נמוכים נמצאו במהלך הגלציאל האחרון. לעומת זאת, בחלק העליון של התקופה הבין-קרחונית הקודמת (MIS-5a), בתקופת הדה-גלציאציה ובהולוקן מתקיימת מגמה הפוכה (ערכי איזוטופים של חמצן ולענה נמוכים ואחוזי אלונים גבוהים). בספרופל S1 ההרכב האיזוטופי החיובי של הפחמן סוטה מתמונה זו לאור ההסבר לעיל. המעברים בין התקופות השונות לרוב הדרגתיים. ערכי  $\delta^{18}\text{O}$  הנמוכים ביותר נמצאו בעת הצטברות שכבות הספרופל, אז גם נמצאו אחוזי אלונים גבוהים. שתי עקומות אלה (איזוטופים של חמצן ואלון מצוי) מציגות באופן ברור ביותר שינויים בלחות.

#### MIS-5a

מהעקומות שבאיור 21 עולה שחלקה העליון של התקופה הבין-קרחונית הקודמת - (MIS-5a, אזור I), מתחיל עם ספרופל S3, המזוהה בברור על-ידי שיאים בריכוזי הפלינומורפים ב-85.9-

83.0ka. על-פי תכולת הפחמן האורגני משך האירוע קצר יותר: 84.5ka-85.9. אירוע ההצטברות התאפיין בערכי אלון גבוהים יחסית וערכי איזוטופים נמוכים המעידים על לחות גבוהה במהלך ההרבדה. טמפרטורת מי הים העליונים (SST) המחושבת לתקופת ספרופל S3 היתה  $17.9^{\circ}\text{C}$  (לפי אלקנונים - Emeis et al., 2003). טמפרטורה דומה חושבה על-ידי Kolosovsky (2003), בשיטת חישוב זהה:  $18.7^{\circ}\text{C}$ . ערכי האלון יורדים בהדרגתיות כלפי גג המקטע והלענה מופיעה בערכים בינוניים יחסית ומעידה כי בתקופה זה חלה התייבשות יחסית; האקלים באזור היה ככל הנראה מתון (בין אקלים ים-תיכוני לאקלים יבשתי יבש).

### תקופת הגלציאל

הממצאים הפלינוולוגים מצביעים כי המעבר לגלציאל, התרחש ככל הנראה באופן הדרגתי. התקופה מיוצגת ברקורד הפלינוולוגי על-ידי אזור II (56.3ka-75.5) ומתאפיינת בעליה הדרגתית בנפיצות הלענה המעידה על התייבשות. כן נמצאה התמעטות הדרגתית של גמאיים, המייצגים ירידה בכמויות המים המוזרמות על-ידי הנילוס לאגן הלבנטיני. קצבי סדימנטציה בינוניים, עם עליה כלפי גג התקופה מצביעים גם על ירידה בעוצמת שפיעת הנילוס (ר' 4.4 ואזורים 8 ו-20). באופן דומה, גם מגוון המינים מצטמצם בהדרגתיות באזור זה (ר' איור 12). ההרכב האיזוטופי של החמצן בתקופת מעבר זו גבוה יותר בהשוואה לערכים במהלך MIS-5a; העליה ההדרגתית בערכי הלענה ובהרכב האיזוטופי של החמצן מעידים על התייבשות הדרגתית לעומת זאת ערכי האלונים יורדים באופן חד ומופיעים בערכים נמוכים לכל אורך המקטע המייצג את הגלציאל. שילוב של עליה הדרגתית בלענה ובהרכב האיזוטופי וירידה חדה באלונים ניתן להסביר בכך שהתקופה לא היתה מאוד יבשה, אולם לא התקיים סף המשקעים המינימלי של 400 מ"מ הדרוש לאלון המצוי, בחלקים נרחבים באגן הלבנטיני.

המשכו של הגלציאל בין 56.3 ל-16.2ka התאפיין בתנאים של יובש וקור: אחוזי אלון נמוכים עם ערכי לענה גבוהים והרכב האיזוטופי של חמצן החיובי ביותר במהלך 90,000 השנים האחרונות. יחד עם זאת זוהו תנודות משנה המעידות כי התנאים בגלציאל לא היו אחידים. בנוסף לקור וליובש האופייניים לתקופה, שררו מקטעי זמן בהם תנאי האקלים היו מעט יותר לחים וככל הנראה גם קרים יותר. בין 56.3 ל-43.5ka (אזור III) נמצאו אחוזי אלונים מעט יותר גבוהים ביחס למקטע הקודם והם מעידים על התלחחות קלה. הנוכחות הגבוהה של ארזים מייצגת התקררות בפרק זמן זה. בנוסף, השינויים התכופים בהופעת כל עקומות הצומח מעידים על חוסר יציבות אקלימית. כך למשל, נפיצות גבוהה של אלונים יחד עם ערכי לענה ו- $\delta^{18}\text{O}$  נמוכים בין 56.0~ ל-54.3ka, מייצגים אירוע לח במהלך הגלציאל. יש לציין כי לא תמיד נמצאה קורלציה בין שינויים בהרכבים איזוטופים על פרקי זמן קצרים ושינויים במאספי הצומח. חוסר המתאם עשוי להעיד על זמן תגובה שונה של הפלורה לשינויים קלים בכמות המשקעים והטמפרטורות ו/או רזולוציית מדגם שונה, ביחס לאיזוטופים. בנוסף לתנודתיות הרבה המאפיינת מקטע זמן זה (43.5ka-56.3), חושבו בו קצבי הסדימנטציה הגבוהים ביותר בגלעין 09-95 (ר' איור 8). המשכו של הגלציאל (אזור IV) ובעיקר חלקו העליון (16.2ka-27.1) היה יבש מאוד וקר והתאפיין באחוזי האלון הנמוכים ביותר בחתך וערכי ה- $\delta^{18}\text{O}$  וה- $\delta^{13}\text{C}$  הגבוהים ביותר. באופן דומה מצאו Bar-Matthews and Ayalon (2003), כי פרק הזמן החופף את אזורים III ו-IV (~60-19ka), התאפיין על-פי ממצאי מערת שורק במגמה כללית של התקררות והתייבשות: משרע הטמפרטורות נע

בין 17 ל-10°C וכמות המשקעים השנתית היתה - 200-550 מ"מ. אולם למרות המגמה הכללית זוהו מחזורי אקלים שמשכם קצר, עם קשר לאירועי Dansgaard-Oeschger (D-O). בדומה לממצא הפלינוולוגי, מעידים מחזורים אלה, כי תנאי האקלים בגלציאל לא היו אחידים.

אזורים III ו-IV כוללים מספר פרקי זמן בהם נמצאו ערכי מינימום עבור כלל העצים ובעיקר האלוניים המצויים, המצביעים על ירידה חדה בכמויות המשקעים הזמינות. יתכן כי שיאי ההתייבשות מרמזים על השפעתם של אירועי היינריך (Heinrich, 1988) על מזרח הים-התיכון. לפי התיאוריה המקובלת, אירועי היינריך חלו בסופם של חלק מאירועי הקירור של D-O (Bond and Lotti, 1995; ר' גם 1.2.1). ברקורדים סדימנטריים מצפון האוקיינוס האטלנטי, באים לידי ביטוי אירועי היינריך כשכבות בעלות אחוז גבוה של משקעי IRD (Ice Rafted Debris; Bond et al., 1993; Ice Rafted Debris). בים-התיכון לא נצפו שכבות המכילות IRD (Martrat et al., 2004) והשפעתם היא בדרך-כלל אטמוספירית (Bartov et al., 2003). Shriki (2005) מצא בגלעין 95-01 רמזים להשפעת אירועי היינריך על צפון האגן הלבנטיני על-ידי מציאת מתאם בין ערכים מירביים של  $\delta^{18}O$  (בפורמיניפר הפלנקטוני *G. ruber*), למועדי הופעת שכבות ה-IRD. עדויות נוספות להשפעת אירועי היינריך במזרח הים-התיכון נמצאו לפי זיהוי אירועים קיצוניים ברקורדים יבשתיים: Bar-Matthews et al. (1999, 2000) מצאו התאמה בין אירועי אקלים קר עם ערכי  $\delta^{18}O$  מירביים בספלאוטמים, לגילי אירועי היינריך H1, H2 ו-H5. Bartov et al. (2003) טוענים, שמפלסים נמוכים באגם הליסאן קשורים לתנאי אקלים יבשים שהתקיימו בזמן אירועי היינריך (טבלה 9).

טבלה 9: אירועי היינריך – השוואת גילים

גיל מקורב - ka								מיקום מקור אירוע היינריך
עבודה זו** - מזרח הים-התיכון: גלעין 95-09	Bartov et al., 2003 - מזרח הים-התיכון: אגם הליסאן	Shriki, 2005 - מזרח הים-התיכון: גלעין 95-01	Bar-Matthews et al., 1999 - מזרח הים-התיכון: מערת שורק	Cacho et al., 1999 - ממערב הים-התיכון	Hemming, 2004 - גלעינים מצפון האוקיינוס האטלנטי	Vidal et al., 1999 - גלעינים מצפון ודרום האוקיינוס האטלנטי	Bond et al., 1999 - גלעינים מצפון האוקיינוס האטלנטי	
	16	16.4	16.5	15.2	16.8	14	~16	H1
26.6-22.4	23.8	22.5	25	23.4	24	22	~24	H2
30.1	30	28.8		30.1	~31		~30	H3
37.4-35.2	38	39.4		38.8	38	35	~39	H4
47.2-43.1	46.5	46.4	46	45.0	45	45	~46	H5
60.6-59.4					~60		~66	H6

הערות: H1 ו-H2 מתוארכים על-ידי פחמן 14. שאר הגילים משוערים מהקבלה של עדויות פאליאוקלימיות לקידוחים מגרינלנד (GISP2). \* התארכים של Shriki (2005) עודכנו על-ידי Bar-Matthews and Almogi-Labin, unpublished data. \*\* הגילים מייצגים את גבולות האירוע.

תיארוכם של ששת אירועי היינריך (H1-H6), שונה במקצת במחקרים השונים (טבלה 9). בעבודה זו נמצא מתאם בין פרקי זמן שהתאפיינו בערכי עצים ואלוניים מינימלים לאורך גלעין 95-09, לגילי אירועי היינריך H2-H6. האירוע המוקדם ביותר (H6) לא זוהה בחלק מהמחקרים בשל אורכם של הרקורדים, אולם בעבודה זו נמצאו ערכי עצים ואלוניים נמוכים בפרק הזמן 60.6-59.4ka, המופיע בחלקו העליון של

אזור II. יש לציין גם שבמקטע הזמן 43.1-47.2ka, הקורלטיבי לאירוע H5, התמונה פחות ברורה מאחר ובנוסף לערכי AP ואלונים מינימלים, נמצאו גם מאספי צומח שהתאפיינו באחוזי עצים גבוהים.

אירועי היינריך מייצגים אפיזודות קור קיצוניות (Heinrich, 1988), בעוד שבמחקר זה הם מזוהים על-ידי ירידה חדה בנפיצות העצים המייצגת התייבשות. מתאם בין אפיזודות קור ידועות המיוצגות במחקר זה על-ידי יובש נמצא גם באירוע ה-Younger Dryas (Genty et al., 2006) ואירוע הקירור שהתרחש סביב 8.2ka (Bond et al., 1997). שני אירועי הקירור זהו ברקורד הפלינוולוגי באמצעות שיאים בערכי הלענה המעידים על התייבשות נכרת. קורלציה זו מחזקת את הקשר שתנאי אקלים קרים באזורינו מאופיינים גם ביובש. לעומת זאת נמצא כי אירועי חימום ידועים כגון ה-Bölling/Alleröd (Stuiver et al., 1995), מזוהים בעקומות הפולן על-ידי עליה באחוזי העצים המייצגת עליה בלחות ולפיכך מחזקים את הקשר בין תנאי אקלים חמים לתנאים לחים.

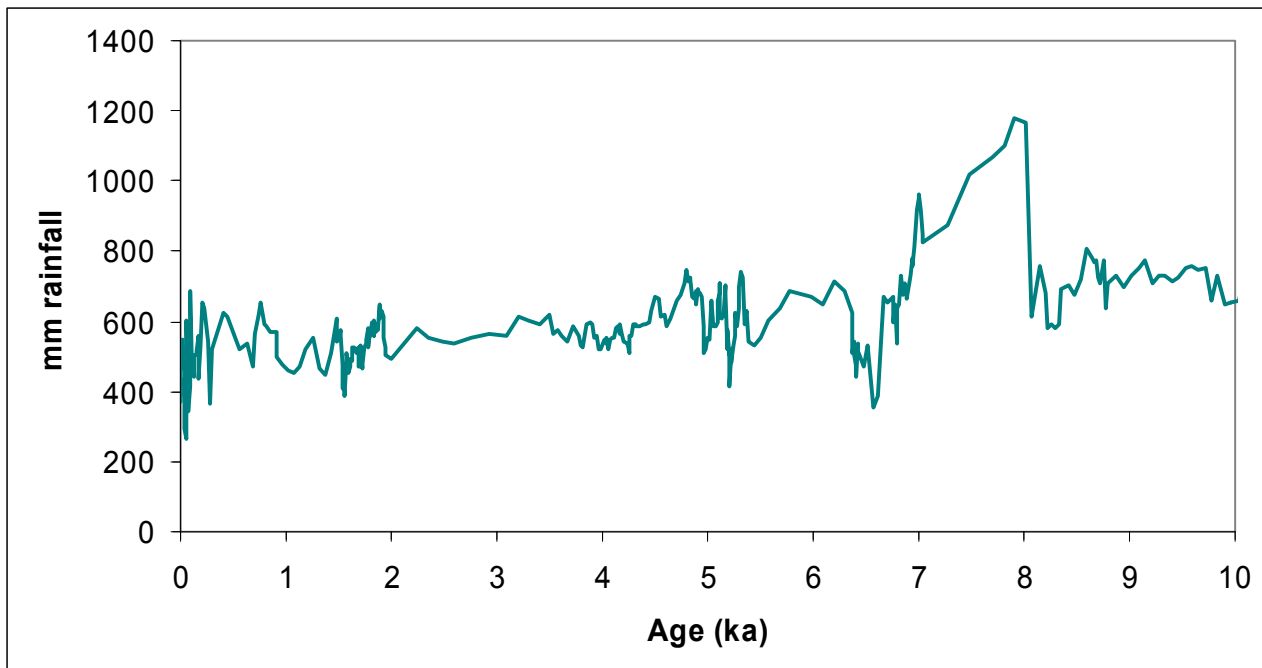
ערכי AP ואלון מצוי נמוכים מאוד נמצאו גם ב-18.8ka והם מקבילים לאירוע ההתייבשות של שיא תקופת הקרח האחרונה – ה-LGM. במועד זה גם חושבה בגלעיני המחקר הנוכחי טמפרטורת פני הים הנמוכה ביותר ב-90,000 השנים האחרונות –  $10^{\circ}\text{C}$  (לפי אלקונוים - Kolosovsky, 2003). טמפרטורה מינימלית נמצאה גם באנליזות על משקעי מערת שורק -  $8^{\circ}\text{C}$  (לפי אינקלוזיות נוזליות - McGarry et al., 2004). התקופה היבשה ביותר ברקורד הפלינוולוגי מופיעה בפרק הזמן 16.2-27.1ka (אזור IVc). המקטע מתאפיין בנפיצות הנמוכה ביותר של האלון המצוי והגבוהה ביותר של הלענה, המעידים על תנאי אקלים יבשים מאוד לאורכה של התקופה. הערכים המירביים של  $\delta^{18}\text{O}$  שנמצאו במשקעי מערת שורק (Bar-Matthews et al., 1997, 2003b, 2005) ובגלעין (של *G. ruber*), מעידים גם הם כי תקופה זו הינה היבשה והקרה ביותר במהלך 90,000 השנים האחרונות. הטמפרטורות היבשתיות המשוחזרות לתקופה נעות בין  $8^{\circ}\text{C}$  ל- $11^{\circ}\text{C}$  (משקעי מערת שורק - McGarry et al., 2004). משחזור מפלסי אגם הליסאן (Bartov et al., 2002, 2003), עולה מגמה הפוכה: בפרק הזמן החופף את תת-אזור IVc מגיעים מפלסי האגם לערכים מקסימילים ובמיוחד בין 26~ ל-25ka. אחד ההסברים להבדלים בין העבודות נובע מכך שהטמפרטורות ככל הנראה היו נמוכות, קצב ההתאיידות ירד ומכאן שכמות המים האבסולוטית שהגיעה לאגם הליסאן לא פחתה והמפלס היה גבוה (Bar-Matthews et al., 1997, 2003b; Vaks, 2006).

#### תקופת הדה-גלציאציה:

סביב 16.2ka החלה מגמת העליה בלחות המציינת את סופו של הגלציאל האחרון ותחילת הדה-גלציאציה (אזור Va – ר איור 21). השינוי החד מתבטא בעליה משמעותית של אחוזי האלון ובירידת ערכי האיזוטופים והלענה. בהמשך אף גוברת מגמת העליה בלחות ומקבילה לאירוע ה-Bölling/Alleröd. מיד לאחריו ישנה עליה חדה בערכי הלענה המלווה בירידה מסוימת באחוזי האלון ועלייה בערכי  $\delta^{18}\text{O}$ , המייצגים ככל הנראה את התייבשות (על-פי הפולן) וההתקררות (על-פי ההרכב האיזוטופי) של ה-Younger Dryas. נתונים אלה מקבלים חיזוק מממצאיו של Shriki (2005), על ערכי  $\delta^{18}\text{O}$  גבוהים בגלעין 95-01 וממצאי ההרכב האיזוטופי של משקעי מערת שורק (Bar-Matthews et al., 1997, 2003b).

## תקופת ההולוקן

ראשית התקופה מתאפיינת בעליה באחוזי האלון ובירידה חדה בערכי הלענה ה- $\delta^{18}\text{O}$  וה- $\delta^{13}\text{C}$ , המייצגים עליה בולטת בלחות (תחילת אזור Vb ; איור 21). ספרופל S1 מזהה בברור על-ידי שיאים בריכוזי הפלינומורפים בין 7.2ka-9.9. באופן דומה לספרופל S3, על-פי תכולת הפחמן האורגני הגבוהה משך הצטברות ספרופל S1 מעט קצר יותר - 7.2ka-9.3. אירוע ההצטברות התאפיין באחוז גבוה של עצי החורש היס-תיכוני ובעיקר של אלונים וזיתים. האחרונים מעידים כי בנוסף לעליה בלחות הזמינה לצמחים היתה גם התחממות (רי איורים 16, 17 ו-21). הטמפרטורות המחושבות לאזור בראשית התקופה (10-8ka) נעו בין 14 ל-17°C (לפי אינקלוזיות נוזליות - McGarry et al., 2004). טמפרטורת מי הים העליונים (SST) המחושבת לתקופה היתה 18.8°C (לפי אלקונונים - Emeis et al., 2003). טמפרטורה דומה של 19.8°C חושבה על-ידי Kolosovsky (2003) בשיטת חישוב זהה. כמויות המשקעים המשוערות לראשית ההולוקן על-סמך משקעי מערת שורק (איור 22; Bar-Matthews et al., 2003b; Bar-Matthews and Ayalon, 2004) גבוהות מאוד ומגיעות בשיאן עד למעלה מ-1,000 מ"מ. ממצאים דומים עולים משחזור מפלסי ים-המלח בהולוקן (Frumkin and Elitzur, 2002; Enzel et al., 2003; Bookman-Ken-) וממערת המלח שבסדום (Frumkin et al., 1991). על-פי עבודות אלה בראשית ההולוקן (~10-8ka) נמצאו עדויות ללחות גבוהה מאוד ובהמשך התקופה זוהו מספר תנודות המייצגות מחזורים של התלחלות והתייבשות.



איור 22: כמויות משקעים שנתיות משוערות על-פי משקעי מערת שורק  
מקור: מעובד על-פי Bar-Matthews & Ayalon 2004

התנודות בעקומות השונות המופיעות באיורים 21 ו-22, מצביעות על-כך שתנאי האקלים בעת הצטברות ספרופל S1, לא היו אחידים. במהלך הצטברות הספרופל ב-8.2ka, מופיע שיא באחוזי הלענה (הערך הגבוה ביותר שתועד בהולוקן), המייצג תנאי אקלים האופייניים ליובש. במקביל נמצאה גם

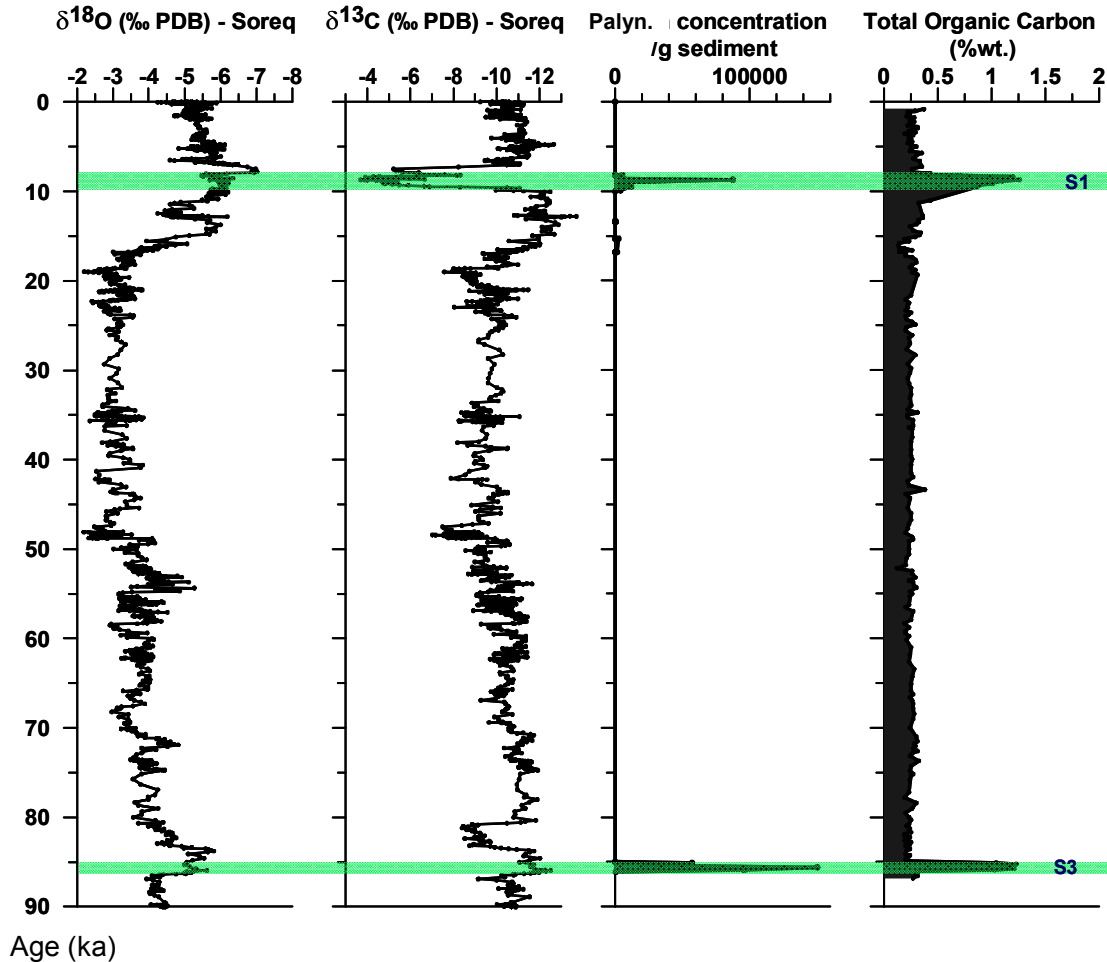
ירידה מסוימת באחוזי האלון המצוי. במועד זה זוהה בגלעין 95-09 גם אוורור קצר מועד של קרקעית הים האנוקסית, המיוצג על-ידי ירידה בריכוזי הפלינומורפים והפחמן האורגני. הופעתם הנקודתית של מאספי פורמיניפרא בנתיים, תומכת בממצא זה (Avnaim-Katav, 2005). לאירוע הנוכחי יש ביטוי גם ברקורדים האיזוטופיים של משקעי מערת שורק (Bar-Matthews et al., 1997, 1999, 2003b) ושל גלעין 95-01 (Shriki, 2005), באמצעות שינוי חד בערכי  $\delta^{13}\text{C}$ , המעידים על אפיזודה קצרה של קירור במהלך ההולוקן העליון הלח והחם יחסית.

ההולוקן על סמך הממצאים הפלינולוגיים מאופיין לכל אורכו כתקופה הלחה ביותר ב-90,000 השנים האחרונות. למרות זאת נראה כי ההולוקן המאוחר היה יבש מעט ביחס להולוקן המוקדם, וזאת אף שהאחוזים של האלון המצוי הם מעט גבוהים יותר בחלקה השני של התקופה. אולם מספר ממצאים פלינולוגיים נוספים מצביעים על התייבשות מסוימת: נמצאה ירידה קלה באחוזי הזיתים ושאר עצי החורש הים-תיכוני ירוקי העד, המייצגים ירידה בכמויות המים הזמינות לצמח ובמקביל ישנה עליה קלה בנפיצות הלענה האופיינית לתנאי יובש (איורים 16 ו-21). עליה בערכי  $\delta^{18}\text{O}$  ו- $\delta^{13}\text{C}$  ממערת שורק בחלקו המאוחר של ההולוקן גם היא מעידה על מגמת ההתייבשות.

מספר תנודות זוהו בחלק הצעיר של המקטע ההולוקני: הירידה החדה באחוזי האלונים בסביבות מחצית ההולוקן (5.3ka-), שלוותה בעליה בערכים האיזוטופיים, מייצגת ירידה בלחות. גם מאספי הפורמיניפראים מקידוחי המחקר מעידים שסביב 5ka בשני חלקי האגן הלבנטיני הסביבה היתה אוליגוטרופית, בלתי יציבה, עם משטר אקלימי יבש יותר (Avnaim-Katav, 2005). ארכיאולוגים מציינים גיל זה (5.3ka, קרי - 3,300bc) כראשית תהליך העיור, שהחל בתקופת הברונזה המוקדמת II. תנודה נוספת נמצאה ב-1.4ka - במועד זה נמצא הערך הנמוך ביותר של הלענה לאורך החתך, שיחד עם עליה בנפיצות האלון המצוי, מצביעים על עליה בלחות; למרות זאת, נתוני האיזוטופים הגבוהים מורים דווקא על התייבשות מסוימת. לא נמצא הסבר מיוחד לחוסר מתאם זה. גם סיומן של שתי העקומות מצביע על מגמות מנוגדות - ירידה חדה בלחות המיוצגת על-ידי האלונים, לעומת עליה יחסית בלחות - בהסתמך על ערכי האיזוטופים. העדר הקורלציה נובע במקרה זה מכך שחלקו העליון של קידוח 95-09 אינו מייצג את הצומח הטבעי באזור בשל השפעות אנתרופוגניות, בעוד שהעקומה האיזוטופית אינה סובלת מבעיה זו.

ריכוזי הפלינומורפים ותכולת הפחמן האורגני גבוהים יחסית במהלך ההולוקן (איור 21). בראשית התקופה נקשרים הערכים הגבוהים לאירוע ספרופל S1. אולם, גם במחצית השנייה של ההולוקן ריכוזי פלינומורפים רבים גבוהים מהממוצע (מגיעים לעיתים לעליה של שני סדרי גודל בהשוואה לערכים בתקופות שאינן ספרופליות). יתכן כי ההסבר לריכוזים הגבוהים נעוץ בכך שמדובר בדגימות בחלק הצעיר ביותר של קידוח 95-09 ולפיכך הן היו נתונות להשפעה דיאגנטית זמן קצר יותר. משך הזמן הקצר יחסית אם כן סייע ככל הנראה לשימורם הטוב ולזיהויים בנקל של גרגרי האלון (בעלי דופן חיצונית עדינה יחסית) ושל שאר גרגרי האבקה. תימוכין לכך ניתן למצוא בכך שהמחצית השנייה של ההולוקן התאפיינה במגוון המינים הגבוה ביותר לאורך החתך (איור 12). נראה כי שפע המינים נובע מהשימור הטוב.

בשל מיעוט הממצאים הפלינולוגיים והעדר רקורד רציף בגלעין 95-01 לא נתאפשרה עריכת השוואה בין סמנים פלינולוגיים לשיטות אחרות. ההשוואה המוצגת באיור 23 בוחנת את הרקורדים האיזוטופיים של משקעי מערת שורק ביחס לריכוזי הפלינומורפים ולתכולת הפחמן האורגני בגלעין זה. פלינומורפים זוהו כאמור במהלך הצטברות שכבות הספרופל, בראשית תקופת הדה-גלציאציה ובתחילת ההלוקן.



איור 23: השוואת הרקורדים האיזוטופיים ( $\delta^{18}\text{O}$  ו- $\delta^{13}\text{C}$ ) של משקעי מערת שורק עם ריכוזי הפלינומורפים ותכולת הפחמן האורגני – גלעין 95-01  
 הערה: האזורים המוצללים חופפים את מועדי הצטברות ספרופל S1 ו-S3.

מניתוח איור 23 עולה כי עקומת ריכוזי הפלינומורפים כמו גם עקומת ה-TOC, מציגות ערכים גבוהים מאוד בעת הצטברות הספרופלים (בעקומת ריכוזי הפלינומורפים שינויים של 2-3 סדרי גודל ובעקומת תכולת הפחמן האורגני הבדלים של למעלה מפי 4, ביחס לערכים הממוצעים). מועדי ההצטברות ומשכם זהים בשני הרקורדים - ספרופל S3: 85.9-85.1ka וספרופל S1: 9.5-8.2ka. ערכי האיזוטופים הנמוכים שנמצאו במהלך הצטברות שכבות הספרופל, מצביעים על לחות יחסית גבוהה ששררה בעת ההרבדה.

מבין מגוון שיטות המחקר הפאליאואקלימיות השונות שבוצעו על הגלעינים, עולה כי השיטה הפלינולוגית הינה הרגישה ביותר לקביעת תנאי חמצון הקרקעית: בעוד שהרקורד האיזוטופי ורקורד ה-TOC מקידוח 95-01 רציפים, ממצאי הפולן היו דלים בגלל קרקעית ים מאוררת יחסית ולכן זוהו גרגרי אבקה בפרקי זמן מסוימים בלבד.

#### 4.7 הרקורד הפלינולוגי ויחסי הגומלין בין יושבי האזור לסביבתם

קצבי סדימנטציה מהירים בדרום האגן הלבנטיני בשילוב עם דיגום האנליזות הפלינולוגיות ברזולוציה גבוהה, הובילו לכך שגלעין 95-09 הינו אחד מהרקורדים הפלינולוגיים הימיים המפורטים ביותר באגן הים-התיכון. תיעוד זה מאפשר לשחזר בפירוט רב את המחזוריות האקלימית במהלך 90,000 השנים האחרונות בלבנט. נוסף על-כך, העקומה הפלינולוגית מתוארכת היטב ומקושרת באופן ברור לעדויות פאליאואקלימיות, שנתקבלו בשיטות מחקר אחרות (ר' 4.6). הפירוט הרב והתיארוך המדויק מסייעים בשחזור תנאי הסביבה והבנת תהליכים ותמורות בחיי יושבי האזור, הבאים לידי ביטוי במכלולים ארכיאולוגיים, בנתונים בוטניים וזואולוגיים מאתרים ארכיאולוגיים ובתפוצת האתרים ובמיוחד כאשר הנתונים הארכיאולוגיים מתוארכים בצורה מפורטת ומהימנה.

תקופת המחקר הנידון שמייצגת את 90,000 השנים האחרונות מקבילה לחלקה המאוחר של תקופת הפליאולית התיכון שהסתיימה לפני 40/45ka. לאחריה החלה תקופת הפליאולית העליון (-40/45ka) ותקופת האפיפליאוליתית, שנמשכה עד להולוקן לערך. חשוב לציין כי המעברים בין התקופות אינם אירוע בדיד בציר הזמן, אלא מתקיימים לרוב דרך תקופות מעבר הדרגתיות, שמשכן לעיתים מאות עד אלפי שנים בין פרק זמן אחד למשנהו (Belfer-Cohen and Goring-Morris, 2003 and references therein). במהלכן של תקופות פרה-היסטוריות אלו התקיימו ברחבי המזרח התיכון מגוון רב של תרבויות תוך חפיפה ותחלופה בינהן. בנוסף לכך טווחי התיארוך של האתרים גדולים יחסית. לפיכך, קיים קושי לקשור בין שינויים תרבותיים בפרקי זמן אלו לתנודות אקלימיות ספציפיות שזוהו במחקר. יחד עם זאת, בתקופה האפיפליאוליתית קיים מידע ארכיאולוגי רב והכרונולוגיה של האתרים יחסית ברורה, בשל תיארוך מפורט, מכויל ומהימן, ביחס לתקופות קדומות יותר. מכאן, שיתרונו של הרקורד הפלינולוגי של גלעין 95-09 בולט יותר במהלך הדה-גלציאציה, המקביל לחלקה המאוחר של התקופה האפיפליאוליתית.

המעבר מחברות נוודים לחברות היושבות קבע או קבע למחצה, התרחש ככל הנראה במחצית השניה של האפיפליאולית, בעת קיומה של התרבות הנטופית הקדומה באזורנו (Garrod, 1957; Henry, 1989; Bar-Yosef, 1983, 1998, 2002 and references therein; Belfer-Cohen, 1991; Kaufman, 1992; Belfer-Cohen and Bar-Yosef, 2000). הופעת היישובים הסדנטיים בנטופית הקדומה מקבילה לאירוע החימום המכונה Bölling/Alleröd (לדוגמה: Moore and Hillman, 1992; Bar-Yosef and Belfer-Cohen, 1992). האירוע מבוטא בעבודה זו בערכי עצים גבוהים מאוד ובעיקר אלונים וזיתים, המצביעים על התחממות ועליה בלחות, בפרק הזמן: 14.6-12.3ka (על-פי הרקורד של גלעיני הקרח בגרינלנד התרחש האירוע בין 14.7-12.9ka - Stuiver et al., 1995). מהדיאגרמה הפלינולוגיות מעמק החולה המכסה את

פרק הזמן 17-9ka, עולה כי התקופה הלחה ביותר בחתך התרחשה במקביל לנטופית הקדומה. המאספים הפלינולוגים מצביעים על עליה משמעותית בערכי העצים והצטמצמות אחוזי הצומח המדברי והערבתי, המעידים על התלחחות והתחממות (Baruch and Bottema, 1991, 1999; Weinstein-Evron, 1998). על-פי מתאם שערכה Weinstein-Evron (1990, 1998) עולה שתקופה לחה זו מזוהה בברור גם ברקורד הפלינולוגי מעמק ה-Ghab, שבצפון בקע ים-המלח (Niklewski and Van Zeist, 1970) ומאופיינת באחוזי עצים גבוהים, בעיקר אלונים נשירים.

מעט לאחר סיום אירוע החימום ה-Bölling/Alleröd, התרחשה אפיזודת ה-Younger Dryas, המאופיינת בהתקררות נכרת בצפון ומערב אירופה בין 12.9-11.5ka (Genty et al., 2006). במחקר הנוכחי מזוהה אירוע זה בפרק הזמן שבין 11.9-11.2ka, על-ידי שיא בערכי הלענה המייצג התייבשות. האירוע לווה גם בהתמעטות קלה של אחוזי האלונים, המעידה אף היא על ירידה בלחות הזמינה לצמחים והתייבשות אזורית מסוימת. חוקרים רבים טוענים כי קיים קשר בין השינוי האקלימי שאירע ב-Younger Dryas לראשית המעבר לחקלאות: תנאי האקלים הקרים והיבשים שאפיינו את התקופה הובילו להפחתת כושר הנשיאה של האזור ואילצו את האוכלוסייה הנטופית לשינוי באסטרטגיית הקיום (Moore and Hillman, 1992; Bar-Yosef and Meadows, 1995; Sherratt, 1997; Bar-Yosef, 1998; Goring-Morris and Belfer-Cohen, 1998; Bar-Yosef and Belfer-Cohen, 2002; Grosman and Belfer-Cohen, 2002). מספר עבודות מצביעות על נסיגה מבחינה תרבותית, שארעה במעבר בין הנטופית הקדומה למאוחרת והתבטאה בירידת רמת המורכבות החברתית, בשינוי דגם ההתיישבות ובמערך החברתי, תוך חזרה מסוימת לחיי נוודות, טרם אירוע ה-Younger Dryas (Bar-Yosef, 2002; Bar-Yosef and Belfer-Cohen, 2002; Grosman, 2003 and references therein; Grosman, 2005). טוענת שהגרסיה החברתית-תרבותית הואצה בשל השינוי האקלימי. לדעתה השילוב בין האירועים הוא שהוביל לראשית תהליך ייצור המזון. על-פי חוקרים אחרים (לדוגמא - Tchernov, 1998; Weinstein-Evron, 2008), הקשר בין שינויים חברתיים-תרבותיים לאקלים אינו חד משמעי. מספר מחקרים מצביעים כי לאירוע ה-Younger Dryas היו השפעות קלות בלבד על תנאי האקלים באזורינו (Bottema, 1995, 2002; Weinstein-Evron, 2002; Lev-Yadun and Weinstein-Evron, 2005), לפיכך לא ניתן לקשור בין שינויים סביבתיים למעבר לחקלאות. עבודות שונות מציעות כי תמורות חברתיות-תרבותיות-כלכליות הן שהובילו לתחרות על משאבים וגרמו לשינוי אסטרטגיית הקיום ולשידוד מערכות שונה בסוף התקופה הנטופית ולא שינויים קיצוניים באקלים (לדוגמא - Gopher et al., 2001; Munro, 2004; Lev-Yadun and Weinstein-Evron, 2005). מהממצאים הפלינולוגים של המחקר הנוכחי עולה כי אירוע ה-Younger Dryas באזורנו היה יחסית מתון, בהשוואה לתנאי היושב שאפיינו את הגלציאל האחרון.

במסגרת בחינת יחסי הגומלין בין יושבי האזור לסביבתם נבדקה גם השפעת האדם על הצומח באלפי השנים האחרונות. בראשית התקופה הניאוליתית, לפני עשרת אלפים שנים לערך, החלו התושבים הקדומים בלבנט לנצל באינטנסיביות גדלה והולכת את משאבי הטבע. השפעת בני האדם על הצומח הינה מגוונת: שימוש בעץ לבניה, הבערת אש, ריבוי גנטי של צמחים ועוד (לדוגמא - Gopher et al., 2001). בעבודה הנוכחית ניכרת התערבות האדם במערכות הנוף רק החל מ-1.5ka ועד ימינו: זוהתה

ירידה חדה בכלל העצים (אלונים, אורנים, זיתים ואחרים), המייצגת ככל הנראה כריתת יערות נרחבת באזור הלבנט. נראה כי במהלך 1.5ka ההשפעות האנתרופוגניות הינן מאסיביות ועל-כן הן הטביעו חותמן על מאספי הצומח באופן ברור. רקורדים פלינולוגים יבשתיים מאזורינו מצאו עדויות להשפעת האוכלוסיות המקומיות על הסובב אלפי שנים קודם לכן (ר' 4.2.3). ההבדלים נובעים מכך שמקור הפולן במחקר הנוכחי מגוון מאוד ויתכן כי הוא נוטה למסך השפעות מעין אלה. במחקרים פאליאוסביבתיים אחרים נמצא כי שינויים ניכרים בצומח בעקבות פעילות של קבוצות אנושיות באזורנו עם תחילת תהליך העיור, בתקופת הברונזה המאוחרת - לפני כ-3ka (Lev-) Baruch, 1986; Gophna et al., 1986; Lev-). קודם לכן, בשל גודל האוכלוסיות המצומצם יחסית, השפעת בני האדם על הצומח היתה מקומית וואו זניחה (Lev-Yadun, 1997; 2006).

## 5. מסקנות

1. אנליזות פלינוולוגיות ברזולוציה גבוהה בשילוב עם קצבי סדימנטציה מהירים בגלעין 95-09, הובילו לקבלת אחד מהרקורדים הפלינוולוגיים הימיים המפורטים והרציפים ביותר באגן הים-התיכון. רקורד זה מאפשר לשחזר בפירוט רב את המחזוריות האקלימית בפלייסטוקן המאוחר ובהולוקן באזור האגן הלבנטיני. נוסף על-כך, העקומה הפלינוולוגית מתוארכת היטב ומקושרת באופן ברור לעדויות פאליאואקלימיות נוספות.
2. במהלך 90,000 השנים האחרונות מתקיימת מחזוריות של תקופות לחות ויבשות יותר באזורינו. MIS-5a (90.0-75.5ka), הגלציאל האחרון (75.5-16.2ka), תקופת הדה-גלציאציה (16.2-10ka) וההולוקן (10ka ועד הווה), מזוהים בברור על-ידי מאספי הפלינומורפים. המחזוריות האקלימית העולה מעקומות הפולן תואמת את שינויי האקלים בחצי הכדור הצפוני.
3. העקומות הפלינוולוגיות רגישות דיין גם בכדי לייצג אירועים אקלימיים קצרי מועד, כגון: שיא הגלציאל האחרון (LGM), אירוע החימום של ה-Bölling/Alleröd, תקופת היובש של ה-Younger Dryas ואירוע הקירור וההתייבשות בתחילת ההולוקן (8.2ka). כמו-כן זוהה במהלך הגלציאל אירוע פלוביאלני בין 56.0 ל-54.3ka ונמצא מתאם לאירועי היינריך (אירועים – H2-H6).
4. הסמנים הפלינוולוגיים הטובים ביותר להגדרת מחזורים של לחות ויובש באזורינו הם אלון מצוי ולענה, בהתאמה. משחזור הצומח עולה שהשינוי האקלימי הגדול ביותר במהלך הרביעון העליון, התרחש באופן חד מתחילת הדה-גלציאציה ונמשך בהולוקן, במהלכו עלתה הלחות הזמינה לצמחים באופן משמעותי ובאזור הלבנט היתה השתרעות נרחבת של חורשים ים-תיכוניים. לעומת זאת, המעבר לגלציאל התרחש באופן הדרגתי והתאפיין בקור ויובש, שהתבטא בערכי עצים נמוכים ואחוזי לענה גבוהים. הקשר שבין תנאי אקלים יבשים לתנאים קרים וכן בין תנאים לחים לחמים, עולה בברור מהמחקר. מניתוח המאספים הפלינוולוגיים נמצא כי תנאי האקלים בגלציאל לא היו אחידים וזוהו בו מספר תקופות משנה:
  - ❖ פרק הזמן שבין 75.5 ל-56.3ka (אזור פולן II), מוגדר בעבודה זו כאזור מעבר לגלציאל; מקטע זה מתאפיין בירידה חדה באחוזי האלונים וכלל העצים לעומת עליה הדרגתית של ערכי הלענה והשרביטן, המעידים על התייבשות ביחס לתקופה הקודמת (MIS-5a). התמעטות באופן הדרגתי של אחוזי הגמאיים כנגד עליית הנבגים מייצגים ירידה בכמויות המים המוזרמות על-ידי הנילוס לאגן הלבנטיני.
  - ❖ בתקופת הזמן 56.3-43.5ka (אזור פולן III) זוהתה עליה קלה בלחות והתקררות המיוצגים על-ידי עליה מסוימת באחוזי העצים יחד עם תדירות הופעה גבוהה לארזים ונמוכה לזיתיים. כן מתאפיינת התקופה בתנודות משנה תכופות וחדות המעידות על חוסר יציבות אקלימית.
  - ❖ התקופה שבין 43.5 ל-16.2ka (אזור פולן IV) מאופיינת ביובש ובסופה אף נמצא מקטע הזמן היבש ביותר במהלך 90,000 השנים האחרונות: בין 27.1 ל-16.2ka (אזור פולן IVc),

שהתאפיין באחוזי האלונים והזיתיים הנמוכים ביותר בחתך ובנפיצות גבוהה מאוד של הלענה.

5. באגן הצפוני דרגות שימור נמוכות של חומרים אורגנים (כגון פולן) בשל קצבי סדימנטציה נמוכים, בהשוואה לאלו מהאגן הדרומי, הממוקם בחלק הדיסטאלי של דלתת הנילוס ומקבל על-כן כמויות סדימנטים גבוהות יותר. זיהויים של גרגרי אבקה התאפשר בגלעין 95-01 בעיקר במשך הצטברות שכבות ספרופל S3 ו-S1. במועדים אלה קרקעית הים היתה דלת עד חסרת חמצן ועל-כן נשתמרו הפלינומורפים בשכבות אלה ובריכוזים גבוהים. משכם של אירועי הספרופל קצר יותר בגלעין הצפוני לעומת הגלעין הדרומי.

6. מהשוואת אירועי הצטברות שכבות הספרופל הן בזמן והן במרחב, עולה כי ההבדלים המשמעותיים יותר ניכרים בהיבט המרחבי: נמצא כי צפון האגן התאפיין באחוזי עצים גבוהים ובעיקר אלונים המעידים על תנאי אקלים לחים יותר ועל השתרעות נרחבת של חורשים ים-תיכוניים בצפון הלבנט, המחייבת כמות משקעים שנתית מינימלית של 400 מ"מ, ללא תנאי קיפאון בשנים עוקבות. מאספי הצומח במהלך שקיעת הספרופלים משתנים לאורך החתך גם כאשר מדובר באותו האזור ועל-כן מייצגים תנאי אקלים מעט שונים במשך הצטברות שכבות הספרופל. כך למשל, הלחות שזוהתה בצפון האגן היתה גבוהה באופן משמעותי במהלך הרבדת ספרופל S3 בהשוואה לפרק הזמן בו שקע ספרופל S1. ההבדלים מתבטאים בהשתרעות נרחבת יותר של מרכיבי החורש הים-תיכוני – הן האלונים והן העצים ירוקי העד, שעיקרם זיתיים (המעידים על לחות גבוהה הזמינה לצמחים וכן שהטמפרטורות באזור היו גבוהות מ-3°C). לעומת זאת בגלעין הדרומי נצפתה מגמה שונה - במהלך הרבדת ספרופל S1 תנאי הלחות היו מעט יותר גבוהים (ערכי עצים גבוהים ואחוזי לענה נמוכים יותר) וכן חמים יותר (הופעה רציפה ובערכים מעט גבוהים יותר של העצים ירוקי העד ובעיקר הזיתיים), בהשוואה לתנאים ששוחזרו במהלך שקיעת ספרופל S3.

7. דרום האגן הלבנטיני מקבל כמויות גדולות יחסית של גרגרי אבקה וסדימנטים שהוסעו באופן פלוביאלי באמצעות הנילוס. הגעתם של חומרים נילוטים הולכת ופוחתת באופן משמעותי כלפי צפון ומערב האגן. גרגרי אבקה הובלו לדרום האגן גם בהסעה איאולית – הן על-ידי רוחות מהגזרה המזרחית והצפון-מזרחית והן באמצעות סופות אבק שמוצאן במדבר הערבי. מקור הפולן בצפון האגן הוא בעיקר מנשיאה על-ידי רוחות מהגזרה המזרחית והצפון-מזרחית ומיעוטו באמצעות סופות אבק שמוצאן במדבר סהרה ובהסעה פלוביאליית מנחלים ממזרח הים-התיכון.

8. נוכחותה של קבוצת הפלינומורפים הנילוטים באופן רציף לכל אורכו של גלעין 95-09 (ובעיקר הנבגים הטרופיים המהווים את הסמן הטוב ביותר מבין מרכיבי הקבוצה), מעידים שהנילוס זרם באופן רציף במהלך 90,000 השנים האחרונות, גם בתקופות יבשות כגון שיא הגלציאל. תקופות בין-קרחוניות מיוצגות על-ידי ערכי גמאיים גבוהים ואחוזי נבגים נמוכים, המצביעים על שפיעה גבוהה יחסית של הנילוס, בעוד שמגמות הפוכות מאפיינות את הגלציאל. נוסף על-כך זוהה בעבודה זו מתאם בין נוכחות גבוהה של נבגים לקצבי סדימנטציה גבוהים. נפיצות הנבגים הגבוהה נובעת

מבלייה מוגברת של סלעים באזור רמות אתיפיה, כאשר אחוז הכיסוי הצמחי מצומצם יחסית, בשל ירידה בכמויות המשקעים. מכאן, שאחוז נבגים גבוה מעיד על שפיעות נמוכות של הנילוס ולהיפך. מקורם ככל הנראה של מרבית מהנבגים שזוהו בגלעין 95-09 הינו בבליה של סלעים ומכאן שמדובר בהשקעה חוזרת; מאספי האצות תומכים בממצא זה. צמחי המים, האצות ובעיקר הנבגים מרחיבים את היריעה גם בנושאים כגון תכולת ריכוז החמצן בקרקעית הים: ערכי הנבגים הגבוהים במהלך הגלציאל נובעים גם מטיב השימור הנמוך בסדימנטים של הפולן. בעיקר בולטת התופעה בנבגים מסוג *trilete*, שלהם דופן עמידה מאוד. תימוכין לכך ניתן למצוא הן במגוון המינים הבינוני עד נמוך שחושב במהלך הגלציאל והן מהמאספים הספרופלים: במרבית הזמן בו נצטברו שכבות הספרופל טיב השימור עבור הפולן וצמחי המים היה מצויין. קרקעית הים היתה דלת חמצן עד אנוקסית והערכים היחסיים של הנבגים והאצות היו נמוכים מאוד – לעיתים עד להעלמות מוחלטת.

9. מהשוואה בין המתודה הפלינולוגית לסמנים פאליאואקלימיים אחרים עולות המסקנות הבאות:

- ❖ מבין כלל דיאגרמות הצומח, המתאם הגבוה ביותר מתקיים בין עקומת האלון המצוי לרקורד של ערכי  $\delta^{18}\text{O}$  בספלאוטמים ממערת שורק. נמצא שככל שנפיצות האלונים נמוכה יותר וערכי  $\delta^{18}\text{O}$  חיוביים יותר, הרי שתנאי הלחות המשוחזרים נמוכים יותר ולהפך. המתאם הגבוה שנמצא, תומך במסגרת הכרונולוגית של עבודה זו הנסמכת על התאמה בין ערכי  $\delta^{18}\text{O}$  של *G. ruber* לערכי  $\delta^{18}\text{O}$  במשקעי מערת שורק.
- ❖ הקורלציה הגבוהה מאוד שנמצאה בין עקומת ריכוזי פלינומורפים ותכולת הפחמן האורגני מאפשרת להגדיר באופן ודאי את מועדם ומשכם של אירועי הצטברות שכבות הספרופל במזרח הים-התיכון.
- ❖ מבין שיטות המחקר הפאליאואקלימיות השונות נמצא כי המאספים הפלינולוגים, כמו גם מאספי הפורמיניפרה הבנתיים, הינם הסמנים הרגישים ביותר לתנאי חמצון בקרקעית הים: בעוד שאר שיטות המחקר הניבו רקורדים רציפים של תוצאות בקידוח 95-01, למרות קרקעית הים היחסית מאווררת, ממצאי הפולן והפורמיניפרה הבנתיים היו מועטים וגרגרי האבקה נשתמרו בעיקר בשכבות הספרופליות.

10. יתרוניתה של העקומה הפלינולוגית של גלעין 95-09, קרי – דיגום ברזולוציה גבוהה, תיארוך מפורט ומהימן וקישור ברור לעדויות פאליאואקלימיות נוספות, מסייעים בהבנת יחסי הגומלין בין יושבי האזור לסביבתם:

- ❖ הרקורד הפלינולוגי מהווה רקע סביבתי לדיונים ארכיאולוגים, במיוחד בכל הנוגע לאתרים או תהליכים בחיי בני האדם, שתיארוכם מפורט. כך למשל במקרה של התרבות הנטופית, אירוע ה-Younger Dryas והמעבר לחקלאות.
- ❖ העקומה הפלינולוגית מאפשרת להעריך את מועד תחילת השפעת פעילות האדם על הצומח באזורינו: החל מ-1.5ka ועד ימינו, זוהתה ירידה ניכרת בכלל העצים (אלונים, אורנים, זיתים ואחרים), המייצגת ככל הנראה כריתת יערות נרחבת. נראה כי ההשפעות האנתרופוגניות הינן משמעותיות דיין במהלך 1,500 השנים האחרונות ולכן הטביעו חותמן על מאספי הצומח.

## 6. מקורות

- ברוך, א., 1993, הפלינוולוגיה של סדימנטים מהרביעון המאוחר ביס-המלח, חיבור לשם קבלת תואר "דוקטור לפילוסופיה", האוניברסיטה העברית בירושלים.
- הורוביץ, א., 1968, הפלינוולוגיה של הסדימנטים הצעירים בעמק הירדן העליון, חיבור לשם קבלת תואר "דוקטור לפילוסופיה", האוניברסיטה העברית בירושלים.
- וינשטיין, מ., 1982, הפלאואקולוגיה של הוורם הקדום באגן החולה, חיבור לשם קבלת תואר "דוקטור לפילוסופיה", אוניברסיטת תל-אביב.
- Adamson, D. A., Gasse, F., Street, F. A. and Williams, M. A. J., 1980, Late Quaternary history of the Nile, *Nature*, 288, p. 50-55.
- Allen, J. R. M. and Huntley, B., 2000, Weichselian palynological records from southern Europe: correlation and chronology, *Quaternary International*, 73/ 74, p. 111-125.
- Allen, J. R. M., Watts, W. A., McGee, E. and Huntley, B., 2002, Holocene environmental variability - The record from Lago Grande di Monticchio, Italy, *Quaternary International*, 88, p. 69-80.
- Almagor, G., Gill, D. and Perath, I., 1998, *Marine sand resources offshore Israel*, Israel Geological Survey, Report GSI/25/98.
- Almogi-Labin, A., Bar-Matthews, M. and Ayalon, A., 2004, Climate variability in the Levant and northeast Africa during the Late Quaternary based on marine and land records, in: Goren-Inbar, N. and Speth, J. D., (eds.), *Human Paleocology in the Levantine Corridor*, Oxbow Press, Oxford, p. 117-134.
- Almogi-Labin, A., Hemleben, Ch., Meischner, D. and Erlenkeuser, H., 1996, Response of Red Sea deep-water agglutinated foraminifera to water-mass changes during the Late Quaternary, *Marine Micropaleontology*, 28, p. 283-297.
- Amore, F. O., Ciampo, G., Donato, V. D., Esposito, P., Ermolli, E. R., Staiti, D., 2000, An integrated micropalaeontological approach applied to Late Pleistocene-Holocene palaeoclimatic and palaeoenvironmental changes (Gaeta Bay, Tyrrhenian Sea), in: Hart, M. B., (ed.), *Climates: Past and Present, Geological Society Special Publication*, p. 95-111.
- Andrieu-Ponel, V. P., Ponel, J. T., Jull, A. J. T., De Beaulieu, J. L., Bruneton, H. and Leveau, P., 2000, Toward the reconstruction of the Holocene vegetation history of Lower Provence: Two new pollen profiles from Marais des Baux, *Vegetation History and Archaeobotany*, 9, p. 71-84.
- Association des palynologues de langue française, 1974, *Pollen et Spores d'Afrique tropicale, Talence: Ministère de l'éducation nationale, Centre national de la recherche scientifique, Centre d'études de géographie tropicale, France.*
- Aubert, S., Belet, J. M., Bouchette, A., Otto, T., Dedoubat, J. J., Fontugne, M. and Jalut, G., 2004, Dynamique tardiglaciaire et Holocene de la végétation à l'étage montagnard dans les Pyrénées centrales, *Comptes Rendus Biologies*, 327, p. 381-388.
- Avnaim-Katab, S., 2005, *Benthic Foraminifera as a Tool in Reconstructing Holocene Climate Changes in the Eastern Mediterranean Sea in an Attempt to Correlate them to the Historical*

- and *Archeological Record*, M.A. thesis, Department of Maritime Civilizations, University of Haifa, Haifa, Israel (Hebrew with English abstract).
- Ayalon, A., Bar-Matthews, M. and Kaufman, A., 2002, Climatic conditions during marine oxygen isotope stage 6 in the eastern Mediterranean region from the isotopic composition of speleothems of Soreq Cave, Israel, *Geology*, p. 303-306.
- Ayyad, S. M., Morre, P. D. and Zahran, M. A., 1992, Modern pollen rain studies of the Nile Delta, Egypt, *New Phytologist.*, 121, p.663-675.
- Bar-Matthews, M. and Ayalon, A., 2003, Climatic conditions in the Eastern Mediterranean During the Last Glacial (60-10 ky) and their Relation to the Upper Palaeolithic in the Levant as inferred from Oxygen and Carbon Isotope Systematics of Cave Deposits, in: Goring-Morris, N. and Belfer-Cohen, A. (eds.), *More Than Meets The Eye - Studies on Upper Palaeolithic Diversity in the Near East*, Oxbow books, Oxford, p. 13-20.
- Bar-Matthews, M. and Ayalon, A., 2004, Speleothems as paleoclimate indicators, a case study from Soreq cave located in the Eastern Mediterranean region, Israel, in: Battarbee, R. W., Gasse, F. and Stickley, C. E., (eds), *Past Climate Variability through Europe and Africa*, Kluwer Academic Publishers Dordrecht, The Netherlands, p. 363-391.
- Bar-Matthews, M., Almogi-Labin A., Ayalon A. and Schilman B., 2003a, *The relationships between the marine and the terrestrial (speleothems) climatic record during the Quaternary in the Eastern Mediterranean region*, Israel Geological Survey, Report GSI, 10/2003.
- Bar-Matthews, M., Almogi-Labin, A., Ayalon, A. and Schilman, B., 2005, *The relationships between the marine and the terrestrial (speleothems) climatic record during the Quaternary in the eastern Mediterranean region*, Final Report for the time period October 2001 – September 2005, Submitted to the Israel Science Foundation.
- Bar-Matthews, M., Ayalon, A., Gilmour, M., Matthews, A. and Hawkesworth, C. J., 2003b, Sea-land oxygen isotopic relationships from planktonic foraminifera and speleothems in the Eastern Mediterranean region and their implication for paleorainfall during interglacial intervals, *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 67, p. 3181-3199.
- Bar-Matthews, M., Ayalon, A. and Kaufman, A., 1997, Late Quaternary paleoclimate in the Eastern Mediterranean region from stable isotope analysis of speleothems at Soreq Cave, Israel, *Quaternary Research*, 47, p. 155-168.
- Bar-Matthews, M., Ayalon, A. and Kufman, A., 2000, Timing and hydrological conditions of sapropel events in the Eastern Mediterranean, as evident from speleothems, Soreq cave, Israel, *Chemical Geology*, 169, p. 145-156.
- Bar-Matthews, M., Ayalon, A., Kufman, A. and Wasserburg, G., 1999, The Eastern Mediterranean paleoclimate as a reflection of regional events: Soreq Cave, Israel, *Earth and Planetary Science Letters*, 166, p. 85-95.
- Bar-Yosef, O., 1983, The Natufian in the Southern Levant, in: Young, T. C. P., Smith, E. L. and Mortensen, P., (eds.), *The Hilly Flanks and Beyond: Essays on the Prehistory of Southwestern Asia, presented to R. J. Braidwood*, Oriental Institute, Studies in Ancient Oriental Civilizations 36, University of Chicago Press, Chicago, p. 11-42.
- Bar-Yosef, O., 1998, On the nature of transition: The Middle to Upper Palaeolithic and the Neolithic revolution, *Cambridge Archaeological Journal*, 8/2, p. 63-141.

- Bar-Yosef, O., 2002, Natufian: A Complex Society of Foragers, in: Fitzhugh, B. and Habu, J., (eds.), *Beyond Foraging and Collecting: Evolutionary Change in Hunter-Gatherer Settlement Systems*, Kluwer Academic/Plenum Publishers, New York, p. 91-147.
- Bar-Yosef, O. and Belfer-Cohen, A., 1992, From foraging to farming in the Mediterranean Levant, in: Gebauer, A. B. and Price, T. D., (eds.), *Transitions to Agriculture in Prehistory*, Prehistory Press, Madison, p. 21-48.
- Bar-Yosef, O. and Belfer-Cohen, A., 2002, Facing Environmental Crisis: Societal and Cultural Changes at the Transition from the Younger Dryas to the Holocene in the Levant, in: Cappers, R. T. J. and Bottema, S., (eds.), *The Dawn of Farming in the Near East, Studies in Early Near Eastern Production, Subsistence and Environment 6*, Ex Oriente, Berlin, p. 55-66.
- Bar-Yosef, O. and Meadow, R. H., 1995, The origins of agriculture in the Near East, in: Price, T. D. and Gebauer, G., (eds.), *Last Hunters, First Farmers: New Perspectives on the Transition to Agriculture*, Schools of American Research Press: Santa Fe, P. 39-94.
- Bartov, Y., Goldstein, S. L., Stein, M. and Enzel, Y., 2003, Catastrophic arid episodes in the Eastern Mediterranean linked with the North Atlantic Heinrich events, *Geology*, 31, p. 439-442.
- Bartov, Y., Stein, M., Enzel, Y., Agnon, A. and Reches, Z., 2002, Lake levels and sequence stratigraphy of Lake Lisan, the late Pleistocene precursor of the Dead Sea, *Quaternary Research*, 57, p. 9-21.
- Baruch, U., 1986, The Late Holocene vegetational history of Lake Kinneret (Sea of Galilee), Israel, *Paléorient*, 12/2, p. 37-48.
- Baruch, U., 1990, Palynological evidence of human impact on the vegetation as recorded in Late Holocene sediments in Israel, in: Bottema, S., Entjes-Nieborg, G. and Van Zeist, W., (eds.), *Man's Role in the Shaping of the Eastern Mediterranean Landscape*, Balkema, Rotterdam, p. 283-293.
- Baruch, U. and Bottema, S., 1991, Palynological evidence for climatic changes in the Levant ca. 17,000-9,000 B.P., in: Bar-Yosef, O. and Valla, F. R., (eds.), *The Natufian Culture in the Levant*, Ann Arbor, International Monograph in Prehistory, p. 11-20.
- Baruch, U. and Bottema, S., 1999, A new Pollen diagram from Lake Hula, in: Kawanabe, H., Coulter, G. W. and Roosevelt, A. C., (eds.), *Ancient Lakes: Their Cultural and Biological Diversity*, Kenobi productions, Belgium, p. 75-86.
- Baumhauer, R., Schulz, E. and Pomel, S., 2004, Environmental changes in the Central Sahara during the Holocene - The Mid-Holocene transition from freshwater lake into sebkha in the Segedim depression, NE Niger, in: Smykatz-Kloss, W. and Felix-Henningsen, P., (eds.), *Paleoecology of Quaternary Drylands*, Springer Berlin, New-York, p. 31-45.
- Beaumont, P., Blake, A., Wagstaff, G. H. and Malcolm, J., 1976, *The Middle East – a Geographical Study*, John Wiley and Sons.
- Belfer-Cohen, A., 1991, The Natufian in the Levant, *Annual Review of Anthropology*, 20, p. 167-186.

- Belfer-Cohen, A. and Bar-Yosef, O., 2000, Early sedentism in the Near East: A bumpy road in village life, in: Kuijt, I., *Life in Neolithic Farming Communities: Social Organization, Identity and Differentiation*, Plenum Publishers, New York, p. 19-37.
- Belfer-Cohen, A. and Goring-Morris, N., 2003, Current issues in Levantine Upper Palaeolithic Research, in: Goring-Morris, N. and Belfer-Cohen, A. (eds.), *More Than Meets The Eye - Studies on Upper Palaeolithic Diversity in the Near East*, Oxbow books, Oxford, p. 1-12.
- Bigg, G. R., 1995, Aridity of the Mediterranean Sea at the last glacial maximum: A reinterpretation of the  $\delta^{18}\text{O}$  record, *Paleoceanography*, 10, p. 283-290.
- Bond, G. C. and Lotti, R., 1995, Iceberg discharge into the North Atlantic on millennial time scales during the last glaciation, *Science*, 267, p. 1005-1010.
- Bond, G. C., Broecker, W., Johnsen, S., McManus, J., Labeyrie, L., Jouzel, J. and Bonani, G., 1993, Correlations between climate records from North Atlantic sediments and Greenland ice, *Nature*, 365, p. 143-147.
- Bond, G. C., Showers, W., Cheseby, M., Lotti, R., Almasi, P., DeMenocal, P., Priore, P., Cullen, H., Hajdas, I. and Bonani, G., 1997, A pervasive millennial-scale cycle in North Atlantic Holocene and Glacial climates, *Science*, 278, p. 1257-1266.
- Bond, G. C., Showers, W., Elliot, M., Evans, M., Lotti, R., Hajdas, I., Bonani, G. and Johnsen, S., 1999, The North Atlantic's 1-2 kyr climate rhythm: Relation to Heinrich events, Dansgaard/Oeschger cycles and the little ice age, in: Clark, P. U., Webb R. S. and Keigwin, L. D., (eds.), *Mechanisms of Global Climate Change at Millennial Time Scales, Geophysical Monograph Series*, 112, American Geophysical Union, Washington D .C., p. 35-58.
- Bookman (Ken-Tor), R., Enzel, Y., Agnon, A. and Stein, M., 2004, Late Holocene lake levels of the Dead Sea, *Geological Society of America Bulletin*, 116, p. 555-571.
- Bottema, S., 1974a, *Late Quaternary Vegetation History of Northwestern Greece*, Ph.D. Dissertation, University of Groningen, the Netherlands.
- Bottema, S., 1974b, Implications of a pollen diagram from the Adriatic Sea, *Geologie en Mijnbouw*, 53, p. 401-405.
- Bottema, S., 1975, The interpretation of pollen spectra from prehistoric settlements (with special attention to Liguliflorae), *Palaeohistoria*, 17, p. 17-35.
- Bottema, S., 1979, Pollen analytical investigation in Thessaly (Greece), *Palaeohistoria*, 21, p. 19-40.
- Bottema, S., 1982, Palynological investigations in Greece with special references to pollen as an indicator of human activity, *Palaeohistoria*, 24, p. 257-289.
- Bottema, S., 1992, Palynological Investigations of the Ibrahim Awad Deposits (Northeastern Nile Delta): preliminary Report, in: E. C., Van den Brink, (ed.), *The Nile Delta in Transition*, The Israel Exploration Society, Jerusalem, p. 123-126.
- Bottema, S., 1995, The Younger Dryas in the Eastern Mediterranean, *Quaternary Science Reviews*, 14, p. 883-891.

- Bottema, S., 2002, The use of palynology in tracing early agriculture, in: Cappers, R. T. J. and Bottema, S. (eds.), *The Dawn of Farming in the Near East, Studies in Early Near Eastern Production, Subsistence and Environment* 6, Ex Oriente, Berlin, p. 27-38.
- Bottema, S. and Sarpaki, A., 2003, Environmental change in Crete: A 9000-year record of Holocene vegetation and the effect of the Santorini eruption, *Holocene*, 13, p. 733-749.
- Bottema S. and Van Zeist, W., 1981, Palynological evidence for climatic history of the Near East, 50,000-6,000 B.P., in: Cauvin, J. and Sanlaville, p., (eds.), *Préhistoire Du Levant*, CNRS, Paris, p. 111-132.
- Bottema, S. and Woldring, H., 1984, Late Quaternary vegetation and climate of southwestern Turkey, Part II, *Palaeohistoria*, 26, p. 123-149.
- Box, M., Krom, M., Cliff, R., Almogi-Labin, A., Bar-Matthews, M., Paterne, M., Schilman, B., Ayalon A. and Stanley, J. D., 2006, Palaeoclimate record in the River Nile catchment (0-25 kyr) as recorded by  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  in a marine core under the Nile plume, *Abstracts of the Open Science Meeting*, UCL, London, UK, June 2006.
- Box, M., Krom, M., Cliff, R., Bar-Matthews, M., Almogi-Labin, A., 2007, Changes in the flux of Saharan dust to the Eastern Mediterranean, *Abstracts of the Annual Meeting of the IUGG*, Perugia, Italy, July 2007.
- Bozilova, E. D. and Tonkov, S. B., 2000, Pollen from Lake Sedmo Rilsko reveals southeast postglacial vegetation in the highest, mountain area of the Balkans, *New Phytology*, 148, p. 315-325.
- Brawer, M., 1988, *Atlas of the Middle East*, Carta, Jerusalem, New-York, Macmillan Publishing Co.
- Broecker, W. S., 1994, Massive iceberg discharges as triggers for global climate change, *Nature*, 372, p. 421-424.
- Broecker, W. S. and Hemming, S., 2001, Climate swings come into focus, *Science*, 294, p. 2308-2309.
- Brooks, J., Grant, P. R., Muir, M., Van Gijzel, P. and Shaw, G., 1971, *Sporopollenin*, Academic press London.
- Burjachs, F. and Juliá, R., 1994, Abrupt climatic changes during the last glaciation based on pollen analyses of the Abric Romani, Catalonia, Spain, *Quaternary Research*, 42, p. 308-315.
- Butzer, K. W., 1980, Pleistocene history of the Nile Valley in Egypt and Lower Nubia, in: Williams, M. A. J. and Faure, H., (eds.), *The Sahara and the Nile*, p. 253-280.
- Cacho, I., Grimalt, J. O., Pelejero, C., Canals, M., Sierro, F. J., Flores, J. A. and Shackleton, N., 1999, Dansgaard-Oeschger and Heinrich event imprints in Alboran Sea paleotemperatures, *Paleoceanography*, 14, p. 698-705.
- Calderoni, G., Carrara, C., Ferreli, L., Follieri, M., Gliozzi, E., Magri, D., Narcisi, B., Parroto, M., Sadori, L., Serva, L., 1994, Palaeoenvironmental, palaeoclimatic and chronological interpretations of a late-Quaternary sediment core from Piana di Rieti (central Apennines, Italy), *Giornale di Geologia*, 56, p. 43-72.

- Calleja, M., Rossignol-Strick, M. and Duzer, D., 1993, Atmospheric pollen off West Africa, *Review of Palaeobotany and Palynology*, 79, p. 335-368.
- Calvert, S. E., 1983, Geochemistry of Pleistocene sapropels and associated sediments from the Eastern Mediterranean, *Oceanologica Acta*, 6, p. 255-267.
- Calvert, S. E. and Pedersen, T. F., 1992, Organic carbon accumulation and preservation in marine sediments: How important is anoxia? in: Whelan, J. K. and Farrington, J. K., (eds.), *Productivity, Accumulation and Preservation of Organic Matter in Recent and Ancient Sediments*, J. W. Columbia University Press, New-York, p. 231-236.
- Cappers, R. T. J., Bottema, S., Woldring, H., Van der Plicht, H., Streurman, H. J., 2002, Modeling the emergence of farming: Implications of the vegetation development in the Near East during the Pleistocene-Holocene transition, in: Cappers, R. T. J. and Bottema, S., (eds.), *The Dawn of Farming in the Near East, Studies in Early Near Eastern Production, Subsistence and Environment 6*, Ex Oriente, Berlin, p. 49-54.
- Carrion, J. S., Yll, E. I., Willis, K. J. and Sanchez, P., 2004, Holocene forest history of the eastern plateaux in the Segura mountains (Murcia, Southeastern Spain), *Review of Palaeobotany and Palynology*, 132, p. 219-236.
- Chapman, M. R., Shackleton, N. J. and Duplessy, J. C., 2000, Sea surface temperature variability during the last glacial-interglacial cycle: Assessing the magnitude and pattern of climate change in the North Atlantic, *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 157, p. 1-25.
- Cheddadi, R., 1988, *Paléoclimats au Nord de la Méditerranée Orientale Depuis 250,000 Ans. Analyse pollinique et stratigraphie Isotopique de Quatre Carottes Marines*, PhD Thesis, Université de Sciences et Techniques du Languedoc, Montpellier, France.
- Cheddadi, R. and Rossignol-Strick, M., 1995a, Eastern Mediterranean Quaternary paleoclimates from pollen and isotope records of marine cores in the Nile cone area, *Paleoceanography*, 10/2, p. 291-300.
- Cheddadi, R. and Rossignol-Strick, M., 1995b, Improved preservation of organic matter and pollen in Eastern Mediterranean saproples, *Paleoceanography*, 10/2, p. 301-309.
- Cheddadi, R., Rossignol-Strick, M. and Fontugne, M., 1991, Eastern Mediterranean paleoclimates from 26 to 5 ka B.P. documented by pollen and isotopic analysis of a core in the anoxic Bannock Basin, *Marine Geology*, 100, p. 55-66.
- Chester, R., Baxter, G. G., Behairy, A. K. A., Connor, K., Cross, D., Elderfield, H. and Padgham, R. C., 1977, Soil-sized eolian dusts from the lower tropic eastern Mediterranean Sea, *Marine Geology*, 24, p. 201-217.
- Cita, M. B., Vergnaud-Grazzini, C., Robert, C., Chamley, H., Ciaranfi, N. and d'Onofrio, S., 1977, Paleoclimatic Record of a Long Deep Sea Core from the Eastern Mediterranean, *Quaternary research*, 8, p. 205-235.
- Clark, P. U. and Mix, A. C., 2000, Ice sheets by volume, *Nature*, 406, p. 689-690.
- Clark, P. U., Alley, R. B. and Pollard, D., 1999, Northern Hemisphere ice-sheet influences on global climate change, *Science*, 286, p. 1104-1111.

- Combourieu-Nebout, N., Londeix, L., Baudin, F., Turon, J. L., von Grafenstein, R. and Zahn, R., 1999, Quaternary marine and continental paleoenvironments in the Western Mediterranean (site 976, Alboran Sea): Palynological evidence, in: Zahn, R., Comas, M. C. and Klaus, A., (eds.), *Proceedings of the Ocean Drilling Program, Scientific Results*, 161, p. 457-468.
- Combourieu-Nebout, N., Paterne, M., Turon J. L. and Siani, G., 1998, A high resolution record of the last deglaciation in the Central Mediterranean: Palaeovegetation and palaeohydrological evolution, *Quaternary Science Reviews*, 17, p. 303-317.
- Cour, P. and Duzer, D., 1976, Persistence d'un climat hyperaride au Sahara central et méridional au cours de l'Holocène, *Revue de Géographie physique et de Géologiedynamique*, 18, p. 175-198.
- Danin, A., 2004, *Distribution Atlas of Plants in the Flora Palaestina Area*, Israel Academy of Sciences and Humanities, Jerusalem.
- Dansgaard, W., Johnsen, S. J., Clausen, H. B., Dahl-Jensen, D., Gundestrup, N., Hammer, C. U., Hvidberg, C. S., Steffensen, J. P., Sveinbjörnsdottir, A. E., Jouzel, J. and Bond, G., 1993, Evidence for general instability of past climate from a 250-kyr ice-core record, *Nature*, 364, p. 218-220.
- Darmon, F., 1987, Analyses polliniques de trois sites natoufiens dans la région de Salibiya-Fazaël, *Paléorient*, 13/1, p. 121-129.
- Darmon, F., 1988, Essai de reconstitution climatique de l'Épipaléolithique au Néolithique ancien dans la basse vallée du Jourdain, *Compte-rendu de l'Académie des Sciences*, Paris, 307, p. 677-682.
- De Beaulieu, J. L., Miras, Y., Andrieu-Ponel, V. and Guiter, F., 2005, Vegetation dynamics in the North-West Mediterranean regions: Instability of the Mediterranean bioclimate, *Plant Biosystems*, 139, p. 114-126.
- Denefle, M., Lézine, A. M., Fouache, E. and Dufaure, J. J., 2000, A 12,000-year pollen record from Lake Maliq, Albania, *Quaternary Research*, 54, p. 423-432.
- Drescher-Schneider, R., De Beaulieu, J. L., Magny, M., Walter-Simonnet, A. V., Bossuet, G., Millet, L., Brugiapaglia, E., Drescher, A., 2007, Vegetation history, climate and human impact over the last 15,000 year at Lago dell'Accesa (Tuscany, Central Italy), *Vegetation History and Archaeobotany*, 16, p. 279-299.
- Edelman-Furstenberg, Y., Scherbacher, M., Hemleben, Ch. and Almogi-Labin, A., 2001, Deep-sea benthic foraminifera from the central Red Sea, *Journal of Foraminiferal Research*, 31, p. 48-59.
- Elliot, M., Labeyrie, L., Dokken, T. and Manthè, S., 2001, Coherent patterns of ice-rafted debris deposits in the Nordic regions during the last glacial (10-60 ka), *Earth and Planetary Science Letters*, 194, p. 151-163.
- Elsik, W. C., 1996, Fungi, in: Jansonius J. J. and McGregor, D. C., (eds.), *Palynology: Principles and Applications*, American Association of Stratigraphic Palynologists Foundation, p. 293-360.
- Emeis, K. C. and Sakamoto, T., 1998, The sapropel theme of leg 160, in: Robertson, A. H. F., Emeis, K. C., Richter, C. and Camerlenghi, A. (eds.), *Proceeding of the Ocean Drilling Program, Scientific Results*, 160, p. 29-36.

- Emeis, K. C., Sakamoto, T., Wehausen, R. and Brumsack, H. J., 2000, The sapropel record of the eastern Mediterranean Sea – results of Ocean Drilling Program Leg 160, *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 158, p. 371-395.
- Emeis, K. C., Schulz, H., Struck, U., Rossignol-Strick, M., Erlenkeuser, H., Howell, M. W., Kroon, D., Mackensen, A., Ishizuka, S., Oba, T., Sakamoto, T. and Koizumi, I., 2003, Eastern Mediterranean surface water temperatures and  $\delta^{18}\text{O}$  composition during deposition of sapropels in the late Quaternary, *Paleoceanography*, 18, 1005-1029.
- Emeis, K. C., Schulz, H., Struck, U., Sakamoto, T., Doose, H., Erlenkeuser, H., Howell, M., Kroon, D. and Paterne, M., 1998, Stable isotope and alkenone temperature records of sapropels from ODP Sites 964 and 967: constraining the physical environment of sapropel formation in the Eastern Mediterranean Sea, in: Robertson, A. H. F., Emeis, K. C., Richter, C. and Camerlenghi, A., (eds.), *Proceeding of the Ocean Drilling Program, Scientific Results*, 160, p. 309-331.
- Emery, K. O. and Neev, D., 1960, Mediterranean beaches of Israel, *Israel Geological survey Bulletin*, 26, p. 1-24.
- Emery-Barbier, A. and Thiébault, S., 2005, Preliminary conclusions on the Late Glacial vegetation in south-west Anatolia (Turkey): the complementary nature of palynological and anthracological approaches, *Journal of Archaeological Science*, 32, p. 1232-1251.
- Emiliani, C., 1955, Pleistocene temperatures, *Journal of Geology*, 63, p. 539-578.
- Enzel, Y., Bookman (Ken-Tor), R., Sharon, D., Stein, M., Gvirtzman, H. and Dayan, U., 2003, Dead Sea lake level variations and Holocene climates in the Near East: implications to historical responses and modern water resources, *Quaternary Research*, 60, p. 263-273.
- Ermolli, E. R. and di Pasquale, G., 2002, Vegetation dynamics of South western Italy in the last 28 kyr inferred from pollen analysis of a Tyrrhenian Sea core, *Vegetation History and Archaeobotany*, 11, p. 211-219.
- Faegri, K. and Iversen, J., 1992, *Textbook of Pollen Analysis*, (IV Edition), John Wiley and Sons, London.
- Fensome, R. A., Riding J. B. and Taylor F. J. R., 1996, Dinoflagellates, in: Jansonius J. J. and McGregor, D. C., (eds.), *Palynology: Principles and Applications*, American Association of Stratigraphic Palynologists Foundation, p. 107-179.
- Fernández, S., Fuentes, N., Carrión, J. S., González-Samperiz, P., Montoya, E., Gil-Romera, G., Vega-Toscano, L. G. and Riquelme, J. A., 2007, Palynology of Carihuela Cave, southern Spain: completing the record, *Geobios*, 40, p. 75–90.
- Filipova-Marinova, M., Christova, R. and Bozilova, E., 2004, Palaeoecological conditions in the Bulgarian Black sea area during the Quaternary, *Environmental Micropaleontology, Microbiology and Meiobenthology*, 1, p. 136-154.
- Foley, J. A., Coe, M. T., Scheffer, M. and Wang G., 2003, Regime Shifts in the Sahara and Sahel interactions between ecological and climatic systems in Northern Africa, *Ecosystems*, 6, p. 524-539.
- Follieri, M., Giardini, M., Magri, D., Sadori, L., 1998, Palynostratigraphy of the last glacial period in the volcanic region of central Italy, *Quaternary International*, 47-48, p. 3-20.

- Follieri, M., Magri, D., Sadori, L., 1988, 250,000-year pollen record from Valle di Castiglione (Roma), *Pollen et Spores*, 30, p. 329-356.
- Fontugne, M., Arnold, M., Labeyrie, L., Calvert, S. E., Paterne, M. and Duplessy, J. C., 1994, Paleoenvironment, Sapropel chronology and Nile River discharge during the last 20,000 years as indicated by deep-sea sediment records in the Eastern Mediterranean, in: Bar-Yosef, O. and Kra, R. S., (eds.), *Late Quaternary chronology and Paleoclimates of the Eastern Mediterranean*, Radiocarbon, Tucson, p. 75-88.
- Foucault, A. and Stanley, D. J., 1989, Late Quaternary palaeoclimatic oscillation in East Africa recorded by heavy minerals in the Nile Delta, *Nature*, 339, p. 44-46.
- Frumkin, A. and Elitzur, Y., 2002, Historic Dead Sea level fluctuations calibrated with geological and archaeological evidence, *Quaternary Research*, 57, p. 334-342.
- Frumkin, A., Ford, D. C. and Schwarcz, H. P., 1999, Continental oxygen isotopic record of the last 170,000 years in Jerusalem, *Quaternary Research*, 51, p. 317-327.
- Frumkin, A., Ford, D. C. and Schwarcz, H., P., 2000, Paleoclimate and vegetation of the last glacial cycles in Jerusalem from a spellothem record, *Global Biogeochemical Cycles*, 14/3, p. 863-870.
- Frumkin, A., Magaritz, M., Carmi, I. and Zak, I., 1991, The Holocene climatic record of the salt caves of Mount Sedom, Israel, *The Holocene*, 1, p. 191-200.
- Galili, E. and Weinstein-Evron, M., 1985, Prehistory and paleoenvironments of submerged sites along the Carmel Coast of Israel, *Paléorient*, 11, p. 37-52.
- Galili, E. and Weinstein-Evron, M., 1989, Rate of coastal transport along the southeastern Mediterranean coast during storms using water hyacinth, *Geo-Marine Letters*, 9, p. 103-108.
- Ganor, E. and Foner, H., 1996, The mineralogical and chemical properties and the behaviour of aeolian saharan dust over Israel, in: Guerzoni, S. and Chester, R. (eds.), *The Impact of Desert Dust Across the Mediterranean*, Kluwer Academic Publishers, p. 163-172.
- Garrod, D. A. E., 1957, The Natufian culture: The life and economy of a Mesolithic people in the Near East, *Proceedings of the British Academy*, 43, p. 211-227.
- Garzanti, E., Andó, S., Vezzoli, G., Megid, A. A. A. and El Kammar, A., 2006, Petrology of Nile River sands (Ethiopia and Sudan): Sediment budget and erosion Patterns, *Earth and Planetary Science Letters*, 252 p. 327-341.
- Genty, D., Blamart, D., Ghaleb, B., Plagnes, V., Causse, Ch., Bakalowicz, M., Zouari, K., Chkir, N., Hellstorm, J., Wainer, K. and Bourges, F., 2006, Timing and dynamics of the last deglaciation from European and North African  $\delta^{13}\text{C}$  stalagmite profiles - comparison with Chinese and South Hemisphere stalagmites, *Quaternary Science Reviews*, 25, p. 2118-2142.
- Giorgi, F., 1996, Climate Modelling Over the Mediterranean Region: An Overview, in: Guerzoni, S. and Chester, R. (eds.), *The Impact of Desert Dust Across the Mediterranean*, Kluwer Academic Publishers, p. 1-14.
- Giunta, S., Negri, A., Morigi, C., Capotondi, L., Comourieu-Nebout, N., Emeis, K. C., Sangiorgi, F. and Vigliotti, L., 2003, Coccolithophorid ecostratigraphy and multi-proxy

- paleoceanographic reconstruction in the southern Adriatic Sea during the last deglacial time (core AD91-17), *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 190, p. 39-59.
- Goldsmith, V. and Golik, A., 1980, Sediment transport model of the southeastern Mediterranean coast, *Marine Geology*, 37, p. 147-175.
- Goossens, C., 1985, Principal component analysis of Mediterranean rainfall, *Journal of Climatology*, 5, p. 379-388.
- Gopher, A., Abbo, S. and Lev-Yadun, S., 2001, The “when”, the “where” and the “why” of the Neolithic Revolution in the Levant, *Documenta Prehistorica*, 28, p. 49-62.
- Gophna, R., Liphshitz, N. and Lev-Yadun, S., 1986, Man's impact on the natural vegetation in the Central Coastal Plain of Israel during the Chalcolithic and the Bronze Ages, *Tel Aviv – Journal of the Tel Aviv University*, 13, p. 71-84.
- Goring-Morris, N. and Belfer-Cohen, A., 1998, The articulation of cultural processes and late Quaternary environmental changes in Jordan, *Paléorient*, 23/2, p. 71-93.
- Graham, R. W. and Grimm, E., 1990, Effects of global climate change on the patterns of terrestrial biological communities, *Trends in Ecology and Evolution*, 5, p. 289-292.
- Grenfell, H., R., 1995, Probable fossil Zygnematacean algae spore genera, *Review of Palaeobotany and Palynology*, 84, p. 201-220.
- Grosman, L., 2003, Preserving cultural traditions in a period of instability: the Late Natufian of the hilly Mediterranean zone, *Current Anthropology*, 44, p. 571-580.
- Grosman, L., 2005, *Computer Simulation of Variables in Models of the Origins of Agriculture in the Levant*, Institute of Archaeology, Hebrew University, Jerusalem.
- Grosman, L. and Belfer-Cohen, A., 2002, “Zooming onto the 'Younger Dryas’”, in: Cappers, R. T. J. and Bottema, S., (eds.), *The Dawn of Farming in the Near East, Studies in Early Near Eastern Production, Subsistence and Environment 6*, Ex Oriente, Berlin, p. 49-54.
- Grüger, E., 1975, Pollen analyse spätpleistozäner und holozäner Sedimente aus der Adria, *Geologisches Jahrbuch*, 29, p. 3-32.
- Gvirtzman, G. and Buchbinder, B., 1978, The Late Tertiary of the coastal plain of Israel and its bearing on the history of the southeastern Mediterranean coast, Initial Reports, *Deep Sea Drilling Project*, 42, p. 1195-1222.
- Havinga, A. J., 1964, Investigation into the differential corrosion susceptibility of pollen and spores, *Pollen et Spores*, 6, p. 621-635.
- Haynes, C. V., Eyles, C. H., Pavlish, L. A., Ritchie, J. C. and Rybak, M., 1989, Holocene palaeoecology of the eastern Sahara; Selima Oasis, *Quaternary Science Reviews*, 8, p. 109-136.
- Head, M., J. and Wrenn, J., H., 1992, *Neogene and Quaternary dinoflagellate cysts and acritarchs*, American Association of Stratigraphic Palynologists Foundation.
- Heinrich, H., 1988, Origin and consequences of cyclic ice rafting in the Northeast Atlantic Ocean during the past 130,000 years, *Quaternary Research*, 29, p. 142-152.

- Hemming, S. R., 2004, Heinrich events: Massive late Pleistocene detritus layers of the North Atlantic and their global climate imprint, *Review of Geophysics*, 42, RG1005, p. 1-43.
- Henry, D. O., 1989, *From Foraging to Agriculture: The Levant at the End of the Ice Age*, University of Pennsylvania Press, Philadelphia.
- Herut, B. and Krom, M. D., 1996, Atmospheric input of nutrients and dust to the SE Mediterranean, in: Guerzoni, S. and Chester, R. (eds.), *The Impact of Desert Dust Across the Mediterranean*, Kluwer Academic Publishers, p. 349-358.
- Heusser, L. E., 1988, Pollen distribution in marine sediments on the continental margin off Northern California, *Marine Geology*, 80, p. 131-147.
- Heusser, L. E. and Balsam, W. L., 1977, Pollen distribution in the northwest Pacific Ocean, *Quaternary Research*, 7, p. 45-62.
- Hopkins, J. A. and McCarthy, F. M. G., 2002, Post-depositional palynomorph degradation in Quaternary shelf sediments: a laboratory experiment studying the effects on progressive oxidation, *Palynology*, 26, p. 167-184.
- Horowitz, A., 1974, Preliminary palynological indications as to the climate of Israel during the last 6,000 years, *Paléorient*, 2/2 p. 407-414.
- Horowitz, A., 1979, *The Quaternary of Israel*, New York, Academic Press.
- Horowitz, A., 1989, Continuous pollen diagrams for the last 3.5Ma from Israel: Vegetation, climate and correlation with the oxygen isotope record, *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 72/1-2, p. 63-78.
- Horowitz, A., 1992, *Palynology of Arid Lands*, Amsterdam, Elsevier.
- Horowitz, A., 2001, *The Jordan Rift Valley*, Rotterdam, A. A. Balkema.
- Horowitz, A. and Baum, B., 1967, The arboreal pollen flora of Israel, *Pollen et Spores*, 9/1 p. 71-93.
- Horowitz, A. and Gat, J., 1984, Floral and isotopic indications for possible summer rains in Israel during wetter climates, *Pollen and Spores*, 26, p. 61-68.
- Horowitz, A., Weinstein, M. and Ganor, E., 1975, Palynological determination of dust storms provenances in Israel, *Pollen et Spores*, 17, p. 223-231.
- Hunt, C. O., El Rishi, H. A., Gilbertson, D. D., Grattan, J., McLaren, S., Pyatt, F. B., Rushworth, G. and Barker, G., 2004, Early Holocene palaeoenvironments in the Wadi Faynan, Jordan, *The Holocene*, 14, p. 921-930.
- Huntley, B., Watts, W. A., Allen, J. R. M. and Zolitschka, B., 1999, Palaeoclimate, chronology and vegetation history of the Weichselian lateglacial: comparative analyses of data from three cores at Lago Grande di Monticchio, southern Italy, *Quaternary Science Reviews*, 18, p. 945-960.
- Imbrie, J., Hays, J. D., Martinson, D. G., McIntyre, A., Mix, A. C., Morely, J. J., Pisias, N. G., Prell, W. L. and Shackleton N. J., 1984, The orbital theory of Pleistocene climate: Support from a revised chronology of the marine  $\delta^{18}\text{O}$  record, in: Berger, A., Imbrie, J., Hays, J.,

- Kukla, G. and Saltzman, B., (eds), *Milankovitch and Climate*, Part 1, Reidel, Boston, p. 269-305.
- Jahns, S., 1995, A Holocene pollen diagram from El Atrun, northern Sudan, *Vegetation history and Archaeobotany*, 4, p. 23-30.
- Jahns, S., 2005, The Holocene history of vegetation and settlement at the coastal site of Lake Voulkaria in Acarnania, western Greece, *Vegetation history and Archaeobotany*, 14, p. 55-66.
- Jalut, G., Esteban Amat, A., Bonnet, L., Gauquelin, T. and Fontugne, M., 2000, Holocene climatic changes in the Western Mediterranean, from south-east France to south-east Spain, *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 160, p. 255-290.
- Jarzen, D. M. and Nichols, D. J., 1996, Pollen, in: Jansonius J. J. and McGregor, D. C., (eds.), *Palynology: Principles and Applications*, American Association of Stratigraphic Palynologists Foundation, p. 261-291.
- Jenkins, J. A. and Williams, D. F., 1984, Nile water as a cause of the Eastern Mediterranean sapropel formation: Evidence for and against, *Marine Micropaleontology*, 8, p. 521-534.
- Kadosh, D., Sivan, D., Kutiel, H. and Weinstein-Evron, M., 2004, A Late Quaternary paleoenvironmental sequence from Dor, Carmel Coastal Plain, Israel, *Palynology*, 28, p. 143-157.
- Kallel, N., Duplessy, J. C., Labeyrie, L., Fontugne, M., Paterne, M. and Montacer, M., 2000, Mediterranean pluvial periods and sapropel formation over the last 200,000 years, *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 157, p. 45-58.
- Kallel, N., Paterne, M., Duplessy, J. C., Vergnaud-Grazzini, C., Pujol, C., Labeyrie, L., Arnold, M., Fontugne, M. and Pierre, C., 1997, Enhanced rainfall in the Mediterranean region during the last sapropel event, *Oceanologica Acta*, 20, p. 697-712.
- Kapp's, R. O., 2000, *Pollen and Spores*, American Association of Stratigraphic Palynologist Foundation Publication.
- Kaufman, D., 1992, Hunter-gatherers of the Levantine Epipaleolithic: The socio-ecological origins of sedentism, *Journal of Mediterranean Archaeology*, 5, p. 165-201.
- Kendall, R. L., 1969, An ecological history of the Lake Victoria basin, *Ecological Monography*, 39, p. 121-176.
- Kidd, R. B., Cita, M. B. and Ryan, W. B. F., 1978, Stratigraphy of eastern sapropel sequences recovered during DSDP Leg 42 A and their paleoenvironmental significance, *Initial Report, Deep Sea Drilling Project*, 42/1, p. 421-443.
- Kolosovsky, E., 2003, *Reconstruction of Paleotemperatures and Determination of the Origin of Organic Matter in Sediments from the Eastern Mediterranean Sea*, M.Sc thesis, Institute of Chemistry, The Hebrew university of Jerusalem, Jerusalem.
- Köppen, W., 1923, *Die Klimate der Erde*, Grundriss der Klimakunde, Berlin.
- Koreneva, E. V., 1971, Spores and pollen in Mediterranean bottom sediments, in: Funnell, B. M. and Riedel, W. R., (eds.), *The Micropalaeotology of Oceans*, Cambridge University press, p. 361-371.

- Krom, M. D., Cliff, R. A., Eijssink, L. M., Herut, B. and Chester, R., 1999a, The characterisation of Saharan dusts and Nile particulate matter in surface sediments from the Levantine basin using Sr isotopes, *Marine Geology*, 155, p. 319-330.
- Krom, M. D., Michard, A., Cliff, R. A. and Strohle, K., 1999b, Sources of sediment to the Ionian Sea and western Levantine basin of the Eastern Mediterranean during S-1 sapropel times, *Marine Geology*, 160, p. 45-61.
- Krom, M. D., Stanley, J. D., Cliff, P. A. and Woodward, J. C., 2002, Nile River sediment fluctuations over the past 7,000 yr and their key role in sapropel development, *Geology*, 30, p. 71-74.
- Kutiel, H. and Furman, H., 2003, Dust storms in the Middle East: sources of origin and their temporal characteristics, *Indoor and Built Environment*, 12, p. 419-426.
- Lacombe, H. and Tchernia, P., 1972, Caractères hydrologiques et circulation des eaux en Méditerranée, in: Stanley, D. J., (ed.), *The Mediterranean Sea: A Natural Sedimentation Laboratory*, Dowden, Hutchinson and Ross, Stroudsburg, Pa, p. 25-36.
- Lambeck, K., Yokoyama, Y., Johnston, P. and Purcell, A., 2000, Global ice volumes at the Last Glacial Maximum and early late glacial, *Earth and Planetary Science Letters*, 181, p. 513-527.
- Lawson, I., Frogley, M., Bryant, C. H., Preece, R. and Tzedakis, P. C., 2004, The Lateglacial and Holocene environmental history of the Ioannina basin, north-west Greece, *Quaternary Science Reviews*, 23, p. 1599-1625.
- Leroi-Gourhan, A. and Darmon, F., 1987, Analyses Palynologiques de sites archéologiques de Pleistocene final dans la vallée du Jourdain, *Israel Journal of Earth Sciences*, 36, p. 65-72.
- Lev-Yadun, S., 1997, Flora and climate in Southern Samaria: Past and Present, in: Finkelstein, I., Lederman, Z. and Bunimovitz, S., *Highlands of many cultures I - The sites, Monograph Series of the Institute of Archaeology*, Tel Aviv University, Tel Aviv, p. 85-102.
- Lev-Yadun, S., 2006, The environmental influence of the Pottery Neolithic (ca. 7,500-6,500 years B.P.) Nahal Zehora II settlements in the southern Mt. Carmel, in: Gopher, A. (ed.), *Pottery Neolithic Village in the southern Mt. Carmel: Nahal Zehora, Monograph Series of the Institute of Archaeology*, Tel Aviv University, Tel Aviv.
- Lev-Yadun, S. and Weinstein-Evron, M., 2005, Modeling the influence of wood use by the Natufians of el-Wad on the forest of Mount Carmel, *Journal of the Israel Prehistoric Society*, 35, p. 285-298.
- Lev-Yadun, S., Gopher, A. and Abbo, S., 2000, The cradle of agriculture, *Science*, 288, p. 1602-1603.
- Lézine, A. M., 1988, New pollen data from the Sahel (Lake Guiers - Senegal), *Review of Palaeobotany and Palynology*, 55, p. 141-154.
- Lézine, A. M., 1989, Late Quaternary vegetation and climate of the Sahel, *Quaternary Research*, 32, p. 317-334.

- Lézine, A. M. and Casanova, J., 1989, Pollen and hydrological evidence for the interpretation of past climate in tropical West Africa during the Holocene, *Quaternary Science Reviews*, 8, p. 45-55.
- Lézine, A. M., Casanova, J. and Hillaire-Marcel, C., 1990, Across an early Holocene humid phase in western Sahara, pollen and isotope stratigraphy, *Geology*, 18, p. 264-267.
- Lowe, J. J. and Watson, C., 1994, Lateglacial and early Holocene pollen stratigraphy of the northern Apennines, Italy, *Quaternary Science Reviews*, 12, p. 727-738.
- Lowe, J. J., Accorsi, C. A., Bandini-Mazzanti, M., Bishop, A., Van der Kaars, S., Forlani, L., Mercuri, A. M., Rivalenti, C., Torri, P., Watson, C., 1996, Pollen stratigraphy of sediment sequences from lakes Albano and Nemi (near Rome) and from the central Adriatic, spanning the interval from oxygen isotope Stage 2 to the present day, *Memorie dell'Istituto Italiano di Idrobiologia*, 55, p. 71-98.
- Luz, B., 1979, Paleo-oceanography of the post-glacial Eastern Mediterranean, *Nature*, 278, p. 847-848.
- Magri, D., 1995, Some questions on the late-Holocene vegetation of Europe, *The Holocene*, 5, p. 354-360.
- Magri, D., 1999, Late-Quaternary vegetation history at Lagaccione near Lago di Bolsena (central Italy), *Review of Palaeobotany and Palynology*, 106, p. 171-208.
- Magri, D. and Parra, I., 2002, Late Quaternary western Mediterranean pollen records and African winds, *Earth and Planetary Science Letters*, 200, p. 401-408.
- Magri, D. and Sadori, L., 1999, Late Pleistocene and Holocene pollen stratigraphy at Lago di Vico (central Italy), *Vegetation History and Archaeobotany*, 8, p. 247-260.
- Magri, D. and Tzedakis, P. C., 2000, Orbital signatures and long-term vegetation patterns in the Mediterranean, *Quaternary International*, 73/74, p. 69-78.
- Magurran, A. E., 2004, *Measuring Biological Diversity*, Malden, Ma: Blackwell Publishing.
- Malanotte-Rizzoli, P. and Bergamasco, A., 1989, The circulation of the eastern Mediterranean, I, *Oceanologica Acta*, 12, p. 335-351.
- Malanotte-Rizzoli, P. and Hecht A., 1988, Large-scale properties of the Eastern Mediterranean: A review, *Oceanologica Acta*, 11/4 p. 323-335.
- Maley, J., 1977, Palaeoclimates of the Central Sahara during the early Holocene, *Nature*, 269, p. 573-577.
- Maley, J., 1981, Etudes palynologiques dans le bassin du Tchad et paléoclimatologie de l'Afrique nord-tropicale de 30,000 ans à l'Époque Actuelle, *Travaux et Documents de l'ORSTOM*, 129, Paris.
- Maley, J., 1983, Histoire de la végétation et du climat de l'Afrique nord-tropicale au Quaternaire récent, *Bothalia*, 14, p. 377-389.
- Mariotti-Lipi, M., Guido, M., Bruna, I., Menozzi, B. I. Bellini, C. and Montanari, C., 2007, The Massaciuccoli Holocene pollen sequence and vegetation history of the costal plains by the

- Mar Ligure (Tuscany and Liguria, Italy), *Vegetation history and Archaeobotany*, 16, p. 267-277.
- Martinson D. G., Pisias, N. G., Hays, J. D., Imbrie, J., Moore, Jr. T. C. and Shackleton, N. J., 1987, Age dating and the orbital theory of the Ice Ages: Development of a high-resolution 0 to 300,000-year chronostratigraphy, *Quaternary Research*, 27, p. 1-29.
- McGarry, S., Bar-Matthews, M., Matthews, A., Vaks, A., Schilman, B. and Ayalon, A., 2004, Constraints on hydrological and paleotemperature variations in the Eastern Mediterranean region in the last 140 ka given by the  $\delta D$  values of speleothem fluid inclusions, *Quaternary Science Reviews*, 23, p. 919-934.
- Meadows, J., 2005, The Younger Dryas episode and the radiocarbon chronologies of the Lake Huleh and Ghab Valley pollen diagrams, Israel and Syria, *The Holocene*, 15, p. 631-636.
- Meese, D. A., Gow, A. J., Alley, R. B., Zielinski, G. A., Grootes, P. M., Ram, M., Taylor K. C., Mayewski, P. A. and Bolzan, J. F., 1997, The Greenland Ice Sheet Project 2 depth-age scale: Methods and results, *Journal of Geophysical Research*, 102, p. 26411-26423.
- Migowski, C., Stein, M., Prasad, S., Negendank, J. F. W. and Agnon, A., 2006, Holocene climate variability and cultural evolution in the Near East from the Dead Sea sedimentary record, *Quaternary Research*, 66, 3, p. 421-431.
- Moore, A. M. T. and Hillman, G. C., 1992, The Pleistocene to Holocene transition and human economy in Southwest Asia: The impact of the Younger Dryas, *American Antiquity*, 57/3, p. 482-494.
- Munro, N. D., 2004, Hunting Pressure and Occupation Intensity in the Natufian, *Current Anthropology*, 45, p. S5-S34
- Neumann, F., Schölzel, C., Litt, T., Hense, A. and Stein, M., 2007, Holocene vegetation and climate history of the northern Golan heights (Near East), *Vegetation history and Archaeology*, 16, p. 329-346.
- Niklewski, J. and Van Zeist, W., 1970, A Late Quaternary pollen diagram from northwestern Syria, *Acta Botanica Neerlandica*, 19, p. 737-754.
- Olausson, E., 1961, Studies of deep-sea cores, *Report of the Swedish deep-sea Expedition 1947-1948*, 8, p. 335-391.
- Pantaleón-Cano, J., Yll, E., Pérez-Obiol, R. and Roure, J. M., 2003, Palynological evidence for vegetational history in semi arid areas of the western Mediterranean (Almería, Spain), *The Holocene*, 13, p. 109-119.
- Pérez-Obiol, R. and Sadori, L., 2007, Similarities and dissimilarities, synchronisms and diachronisms in the Holocene vegetation history of the Balearic Islands and Sicily, *Vegetation history and archaeobotany*, 16, p. 259-265.
- Pinardi, N. and Masetti, E., 2000, Variability of the large scale general circulation of the Mediterranean Sea from observation and modelling: a review, *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 158, p. 153-173.
- Ramrath, A., Sadori, L. and Negendank, F. W., 2000, Sediments from Lago di Mezzano, central Italy: a record of Lateglacial/Holocene climatic variations and anthropogenic impact, *The Holocene*, 10, p. 87-95.

- Reille, M., 1995, *Pollen et Spores d'Europe et d'Afrique du Nord*, supplément 1, Laboratoire de Botanique Historique et Palynologie, Marseille.
- Reille, M., 1998, *Pollen et Spores d'Europe et d'Afrique du Nord*, supplément 2, Laboratoire de Botanique Historique et Palynologie, Marseille.
- Reille, M., 1999, *Pollen et Spores d'Europe et d'Afrique du Nord*, Seconde édition, Laboratoire de Botanique Historique et Palynologie, Marseille.
- Reille, M., Gamisans, J., de Beaulieu, J. L. and Andrieu, V., 1997, The late-glacial at Lac de Creno (Corsica, France): A key site in the western Mediterranean basin, *New Phytologist*, 135, p. 547-559.
- Reiss, Z., Halicz, E. and Luz, B., 1999, Late-Holocene foraminifera from the SE Levantine Basin, *Israel Journal of Earth Science*, 48, p. 1-27.
- Ritchie, J. C., 1987, A Holocene pollen record from Bir Atrun, Northwest Sudan, *Pollen et Spores*, 29, p. 391-340.
- Ritchie, J. C. and Haynes, C. V., 1987, Holocene vegetation zonation in the Eastern Sahara, *Nature*, 330, p. 645-647.
- Ritchie, J. C., Eyles, C. H. and Haynes, C. V., 1985, Sediment and pollen evidence for an early to mid-Holocene humid period in the Eastern Sahara, *Nature*, 314, p. 352-355.
- Roberts, N., Stevenson, T., Davis, B., Cheddadi, R., Brewster, S. and Rosen, A., 2004, Holocene climate, environment and cultural change in the circum-Mediterranean region, in: Battarbee, R. W., Gasse, F. and Stickley, C. E., (eds.), *Past Climate Variability Through Europe and Africa*, p. 343-362.
- Robinson, S. A., Black, S., W., Sellwood, B. W. and Valdes, P. J., 2006, A review of palaeoclimates and palaeoenvironments in the Levant and Eastern Mediterranean from 25,000 to 5,000 years BP: setting the environmental background for the evolution of human civilization, *Quaternary Science Reviews*, 25, p. 1517-1541.
- Rohling, E. J., 1994, Review and new aspects concerning the formation of eastern Mediterranean sapropels, *Marine Geology*, 122, p. 1-28.
- Rohling, E. J., 2002, The dark secret of the Mediterranean - a case history in past environmental reconstruction, available in: [www.soes.soton.ac.uk/staff/ejr/DarkMed/dark-title.html](http://www.soes.soton.ac.uk/staff/ejr/DarkMed/dark-title.html).
- Rohling, E. J. and De Rijk, S., 1999, Holocene Climate Optimum and Last Glacial Maximum in the Mediterranean: The marine oxygen isotope record, *Marine Geology*, 153, p. 57-75.
- Rohling, E. J. and Gieskes, W. W. C., 1989, Late Quaternary changes in Mediterranean intermediate water density and formation rate, *Paleoceanography*, 4, p. 531-545.
- Rohling, E. J. and Hilgen, F. J., 1991, The eastern Mediterranean climate at times of sapropel formation, a review, *Geologie en Mijnbouw*, 70, p. 253-264.
- Rohrlich, V. and Goldsmith, V., 1984, Sediment transport along the southeast Mediterranean: a geological perspective, *Geo-Marine Letters*, 9, p. 99-103.

- Rossignol, M., 1961, Analyse pollinique de sédiments marins Quaternaires en Israël, I - Sediments Recents, *Pollen et Spores*, 3, p. 303-324.
- Rossignol, M., 1962, Analyse pollinique de sédiments marins Quaternaires en Israël, II - Sediments Pleistocenes, *Pollen et Spores*, 4, p. 121-148.
- Rossignol, M., 1963, Analyse pollinique de sédiments quaternaires dans la plaine de Haifa – Israël, *Israel Journal of Earth Sciences*, 12, p. 207-214.
- Rossignol, M., 1969, *Sedimentation Palynologique dans la Domaine Marin Quaternaire de Palestine: Etude de paléo-Environnement*, Extrait des notes et memoires sur le Moyen-Orient, tome X, Muséum national d'Histoire naturelle.
- Rossignol-Strick, 1972, Pollen analyses of some sapropel layers from the deep-sea floor of the Eastern Mediterranean, *Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project*, XIII, p. 971-991.
- Rossignol-Strick, M., 1973, Analyse pollinique des niveaux sapropéliques Quaternaires de deux carottes en Méditerranée Orientale (RC9 – 174 et RC9-182), *9 Congrès International de L'INQUA*, Travaux Francais, p. 152-159.
- Rossignol-Strick, M., 1983, African monsoon, an immediate climate response to orbital insolation, *Nature*, 304, p. 46-49.
- Rossignol-Strick, M., 1985, Mediterranean Quaternary sapropels, an immediate response of the African monsoon to variations of insolation, *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 49, p. 237-263.
- Rossignol-Strick, M., 1993, Late Quaternary climate in the Eastern Mediterranean region, *Paléorient*, 19/1 p. 135-149.
- Rossignol-Strick, M., 1995, Sea-Land correlation of pollen records in the Eastern Mediterranean for the Glacial-Interglacial transition: Biostratigraphy versus radiometric time-scale, *Quaternary Science Reviews*, 14, p. 893-915.
- Rossignol-Strick, M., 1999, The Holocene climatic optimum and pollen records of sapropel 1 in the Eastern Mediterranean, 9,000-6,000 BP, *Quaternary Science Reviews*, 18, p. 515-530.
- Rossignol, M. and Pastouret, L., 1971, Analyse pollinique de niveaux sapropéliques post-glaciaires dans une carotte en Méditerranée Orientale, *Revue de Palaeobotanie et palynologie*, 11, p. 227-238.
- Rossignol-Strick, M. and Paterne, M., 1999, A synthetic pollen record of the Eastern Mediterranean sapropels of the last 1 Ma; Implications of the time scale and formation of sapropels, *Marine Geology*, 153, p. 221-237.
- Rossignol-Strick, M. and Planchais, N., 1989, Climate patterns revealed by pollen and oxygen isotope records of a Tyrrhenian Sea core, *Nature*, 342, p. 413-416.
- Rossignol-Strick, M., Nesteroff, W., Olive, P. and Vergnaud-Grazzini, C., 1982, After the deluge: Mediterranean stagnation and sapropel formation, *Nature*, 15, p. 105-110.
- Rossignol-Strick, M., Planchais, N., Paterne, M. and Duzer, D., 1992, Vegetation dynamics and climate during the deglaciation in the South Adriatic basin from a marine record, *Quaternary Science Reviews*, 11, p. 415-423.

- Sadori, L., 2007, The current State of Knowledge of Postglacial Pollen Records of Southern Europe, in: Elias, S. A., (ed.), *Encyclopedia of Quaternary Science*, Elsevier, London, UK, p. 2763-2773.
- Sadori, L. and Narcisi, B., 2001, The postglacial record of environmental history from Lago di Pergusa (Sicily), *Holocene*, 11, p. 655-671.
- Sandler, A. and Herut, B., 2000, Composition of clays along the continental shelf off Israel: Contribution of the Nile versus local sources, *Marine Geology*, 167, p. 339-354.
- Schilman, B., Bar-Matthews, M., Almogi-Labin, A. and Luz, B., 2001, Global climate instability reflected by Eastern Mediterranean marine records during the late Holocene, *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 176, p. 157-176.
- Schmidt, R., Müller, J., Drescher-Schneider, R., Krisai, R., Szeroczynska, K. and Baric, A., 2000, Changes in lake level and trophy at Lake Vrana a large karstic lake on the Island of Cres (Croatia), with respect to palaeoclimate and anthropogenic impacts during the last approx. 16,000 year, *Journal of Paleolimnology*, 59, p. 113-130.
- Schmidt, R., Pugliese, N., Müller, J., Szeroczynska, K., Bongor, D., Melis, R., Kamenik, C., Baric A. and Danielopol, D. L., 2001, Palaeoclimate, vegetation and coastal lake development, from upper Pleniglacial until early Holocene, in the northern Adriatic Valun bay (isla of Cres, Croatia), II Quaternarion, *Italian Journal of Quaternary Sciences*, 14, p. 61-78.
- Schmiedl, G., Hemleben, C., Keller, J. and Segl, M., 1998, Impact of climatic changes on the benthic foraminiferal fauna in the Ionian Sea during the last 330,000 years, *Paleoceanography*, 13, p. 447- 458.
- Schröder, C. J., 1988, Subsurface preservation of agglutinated foraminifera in the northwest Atlantic Ocean, in: Rögl, F. and Gradstein, F. M., (eds.), *Proceeding of the Second Workshop on Agglutinated Foraminifera, Abhandlungen Geologische Bundesanstalt*, 41, Vienna, Austria, p. 325-336.
- Schulz, E., 1991, Holocene environments in the central Sahara, *Hydrobiologia*, 214, p. 359-365.
- Schulz, E., 1994, The southern limit of the Mediterranean vegetation in the Sahara during the Holocene, *Historical Biology*, 9, p. 137-156.
- Schwab, M. J., Neumann, F., Litt, T., Negendank, J. F. W. and Stein, M., 2004, Holocene Palaeoecology of the Golan Heights (Near East): investigation of lacustrine sediments from Birkat-Ram, *Quaternary Science Reviews*, 23, p. 1723-1731.
- Shackleton, N. J. and Opdyke, N. D., 1973, Oxygen isotope and paleomagnetic stratigraphy of equatorial Pacific core V28-238: Oxygen isotope temperatures and ice volume on a  $10^5$  and  $10^6$  year scale, *Quaternary Research*, 3, p. 39-55.
- Sherratt, A., 1997, Climatic cycles and behavioural revolutions: The emergence of modern humans and the beginning of farming, *Antiquity*, 71, p. 271-287.
- Shmida, A. and Lev-Ari, Y., 1982, The vegetation and forest of southern Lebanon, *Rotem*, 5 (Hebrew with English summary), p. 15-19.
- Shriki, D., 2005, *Climate changes in the Eastern Mediterranean according to  $\delta^{18}O$  and Mg/Ca ratios in foraminifera*, Israel Geological Survey, Report GSI, 30/05, (Hebrew with English abstract).

- Sivak, J., 1975, Les caractères de diagnose de grains de pollen a ballonets, *Pollen et Spores*, 17, p. 349-421.
- Stanley, D. J. and Maldonado, A., 1977, Nile cone: Late Quaternary stratigraphy and sediment dispersal, *Nature*, 266, p. 129-135.
- Stanley, D. J., Mart, Y. and Nir, Y., 1997, Clay mineral distributions to interpret Nile cell provenance and dispersal: II. Coastal plain from Nile delta to northern Israel, *Journal of Coastal Research*, 13, p. 506-533.
- Stein, M., 2001, The sedimentary and geochemical record of Neogene-Quaternary water bodies in the Dead Sea Basin-inferences for the regional paleoclimatic history, *Journal of Paleolimnology*, 26, p. 271-282.
- Street-Perrott, F. A. and Perrott, R. A., 1993, Holocene vegetation, lake levels and climate of Africa, in: Wright, H. E., Kutzbach, J., Webb III, T., Ruddiman, W. F., Street-Perrott, F. A., Bartlein, P. J., (eds.), *Global Climates Since the Last Glacial Maximum*, University of Minnesota Press, Minneapolis, p. 318-56.
- Stuiver, M., Grootes, P. M. and Braziunas, T. F., 1995, The GISP  $\delta^{18}\text{O}$  Climate Record of the Past 16,500 Years and the role of the sun, ocean and volcanoes, *Quaternary Research*, 44, p. 341-354.
- Täckholm, V., 1974, *Students' flora of Egypt*, Cairo University press, Cairo.
- Tchernov, E., 1998, Are late Pleistocene environmental factors, faunal changes and cultural transformations causally connected? The case of the southern Levant, *Paléorient*, 23, p. 209-228.
- Thunell, R. C. and Williams, D. F., 1989, Glacial-Holocene salinity changes in the Mediterranean Sea: hydrographic and depositional effects, *Nature*, 338, p. 493-496.
- Thunell, R. C., Williams, D. F. and Belyea, P. R., 1984, Anoxic events in the Mediterranean Sea in the relation to the evolution of late Neogene climates, *Marine Geology*, 59, p. 105-134.
- Tonkov, S., 2003, Holocene palaeovegetation of the northwestern Pirin mountains (Bulgaria) as reconstructed from pollen analysis, *Review of Palaeobotany and Palynology*, 124, p. 51-61.
- Traverse, A. and Ginsburg, R. N., 1966, Palynology of the surface sediments of Great Bahama Bank, as related to water movement and sedimentation, *Marine Geology*, 4, p. 417-459.
- Trewartha, G. T., 1962, *The Earth's Problem Climates*, The University of Wisconsin Press, London.
- Trincardi, F., Cattaneo, A., Asioli, A., Correggiari, A. and Langone, L., 1996, Stratigraphy of the late-Quaternary deposits in the central Adriatic basin and the record of short-term climatic events, *Memorie dell'Istituto Italiano di Idrobiologia*, 55, p. 39-70.
- Tzedakis, P. C., 1994, Vegetation change through glacial-interglacial cycles: a long pollen sequence perspective, *Philosophical Transactions of the Royal Society*, 345, p. 403-432.
- Tzedakis, P. C., 1999, The last climatic cycle at Kopais, central Greece, *Journal of the Geological Society*, 155, p. 425-434.

- Tzedakis, P. C., 2005, Towards an understanding of the response of southern European vegetation to orbital and suborbital climate variability, *Quaternary Science Reviews*, 25, p. 1585-1599.
- Tzedakis, P. C., Andrieu, V., De Beaulieu, J. L., Crowhurst, S., Follieri, M., Hooghiemstra, H., Magri, D., Reille, M., Sadori, L., Shackleton, N. J. and Wijmstra, T. A., 1997, Comparison of terrestrial and marine records of changing climate of the last 500,000 years, *Earth and Planetary Science Letters*, 150, p. 171-176.
- Tzedakis, P. C., Frogley, M. R., Lawson, I. T., Preece, R. C., Cacho, I. and De Abreu, L., 2004, Ecological thresholds and patterns of millennial-scale climate variability: The response of vegetation in Greece during the last glacial period, *Geology*, 32, p. 109-112.
- Tzedakis, P. C., Hooghiemstra, H. and Pälike, H., 2006, The last 1.35 million years at Tenaghi Philippon: revised chronostratigraphy and long-term vegetation trends, *Quaternary Science Reviews*, 25, p. 3416-3430.
- Tzedakis, P. C., Lawson, I. T., Frogley, M. R. Hewitt, G. M., 2002, Buffered tree population changes in a Quaternary refugium: Evolutionary implications, *Science*, 297, p. 2044-2047.
- Tzedakis, P. C., McManus, J. F., Hooghiemstra, H., Oppo, D. W. and Wijmstra, T. A., 2003, Comparison of vegetation in northeast Greece with record of climate variability on orbital and suborbital frequencies over the last 450,000 years, *Earth and Planetary Science Letters*, 212, p. 197-212.
- Vaks, A., Bar-Matthews, M., Ayalon, A., Matthews, A., Frumkin, A., Dayan, U., Halicz, L., Almogi-Labin, A. and Schilman, B., 2006, Paleoclimate and location of the border between Mediterranean climate region and the Saharo-Arabian Desert as revealed by speleothems from the northern Negev Desert, Israel, *Earth and Planetary Science Letters*, 249, p. 384–399.
- Vaks, A., Bar-Matthews, M., Ayalon, A., Schilman, B., Gilmour, M., Hawkesworth, C. J., Frumkin, A., Kaufman, A. and Matthews, A., 2003, Paleoclimate reconstruction based on the timing of speleothem growth and oxygen and carbon isotope composition in a cave located in the rain-shadow in Israel, *Quaternary Research*, 59, p. 182-193.
- Van Andel, T. H. and Tzedakis, P. C., 1996, European Palaeolithic landscapes 140,000-30,000 years ago - a summary, in: Bar-Yosef, O., Cavalli-Sforza, L., March, R.J. and Piperno M., (eds), *Proceedings of XIII International Congress of Prehistoric and Protohistoric Sciences*, 5, The Lower and Middle Palaeolithic, ABACO Edizioni, Forli, p. 191-204.
- Van Campo, M., 1975, Pollen analysis in the Sahara, in: Wendorf, F. and Marks, A. E., (eds.), *Problems of Prehistory: North Africa and the Levant*, Methodist University Press, Dallas, p. 45-64.
- Van Chi-Bonnardel, R., 1973, *Atlas of Africa*, The Free Press, New-York.
- Van Zeist, W. and Bottema, S., 1977, Palynological investigations in Western Iran, *Palaeohistoria*, 109, p. 19-95.
- Van Zeist, W. and Bottema, S., 1982, Vegetation history of the Eastern Mediterranean and the Near East during the last 20,000 years, in: Bintliff J. L. and Van Zeist W., (eds.), *Palaeoclimates, Palaeoenvironments and Human Communities in the Eastern Mediterranean Region in Later Prehistory*, BAR International Series I 33, p. 277-321.

- Van Zeist, W. and Woldring, H., 1978, A postglacial pollen diagram from Lake Van in east Anatolia, *Review of Palaeobotany and Palynology*, 26, p. 249-276.
- Van Zeist, W. and Woldring, H., 1980, Holocene vegetation and climate of northwestern Syria, *Palaeohistoria*, 22, p. 111-125.
- Van Zeist, W., Timmers, R. W. and Bottema, S., 1968, Studies of modern and Holocene pollen precipitation in S. E. Turkey, *Palaeohistoria*, 14, p. 19-39.
- Van Zeist, W., Woldring, H. and Stapert, D., 1975, Late Quaternary vegetation and climate of south-western Turkey, *Palaeohistoria*, 17, p. 53-143.
- Vance, D., Scrivner, A. E., Beney, P., Staubwasser, M., Henderson, G. M. and Slowey, N. C., 2004, The use of foraminifera as a record of the past neodymium isotope composition of seawater, *Paleoceanography*, 19, p. 1-17.
- Venkatarathnan, K. and Ryan, W. B. F., 1971, Dispersal patterns of clay minerals in the sediments of the eastern Mediterranean Sea, *Marine Geology*, 11, p. 261-282.
- Vergnaud-Grazzini, C., Devaux, M. and Znaid, J., 1986, Stable isotope anomalies in Mediterranean Pleistocene records, *Marine Micropaleontology*, 10, p. 35-69.
- Vergnaud-Grazzini, C., Ryan, W. B. F. and Cita, M. B., 1977, Stable isotopic fractionation, climatic change and episodic stagnation in the Eastern Mediterranean during the late Quaternary, *Marine Micropaleontology*, 2, p. 353-370.
- Vidal, L., Schneider, R. R., Marchel, O., Bickert, T., Stocker, T. F. and Wefer, G., 1999, Link between the North and South Atlantic during Heinrich events of the last glacial period, *Climate Dynamics*, 15, p. 909-919.
- Walle, F. B., Nikolopoulou-Tamvakli, M. and Heinen, W. J., 1993, *Environmental condition of the Mediterranean Sea*, European Community Countries, Kluwer Academic Publishers.
- Watts, W. A., Allen, J. R. M., Huntley, B. and Fritz, S. C., 1996, Vegetation history and climate of the last 15,000 years at Laghi di Monticchio, southern Italy, *Quaternary Science Reviews*, 15, p. 113-132.
- Weaver, A. J., Saenko, O. A., Clark, P. U. and Mitrovica, J. X., 2003, Melt water pulse 1A from Antarctica as a trigger of the Bölling/Alleröd warm interval, *Science*, 299, p. 1709-1713.
- Weinstein, M., 1976, The late Quaternary vegetation and climate of northern Golan, *Pollen et Spores*, 18, p. 553-562.
- Weinstein, M., 1981, The influence of the slope on the pollen spectra, *Pollen et Spores*, 23 p. 381-387.
- Weinstein-Evron, M., 1983, The Paleoecology of the Early Würm in the Hula Basin, Israel, *Paléorient* 9/1, p. 5-19.
- Weinstein-Evron, M., 1990, Palynological history of the last pleniglacial in the levant, in: Kozłowski, J. K., (ed.), *Feuilles de Pierre: les Industries à Pointes Foliacées du Paléolithique Supérieur Européen*, Liège, ERAUL, 42, p. 9-25.
- Weinstein-Evron, M., 1994, Biases in archaeological pollen assemblages: Case studies from Israel, *American Association of Stratigraphic Palynologists Contributions*, 29, p. 193-205.

- Weinstein-Evron, M., 1998, *Early Natufian el-Wad Revisited*, Liège, Eraul 77.
- Weinstein-Evron, M., 2002, The Levantine Younger Dryas and the last of the Natufians, *Abstracts of the 67<sup>th</sup> Annual Meeting of the Society for American Archaeology*, Denver, March 2002.
- Weinstein-Evron, M., 2008, *Archaeology in the Archives: Unveiling the Natufian Culture of Mount Carmel*, ASPR, American School of Prehistoric Research, Monograph Series, Boston, Brill Inc, (in press).
- Weinstein-Evron, M., Vogel, J. C. and Kronfeld, J., 2001, Further attempts at dating the Hula LO7 core, Upper Jordan Valley, Israel, *Radiocarbon*, 43, p. 561-570.
- Wick, L., Lemcke, G. and Sturm, M., 2003, Evidence of Lateglacial and Holocene climatic change and human impact in eastern Anatolia: high-resolution pollen, charcoal, isotopic and geochemical records from the laminated sediments of Lake Van, Turkey, *The Holocene*, 13/5, p. 665-675.
- Wijmstra, T. A., 1969, Palynology of the first 30 meters from a 120 meters deep section in northern Greece, *Acta Botanica Neerlandica*, 18, p. 511-527.
- Wijmstra, T. A. and Smit, A., 1976, Palynology of the middle part (30-78 metres) of the 120 m deep section in Northern Greece (Macedonia), *Acta Botanica Neerlandica*, 25, p. 297-312.
- Williams, D. F., Thunell, R. C. and Kennett, J. P., 1978, Periodic freshwater flooding and stagnation of the Eastern Mediterranean Sea during the late Quaternary, *Science*, 201, p. 252-254.
- Willis, K. J., 1994, The vegetational history of the Balkans, *Quaternary Science Reviews*, 13, p. 769-788.
- Willis, K. J., Rudner, E. and Sümegei, P., 2000, The Full-Glacial Forests of Central and Southeastern Europe, *Quaternary Research*, 53, p. 203-213.
- Winograd, I. J., 2001, The magnitude and proximate cause of ice-sheet growth since 35,000 yr B.P., *Quaternary Research*, 56, p. 299-307.
- Wüst, G., 1961, On the vertical circulation of the Mediterranean Sea, *Journal of Geophysical Research*, 66, p. 3261-3271.
- Yaalon, D. H. and Ganor, E., 1979, East Mediterranean trajectories of dust-carrying storms from the Sahara and Sinai, in: Morales, C. (ed.), *Saharan Dust (Mobilization, Transport, Deposition)*, Scope 14, John Wiley and Sons, Chichester, p. 187-193.
- Yasuda, Y., Kitagawa, H. and Nakagawa, T., 2000, The earliest record of major anthropogenic deforestation in the Ghab valley, northwest Syria: a Palynological study, *Quaternary International*, 73/74, p. 127-136.
- Yll, E. I., Perez-Obiol, R., Pantaleon-Cano, J. and Roure, J. M., 1997, Palynological evidence for climatic change and human activity during the Holocene on Minorca (Balearic Islands), *Quaternary Research*, 48, p. 339-347.
- Zohary, M., 1962, *Plant life of Palestine (Israel and Jordan)*, Ronald press, New York.

- Zohary, M., 1973, *Geobotanical Foundations of the Middle East*, Gustav Gischer Verlag, Stuttgart, Swet & Zeitlinger, Amsterdam.
- Zonneveld, K. A. F., 1995, Paleoclimatic and palaeoecological changes during the last deglaciation in the Eastern Mediterranean - implications for dinoflagellate ecology, *Review of Palaeobotany and Palynology*, 84, p. 221-253.
- Zonneveld, K. A. F., 1996, Paleoclimate reconstruction of the last deglaciation (18-8ka B.P.) in the Adriatic Sea region; a land-sea correlation based on palynological evidence, *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 122, p. 89-106.

נספח א : נתונים מגלעין 95-09

Depth (cm)	Age (ka)	Weight (gr)	Total of counted palynomorphes	<i>Lycopodium</i>	Palynomorphes concentrations (g/sediment)
2	0.1	6.6	376	176	3,448
11	0.6	6.0	339	111	5,420
26	1.4	9.0	444	44	11,785
36	2.1	5.1	386	871	918
46	2.6	9.6	317	86	4,100
56	3.3	6.0	335	32	18,521
66	3.8	8.8	301	57	6,366
76	4.4	5.5	350	114	5,910
86	5.1	7.0	506	199	3,879
96	5.7	5.0	394	436	1,920
106	6.4	6.5	356	274	2,111
116	7.2	5.0	402	153	5,542
121	7.5	5.6	335	170	3,691
126	7.8	6.7	414	44	14,925
133	8.0	6.0	449	130	6,079
136	8.2	1.3	320	489	5,342
138	8.3	4.1	311	269	2,934
142	8.5	6.2	359	136	4,483
157	9.2	7.1	567	12	70,441
163	9.4	4.6	339	20	38,653
173	9.9	6.6	309	29	17,185
186	10.4	5.5	323	517	1,206
196	10.8	5.9	342	312	1,961
206	11.2	9.3	314	200	1,797
221	11.9	9.9	441	328	1,460
231	12.3	4.5	297	1,008	690
243	12.7	9.0	278	1,232	266
256	14.0	6.2	254	319	1,371
265	14.6	11.8	262	290	786
283	15.5	16.6	296	221	856
300	17.0	10.0	411	88	4,988
323	18.8	6.4	352	1,089	539
341	19.7	8.9	324	269	1,445
361	21.0	10.1	288	106	2,873
381	22.4	6.6	345	959	580
401	23.7	10.0	315	148	2,273
411	24.3	6.2	416	261	2,745
421	24.7	6.3	366	830	741
431	25.2	6.2	434	556	1,344
441	25.6	10.0	334	442	802
452	26.1	6.1	410	2,166	331

Depth (cm)	Age (ka)	Weight (gr)	Total of counted palynomorphes	<i>Lycopodium</i>	Palynomorphes concentrations (g/sediment)
463	26.6	6.2	433	512	1,457
473	27.0	6.0	308	1,172	468
483	27.4	6.0	315	595	933
501	28.8	6.8	392	941	649
535	30.1	5.6	392	601	1,244
560	31.2	9.7	321	700	505
581	32.2	5.6	453	850	1,012
601	33.6	7.3	539	1,118	704
621	33.9	9.2	406	203	2,310
641	34.5	9.5	365	208	1,973
653	34.8	6.0	379	981	688
662	35.2	6.7	302	357	1,348
685	35.9	10.3	335	71	4,863
710	37.4	2.0	496	2,512	1,050
735	39.4	9.5	413	175	2,640
755	41.0	6.9	330	719	710
781	43.1	4.6	504	910	1,283
801	43.8	5.0	409	515	1,692
820	44.3	5.4	327	741	873
825	44.4	4.5	287	72	9,459
835	44.7	6.1	405	62	11,379
845	45.0	5.0	400	541	1,571
851	45.2	5.3	379	262	2,884
861	45.4	2.3	478	2,402	924
871	45.7	2.0	352	3,030	619
881	46.0	3.4	282	3,708	238
885	46.1	12.1	303	111	2,385
891	46.3	4.5	352	1,052	794
905	46.6	3.3	393	1,586	802
925	47.2	6.2	346	196	3,032
945	47.7	11.5	477	270	1,634
970	48.4	5.0	357	1,424	535
985	48.9	10.1	412	187	2,324
1,005	49.1	4.0	350	509	1,836
1,025	49.6	13.5	356	30	9,282
1,045	50.4	5.7	412	793	973
1,070	51.4	5.7	408	791	962
1,091	51.8	4.0	310	2,792	296
1,105	52.0	13.5	446	111	3,178
1,121	52.3	5.8	410	497	1,508
1,145	52.7	10.4	369	87	4,343
1,165	53.2	5.6	336	1,272	501
1,175	53.5	5.7	485	1,271	712
1,183	54.4	7.0	278	422	998
1,193	54.1	6.1	342	302	1,977
1,203	54.3	7.0	314	313	1,526

Depth (cm)	Age (ka)	Weight (gr)	Total of counted palynomorphes	<i>Lycopodium</i>	Palynomorphes concentrations (g/sediment)
1,213	54.6	6.0	341	434	1,394
1,223	54.9	7.0	266	187	2,170
1,243	55.4	7.0	269	417	980
1,263	56.0	7.0	335	489	1,045
1,278	56.7	6.2	467	635	1,267
1,304	58.2	7.0	358	109	5,011
1,325	59.4	5.3	329	198	3,338
1,345	60.6	9.9	400	183	2,352
1,361	61.4	4.1	313	3,160	258
1,391	63.1	1.9	485	6,616	412
1,411	64.8	4.7	423	439	2,174
1,435	65.6	8.8	523	112	5,634
1,461	67.0	6.2	410	390	1,811
1,481	68.1	6.5	609	2,310	431
1,508	69.6	7.0	680	791	1,306
1,523	70.5	7.0	503	243	3,139
1,543	71.6	16.0	488	44	7,357
1,560	72.6	2.2	671	2,582	1,261
1,585	74.2	4.9	874	1,482	1,282
1,605	75.6	5.3	486	701	1,394
1,625	77.2	4.2	638	662	2,447
1,645	78.8	10.2	330	307	1,122
1,665	80.0	10.1	366	132	2,924
1,681	81.1	5.9	357	1,188	544
1,691	81.8	2.4	342	2,860	532
1,703	83.0	17.1	525	7	46,838
1,713	83.7	6.0	360	126	5,071
1,723	84.2	15.2	343	144	1,669
1,733	84.3	6.0	257	36	12,657
1,743	84.6	12.8	389	46	7,019
1,753	85.6	6.0	283	3	167,898
1,763	85.3	7.0	304	112	4,114
1,778	85.9	5.9	262	110	7,673

נספח ב1 : כלל עומקי הדגימות שנבדקו בגלעין 95-01

Depth (cm)
12-14
14-16
24-26
36-38
48-50
60-62
74-76
76-78
80-81
83-84
84-85
86-87
87-88
89-90
90-92
94-96
100-102
104-106
110-112
126-128
142-144
152-154
252-254
298-300
302-304
338-340
358-360
398-400
458-460
460-462
462-464
464-466
468-470
470-472
472-474
474-476
476-478
478-480
480-482
482-484
484-486
486-488
490-492
492-494
498-500
540-542
560-562
598-600
658-600
698-700
740-742
778-780
802-804
840-841
860-861
898-900

הערה : האזורים המוצללים מייצגים דגימות בהן נמצאו גרגרי אבקה.

נספח ב2 : נתונים מגלעין 95-01

Depth (cm)	Age (ka)	Weight (g)	Total of counted palynomorphes	<i>Lycopodium</i>	Palynomorphes concentrations (g/sediment)
80.5	8.2	2.4	473	370	5688
83.5	8.6	2.6	315	187	6919
84.5	8.7	5	343	8	91572
86.5	9	2.2	451	220	9951
87.5	9.2	2.7	239	270	3501
89.5	9.5	4.6	340	64	12333
91	9.9	4.3	267	156	4251
111	13.4	4.3	275	1146	596
127	15.3	3.1	245	322	2621
143	16.8	3.6	267	550	1440
481	85.1	4.8	312	12	57845
483	85.3	4.3	330	35	23416
485	85.4	2.8	375	48	29796
487	85.6	4.7	331	5	150415
491	85.9	4.9	402	9	97346
493	86.1	4.5	218	1024	505

נספח ג: גרגרי אבקה ממוחזרים של אורניים (השקעה חוזרת - redeposition) והנבג הנילוטי *Riccia* (בערכים מוחלטים) בגלעין 95-09

Age (ka)	<i>Pinus</i>	<i>Cedrus</i>	<i>Abies</i>	<i>Riccia</i>
0.1	1	0	0	2
0.6	9	0	0	0
1.4	5	0	0	0
2.1	12	1	0	4
2.6	4	0	0	0
3.3	3	0	0	0
3.8	7	0	0	0
4.4	5	0	0	1
5.1	7	0	0	0
5.7	6	0	0	1
6.4	12	0	0	0
7.2	11	0	0	1
7.5	4	0	0	0
7.8	0	0	0	0
8.0	4	0	0	0
8.2	4	0	0	0
8.3	1	0	0	0
8.5	8	0	1	0
9.2	1	0	0	0
9.4	0	0	0	0
9.9	0	0	2	0
10.4	3	0	0	0
10.8	1	0	0	0
11.2	3	0	0	2
11.9	0	0	0	3
12.3	9	0	0	0
12.7	3	0	0	1
14.0	1	0	0	0
14.6	0	0	0	0
15.5	2	0	0	0
17.0	3	0	0	0
18.8	3	0	0	0
19.7	0	0	0	0
21.0	4	1	2	0
22.4	0	0	0	0
23.7	2	0	0	0
24.3	2	0	0	2
24.7	5	0	0	0
25.2	4	0	0	0
25.6	1	0	0	0
26.1	2	0	0	0
26.6	2	0	0	0
27.0	6	0	0	0

Age (ka)	<i>Pinus</i>	<i>Cedrus</i>	<i>Abies</i>	<i>Riccia</i>
27.4	1	0	0	0
28.8	0	0	0	0
30.1	3	0	0	0
31.2	0	0	0	0
32.2	1	0	0	2
33.6	21	0	0	0
33.9	3	0	0	1
34.5	0	0	0	0
34.8	4	0	0	4
35.2	3	0	0	0
35.9	6	0	0	0
37.4	10	0	0	0
39.4	8	0	0	0
41.0	3	0	0	0
43.1	17	0	0	0
43.8	6	0	0	0
44.3	15	0	1	0
44.4	0	0	0	0
44.7	6	0	0	0
45.0	9	0	3	0
45.2	2	0	0	2
45.4	0	0	0	0
45.7	7	0	0	1
46.0	0	0	0	0
46.1	0	0	0	0
46.3	2	0	0	2
46.6	0	0	0	0
47.2	4	1	1	0
47.7	0	0	0	0
48.4	15	2	0	0
48.9	7	0	0	0
49.1	4	0	0	0
49.6	0	0	0	0
50.4	4	0	0	5
51.4	3	0	1	0
51.8	8	0	2	0
52.0	6	0	0	13
52.3	1	0	0	0
52.7	0	0	0	1
53.2	3	0	0	0
53.5	5	0	0	1
54.4	3	0	0	0
54.1	4	4	0	0
54.3	1	0	0	0
54.6	4	2	0	2
54.9	0	0	0	0

Age (ka)	<i>Pinus</i>	<i>Cedrus</i>	<i>Abies</i>	<i>Riccia</i>
55.4	8	0	0	0
56.0	3	0	0	1
56.7	3	1	0	0
58.2	2	0	2	0
59.4	5	1	0	0
60.6	6	0	0	0
61.4	6	0	0	0
63.1	0	0	0	0
64.8	1	5	0	0
65.6	1	0	0	0
67.0	2	0	0	0
68.1	0	0	0	1
69.6	11	2	0	8
70.5	17	0	0	3
71.6	1	1	0	0
72.6	13	0	0	6
74.2	20	0	2	2
75.6	7	0	0	0
77.2	0	0	0	1
78.8	10	0	0	0
80.0	16	1	0	1
81.1	7	0	0	0
81.8	2	0	0	2
83.0	3	0	0	0
83.7	0	0	0	3
84.2	6	0	0	0
84.3	2	4	0	0
84.6	2	0	0	0
85.0	0	0	0	0
85.3	1	0	0	0
85.9	4	0	0	0

נספח ד : גרגרי אבקה של אורניים - השקעה חוזרת (redeposition) בגלעין 95-01 (בערכים מוחלטים)

Age (ka)	<i>Pinus</i>	<i>Cedrus</i>	<i>Abies</i>
8.2	6	0	0
8.6	7	0	0
8.7	4	0	5
9	1	0	0
9.2	7	2	0
9.5	2	0	0
9.9	8	1	0
13.4	2	0	0
15.3	5	0	0
16.8	0	0	0
85.1	0	0	0
85.3	5	0	1
85.4	20	0	0
85.6	5	1	0
85.9	2	0	0
86.1	11	1	0

נספח ה: השם המדעי והעברי של הטקסונים שזוהו במחקר

Taxon	טקסון
<i>Quercus calliprinos</i>	אלון מצוי
<i>Quercus ithaburensis</i> type	טיפוס אלון נשד
<i>Pinus</i>	אורן
<i>Cedrus</i>	ארז
<i>Picea</i>	אשוחית
<i>Pistacia</i>	אלה
<i>Olea europaea</i>	זית אירופי
<i>Phillyrea</i>	בר זית
<i>Fraxinus</i>	מילה
Rosaceae	ורדניים
<i>Ceratonia</i>	חרוב
<i>Betula</i>	שדר
<i>Corylus</i>	אלסר
<i>Ziziphus</i>	שיזף
<i>Salix</i>	ערבה
Ericaceae	אברשיים
<i>Acacia</i>	שיטה
<i>Acacia albida</i>	שיטה מלבינה
<i>Cupressus</i>	ברוש
<i>Juniperus</i>	ערער
<i>Rhus</i>	אוג
<i>Tamarix</i>	אשל
<i>Rhamnus</i>	אשחר
Rutaceae	פיגמיים
<i>Acer</i>	אדר
<i>Tilia</i>	תרזה
<i>Populus</i>	צפצפה
<i>Castanea</i>	ערמון
<i>Vitis</i>	גפן
Poaceae	דגניים
Cereal type	ד. תרבותיים
Asteraceae Asteroideae	מורכבים לשוניים
Asteraceae Cichorioideae	מורכבים צינוריים
<i>Artemisia</i>	לענה
<i>Echinops</i>	קיפודן
<i>Centaurea</i>	דרדר
Apiaceae	סוככיים
Cheno/Ams	סלקיים/ירבוזיים
<i>Atriplex</i>	מלוח
Fabaceae	פרפרניים
Liliaceae	שושניים
<i>Ephedra</i>	שרביטן
Lamiaceae	שפתניים
Rubiaceae	פואתיים

Brassicaceae	מצליבים
Caryophyllaceae	ציפורניים
Boraginaceae	זיפניים
<i>Plantago</i>	לחך
Polygonaceae	ארכובתיים
<i>Rumex</i>	חומעה
Papaveraceae	פרגיים
Ranunculaceae	נורתיים
Scrophulariaceae	לעתיים
Cistaceae	לטמיים
Euphorbiaceae	חלבלוביים
Caprifoliaceae	יערתיים
Saxifragaceae	בקעזורים
Dipsaceae	שלמוניים
Geraniaceae	גרניים
Primulaceae	רקפתיים
Crassulaceae	טבורתיים
Gentianaceae	ערבויים
Zygophyllaceae	זיפניים
<i>Myrtus</i>	חדס
Malvaceae	חלמתיים
Solanaceae	סולניים
Valerianaceae	ולרניים
Amaryllidaceae	נרקסיים
Salvadoraceae	סלודוריים
<i>Loranthus</i>	הרנוג
Acanthaceae	קוציניים
Thymelaeae	מתנניים
Campanulaceae	פעמוניתיים
<i>Epilobium</i>	ערבובה
Orobanchaceae	עלקתיים
Aristolochiaceae	ספלוליים
<i>Sparganium</i>	כזרון
<i>Potamogeton</i>	נהרונית
Cyperaceae	גמאיים
<i>Typha</i>	סוף
<i>Lemna</i>	עדשת המים
Nymphaeaceae	נופריים
Myriophyllum	אלף העלה
Elatinaceae	אלטיניים

הערה: בטבלה מופיעים רק הטקסונים שלהם שם עברי.

נספח 1: קצבי סדימנטציה – גלעין 09-95

Depth (cm)	Age (ka)	Sed/Rate (cm/ka)
0	0.0	17.4
5	0.3	17.4
10	0.6	17.4
15	0.9	17.4
20	1.2	25.0
25	1.4	13.3
30	1.7	17.5
35	2.0	17.2
40	2.3	18.5
45	2.6	16.4
50	2.9	16.9
55	3.2	17.9
60	3.5	17.9
65	3.7	17.9
70	4.0	13.9
75	4.4	14.1
80	4.7	15.9
85	5.0	15.6
90	5.4	15.6
95	5.7	15.6
100	6.0	14.3
105	6.4	9.1
110	6.9	20.0
115	7.2	20.0
117	7.3	20.0
120	7.4	20.0
122	7.5	19.4
125	7.7	21.1
127	7.8	20.0
130	7.9	22.2
135	8.1	26.7
137	8.2	20.0
140	8.4	20.0
142	8.5	20.0
145	8.6	20.0
147	8.7	20.0
150	8.9	20.0
152	9.0	24.0
155	9.1	26.7
157	9.2	20.0
160	9.3	22.2
162	9.4	26.1

Depth (cm)	Age (ka)	Sed/Rate (cm/ka)
840	44.9	31.3
845	45.0	45.5
850	45.1	35.7
855	45.3	35.7
860	45.4	35.7
865	45.5	35.7
870	45.7	27.8
875	45.9	55.6
880	46.0	26.3
885	46.1	55.6
890	46.2	38.5
895	46.4	35.7
900	46.5	35.7
905	46.6	35.7
910	46.8	35.7
915	46.9	38.5
920	47.1	35.7
925	47.2	35.7
930	47.3	35.7
935	47.5	38.5
940	47.6	35.7
945	47.7	35.7
950	47.9	35.7
955	48.0	38.2
960	48.2	36.0
965	48.3	35.7
970	48.4	29.4
975	48.6	45.5
980	48.7	78.9
995	48.9	62.5
1000	49.0	35.7
1005	49.1	35.7
1010	49.3	35.7
1015	49.4	37.0
1020	49.5	58.8
1025	49.6	35.7
1030	49.8	35.7
1035	49.9	12.5
1040	50.3	41.7
1045	50.4	43.9
1050	50.5	43.1
1055	50.7	43.1

Depth (cm)	Age (ka)	Sed/Rate (cm/ka)
165	9.5	21.1
167	9.6	25.0
170	9.7	25.0
172	9.8	23.1
175	9.9	23.8
180	10.1	23.8
185	10.4	23.8
190	10.6	23.8
195	10.8	23.8
200	11.0	23.8
205	11.2	23.8
210	11.4	25.0
215	11.6	25.0
220	11.8	16.7
225	12.1	38.5
230	12.2	23.8
235	12.4	50.0
243	12.6	6.5
245	12.9	20.8
250	13.2	8.0
252	13.4	10.0
255	13.7	10.0
257	13.9	10.0
260	14.2	12.5
265	14.6	12.5
270	15.0	15.2
275	15.3	15.2
280	15.7	15.2
285	16.0	14.6
290	16.3	15.2
295	16.7	15.2
300	17.0	14.7
305	17.3	15.2
310	17.7	14.7
315	18.0	15.6
320	18.3	14.7
325	18.7	14.7
330	19.0	15.2
335	19.3	15.6
340	19.7	14.7
345	20.0	16.1
350	20.3	13.9
355	20.7	15.6
360	21.0	14.3
365	21.3	16.1

Depth (cm)	Age (ka)	Sed/Rate (cm/ka)
1060	50.8	21.4
1065	51.0	12.8
1070	51.4	29.4
1075	51.6	78.9
1090	51.8	83.3
1095	51.8	71.4
1100	51.9	50.0
1105	52.0	50.0
1110	52.1	62.5
1115	52.2	62.5
1120	52.2	62.5
1125	52.3	62.5
1130	52.4	45.5
1135	52.5	41.7
1140	52.6	45.5
1145	52.7	41.7
1150	52.9	41.7
1155	53.0	41.7
1160	53.1	41.7
1165	53.2	50.0
1170	53.3	22.7
1175	53.5	19.2
1180	53.8	41.7
1185	53.9	45.5
1190	54.0	38.5
1195	54.2	50.0
1200	54.3	35.7
1205	54.4	35.7
1210	54.5	35.7
1215	54.7	35.7
1220	54.8	35.7
1225	55.0	35.7
1230	55.1	35.7
1235	55.2	35.7
1240	55.4	29.4
1245	55.6	45.5
1250	55.7	41.7
1255	55.8	41.7
1260	55.9	26.3
1265	56.1	26.3
1270	56.3	17.2
1275	56.6	17.9
1280	56.9	17.9
1285	57.1	17.9
1290	57.4	17.9

Depth (cm)	Age (ka)	Sed/Rate (cm/ka)
370	21.6	14.3
375	22.0	16.1
380	22.3	13.9
385	22.7	16.1
390	23.0	13.9
395	23.3	16.7
400	23.6	17.9
405	23.9	16.4
410	24.2	20.4
415	24.5	20.8
420	24.7	20.0
425	25.0	20.0
430	25.2	25.0
435	25.4	25.0
440	25.6	25.0
445	25.8	25.0
450	26.0	20.0
455	26.3	20.0
460	26.5	25.0
465	26.7	25.0
470	26.9	25.0
475	27.1	25.0
480	27.3	25.0
485	27.5	25.0
490	27.7	20.0
495	28.0	20.0
500	28.2	16.7
505	28.5	16.7
510	28.8	14.3
515	29.2	14.3
520	29.5	23.8
525	29.7	22.7
530	29.9	23.8
535	30.1	22.7
540	30.4	23.8
545	30.6	22.7
550	30.8	23.8
555	31.0	22.7
560	31.2	25.0
565	31.4	21.7
570	31.7	23.8
575	31.9	20.8
580	32.1	16.7
585	32.4	50.0
590	32.5	22.7

Depth (cm)	Age (ka)	Sed/Rate (cm/ka)
1295	57.7	17.9
1300	58.0	17.9
1305	58.3	17.9
1310	58.5	17.9
1315	58.8	17.9
1320	59.1	17.9
1325	59.4	17.9
1330	59.7	17.9
1335	59.9	17.2
1340	60.2	13.2
1345	60.6	27.8
1350	60.8	17.9
1355	61.1	17.9
1360	61.3	17.9
1365	61.6	17.9
1370	61.9	17.9
1375	62.2	17.9
1380	62.5	17.9
1385	62.7	17.9
1390	63.0	17.9
1395	63.3	17.9
1400	63.6	17.9
1405	63.9	17.2
1410	64.2	17.9
1415	64.4	17.9
1420	64.7	17.9
1425	65.0	17.9
1430	65.3	17.9
1435	65.6	17.9
1440	65.8	17.9
1445	66.1	17.9
1450	66.4	17.9
1455	66.7	17.9
1460	67.0	17.2
1465	67.2	17.9
1470	67.5	17.9
1475	67.8	17.9
1480	68.1	17.9
1485	68.4	17.9
1490	68.6	17.9
1495	68.9	17.9
1500	69.2	20.8
1505	69.4	15.6
1510	69.8	17.9
1515	70.0	17.9

Depth (cm)	Age (ka)	Sed/Rate (cm/ka)
595	32.7	22.7
600	32.9	23.8
605	33.2	22.7
610	33.4	23.8
615	33.6	22.7
620	33.8	23.3
625	34.0	23.3
630	34.2	50.0
635	34.3	45.5
640	34.4	45.5
645	34.6	45.5
650	34.7	22.7
655	34.9	23.8
660	35.1	27.8
665	35.3	27.8
670	35.5	27.8
675	35.6	27.8
680	35.8	55.6
685	35.9	55.6
690	36.0	16.1
695	36.3	16.7
700	36.6	12.5
705	37.0	12.5
710	37.4	12.5
715	37.8	12.5
720	38.2	12.5
725	38.6	12.5
730	39.0	12.5
735	39.4	12.5
740	39.8	12.5
745	40.2	12.5
750	40.6	12.5
755	41.0	12.5
760	41.4	12.5
765	41.8	12.5
770	42.2	12.5
775	42.6	12.5
780	43.0	20.0
785	43.3	20.0
790	43.5	33.3
795	43.7	33.3
800	43.8	50.0
805	43.9	50.0
810	44.0	33.3
815	44.2	33.3

Depth (cm)	Age (ka)	Sed/Rate (cm/ka)
1520	70.3	17.9
1525	70.6	18.5
1530	70.9	16.7
1535	71.2	17.9
1540	71.5	17.9
1545	71.7	18.5
1550	72.0	15.5
1555	72.3	15.5
1560	72.6	42.3
1575	73.0	5.3
1580	73.9	16.4
1585	74.2	14.7
1590	74.6	15.5
1600	75.2	15.4
1605	75.6	15.6
1610	75.9	15.2
1615	76.2	15.9
1620	76.5	7.3
1625	77.2	8.3
1630	77.8	11.6
1635	78.2	22.7
1640	78.5	15.2
1645	78.8	15.6
1650	79.1	14.7
1655	79.4	16.7
1660	79.7	19.2
1665	80.0	13.0
1670	80.4	16.9
1675	80.7	14.3
1680	81.0	16.1
1685	81.3	13.9
1690	81.7	8.3
1695	82.3	9.6
1700	82.8	11.9
1705	83.2	12.8
1710	83.6	25.0
1715	83.8	18.5
1720	84.1	50.0
1725	84.2	62.5
1730	84.3	62.5
1735	84.4	27.8
1740	84.5	27.8
1745	84.7	26.3
1750	84.9	27.8
1755	85.1	27.8

Depth (cm)	Age (ka)	Sed/Rate (cm/ka)
820	44.3	35.7
825	44.4	38.5
830	44.6	33.3
835	44.7	38.5

Depth (cm)	Age (ka)	Sed/Rate (cm/ka)
1760	85.3	38.5
1765	85.4	21.7
1770	85.6	27.8
1775	85.8	26.3

נספח ז: קצבי סדימנטציה – גלעין 95-01

Depth (cm)	Age (ka)	Sed/Rate (cm/ka)
0	0.8	10.0
2	1.0	13.3
4	1.2	13.3
6	1.3	13.3
8	1.5	13.3
10	1.6	13.3
12	1.8	13.3
14	1.9	13.3
16	2.1	13.3
18	2.2	13.3
20	2.4	13.3
22	2.5	13.3
24	2.7	13.3
26	2.8	13.3
28	3.0	13.3
30	3.1	13.3
32	3.3	13.3
34	3.4	13.3
36	3.6	13.3
38	3.7	13.3
40	3.9	13.3
42	4.0	13.3
44	4.2	13.3
46	4.3	13.3
48	4.5	13.3
50	4.6	10.0
52	4.8	10.0
54	5.0	8.3
56	5.2	8.3
58	5.5	8.3
60	5.7	8.3
62	6.0	5.6
64	6.3	7.1
66	6.6	6.7
68	6.9	6.1
70	7.2	7.4
72	7.5	5.7
74	7.9	13.3
76	8.0	20.0
78	8.1	20.0
80	8.2	6.7
81	8.4	20.0

Depth (cm)	Age (ka)	Sed/Rate (cm/ka)
242	35.3	5.9
244	35.6	3.3
246	36.2	10.0
248	36.4	10.0
250	36.6	5.0
252	37.0	4.0
254	37.5	3.8
256	38.0	2.3
258	38.9	2.9
260	39.6	5.6
262	40.0	3.1
264	40.6	2.3
266	41.5	4.2
268	42.0	4.3
270	42.4	4.3
272	42.9	4.3
274	43.4	4.3
276	43.8	4.2
278	44.3	1.8
280	45.4	3.5
282	46.0	2.7
284	46.7	4.4
286	47.2	3.9
288	47.7	4.0
290	48.2	4.3
292	48.7	7.7
294	48.9	7.7
296	49.2	11.1
298	49.4	3.1
300	50.0	3.4
302	50.6	4.8
304	51.0	2.5
306	51.8	5.7
308	52.2	6.9
310	52.4	12.5
314	52.8	4.7
316	53.2	5.7
318	53.5	11.2
320	53.7	5.0
322	54.1	9.5
324	54.3	4.7
326	54.8	8.3

Depth (cm)	Age (ka)	Sed/Rate (cm/ka)
82	8.4	6.7
83	8.6	6.7
84	8.7	6.7
85	8.9	6.7
86	9.0	6.7
87	9.2	6.7
88	9.3	5.0
89	9.5	2.5
90	9.9	4.0
92	10.4	3.3
94	11.0	6.7
96	11.3	5.6
98	11.7	5.9
100	12.0	5.0
102	12.4	6.2
104	12.7	8.3
106	13.0	8.3
108	13.2	8.3
110	13.4	8.7
112	13.7	8.3
114	13.9	8.3
116	14.2	8.3
118	14.4	8.3
120	14.6	8.3
122	14.9	8.7
124	15.1	8.3
126	15.3	8.3
128	15.6	9.1
130	15.8	8.3
132	16.0	9.1
134	16.3	14.3
136	16.4	10.0
138	16.6	14.3
140	16.7	14.3
142	16.9	6.2
144	17.2	23.5
148	17.4	7.1
150	17.7	7.1
152	17.9	7.1
154	18.2	6.9
156	18.5	7.1
158	18.8	7.1
160	19.1	7.7
162	19.3	6.5
164	19.6	7.1

Depth (cm)	Age (ka)	Sed/Rate (cm/ka)
328	55.0	6.7
330	55.3	4.3
334	56.2	6.9
336	56.5	4.3
338	57.0	4.3
342	57.9	5.0
344	58.3	4.3
346	58.8	4.7
348	59.2	10.0
350	59.4	5.6
352	59.8	4.9
354	60.2	2.4
356	61.0	2.5
358	61.8	2.5
360	62.6	2.4
362	63.5	2.4
364	64.3	2.5
366	65.1	2.5
368	65.9	5.7
370	66.3	5.7
372	66.6	5.7
374	67.0	5.7
376	67.3	3.5
378	67.9	3.6
380	68.4	3.5
382	69.0	2.0
384	70.0	2.0
386	71.0	4.0
388	71.5	7.1
390	71.8	7.4
392	72.1	7.3
394	72.3	7.3
396	72.6	7.3
398	72.9	7.3
400	73.2	3.6
402	73.7	3.3
404	74.3	10.0
406	74.5	6.7
408	74.8	5.7
410	75.2	10.0
412	75.4	4.4
414	75.8	2.9
418	77.2	3.3
420	77.8	3.3
422	78.4	3.3

Depth (cm)	Age (ka)	Sed/Rate (cm/ka)
166	19.9	7.1
168	20.2	4.1
170	20.7	9.1
172	20.9	10.0
174	21.1	9.1
176	21.3	6.9
178	21.6	4.1
180	22.1	5.4
182	22.5	7.7
184	22.7	7.4
186	23.0	6.7
188	23.3	7.7
190	23.6	10.5
192	23.8	10.0
194	24.0	5.7
196	24.3	6.7
198	24.6	6.7
200	24.9	6.7
202	25.2	5.9
204	25.5	3.7
206	26.1	5.9
208	26.4	3.4
210	27.0	2.9
212	27.7	3.3
214	28.3	2.0
216	29.3	4.0
218	29.8	4.0
220	30.3	3.3
222	30.9	3.3
224	31.5	4.0
226	32.0	2.7
228	32.7	5.4
230	33.1	2.7
232	33.9	13.3
234	34.0	5.0
236	34.4	6.1
238	34.7	7.4
240	35.0	7.7

Depth (cm)	Age (ka)	Sed/Rate (cm/ka)
424	79.0	4.0
426	79.5	4.0
428	80.0	6.7
430	80.3	4.3
432	80.8	10.8
434	81.0	10.8
436	81.1	10.8
438	81.3	10.8
440	81.5	10.8
442	81.7	10.8
444	81.9	10.8
446	82.1	10.8
448	82.2	10.8
450	82.4	10.8
452	82.6	10.8
454	82.8	10.8
456	83.0	10.8
458	83.2	10.8
460	83.4	10.8
462	83.5	10.8
464	83.7	10.8
468	84.1	12.2
470	84.3	12.4
472	84.4	11.8
474	84.6	12.5
476	84.8	12.1
478	84.9	12.1
480	85.1	12.3
482	85.2	12.2
484	85.4	12.2
486	85.6	12.2
488	85.7	12.1
490	85.9	12.5
492	86.1	12.0
494	86.2	12.3
496	86.4	12.5
498	86.6	8.0
500	86.8	5.8

נספח ח: כלל הפלינומורפים שזוהו בגלעין 09-95 בערכים מוחלטים ובאחוזים

Depth	Age (ka)	1. <i>Quercus calliprinos</i> type	2. <i>Quercus ithaburensis</i> type	3. <i>Pinus</i>	4. <i>Cedrus</i>	5. <i>Abies</i>	6. <i>Podocarpus</i>	7. <i>Ficea</i>	8. <i>Decrydium</i>	9. <i>Tsuga</i>	10. <i>Pistacia</i>	11. <i>Olea europaea</i>	12. <i>Phillyrea</i>	13. <i>Fraxinus</i>	14. <i>Rosaceae</i>	15. <i>Ceratonia</i>	16. <i>Betula</i>
2	0.1	8	0	39	1	3	3	0	0	0	1	0	1	1	1	0	0
		4.0%	0.0%	19.5%	0.5%	1.5%	1.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.5%	0.0%	0.5%	0.5%	0.5%	0.0%	0.0%
11	0.6	10	1	95	2	3	1	0	0	0	0	3	2	0	0	0	1
		4.5%	0.5%	43.2%	0.9%	1.4%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.4%	0.9%	0.0%	0.0%	0.0%	0.5%
26	1.4	48	3	68	5	6	1	3	0	0	0	1	2	0	1	0	0
		23.2%	1.4%	32.9%	2.4%	2.9%	0.5%	1.4%	0.0%	0.0%	0.0%	0.5%	1.0%	0.0%	0.5%	0.0%	0.0%
36	2.1	12	2	86	8	5	1	1	0	0	0	2	3	3	0	0	0
		5.9%	1.0%	42.4%	3.9%	2.5%	0.5%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	1.0%	1.5%	1.5%	0.0%	0.0%	0.0%
46	2.6	34	6	51	0	13	0	0	0	0	0	2	4	0	1	1	0
		16.5%	2.9%	24.8%	0.0%	6.3%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.0%	1.9%	0.0%	0.5%	0.5%	0.0%
56	3.3	26	7	51	8	4	0	0	0	0	0	4	2	1	1	0	0
		12.9%	3.5%	25.2%	4.0%	2.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	2.0%	1.0%	0.5%	0.5%	0.0%	0.0%
66	3.8	13	3	78	1	9	1	0	0	0	0	1	8	1	0	0	0
		6.5%	1.5%	39.0%	0.5%	4.5%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.5%	4.0%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%
76	4.4	28	9	61	1	2	0	0	0	0	0	1	6	2	0	0	0
		13.7%	4.4%	29.8%	0.5%	1.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.5%	2.9%	1.0%	0.0%	0.0%	0.0%
86	5.1	22	4	81	5	4	0	0	0	0	0	0	3	0	2	0	0
		9.8%	1.8%	36.0%	2.2%	1.8%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.3%	0.0%	0.9%	0.0%	0.0%
96	5.7	22	4	58	0	5	0	0	0	0	0	8	8	1	2	0	1
		10.3%	1.9%	27.2%	0.0%	2.3%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	3.8%	3.8%	0.5%	0.9%	0.0%	0.5%
106	6.4	27	2	43	5	7	1	0	0	0	0	9	5	1	0	1	4
		12.9%	1.0%	20.6%	2.4%	3.3%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	4.3%	2.4%	0.5%	0.0%	0.5%	1.9%
116	7.2	14	5	43	4	7	0	0	0	0	0	2	8	5	3	0	0
		6.6%	2.3%	20.2%	1.9%	3.3%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.9%	3.8%	2.3%	1.4%	0.0%	0.0%
121	7.5	17	14	28	1	2	0	0	0	0	0	3	4	6	0	0	1
		7.2%	5.9%	11.8%	0.4%	0.8%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.3%	1.7%	2.5%	0.0%	0.0%	0.4%
126	7.8	31	18	8	0	3	0	0	0	0	0	2	8	1	0	0	1
		13.7%	7.9%	3.5%	0.0%	1.3%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.9%	3.5%	0.4%	0.0%	0.0%	0.4%
133	8.0	22	6	23	1	0	0	0	0	0	0	6	10	3	2	0	0
		9.3%	2.5%	9.7%	0.4%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	2.5%	4.2%	1.3%	0.8%	0.0%	0.0%
136	8.2	7	5	20	1	1	0	0	0	0	2	2	1	2	1	0	0
		3.5%	2.5%	10.0%	0.5%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.0%	1.0%	0.5%	1.0%	0.5%	0.0%	0.0%
138	8.3	27	8	7	0	1	0	0	0	0	0	2	9	5	0	2	0
		11.5%	3.4%	3.0%	0.0%	0.4%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.9%	3.8%	2.1%	0.0%	0.9%	0.0%
142	8.5	19	7	11	0	1	0	0	0	0	0	1	12	3	0	0	0
		7.9%	2.9%	4.6%	0.0%	0.4%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.4%	5.0%	1.3%	0.0%	0.0%	0.0%
157	9.2	20	21	3	0	0	0	0	0	0	0	7	11	4	0	0	1
		9.2%	9.6%	1.4%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	3.2%	5.0%	1.8%	0.0%	0.0%	0.5%
163	9.4	43	10	1	0	0	0	0	0	0	0	3	12	5	0	0	0
		18.4%	4.3%	0.4%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.3%	5.1%	2.1%	0.0%	0.0%	0.0%
173	9.9	12	2	13	0	3	0	0	0	0	0	3	3	0	0	0	0
		5.2%	0.9%	5.7%	0.0%	1.3%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.3%	1.3%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
186	10.4	18	5	8	0	1	0	0	0	0	0	1	7	2	1	0	0
		9.0%	2.5%	4.0%	0.0%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.5%	3.5%	1.0%	0.5%	0.0%	0.0%
196	10.8	19	2	18	5	2	0	0	0	0	0	2	2	2	1	0	0
		9.5%	1.0%	9.0%	2.5%	1.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.0%	1.0%	1.0%	0.5%	0.0%	0.0%
206	11.2	12	7	13	4	0	0	0	0	0	0	2	5	1	1	0	0
		5.9%	3.4%	6.4%	2.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.0%	2.5%	0.5%	0.5%	0.0%	0.0%
221	11.9	14	9	31	4	2	0	0	0	0	0	1	2	0	0	0	0
		6.0%	3.8%	13.2%	1.7%	0.9%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.4%	0.9%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
231	12.3	17	4	23	0	1	1	0	0	0	1	3	7	4	4	0	0
		8.3%	2.0%	11.2%	0.0%	0.5%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.5%	1.5%	3.4%	2.0%	2.0%	0.0%	0.0%
243	12.7	12	4	46	2	2	0	0	0	0	0	0	2	0	2	0	0
		6.3%	2.1%	24.2%	1.1%	1.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.1%	0.0%	1.1%	0.0%	0.0%
256	14.0	15	5	59	4	1	1	0	0	0	1	4	3	0	0	0	2
		7.7%	2.6%	30.1%	2.0%	0.5%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.5%	2.0%	1.5%	0.0%	0.0%	0.0%	1.0%
265	14.6	22	8	30	4	4	0	0	0	0	0	2	0	10	2	0	0
		11.6%	4.2%	15.8%	2.1%	2.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.1%	0.0%	5.3%	1.1%	0.0%	0.0%
283	15.5	7	3	77	5	12	0	0	0	0	0	0	3	0	1	0	0
		3.3%	1.4%	36.7%	2.4%	5.7%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.4%	0.0%	0.5%	0.0%	0.0%
300	17.0	4	7	13	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0
		2.0%	3.5%	6.4%	0.5%	0.5%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.5%	0.0%	0.0%	0.5%	0.0%	0.0%
323	18.8	2	0	21	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		1.0%	0.0%	10.1%	0.5%	0.0%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
341	19.7	8	0	26	9	1	0	1	0	0	0	1	1	0	2	0	0
		4.0%	0.0%	12.9%	4.5%	0.5%	0.0%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.5%	0.5%	0.0%	1.0%	0.0%	0.0%
361	21.0	8	2	16	3	15	0	0	0	0	0	2	2	0	0	0	0

cm	ka	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
381	22.4	3.8%	1.0%	7.7%	1.4%	7.2%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.0%	1.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
		3	0	22	2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0
		1.5%	0.0%	10.9%	1.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.5%	0.0%	0.0%	0.5%	0.0%	0.0%
401	23.7	2	1	18	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
		1.0%	0.5%	8.9%	0.5%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
411	24.3	6	1	56	6	0	1	1	0	0	0	0	0	0	2	0	1
		2.6%	0.4%	24.2%	2.6%	0.0%	0.4%	0.4%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.9%	0.0%	0.4%
421	24.7	2	3	39	3	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0
		0.9%	1.4%	18.3%	1.4%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.5%	0.0%	0.0%	0.5%	0.0%	0.0%
431	25.2	2	1	53	19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		1.0%	0.5%	25.6%	9.2%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
441	25.6	0	1	40	4	1	1	0	0	0	0	3	1	0	3	0	0
		0.0%	0.5%	18.8%	1.9%	0.5%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.4%	0.5%	0.0%	1.4%	0.0%	0.0%
452	26.1	6	0	40	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		3.2%	0.0%	21.1%	4.2%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
463	26.6	2	1	28	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		1.0%	0.5%	13.7%	1.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
473	27.0	6	0	44	4	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		3.0%	0.0%	22.0%	2.0%	1.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
483	27.4	4	1	26	0	1	0	0	0	0	0	2	7	2	0	0	0
		1.9%	0.5%	12.4%	0.0%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.0%	3.3%	1.0%	0.0%	0.0%	0.0%
501	28.8	7	1	41	2	0	1	0	0	0	0	4	2	0	1	0	0
		3.2%	0.5%	18.8%	0.9%	0.0%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.8%	0.9%	0.0%	0.5%	0.0%	0.0%
535	30.1	3	1	31	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	2	0	0
		1.4%	0.5%	15.0%	0.0%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.5%	0.0%	0.0%	1.0%	0.0%	0.0%
560	31.2	2	6	64	8	0	4	2	0	0	0	0	0	0	2	0	0
		1.2%	3.6%	38.6%	4.8%	0.0%	2.4%	1.2%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.2%	0.0%	0.0%
581	32.2	2	0	22	4	2	2	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0
		1.0%	0.0%	11.3%	2.1%	1.0%	1.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	4.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
601	33.6	6	2	31	2	1	1	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0
		3.0%	1.0%	15.5%	1.0%	0.5%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
621	33.9	1	3	30	4	3	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0
		0.5%	1.4%	14.1%	1.9%	1.4%	0.0%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.5%	0.0%	0.5%	0.0%	0.0%
641	34.5	2	4	50	2	2	4	0	0	0	0	2	6	0	2	0	0
		1.0%	2.1%	25.8%	1.0%	1.0%	2.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.0%	3.1%	0.0%	1.0%	0.0%	0.0%
653	34.8	3	1	52	7	0	3	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
		1.4%	0.5%	25.0%	3.4%	0.0%	1.4%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.5%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
662	35.2	1	0	6	0	1	1	0	0	0	0	0	2	0	0	1	0
		0.5%	0.0%	3.0%	0.0%	0.5%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.0%	0.0%	0.0%	0.5%	0.0%
685	35.9	4	1	33	8	4	3	1	0	0	0	2	1	0	1	0	0
		2.0%	0.5%	16.3%	3.9%	2.0%	1.5%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	1.0%	0.5%	0.0%	0.5%	0.0%	0.0%
710	37.4	2	2	50	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0
		0.9%	0.9%	22.3%	2.7%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.9%	0.0%	0.0%
735	39.4	9	3	33	3	1	1	0	0	0	0	0	2	1	1	0	2
		4.4%	1.5%	16.2%	1.5%	0.5%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.0%	0.5%	0.5%	0.0%	1.0%
755	41.0	7	2	38	4	0	2	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0
		3.7%	1.0%	19.9%	2.1%	0.0%	1.0%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.5%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
781	43.1	1	0	44	0	4	6	0	0	0	0	1	2	0	0	0	0
		0.5%	0.0%	21.2%	0.0%	1.9%	2.9%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.5%	1.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
801	43.8	5	1	47	1	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		2.3%	0.5%	21.3%	0.5%	0.9%	0.5%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
820	44.3	5	2	49	0	4	1	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0
		2.5%	1.0%	24.4%	0.0%	2.0%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%

cm	ka	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
825	44.4	16	9	22	2	13	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0
		8.0%	4.5%	11.1%	1.0%	6.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	2.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
835	44.7	0	0	26	2	0	2	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0
		0.0%	0.0%	13.0%	1.0%	0.0%	1.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
845	45.0	2	1	13	1	5	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0
		1.0%	0.5%	6.5%	0.5%	2.5%	0.0%	0.5%	0.0%	0.0%	0.5%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
851	45.2	6	0	30	6	0	2	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0
		3.0%	0.0%	14.9%	3.0%	0.0%	1.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.5%	0.5%	0.0%	0.0%
861	45.4	6	2	42	0	6	4	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0
		2.6%	0.9%	18.4%	0.0%	2.6%	1.8%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.9%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
871	45.7	8	1	48	6	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
		3.9%	0.5%	23.3%	2.9%	0.0%	1.9%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.5%
881	46.0	0	0	80	12	0	2	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0
		0.0%	0.0%	39.8%	6.0%	0.0%	1.0%	0.0%	0.0%	0.5%	0.0%	0.5%	0.0%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%
885	46.1	16	6	92	6	10	0	1	0	0	0	2	0	0	2	0	0
		7.2%	2.7%	41.3%	2.7%	4.5%	0.0%	0.4%	0.0%	0.0%	0.0%	0.9%	0.0%	0.0%	0.9%	0.0%	0.0%
891	46.3	4	0	32	2	0	4	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
		2.0%	0.0%	15.8%	1.0%	0.0%	2.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
905	46.6	2	2	28	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		0.9%	0.9%	13.0%	0.0%	0.0%	2.8%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
925	47.2	3	1	20	7	3	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0
		1.5%	0.5%	9.9%	3.4%	1.5%	0.0%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.5%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
945	47.7	10	2	59	17	8	0	1	0	0	0	2	0	0	1	0	0
		4.7%	0.9%	28.0%	8.1%	3.8%	0.0%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.9%	0.0%	0.0%	0.5%	0.0%	0.0%
970	48.4	4	2	51	6	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0
		1.8%	0.9%	23.1%	2.7%	0.5%	0.5%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
985	48.9	5	1	41	23	3	0	1	0	0	0	1	0	0	2	0	0
		2.2%	0.4%	18.2%	10.2%	1.3%	0.0%	0.4%	0.0%	0.0%	0.0%	0.4%	0.0%	0.0%	0.9%	0.0%	0.0%
1,005	49.1	7	2	46	3	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
		3.4%	1.0%	22.3%	1.5%	0.0%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.5%	0.0%	0.0%
1,025	49.6	9	4	33	20	18	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
		4.4%	1.9%	16.0%	9.7%	8.7%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.5%	0.0%	0.0%
1,045	50.4	3	1	30	4	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
		1.5%	0.5%	14.9%	2.0%	0.0%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.5%	0.0%	0.0%
1,070	51.4	6	5	60	2	3	5	1	1	0	0	1	1	2	1	0	0
		2.9%	2.4%	29.1%	1.0%	1.5%	2.4%	0.5%	0.5%	0.0%	0.0%	0.5%	0.5%	1.0%	0.5%	0.0%	0.0%
1,091	51.8	6	6	61	1	3	0	1	0	0	0	2	6	0	0	0	0
		2.7%	2.7%	27.7%	0.5%	1.4%	0.0%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.9%	2.7%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
1,105	52.0	13	1	67	16	5	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		5.3%	0.4%	27.1%	6.5%	2.0%	0.4%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
1,121	52.3	3	2	41	3	0	1	0	0	2	0	0	0	0	0	1	0
		1.4%	0.9%	18.9%	1.4%	0.0%	0.5%	0.0%	0.0%	0.9%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.5%	0.0%
1,145	52.7	4	2	22	6	4	1	0	0	0	1	1	0	0	4	0	0
		2.0%	1.0%	10.7%	2.9%	2.0%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.5%	0.5%	0.0%	0.0%	2.0%	0.0%	0.0%
1,165	53.2	7	3	44	2	0	0	0	0	0	0	1	2	0	1	0	0
		3.6%	1.5%	22.3%	1.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.5%	1.0%	0.0%	0.5%	0.0%	0.0%
1,175	53.5	6	0	54	9	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
		2.7%	0.0%	24.1%	4.0%	0.4%	0.4%	0.4%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.4%	0.0%	0.0%
1,183	54.0	10	4	54	3	2	1	0	0	0	0	2	0	0	1	0	0
		4.7%	1.9%	25.5%	1.4%	0.9%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.9%	0.0%	0.0%	0.5%	0.0%	0.0%
1,193	54.1	4	0	68	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
		2.0%	0.0%	33.3%	7.8%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.5%	0.0%	0.0%
1,203	54.3	19	19	71	5	3	2	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
		9.1%	9.1%	34.0%	2.4%	1.4%	1.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.5%	0.0%	0.0%
1,213	54.6	12	2	69	14	0	0	0	0	0	0	2	1	0	0	0	0
		6.0%	1.0%	34.3%	7.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.0%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
1,223	54.9	9	1	76	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0
		4.7%	0.5%	39.8%	1.0%	1.6%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.0%	0.0%	0.0%
1,243	55.4	9	8	74	4	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0
		4.5%	4.0%	37.0%	2.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.5%	0.5%	0.5%	0.5%	0.0%	0.0%
1,263	56.0	22	0	37	5	18	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
		10.7%	0.0%	18.0%	2.4%	8.8%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.5%	0.0%	0.0%
1,278	56.7	2	5	14	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0
		1.0%	2.5%	6.9%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.5%	0.0%	0.0%	0.5%	0.0%	0.0%
1,304	58.2	4	7	41	4	3	2	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0
		1.9%	3.3%	19.4%	1.9%	1.4%	0.9%	0.0%	0.0%	0.0%	0.5%	0.5%	0.0%	0.0%	0.5%	0.0%	0.0%
1,325	59.4	2	1	5	1	2	0	0	0	0	0	1	2	0	0	0	0
		1.0%	0.5%	2.4%	0.5%	1.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.5%	1.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
1,345	60.6	1	2	23	3	2	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0
		0.5%	1.0%	11.1%	1.4%	1.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.5%	0.0%	0.0%
1,361	61.4	4	6	34	6	0	2	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0
		2.0%	3.0%	16.7%	3.0%	0.0%	1.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.0%	0.0%	0.0%
1,391	63.1	4	4	56	0	0	4	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0
		2.0%	2.0%	27.6%	0.0%	0.0%	2.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	2.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
1,411	64.8	17	1	16	5	3	1	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0
		8.5%	0.5%	8.0%	2.5%	1.5%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	2.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
1,435	65.6	3	1	22	4	9	2	0	0	0	0	2	2	0	2	0	0

cm	ka	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1,461	67.0	1.3%	0.4%	9.2%	1.7%	3.8%	0.8%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.8%	0.8%	0.0%	0.8%	0.0%	0.0%
		3	1	15	4	0	0	0	0	0	1	4	3	0	0	0	0
		1.5%	0.5%	7.4%	2.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.5%	2.0%	1.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
1,481	68.1	6	0	20	3	0	0	0	0	0	0	7	8	0	2	0	0
		2.9%	0.0%	9.7%	1.4%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	3.4%	3.9%	0.0%	1.0%	0.0%	0.0%
1,508	69.6	8	7	29	2	1	0	0	0	0	0	2	4	1	1	0	0
		4.0%	3.5%	14.5%	1.0%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.0%	2.0%	0.5%	0.5%	0.0%	0.0%
1,523	70.5	4	6	33	4	4	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0
		2.0%	3.0%	16.5%	2.0%	2.0%	0.0%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.5%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
1,543	71.6	9	0	26	6	1	0	0	0	0	2	0	4	0	0	0	0
		4.5%	0.0%	13.0%	3.0%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.0%	0.0%	2.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
1,560	72.6	8	4	54	0	2	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0
		3.9%	2.0%	26.6%	0.0%	1.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	3.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
1,585	74.2	5	3	11	1	2	0	0	0	0	0	1	7	0	0	0	0
		2.5%	1.5%	5.5%	0.5%	1.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.5%	3.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
1,605	75.6	16	5	25	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		7.9%	2.5%	12.3%	2.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
1,625	77.2	15	9	27	0	0	3	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0
		7.4%	4.4%	13.3%	0.0%	0.0%	1.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.5%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%
1,645	78.8	12	4	57	3	4	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0
		5.7%	1.9%	27.0%	1.4%	1.9%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.4%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
1,665	80.0	8	4	32	4	5	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		4.0%	2.0%	15.9%	2.0%	2.5%	1.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
1,681	81.1	16	10	58	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0
		8.2%	5.1%	29.7%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
1,691	81.8	24	8	40	2	0	2	0	0	0	0	8	0	0	4	0	2
		10.1%	3.4%	16.8%	0.8%	0.0%	0.8%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	3.4%	0.0%	0.0%	1.7%	0.0%	0.8%
1,703	83.0	6	0	23	3	7	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		3.0%	0.0%	11.5%	1.5%	3.5%	1.5%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
1,713	83.7	15	3	37	6	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0
		7.5%	1.5%	18.5%	3.0%	0.0%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.5%	0.0%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%
1,723	84.2	9	3	53	10	4	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		4.5%	1.5%	26.4%	5.0%	2.0%	1.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
1,733	84.3	10	2	56	2	8	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	2
		5.0%	1.0%	28.0%	1.0%	4.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.5%	0.0%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.0%
1,743	84.6	7	18	31	3	1	0	1	0	0	0	1	10	0	4	0	0
		2.7%	6.9%	11.8%	1.1%	0.4%	0.0%	0.4%	0.0%	0.0%	0.0%	0.4%	3.8%	0.0%	1.5%	0.0%	0.0%
1,753	85.0	44	5	6	1	4	0	0	0	0	0	2	1	0	1	0	0
		21.2%	2.4%	2.9%	0.5%	1.9%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.0%	0.5%	0.0%	0.5%	0.0%	0.0%
1,763	85.3	13	14	15	1	2	0	0	0	0	0	5	3	0	1	0	0
		6.0%	6.5%	7.0%	0.5%	0.9%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	2.3%	1.4%	0.0%	0.5%	0.0%	0.0%
1,778	85.9	12	7	10	0	7	0	0	0	0	0	0	2	0	1	0	0
		6.0%	3.5%	5.0%	0.0%	3.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.0%	0.0%	0.5%	0.0%	0.0%

Age (ka)	17. <i>Ostrya</i>	18. <i>Carpinus</i>	19. <i>Corylus</i>	20. <i>Myrica</i>	21. <i>Alnus</i>	22. <i>Ziziphus</i>	23. <i>Salix</i>	24. <i>Ericaceae</i>	25. <i>Acacia</i>	26. <i>Acacia albida</i>	27. <i>Cupressus</i>	28. <i>Juniperus</i>	29. <i>Rhus</i>	30. <i>Tamarix</i>	31. <i>Rhamnus</i>	32. <i>Rutaceae</i>	33. <i>Ulmus</i>	34. <i>Acer</i>
0.1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.6	0	0	0	0	2	0	0	1	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0
1.4	1	0	0	0	2	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2.1	0	0	0	4	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0
2.6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
3.3	0	0	0	2	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3.8	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
4.4	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
5.1	0	0	0	2	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5.7	0	0	0	1	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6.4	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7.2	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7.5	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7.8	0	1	0	3	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8.0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0
8.2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
8.3	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	3	0	0	0	0
8.5	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0
9.2	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9.4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9.9	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10.4	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0
10.8	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0
11.2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	2.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
11.9	0	1	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12.3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
12.7	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14.6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0
17.0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18.8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19.7	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ka	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
22.4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
23.7	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.5%	0.0%	1.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
24.3	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.4%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
24.7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
25.2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0.0%	0.0%	0.0%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
25.6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.9%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
26.1	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0.0%	1.1%	1.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
26.6	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0.0%	0.0%	0.0%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
27.0	0	0	1	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0.0%	0.0%	0.5%	0.5%	0.0%	1.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
27.4	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	2	0	0	1	0	0	0	0
	0.0%	0.0%	0.5%	0.0%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.0%	0.0%	0.0%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
28.8	0	0	0	0	1	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.5%	0.5%	0.9%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
30.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
31.2	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0.0%	0.0%	1.2%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
32.2	0	0	0	0	0	0	2	0	0	2	0	0	0	0	0	2	0	0
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.0%	0.0%	0.0%	1.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.0%	0.0%	0.0%
33.6	0	0	0	1	3	1	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0
	0.0%	0.0%	0.0%	0.5%	1.5%	0.5%	0.0%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.5%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
33.9	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.5%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%
34.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
34.8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
35.2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.5%
35.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	2	0	0	0	0
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.5%	0.0%	1.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
37.4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.9%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
39.4	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
41.0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0.0%	0.0%	0.0%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
43.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
43.8	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0.5%	0.0%	0.0%	0.5%	0.0%	0.0%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
44.3	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0.0%	0.0%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%



ka	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34
64.8	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.5%	0.0%	0.5%	0.0%	0.5%	0.0%	0.0%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
65.6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.3%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
67.0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
	0.0%	0.0%	0.0%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
68.1	0	0	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0
	0.0%	0.0%	1.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
69.6	0	1	2	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
	0.0%	0.5%	1.0%	1.5%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
70.5	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0
	0.0%	0.0%	0.0%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.5%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%
71.6	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
72.6	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0
	0.0%	0.0%	0.0%	1.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
74.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.0%	0.0%	0.0%	0.0%
75.6	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
77.2	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	4	0	0	0
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.5%	0.5%	0.5%	0.5%	0.0%	0.0%	2.0%	0.0%	0.0%	0.0%
78.8	0	0	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0.0%	0.0%	0.0%	1.9%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
80.0	0	0	0	5	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0
	0.0%	0.0%	0.0%	2.5%	0.0%	0.5%	0.0%	0.0%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
81.1	0	0	0	4	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0.0%	0.0%	0.0%	2.1%	1.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
81.8	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0.0%	0.0%	0.0%	0.8%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
83.0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
83.7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
84.2	0	0	0	1	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0.0%	0.0%	0.0%	0.5%	2.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
84.3	0	0	0	4	4	0	0	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
	0.0%	0.0%	0.0%	2.0%	2.0%	0.0%	0.0%	1.0%	0.0%	0.0%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
84.6	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.4%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
85.0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0.0%	0.0%	0.0%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
85.3	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.9%	0.0%	0.0%	0.0%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
85.9	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%

Age (ka)	35. <i>Tilia</i>	36. <i>Cercis</i>	37. <i>Populus</i>	38. <i>Castanea</i>	39. <i>Vitis</i>	40. <i>Poaceae</i>	41. Cereal type	42. Asteraceae Asteroidae	43. Asteraceae Cichorioideae	44. <i>Artemisia</i>	45. <i>Echinops</i>	46. <i>Centaurea</i>	47. <i>Burnium</i> type	48. <i>Fenzlia</i> type	49. <i>Stum</i> (apum) type	50. <i>Bupleurum</i> type	51. <i>Malabia</i> type	52. <i>Turgenia</i> type
0.1	0	0	0	0	0	3	0	2	2	27	0	0	3	0	0	0	0	0
0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.5%	0.0%	1.0%	1.0%	13.5%	0.0%	0.0%	1.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
0.6	0	0	0	1	0	4	0	2	0	15	0	1	1	0	0	0	0	0
0.0%	0.0%	0.0%	0.5%	0.0%	0.0%	1.8%	0.0%	0.9%	0.0%	6.8%	0.0%	0.5%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
1.4	0	0	1	0	0	4	1	2	0	2	0	1	1	0	0	0	0	0
0.0%	0.0%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	1.9%	0.5%	1.0%	0.0%	1.0%	0.0%	0.5%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
2.1	0	0	0	0	0	0	0	3	3	11	0	0	1	0	0	0	0	0
0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.5%	1.5%	5.4%	0.0%	0.0%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
2.6	0	0	0	0	0	1	0	3	0	29	0	1	2	0	0	0	0	0
0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.5%	0.0%	1.5%	0.0%	14.1%	0.0%	0.5%	1.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
3.3	0	0	0	0	0	2	0	2	0	12	0	0	2	0	0	0	0	0
0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.0%	0.0%	1.0%	0.0%	5.9%	0.0%	0.0%	1.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
3.8	0	0	0	0	0	1	1	0	0	8	0	0	3	0	1	0	0	0
0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.5%	0.5%	0.0%	0.0%	4.0%	0.0%	0.0%	1.5%	0.0%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%
4.4	0	0	0	0	0	2	1	4	0	11	0	1	3	0	0	1	0	0
0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.0%	0.5%	2.0%	0.0%	5.4%	0.0%	0.5%	1.5%	0.0%	0.0%	0.5%	0.0%	0.0%
5.1	0	0	0	0	0	4	1	3	0	8	0	0	4	0	0	0	0	0
0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.8%	0.4%	1.3%	0.0%	3.6%	0.0%	0.0%	1.8%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
5.7	0	0	1	0	0	3	1	4	1	13	1	0	2	0	0	0	0	0
0.0%	0.0%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	1.4%	0.5%	1.9%	0.5%	6.1%	0.5%	0.0%	0.9%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
6.4	0	0	2	2	0	2	1	5	2	7	0	1	1	0	0	0	0	1
0.0%	0.0%	1.0%	1.0%	0.0%	0.0%	1.0%	0.5%	2.4%	1.0%	3.3%	0.0%	0.5%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.5%
7.2	1	0	0	0	0	2	1	5	0	7	0	0	3	0	1	0	0	0
0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.9%	0.5%	2.3%	0.0%	3.3%	0.0%	0.0%	1.4%	0.0%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%
7.5	0	0	0	0	0	15	3	7	0	13	0	1	5	0	3	0	0	0
0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	6.3%	1.3%	3.0%	0.0%	5.5%	0.0%	0.4%	2.1%	0.0%	1.3%	0.0%	0.0%	0.0%
7.8	0	0	0	0	0	3	2	1	0	6	0	0	7	0	0	0	0	0
0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.3%	0.9%	0.4%	0.0%	2.6%	0.0%	0.0%	3.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
8.0	0	0	1	0	0	8	5	3	0	10	0	0	3	0	0	0	0	0
0.0%	0.0%	0.4%	0.0%	0.0%	0.0%	3.4%	2.1%	1.3%	0.0%	4.2%	0.0%	0.0%	1.3%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
8.2	0	0	0	0	0	2	0	8	0	32	0	2	2	0	1	0	0	0
0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.0%	0.0%	4.0%	0.0%	16.0%	0.0%	1.0%	1.0%	0.0%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%
8.3	0	0	0	0	0	21	5	8	1	6	0	1	4	0	1	0	0	0
0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	9.0%	2.1%	3.4%	0.4%	2.6%	0.0%	0.4%	1.7%	0.0%	0.4%	0.0%	0.0%	0.0%
8.5	0	0	0	0	0	0	1	13	3	13	0	0	9	0	0	0	0	0
0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.4%	5.4%	1.3%	5.4%	0.0%	0.0%	3.8%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
9.2	0	0	0	0	0	1	2	8	0	6	0	1	4	1	0	0	0	0
0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.5%	0.9%	3.7%	0.0%	2.8%	0.0%	0.5%	1.8%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
9.4	0	0	0	0	0	10	1	3	0	6	0	0	5	1	0	1	2	0
0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	4.3%	0.4%	1.3%	0.0%	2.6%	0.0%	0.0%	2.1%	0.4%	0.0%	0.4%	0.9%	0.0%
9.9	0	0	0	0	0	1	1	1	2	12	0	0	3	0	0	0	0	0
0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.4%	0.4%	0.4%	0.9%	5.2%	0.0%	0.0%	1.3%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
10.4	0	0	0	0	0	0	0	3	8	18	0	0	2	0	2	0	0	0
0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.5%	4.0%	9.0%	0.0%	0.0%	1.0%	0.0%	1.0%	0.0%	0.0%	0.0%
10.8	0	0	2	0	0	2	1	9	0	19	0	0	4	0	3	0	0	0
0.0%	0.0%	1.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.0%	0.5%	4.5%	0.0%	9.5%	0.0%	0.0%	2.0%	0.0%	1.5%	0.0%	0.0%	0.0%
11.2	0	0	0	0	0	0	1	9	2	61	1	0	6	0	1	0	0	0
0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.5%	4.4%	1.0%	29.9%	0.5%	0.0%	2.9%	0.0%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%
11.9	0	0	0	0	0	2	0	5	1	64	0	0	2	0	0	0	0	0
0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.9%	0.0%	2.1%	0.4%	27.2%	0.0%	0.0%	0.9%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
12.3	0	0	0	0	0	9	4	5	0	17	0	1	0	0	0	0	0	0
0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	4.4%	2.0%	2.4%	0.0%	8.3%	0.0%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
12.7	0	0	0	0	0	0	0	8	2	20	0	0	0	0	0	0	0	0
0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	4.2%	1.1%	10.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
14.0	0	0	0	0	0	5	1	2	0	18	0	1	2	0	0	0	0	0
0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	2.6%	0.5%	1.0%	0.0%	9.2%	0.0%	0.5%	1.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
14.6	0	0	0	0	0	2	2	0	0	20	0	0	0	0	0	0	0	0
0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.1%	1.1%	0.0%	0.0%	10.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
15.5	0	0	0	0	0	0	0	3	0	33	0	0	2	0	0	0	0	0
0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.4%	0.0%	15.7%	0.0%	0.0%	1.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
17.0	0	0	0	0	0	0	0	7	0	61	1	0	0	0	0	0	0	0
0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	3.5%	0.0%	30.2%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
18.8	0	0	0	0	1	1	0	9	3	45	0	1	2	0	0	0	0	0
0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.5%	0.5%	0.5%	0.0%	4.3%	1.4%	21.7%	0.0%	0.5%	1.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
19.7	0	0	0	0	0	2	1	0	0	73	0	1	3	0	0	0	0	0
0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.0%	0.5%	0.0%	0.0%	36.3%	0.0%	0.5%	1.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
21.0	0	0	0	0	0	0	0	12	3	42	0	1	0	0	0	0	0	0

ka	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52
22.4	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	5.7%	1.4%	20.1%	0.0%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
	0	0	0	0	0	0	0	9	0	41	0	0	0	0	0	0	0	1
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	4.5%	0.0%	20.4%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.5%
23.7	0	0	0	0	0	7	2	2	1	63	0	0	3	1	0	0	0	0
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	3.5%	1.0%	1.0%	0.5%	31.2%	0.0%	0.0%	1.5%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
24.3	0	0	0	0	0	0	0	6	1	66	0	0	0	0	0	0	0	0
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	2.6%	0.4%	28.6%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
24.7	0	0	1	0	0	0	2	4	0	51	0	0	2	0	0	0	0	0
	0.0%	0.0%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.9%	1.9%	0.0%	23.9%	0.0%	0.0%	0.9%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
25.2	0	0	0	0	0	3	0	6	0	51	0	0	1	0	0	0	0	0
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.4%	0.0%	2.9%	0.0%	24.6%	0.0%	0.0%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
25.6	0	0	0	0	0	0	0	3	0	77	0	1	2	0	0	0	0	0
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.4%	0.0%	36.2%	0.0%	0.5%	0.9%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
26.1	0	0	0	0	0	2	0	2	0	38	0	0	0	0	0	0	0	0
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.1%	0.0%	1.1%	0.0%	20.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
26.6	0	0	0	0	0	6	0	12	1	66	0	0	0	0	0	0	0	0
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	2.9%	0.0%	5.9%	0.5%	32.2%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
27.0	0	0	0	0	0	0	2	8	4	36	0	2	2	0	0	0	0	0
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.0%	4.0%	2.0%	18.0%	0.0%	1.0%	1.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
27.4	0	0	0	0	0	2	2	7	0	62	0	0	3	0	0	0	0	0
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.0%	1.0%	3.3%	0.0%	29.7%	0.0%	0.0%	1.4%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
28.8	0	0	0	0	0	1	1	4	0	51	1	1	0	0	0	0	0	0
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.5%	0.5%	1.8%	0.0%	23.4%	0.5%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
30.1	0	0	0	0	0	1	0	3	2	53	0	1	1	0	0	0	0	0
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.5%	0.0%	1.4%	1.0%	25.6%	0.0%	0.5%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
31.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	32	0	0	0	0	0	0	0	0
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	19.3%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
32.2	0	0	0	0	0	0	0	6	0	28	0	2	0	0	0	0	0	0
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	3.1%	0.0%	14.4%	0.0%	1.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
33.6	0	0	0	0	0	6	1	5	0	48	0	0	1	0	0	0	0	0
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	3.0%	0.5%	2.5%	0.0%	24.0%	0.0%	0.0%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
33.9	0	0	0	0	0	1	0	7	0	54	0	1	1	0	0	1	1	0
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.5%	0.0%	3.3%	0.0%	25.4%	0.0%	0.5%	0.5%	0.0%	0.0%	0.5%	0.5%	0.0%
34.5	0	0	0	0	0	1	1	2	0	33	0	0	0	0	0	0	0	0
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.5%	0.5%	1.0%	0.0%	17.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
34.8	1	0	0	0	0	3	2	1	0	46	0	0	2	0	0	0	0	0
	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.4%	1.0%	0.5%	0.0%	22.1%	0.0%	0.0%	1.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
35.2	0	0	0	0	0	0	0	5	0	53	0	0	0	0	0	0	0	1
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	2.5%	0.0%	26.8%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.5%
35.9	0	0	0	0	0	3	2	1	1	49	1	1	1	0	0	0	0	0
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.5%	1.0%	0.5%	0.5%	24.1%	0.5%	0.5%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
37.4	0	0	0	0	0	0	3	4	6	67	0	0	0	0	0	0	0	0
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.3%	1.8%	2.7%	29.9%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
39.4	0	0	0	0	0	5	1	4	0	54	0	1	2	0	0	0	0	0
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	2.5%	0.5%	2.0%	0.0%	26.5%	0.0%	0.5%	1.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
41.0	0	0	0	0	0	1	0	7	0	44	0	0	1	0	0	0	0	1
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.5%	0.0%	3.7%	0.0%	23.0%	0.0%	0.0%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.5%
43.1	0	0	0	0	2	0	2	12	1	57	0	1	1	0	0	1	0	0
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.0%	0.0%	1.0%	5.8%	0.5%	27.4%	0.0%	0.5%	0.5%	0.0%	0.0%	0.5%	0.0%	0.0%
43.8	0	1	0	0	0	3	2	11	0	53	0	0	3	0	0	0	0	0
	0.0%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	1.4%	0.9%	5.0%	0.0%	24.0%	0.0%	0.0%	1.4%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
44.3	0	0	0	0	1	0	0	6	2	48	1	0	2	0	0	0	0	0
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.5%	0.0%	0.0%	3.0%	1.0%	23.9%	0.5%	0.0%	1.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%

ka	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52
44.4	0	0	0	0	0	0	0	5	0	17	2	0	0	0	0	0	0	0
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	2.5%	0.0%	8.5%	1.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
44.7	0	0	0	0	0	2	3	6	0	62	0	0	2	0	0	0	0	0
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.0%	1.5%	3.0%	0.0%	31.0%	0.0%	0.0%	1.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
45.0	0	0	1	0	0	0	1	11	1	88	0	0	2	0	0	1	0	0
	0.0%	0.0%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.5%	5.5%	0.5%	44.2%	0.0%	0.0%	1.0%	0.0%	0.0%	0.5%	0.0%	0.0%
45.2	0	0	0	0	0	8	4	2	0	44	0	0	0	0	0	0	0	0
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	4.0%	2.0%	1.0%	0.0%	21.9%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
45.4	0	0	0	0	0	4	0	6	4	64	0	0	2	0	0	0	0	0
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.8%	0.0%	2.6%	1.8%	28.1%	0.0%	0.0%	0.9%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
45.7	0	0	0	0	0	2	1	5	0	60	0	0	0	0	0	0	0	0
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.0%	0.5%	2.4%	0.0%	29.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
46.0	0	0	0	0	0	4	0	4	2	28	0	0	0	0	0	0	0	0
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	2.0%	0.0%	2.0%	1.0%	13.9%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
46.1	0	0	1	1	0	0	2	0	0	26	0	0	1	0	0	0	0	0
	0.0%	0.0%	0.4%	0.4%	0.0%	0.0%	0.9%	0.0%	0.0%	11.7%	0.0%	0.0%	0.4%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
46.3	0	0	0	0	0	0	0	10	2	62	0	0	0	0	0	0	0	0
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	4.9%	1.0%	30.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
46.6	0	0	0	0	0	2	2	10	0	64	0	2	6	0	0	0	0	0
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.9%	0.9%	4.6%	0.0%	29.6%	0.0%	0.9%	2.8%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
47.2	0	0	0	0	0	1	4	7	0	63	0	0	0	0	0	0	0	0
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.5%	2.0%	3.4%	0.0%	31.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
47.7	0	0	0	0	0	3	0	7	0	36	0	0	0	0	1	0	0	0
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.4%	0.0%	3.3%	0.0%	17.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%
48.4	0	0	0	0	0	4	0	5	1	67	0	1	1	0	0	0	0	0
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.8%	0.0%	2.3%	0.5%	30.3%	0.0%	0.5%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
48.9	0	0	0	0	0	4	0	0	0	63	2	0	0	0	0	0	0	0
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.8%	0.0%	0.0%	0.0%	28.0%	0.9%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
49.1	0	0	0	0	0	1	0	11	2	64	0	0	2	0	0	0	0	0
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.5%	0.0%	5.3%	1.0%	31.1%	0.0%	0.0%	1.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
49.6	0	0	1	0	0	2	0	0	0	45	0	0	3	0	0	0	0	0
	0.0%	0.0%	0.5%	0.0%	0.0%	1.0%	0.0%	0.0%	0.0%	21.8%	0.0%	0.0%	1.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
50.4	0	0	0	0	0	3	0	6	1	66	1	0	6	0	0	0	0	0
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.5%	0.0%	3.0%	0.5%	32.8%	0.5%	0.0%	3.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
51.4	0	0	0	0	0	0	1	6	0	40	0	0	1	0	0	0	1	0
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.5%	2.9%	0.0%	19.4%	0.0%	0.0%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.5%	0.0%
51.8	0	0	0	0	0	0	2	4	2	50	0	2	4	0	0	0	0	0
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.9%	1.8%	0.9%	22.7%	0.0%	0.9%	1.8%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
52.0	0	0	0	0	0	2	2	3	0	59	0	0	1	0	1	0	0	0
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.8%	0.8%	1.2%	0.0%	23.9%	0.0%	0.0%	0.4%	0.0%	0.4%	0.0%	0.0%	0.0%
52.3	0	0	0	0	0	3	1	7	1	75	1	0	1	0	0	0	0	0
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.4%	0.5%	3.2%	0.5%	34.6%	0.5%	0.0%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
52.7	0	0	0	0	0	2	3	0	0	75	0	1	6	0	0	0	0	2
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.0%	1.5%	0.0%	0.0%	36.6%	0.0%	0.5%	2.9%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.0%
53.2	0	0	1	0	0	0	0	4	2	51	0	0	0	0	0	0	0	0
	0.0%	0.0%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	2.0%	1.0%	25.9%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
53.5	0	0	0	0	0	2	1	6	0	61	0	0	1	0	0	0	0	0
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.9%	0.4%	2.7%	0.0%	27.2%	0.0%	0.0%	0.4%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
54.0	0	0	2	0	0	3	0	0	0	77	0	0	0	0	0	0	0	0
	0.0%	0.0%	0.9%	0.0%	0.0%	1.4%	0.0%	0.0%	0.0%	36.3%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
54.1	0	0	0	0	0	6	2	0	0	42	0	0	0	0	0	0	0	0
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	2.9%	1.0%	0.0%	0.0%	20.6%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
54.3	0	0	0	0	0	1	2	1	0	21	0	0	0	0	1	0	0	0
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.5%	1.0%	0.5%	0.0%	10.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%
54.6	0	0	0	0	0	5	1	3	1	21	0	0	0	0	0	0	0	0
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	2.5%	0.5%	1.5%	0.5%	10.4%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
54.9	0	0	0	0	0	0	0	3	0	12	0	0	2	0	0	0	0	0
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.6%	0.0%	6.3%	0.0%	0.0%	1.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
55.4	0	0	0	0	0	1	0	1	1	31	0	2	1	0	0	0	0	0
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.5%	0.0%	0.5%	0.5%	15.5%	0.0%	1.0%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
56.0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	69	1	1	0	0	0	0	1	0
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.0%	0.0%	33.7%	0.5%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.5%	0.0%
56.7	0	0	0	0	0	0	2	16	1	46	0	0	1	0	1	0	0	1
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.0%	7.9%	0.5%	22.7%	0.0%	0.0%	0.5%	0.0%	0.5%	0.0%	0.0%	0.5%
58.2	0	0	0	0	0	6	4	4	0	54	0	0	1	0	0	0	0	0
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	2.8%	1.9%	1.9%	0.0%	25.6%	0.0%	0.0%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
59.4	0	0	0	0	0	2	0	3	1	29	0	1	0	0	0	0	0	0
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.0%	0.0%	1.4%	0.5%	13.8%	0.0%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
60.6	0	0	0	0	0	3	1	4	0	43	0	0	0	0	0	0	0	0
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.4%	0.5%	1.9%	0.0%	20.8%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
61.4	0	0	0	0	0	0	0	2	2	60	0	2	0	0	0	0	0	0
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.0%	1.0%	29.6%	0.0%	1.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
63.1	0	0	0	0	0	2	2	6	2	34	0	4	1	0	0	0	1	0
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.0%	1.0%	3.0%	1.0%	16.7%	0.0%	2.0%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.5%	0.0%
64.8	0	0	0	0	0	5	2	1	0	40	0	1	1	0	0	0	0	0

ka	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	2.5%	1.0%	0.5%	0.0%	20.0%	0.0%	0.5%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
65.6	0	0	0	0	0	3	1	2	0	43	0	0	0	1	0	0	0	0
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.3%	0.4%	0.8%	0.0%	18.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.4%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
67.0	0	0	0	0	0	0	0	10	1	67	0	0	0	0	0	1	0	0
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	4.9%	0.5%	32.8%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.5%	0.0%	0.0%
68.1	0	0	0	0	0	2	0	4	0	30	0	0	0	0	0	0	0	0
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.0%	0.0%	1.9%	0.0%	14.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
69.6	0	0	0	0	0	3	3	2	0	16	0	0	2	0	3	0	0	0
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.5%	1.5%	1.0%	0.0%	8.0%	0.0%	0.0%	1.0%	0.0%	1.5%	0.0%	0.0%	0.0%
70.5	1	0	1	0	0	4	4	4	0	32	0	0	0	0	0	0	0	0
	0.5%	0.0%	0.5%	0.0%	0.0%	2.0%	2.0%	2.0%	0.0%	16.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
71.6	0	0	0	0	0	7	2	0	0	33	0	0	4	0	0	0	0	0
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	3.5%	1.0%	0.0%	0.0%	16.5%	0.0%	0.0%	2.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
72.6	0	0	0	0	0	4	1	6	2	16	0	2	2	0	0	0	1	1
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	2.0%	0.5%	3.0%	1.0%	7.9%	0.0%	1.0%	1.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.5%	0.5%
74.2	0	0	1	0	0	2	0	1	0	34	0	0	0	0	0	1	0	0
	0.0%	0.0%	0.5%	0.0%	0.0%	1.0%	0.0%	0.5%	0.0%	17.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.5%	0.0%	0.0%
75.6	0	0	0	0	0	6	0	6	1	47	0	2	0	0	0	0	0	0
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	3.0%	0.0%	3.0%	0.5%	23.2%	0.0%	1.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
77.2	0	0	0	0	0	2	0	4	0	34	0	0	1	0	0	0	0	0
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.0%	0.0%	2.0%	0.0%	16.7%	0.0%	0.0%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
78.8	0	0	1	0	0	1	2	1	0	34	0	1	3	0	0	0	0	0
	0.0%	0.0%	0.5%	0.0%	0.0%	0.5%	0.9%	0.5%	0.0%	16.1%	0.0%	0.5%	1.4%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
80.0	0	0	0	0	0	5	2	3	0	38	1	0	0	0	0	0	0	0
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	2.5%	1.0%	1.5%	0.0%	18.9%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
81.1	0	0	0	0	0	3	1	4	2	24	0	0	1	0	0	0	0	0
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.5%	0.5%	2.1%	1.0%	12.3%	0.0%	0.0%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
81.8	0	0	0	0	0	5	1	5	3	42	0	0	5	0	1	0	0	0
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	2.1%	0.4%	2.1%	1.3%	17.6%	0.0%	0.0%	2.1%	0.0%	0.4%	0.0%	0.0%	0.0%
83.0	0	0	0	0	0	5	3	0	0	15	0	4	1	0	0	0	0	0
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	2.5%	1.5%	0.0%	0.0%	7.5%	0.0%	2.0%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
83.7	0	0	0	0	0	3	3	0	0	27	0	0	0	0	0	0	0	0
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.5%	1.5%	0.0%	0.0%	13.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
84.2	0	0	1	1	0	2	0	0	0	29	1	0	3	0	1	0	0	0
	0.0%	0.0%	0.5%	0.5%	0.0%	1.0%	0.0%	0.0%	0.0%	14.4%	0.5%	0.0%	1.5%	0.0%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%
84.3	0	0	1	0	0	8	0	0	0	16	0	0	0	0	0	0	0	0
	0.0%	0.0%	0.5%	0.0%	0.0%	4.0%	0.0%	0.0%	0.0%	8.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
84.6	0	0	1	1	0	3	4	2	1	33	0	1	7	0	0	0	0	0
	0.0%	0.0%	0.4%	0.4%	0.0%	1.1%	1.5%	0.8%	0.4%	12.6%	0.0%	0.4%	2.7%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
85.0	0	0	0	0	0	3	1	4	0	20	0	0	3	0	0	0	0	0
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.4%	0.5%	1.9%	0.0%	9.6%	0.0%	0.0%	1.4%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
85.3	0	0	0	0	0	3	0	3	0	38	0	0	2	0	0	0	0	0
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.4%	0.0%	1.4%	0.0%	17.7%	0.0%	0.0%	0.9%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
85.9	0	0	0	0	0	0	1	3	0	26	0	0	0	0	0	0	0	0
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.5%	1.5%	0.0%	13.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%

Age (ka)	53. Anisocladium type	54. Pimpinella type	55. Atriplex type	56. Aellenia type	57. Chenopodium type	58. Mabea type	59. Fabaceae	60. Belevatia type	61. Allium type	62. Asphodelus type	63. Ephedra fragilis type	64. Ephedra distachya type	65. Lamiaceae (tricolpe)	66. Lamiaceae (stephanocippe)	67. Rubiaceae	68. Brassicaceae	69. Caryophyllaceae	70. Boraginaceae
0.1	0	0	81	1	0	1	2	1	0	0	1	0	3	1	0	0	1	0
	0.0%	0.0%	40.5%	0.5%	0.0%	0.5%	1.0%	0.5%	0.0%	0.0%	0.5%	0.0%	1.5%	0.5%	0.0%	0.0%	0.5%	0.0%
0.6	0	0	51	0	1	3	2	1	1	0	3	0	0	0	0	0	2	0
	0.0%	0.0%	23.2%	0.0%	0.5%	1.4%	0.9%	0.5%	0.5%	0.0%	1.4%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.9%	0.0%
1.4	0	0	33	0	0	0	2	0	1	0	1	0	0	2	0	0	0	0
	0.0%	0.0%	15.9%	0.0%	0.0%	0.0%	1.0%	0.0%	0.5%	0.0%	0.5%	0.0%	0.0%	1.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
2.1	0	0	30	0	4	2	2	0	0	0	4	0	2	0	0	2	1	0
	0.0%	0.0%	14.8%	0.0%	2.0%	1.0%	1.0%	0.0%	0.0%	0.0%	2.0%	0.0%	1.0%	0.0%	0.0%	1.0%	0.5%	0.0%
2.6	0	0	41	0	1	1	3	0	0	0	0	0	3	3	0	2	1	1
	0.0%	0.0%	19.9%	0.0%	0.5%	0.5%	1.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.5%	1.5%	0.0%	1.0%	0.5%	0.5%
3.3	0	0	39	0	4	7	2	1	1	0	1	2	2	0	0	3	1	0
	0.0%	0.0%	19.3%	0.0%	2.0%	3.5%	1.0%	0.5%	0.5%	0.0%	0.5%	1.0%	1.0%	0.0%	0.0%	1.5%	0.5%	0.0%
3.8	0	0	52	1	1	4	0	2	0	0	1	2	1	0	0	2	0	1
	0.0%	0.0%	26.0%	0.5%	0.5%	2.0%	0.0%	1.0%	0.0%	0.0%	0.5%	1.0%	0.5%	0.0%	0.0%	1.0%	0.0%	0.5%
4.4	0	0	43	0	1	5	5	1	0	0	1	0	2	1	0	3	2	0
	0.0%	0.0%	21.0%	0.0%	0.5%	2.4%	2.4%	0.5%	0.0%	0.0%	0.5%	0.0%	1.0%	0.5%	0.0%	1.5%	1.0%	0.0%
5.1	0	0	47	0	3	3	4	1	0	0	0	5	0	1	0	3	0	0
	0.0%	0.0%	20.9%	0.0%	1.3%	1.3%	1.8%	0.4%	0.0%	0.0%	2.2%	0.0%	0.4%	0.0%	0.0%	1.3%	0.0%	0.0%
5.7	0	0	39	0	0	5	2	1	0	0	5	0	1	0	0	1	1	0
	0.0%	0.0%	18.3%	0.0%	0.0%	2.3%	0.9%	0.5%	0.0%	0.0%	2.3%	0.0%	0.5%	0.0%	0.0%	0.5%	0.5%	0.0%
6.4	0	0	35	0	8	6	4	1	5	1	4	3	4	0	0	0	3	0
	0.0%	0.0%	16.7%	0.0%	3.8%	2.9%	1.9%	0.5%	2.4%	0.5%	1.9%	1.4%	1.9%	0.0%	0.0%	0.0%	1.4%	0.0%
7.2	0	0	63	0	1	7	4	0	0	0	11	2	2	0	0	0	3	0
	0.0%	0.0%	29.6%	0.0%	0.5%	3.3%	1.9%	0.0%	0.0%	0.0%	5.2%	0.9%	0.9%	0.0%	0.0%	0.0%	1.4%	0.0%
7.5	0	0	86	0	5	0	4	0	0	0	7	0	0	0	0	0	2	0
	0.0%	0.0%	36.3%	0.0%	2.1%	0.0%	1.7%	0.0%	0.0%	0.0%	3.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.8%	0.0%
7.8	1	0	82	0	3	0	12	3	3	0	11	0	1	1	0	0	6	0
	0.4%	0.0%	36.1%	0.0%	1.3%	0.0%	5.3%	1.3%	1.3%	0.0%	4.8%	0.0%	0.4%	0.4%	0.0%	0.0%	2.6%	0.0%
8.0	0	0	81	0	4	5	3	0	1	1	13	0	2	0	0	1	0	0
	0.0%	0.0%	34.2%	0.0%	1.7%	2.1%	1.3%	0.0%	0.4%	0.4%	5.5%	0.0%	0.8%	0.0%	0.0%	0.4%	0.0%	0.0%
8.2	0	1	71	0	3	6	2	0	0	1	10	2	2	0	0	1	1	0
	0.0%	0.5%	35.5%	0.0%	1.5%	3.0%	1.0%	0.0%	0.0%	0.5%	5.0%	1.0%	1.0%	0.0%	0.0%	0.5%	0.5%	0.0%
8.3	0	0	87	0	7	4	1	0	0	0	2	1	3	0	0	1	1	0
	0.0%	0.0%	37.2%	0.0%	3.0%	1.7%	0.4%	0.0%	0.0%	0.0%	0.9%	0.4%	1.3%	0.0%	0.0%	0.4%	0.4%	0.0%
8.5	0	3	98	0	3	3	2	0	0	0	20	0	1	0	0	1	0	0
	0.0%	1.3%	40.8%	0.0%	1.3%	1.3%	0.8%	0.0%	0.0%	0.0%	8.3%	0.0%	0.4%	0.0%	0.0%	0.4%	0.0%	0.0%
9.2	2	1	71	0	15	5	3	3	2	0	10	2	4	0	0	3	1	0
	0.9%	0.5%	32.6%	0.0%	6.9%	2.3%	1.4%	1.4%	0.9%	0.0%	4.6%	0.9%	1.8%	0.0%	0.0%	1.4%	0.5%	0.0%
9.4	0	2	95	0	1	6	3	0	1	0	11	1	5	0	0	0	1	0
	0.0%	0.9%	40.6%	0.0%	0.4%	2.6%	1.3%	0.0%	0.4%	0.0%	4.7%	0.4%	2.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.4%	0.0%
9.9	1	0	129	0	12	0	1	1	0	0	17	0	3	0	0	0	0	0
	0.4%	0.0%	56.1%	0.0%	5.2%	0.0%	0.4%	0.4%	0.0%	0.0%	7.4%	0.0%	1.3%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
10.4	0	0	84	0	3	3	2	0	0	1	10	0	1	1	0	3	3	0
	0.0%	0.0%	41.8%	0.0%	1.5%	1.5%	1.0%	0.0%	0.0%	0.5%	5.0%	0.0%	0.5%	0.5%	0.0%	1.5%	1.5%	0.0%
10.8	0	0	50	0	4	2	3	0	2	0	16	8	3	0	0	2	1	0
	0.0%	0.0%	25.0%	0.0%	2.0%	1.0%	1.5%	0.0%	1.0%	0.0%	8.0%	4.0%	1.5%	0.0%	0.0%	1.0%	0.5%	0.0%
11.2	0	0	42	0	1	0	3	1	0	0	10	2	0	0	0	3	2	0
	0.0%	0.0%	20.6%	0.0%	0.5%	0.0%	1.5%	0.5%	0.0%	0.0%	4.9%	1.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.5%	1.0%	0.0%
11.9	0	0	52	0	1	2	6	0	0	0	9	4	4	3	0	0	4	0
	0.0%	0.0%	22.1%	0.0%	0.4%	0.9%	2.6%	0.0%	0.0%	0.0%	3.8%	1.7%	1.7%	1.3%	0.0%	0.0%	1.7%	0.0%
12.3	0	0	59	0	6	6	1	0	1	1	15	3	2	0	0	1	1	0
	0.0%	0.0%	28.8%	0.0%	2.9%	2.9%	0.5%	0.0%	0.5%	0.5%	7.3%	1.5%	1.0%	0.0%	0.0%	0.5%	0.5%	0.0%
12.7	0	0	58	0	2	2	2	0	0	0	10	0	1	1	0	0	0	0
	0.0%	0.0%	30.5%	0.0%	1.1%	1.1%	1.1%	0.0%	0.0%	0.0%	5.3%	0.0%	0.5%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
14.0	0	0	40	0	1	2	3	0	0	0	7	1	0	0	0	0	2	0
	0.0%	0.0%	20.4%	0.0%	0.5%	1.0%	1.5%	0.0%	0.0%	0.0%	3.6%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.0%	0.0%
14.6	0	0	52	0	4	4	4	2	2	0	14	0	0	0	0	0	0	2
	0.0%	0.0%	27.4%	0.0%	2.1%	2.1%	2.1%	1.1%	1.1%	0.0%	7.4%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.1%
15.5	0	0	22	0	6	0	0	1	0	0	13	10	1	0	0	0	1	0
	0.0%	0.0%	10.5%	0.0%	2.9%	0.0%	0.0%	0.5%	0.0%	0.0%	6.2%	4.8%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.5%	0.0%
17.0	0	0	69	0	1	4	1	0	0	0	11	3	0	3	0	2	0	0
	0.0%	0.0%	34.2%	0.0%	0.5%	2.0%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	5.4%	1.5%	0.0%	1.5%	0.0%	1.0%	0.0%	0.0%
18.8	0	0	86	0	1	2	1	0	1	0	9	7	3	0	0	3	2	0
	0.0%	0.0%	41.5%	0.0%	0.5%	1.0%	0.5%	0.0%	0.5%	0.0%	4.3%	3.4%	1.4%	0.0%	0.0%	1.4%	1.0%	0.0%
19.7	0	0	31	0	0	0	6	0	1	0	17	9	0	0	0	0	5	0
	0.0%	0.0%	15.4%	0.0%	0.0%	0.0%	3.0%	0.0%	0.5%	0.0%	8.5%	4.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	2.5%	0.0%
21.0	0	0	72	0	5	3	1	1	0	0	8	2	5	0	0	0	0	0

ka	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70
	0.0%	0.0%	34.4%	0.0%	2.4%	1.4%	0.5%	0.5%	0.0%	0.0%	3.8%	1.0%	2.4%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
22.4	0	0	77	0	1	1	2	1	2	0	20	2	2	0	0	4	1	0
	0.0%	0.0%	38.3%	0.0%	0.5%	0.5%	1.0%	0.5%	1.0%	0.0%	10.0%	1.0%	1.0%	0.0%	0.0%	2.0%	0.5%	0.0%
23.7	0	0	63	0	0	1	6	0	2	3	15	1	1	1	0	0	1	0
	0.0%	0.0%	31.2%	0.0%	0.0%	0.5%	3.0%	0.0%	1.0%	1.5%	7.4%	0.5%	0.5%	0.5%	0.0%	0.0%	0.5%	0.0%
24.3	0	0	53	0	3	3	0	0	2	0	9	3	2	0	0	0	0	0
	0.0%	0.0%	22.9%	0.0%	1.3%	1.3%	0.0%	0.0%	0.9%	0.0%	3.9%	1.3%	0.9%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
24.7	0	0	57	0	3	7	2	0	0	0	15	4	3	1	0	4	2	0
	0.0%	0.0%	26.8%	0.0%	1.4%	3.3%	0.9%	0.0%	0.0%	0.0%	7.0%	1.9%	1.4%	0.5%	0.0%	1.9%	0.9%	0.0%
25.2	0	0	37	0	1	1	3	0	0	0	11	6	3	0	0	1	3	0
	0.0%	0.0%	17.9%	0.0%	0.5%	0.5%	1.4%	0.0%	0.0%	0.0%	5.3%	2.9%	1.4%	0.0%	0.0%	0.5%	1.4%	0.0%
25.6	0	0	40	0	3	3	0	0	1	0	10	3	0	2	0	1	2	0
	0.0%	0.0%	18.8%	0.0%	1.4%	1.4%	0.0%	0.0%	0.5%	0.0%	4.7%	1.4%	0.0%	0.9%	0.0%	0.5%	0.9%	0.0%
26.1	0	0	56	0	0	0	4	2	0	0	10	4	1	1	0	2	2	0
	0.0%	0.0%	29.5%	0.0%	0.0%	0.0%	2.1%	1.1%	0.0%	0.0%	5.3%	2.1%	0.5%	0.5%	0.0%	1.1%	1.1%	0.0%
26.6	0	0	60	0	0	2	2	0	0	0	14	0	2	0	0	0	0	0
	0.0%	0.0%	29.3%	0.0%	0.0%	1.0%	1.0%	0.0%	0.0%	0.0%	6.8%	0.0%	1.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
27.0	0	0	52	0	2	2	2	0	2	0	10	2	0	0	0	0	2	0
	0.0%	0.0%	26.0%	0.0%	1.0%	1.0%	1.0%	0.0%	1.0%	0.0%	5.0%	1.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.0%	0.0%
27.4	0	0	51	0	2	7	0	0	0	0	10	1	2	0	0	1	1	0
	0.0%	0.0%	24.4%	0.0%	1.0%	3.3%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	4.8%	0.5%	1.0%	0.0%	0.0%	0.5%	0.5%	0.0%
28.8	0	0	63	0	1	2	4	4	0	0	9	3	6	4	0	0	0	0
	0.0%	0.0%	28.9%	0.0%	0.5%	0.9%	1.8%	1.8%	0.0%	0.0%	4.1%	1.4%	2.8%	1.8%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
30.1	0	0	73	0	5	0	1	1	0	0	8	5	3	0	0	2	1	0
	0.0%	0.0%	35.3%	0.0%	2.4%	0.0%	0.5%	0.5%	0.0%	0.0%	3.9%	2.4%	1.4%	0.0%	0.0%	1.0%	0.5%	0.0%
31.2	0	0	30	0	0	0	4	0	0	0	6	2	1	1	0	0	0	0
	0.0%	0.0%	18.1%	0.0%	0.0%	0.0%	2.4%	0.0%	0.0%	0.0%	3.6%	1.2%	0.6%	0.6%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
32.2	0	0	54	0	2	0	2	0	0	0	10	4	4	0	0	2	4	0
	0.0%	0.0%	27.8%	0.0%	1.0%	0.0%	1.0%	0.0%	0.0%	0.0%	5.2%	2.1%	2.1%	0.0%	0.0%	1.0%	2.1%	0.0%
33.6	0	0	39	1	0	1	5	0	1	0	13	6	7	0	1	0	2	0
	0.0%	0.0%	19.5%	0.5%	0.0%	0.5%	2.5%	0.0%	0.5%	0.0%	6.5%	3.0%	3.5%	0.0%	0.5%	0.0%	1.0%	0.0%
33.9	0	0	56	0	2	4	4	1	0	0	18	0	2	0	1	0	2	0
	0.0%	0.0%	26.3%	0.0%	0.9%	1.9%	1.9%	0.5%	0.0%	0.0%	8.5%	0.0%	0.9%	0.0%	0.5%	0.0%	0.9%	0.0%
34.5	0	0	52	0	0	0	0	0	0	0	4	0	4	0	0	0	4	0
	0.0%	0.0%	26.8%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	2.1%	0.0%	2.1%	0.0%	0.0%	0.0%	2.1%	0.0%
34.8	0	0	46	0	0	3	2	0	0	0	16	6	2	0	0	2	2	0
	0.0%	0.0%	22.1%	0.0%	0.0%	1.4%	1.0%	0.0%	0.0%	0.0%	7.7%	2.9%	1.0%	0.0%	0.0%	1.0%	1.0%	0.0%
35.2	0	0	67	0	7	2	1	0	0	0	29	1	0	1	1	0	3	0
	0.0%	0.0%	33.8%	0.0%	3.5%	1.0%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	14.6%	0.5%	0.0%	0.5%	0.5%	0.0%	1.5%	0.0%
35.9	0	0	35	0	1	2	4	3	0	0	14	4	2	0	0	0	4	0
	0.0%	0.0%	17.2%	0.0%	0.5%	1.0%	2.0%	1.5%	0.0%	0.0%	6.9%	2.0%	1.0%	0.0%	0.0%	0.0%	2.0%	0.0%
37.4	0	0	42	0	4	0	4	0	1	0	23	1	0	0	0	0	0	0
	0.0%	0.0%	18.8%	0.0%	1.8%	0.0%	1.8%	0.0%	0.4%	0.0%	10.3%	0.4%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
39.4	0	0	41	1	1	1	1	1	1	0	12	2	5	1	1	0	2	0
	0.0%	0.0%	20.1%	0.5%	0.5%	0.5%	0.5%	0.5%	0.5%	0.0%	5.9%	1.0%	2.5%	0.5%	0.5%	0.0%	1.0%	0.0%
41.0	0	0	57	0	1	3	1	0	0	0	9	2	1	0	0	0	1	0
	0.0%	0.0%	29.8%	0.0%	0.5%	1.6%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	4.7%	1.0%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.5%	0.0%
43.1	0	0	49	0	4	2	0	2	0	0	9	0	2	0	0	2	0	0
	0.0%	0.0%	23.6%	0.0%	1.9%	1.0%	0.0%	1.0%	0.0%	0.0%	4.3%	0.0%	1.0%	0.0%	0.0%	1.0%	0.0%	0.0%
43.8	0	0	39	0	2	11	2	0	1	0	15	6	2	0	0	1	2	0
	0.0%	0.0%	17.6%	0.0%	0.9%	5.0%	0.9%	0.0%	0.5%	0.0%	6.8%	2.7%	0.9%	0.0%	0.0%	0.5%	0.9%	0.0%
44.3	0	0	34	0	7	6	5	0	0	0	13	0	3	1	0	0	2	0
	0.0%	0.0%	16.9%	0.0%	3.5%	3.0%	2.5%	0.0%	0.0%	0.0%	6.5%	0.0%	1.5%	0.5%	0.0%	0.0%	1.0%	0.0%

ka	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70
44.4	0	0	64	1	1	1	2	6	1	0	18	2	0	0	0	0	0	0
	0.0%	0.0%	32.2%	0.5%	0.5%	0.5%	1.0%	3.0%	0.5%	0.0%	9.0%	1.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
44.7	0	0	56	0	0	2	0	0	0	0	14	6	0	0	0	0	4	0
	0.0%	0.0%	28.0%	0.0%	0.0%	1.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	7.0%	3.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	2.0%	0.0%
45.0	0	0	38	1	2	2	3	0	0	0	7	2	0	2	0	3	0	0
	0.0%	0.0%	19.1%	0.5%	1.0%	1.0%	1.5%	0.0%	0.0%	0.0%	3.5%	1.0%	0.0%	1.0%	0.0%	1.5%	0.0%	0.0%
45.2	0	0	42	0	10	0	2	0	1	0	12	2	0	0	0	0	2	0
	0.0%	0.0%	20.9%	0.0%	5.0%	0.0%	1.0%	0.0%	0.5%	0.0%	6.0%	1.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.0%	0.0%
45.4	0	0	48	0	2	0	4	1	1	0	20	2	1	1	0	0	0	0
	0.0%	0.0%	21.1%	0.0%	0.9%	0.0%	1.8%	0.4%	0.4%	0.0%	8.8%	0.9%	0.4%	0.4%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
45.7	0	0	40	0	0	0	3	1	0	0	9	5	1	0	0	0	1	0
	0.0%	0.0%	19.4%	0.0%	0.0%	0.0%	1.5%	0.5%	0.0%	0.0%	4.4%	2.4%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.5%	0.0%
46.0	0	0	36	0	4	0	0	0	0	0	22	0	2	0	0	0	0	0
	0.0%	0.0%	17.9%	0.0%	2.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	10.9%	0.0%	1.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
46.1	0	0	26	0	1	1	0	0	0	0	17	3	1	0	0	1	0	0
	0.0%	0.0%	11.7%	0.0%	0.4%	0.4%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	7.6%	1.3%	0.4%	0.0%	0.0%	0.4%	0.0%	0.0%
46.3	0	0	54	0	2	2	0	0	0	0	16	8	0	0	0	0	0	0
	0.0%	0.0%	26.6%	0.0%	1.0%	1.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	7.9%	3.9%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
46.6	0	0	64	0	4	2	2	0	1	0	16	1	0	0	0	0	0	0
	0.0%	0.0%	29.6%	0.0%	1.9%	0.9%	0.9%	0.0%	0.5%	0.0%	7.4%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
47.2	0	0	49	0	4	1	6	2	0	0	11	4	3	3	1	0	0	0
	0.0%	0.0%	24.1%	0.0%	2.0%	0.5%	3.0%	1.0%	0.0%	0.0%	5.4%	2.0%	1.5%	1.5%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%
47.7	0	0	29	0	0	2	0	0	0	0	17	3	0	0	0	0	2	0
	0.0%	0.0%	13.7%	0.0%	0.0%	0.9%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	8.1%	1.4%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.9%	0.0%
48.4	0	0	36	0	3	2	4	0	0	0	15	4	5	0	0	0	1	0
	0.0%	0.0%	16.3%	0.0%	1.4%	0.9%	1.8%	0.0%	0.0%	0.0%	6.8%	1.8%	2.3%	0.0%	0.0%	0.0%	0.5%	0.0%
48.9	0	0	46	0	2	0	6	1	0	0	4	4	0	0	0	0	2	0
	0.0%	0.0%	20.4%	0.0%	0.9%	0.0%	2.7%	0.4%	0.0%	0.0%	1.8%	1.8%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.9%	0.0%
49.1	0	0	44	0	1	0	1	0	0	0	16	1	2	0	0	1	0	0
	0.0%	0.0%	21.4%	0.0%	0.5%	0.0%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	7.8%	0.5%	1.0%	0.0%	0.0%	0.5%	0.0%	0.0%
49.6	0	0	37	0	2	0	3	1	0	0	16	0	1	1	0	0	0	0
	0.0%	0.0%	18.0%	0.0%	1.0%	0.0%	1.5%	0.5%	0.0%	0.0%	7.8%	0.0%	0.5%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
50.4	0	0	43	0	2	1	2	0	1	1	8	0	2	0	0	0	2	0
	0.0%	0.0%	21.4%	0.0%	1.0%	0.5%	1.0%	0.0%	0.5%	0.5%	4.0%	0.0%	1.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.0%	0.0%
51.4	0	0	30	0	3	7	2	1	1	0	12	0	2	1	0	1	1	0
	0.0%	0.0%	14.6%	0.0%	1.5%	3.4%	1.0%	0.5%	0.5%	0.0%	5.8%	0.0%	1.0%	0.5%	0.0%	0.5%	0.5%	0.0%
51.8	0	0	40	0	8	0	4	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0
	0.0%	0.0%	18.2%	0.0%	3.6%	0.0%	1.8%	0.0%	0.0%	0.0%	4.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
52.0	0	0	40	0	0	2	0	0	0	0	6	3	1	0	0	0	3	0
	0.0%	0.0%	16.2%	0.0%	0.8%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	2.4%	1.2%	0.4%	0.0%	0.0%	0.0%	1.2%	0.0%
52.3	0	0	53	0	1	0	0	0	0	0	8	3	2	0	0	0	2	0
	0.0%	0.0%	24.4%	0.0%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	3.7%	1.4%	0.9%	0.0%	0.0%	0.0%	0.9%	0.0%
52.7	0	0	38	0	5	2	2	0	0	0	7	1	3	2	0	1	1	0
	0.0%	0.0%	18.5%	0.0%	2.4%	1.0%	1.0%	0.0%	0.0%	0.0%	3.4%	0.5%	1.5%	1.0%	0.0%	0.5%	0.5%	0.0%
53.2	0	0	34	1	1	1	3	0	0	0	13	4	3	0	0	3	3	0
	0.0%	0.0%	17.3%	0.5%	0.5%	0.5%	1.5%	0.0%	0.0%	0.0%	6.6%	2.0%	1.5%	0.0%	0.0%	1.5%	1.5%	0.0%
53.5	0	0	42	0	1	1	2	0	0	0	19	3	1	0	0	0	1	0
	0.0%	0.0%	18.8%	0.0%	0.4%	0.4%	0.9%	0.0%	0.0%	0.0%	8.5%	1.3%	0.4%	0.0%	0.0%	0.0%	0.4%	0.0%
54.0	0	0	21	0	2	3	1	1	0	0	17	0	0	0	0	0	0	0
	0.0%	0.0%	9.9%	0.0%	0.9%	1.4%	0.5%	0.5%	0.0%	0.0%	8.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
54.1	0	0	40	0	0	2	2	0	0	0	12	0	1	2	0	2	0	0
	0.0%	0.0%	19.6%	0.0%	0.0%	1.0%	1.0%	0.0%	0.0%	0.0%	5.9%	0.0%	0.5%	1.0%	0.0%	1.0%	0.0%	0.0%
54.3	0	0	31	0	2	1	1	0	0	0	18	2	0	0	0	0	0	0
	0.0%	0.0%	14.8%	0.0%	1.0%	0.5%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	8.6%	1.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
54.6	0	0	30	0	4	1	1	0	0	0	19	5	1	0	0	2	0	0
	0.0%	0.0%	14.9%	0.0%	2.0%	0.5%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	9.5%	2.5%	0.5%	0.0%	0.0%	1.0%	0.0%	0.0%
54.9	0	0	29	0	0	0	4	0	0	0	27	0	3	0	0	0	3	0
	0.0%	0.0%	15.2%	0.0%	0.0%	0.0%	2.1%	0.0%	0.0%	0.0%	14.1%	0.0%	1.6%	0.0%	0.0%	0.0%	1.6%	0.0%
55.4	0	1	42	0	2	0	2	0	0	0	14	0	0	0	0	0	0	0
	0.0%	0.5%	21.0%	0.0%	1.0%	0.0%	1.0%	0.0%	0.0%	0.0%	7.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
56.0	0	0	23	0	1	1	4	1	1	0	7	0	1	0	0	1	0	0
	0.0%	0.0%	11.2%	0.0%	0.5%	0.5%	2.0%	0.5%	0.5%	0.0%	3.4%	0.0%	0.5%	0.0%	0.0%	0.5%	0.0%	0.0%
56.7	0	0	66	0	5	5	3	1	0	0	28	0	1	0	0	0	0	0
	0.0%	0.0%	32.5%	0.0%	2.5%	2.5%	1.5%	0.5%	0.0%	0.0%	13.8%	0.0%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
58.2	0	0	50	0	1	3	0	4	0	0	9	0	1	0	0	0	0	0
	0.0%	0.0%	23.7%	0.0%	0.5%	1.4%	0.0%	1.9%	0.0%	0.0%	4.3%	0.0%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
59.4	0	0	100	0	8	26	0	2	0	0	11	0	1	1	0	1	2	0
	0.0%	0.0%	47.6%	0.0%	3.8%	12.4%	0.0%	1.0%	0.0%	0.0%	5.2%	0.0%	0.5%	0.5%	0.0%	0.5%	1.0%	0.0%
60.6	0	0	99	0	2	4	0	1	0	0	10	1	1	0	0	0	0	0
	0.0%	0.0%	47.8%	0.0%	1.0%	1.9%	0.0%	0.5%	0.0%	0.0%	4.8%	0.5%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
61.4	0	0	55	0	0	4	6	0	0	0	8	2	4	0	0	0	0	0
	0.0%	0.0%	27.1%	0.0%	0.0%	2.0%	3.0%	0.0%	0.0%	0.0%	3.9%	1.0%	2.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
63.1	0	0	52	0	0	0	4	1	0	0	4	2	4	0	0	0	0	0
	0.0%	0.0%	25.6%	0.0%	0.0%	0.0%	2.0%	0.5%	0.0%	0.0%	2.0%	1.0%	2.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
64.8	0	0	68	1	1	2	3	2	1	1	8	1	1	0	0	1	2	1

ka	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70
	0.0%	0.0%	34.0%	0.5%	0.5%	1.0%	1.5%	1.0%	0.5%	0.5%	4.0%	0.5%	0.5%	0.0%	0.0%	0.5%	1.0%	0.5%
65.6	0	0	87	0	4	3	8	1	0	0	10	5	3	0	0	3	2	0
	0.0%	0.0%	36.6%	0.0%	1.7%	1.3%	3.4%	0.4%	0.0%	0.0%	4.2%	2.1%	1.3%	0.0%	0.0%	1.3%	0.8%	0.0%
67.0	0	0	53	0	1	1	2	1	1	1	8	2	3	2	0	2	3	0
	0.0%	0.0%	26.0%	0.0%	0.5%	0.5%	1.0%	0.5%	0.5%	0.5%	3.9%	1.0%	1.5%	1.0%	0.0%	1.0%	1.5%	0.0%
68.1	1	0	92	0	0	1	1	1	2	0	5	0	4	0	0	2	0	1
	0.5%	0.0%	44.4%	0.0%	0.0%	0.5%	0.5%	0.5%	1.0%	0.0%	2.4%	0.0%	1.9%	0.0%	0.0%	1.0%	0.0%	0.5%
69.6	0	0	72	0	4	1	2	5	1	1	8	0	6	1	0	0	2	0
	0.0%	0.0%	36.0%	0.0%	2.0%	0.5%	1.0%	2.5%	0.5%	0.5%	4.0%	0.0%	3.0%	0.5%	0.0%	0.0%	1.0%	0.0%
70.5	0	0	61	0	1	2	5	2	0	0	9	0	4	0	0	1	3	0
	0.0%	0.0%	30.5%	0.0%	0.5%	1.0%	2.5%	1.0%	0.0%	0.0%	4.5%	0.0%	2.0%	0.0%	0.0%	0.5%	1.5%	0.0%
71.6	1	0	59	0	0	3	1	0	0	0	7	4	3	0	0	3	1	0
	0.5%	0.0%	29.5%	0.0%	0.0%	1.5%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	3.5%	2.0%	1.5%	0.0%	0.0%	1.5%	0.5%	0.0%
72.6	0	0	56	0	4	0	10	0	0	0	3	3	4	0	0	8	0	0
	0.0%	0.0%	27.6%	0.0%	2.0%	0.0%	4.9%	0.0%	0.0%	0.0%	1.5%	1.5%	2.0%	0.0%	0.0%	3.9%	0.0%	0.0%
74.2	0	0	89	0	1	0	0	4	3	1	6	2	1	1	0	4	1	0
	0.0%	0.0%	44.7%	0.0%	0.5%	0.0%	0.0%	2.0%	1.5%	0.5%	3.0%	1.0%	0.5%	0.5%	0.0%	2.0%	0.5%	0.0%
75.6	0	0	56	1	4	3	1	3	0	0	5	2	3	3	0	1	3	0
	0.0%	0.0%	27.6%	0.5%	2.0%	1.5%	0.5%	1.5%	0.0%	0.0%	2.5%	1.0%	1.5%	1.5%	0.0%	0.5%	1.5%	0.0%
77.2	0	0	68	0	5	2	3	1	0	0	7	0	1	0	0	4	0	0
	0.0%	0.0%	33.5%	0.0%	2.5%	1.0%	1.5%	0.5%	0.0%	0.0%	3.4%	0.0%	0.5%	0.0%	0.0%	2.0%	0.0%	0.0%
78.8	0	0	57	0	2	1	0	0	1	0	7	0	3	0	0	2	0	0
	0.0%	0.0%	27.0%	0.0%	0.9%	0.5%	0.0%	0.0%	0.5%	0.0%	3.3%	0.0%	1.4%	0.0%	0.0%	0.9%	0.0%	0.0%
80.0	0	0	61	1	2	1	6	0	0	0	3	1	2	0	0	2	4	0
	0.0%	0.0%	30.3%	0.5%	1.0%	0.5%	3.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.5%	0.5%	1.0%	0.0%	0.0%	1.0%	2.0%	0.0%
81.1	0	0	40	0	2	0	0	0	0	0	10	0	2	0	0	0	0	0
	0.0%	0.0%	20.5%	0.0%	1.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	5.1%	0.0%	1.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
81.8	0	0	60	0	2	8	2	0	0	0	6	2	2	0	0	0	0	0
	0.0%	0.0%	25.2%	0.0%	0.8%	3.4%	0.8%	0.0%	0.0%	0.0%	2.5%	0.8%	0.8%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
83.0	0	0	91	0	2	4	3	2	0	0	3	1	2	2	0	2	1	0
	0.0%	0.0%	45.5%	0.0%	1.0%	2.0%	1.5%	1.0%	0.0%	0.0%	1.5%	0.5%	1.0%	1.0%	0.0%	1.0%	0.5%	0.0%
83.7	0	0	81	1	0	3	3	0	2	0	8	0	1	0	0	0	0	0
	0.0%	0.0%	40.5%	0.5%	0.0%	1.5%	1.5%	0.0%	1.0%	0.0%	4.0%	0.0%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
84.2	0	0	52	0	2	5	1	1	0	0	9	0	2	0	0	0	1	0
	0.0%	0.0%	25.9%	0.0%	1.0%	2.5%	0.5%	0.5%	0.0%	0.0%	4.5%	0.0%	1.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.5%	0.0%
84.3	0	0	58	1	2	0	2	0	0	0	16	0	0	0	0	0	2	0
	0.0%	0.0%	29.0%	0.5%	1.0%	0.0%	1.0%	0.0%	0.0%	0.0%	8.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.0%	0.0%
84.6	0	1	78	0	1	4	3	10	5	0	13	0	5	1	0	0	4	0
	0.0%	0.4%	29.8%	0.0%	0.4%	1.5%	1.1%	3.8%	1.9%	0.0%	5.0%	0.0%	1.9%	0.4%	0.0%	0.0%	1.5%	0.0%
85.0	0	0	90	0	2	1	0	0	2	0	8	0	1	1	0	0	1	0
	0.0%	0.0%	43.3%	0.0%	1.0%	0.5%	0.0%	0.0%	1.0%	0.0%	3.8%	0.0%	0.5%	0.5%	0.0%	0.0%	0.5%	0.0%
85.3	0	0	84	0	2	3	0	1	1	0	4	2	1	0	2	2	2	0
	0.0%	0.0%	39.1%	0.0%	0.9%	1.4%	0.0%	0.5%	0.5%	0.0%	1.9%	0.9%	0.5%	0.0%	0.9%	0.9%	0.9%	0.0%
85.9	0	0	104	1	2	3	0	1	0	0	12	0	3	0	0	2	0	0
	0.0%	0.0%	52.0%	0.5%	1.0%	1.5%	0.0%	0.5%	0.0%	0.0%	6.0%	0.0%	1.5%	0.0%	0.0%	1.0%	0.0%	0.0%

Age (ka)	71. <i>Plantago</i>	72. <i>Plantago lanceolata</i>	73. Polygonaceae	74. <i>Rumex</i>	75. Papaveraceae	76. Ranunculaceae	77. Scrophulariaceae	78. Osiaceae	79. Combrétaceae	80. Euphorbiaceae	81. Caprifoliaceae	82. Saxifragaceae	83. Dipsacaceae	84. Geraniaceae	85. Primulaceae	86. Crassulaceae	87. Gentianaceae	88. Zygophyllaceae
0.1	0	0	0	0	0	1	4	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.5%	2.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.5%	0.5%	0.0%	0.5%	0.0%	0.0%
0.6	0	0	0	0	0	3	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.4%	0.9%	1.4%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
1.4	1	0	1	2	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	2	3	0	0
	0.5%	0.0%	0.5%	1.0%	0.0%	0.0%	0.5%	0.0%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.0%	1.4%	0.0%	0.0%
2.1	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	0.5%	0.0%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.5%	0.0%	0.0%
2.6	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
3.3	0	0	0	2	0	2	2	0	2	0	0	0	0	0	1	3	0	0
	0.0%	0.0%	0.0%	1.0%	0.0%	1.0%	1.0%	0.0%	1.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.5%	1.5%	0.0%	0.0%
3.8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
4.4	0	0	1	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0
	0.0%	0.0%	0.5%	0.0%	0.0%	0.5%	1.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.0%	0.0%	0.0%
5.1	1	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	4	0	1
	0.4%	0.0%	0.4%	0.4%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.4%	0.0%	0.0%	0.4%	0.0%	0.0%	0.0%	1.8%	0.0%	0.4%
5.7	3	0	1	0	0	2	5	2	1	0	0	0	1	0	2	1	0	0
	1.4%	0.0%	0.5%	0.0%	0.0%	0.9%	2.3%	0.9%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.5%	0.0%	0.9%	0.5%	0.0%	0.0%
6.4	0	0	0	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0.0%	0.0%	0.0%	1.0%	0.5%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
7.2	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	2	0	0
	0.0%	0.0%	0.5%	0.0%	0.0%	0.5%	0.0%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.5%	0.0%	0.9%	0.0%	0.0%
7.5	0	0	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	3	0	0
	0.0%	0.0%	0.8%	0.0%	0.0%	0.4%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.4%	0.0%	1.3%	0.0%	0.0%
7.8	0	3	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0.0%	1.3%	0.0%	1.3%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
8.0	0	0	0	4	0	4	4	1	0	0	0	0	0	1	0	5	0	0
	0.0%	0.0%	0.0%	1.7%	0.0%	1.7%	1.7%	0.4%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.4%	0.0%	2.1%	0.0%	0.0%
8.2	0	1	0	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0.0%	0.5%	0.0%	1.0%	0.0%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
8.3	4	0	0	2	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0
	1.7%	0.0%	0.0%	0.9%	0.0%	0.9%	0.4%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.3%	0.0%	0.0%
8.5	0	1	0	2	0	2	0	0	1	1	0	0	0	0	0	3	0	1
	0.0%	0.4%	0.0%	0.8%	0.0%	0.8%	0.0%	0.0%	0.4%	0.4%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.3%	0.0%	0.4%
9.2	1	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0.5%	0.0%	0.0%	0.9%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
9.4	0	0	0	2	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0.0%	0.0%	0.0%	0.9%	0.0%	0.0%	0.4%	0.4%	0.4%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
9.9	1	0	0	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	2
	0.4%	0.0%	0.0%	0.9%	0.0%	0.4%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.9%	0.0%	0.9%
10.4	1	0	0	0	0	2	1	1	1	0	0	0	0	0	2	2	0	0
	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.0%	0.5%	0.5%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.0%	1.0%	0.0%	0.0%
10.8	0	0	0	4	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0
	0.0%	0.0%	0.0%	2.0%	0.0%	2.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.0%	0.0%	0.0%
11.2	1	0	1	3	0	0	3	0	0	0	0	0	2	0	0	1	0	0
	0.5%	0.0%	0.5%	1.5%	0.0%	0.0%	1.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.0%	0.0%	0.0%	0.5%	0.0%	0.0%
11.9	0	1	2	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0.0%	0.4%	0.9%	0.0%	0.0%	1.3%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
12.3	0	0	0	0	0	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.0%	0.0%	0.0%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.5%	0.0%	0.5%
12.7	0	0	0	0	0	0	2	0	4	0	4	0	0	0	2	0	0	0
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.1%	0.0%	2.1%	0.0%	2.1%	0.0%	0.0%	0.0%	1.1%	0.0%	0.0%	0.0%
14.0	2	0	4	1	0	3	0	1	1	0	0	0	0	0	0	3	0	0
	1.0%	0.0%	2.0%	0.5%	0.0%	1.5%	0.0%	0.5%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.5%	0.0%	0.0%
14.6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
15.5	0	0	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0.0%	0.0%	1.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
17.0	0	0	0	0	0	0	0	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.5%	1.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
18.8	0	0	2	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0.0%	0.0%	1.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
19.7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.5%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
21.0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	1

ka	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88
22.4	0.0%	0.0%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.0%	0.0%	0.5%
23.7	0.0%	0.0%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.5%	0.0%	0.0%	1.0%	0.0%	0.0%
24.3	0.0%	0.0%	1.3%	0.0%	0.0%	0.0%	0.4%	0.4%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.4%	0.0%	0.0%
24.7	0.0%	0.0%	0.0%	0.5%	0.0%	0.5%	0.9%	0.0%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
25.2	0.0%	0.0%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	1.0%	0.0%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
25.6	0.0%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.4%	0.9%	0.0%	0.0%	0.0%	0.5%	0.5%	0.0%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%
26.1	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.1%	1.1%	0.0%	1.1%	0.0%	1.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
26.6	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.5%
27.0	0.0%	0.0%	1.0%	0.0%	0.0%	0.0%	2.0%	1.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.0%	0.0%	0.0%	0.0%
27.4	0.0%	0.5%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.5%	1.0%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.0%	0.0%	0.0%
28.8	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
30.1	0.0%	0.0%	0.5%	0.5%	0.0%	1.0%	0.5%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.5%	0.5%	0.0%	0.0%
31.2	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
32.2	0.0%	0.0%	2.1%	0.0%	0.0%	2.1%	2.1%	0.0%	1.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.0%	4.1%	0.0%	2.1%
33.6	0.5%	0.5%	1.5%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.5%	1.0%	0.0%	0.0%
33.9	0.0%	0.0%	0.5%	0.0%	0.0%	0.5%	0.5%	0.0%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.9%	0.0%	0.0%	0.0%
34.5	0.0%	0.0%	1.0%	0.0%	0.0%	0.5%	1.0%	0.0%	1.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.0%	2.1%	0.0%	0.0%
34.8	0.0%	0.0%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
35.2	0.0%	0.0%	1.0%	0.0%	0.0%	1.0%	0.5%	0.5%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.0%	0.5%	0.0%	1.5%
35.9	0.0%	0.0%	2.0%	0.0%	0.0%	1.0%	0.5%	0.0%	0.5%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.5%
37.4	0.0%	0.0%	1.3%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
39.4	0.0%	0.0%	1.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.5%	0.0%	0.0%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%
41.0	0.0%	0.0%	0.5%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
43.1	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.5%
43.8	0.0%	0.0%	0.5%	0.5%	0.0%	0.5%	0.0%	0.0%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
44.3	0.0%	0.0%	1.0%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%

ka	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88
44.4	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	2	1	4	0	2
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.0%	0.5%	2.0%	0.0%	1.0%
44.7	0	0	2	0	0	0	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0.0%	0.0%	1.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.5%	1.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
45.0	0	0	0	0	0	2	2	0	1	0	0	0	1	0	0	2	0	0
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.0%	1.0%	0.0%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.5%	0.0%	0.0%	1.0%	0.0%	0.0%
45.2	0	0	4	1	0	1	0	4	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0
	0.0%	0.0%	2.0%	0.5%	0.0%	0.5%	0.0%	2.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
45.4	0	0	2	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0.0%	0.0%	0.9%	0.0%	0.0%	0.9%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
45.7	0	0	1	0	0	0	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0.0%	0.0%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	1.0%	0.0%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
46.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
46.1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0
	0.0%	0.0%	0.0%	0.4%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.4%	0.0%	0.4%	0.4%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
46.3	0	0	2	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0.0%	0.0%	1.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
46.6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
47.2	0	0	1	0	0	1	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0
	0.0%	0.0%	0.5%	0.0%	0.0%	0.5%	0.5%	0.0%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
47.7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.9%	0.0%	0.0%
48.4	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.9%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
48.9	0	0	0	2	0	0	0	0	3	0	0	0	1	0	0	2	0	0
	0.0%	0.0%	0.0%	0.9%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.3%	0.0%	0.0%	0.0%	0.4%	0.0%	0.0%	0.9%	0.0%	0.0%
49.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
49.6	0	0	3	0	0	0	1	0	2	0	0	0	0	0	0	2	0	0
	0.0%	0.0%	1.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.5%	0.0%	1.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.0%	0.0%	0.0%
50.4	0	0	0	0	0	2	2	1	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.0%	1.0%	0.5%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.5%	0.5%	0.0%	0.0%
51.4	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
	0.0%	0.0%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.5%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
51.8	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	2	0	0
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.9%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.9%	0.0%	0.0%
52.0	0	0	1	0	0	0	2	1	0	0	0	0	2	0	0	1	0	0
	0.0%	0.0%	0.4%	0.0%	0.0%	0.0%	0.8%	0.4%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.8%	0.0%	0.0%	0.4%	0.0%	0.0%
52.3	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.5%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
52.7	0	0	0	0	0	0	2	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.0%	0.0%	1.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
53.2	0	0	0	0	0	2	4	0	0	0	0	0	0	0	1	2	0	0
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.0%	2.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.5%	1.0%	0.0%	0.0%
53.5	0	0	2	0	0	1	2	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	0.0%	0.0%	0.9%	0.0%	0.0%	0.4%	0.9%	0.4%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.4%	0.0%	0.0%
54.0	1	0	1	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0.5%	0.0%	0.5%	0.0%	0.0%	0.5%	0.9%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
54.1	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
54.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
54.6	1	0	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.0%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
54.9	0	0	1	0	0	1	4	3	1	0	0	0	0	0	1	2	0	1
	0.0%	0.0%	0.5%	0.0%	0.0%	0.5%	2.1%	1.6%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.5%	1.0%	0.0%	0.5%
55.4	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
56.0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.5%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.5%	0.0%	0.0%	0.5%	0.0%	0.0%
56.7	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0.0%	0.0%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
58.2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.5%	0.0%	0.5%	0.0%	0.0%
59.4	0	0	0	0	0	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.5%	0.0%	1.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.0%
60.6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.5%	0.0%	0.0%
61.4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
63.1	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
64.8	1	0	1	0	0	1	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ka	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88
	0.5%	0.0%	0.5%	0.0%	0.0%	0.5%	1.0%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
65.6	0	0	1	2	0	2	2	0	1	0	0	0	0	0	2	1	0	0
	0.0%	0.0%	0.4%	0.8%	0.0%	0.8%	0.8%	0.0%	0.4%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.8%	0.4%	0.0%	0.0%
67.0	0	0	0	0	0	3	1	1	1	0	0	0	0	1	2	0	0	1
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.5%	0.5%	0.5%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.5%	1.0%	0.0%	0.0%	0.5%
68.1	0	0	0	2	0	4	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	0.0%	0.0%	0.0%	1.0%	0.0%	1.9%	0.0%	0.0%	0.0%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
69.6	0	0	1	0	0	1	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0.0%	0.0%	0.5%	0.0%	0.0%	0.5%	0.0%	0.5%	1.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
70.5	0	0	2	0	0	2	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0
	0.0%	0.0%	1.0%	0.0%	0.0%	1.0%	0.0%	0.0%	0.5%	0.0%	0.0%	0.5%	0.0%	0.0%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%
71.6	0	0	2	3	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	3	4	0	2
	0.0%	0.0%	1.0%	1.5%	0.0%	0.5%	0.5%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.5%	2.0%	0.0%	1.0%
72.6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
74.2	0	0	2	0	0	1	1	0	2	0	0	0	0	2	2	0	0	0
	0.0%	0.0%	1.0%	0.0%	0.0%	0.5%	0.5%	0.0%	1.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.0%	1.0%	0.0%	0.0%	0.0%
75.6	0	0	0	0	0	0	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.0%	0.0%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
77.2	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	3	0	0
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.5%	0.0%	0.0%
78.8	0	0	0	0	0	1	0	0	3	0	0	0	0	1	0	1	0	0
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.5%	0.0%	0.0%	1.4%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.5%	0.0%	0.5%	0.0%	0.0%
80.0	0	0	1	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0.0%	0.0%	0.5%	0.0%	0.0%	1.0%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
81.1	1	1	2	2	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0
	0.5%	0.5%	1.0%	1.0%	0.0%	0.0%	1.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.0%	0.0%	0.0%
81.8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
83.0	1	0	1	0	0	1	2	0	1	0	0	0	1	0	0	1	1	1
	0.5%	0.0%	0.5%	0.0%	0.0%	0.5%	1.0%	0.0%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.5%	0.0%	0.0%	0.5%	0.5%	0.5%
83.7	0	0	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0.0%	0.0%	0.5%	1.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
84.2	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.5%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
84.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
84.6	1	0	3	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	0.4%	0.0%	1.1%	0.4%	0.0%	0.4%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.4%	0.0%	0.0%
85.0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0
	0.0%	0.0%	0.5%	0.0%	0.0%	0.5%	0.0%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
85.3	2	0	0	1	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0.9%	0.0%	0.0%	0.5%	0.0%	0.9%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
85.9	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.5%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%

Age (ka)	89. Myrtus	90. Malvaceae	91. Solanaceae	92. Valerianaceae	93. Amaryllidaceae	94. Salvadoraceae	95. Loranthus	96. Acanthaceae	97. Thymelaea	98. Campanulaceae	99. Epilobium	100. Orobanchaceae	101. Icacinaceae	102. Aistlochiaceae
0.1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0.5%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
0.6	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
1.4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
2.1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	2	0	0	0
	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.5%	0.0%	1.0%	0.0%	0.0%	0.0%
2.6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
3.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
3.8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
4.4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
5.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.4%	0.0%	0.4%	0.0%
5.7	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
6.4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
7.2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
7.5	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0.0%	0.0%	0.0%	0.4%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
7.8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
8.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
8.2	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	3	0
	0.0%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.5%	0.0%
8.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
8.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
9.2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0.0%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
9.4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
9.9	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.4%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
10.4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
10.8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
11.2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	1.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
11.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	3	0
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.4%	0.0%	1.3%	0.0%
12.3	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
12.7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
14.0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
14.6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
15.5	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0
	0.5%	0.0%	0.0%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.5%	0.0%	0.0%	0.5%	0.5%	0.0%
17.0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
18.8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.0%	0.0%
19.7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
21.0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ka	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102
22.4	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
23.7	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
24.3	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0.9%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
24.7	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0.0%	0.0%	0.0%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
25.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
25.6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
26.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
26.6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.0%	0.0%
27.0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	1.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
27.4	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.5%	0.0%
28.8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
30.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
31.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
32.2	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
33.6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
33.9	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.9%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
34.5	2	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	2	0
	1.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.0%	0.0%
34.8	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	2	0
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.0%	0.0%
35.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
35.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	2.0%	0.0%
37.4	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0.9%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
39.4	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
	0.5%	0.0%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
41.0	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	1.0%	0.0%	0.0%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
43.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
43.8	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0.9%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
44.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.5%	0.0%



ka	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
65.6	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0.4%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
67.0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
68.1	2	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
	1.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
69.6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
70.5	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
71.6	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
72.6	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	1.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
74.2	4	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2.0%	0.0%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
75.6	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
77.2	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2	0
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	1.0%	0.0%
78.8	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
80.0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
81.1	2	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	1.0%	0.0%	0.0%	1.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
81.8	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0.8%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
83.0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0
	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	2.0%	0.0%
83.7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
84.2	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
84.3	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
84.6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
85.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
85.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.9%	0.0%
85.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%

## Hydro. & Aquatic:

Age (ka)	103. Fraxinus	104. Tamarix	105. Populus	106. Salix	107. Typha	108. Sparganium	Sum Hydrophilis	109. Lemna	110. Potamogeton	111. Nymphaeaceae	112. Myriophyllum	113. Elaeagnaceae	Sum Aquatic
0.1	1	0	0	0	0	0	1	5	5	0	0	0	10
	100.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%	50.0%	50.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%
0.6	0	0	0	0	1	0	1	2	15	0	0	0	17
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	100.0%	11.8%	88.2%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%
1.4	0	0	1	0	6	0	7	6	9	0	1	0	16
	0.0%	0.0%	14.3%	0.0%	85.7%	0.0%	100.0%	37.5%	56.3%	0.0%	6.3%	0.0%	100.0%
2.1	3	1	0	0	0	0	4	2	2	0	0	0	4
	75.0%	25.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%	50.0%	50.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%
2.6	0	0	0	0	0	0	0	5	4	0	0	0	9
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	55.6%	44.4%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%
3.3	1	0	0	0	1	0	2	6	2	0	0	0	8
	50.0%	0.0%	0.0%	0.0%	50.0%	0.0%	100.0%	75.0%	25.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%
3.8	1	0	0	0	1	0	2	4	4	0	0	0	8
	50.0%	0.0%	0.0%	0.0%	50.0%	0.0%	100.0%	50.0%	50.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%
4.4	2	1	0	0	0	0	3	2	4	0	0	0	6
	66.7%	33.3%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%	33.3%	66.7%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%
5.1	0	0	0	0	0	0	0	9	5	0	0	0	14
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	64.3%	35.7%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%
5.7	1	0	1	0	0	0	2	1	8	0	0	0	9
	50.0%	0.0%	50.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%	11.1%	88.9%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%
6.4	1	0	2	0	0	1	4	4	2	0	0	0	6
	25.0%	0.0%	50.0%	0.0%	0.0%	25.0%	100.0%	66.7%	33.3%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%
7.2	5	0	0	0	0	0	5	2	1	0	0	0	3
	100.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%	66.7%	33.3%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%
7.5	6	0	0	0	0	0	6	2	0	0	0	0	2
	100.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%	100.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%
7.8	1	0	0	1	0	0	2	8	0	0	0	0	8
	50.0%	0.0%	0.0%	50.0%	0.0%	0.0%	100.0%	100.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%
8.0	3	1	1	0	0	0	5	5	3	0	0	0	8
	60.0%	20.0%	20.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%	62.5%	37.5%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%
8.2	2	0	0	0	0	0	2	0	8	0	0	0	8
	100.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	100.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%
8.3	5	3	0	0	0	0	8	1	1	0	0	0	2
	62.5%	37.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%	50.0%	50.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%
8.5	3	2	0	0	0	0	5	6	6	0	0	0	12
	60.0%	40.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%	50.0%	50.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%
9.2	4	0	0	1	0	0	5	248	24	0	0	0	272
	80.0%	0.0%	0.0%	20.0%	0.0%	0.0%	100.0%	91.2%	8.8%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%
9.4	5	0	0	0	1	0	6	6	1	0	0	5	12
	83.3%	0.0%	0.0%	0.0%	16.7%	0.0%	100.0%	50.0%	8.3%	0.0%	0.0%	41.7%	100.0%
9.9	0	0	0	0	1	0	1	28	3	1	0	0	32
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	100.0%	87.5%	9.4%	3.1%	0.0%	0.0%	100.0%
10.4	2	0	0	0	0	0	2	5	2	0	1	0	8
	100.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%	62.5%	25.0%	0.0%	12.5%	0.0%	100.0%
10.8	2	0	2	0	0	0	4	2	0	0	0	0	2
	50.0%	0.0%	50.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%	100.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%
11.2	1	0	0	0	0	0	1	3	11	1	0	0	15
	100.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%	20.0%	73.3%	6.7%	0.0%	0.0%	100.0%
11.9	0	0	0	0	0	0	0	6	15	0	0	0	21
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	28.6%	71.4%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%
12.3	4	0	0	0	0	0	4	1	1	0	0	0	2
	100.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%	50.0%	50.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%
12.7	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	4
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%
14.0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	4
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%
14.6	10	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0
	100.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
15.5	0	2	0	0	0	0	2	5	3	1	0	0	9
	0.0%	100.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%	55.6%	33.3%	11.1%	0.0%	0.0%	100.0%
17.0	0	0	0	0	0	0	0	3	5	0	0	0	8
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	37.5%	62.5%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%
18.8	0	0	0	0	0	0	0	3	1	1	0	0	5
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	60.0%	20.0%	20.0%	0.0%	0.0%	100.0%
19.7	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	5
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%
21.0	0	0	0	0	0	0	0	6	4	0	0	0	10
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	60.0%	40.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%

ka	103	104	105	106	107	108	sum	109	110	111	112	113	sum
22.4	0	1	0	0	0	0	1	0	2	0	1	0	3
	0.0%	100.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	66.7%	0.0%	33.3%	0.0%	100.0%
23.7	0	0	0	0	0	0	0	5	2	3	0	0	10
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	50.0%	20.0%	30.0%	0.0%	0.0%	100.0%
24.3	0	0	0	0	0	0	0	1	7	0	0	0	8
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	12.5%	87.5%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%
24.7	0	0	1	0	0	2	3	0	12	0	0	0	12
	0.0%	0.0%	33.3%	0.0%	0.0%	66.7%	100.0%	0.0%	100.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%
25.2	0	0	0	0	0	0	0	1	2	0	0	0	3
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	33.3%	66.7%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%
25.6	0	2	0	0	0	0	2	5	3	0	0	0	8
	0.0%	100.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%	62.5%	37.5%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%
26.1	0	0	0	0	0	0	0	0	14	0	0	0	14
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%
26.6	0	0	0	0	0	0	0	4	6	0	0	0	10
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	40.0%	60.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%
27.0	0	0	0	0	0	0	0	2	6	0	0	0	8
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	25.0%	75.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%
27.4	2	1	0	0	0	0	3	3	5	0	1	0	9
	66.7%	33.3%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%	33.3%	55.6%	0.0%	11.1%	0.0%	100.0%
28.8	0	0	0	2	1	0	3	0	2	0	0	0	2
	0.0%	0.0%	0.0%	66.7%	33.3%	0.0%	100.0%	0.0%	100.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%
30.1	0	0	0	0	0	0	0	3	11	0	0	0	14
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	21.4%	78.6%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%
31.2	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	6
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%
32.2	0	0	0	2	0	0	2	6	4	0	0	0	10
	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	0.0%	100.0%	60.0%	40.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%
33.6	0	0	0	0	1	0	1	0	5	0	0	0	5
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	100.0%	0.0%	100.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%
33.9	0	1	0	1	0	0	2	0	7	0	0	0	7
	0.0%	50.0%	0.0%	50.0%	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	100.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%
34.5	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0	0	0	20
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%
34.8	0	0	0	0	0	0	0	0	13	0	0	0	13
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%
35.2	0	0	0	0	0	0	0	1	4	0	0	0	5
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	20.0%	80.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%
35.9	0	2	0	0	0	0	2	2	7	0	0	0	9
	0.0%	100.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%	22.2%	77.8%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%
37.4	0	2	0	0	0	0	2	0	8	0	0	0	8
	0.0%	100.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	100.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%
39.4	1	1	0	0	0	0	2	1	9	0	0	0	10
	50.0%	50.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%	10.0%	90.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%
41.0	0	0	0	0	0	0	0	3	1	0	0	0	4
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	75.0%	25.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%
43.1	0	0	0	0	1	0	1	2	8	0	0	0	10
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	100.0%	20.0%	80.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%
43.8	0	0	0	1	0	0	1	2	4	0	0	0	6
	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	0.0%	100.0%	33.3%	66.7%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%
44.3	0	0	0	0	0	0	0	5	4	0	0	0	9
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	55.6%	44.4%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%

ka	103	104	105	106	107	108	sum	109	110	111	112	113	Sum
44.4	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	6
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%
44.7	0	2	0	0	0	0	2	3	22	0	2	0	27
	0.0%	100.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%	11.1%	81.5%	0.0%	7.4%	0.0%	100.0%
44.0	0	0	1	0	1	0	2	3	13	0	0	0	16
	0.0%	0.0%	50.0%	0.0%	50.0%	0.0%	100.0%	18.8%	81.3%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%
45.2	1	2	0	0	1	0	4	0	8	0	0	0	8
	25.0%	50.0%	0.0%	0.0%	25.0%	0.0%	100.0%	0.0%	100.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%
45.4	0	0	0	0	0	0	0	0	12	6	0	0	18
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	66.7%	33.3%	0.0%	0.0%	100.0%
45.7	0	1	0	0	0	0	1	0	12	0	0	0	12
	0.0%	100.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	100.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%
46.0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
	100.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
46.1	0	1	1	0	1	0	3	1	7	0	0	0	8
	0.0%	33.3%	33.3%	0.0%	33.3%	0.0%	100.0%	12.5%	87.5%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%
46.3	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	2
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%
46.6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
47.2	0	0	0	0	1	0	1	1	5	0	0	0	6
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	100.0%	16.7%	83.3%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%
47.7	0	2	0	0	0	0	2	0	12	0	0	0	12
	0.0%	100.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	100.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%
48.4	0	0	0	0	0	0	0	5	3	0	0	0	8
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	62.5%	37.5%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%
48.9	0	1	0	0	0	0	1	0	6	0	0	0	6
	0.0%	100.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	100.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%
49.1	0	0	0	0	0	0	0	4	1	0	0	0	5
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	80.0%	20.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%
49.6	0	0	1	0	3	0	4	0	1	0	0	0	1
	0.0%	0.0%	25.0%	0.0%	75.0%	0.0%	100.0%	0.0%	100.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%
50.4	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	2
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%
51.4	2	0	0	0	0	0	2	2	2	0	0	0	4
	100.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%	50.0%	50.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%
51.8	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	10
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%
52.0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	3
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%
52.3	0	2	0	0	1	0	3	2	13	0	0	0	15
	0.0%	66.7%	0.0%	0.0%	33.3%	0.0%	100.0%	13.3%	86.7%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%
52.7	0	1	0	0	0	0	1	2	8	0	0	0	10
	0.0%	100.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%	20.0%	80.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%
53.2	0	1	1	0	0	0	2	0	3	0	0	0	3
	0.0%	50.0%	50.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	100.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%
53.5	0	2	0	0	0	0	2	0	9	0	0	0	9
	0.0%	100.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	100.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%
54.0	0	0	2	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0
	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
54.1	0	0	0	0	1	0	1	2	0	0	0	0	2
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	100.0%	100.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%
54.3	0	0	0	0	1	0	1	2	3	0	0	0	5
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	100.0%	40.0%	60.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%
54.6	0	0	0	0	1	0	1	2	8	1	0	0	11
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	100.0%	18.2%	72.7%	9.1%	0.0%	0.0%	100.0%
54.9	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	2
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	50.0%	50.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%
55.4	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1
	100.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%	100.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%
56.0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	2
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%
56.7	0	0	0	0	0	0	0	0	5	4	0	0	9
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	55.6%	44.4%	0.0%	0.0%	100.0%
58.2	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	8
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%
59.4	0	0	0	1	0	0	1	5	9	0	0	0	14
	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	0.0%	100.0%	35.7%	64.3%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%
60.6	0	0	0	1	0	0	1	0	17	0	0	0	17
	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	100.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%
61.4	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	8
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%
63.1	0	0	0	0	0	0	0	0	14	0	0	0	14
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%
64.8	0	0	0	1	0	0	1	0	15	0	0	0	15

ka	103	104	105	106	107	108	sum	109	110	111	112	113	Sum
	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	100.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%
65.6	0	3	0	0	0	0	3	2	25	0	0	0	27
	0.0%	100.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%	7.4%	92.6%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%
67.0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	4
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%
68.1	0	2	0	1	0	0	3	0	9	0	0	0	9
	0.0%	66.7%	0.0%	33.3%	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	100.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%
69.6	1	1	0	0	0	1	3	1	23	0	0	0	24
	33.3%	33.3%	0.0%	0.0%	0.0%	33.3%	100.0%	4.2%	95.8%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%
70.5	0	1	1	0	1	0	3	0	18	3	0	0	21
	0.0%	33.3%	33.3%	0.0%	33.3%	0.0%	100.0%	0.0%	85.7%	14.3%	0.0%	0.0%	100.0%
71.6	0	2	0	0	1	0	3	0	12	0	0	0	12
	0.0%	66.7%	0.0%	0.0%	33.3%	0.0%	100.0%	0.0%	100.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%
72.6	0	0	0	0	0	0	0	0	30	0	0	0	30
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%
74.2	0	0	1	0	1	0	2	0	27	0	0	0	27
	0.0%	0.0%	50.0%	0.0%	50.0%	0.0%	100.0%	0.0%	100.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%
75.6	0	0	0	1	0	0	1	0	8	0	0	0	8
	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	100.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%
77.2	1	0	0	0	0	0	1	0	20	0	0	0	20
	100.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	100.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%
78.8	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1
	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	100.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%
80.0	0	1	0	0	0	0	1	1	4	0	0	0	5
	0.0%	100.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%	20.0%	80.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%
81.1	0	0	0	0	0	0	0	2	6	0	0	0	8
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	25.0%	75.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%
81.8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
83.0	0	0	0	0	0	0	0	2	35	0	0	0	37
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	5.4%	94.6%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%
83.7	1	0	0	0	0	0	1	0	6	2	0	0	8
	100.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	75.0%	25.0%	0.0%	0.0%	100.0%
84.2	0	0	1	0	0	0	1	3	2	0	0	0	5
	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%	60.0%	40.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%
84.3	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
84.6	0	0	1	1	0	0	2	24	6	0	0	0	30
	0.0%	0.0%	50.0%	50.0%	0.0%	0.0%	100.0%	80.0%	20.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%
85.0	0	0	0	0	0	0	0	8	8	2	0	0	18
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	44.4%	44.4%	11.1%	0.0%	0.0%	100.0%
85.3	0	0	0	2	0	0	2	13	3	0	0	0	16
	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	0.0%	100.0%	81.3%	18.8%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%
85.9	0	0	0	0	0	0	0	9	1	0	0	0	10
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	90.0%	10.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%

# Spores

Age (ka)	114. Sphagnaceae	115. Pleis	116. Boerhichium	117. Hypolepiaceae	118. Cyatheaaceae	119. Lycopodiaceae	120. Mohria	121. Osmundaceae	122. Hymenophyllaceae	123. Selaginellaceae	124. Thelypteridaceae	125. Dryopteris	126. Asplenium	127. Polypodiaceae	128. Isoetaceae	129. Enecephalartos	130. Cycas	131. sequoiadendron	132. Cryptomeria	133 Equisetaceae	Sum Spores
0.1	14	0	0	0	6	1	0	0	0	0	4	34	15	0	4	0	0	0	0	1	79
	17.7%	0.0%	0.0%	0.0%	7.6%	1.3%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	5.1%	43.0%	19.0%	0.0%	5.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.3%	100.0%
0.6	10	1	0	0	8	1	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	3	0	33
	30.3%	3.0%	0.0%	0.0%	24.2%	3.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	30.3%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	9.1%	0.0%	100.0%
1.4	8	1	1	0	11	0	0	0	0	0	5	18	1	0	0	0	0	0	2	0	47
	17.0%	2.1%	2.1%	0.0%	23.4%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	10.6%	38.3%	2.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	4.3%	0.0%	100.0%
2.1	31	1	5	0	11	1	0	0	0	0	1	11	0	0	0	0	0	0	0	0	61
	50.8%	1.6%	8.2%	0.0%	18.0%	1.6%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.6%	18.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%
2.6	6	1	0	0	0	1	0	0	0	0	3	19	0	1	1	0	1	0	1	0	34
	17.6%	2.9%	0.0%	0.0%	0.0%	2.9%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	8.8%	55.9%	0.0%	2.9%	2.9%	0.0%	2.9%	0.0%	2.9%	0.0%	100.0%
3.3	11	2	2	0	6	2	0	0	0	2	0	8	0	0	0	0	0	0	2	0	35
	31.4%	5.7%	5.7%	0.0%	17.1%	5.7%	0.0%	0.0%	0.0%	5.7%	0.0%	22.9%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	5.7%	0.0%	100.0%
3.8	6	2	0	0	0	0	1	0	0	1	2	2	0	0	0	0	0	0	1	0	15
	40.0%	13.3%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	6.7%	0.0%	0.0%	6.7%	13.3%	13.3%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	6.7%	0.0%	100.0%
4.4	6	1	0	0	11	1	0	0	0	1	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	26
	23.1%	3.8%	0.0%	0.0%	42.3%	3.8%	0.0%	0.0%	0.0%	3.8%	0.0%	23.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%
5.1	9	5	2	0	27	2	0	0	0	0	2	18	3	0	0	0	0	0	0	0	68
	13.2%	7.4%	2.9%	0.0%	39.7%	2.9%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	2.9%	26.5%	4.4%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%
5.7	8	1	3	1	8	1	1	0	0	0	0	26	0	0	0	0	0	0	1	0	50
	16.0%	2.0%	6.0%	2.0%	16.0%	2.0%	2.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	52.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	2.0%	0.0%	100.0%
6.4	6	8	0	0	15	0	0	0	0	0	1	20	0	0	0	0	1	0	1	0	52
	11.5%	15.4%	0.0%	0.0%	28.8%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.9%	38.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.9%	0.0%	1.9%	0.0%	100.0%
7.2	6	1	0	0	9	9	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	33
	18.2%	3.0%	0.0%	0.0%	27.3%	27.3%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	24.2%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%
7.5	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	6
	16.7%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	83.3%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%
7.8	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	0	0	0	0	0	0	3	0	11
	9.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	63.6%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	27.3%	0.0%	100.0%
8.0	0	0	1	0	4	0	0	0	0	0	0	12	0	0	0	0	0	0	1	0	18
	0.0%	0.0%	5.6%	0.0%	22.2%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	66.7%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	5.6%	0.0%	100.0%
8.2	13	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	21
	61.9%	14.3%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	23.8%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%
8.3	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	7
	71.4%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	28.6%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%
8.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	6	0	0	0	0	0	0	3	0	11
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	18.2%	54.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	27.3%	0.0%	100.0%
9.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	4	0	0	0	2	0	0	0	9
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	33.3%	44.4%	0.0%	0.0%	0.0%	22.2%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%
9.4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
9.9	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	6	0	0	0	0	0	0	0	0	9
	11.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	11.1%	0.0%	0.0%	11.1%	66.7%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%
10.4	1	0	2	0	0	0	0	1	0	0	0	12	0	0	0	0	0	0	0	0	16
	6.3%	0.0%	12.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	6.3%	0.0%	0.0%	0.0%	75.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%

ka	114	115	116	117	118	119	120	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	sum
10.8	9	0	1	0	0	2	0	0	0	4	0	2	0	0	0	0	0	0	3	0	21
	42.9%	0.0%	4.8%	0.0%	0.0%	9.5%	0.0%	0.0%	0.0%	19.0%	0.0%	9.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	14.3%	0.0%	100.0%
11.2	12	2	0	0	0	1	0	0	0	1	0	6	1	2	0	0	0	0	6	0	31
	38.7%	6.5%	0.0%	0.0%	0.0%	3.2%	0.0%	0.0%	0.0%	3.2%	0.0%	19.4%	3.2%	6.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	19.4%	0.0%	100.0%
11.9	34	4	1	0	0	3	0	0	0	2	0	17	0	0	0	0	0	0	0	0	61
	55.7%	6.6%	1.6%	0.0%	0.0%	4.9%	0.0%	0.0%	0.0%	3.3%	0.0%	27.9%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%
12.3	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	8
	25.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	12.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	62.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%
12.7	13	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	18
	72.2%	5.6%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	5.6%	0.0%	16.7%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%
14.0	5	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	10
	50.0%	0.0%	0.0%	10.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	40.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%
14.6	4	0	0	0	2	0	0	0	0	0	1	5	0	0	0	0	0	1	0	0	13
	30.8%	0.0%	0.0%	0.0%	15.4%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	7.7%	38.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	7.7%	0.0%	0.0%	100.0%
15.5	8	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	1	14
	57.1%	14.3%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	14.3%	7.1%	7.1%	100.0%
17.0	19	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	1	0	24
	79.2%	8.3%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	8.3%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	4.2%	0.0%	100.0%
18.8	23	0	5	0	0	3	0	1	0	0	0	7	3	0	0	0	0	0	0	2	44
	52.3%	0.0%	11.4%	0.0%	0.0%	6.8%	0.0%	2.3%	0.0%	0.0%	0.0%	15.9%	6.8%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	4.5%	100.0%
19.7	31	2	7	0	0	1	0	0	1	0	0	2	1	0	0	0	0	0	1	0	46
	67.4%	4.3%	15.2%	0.0%	0.0%	2.2%	0.0%	0.0%	2.2%	0.0%	0.0%	4.3%	2.2%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	2.2%	0.0%	100.0%
21.0	21	2	0	0	1	3	0	0	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	30
	70.0%	6.7%	0.0%	0.0%	3.3%	10.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	3.3%	6.7%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%
22.4	44	1	6	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	7	0	60
	73.3%	1.7%	10.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.7%	0.0%	1.7%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	11.7%	0.0%	100.0%
23.7	21	2	0	0	0	3	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	2	0	31
	67.7%	6.5%	0.0%	0.0%	0.0%	9.7%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	9.7%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	6.5%	0.0%	100.0%
24.3	30	2	1	0	0	1	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	1	0	39
	76.9%	5.1%	2.6%	0.0%	0.0%	2.6%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	10.3%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	2.6%	0.0%	100.0%
24.7	44	1	6	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	7	0	60
	73.3%	1.7%	10.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.7%	0.0%	1.7%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	11.7%	0.0%	100.0%
25.2	31	3	3	0	2	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	43
	72.1%	7.0%	7.0%	0.0%	4.7%	2.3%	0.0%	0.0%	0.0%	2.3%	2.3%	2.3%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%
25.6	23	2	4	0	0	5	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	3	0	40
	57.5%	5.0%	10.0%	0.0%	0.0%	12.5%	0.0%	0.0%	0.0%	2.5%	2.5%	2.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	7.5%	0.0%	100.0%
26.1	17	0	0	0	0	3	0	0	0	1	1	4	0	2	0	0	0	0	0	0	28
	60.7%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	10.7%	0.0%	0.0%	0.0%	3.6%	3.6%	14.3%	0.0%	7.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%
26.6	38	18	0	0	0	8	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	4	0	70
	54.3%	25.7%	0.0%	0.0%	0.0%	11.4%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	2.9%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	5.7%	0.0%	100.0%
27.0	32	2	0	0	0	2	0	0	0	3	0	2	0	0	0	0	0	0	2	0	43
	74.4%	4.7%	0.0%	0.0%	0.0%	4.7%	0.0%	0.0%	0.0%	7.0%	0.0%	4.7%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	4.7%	0.0%	100.0%
27.4	28	1	1	0	0	8	0	0	0	1	1	4	0	0	0	0	0	0	0	0	44
	63.6%	2.3%	2.3%	0.0%	0.0%	18.2%	0.0%	0.0%	0.0%	2.3%	2.3%	9.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%
28.8	23	3	1	0	0	1	0	0	2	1	0	3	2	0	0	1	0	0	2	0	39
	59.0%	7.7%	2.6%	0.0%	0.0%	2.6%	0.0%	0.0%	5.1%	2.6%	0.0%	7.7%	5.1%	0.0%	0.0%	2.6%	0.0%	0.0%	5.1%	0.0%	100.0%
30.1	24	0	8	0	0	7	0	0	0	1	1	11	0	0	0	0	0	0	11	0	63
	38.1%	0.0%	12.7%	0.0%	0.0%	11.1%	0.0%	0.0%	0.0%	1.6%	1.6%	17.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	17.5%	0.0%	100.0%
31.2	54	6	2	0	0	0	0	0	0	0	0	16	0	0	0	0	0	0	0	0	78
	69.2%	7.7%	2.6%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	20.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%
32.2	56	0	0	0	0	14	0	0	0	0	0	18	0	0	0	0	0	2	0	0	90

ka	114	115	116	117	118	119	120	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	sum
	62.2%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	15.6%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	20.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	2.2%	0.0%	0.0%	100.0%
33.6	28	7	10	0	0	0	1	0	0	2	2	2	1	0	0	1	0	0	4	0	58
	48.3%	12.1%	17.2%	0.0%	0.0%	0.0%	1.7%	0.0%	0.0%	3.4%	3.4%	3.4%	1.7%	0.0%	0.0%	1.7%	0.0%	0.0%	6.9%	0.0%	100.0%
33.9	46	1	3	0	0	2	0	0	2	0	2	3	2	11	0	1	0	0	5	0	78
	59.0%	1.3%	3.8%	0.0%	0.0%	2.6%	0.0%	0.0%	2.6%	0.0%	2.6%	3.8%	2.6%	14.1%	0.0%	1.3%	0.0%	0.0%	6.4%	0.0%	100.0%
34.5	41	3	0	0	0	2	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	49
	83.7%	6.1%	0.0%	0.0%	0.0%	4.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	2.0%	2.0%	2.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%
34.8	58	1	1	0	0	5	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	1	2	0	70
	82.9%	1.4%	1.4%	0.0%	0.0%	7.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	2.9%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.4%	2.9%	0.0%	100.0%
35.2	29	0	0	0	1	1	0	2	5	0	0	7	1	0	0	0	0	0	0	0	46
	63.0%	0.0%	0.0%	0.0%	2.2%	2.2%	0.0%	4.3%	10.9%	0.0%	0.0%	15.2%	2.2%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%
35.9	22	0	0	0	0	1	0	2	0	0	2	6	0	0	0	0	1	0	2	0	36
	61.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	2.8%	0.0%	5.6%	0.0%	0.0%	5.6%	16.7%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	2.8%	0.0%	5.6%	0.0%	100.0%
37.4	76	10	3	2	0	11	0	0	0	0	2	12	0	0	0	0	0	0	0	0	116
	65.5%	8.6%	2.6%	1.7%	0.0%	9.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.7%	10.3%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%
39.4	52	4	0	0	0	11	0	0	5	1	2	4	0	2	0	2	0	0	3	0	86
	60.5%	4.7%	0.0%	0.0%	0.0%	12.8%	0.0%	0.0%	5.8%	1.2%	2.3%	4.7%	0.0%	2.3%	0.0%	2.3%	0.0%	0.0%	3.5%	0.0%	100.0%
41.0	37	1	4	0	0	4	0	4	0	0	1	5	0	0	0	0	0	0	0	0	56
	66.1%	1.8%	7.1%	0.0%	0.0%	7.1%	0.0%	7.1%	0.0%	0.0%	1.8%	8.9%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%
43.1	66	3	2	0	0	17	0	0	0	0	1	28	0	0	0	0	0	0	0	0	117
	56.4%	2.6%	1.7%	0.0%	0.0%	14.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.9%	23.9%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%
43.8	37	0	4	2	0	4	0	3	0	0	1	3	0	0	0	0	0	1	2	0	57
	64.9%	0.0%	7.0%	3.5%	0.0%	7.0%	0.0%	5.3%	0.0%	0.0%	1.8%	5.3%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.8%	3.5%	0.0%	100.0%
44.3	19	2	1	0	0	1	0	0	5	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	34
	55.9%	5.9%	2.9%	0.0%	0.0%	2.9%	0.0%	0.0%	14.7%	0.0%	0.0%	17.6%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%

ka	114	115	116	117	118	119	120	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	sum
44.4	6	2	0	0	0	0	0	7	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	17
	35.3%	11.8%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	41.2%	0.0%	0.0%	0.0%	11.8%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%
44.7	46	0	6	0	0	2	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	2	4	0	68
	67.6%	0.0%	8.8%	0.0%	0.0%	2.9%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	11.8%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	2.9%	5.9%	0.0%	100.0%
44.0	34	2	1	0	0	7	0	0	0	2	2	3	0	0	0	0	0	0	2	0	53
	64.2%	3.8%	1.9%	0.0%	0.0%	13.2%	0.0%	0.0%	0.0%	3.8%	3.8%	5.7%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	3.8%	0.0%	100.0%
45.2	56	2	2	0	0	10	0	0	0	0	6	4	0	0	0	0	0	0	0	0	80
	70.0%	2.5%	2.5%	0.0%	0.0%	12.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	7.5%	5.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%
45.4	42	2	0	0	0	12	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	58
	72.4%	3.4%	0.0%	0.0%	0.0%	20.7%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	3.4%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%
45.7	6	1	1	0	0	0	0	0	0	3	0	7	0	0	0	0	0	0	3	0	21
	28.6%	4.8%	4.8%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	14.3%	0.0%	33.3%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	14.3%	0.0%	100.0%
46.0	12	0	2	2	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20
	60.0%	0.0%	10.0%	10.0%	0.0%	20.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%
46.1	9	0	1	0	0	1	0	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	15
	60.0%	0.0%	6.7%	0.0%	0.0%	6.7%	0.0%	13.3%	0.0%	0.0%	0.0%	6.7%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	6.7%	0.0%	100.0%
46.3	30	2	4	0	0	4	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	43
	69.8%	4.7%	9.3%	0.0%	0.0%	9.3%	0.0%	0.0%	0.0%	7.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%
46.6	58	4	6	0	0	2	1	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	75
	77.3%	5.3%	8.0%	0.0%	0.0%	2.7%	1.3%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	5.3%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%
47.2	38	3	0	1	0	2	0	0	0	2	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	50
	76.0%	6.0%	0.0%	2.0%	0.0%	4.0%	0.0%	0.0%	0.0%	4.0%	0.0%	8.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%
47.7	86	5	6	0	0	4	0	5	2	2	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	113
	76.1%	4.4%	5.3%	0.0%	0.0%	3.5%	0.0%	4.4%	1.8%	1.8%	0.0%	0.9%	1.8%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%
48.4	13	0	2	0	0	1	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	1	0	19
	68.4%	0.0%	10.5%	0.0%	0.0%	5.3%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	10.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	5.3%	0.0%	100.0%
48.9	59	0	0	0	0	2	0	0	0	2	1	6	0	0	0	0	0	0	0	0	70
	84.3%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	2.9%	0.0%	0.0%	0.0%	2.9%	1.4%	8.6%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%
49.1	32	3	3	0	0	9	0	0	0	1	0	2	0	0	0	0	0	0	3	0	53
	60.4%	5.7%	5.7%	0.0%	0.0%	17.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.9%	0.0%	3.8%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	5.7%	0.0%	100.0%
49.6	70	6	3	0	0	2	0	1	1	0	0	2	2	0	0	0	0	1	0	0	88
	79.5%	6.8%	3.4%	0.0%	0.0%	2.3%	0.0%	1.1%	1.1%	0.0%	0.0%	2.3%	2.3%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.1%	0.0%	0.0%	100.0%
50.4	65	0	1	0	0	3	0	4	4	0	0	7	0	0	0	0	0	0	3	0	87
	74.7%	0.0%	1.1%	0.0%	0.0%	3.4%	0.0%	4.6%	4.6%	0.0%	0.0%	8.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	3.4%	0.0%	100.0%
51.4	46	3	10	0	0	8	0	0	0	3	2	2	0	0	0	0	1	0	1	0	76
	60.5%	3.9%	13.2%	0.0%	0.0%	10.5%	0.0%	0.0%	0.0%	3.9%	2.6%	2.6%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.3%	0.0%	1.3%	0.0%	100.0%
51.8	6	4	0	2	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16
	37.5%	25.0%	0.0%	12.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	25.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%
52.0	77	4	2	0	1	1	0	0	4	0	0	7	4	1	0	0	0	0	0	0	101
	76.2%	4.0%	2.0%	0.0%	1.0%	1.0%	0.0%	0.0%	4.0%	0.0%	0.0%	6.9%	4.0%	1.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%
52.3	38	1	7	0	0	4	0	0	0	2	0	6	0	0	0	0	0	0	1	0	59
	64.4%	1.7%	11.9%	0.0%	0.0%	6.8%	0.0%	0.0%	0.0%	3.4%	0.0%	10.2%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.7%	0.0%	100.0%
52.7	37	1	3	0	0	0	0	0	1	1	0	5	0	0	0	0	0	0	2	0	50
	74.0%	2.0%	6.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	2.0%	2.0%	0.0%	10.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	4.0%	0.0%	100.0%
53.2	23	1	3	0	0	7	0	0	0	0	1	7	0	0	0	0	0	0	3	0	45
	51.1%	2.2%	6.7%	0.0%	0.0%	15.6%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	2.2%	15.6%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	6.7%	0.0%	100.0%
53.5	71	5	9	1	0	9	1	0	0	0	3	2	0	0	0	0	0	0	1	0	102
	69.6%	4.9%	8.8%	1.0%	0.0%	8.8%	1.0%	0.0%	0.0%	0.0%	2.9%	2.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.0%	0.0%	100.0%
54.0	21	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	1	0	0	1	0	0	0	28

ka	114	115	116	117	118	119	120	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	sum
	75.0%	3.6%	7.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	7.1%	0.0%	3.6%	0.0%	0.0%	3.6%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%
54.1	26	6	8	0	0	8	0	0	0	2	2	6	0	0	0	0	0	0	0	0	58
	44.8%	10.3%	13.8%	0.0%	0.0%	13.8%	0.0%	0.0%	0.0%	3.4%	3.4%	10.3%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%
54.3	35	0	2	0	0	0	1	4	1	0	2	3	0	1	0	0	0	0	0	0	49
	71.4%	0.0%	4.1%	0.0%	0.0%	0.0%	2.0%	8.2%	2.0%	0.0%	4.1%	6.1%	0.0%	2.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%
54.6	34	0	0	0	0	5	0	0	0	1	0	6	0	0	0	0	2	0	0	0	48
	70.8%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	10.4%	0.0%	0.0%	0.0%	2.1%	0.0%	12.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	4.2%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%
54.9	17	1	2	0	1	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	24
	70.8%	4.2%	8.3%	0.0%	4.2%	4.2%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	4.2%	4.2%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%
55.4	6	0	1	0	0	0	0	2	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	11
	54.5%	0.0%	9.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	18.2%	9.1%	0.0%	0.0%	9.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%
56.0	18	2	1	0	0	2	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	25
	72.0%	8.0%	4.0%	0.0%	0.0%	8.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	8.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%
56.7	74	2	9	8	0	15	0	0	0	0	1	14	0	0	0	0	0	0	0	0	123
	60.2%	1.6%	7.3%	6.5%	0.0%	12.2%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.8%	11.4%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%
58.2	29	1	1	0	0	2	0	0	3	1	0	9	1	1	1	0	0	0	2	0	51
	56.9%	2.0%	2.0%	0.0%	0.0%	3.9%	0.0%	0.0%	5.9%	2.0%	0.0%	17.6%	2.0%	2.0%	2.0%	0.0%	0.0%	0.0%	3.9%	0.0%	100.0%
59.4	12	1	1	0	0	7	0	0	1	0	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	29
	41.4%	3.4%	3.4%	0.0%	0.0%	24.1%	0.0%	0.0%	3.4%	0.0%	0.0%	24.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%
60.6	29	1	1	0	2	1	1	0	0	0	3	9	9	0	0	0	0	0	5	0	61
	47.5%	1.6%	1.6%	0.0%	3.3%	1.6%	1.6%	0.0%	0.0%	0.0%	4.9%	14.8%	14.8%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	8.2%	0.0%	100.0%
61.4	12	8	0	0	0	0	0	0	0	0	4	6	0	0	0	0	0	0	2	0	32
	37.5%	25.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	12.5%	18.8%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	6.3%	0.0%	100.0%
63.1	34	4	4	0	0	0	0	0	0	6	0	12	0	0	0	0	0	0	0	0	60
	56.7%	6.7%	6.7%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	10.0%	0.0%	20.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%
64.8	18	2	4	0	0	1	0	0	1	0	1	32	2	1	0	0	0	0	0	0	62
	29.0%	3.2%	6.5%	0.0%	0.0%	1.6%	0.0%	0.0%	1.6%	0.0%	1.6%	51.6%	3.2%	1.6%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%
65.6	35	6	3	0	0	0	0	0	1	1	1	16	5	0	0	0	0	0	1	0	69
	50.7%	8.7%	4.3%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.4%	1.4%	1.4%	23.2%	7.2%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.4%	0.0%	100.0%
67.0	46	8	1	0	2	4	0	0	0	0	1	19	9	0	0	0	0	0	0	0	90
	51.1%	8.9%	1.1%	0.0%	2.2%	4.4%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.1%	21.1%	10.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%
68.1	38	9	7	0	3	7	1	0	0	0	4	63	1	0	0	0	0	0	0	0	133
	28.6%	6.8%	5.3%	0.0%	2.3%	5.3%	0.8%	0.0%	0.0%	0.0%	3.0%	47.4%	0.8%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%
69.6	49	6	0	1	6	1	1	0	1	0	4	59	4	2	0	0	0	0	0	2	136
	36.0%	4.4%	0.0%	0.7%	4.4%	0.7%	0.7%	0.0%	0.7%	0.0%	2.9%	43.4%	2.9%	1.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.5%	100.0%
70.5	28	4	0	0	1	1	0	1	0	0	3	30	0	1	0	0	0	0	2	0	71
	39.4%	5.6%	0.0%	0.0%	1.4%	1.4%	0.0%	1.4%	0.0%	0.0%	4.2%	42.3%	0.0%	1.4%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	2.8%	0.0%	100.0%
71.6	38	17	2	0	0	0	1	1	0	2	1	47	0	2	0	0	0	0	0	0	111
	34.2%	15.3%	1.8%	0.0%	0.0%	0.0%	0.9%	0.9%	0.0%	1.8%	0.9%	42.3%	0.0%	1.8%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%
72.6	36	9	2	0	0	0	0	0	0	0	1	9	0	0	0	0	0	0	3	0	60
	60.0%	15.0%	3.3%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.7%	15.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	5.0%	0.0%	100.0%
74.2	41	2	1	0	2	0	1	0	0	0	1	49	0	0	0	0	0	0	10	0	107
	38.3%	1.9%	0.9%	0.0%	1.9%	0.0%	0.9%	0.0%	0.0%	0.0%	0.9%	45.8%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	9.3%	0.0%	100.0%
75.6	18	1	0	0	2	2	0	0	1	0	2	37	2	1	0	0	0	0	1	0	67
	26.9%	1.5%	0.0%	0.0%	3.0%	3.0%	0.0%	0.0%	1.5%	0.0%	3.0%	55.2%	3.0%	1.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.5%	0.0%	100.0%
77.2	44	9	6	0	0	0	0	0	2	0	2	38	5	4	0	0	0	1	0	1	112
	39.3%	8.0%	5.4%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.8%	0.0%	1.8%	33.9%	4.5%	3.6%	0.0%	0.0%	0.0%	0.9%	0.0%	0.9%	100.0%
78.8	7	2	3	0	0	0	0	1	0	0	0	8	7	1	0	0	0	0	2	0	31
	22.6%	6.5%	9.7%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	3.2%	0.0%	0.0%	0.0%	25.8%	22.6%	3.2%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	6.5%	0.0%	100.0%
80.0	12	2	0	0	3	1	0	0	0	0	0	15	0	0	0	0	0	0	0	0	33
	36.4%	6.1%	0.0%	0.0%	9.1%	3.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	45.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%

ka	114	115	116	117	118	119	120	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	sum
81.1	24	2	0	0	2	2	0	0	0	0	0	8	2	0	0	0	0	0	0	0	40
	60.0%	5.0%	0.0%	0.0%	5.0%	5.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	20.0%	5.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%
81.8	6	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	17
	35.3%	0.0%	0.0%	0.0%	5.9%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	58.8%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%
83.0	67	17	3	0	2	0	0	0	1	1	2	24	0	0	0	0	0	0	0	0	117
	57.3%	14.5%	2.6%	0.0%	1.7%	0.0%	0.0%	0.0%	0.9%	0.9%	1.7%	20.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%
83.7	45	15	0	0	2	9	0	0	0	0	0	12	0	0	0	0	0	0	0	0	83
	54.2%	18.1%	0.0%	0.0%	2.4%	10.8%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	14.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%
84.2	17	8	0	0	3	0	0	0	0	0	2	11	0	0	0	0	0	0	1	0	42
	40.5%	19.0%	0.0%	0.0%	7.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	4.8%	26.2%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	2.4%	0.0%	100.0%
84.3	8	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15	0	0	0	0	0	0	4	0	28
	28.6%	3.6%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	53.6%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	14.3%	0.0%	100.0%
84.6	7	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	12	0	1	15	1	0	2	0	0	40
	17.5%	0.0%	0.0%	0.0%	5.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	30.0%	0.0%	2.5%	37.5%	2.5%	0.0%	5.0%	0.0%	0.0%	100.0%
85.0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	5
	60.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	20.0%	20.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%
85.3	5	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	2	0	9
	55.6%	0.0%	11.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	11.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	22.2%	0.0%	100.0%
85.9	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	2
	50.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	50.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%

## Dinoflagellates and Algae

Age (ka)	134. <i>Hystrichochaeridium israelianum</i>	135. <i>Hystrichochaeridium</i>	136. <i>Hystrichochaera</i>	137. <i>Pterospermopsis van campo</i>	138. <i>Operculodinium</i>	139. <i>Polysphaeridium zoriary</i>	140. <i>Spiriferites</i>	141. <i>Baillishaeridium macthaerophorum</i>	142. <i>Baillishaeridium israelianum</i>	Sum Dinoflagellates	143. <i>Concentricystes rubinus</i>	144. <i>Bolyococcus</i>	Sum Algae
0.1	0	0	0	0	0	2	0	1	1	4	11	3	14
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	50.0%	0.0%	25.0%	25.0%	100.0%	78.6%	21.4%	100.0%
0.6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0	6
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	100.0%
1.4	1	0	0	1	0	0	0	0	0	2	9	0	9
	50.0%	0.0%	0.0%	50.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%	100.0%	0.0%	100.0%
2.1	0	0	0	0	2	0	0	0	0	2	20	0	20
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%	100.0%	0.0%	100.0%
2.6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	8
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	100.0%
3.3	0	0	0	0	2	0	0	0	0	2	8	0	8
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%	100.0%	0.0%	100.0%
3.8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	0	9
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	100.0%
4.4	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	14	0	14
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%	100.0%	100.0%	0.0%	100.0%
5.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	0	12
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	100.0%
5.7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	4
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	100.0%
6.4	1	0	0	0	0	0	0	0	2	3	2	1	3
	33.3%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	66.7%	100.0%	66.7%	33.3%	100.0%
7.2	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	6	0	6
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%	100.0%	100.0%	0.0%	100.0%
7.5	0	0	0	0	4	0	0	0	0	4	0	0	0
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	0.0%	0.0%
7.8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
8.0	1	0	0	2	0	0	0	0	0	3	1	0	1
	33.3%	0.0%	0.0%	66.7%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%	100.0%	0.0%	100.0%
8.2	0	0	0	0	5	0	0	0	0	5	3	1	4
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%	75.0%	25.0%	100.0%
8.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
8.5	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0
	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	0.0%	0.0%
9.2	0	0	0	0	0	0	0	0	3	3	0	3	3
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%	100.0%	0.0%	100.0%	100.0%
9.4	0	0	0	0	0	0	0	0	4	4	0	0	0
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%	100.0%	0.0%	0.0%	0.0%
9.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
10.4	0	0	0	0	0	0	0	2	0	2	0	2	2
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	100.0%	0.0%	100.0%	100.0%
10.8	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2	0	2
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%	100.0%	100.0%	0.0%	100.0%

ka	134	135	136	137	138	139	140	141	142	sum	143	144	sum
11.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	2	11
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	81.8%	18.2%	100.0%
11.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	0	12
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	100.0%
12.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	100.0%
12.7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	3
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	66.7%	33.3%	100.0%
14.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	4
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	100.0%
14.6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	100.0%
15.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	0	7
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	100.0%
17.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	0	7
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	100.0%
18.8	0	0	0	0	0	0	0	2	0	2	12	1	13
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	100.0%	92.3%	7.7%	100.0%
19.7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14	0	14
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	100.0%
21.0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	6	6
	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	100.0%	100.0%
22.4	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	10	0	10
	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%	100.0%	0.0%	100.0%
23.7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	10
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	100.0%
24.3	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	7	0	7
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	0.0%	100.0%	100.0%	0.0%	100.0%
24.7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	1	11
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	90.9%	9.1%	100.0%
25.2	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	10	0	10
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%	100.0%	100.0%	0.0%	100.0%
25.6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	0	7
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	100.0%
26.1	0	0	0	0	0	0	2	0	0	2	14	0	14
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	0.0%	100.0%	100.0%	0.0%	100.0%
26.6	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	8	0	8
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%	100.0%	100.0%	0.0%	100.0%
27.0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	2	8	0	8
	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%	100.0%	0.0%	100.0%
27.4	0	0	0	0	2	0	0	0	0	2	4	0	4
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%	100.0%	0.0%	100.0%
28.8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	0	7
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	100.0%
30.1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	4	0	4
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%	100.0%	100.0%	0.0%	100.0%
31.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
32.2	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	10	4	14
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	100.0%	71.4%	28.6%	100.0%
33.6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0	6

ka	134	135	136	137	138	139	140	141	142	sum	143	144	sum
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	100.0%
33.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15	1	16
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	93.8%	6.3%	100.0%
34.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	8
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	100.0%
34.8	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	9	0	9
	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%	100.0%	0.0%	100.0%
35.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	50.0%	50.0%	100.0%
35.9	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	5	1	6
	100.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%	83.3%	16.7%	100.0%
37.4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	10
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	100.0%
39.4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	9	4	13
	100.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%	69.2%	30.8%	100.0%
41.0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	8	1	9
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	100.0%	88.9%	11.1%	100.0%
43.1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	4	4	8
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	0.0%	100.0%	50.0%	50.0%	100.0%
43.8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0	6
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	100.0%
44.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	2	5
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	60.0%	40.0%	100.0%

ka	134	135	136	137	138	139	140	141	142	sum	143	144	sum
44.4	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	3	0	3
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	100.0%	100.0%	0.0%	100.0%
44.7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	10	16
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	37.5%	62.5%	100.0%
44.0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	1	3
	100.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%	66.7%	33.3%	100.0%
45.2	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	16	0	16
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%	100.0%	0.0%	100.0%
45.4	0	0	0	0	0	0	0	2	0	2	12	0	12
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	100.0%	100.0%	0.0%	100.0%
45.7	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	6	0	6
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	100.0%	100.0%	0.0%	100.0%
46.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	2
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	100.0%
46.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	100.0%
46.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	2	14
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	85.7%	14.3%	100.0%
46.6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	4
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	100.0%
47.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	0	9
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	100.0%
47.7	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	17	0	17
	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%	100.0%	0.0%	100.0%
48.4	0	0	0	0	0	0	2	1	0	3	1	0	1
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	66.7%	33.3%	0.0%	100.0%	100.0%	0.0%	100.0%
48.9	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	5	0	5
	100.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%	100.0%	0.0%	100.0%
49.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	2
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	100.0%
49.6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	5
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	100.0%
50.4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	4
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	100.0%
51.4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	0	7
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	100.0%
51.8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	4
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	100.0%
52.0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	2	16	0	16
	50.0%	0.0%	0.0%	50.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%	100.0%	0.0%	100.0%
52.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	4
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	100.0%
52.7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0	6
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	100.0%
53.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	0	12
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	100.0%
53.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	0	11
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	100.0%
54.0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	3	0	3

ka	134	135	136	137	138	139	140	141	142	sum	143	144	sum
54.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16	0	16
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	100.0%
54.3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	10	0	10
	100.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%	100.0%	0.0%	100.0%
54.6	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	17	0	17
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%	100.0%	100.0%	0.0%	100.0%
54.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	8
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	100.0%
55.4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	0	7
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	100.0%
56.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	2
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	100.0%
56.7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	0	12
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	100.0%
58.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	5
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	100.0%
59.4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	2
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	100.0%
60.6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	3
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	100.0%
61.4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	2	6
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	66.7%	33.3%	100.0%
63.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14	0	14
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	100.0%
64.8	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	11	0	11
	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%	100.0%	0.0%	100.0%
65.6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0	6
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	100.0%
67.0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	10	0	10
	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%	100.0%	0.0%	100.0%
68.1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	10	0	10
	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%	100.0%	0.0%	100.0%
69.6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	10
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	100.0%
70.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	4
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	100.0%
71.6	1	0	0	2	0	0	0	0	0	3	8	0	8
	33.3%	0.0%	0.0%	66.7%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%	100.0%	0.0%	100.0%
72.6	0	0	0	0	0	0	1	0	1	2	7	0	7
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	50.0%	0.0%	50.0%	100.0%	100.0%	0.0%	100.0%
74.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	2	8
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	75.0%	25.0%	100.0%
75.6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	3
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	100.0%
77.2	1	0	0	0	0	0	1	0	1	3	7	0	7
	33.3%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	33.3%	0.0%	33.3%	100.0%	100.0%	0.0%	100.0%
78.8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	3
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	100.0%
80.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	4
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	100.0%
81.1	0	0	0	0	0	0	2	1	0	3	16	0	16

ka	134	135	136	137	138	139	140	141	142	sum	143	144	sum
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	66.7%	33.3%	0.0%	100.0%	100.0%	0.0%	100.0%
81.8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	0	9
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	100.0%
83.0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	3	21	0	21
	100.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%	100.0%	0.0%	100.0%
83.7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15	0	15
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	100.0%
84.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	17	0	17
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	100.0%
84.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	0	7
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	100.0%
84.6	2	0	0	0	0	0	0	0	1	3	3	0	3
	66.7%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	33.3%	100.0%	100.0%	0.0%	100.0%
85.0	1	0	0	0	3	0	0	0	0	4	1	0	1
	25.0%	0.0%	0.0%	0.0%	75.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%	100.0%	0.0%	100.0%
85.3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
	100.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	0.0%	0.0%
85.9	3	0	0	0	0	0	0	0	1	4	0	0	0
	75.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	25.0%	100.0%	0.0%	0.0%	0.0%

נספח ט: כלל הפלינומורפים שזוהו בגלעין 95-01 בערכים מוחלטים ובאחוזים

Depth	Age (ka)	<i>Quercus calliprinos</i> type	<i>Quercus lithaburensis</i> type	<i>Pinus</i>	<i>Cedrus</i>	<i>Abies</i>	<i>Tsuga</i>	<i>Pistacia</i>	<i>Olea europaea</i>	<i>Phillyrea</i>	<i>Fraxinus</i>	Rosaceae	<i>Betula</i>	<i>Carpinus</i>	<i>Corylus</i>	<i>Myrica</i>	<i>Alnus</i>
80.5	8.2	48	16	262	4	5	0	0	5	3	2	0	0	0	1	0	0
		11.5%	3.8%	62.7%	1.0%	1.2%	0.0%	0.0%	1.2%	0.7%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.2%	0.0%	0.0%
83.5	8.6	43	16	32	8	3	0	2	4	10	15	1	0	0	2	0	0
		17.6%	6.6%	13.1%	3.3%	1.2%	0.0%	0.8%	1.6%	4.1%	6.1%	0.4%	0.0%	0.0%	0.8%	0.0%	0.0%
84.5	8.7	41	18	17	3	8	0	0	12	12	5	1	0	0	5	0	1
		17.3%	7.6%	7.2%	1.3%	3.4%	0.0%	0.0%	5.1%	5.1%	2.1%	0.4%	0.0%	0.0%	2.1%	0.0%	0.4%
86.5	9.0	50	8	157	3	4	0	1	8	14	6	0	0	0	3	0	1
		13.9%	2.2%	43.7%	0.8%	1.1%	0.0%	0.3%	2.2%	3.9%	1.7%	0.0%	0.0%	0.0%	0.8%	0.0%	0.3%
87.5	9.2	41	28	22	3	1	0	0	9	11	18	0	0	0	0	0	1
		19.2%	13.1%	10.3%	1.4%	0.5%	0.0%	0.0%	4.2%	5.1%	8.4%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.5%
89.5	9.5	37	6	10	0	0	0	0	11	11	9	2	0	1	2	0	0
		13.5%	2.2%	3.6%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	4.0%	4.0%	3.3%	0.7%	0.0%	0.4%	0.7%	0.0%	0.0%
91.0	9.9	36	10	13	2	1	0	2	4	8	3	3	4	0	1	0	0
		18.7%	5.2%	6.7%	1.0%	0.5%	0.0%	1.0%	2.1%	4.1%	1.6%	1.6%	2.1%	0.0%	0.5%	0.0%	0.0%
11.0	13.4	18	2	20	0	0	0	0	4	10	0	2	0	0	2	0	0
		7.4%	0.8%	8.3%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.7%	4.1%	0.0%	0.8%	0.0%	0.0%	0.8%	0.0%	0.0%
127.0	15.3	29	10	16	2	1	1	0	12	4	2	0	1	0	0	0	0
		15.3%	5.3%	8.4%	1.1%	0.5%	0.5%	0.0%	6.3%	2.1%	1.1%	0.0%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
143.0	16.8	22	4	38	6	2	0	0	10	5	2	0	0	0	0	2	0
		11.1%	2.0%	19.2%	3.0%	1.0%	0.0%	0.0%	5.1%	2.5%	1.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.0%	0.0%
481.0	85.1	62	6	23	3	0	0	0	33	2	0	1	0	1	1	0	5
		20.8%	2.0%	7.7%	1.0%	0.0%	0.0%	0.0%	11.1%	0.7%	0.0%	0.3%	0.0%	0.3%	0.3%	0.0%	1.7%
483.0	85.3	89	7	83	3	4	0	1	20	3	1	1	0	0	2	0	4
		28.5%	2.2%	26.6%	1.0%	1.3%	0.0%	0.3%	6.4%	1.0%	0.3%	0.3%	0.0%	0.0%	0.6%	0.0%	1.3%
485.0	85.4	66	15	110	5	2	0	0	27	2	1	0	1	0	0	0	2
		19.4%	4.4%	32.4%	1.5%	0.6%	0.0%	0.0%	7.9%	0.6%	0.3%	0.0%	0.3%	0.0%	0.0%	0.0%	0.6%
487.0	85.6	88	6	49	3	4	0	5	49	2	1	1	0	0	0	0	2
		28.2%	1.9%	15.7%	1.0%	1.3%	0.0%	1.6%	15.7%	0.6%	0.3%	0.3%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.6%
491.0	85.9	125	31	16	0	4	0	0	89	2	2	1	0	0	1	0	1
		33.0%	8.2%	4.2%	0.0%	1.1%	0.0%	0.0%	23.5%	0.5%	0.5%	0.3%	0.0%	0.0%	0.3%	0.0%	0.3%
493.0	86.1	12	1	109	22	0	0	0	5	2	0	0	1	0	0	0	0
		6.0%	0.5%	54.5%	11.0%	0.0%	0.0%	0.0%	2.5%	1.0%	0.0%	0.0%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%

Age (ka)	Salix	Ericaceae	Cupressus	Juniperus	Tamarix	Tilia	Castanea	Poaceae	Cereal type	Asteraceae Asteroideae	Asteraceae Cichorioideae	Artemisia	Echinops	Centauria	Bunium type	Slum (aplum) type	Maleria type
8.2	0	0	0	0	1	0	0	2	0	4	3	9	0	0	2	0	0
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.2%	0.0%	0.0%	0.5%	0.0%	1.0%	0.7%	2.2%	0.0%	0.0%	0.5%	0.0%	0.0%
8.6	0	0	0	2	0	0	0	4	2	3	2	12	0	2	0	0	0
	0.0%	0.0%	0.0%	0.8%	0.0%	0.0%	0.0%	1.6%	0.8%	1.2%	0.8%	4.9%	0.0%	0.8%	0.0%	0.0%	0.0%
8.7	0	0	0	0	0	1	0	1	4	7	0	16	0	1	5	2	0
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.4%	0.0%	0.4%	1.7%	3.0%	0.0%	6.8%	0.0%	0.4%	2.1%	0.8%	0.0%
9.0	0	0	0	0	0	0	0	4	2	7	4	14	0	1	4	0	0
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.1%	0.6%	1.9%	1.1%	3.9%	0.0%	0.3%	1.1%	0.0%	0.0%
9.2	0	0	0	0	0	0	0	2	0	2	1	14	0	0	3	0	0
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.9%	0.0%	0.9%	0.5%	6.5%	0.0%	0.0%	1.4%	0.0%	0.0%
9.5	1	0	0	0	2	1	0	20	2	11	3	18	0	1	6	1	0
	0.4%	0.0%	0.0%	0.0%	0.7%	0.4%	0.0%	7.3%	0.7%	4.0%	1.1%	6.5%	0.0%	0.4%	2.2%	0.4%	0.0%
9.9	0	0	0	1	1	0	0	10	0	2	0	8	0	1	3	0	0
	0.0%	0.0%	0.0%	0.5%	0.5%	0.0%	0.0%	5.2%	0.0%	1.0%	0.0%	4.1%	0.0%	0.5%	1.6%	0.0%	0.0%
13.4	0	0	0	0	0	0	0	2	0	16	12	18	0	2	2	0	0
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.8%	0.0%	6.6%	5.0%	7.4%	0.0%	0.8%	0.8%	0.0%	0.0%
15.3	0	0	0	0	0	0	0	11	3	3	2	16	0	0	0	0	0
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	5.8%	1.6%	1.6%	1.1%	8.4%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
16.8	0	0	0	0	0	0	1	5	1	10	2	17	0	2	0	0	0
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.5%	2.5%	0.5%	5.1%	1.0%	8.6%	0.0%	1.0%	0.0%	0.0%	0.0%
85.1	0	1	0	0	2	0	1	11	1	5	0	72	0	0	0	0	0
	0.0%	0.3%	0.0%	0.0%	0.7%	0.0%	0.3%	3.7%	0.3%	1.7%	0.0%	24.2%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
85.3	0	0	0	0	0	0	0	3	4	1	0	31	0	0	1	0	0
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.0%	1.3%	0.3%	0.0%	9.9%	0.0%	0.0%	0.3%	0.0%	0.0%
85.4	1	0	1	0	3	0	0	6	1	4	1	39	1	0	2	0	0
	0.3%	0.0%	0.3%	0.0%	0.9%	0.0%	0.0%	1.8%	0.3%	1.2%	0.3%	11.5%	0.3%	0.0%	0.6%	0.0%	0.0%
85.6	0	0	0	0	0	0	0	5	4	2	0	30	0	0	3	0	0
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.6%	1.3%	0.6%	0.0%	9.6%	0.0%	0.0%	1.0%	0.0%	0.0%
85.9	0	0	0	0	0	0	0	7	7	4	0	19	0	3	6	0	1
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.8%	1.8%	1.1%	0.0%	5.0%	0.0%	0.8%	1.6%	0.0%	0.3%
86.1	0	0	0	0	0	0	0	3	1	2	1	12	0	0	0	0	0
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.5%	0.5%	1.0%	0.5%	6.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%

Age (ka)	<i>Pimpinella</i> type	<i>Atriplex</i> type	<i>Chenopodium</i> type	Noaea type	Fabaceae	<i>Belevalia</i> type	<i>Allium</i> type	<i>Asphodelus</i> type	<i>Epipactis fragilis</i> type	<i>Epipactis distachya</i> type	Lamiaceae ( <i>tricolpe</i> )	Lamiaceae ( <i>stephanocolpe</i> )	Rubiaceae	Brassicaceae	Caryophyllaceae	Plantago	Polygonaceae
8.2	0	36	0	0	2	1	0	0	6	1	1	0	0	2	0	0	0
	0.0%	8.6%	0.0%	0.0%	0.5%	0.2%	0.0%	0.0%	1.4%	0.2%	0.2%	0.0%	0.0%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%
8.6	0	55	1	1	2	0	1	3	11	1	2	0	0	0	2	0	1
	0.0%	22.5%	0.4%	0.4%	0.8%	0.0%	0.4%	1.2%	4.5%	0.4%	0.8%	0.0%	0.0%	0.0%	0.8%	0.0%	0.4%
8.7	0	47	5	1	2	0	2	2	5	0	3	1	0	0	0	0	1
	0.0%	19.8%	2.1%	0.4%	0.8%	0.0%	0.8%	0.8%	2.1%	0.0%	1.3%	0.4%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.4%
9.0	0	44	0	3	3	1	0	0	7	0	1	0	1	0	2	0	1
	0.0%	12.3%	0.0%	0.8%	0.8%	0.3%	0.0%	0.0%	1.9%	0.0%	0.3%	0.0%	0.3%	0.0%	0.6%	0.0%	0.3%
9.2	0	45	0	8	1	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0
	0.0%	21.0%	0.0%	3.7%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.9%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
9.5	0	72	3	13	3	1	1	2	9	0	0	1	1	2	1	3	1
	0.0%	26.2%	1.1%	4.7%	1.1%	0.4%	0.4%	0.7%	3.3%	0.0%	0.0%	0.4%	0.4%	0.7%	0.4%	1.1%	0.4%
9.9	0	41	4	7	1	0	0	2	10	1	1	0	2	2	1	1	0
	0.0%	21.2%	2.1%	3.6%	0.5%	0.0%	0.0%	1.0%	5.2%	0.5%	0.5%	0.0%	1.0%	1.0%	0.5%	0.5%	0.0%
13.4	0	84	8	10	3	0	3	2	16	2	0	0	0	0	0	0	0
	0.0%	34.7%	3.3%	4.1%	1.2%	0.0%	1.2%	0.8%	6.6%	0.8%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
15.3	0	54	4	6	1	1	0	0	2	5	1	1	1	0	0	0	0
	0.0%	28.4%	2.1%	3.2%	0.5%	0.5%	0.0%	0.0%	1.1%	2.6%	0.5%	0.5%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
16.8	0	52	1	3	0	0	0	0	2	0	1	1	0	3	2	2	0
	0.0%	26.3%	0.5%	1.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.0%	0.0%	0.5%	0.5%	0.0%	1.5%	1.0%	1.0%	0.0%
85.1	0	40	2	3	1	0	0	0	3	0	0	0	1	2	4	2	0
	0.0%	13.4%	0.7%	1.0%	0.3%	0.0%	0.0%	0.0%	1.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.3%	0.7%	1.3%	0.7%	0.0%
85.3	0	31	1	1	1	0	0	0	8	0	0	0	0	1	2	0	1
	0.0%	9.9%	0.3%	0.3%	0.3%	0.0%	0.0%	0.0%	2.6%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.3%	0.6%	0.0%	0.3%
85.4	0	19	4	5	1	0	1	0	6	0	1	0	0	3	3	0	0
	0.0%	5.6%	1.2%	1.5%	0.3%	0.0%	0.3%	0.0%	1.8%	0.0%	0.3%	0.0%	0.0%	0.9%	0.9%	0.0%	0.0%
85.6	0	42	0	1	0	1	1	0	4	2	1	0	0	0	0	2	1
	0.0%	13.5%	0.0%	0.3%	0.0%	0.3%	0.3%	0.0%	1.3%	0.6%	0.3%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.6%	0.3%
85.9	0	39	2	2	2	0	1	1	5	1	1	0	0	0	0	0	0
	0.0%	10.3%	0.5%	0.5%	0.5%	0.0%	0.3%	0.3%	1.3%	0.3%	0.3%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
86.1	1	18	2	1	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0
	0.5%	9.0%	1.0%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	2.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%

Age (ka)	Rumex	Ranunculaceae	Scrophulariaceae	Cistaceae	Caprifoliaceae	Dipsacaceae	Ceraniaceae	Primulaceae	Crassulaceae	Myrtus	Valerianaceae	Acanthaceae	Thymelaea	Potamogeton	Cyperaceae	Lemna	Nymphaeaceae
8.2	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13	0	0
	0.0%	0.2%	0.2%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%				
8.6	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	24	1	0
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.4%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%				
8.7	2	0	2	0	1	0	0	0	2	0	0	1	0	3	11	57	0
	0.8%	0.0%	0.8%	0.0%	0.4%	0.0%	0.0%	0.0%	0.8%	0.0%	0.0%	0.4%	0.0%				
9.0	1	0	0	0	0	0	1	0	3	0	0	0	0	0	35	5	0
	0.3%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.3%	0.0%	0.8%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%				
9.2	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	14	1	0
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.5%	0.0%	0.5%	0.0%	0.0%				
9.5	0	1	0	1	0	0	0	1	4	0	0	0	0	2	25	0	0
	0.0%	0.4%	0.0%	0.4%	0.0%	0.0%	0.0%	0.4%	1.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%				
9.9	1	0	1	0	0	0	0	0	4	1	0	0	0	1	15	1	2
	0.5%	0.0%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	2.1%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%				
13.4	2	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	2	16	0	0
	0.8%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.8%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%				
15.3	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	3	0
	0.0%	0.0%	0.0%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%				
16.8	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	24	3	0
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%				
85.1	3	3	1	0	0	0	0	1	2	0	0	0	0	0	3	0	0
	1.0%	1.0%	0.3%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.3%	0.7%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%				
85.3	0	1	0	0	0	1	0	1	4	0	1	0	0	0	9	0	0
	0.0%	0.3%	0.0%	0.0%	0.0%	0.3%	0.0%	0.3%	1.3%	0.0%	0.3%	0.0%	0.0%				
85.4	1	2	0	0	0	0	0	1	3	0	0	0	0	0	17	0	0
	0.3%	0.6%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.3%	0.9%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%				
85.6	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	10	0	0
	0.6%	0.3%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%				
85.9	1	1	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	1	0	7	0	0
	0.3%	0.3%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.8%	0.0%	0.0%	0.0%	0.3%				
86.1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0
	0.0%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.5%				

Age (ka)	Sphagnaceae	Thelypteridaceae	Dryopteris	Cystopteris	Lycopodiaceae	Cyatheaceae	Sprinfertis	Operculodinium	Baitsphaeridium israelianum	fungal	Concentricystes rubinus	Boryococcus	Indeterminable	Unknown
8.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	27	0	0	14	1
8.6	0	0	0	0	1	0	0	0	0	30	0	0	13	2
8.7	4	0	0	0	0	0	0	0	1	10	0	0	17	3
9.0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	40	0	0	9	0
9.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	5	0
9.5	0	0	0	0	0	1	0	0	0	7	0	1	26	3
9.9	1	0	1	0	0	0	0	4	0	17	1	0	27	4
13.4	3	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	1
15.3	3	0	3	0	0	0	0	0	0	17	0	0	14	3
16.8	2	0	2	0	0	0	0	7	1	14	2	0	14	0
85.1	0	0	0	0	0	0	2	0	1	0	0	0	8	0
85.3	0	0	0	0	0	0	0	3	1	0	0	0	4	1
85.4	1	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	13	2
85.6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0
85.9	1	0	1	0	0	0	0	0	1	3	0	0	9	1
86.1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	8	0	0	6	0

The southern Levantine Basin, core 95-09, is characterized by higher sedimentation rates, greater taxa variability and a better state of preservation of pollen grains than the northern Levantine Basin, core 95-01. This is probably due to the greater distance of the latter from the Nile River. Pollen grains in the northern core were preserved mainly during sapropels S3 and S1, when the sea floor became anoxic. During these periods, climatic conditions were wetter at the northern basin compared to the southern, with higher *Quercus* level and high percentages of Mediterranean trees such as *Olea* (olive) that requires at least 400 mm annual rainfall with no frost in successive years.

The research also shows that sediments and pollen in the southern Levantine Basin derived mainly from the Nile. The continued presence of palynomorphes of nilotic origin, especially tropical spores in core 95-09, points to a constant Nile flow during the last 90ka, even at dry periods like the LGM. The contribution of palynomorphes of nilotic originis diminishing towards the north-western parts of the Levantine Basin.

## Abstract

The research deals with high resolution palynological record with the aim of reconstructing changes in vegetation and climate of the Eastern Mediterranean basin during the last 90ka. The study is based on two cores: 95-09 taken off the southern Israeli coast, at 884 m water depth and represents the southern Levantine basin, mainly the distal part of the Nile delta; core 95-01 was recovered south-east of Cyprus, at 980 m water depth and represents the northern Levantine basin. The chronological framework of the studies cores is based on the identification of sapropels,  $^{14}\text{C}$  dating and correlation of the planktonic foraminifera *G.ruber*  $\delta^{18}\text{O}$  records with the high-resolution, well-dated U-Th speleothem record from the Soreq Cave, Israel.

High sedimentation rates in core 95-09, together with high resolution sampling, produced one of the most detailed marine palynological records in the Eastern Mediterranean Sea to date, which enables the paleoclimate reconstructions of the end of the Pleistocene and the Holocene. Reconstruction of fluctuations in vegetation is chiefly based on changes in Arboreal Pollen/Non Arboreal Pollen (AP/NAP) ratios, main vegetation groups, indicative pollen taxa, pollen concentrations and state of pollen grains preservation.

Several humid/dry periods have been documented during the last 90ka. *Quercus calliprinos* type (evergreen oak) and *Artemisia* (sagebrush) were found as the best palynological markers for the identification of humid and dry cycles, respectively. The Last Glacial (75.5-16.2ka), the deglaciation (16.2-10ka) and the Holocene (10ka till present) are easily recognized by changes in pollen assemblages. Climatic conditions during the Last Glacial period were cold and dry, with low AP levels and high values of *Artemisia*. Several fluctuations were identified during this generally cold and dry period, such as the pluvial event between 56.0 to 54.3ka. The most dramatic climate change started at the beginning of the deglaciation and continued throughout the Holocene. During these periods the climate was very wet, suggesting that the Mediterranean maquis was more extensive in the area and that precipitation was relatively higher than before.

Short climatic events such as the cold and dry LGM, the warming of Bölling/Alleröd phase, the dry Younger Dryas episode and the cooling event at 8.2ka, are also evident in the pollen record. Heinrich events H2-H5 were identified through a correlation with extremely low AP ratios. Sapropels S3 and S1 were easily recognized by the high concentrations and good state of preservation of pollen grains, that, in turn, accord with high Total Organic Carbon content. The  $\delta^{18}\text{O}$  record of speleothems from Soreq Cave corresponds well with the pollen data (AP/NAP ratios), and especially with relative abundance of *Quercus calliprinos*.



THE MINISTRY OF NATIONAL  
INFRASTRUCTURES  
GEOLOGICAL SURVEY OF ISRAEL

# Late Quaternary Palynological sequences from the Eastern Mediterranean Sea

## Langgut Dafna

This work was submitted for the degree "Doctor of Philosophy" to the Senate of the University of Haifa.

The study was carried out under the supervision of:

Dr. Ahuva Almogi-Labin, Geological Survey of Israel

Dr. Miryam Bar-Matthews, Geological Survey of Israel

Prof. Mina Evron, Department of Archaeology, the University of Haifa

