

מדינת ישראל

משרדי הממשלה

60

משרד אקונומיה

67.009

ניקוז מים יבשתיים

ובניית מתקן -

הצלה מאזור הקנייה

1.68 . 12.67

מס' תיק מקורי

13



שם תיק: ניקוז מזרחי של הרי יהודה וחברון - הצעות למחקר ולקדיחה

מזהה כיוז: **ח-13/1597**

מזהה פריט: 0008chk

תאריך הדפסה: 13/08/2018

כתובת: 3-311-5-3-1

מחלקה

אקונומיה

67-009

תכנון המים לישראל בע"מ.

T.I-1968

אל: מד ע-קנ/ו

מאת: מנהל הענף ההידרולוגי

הנדון: דו"ח על מי התהום במזרח הרי יהודה (בתחום הגדה המערבית)

הנני מצ"ב דו"ח הידרוגיאולוגי על מזרח הרי יהודה ומורדותיהם המלווה בהצעות למחקר ולפתוח מי-תהום מקומיים באמצעות קדוחים.

הדו"ח, שנעשה ע"י צוות חבל ההר של הענף, ממשיך עבודה קודמת על מורדות הרי השומרון ובקעת הירדן אשר מצפון לאזור הנדון.

הדו"ח מתבסס על תאום של מפוי ונתוני קדוחים ואמדני מלוי חוזר שנעשו עבור הירדנים עם עבודות גיאולוגיות שלנו באזורים שכנים, על סקירות שדה שערכנו לאחרונה, ועל ניתוח הידרוגיאולוגי של הזרימה התת-קרקעית.

משטר מי-התהום המשוער והמאזן המוצע בדו"ח, שהם המקיפים ביותר שנעשו עד כה, מצביעים למעשה על הדרך למציאת ופתוח מי תהום מתוקים באזור זה, ועל ידי כך גם להקדים ולתפוס את מי מעיינות הפשחה ויתר המעיינות המלוחים (עשרות מליוני מטרים מעוקבים בשנה) בטרם המלחתם.

לשם כך ניתנות בדו"ח גם הצעות קדיחה מעשיות לאקספלורציה ולהספקת מים מיידית אשר תנחנה את התכנון ואת כיווני הפתוח של מטאבי המים באזורי ירושלים, חברון, מדבר יהודה ויריחו.

ב ב ר כ ה, י
י. הרפז
מנהל הענף

1944

United States of America
Department of the Interior
Bureau of Land Management

Section 106, Act of October 3, 1917 (40 Stat. 2889)
as amended by Act of August 10, 1955 (69 Stat. 293)

Whereas certain lands owned by the United States are situated in the State of California and are being offered for sale to the highest bidder for cash;

and whereas it is the policy of the United States to dispose of its surplus lands to the highest bidder for cash, and it is the desire of the United States to dispose of the lands described in the schedule hereinafter set forth to the highest bidder for cash;

Therefore, the lands described in the schedule hereinafter set forth are being offered for sale to the highest bidder for cash, and the proceeds of the sale of such lands are to be used for the benefit of the United States.

The lands described in the schedule hereinafter set forth are being offered for sale to the highest bidder for cash, and the proceeds of the sale of such lands are to be used for the benefit of the United States.

תכנון המים לישראל בע"מ
הענף ההידרולוגי

| | |
|---------------------------------|-------------|
| מקור: ד"ר יוסף ברימ בהדסה י. | |
| פרסונים | |
| מס' 67-009 | |
| נושא | |
| תיק | מבנה תאריכי |
| תאריך | 27 יולי 67 |

ניקוז מזרחי של הרי יהודה וחברון
הצעות למחקר ולקדיחה

1957-1958

1957-1958

1957-1958

1957-1958

1957-1958

תכנון המים לישראל בע"מ

הענף ההידרולוגי

ניקוז מזרחי של הרי יהודה וחברון

הצעות למחקר ולקדיחה

מ א ת :

א. בר - נר

תל-אביב

דצמבר 1967

תוכן :

| | |
|---|-----|
| הקדמה | .1 |
| ביאולוגיה | .2 |
| החתך העמודי והאופי ההידרולוגי של התצורות | 2.1 |
| המבנה הגיאולוגי | 2.2 |
| הידרולוגיה | .3 |
| האקוויפרים הקיימים | 3.1 |
| מאזן המים | 3.2 |
| מעינות פשחה | 3.3 |
| הצעות למחקר ולקדיחה | .4 |
| ניצול המים המתנקזים למעינות פשחה | 4.1 |
| בדיקת אפשרויות ניצול מי מעינות ואדי קלט ויריחו | 4.2 |
| ניצול עודפי מים באקוויפר עין עוג'א ובאקוויפר הקנומן | 4.3 |
| התחתון. | |

רשימת התרשימים

| | <u>אחרי עמוד</u> | <u>תרשים מס'</u> |
|---|----------------------|------------------|
| חתך עמודי לקורלציה של התצורות הגיאולוגיות בהרי יהודה וחברון. | 2 | 1 |
| מפה גיאולוגית של הרי יהודה וחברון מראה נקודות מוצעות לקדיחה. | 2 | 2 |
| מפת המבנים הגיאולוגיים הראשיים. | 6 | 3 |
| חתכים גיאולוגיים באגן הניקוז המזרחי של הרי יהודה וחברון. | 6 | 4 |
| מפת מפלסים משוערת של האקוויפרים בקנומן טורון באגן הניקוז המזרחי של הרי יהודה וחברון. | 8 | 5 |
| מפת מילוי חוזר לשנת 1964/5. | 13 | 6 |
| פרטים על המעינות העיקריים בניקוז המזרחי של הרי יהודה וחברון. | 9 | 1 |

1. הקדמה

העבודה המובאת להלן מנסה לנתח את ההידרוגיאולוגיה של הניקוז המזרחי של הרי יהודה ולהציג רעיונות לניצול מי תהום שם. מים אלה הנקוים בשכבות הטורון והקנומן הגיריות דולומיטיות מתנקזים כיום באופן טבעי כמעינות מתוקים ומלוחים וע"י זרימה תת-קרקעית לבקעת הירדן וליים-המלח.

בעיקר הושם הדגש על בדיקת אפשרויות התפישה של המים הנובעים כיום כמים מלוחים במעינות פשחה, עוויר וטורבה שלאורך חוף ים המלח, במטרה לנצל כמים מתוקים. באם זה יהיה ניתן לביצוע, יהוו המים תוספת רצינית לפוטנציאל המים באשר זרימת המעינות המלוחים נאמדת בכ- 55-65 מלמ"ק לשנה.

בנוסף לכך נעשה ניסיון להתוות את כיוון הפעולה לבדיקת אפשרויות הניצול של המעינות המתוקים על ידי קידוחים היכולים להביא ליעול הניצולת של מי האקוויפרים המנוקזים ע"י מעינות אלה. בעיקר נבדקה אפשרות זו לגבי מעינות ואדי קלט - יריחו.

חלק מהצעות הקדיחה המובאות בדו"ח מצביע על אפשרויות קדיחה בהר הגבוה ודבר זה יכול להשתלב לפחות בחלקו בתכניות הפיתוח החקלאי בהר ובצרכים של הספקת מים עירונית לירושלים וערים אחרות. חלק אחר של נקודות הקדיחה המוצעות נמצא בשולי בקעת הירדן ויכול להשתלב בתכניות לפיתוח החקלאות שם.

הדיון מוגבל מבחינה גיאוגרפית לאזור המשתרע מעין עוג'ה בצפון וחלחול בדרום. האזור הצפוני יותר נדון בסקירתם של א. ביידא וא. חפץ על משאבי מי התהום בבקעת הירדן (ר' ביבליוגרפיה).

העבודה מסתמכת בין היתר על נתונים המובאים בדו"ח"ים הידרוגיאולוגיים אשר הוכנו עבור הממשלה הירדנית ע"י חב' Rofe & Raffety הדו"ח של Munib R. Masri (ר' ביבליוגרפיה).

2. גיאולוגיה

2.1 החתך העמודי והאופי ההידרולוגי של התצורות

באזור נחשפות שכבות מגיל קרטיקון תחתון ועד לפלאוקן. החתך העמודי נתון בתרשים מס' 1, המראה את העוצמות, הליטולוגיה, הגיל של התצורות ויש בו השוואה בין השמות והנתונים האחרים כפי שניתנו ע"י החוקרים הירדניים, הבריטיים והמינוח הישראלי.

חואר קטנה

תצורה זו מהווה את בסיס החתך האקוויפרי של הרי יהודה בהיותה מורכבת מחואר וגיר חוארי אפור אטימים מגיל אלביאן אפטיאן. התצורה מתחילה את הסדרה החוארית של הקרטיקון התחתון והיא נחשבת כבסיס האקוויפר למרות העובדה שיש מתחתה עדיין יחידות גיריות בעוצמה של כמה עשרות מטרים.

חואר קטנה וחלק מהיחידות הגיריות חואריות הנמוכות יותר חשופים מערבית וצפונית ע"י עין קיניה, עין עריק וע"י קטנה. (ר' מפה גיאולוגית תרשים מס' 2) חואר קטנה ומה שמופיע מתחת לחואר זה נכלל ע"י הירדנים בתצורת קובר.

תצורת כפירה

התצורה מורכבת בעיקרה מגיר, בחלקו ליטוגרפי ורובדי בינים דולומיטיים. עוצמתה כ- 180 מ'. יחידה זו נכללת יחד עם דולומיט גבעת יערים בחלקה התחתון של תצורת בית קהיל לפי המינוח הירדני. גיל התצורה קרטיקון תחתון עד קנומן תחתון. תצורת כפירה מוליכה למדי בדרך כלל וקידוחים אשר חדרו אליה בשדה עין כרם קיבלו ספיקות יחסיות של 1-2 מק"ש, כדוגמת עין כרם 1, 3, 4, 6.

תצורת גבעת יערים

התצורה מורכבת מדרגשי דולומיט בעוצמה של ~~200~~⁴⁹⁻⁸³ מ'. התצורה שויכה ע"י הירדנים לחלקה התחתון של תצורת בית קהיל אשר עוצמתה הניתנת 160-260 מ'.

מפה גיאולוגית של הרי יהודה וחברון

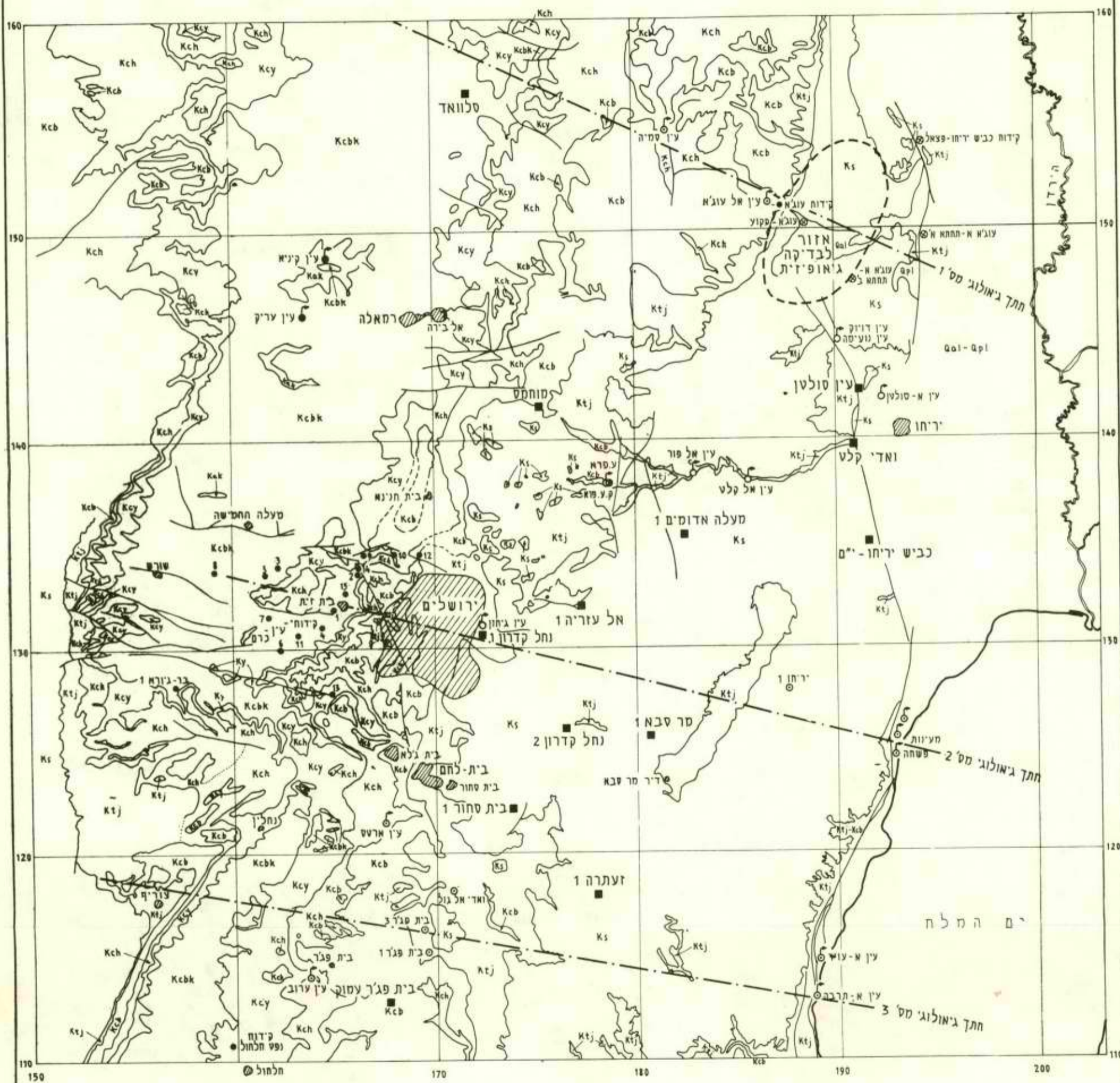
מראה נקודות מוצעות לקדיחה

5 ק"מ קנה מידה

הוכן ע"י א. בר-נר

ספטמבר 1967

(גיאולוגיה לפי ROFE & RAFFETY, י. יצחקי, י. מרקין, מ. בראון)



מקרא

| | | |
|-------------------|---------|---|
| קורטר | Qal-Qpl | אולביום, תצורת ליסן - חלוקים; קרטון, חוואר |
| דניום - סנון | Ks | תצורות סדרה בלקה - קרטון, חוואר, עור |
| קנומן עליון-טורון | Ktj | תצורת ירושלים-גיר, דולומיט (תצורת בינה, ורדים) |
| קנומן עליון | Kcb | תצורת בית לחם - קרטון, גיר, דולומיט (תצורת כפר שאול) |
| | Kch | תצורת חברון - דולומיט, גיר (תצורת עמינדב) |
| קנומן תחתון | Kcy | תצורת יטה - חוואר, דולומיט, תרכיזי אור (תצורת מוצא, בית סמיר) |
| | Kcbk | תצורת בית קהיל - דולומיט, גיר, חוואר (תצורת קסלון, שווק, גב'יערים, כפירה) |
| קרטיקון תחתון | Kak | תצורת קובר - חוואר, גיר (חוואר קטנה) |

- קידוח באקוויפר תצורת בית קהיל (קנומן תחתון)
- מעין באקוויפר תצורת בית קהיל (קנומן תחתון)
- קידוח באקוויפר תצורת עמינדב (קנומן עליון)
- מעין באקוויפר תצורת עמינדב (קנומן עליון)
- קידוח באקוויפר תצורת ורדים ובינה (טורון - קנומן עליון)
- מעין באקוויפר תצורת ורדים ובינה (טורון - קנומן עליון)
- קידוח לשכבה לא מוגדרת
- נקודות מוצעות לקדיחה

התצורה מהווה אקוויפר טוב, אשר מזין למשל את אחד הקידוחים הטובים באקוויפר של הרי יהודה, עין כרם 9.

תצורת גבעת יערים - כתצורת כפירה חשופים בעיקר באזור רמאלה, בואדיות דרומה יותר, לאורך הציר האנטיקלינלי של יהודה ובכתמים לאורך הציר האנטיקלינלי של חברון-חלחול.

תצורת שורק ודולומיט כסלון

תצורת שורק בנויה בעיקרה דולומיטים גבישיים סוכריים דקי גרגר, חוואריים בחלקם ואופקי חוואר צהוב. עוביה 80-130 מ'. מעליה מופיע דולומיט מסיבי עם קוורצוליט היוצר צוק בולט בנוף, בעובי 20-50 מ' אשר נקרא בשם דולומיט כסלון.

תצורת שורק ותצורת קסלון מופיעות יחד בחלק העליון של תצורת בית קהיל. גילן קנומן תחתון.

למרות היותה חווארית נמצאו בתצורת שורק אופקי דולומיט נקבובי הנותנים מים בקידוחי עין כרם. תצורת כסלון מהווה אקוויפר טוב המזין למשל בחלקו את קידוח עין כרם 14.

חלקה העליון של תצורת בית קהיל חשוף בכל האזור המרכזי של הרי יהודה ובחלק המרכזי של הרי חברון.

תצורת בית מאיר ותצורת מוצא

תצורת בית מאיר כוללת דולומיטים דקי גרגר בעלי שכוב דק עם אופקי חוואר והופעה רכה בשטח בעוצמה של 40-100 מ'. מעליה מופיע אופק חווארי בעובי של 15-20 מ' בעל התפשטות רגיונלית בכל האזור - חוואר מוצא. גיל התצורות קנומן תחתון.

במינוח הירדני אוחדו שתי התצורות לתצורת יטה שעוצמתה לפי מדידות שלהם ⁹⁰⁻¹²⁰ מ'. לתצורת יטה תכונות של אקויקלוד, למרות שלפחות חלקה הדולומיטי של תצורת בית מאיר יכול להיות אקוויפר.

שתי התצורות חשופות בכל מרכז הרי יהודה וחברון. על פני התצורות נוצר אקוויפר שעון חשוב בתצורת עמינדב המהווה אקוויפר מצוין. מתוך אקוויפר זה נובעים במרכז הרי יהודה וחברון מעינות קטנים ואילו במדבר יהודה חלק מהמעינות העיקריים.

תצורת עמינדב

תצורת עמינדב בנויה דולומיט וגיר גבישי קרסטי בעובי של 100-150 מ' גיל תצורה זו קנומן עליון. היא כונתה ע"י הירדנים תצורת חברון. תצורה זו מהווה כאמור אקוויפר מצוין שעון עפ"י תצורת מוצא. האקוויפר חשוב ביותר בכל אזור מדבר יהודה וממנו נובעים מעינות חשובים כעין-עוג'א. התצורה חשופה בכעין רצועה, מזרחית לציר האנטיקלינלי של חברון ויהודה ועיקר מחשופיה מערבית למעין עוג'א בצפון, ומזרחית לחלחול וחברון בדרום.

תצורת כפר שאול

התצורה בנויה בחלקה התחתון גיר וקרסון ובחלקה העליון גיר משוכב דק. עוביה כ- 75 מ', אך עוביה ואופיה ליטולוגי משתנים מפרצוף קרטוני לטיפוס גירי ואף דולומיטי, בעיקר מצפון לשטח הנדון. התצורה נקראת במינוח הירדני תצורת בית לחם ועוביה ניתן כ- 90-150 מ'. גילה קנומן עליון.

התצורה מהווה בדרך כלל אקוויקלוד הכולא מצד אחד את האקוויפר של תצורת עמינדב שמתחת, ומצד שני הוא מהווה אופק שעליו מתפתח אקוויפר שעון בתצורות הצעירות יותר.

התצורה מופיעה על פני שטחים גדולים צפונית ודרומית לירושלים ברצועה אשר כיוונה צפון-דרום.

תצורת ורדים ובינה

תצורת ורדים מורכבת מדולומיטים ואילו תצורת בינה בעיקר מגיר ליטוגרפי וגבישי, בעובי כולל של כ- 150-180 מ'. שתי התצורות נכללות בתצורת

ירושלים לפי המינוח הירדני. גיל התצורות קנומן עליון ביותר וטורון.
התצורות חשופות על פני שטחים גדולים, בעיקר בסביבות ירושלים ודרומה
לה.

התצורות מהוות אקוויפר טוב המתפתח על פני תצורת כפר שאול. אקוויפר
זה מזין מספר מעינות חשובים וביניהם מעינות ואדי קלט ומעינות יריחו.

תצורות מנוחה מימש ערב ותקיה

תצורות אלה עיקרן שכבות ^{קריסטל} עם צור בחלקן התחתון, וקרסון חוואר בחלקן
העליון. גילן סנון, מסטריכט, פלאוקן.

עובי התצורות משתנה בהתאם למצב הסטרוקטורלי - הן מתעבות בסינקלינות
ונהיות דקות על פני המבנים האנטיקלינליים והוא נע בין 200 ל-400 מ'
בערך. תצורות אלה מהוות אקוויקלוד הכולא את כל האקוויפרים של הקנומן
והטורון.

תפוצת השכבות האלה רבה במדבר יהודה עד למצוק ההעתקים של שולי בקעת-
הירדן.

השוואה של החתך הקנומני טורוני בין הרי יהודה, חברון וים-המלח

קורלציה של החתך של הקנומן-טורון בין הרי יהודה והנגב הצפוני אשר
נעשתה ע"י ארקין וחמואי (ר' ביבליוגרפיה) מצביעה על כך שניתן להשוות
את היחידות הקנומניות הנחשפות באזור ים-המלח והמכתשים (לפי בן תור-
פרומן, מפה גיאולוגית אזור סדום) ואילו של אזור ירושלים באופן כזה שתצורת
מוצא מהווה את הגג של יחידה ק-2 ואילו כל מה שמתחתה מהווה את הקנומן
התחתון. היחידה ק-3 הבנויה דולומיטים והמהווה אקוויפר טוב באזור סדום
הינה האקוויולנט של תצורת עמינדב.

אם נשווה את עוצמות התצורות יתברר שהחתך הקנומני-טורוני אשר עוביו
באזור עין-כרם מגיע לכ- 900 מ' מצטמצם ל- 500-600 מ' באזור עין גדי
לכדי 300-400 מ' באזור סדום.

אם כי כל התצורות נהיות דקות יותר כלפי דרום, עיקר ההדקקות של החתך היא בחלקו התחתון, דהיינו מק-3 ומטה.

יש לפיכך לצפות כבר באזור הנדון - ובעיקר מחברון מזרחה, לחתך יותר דק של הקנומן ובעיקר של הקנומן התחתון מזה המוכר באזור ירושלים חלחול.

2.2 המבנה הגיאולוגי (ר' מפת המבנים הגיאולוגיים תרשים מס' 3 וחתכים גיאולוגיים, תרשים מס' 4).

המבנה הגיאולוגי מעוצב בעיקרו ע"י שתי הסטרוקטורות האנטיקליניות הגדולות של הרי יהודה וחברון אשר כיוונן צפ' צפ' מז' - דר' דר' מע'.

המבנה של הרי חברון אינו המשך ישיר של מבנה הרי יהודה אלא צירו מוסט ממנו מזרחה בכ- 10 ק"מ כאשר בין שניהם נוצרת סינקלינה שטוחה של אזור עין כרם. בשני המבנים, השוליים המזרחיים נוטים בנטייה מתונה מזרחה. נטייה זו מופרעת ע"י מבנים סינקלינליים ואנטיקלינליים משניים אשר כיוונם דומה. צירי המבנים הללו נוחתים לכיוון צפ' צפ' מז', כלומר לכיוון בקעת הירדן. בנוסף למבנים אלה קיימת במזרח פלקסטורה מונוקלינלית חריפה הגורמת לנחיתות עד 50° ויותר המתפתחת מאזור אבו-דיס, מזרחה לירושלים, עוברת את עין עוג'ה ומגיעה לאזור פצאיל.

המבנים שבשוליים המזרחיים של הרי יהודה וחברון נקטמים בחלקם הצפוני ע"י שברי השוליים של בקעת הירדן וים-המלח. שברים אלה כיוונם בעיקרו צפון-דרום.

מתוך המבנים המשניים יש להזכיר את החישובים שבהם והם אנטיקלינת מר סבא וסינקלינת יריחו. האנטקלינה הגדולה של מר סבא החושפת על פניה שכבות של קנומן עליון-טורון היא אסימטרית עם נטיות חריפות בצידה המזרחי ומתונות במערבי. הסינקלינה של יריחו המופיעה מזרחה למר סבא היא סינקלינה עמוקה מלאה משקעים סנוניים עבים ואסימטרית עם שוליים מערביים תלולים.

בדומה לאנטיקלינת יהודה גם אנטיקלינת חברון היא אסימטרית עם נטיות

מפת המבנים הגיאולוגיים הראשיים

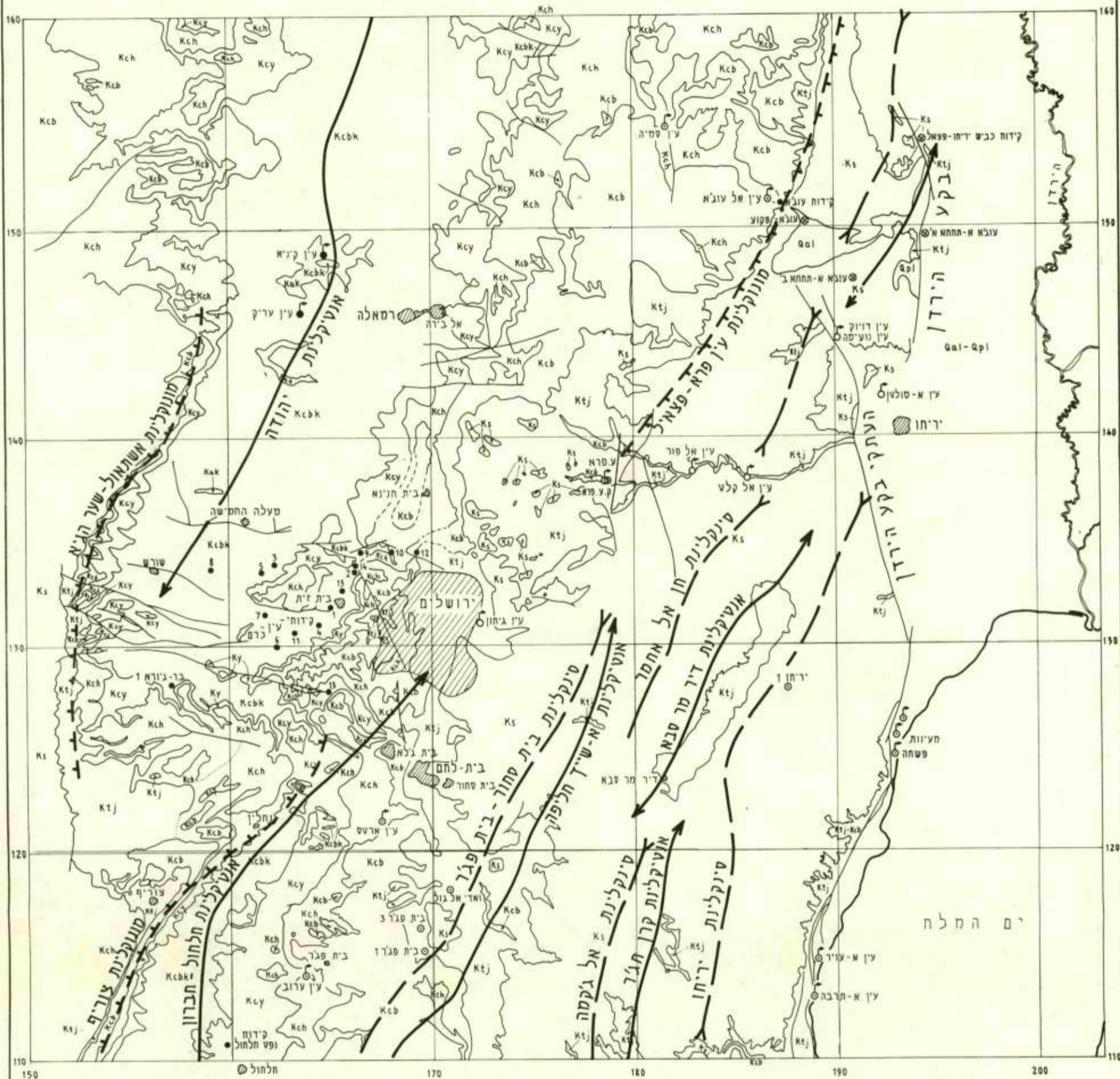
קנה מידה

0 5 ק"מ

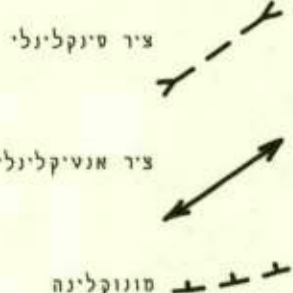
הוכן ע"י א. בר-נר

ספטמבר 1967

וגיאולוגיה לפי ROFE & RAFFETY, י. יצחקי, י. מרקין, ס. בראון



מ ק ר א



| | | |
|---------------------|---------|--|
| קוורטר | Qal-apl | אלוזיום תצורת ליסן - חלוקים, קרטון, חוואר |
| דניים - סנון | Ks | תצורת סדרת בלקה - קרטון, חוואר, צור |
| קנומן עליון - טורון | Ktj | תצורת ירושלים - גיר, דולומיט (תצורת בינה, ורדים) |
| קנומן עליון | Kcb | תצורת בית לחם - קרטון, גיר, דולומיט (תצורת כפר שאול) |
| קנומן תחתון | Kch | תצורת חברון - דולומיט, גיר (תצורת עמידב) |
| | Kcy | תצורת יטה - חוואר, דולומיט, תרכיז צור (תצורת מוצא, בית סאד) |
| קרטיקון תחתון | Kcbk | תצורת בית קהיל - דולומיט, גיר, חוואר (תצורת קסלון, שוק, גב' ערים, כפירה) |
| | Kak | תצורת קובר - חוואר, גיר (חוואר קטנה) |

- קידוח באקוויפר תצורת בית קהיל (קנומן תחתון)
- מעין באקוויפר תצורת בית קהיל (קנומן תחתון)
- קידוח באקוויפר תצורת עמידב (קנומן עליון)
- מעין באקוויפר תצורת עמידב (קנומן עליון)
- קידוח באקוויפר תצורת ורדים ובניה (טורון - קנומן עליון)
- מעין באקוויפר תצורת ורדים ובניה (טורון - קנומן עליון)
- קידוח לשכבה לא מוגדרת

חתכים גיאולוגיים באגן הניקוז המזרחי של הרי יהודה וחברון

הוכן ע"י א. בר-נר

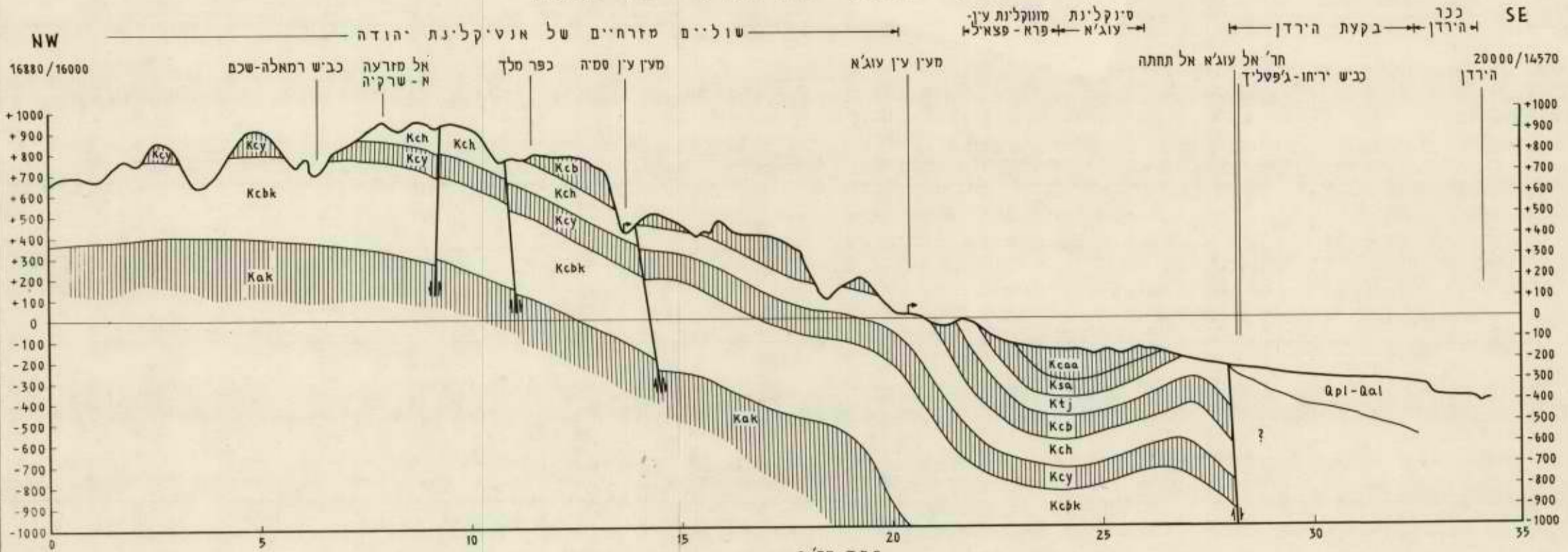


גיאולוגיה לפי מיפוי גיאולוגי של ROFE & RAFFETY

חתך גיאולוגי באזור עין סמיה - עין עוג'א

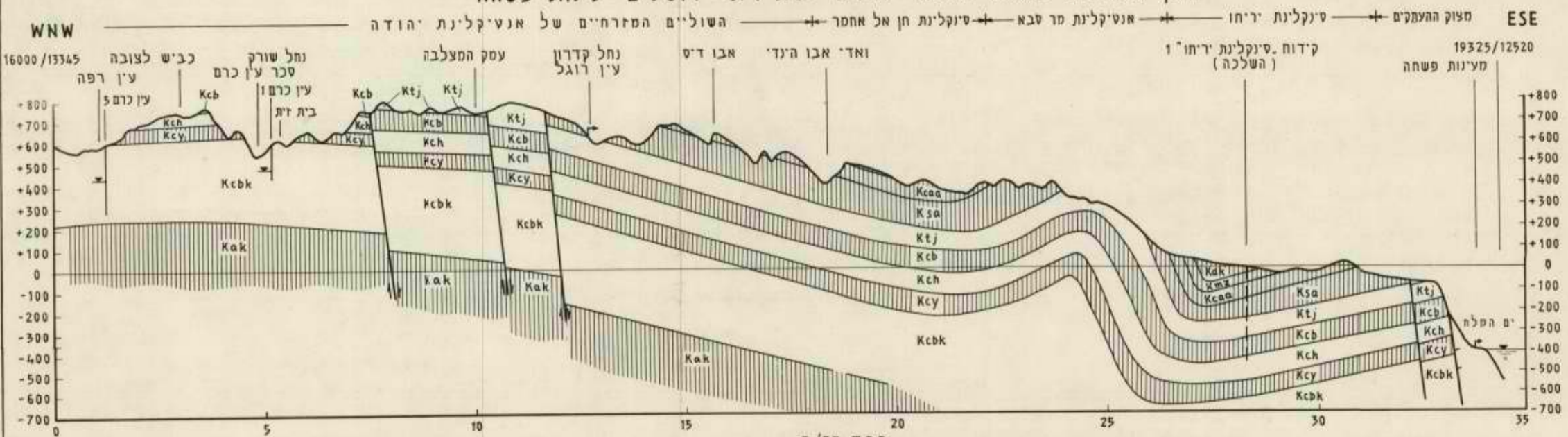
חתך מס' 1

סינקלינת מווקלינת עין-עוג'א - פרא-פצאליא



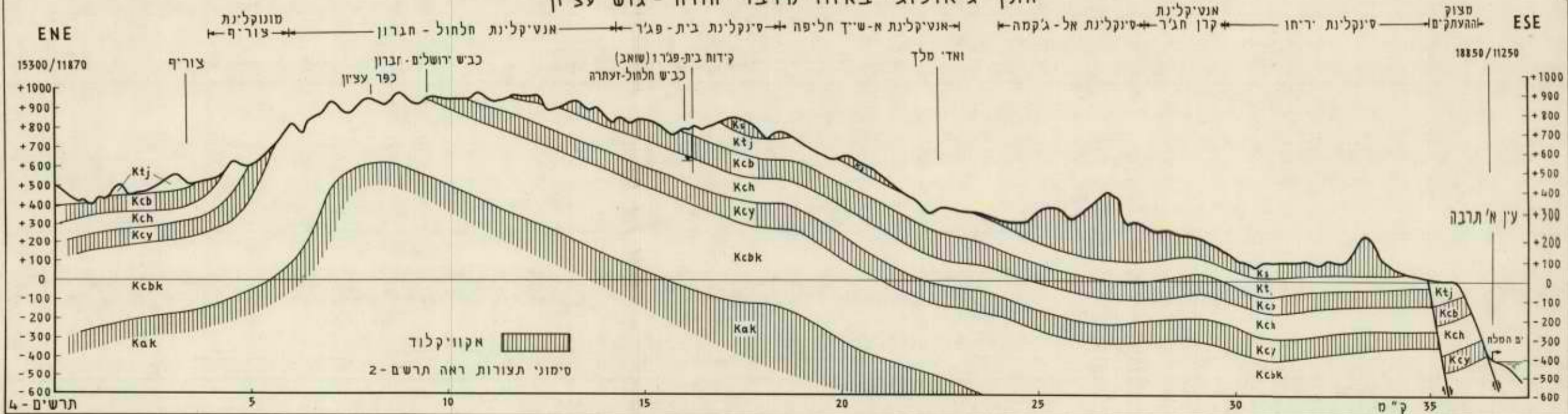
חתך גיאולוגי באזור מדבר יהודה - בית זית - ירושלים - עינות פשחה

חתך מס' 2



חתך גיאולוגי באזור מדבר יהודה - גוש עציון

חתך מס' 3



המגיעות לכדי 50° - 30° בשוליים המערביים. נטיות אלה המתחילות בצפון בערך באזור נחלין ונמשכות דרומה בקו צוריף תרקומיה.

3. הידרולוגיה

3.1 האקוויפרים הקיימים

חילופם של יחידות מוליכות ויחידות אטימות בחתך הקנומני-טורוני בניקוז המזרחי, גורם ליצירת מספר קומות של אקוויפרים זה מעל זה לפחות באזור ההררי.

באזור המרכזי של הרי יהודה קיים האקוויפר העיקרי של הרי יהודה בשכבות של קנומן תחתון (תצ' בית קהיל) וממנו נזונים קידוחי עין כרם. כלפי מזרח מופיעים מחשופים של תצ' עמינדב שבה מתפתח אקוויפר שעון על פני חוואר מוצא והחוארים שמתחתה (תצ' יטה). מזרחה מהמחשופים האלה מופיעות תצורות בינה וורדים שבהן לפחות בחלק מהשטח, אקוויפר נפרד שעון על פני הקרטון של תצ' כפר שאול.

ישנה אפשרות שעם הגיע האקוויפרים לקרבת בסיס הניקוז - בקעת הירדן, יתקיים ערבוב בין האקוויפרים השונים עקב הלחצים הנוצרים או עקב תנועת מים לאורך קווי העתק. יתכן גם שבאזור ההררי קיים ערבוב מה עקב העתקה אולם מאחר וההעתקה מועטה וחלשה יחסית נראה גורם זה כחסר חשיבות. נראה שרוב האזור המזרחי האקוויפרים מופרדים ובעלי משטרים הידרולוגיים נפרדים ובלתי תלויים זה בזה.

האקוויפר של הקנומן התחתון

התצורות של הקנומן התחתון הבונות אקוויפר זה חשופות באזור המרכזי של הרי יהודה וחברון. האקוויפר שעון על פני שכבות חוואר קטנה. עובי התצורות הבונות את האקוויפר מגיע בהרי יהודה לכדי 500 מ' - אולם במרכז הרי יהודה רק חלק מהן רווי. כלפי דרום ומזרח, בעיקר מחוץ לשטח הנסקר מצטמצם עובי התצורות במידה ניכרת.

רוב הסלעים הבונים את האקוויפר הם בעלי מוליכות נמוכה יחסית (ספיקות יחסיות בקידוחי עין כרם של 1-2 מק"ש למ' נפילה) מלבד דולומיט כסלון ודולומיט גבעת יערים המוליכים בד"כ יותר ומהם ניזונים קידוחי עין כרם הטובים ביותר (עין כרם 9 ו-14, ספיקות יחסיות עד 100 מק"ש למ' נפילה).

האקוויפר מנוצל בהרי יהודה ע"י קידוחי עין כרם אשר המפלס של המזרחיים שבהם נע בין 450 ל-500 מ' מעל לפני הים (ר' מפת מפלסים, תרשים מס' 5). מפת המבנים הגיאולוגיים (תרשים מס' 3) מראה שכל שדה הקידוחים של עין-כרם הנמצא בכעין סינקלינה שטוחה בין הצור האנטיקלינלי של יהודה והקצה הצפוני של אנטיקלינת חברון וכנראה בגלל מצב סטרוקטורלי זה מתנקז האקוויפר לכיוון דרום מערב ואינו משתייך לניקוז המזרחי.

באזור רמאלה, כמעט על פרשת המים התת-קרקעית אשר עוברת כאן על פני מחשופי שכבות הקרטיקון התחתון, נובעים מאותו אקוויפר ברומים של +575 - +525 עין קיניה ועין עריק (ר' טבלת המעינות) ומעינות קטנים אחרים.

דרומה לירושלים, באזור חלחול-חברון, אין קידוחים החודרים לאקוויפר זה מלבד קידוח הנפט חלחול, אשר מצא פני מים בעומק של 389 מ' (רום +478). אולם לא ברור אם מפלס זה מייצג את האקוויפר של הקנומן התחתון, מאחר ולפי לוג הקידוח פני המים האלה נמצאים כבר בשכבות עמוקות יותר של הקרטיקון התחתון.

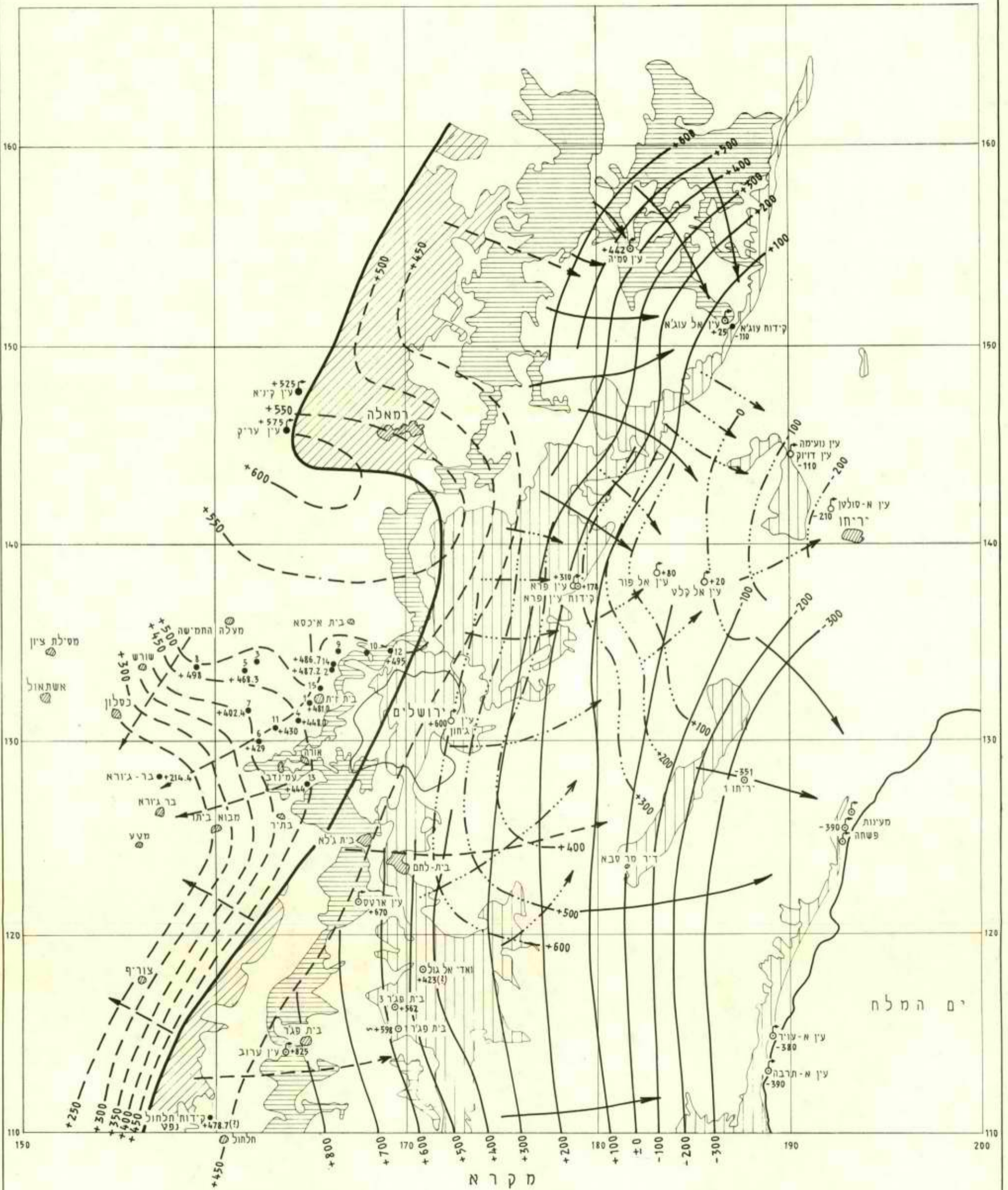
יש להניח שמערבית לציר אנטיקלינת חברון וחלחול, ישנם גרדיאנטים חריפים מאד במפלס באקוויפר של הקנומן התחתון, בגלל קרבת המונוקלינה לציר המבנה (ר' תרשים מס' 3 וחתך מס' 3 תרשים מס' 4). כלפי מזרח לעומת זאת מתקיימים תנאים דומים לאלה של שדה עין כרם - דהיינו, נטיות קלות של השכבות בלבד ויש להניח ששם קיים אקוויפר בעל גרדיאנטים מתונים יחסית.

תנאים טובים דומים קיימים גם צפונית מזרחית לרמאלה, אם כי גם כאן אין נתונים על מפלסי המים, מלבד בקידוח חדש שנקדח מאד במזרח ע"י עין עוג'א. קידוח זה עבר כנראה את תצורת מוצא המשמשת גג לאקוויפר ומצא מים ברום

מפת מפלסים משוערת של האקוויפרים בקנומן-סורון באגן הניקוז המזרחי של הרי יהודה וחברון

קנה מידה
5 ק"מ

הוכן ע"י א. בר-נר
ספטמבר 1967



מקרא

- קו שווה מפלס משוער באקוויפר הקנומן התחתון כיוון זרימה משוער באקוויפר הקנומן התחתון
- קו שווה מפלס משוער באקוויפר תצורת עסינדב (קנומן עליון) כיוון זרימה משוער באקוויפר תצורת עסינדב (קנומן עליון)
- קו שווה מפלס משוער באקוויפר תצורת ורדים ובינה (קנומן עליון-סורון) כיוון זרימה משוער באקוויפר תצורת ורדים ובינה (קנומן עליון-סורון)

- קידוח באקוויפר תצורת בית קהיל (קנומן תחתון)
- מעין באקוויפר תצורת בית קהיל (קנומן תחתון)
- קידוח באקוויפר תצורת עסינדב (קנומן עליון)
- מעין באקוויפר תצורת עסינדב (קנומן עליון)
- קידוח באקוויפר תצורת ורדים ובינה (קנומן עליון)
- מעין באקוויפר תצורת ורדים ובינה (קנומן עליון)

- קו פרשת המים באקוויפר של הקנומן התחתון
- מחשופי תצורת ורדים ובינה (קנומן עליון - סורון)
- מחשופי תצורת עסינדב (קנומן עליון)
- מחשופי תצורת הקנומן התחתון

של 110(-), מתחת לפני הים.

אינדיקציות ביחס למפלסים במזרח אין גם ע"י מעינות מאחר וכל המעינות בניקוז המזרחי מלבד אולי המעינות המלוחים, עינות פשחה ואחרים, נובעים מאקוויפרים גבוהים יותר בקנומן-טורון.

מעינות פשחה עויר וטורבה לעומת זאת, יתכן וחלק ממימיהם מסופק ע"י מי האקוויפר העמוק העולים באזור הנביעה לאורך העתקי השוליים של הגרaben. יתר המים הנקווים באקוויפר זה מתנקזים כנראה באופן תת-קרקעי למילוי בקעת ים המלח.

שטחי ההזנה של האקוויפר של הקנומן התחתון דרומית לירושלים, באנטיקלינת חברון הם קטנים אף בהתחשב בשטחים שדרומית לשטח המחקר. כך שרק כמויות מים קטנות יחסית מתנקזות מזרחה באנטיקלינת חברון (ר' פרק מאזן המים) באקוויפר זה. לעומת זאת שטחי ההקות צפונית לרמאלה הם ניכרים.

האקוויפר של תצורת עמינדב (קנומן עליון)

אקוויפר זה נמצא בתצורת עמינדב (תצ' חברון), כשהוא שעון על פני תצורת מוצא והחלק החווארי של תצורת בית מאיר. (תצ' יטה)

במרכז הרי יהודה אקוויפר זה הנו בעל חשיבות קטנה בגלל הופעתה הבלתי רצופה של השכבה גבוה בהרים. יחד עם זאת מרבית המעינות הקטנים בהרי-יהודה מוצאם באקוויפר זה מעל לחוואר מוצא.

כלפי מזרח, עקב הנטייה של השכבות מזרחה, מופיעה התצורה בחגורת מחשופים רחבה, ארוכה ורצופה, באזור ירושלים, צפונה ודרומה לה, והיא יוצרת משם ואילך מזרחה אקוויפר חשוב.

סלעי התצורה הם דולומיט וגיר נקבוביים ביותר, קרסטיים והם יוצרים אקוויפר מצוין. האקוויפר כלוא ע"י תצורת כפר שאול המכסה עליו כאשר זו מופיעה בפציאס קירטוני.

מתוך האקוויפר נובעים מעינות עין סמיה ועין עוג'א בצפון, עין ערוב ועין

פרטים על ותענות תיקונים בריקון תחנות של רצי יהודה ותברון
 טבלה מס' 1

| מס' תחנה ל/מ"מ | גובה ל/מ"מ | שטח שטחיה סטודנט מ"מ ² | שטח פס"מ | | מקום | נוכח מתוך התחנה | רום הנדיפה | ז.י. | שם התכין |
|-------------------|---------------|--------------------------------------|----------------|----------------|--------------------------------|--------------------------------|------------|-------------|-------------------------------|
| | | | מ"מ | מ"מ | | | | | |
| 305 - 409 | 21 - 25 | 2 - 3 | 7 | 10 | תחנת כפורה | תחנת כפורה | + 325 | 1649/1488 | ע"י קרינה |
| 334 - 559 | 25 - 37 | | | | | | | | |
| | 398 | | 8 | 45 | תחנת בינה | תחנת בינה | + 600 | 17251/13119 | ע"י גירסון (ע"י אום דריג') |
| 285 - 356 | 20 - 28 | 1.4 | 100 | | תחנת ורדים וגינה | קרום לבנים תחנת ורדים וגינה | + 310 | 1787/1379 | ע"י פנה |
| 339 - 404 | 28 - 39 | 2 - 3 | יבנה | גבוה מאוד | תחנת ורדים וגינה | - | + 80 | 18320/13980 | מזר |
| 275 - 396 | 24 - 39 | 2.5 | | 770 | תחנת ורדים וגינה | - | + 10 | 18560/13601 | ק"מ |
| 467 - 375 | 28 - 25 | 0.8 | | | תחנת עמיר | קרום לבנים תחנת עמיר | + 442 | 1816/1852 | ע"י ספ"ה |
| 406 - 474 | 25 - 32 | 9.5 | 30 | 2500 | תחנת עמיר | - | + 25 | 18675/15140 | ע"י קרינה |
| 305 - 447 | 22 - 28 | 0.37 | 15 | 150 | - | תחנת עמיר | + 870 | 1676/1215 | ע"י ספ"ה |
| | 30 | 1.4 מ"מ 0.4 קרינה | 1.4 מ"מ מ"מ | 1.4 מ"מ מ"מ | - | 11 תחנות מום | + 825 | 1687/1145 | ע"י קרינה |
| 300 - 407 | 24 - 25 | 5.7 | 520 | 830 | תחנות ורדים וגינה תחנת עמיר | תחנות ורדים וגינה תחנת עמיר | (- 210 | 19222/14185 | ע"י קרינה |
| 300 - 402 | 22 - 25 | 7.8 | (625 | 940 | - | תחנת עמיר | (- 110 | 19004/14468 | ע"י קרינה |
| 310 - 403 | 22 - 28 | | | | | | | | |
| 6620-2720 | 4000-1520 | (| (| (| תחנת עמיר | תחנת עמיר | - 390 | 1928/1247 | ע"י קרינה |
| 3950-1390 | 2300-710 | (| (| (| תחנת עמיר | תחנת עמיר | - 360 | 1880/1146 | ע"י קרינה |
| 2170-535 | 1200-140 | (| (| (| תחנת עמיר | תחנת עמיר | - 390 | 1894/1128 | ע"י קרינה |

ארטס בדרום. (ר' טבלה מס' 1) לאקוויפר זה חדרו קידוחי בית פג'ר שמהם נותן הקידוח השואב כ- 65 מק"ש בנפילה של כ- 10 מ', ומספק מים לבית-לחם ולכפרים בסביבה.

ע"י מעין עין פרה בוואדי קלט נקדח ע"י הממשלה הירדנית קידוח אשר כנראה עבר את תצורת כפר שאול וחדר לתצורת עמינדב. עם קדיחתו וחדירתו לתצורה זו נפלו פני המים לעומק של 135 מ', דהיינו לרום של 178 מ' מעל לפני הים.

נראה שגם קידוח סינקלינת יריחו 1 אשר נקדח על ידם לעומק של 428 מ' הגיע לתצורה זו. (ר' חתך גיאולוגי מס' 2, תרשים מס' 4) עומק המים בו נמצא ברום של 351(-) מ', דהיינו כ- 40 מ' מעל לפני ים המלח. קידוח זה נקדח ע"י הממשלה הירדנית במטרה לבדוק אם באזור זה המרוחק כ- 6 ק"מ מים-המלח ומעינות פשחה ניתן למצוא מים מתוקים, אולם נמצאו בו מים מלוחים ורדיואקטיביים כדוגמת מי מעינות פשחה. (ר' פרק על עינות פשחה)

בהתחשב בנתוני המפלסים של הקידוחים ורומי הנביעות, נבנתה מפת המפלסים וכיווני הזרימה (תרשים מס' 5).

המפה מבטאה את המחשבה שישנה חלוקה של האקוויפר של תצורת עמינדב לשני אגני משנה, צפוני ודרומי, כאשר קו פרשת מים משני עובר ביניהם בערך בכיוון מזרח-מערב צפונית לוואדי קלט-בית חנינא. זהו האזור שבו ישנה הצטמצמות רבה כמחשופי התצורה.

האגן הצפוני מתנקז כנראה רובו ככולו דרך מעינות עין סמיה ועין עוג'א. שטח ההזנה המחושב שלו של כ- 100 קמ"ר עד לגבולו הצפוני הנמצא מחוץ לשטח הנחקר. כגבול צפוני נלקחו מחשופי התצורה דרומית לוואדי פצאל.

באגן הצפוני מראה מפת המפלסים על גרדיאנט חזק למדי של המפלס למזרח המגיע לכדי 60-70 מ' לקילומטר. אמנם במפת המפלסים צויר המפלס כבעל גרדיאנט פחות או יותר אחיד ורציף. במציאות יכול להיות שהמפלס נופל במדרגות ולא בצורה המשכית ושהוא אינו רצוף.

למעין עוג'א תנודות הגדולות בספיקה. עובדה זו מצביעה על כך שיש כנראה למעין אוגר קטן ושקוויפר קרסטי מאד.

עין עוג'א נובע בקרבת הפלקסטורה של עין פרה-פצאיל. מזרחית למעין מתכסות שכבות האקוויפר בתצורות יותר צעירות, ויתכן שישנה בנוסף למים המופיעים במעין זרימה תת-קרקעית מזרחה לסינקלינה ממקום הנביעה. כדי לבדוק קיומם של מים באקוויפר המעין ובאקוויפר עמוק יותר, בוצע ע"י הממשלה הירדנית קידוח כ- 600 מ' מזרחה למעין בין המעין לפלקסטורה. בקידוח זה נמצא אופק מים שטוח, כנראה של המעין, ברום של 10(-) ובאותה מליחות בערך 35.5 מ"ג כלור, ואילו בתצורות עמוקות יותר, כנראה בקנומן התחתון נמצאו המים ברום של 110(-) ובמליחות של 57 מ"ג כלור לליטר.

בימי המנדט נקדחו 4 קידוחים באזור עוג'א. שני קידוחים נקדחו בסינקלינה ממזרח למעין. אחד משני הקידוחים, קידוח עוג'א פקועה (נ.צ. 15030/1840) נשאר בשכבות סינון לאחר 183 מ' קדיחה והשני קידוח עוג'א א- תחתא ב' הגיע לשכבות הקנומן-טורון אך נשאר מעל לפני המים.

שני הקידוחים האחרים נקדחו יותר במזרח באנטיקלינה שליד הכביש יריחו-פצאיל. קידוח אחד נקדח לעומק 50 מ' (נ.צ. 15410/19430) ונכנס לשכבות הטורון-קנומן הצעירות ביותר (תצורת ורדים בינה) ומצא בהם מים במליחות של כ- 5800 מ"ג כלור וספק אם מליחות זו מייצגת את מליחות האקוויפר, ואילו השני, קידוח עוג'א תחתא נשאר במילוי (נ.צ. 14955/19440) וקיבל מים במליחות של 932 מ"ג כלור בספיקה גבוהה. כך שלמעשה מלבד קידוח עוג'א החדש אין ידיעה מהימנה על האקוויפר בסינקלינה מזרחית למעין.

באגן הדרומי, התצורה חשופה על פני שטחים גדולים למדי בשטח הנחקר וגם בשטחים ניכרים דרומה לגבול השטח הנדון עד לאזור ערד. עם נחיתת ציר אנטיקלינת חלחול חברון לכיוון דרום-מערב נחשפים באזור חברון ודרומה בעיקר שכבות הצ'-עמינדב ותצורות צעירות יותר. באזור זה הנמצא מחוץ לשטח המחקר מהווה תצורת עמינדב את האקוויפר השעון העיקרי והמנוצל באזור חברון, יטה וסמוע ע"י קידוחים ובארות רבים. ניקוזו המזרחי של אזור חברון ויטה כבר אינו שייך כנראה ברובו לאגן הנדון אלא לאגן משני

דרומי של מעינות עין גדי הנובעים גם הם מתצורה זו.

אם נחבר את נתוני המפלסים באגן הדרומי של מעינות ערוב וארטס וקידוחי בית פג'ר, נקבל גרדיאנט באקוויפר בסדר גודל של 50 מ' לקילומטר. הונח שגרדיאנט דומה קיים עד לאנטיקלינת מר סבא, המשמשת כאין מחסום הידרולוגי (ר' סעיף הבא) חלקי ויש בה אבוד פוטנציאל חריף הגורם לגרדיאנטים של כ- 70 מ' לק"מ. משם ואילך מזרחה ישנו רק גרדיאנט קטן עד לרום ים המלח כפי שמעיד המפלס שהתקבל בקידוח יריחו 1, המראה על מפל מפלסים של כ- 40 מ' בלבד לאורך של 6 ק"מ.

האקוויפר של תצורת ורדים ובינה

האקוויפר אשר נוצר בתצורות בינה וורדים שעון על פני שכבות של תצורת כפר שאול (תצ' בית לחם) כאשר הן מופיעות בפציאס קרטוני. פציאס קרטוני זה מופיע בכל האזור המרכזי של הרי יהודה והצפוני של הרי חברון, דהיינו ברובו של האזור הנדון. התצורה פחות קרטונית ויותר גירית דולומיטית בצפון. אולם שם כל האקוויפר מאבד את חשיבותו כיחידה נפרדת מסיבות אחרות. התצורה חשופה בצפון בפס צר דק מאד ובשטח קטן והמחשופים נמצאים במזרח האזור שהוא גם יבש כך שאין בו מילוי חוזר רציני כל שהוא.

סלעי האקוויפר חשופים במשטחים גדולים מזרחית לבית חנינא באזור בית פג'ר עד להר הורדוס. בנוסף לכך ישנם מחשופים של התצורה דרומית לאזור הנדון.

סלעי התצורה, הדולומיט של תצורת ורדים והגיר הגבישי והגיר הליטוגרפי של תצורת בינה יוצרים אקוויפר קרסטי בעל מוליכות גבוהה.

מתוך האקוויפר הזה נובעים המעינות הגדולים של ואדי קלט-עין פור, עין פרה ועין קלט וכפי הנראה גם מעינות אזור יריחו, עין נועימה, עין דיוק ועין סולטן. במעלה, ע"י ירושלים, נובעים מתוך האקוויפר עין רוגל ועין גיחון.

אנטיקלינת מר סבא חושפת אל פני הקרקע את מרבית סלעי האקוויפר הזה (ר' חתך מס' 2) לכן נראה שלא יכולה להיות דרך הסטרוקטורה זרימה מזרחה באקוויפר זה לכיוון ים המלח.

המים הנקווים במחשופים של אזור בית פג'ר מתנקזים איפוא לצפון מזרח, בהתאם לנטייה של צירי המבנה באזור שבין ציר אנטיקלינת חברון לציר אנטיקלינת מר סבא. דהיינו עיקר הזרימה באקוויפר זה הינה לכיוון ואדי קלט ולכיוון יריחו. ע"י יריחו במקום הופעת הנביעות נחתכים המבנים הגיאולוגיים הנמצאים ממערב לאנטיקלינת מר סבא ע"י העתקי הגרבן.

יחד עם זאת, בגלל הופעת מעינות יריחו על יד העתקי השוליים של הבקע, יתכן שיש בהם תרומה של אקוויפרים עמוקים יותר ובעיקר תרומה של אקוויפר תצורת עמינדב, אם כי מבחינת מאזן המים לא נראה כך. המעינות הקטנים של ירושלים הנובעים מאותו אקוויפר ברום של 600+מ' הם בעלי תפוקות קטנות. השטח המזין אותם מערבה להם הוא קטן ביותר.

במבט ראשון נראה מתוך הנתוח ההידרולוגי הזה שהמעינות הגבוהים של ואדי קלט עין פרה ועין פואר מקבלים את עיקר מימיהם משטחי ההזנה הנמצאים ממערב להם, צפונית לירושלים, ואילו המעין הנמוך, ואדי קלט ובעיקר מעינות יריחו כאילו מקבלים מימיהם ממחשופים הנמצאים בדרום, באזור בית פג'ר.

3.2 מאזן המים

נעשה ניסיון לבצע מאזן מים נפרד לכל אקוויפר בשיטה הידרומטאורולוגית, כאשר המילוי החוזר נלקח מתוך עבודתם של Rofe and Raffety West Bank Hydrology לגבי שנת 1964/5 שהיא שנת גשם קרובה לממוצע.

עקרונות חישובי המאזן היו הבאים :

א. המילוי החוזר במ"מ גשם נטו (תרשים מס' 6) חושב ע"י Rofe & Raffety על סמך נהול מאזן הרטיבות בקרקע לכל 10 ימים. התאדות פוטנציאלית חושבה לפי שיטת Penman. עודף הרטיבות בקרקע חולק בין מילוי חוזר למי תהום לבין זרימה עילית.

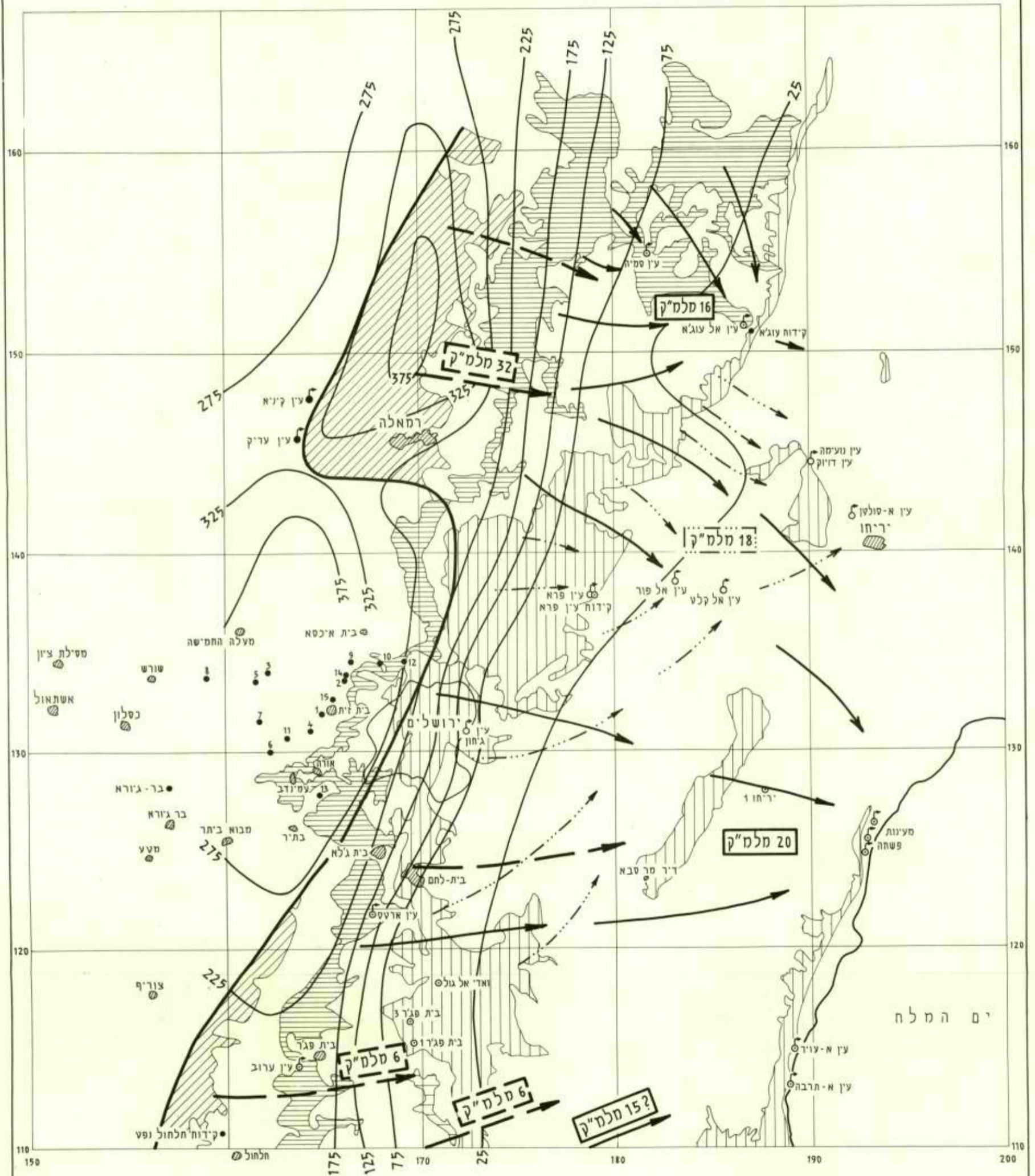
מפת מילוי חוזר לשנת 1964/65

קנה מידה
0 5 ק"מ

הוכן ע"י א. בר-נר

ספטמבר 1967

(לפי ROFE & RAFFETY)



מקרא

- קווים שווי-מילוי חוזר במ"מ - רווח אנכי 50 ס"מ
- כיוון זרימה משוער באקוויפר הקונסן התחתון
- מילוי חוזר באקוויפר הקונסן התחתון
- כיוון זרימה משוער באקוויפר תצורת עסינדב
- מילוי חוזר באקוויפר תצורת עסינדב
- כיוון זרימה משוער באקוויפר תצורת ורדים ובינה
- מילוי חוזר באקוויפר תצורת ורדים ובינה

- קידוח באקוויפר תצורת בית קהיל (קונסן תחתון)
- מעין באקוויפר תצורת בית קהיל (קונסן תחתון)
- קידוח באקוויפר תצורת עסינדב (קונסן עליון)
- מעין באקוויפר תצורת עסינדב (קונסן עליון)
- קידוח באקוויפר תצורת ורדים ובינה (סורון - קונסן עליון)
- מעין באקוויפר תצורת ורדים ובינה (סורון - קונסן עליון)

- קו פרשת המים באקוויפר של הקונסן התחתון
- מחשופי תצורת ורדים ובינה (קונסן עליון - סורון)
- מחשופי תצורת עסינדב (קונסן עליון)
- מחשופי תצורת ורדים ובינה (קונסן עליון)

ב. המאזן הנוכחי נעשה על פני שטחי המחשופים של כל אקוויפר לחוד, ואילו לגבי האקוויקלודים הונח שרירותית שהמילוי החוזר בפועל מהווה מחצית המילוי החוזר המחושב. המילוי החוזר שבפועל על פני מחשופי האקוויקלודים חולק מחציתו לאקוויפר שמעל לתצורה ומחציתו לאקוויפר שמתחתה.

ג. המאזן חושב לחוד לגבי אזור צפוני ואזור דרומי. כאשר הגבול בין האזור הצפוני והדרומי עובר כמה ק"מ צפונית לוואדי קלט, אולם מקומו ומשמעותו אינם זהים לגבי כל אקוויפר ואקוויפר. לגבי האקוויפר של תצורת ורדים ובינה הגבול הנו גבול האקוויפר שממנו צפונה השכבה חדלה להיות אקוויפר עצמאי. לגבי תצורת עמינדב הגבול הנו פרשת המים המשוערת בין אגן עין סמיה-עוג'א לבין אגן עין פשחה וסולטן לגבי האקוויפר של הקנומן התחתון הגבול הוא שרירותי ומבטא את המחשבה שישנה פרשת מים בין אזור דרומי המתנקז כולו לעינות פשחה ואזור צפוני המתנקז אולי בחלקו ישירות למילוי הבקע.

ד. המאזן חושב עבור השטח הזנה שבמסגרת האזור הנסקר. לאקוויפר של הקנומן התחתון ישנם שטחי הזנה נוספים מדרום ומצפון אשר יכולים להיות קשורים לשטחים הנדונים. אלה בדרום מצומצמים ביותר. לאקוויפרים של תצ' עמינדב ותצורת ורדים ובינה יכול להיות קשר לשטחי הזנה מדרום. אולם תרומתם של אלה לאזור הנדון חלקית מאחר וחלקו של האזור הדרומי מתנקז למעינות עין גדי הנובעים כאמור מתצורת עמינדב.

תוצאות החישובים מסוכמות בטבלה הבאה :

טבלה מס' 2

מאזן המים של מזרח הרי יהודה וחברון

| מילוי חוזר במלמ"ק (מעוגל) | שטח ההזנה | א ג ן | אקוויפר |
|------------------------------|-----------|-----------------------------|---------------------------------|
| 32 | 158 | צפון | תצורת בית קהיל (קנומן תחתון) |
| 6 | 13 | דרום, לעינות פשחה | תצורת בית קהיל (קנומן תחתון) |
| 16 | 99 | צפון, לעינות עוג'א וסמיה | תצורת עמינדב |
| 20 | 61 | דרום, בעיקר לעינות פשחה | תצורת עמינדב |
| 18 | 148 | למעינות ואדי קלט- יריחו | תצורת ורדים ובינה |

נתוח ומסקנות המאזן

לשטחי ההזנה אשר חושבו יש להוסיף כאמור שטחי הקוות נוספים מדרום לשטח הנחקר אשר חלק ממימיהם נתרם גם הוא לאזור, בעיקר לעינות פשחה והמעינות המלוחים האחרים עין עוויר ועין טורבה. חלק אחר של מים הנקווים מדרום לאזור ובעיקר על פני תצורת עמינדב מתנקז במעינות עין גדי אשר ספיקתם השנתית מוערכת בכ- 10-15 מלמ"ק.

לפי המאזן הזה התרומה הדרושה מהשטח הדרומי לשטח הנדון, כדי לספק את כל המים של עינות פשחה צריכה להגיע לכדי 20-30 מלמ"ק לשנה, כ- $\frac{2}{3}$ מתרומה זו צריכים לבוא מתצ' עמינדב, מאחר ומחשופי הקנומן התחתון מדרום מצומצמים ביותר ותורמים לכל היותר כ- 6 מלמ"ק נוספים לאזור. יתכן אמנם שהתרומה מדרום לא כל-כך גדולה ואז צריך לחשוב על זרימת מים מהקנומן התחתון של האזור הצפוני למעינות המלוחים.

בצפון, המילוי החוזר המחושב עפ"י הקנומן התחתון גדול, הן בגלל השטח הגדול של המחשופים והן בגלל היותו באזור הגשום ביותר. אולם יש להתייחס בספקנות מה לערכי המילוי החוזר הניתנים ע"י Rofe & Raffety באזור זה, המגיעים לכדי 375 מ"מ, ערכים הנראים גבוהים מהערכים שנתקבלו עבור אזורים סמוכים בישראל בניקוז המערבי. יש כנראה הגזמה בערכים המחושבים באזור הגשום ואילו באזורים היותר יבשים ערכי המילוי החוזר אשר חושבו נראים כסבירים.

המים הנקווים על פני סלעי הקנומן התחתון בצפון לא מתנקזים למוצא מוגדר וידוע אלא לבקעת הירדן לאורך העתקי השוליים, אולם קיימת כאמור אפשרות שהם מתנקזים בחלקם למעינות פשחה. כך או כך, זהו לפיכך אחד ממקורות המים הבלתי מנוצלים עדיין אשר יכולים להיות מנוצלים הן בשולי הבקעה והן בהר הגבוה.

המילוי החוזר המחושב של תצורת עמינדב באגן עין סמיה ועין עוג'א מגיעה לכדי 16 מלמ"ק לשנה, בו בזמן שהשפיעה הממוצעת של שני המעינות הינה כ- 10.5 מלמ"ק לשנה. באם לקבל את המאזן המחושב כמציאותי, הרי שקיימים עוד כ- 5-6 מלמ"ק נוספים המתנקזים כפי הנראה ישירות לעמק הירדן מתחת למפלס מעין עין עוג'א.

באגן הדרומי, מתנקז החלק הגבוה של מחשופי תצ' עמינדב במעינות הקטנים עין ארטס ועין ערוב, אולם עיקר המים מתנקזים כנראה לכיוון מעינות ים-המלח.

המאזן של אקוויפר תצ' עמינדב מראה על אפשרויות פיתוח ע"י קידוחים באגן עין עוג'א שלא על חשבון נביעת המעין. בדרום, נראה שרוב הפיתוח או כולו יביאו להקטנת השפיעה בנביעות המלוחות.

המילוי החוזר המחושב על פני תצורות בינה וורדים, 18 מלמ"ק מתאים לכמות המים הנובעת במעינות ואדי קלט ויריחו אשר משיקולים הידרוגיאולוגיים אחרים יוחסו לאקוויפר זה. לפי המאזן המחושב אין עודפי מים באקוויפר זה ואין מים המתנקזים למקומות אחרים מלבד למעינות אשר צוינו.

פיתוח אקוויפרים אלה על ידי קידוחים יבוא על חשבון נביעת המעינות ויהיה כדאי באם ע"י כך תושג יעילות גדולה יותר בניצול המים.

3.3 מעינות פשחה

מעינות פשחה נובעים בין חוף ים המלח והמצוק של שולי בקעת ים המלח. המים נובעים מתוך מילוי סחף של חוף ים-המלח. במצוק, הסלעים החשופים העמוקים ביותר הם כנראה אלה של תצ' עמינדב.

השפיעה של המעינות פשחה אשר נמדדה בתקופות שונות נעה בין 88 לבין 20 מלמ"ק לשנה והשפיעה הממוצעת של מעינות פשחה ועוויר הוערכה בכ- 55-65 מלמ"ק לשנה. מליחות המים אף היא שונה במקומות שונים במעינות ונמדדה מליחות בין 1476-4073 מ"ג כלור לליטר. המים הם רדיואקטיביים. בנביעות הדרומיות יותר, עין עוויר ועין טורבה, נמצאו גם מים מתוקים יותר. בנוסף למעינות אלה ישנם מעינות קטנים גפרתיים בעלי מליחויות המגיעות לכדי 41000 מ"ג כלור לליטר.

מבחינה גיאוכימית המים של מעינות פשחה הם מטיפוס קרבונטי ומקורם באקוויפר גירי, אם כי יש בהם קונטימינציה של מים מלוחים.

המים אשר נמצאו בקידוח יריחו 1 דומים למי המעינות מבחינה גיאוכימית, הם בעלי מליחות דומה וגם הם רדיואקטיביים, למרות שהקידוח נמצא במרחק של כ- 6 ק"מ משפת ים-המלח ומהעתקי השוליים של בקעת ים-המלח.

הנחה הנתמכת ע"י האופי הגיאוכימי הוא שמי המעינות הם אמנם מים מתוקים הבאים מההרים מהניקוז המזרחי של הרי יהודה מתוך אקוויפרים גיריים והם מתערבבים במים מלוחים בקרבת ים המלח.

אפשר להעלות מספר השערות לגבי מקור המים המלוחים ומכניזם הערבוב ולבחון אם הן עומדות במבחן העובדות המועשות הידועות עד כה. ההשערות הן :

א. מי תמלחות אשר נלכדו הממלאות את סלעי המילוי של הבקע והעולות לאורך העתקי השוליים ומתערבבות במי המעין המתוקים. מכניזם כזה של

המלחה אינו מסביר את הופעת מים המלוחים הדומים לאלה של המעין בקדוח יריחו, במרחק רב מהעתקי השוליים.

ב. מי תמלחות אשר נלכדו בשכבות עתיקות מהקנומן בשולי הגרברן והעולים דרך העתקי השוליים. גם אפשרות זו לא מסבירה את המצאותם של המים המלוחים בקידוח במרחק רב מהגרברן.

ג. חדירת מים מלוחים של ים-המלח הנוכחי לכיוון היבשה ויצירת פן-ביני שטוח מאד (בגלל המשקל הסגולי הגבוה של מי ים-המלח) בין המים המתוקים והמלוחים ויצירת ערבוב של מים מתוקים ומלוחים. דבר זה מתאפשר ע"י הגיאולוגיה (ר' חתך גיאולוגי מס' 2 המראה שהחתך הקנומני נמצא מספיק עמוק מתחת למפלס ים המלח ומאפשר כניסת מים מלוחים ליבשה. השערה זו מסבירה את קיום המים המלוחים בסינקלינת יריחו.

ד. חדירת מים מלוחים לשכבות האקוויפר בתקופות קדומות יותר של יצירת הגרברן ושהתהליך הנוכחי הוא תהליך של ערבוב ושטיפה. דעה זו אינה נסתרת ע"י העובדות הידועות.

ה. המלחה עקב המסת מלחים באקוויפר ותרומת מלחים מתוך שכבות האקוויקלוד לתוך האקוויפר ולא מתוך ערבוב עם מים מלוחים. דבר זה אם כי הוא יתכן לא נראה סביר בגלל המתיקות הרבה של יתר המעינות המתנקזים לבקעת הירדן בתנאים גיאולוגיים דומים. המעינות המתוקים נמצאים כולם צפונית לים המלח, בו בזמן שהמעינות המלוחים נמצאים אך ורק לאורך ים-המלח. (מחזק השערה ג' או ד').

מתוך האפשרויות שהועלו נראות האפשרויות הנתונות בסעיף ג' או ד' כסבירות ביותר והן מוצעות כהיפוטוזות עבודה. יחד עם זאת נראה לפי הופעת מעינות הגפרית לאורך חוף ים המלח שקיים גוף מים מלוח נוסף העולה מהעומק לאורך העתקי השוליים לפני הקרקע.

אם לאמץ את הדעה שיש קונטמינציה ע"י מי ים-המלח הנוכחי או הקדום, הרי

שבכל מקום באזור ששכבות האקוויפר נמצאות מתחת למפלס ים-המלח או מתחת למפלס ים מלוח קדום יותר, ישנם סיכויים למציאת מי תהום מלוחים. אם כי זה לא בהכרח כך, בכל זאת מבחינה מעשית של חיפוש מים מתוקים, נראה ששיקול זה מחייב להתרכז באזורים שבהם האקוויפר מורם מעל מפלס ים-המלח במידה כזו שלא תיתכן בו חדירה של מי הים הנוכחי או הקדום.

4. הצעות למחקר ולקדיחה

המחקר המוצע מכוון לבדיקת הנושאים הבאים :

א. ניצול המים המתוקים המתנקזים לפשחה ולמעיינות המלוחים האחרים לאורך ים-המלח.

ב. בדיקת אפשרויות לניצול יעיל יותר של מי המעינות המתוקים, בעיקר מעיינות ואדי קלט ויריחו.

ג. ניצולם של עודפי מים המתנקזים מהאקוויפרים הקנומניים ישירות למילוי הבקעה, בעיקר מים מאקוויפר תצ' עמינדב בעין עוג'א ומהקנומן התחתון באותו אזור.

4.1 ניצול המים המתנקזים למעינות פשחה

לפי המחשבות שהובאו בפרקים הקודמים יש לחפש את המים המתוקים של מעיינות הפשחה באקוויפר של תצ' עמינדב ובאקוויפר של הקנומן התחתון. זאת באזור הנמצא דרומית לירושלים ובאזור שאינו קרוב לים-המלח היכול להיות כבר מלוח. יש כמו כן לבדוק אם ישנה תרומה מצפון לכיוון המעינות המלוחים. המחקר המוצע כולל קידוחים שתפקידם לאתר את האזורים שבהם אקוויפרים אלה ניתנים לניצול, לבדוק את רציפותם, קביעת הגרדיאנטים ותכונות שני האקוויפרים.

הקידוחים המוצעים מוקמו במידת האפשר באזורים היכולים לבוא בחשבון גם כקידוחי הפקה והם מוצעים לביצוע כקידוחי הפקה.

הקידוחים המוצעים הם :

נחל קדרון 2

עומק המפלס בתצ' ורדים ובינה 50 מ'
עומק המפלס בתצ' עמינדב 200 מ'

נ.צ. 1765/1260

רום פני הקרקע +400

עומק קדיחה מוצע 400 מ'

חתך משוער של הקידוח :

| | |
|------------------------------|--------|
| קרטון סנון | 0 - 50 |
| גיר ודולומיט תצ' בינה וורדים | - 150 |
| קרטון וגיר תצ' כפר שאול | - 250 |
| דולומיט - תצ' עמינדב. | - 400 |

הקידוח מיועד לבדיקת האקוויפר של תצ' עמינדב. במשך הקדיחה תיבדקנה תצ' ורדים ובינה באם קיים בהן אקוויפר.

בית סחור 1

עומק משוער של פני המים 100-200 מ'

1738/1222

רום פני הקרקע +500 מ'

עומק קדיחה מוצע 400 מ'

חתך משוער :

| | |
|--------------------------------|--------|
| קרטון - סנון | 0 - 50 |
| גיר ודולומיט - תצ' ורדים ובינה | - 150 |
| קרטון וגיר - תצ' כפר שאול | - 250 |
| גיר ודולומיט - תצ' עמינדב | - 400 |

הקידוח מיועד לבדיקת תצ' עמינדב ובזמן הקדיחה תיבדק גם תצ' ורדים ובינה.

אל עזריה 1

1773/1320

עומק משוער של פני המים 200-250 מ'

רום פני הקרקע +400

עומק קידוח המוצע 450 מ'

חתך משוער :

| | |
|--------------------------------|---------|
| קרטון - סנון | 0 - 100 |
| גיר ודולומיט - תצ' בינה וורדים | - 200 |
| קרטון - תצ' כפר שאול | - 300 |
| גיר ודולומיט - תצ' עמינדב | - 450 |

מר סבא 1

1807/1257

עומק משוער של פני המים 150-200 מ'

רום פני הקרקע +280 מ'

חתך משוער :

| | |
|--------------------------------|--------|
| קרטון - סנון | 0 - 50 |
| גיר ודולומיט - תצ' ורדים ובינה | - 150 |
| קרטון וגיר תצ' כפר שאול | - 250 |
| גיר ודולומיט - תצ' עמינדב | - 400 |

הקידוח מיועד לאקוויפר של תצ' עמינדב.

לשלב יותר מאוחר מוצעים לאותו אקוויפר (תצ' עמינדב) הקידוחים :

ואדי חססה

177/108

רום פני הקרקע +400

עומק הקדיחה 400 מ'

זעתרה

נ.צ. 178/118

רום פני הקרקע +330

עומק קדיחה 450 מ'

לבדיקת האקוויפר של הקנומן התחתון מוצעים 2 הקידוחים הבאים, הממוקמים באזור הגבוה. בנוסף עליהם יהיה צורך להעמיק את אחד הקידוחים המיועדים

לתצ' עמינדב הממוקמים באזור היותר נמוך גם לבדיקת אקוויפר זה. (קידוח נחל קדרון 2, מר סבא 1, או אל עזריה 1). העמקה זו תחייב קדיחה נוספת של כ- 400 מ' מעל לזו המוצעת.

נחל קדרון 1

נ.צ. 17237/13060

רום פני הקרקע +610 עומק פני מים 250 - 200 מ'

חתך משוער :

| | |
|------------------------------------|---------|
| גיר ודולומיט - תצ' בינה וורדים | 0 - 150 |
| קרסון וגיר - תצ' כפר שאול | - 220 |
| גיר ודולומיט - תצ' עמינדב | - 330 |
| חוואר - חוואר מוצא | - 350 |
| דולומיט - תצ' בית מאיר | - 460 |
| דולומיט ודולומיט חווארי - תצ' שדיק | - 580 |
| דולומיט - דולומיט גבעת יערים | - 650 |
| גיר תצ' כפירה | - 830 |

מטרת הקידוח לבדוק את קיומו והמשכיותו של אופק המים בקנומן התחתון המנוצל בקידוחי עין כרם באזור ירושלים - אתור פרשת המים בו ובדיקת אפשרויות הניצול במזרח.

הקדיחה תיעשה בשלבים, בדיקת תצ' עמינדב ואח"כ קדיחה לתצורות הקנומן התחתון עד 460 מ'. באם לא ימצאו שכבות נקבוביות בחלק העליון של הקנומן התחתון יהיה צורך בקדיחה עד העומק המלא.

בית פג'ר עמוק

1676/1127

רום פני הקרקע 740 מ' עומק פני המים בקנומן התחתון 300 - 250 מ'.

חתך משוער :

| | |
|---------------------------|--------|
| גיר וקרסון - תצ' כפר שאול | 0 - 20 |
| גיר ודולומיט- תצ' עמינדב | - 150 |
| תצורות הקנומן התחתון | - 700 |

מטרת הקידוח לבדוק את האקוויפר של הקנומן התחתון באזור בית פג'ר ככל האפשר קרוב לאזור גוש עציון.

בדיקת אפשרויות ניצול מי מעינות ואדי קלט ויריחו 4.2

בפרקים הקודמים הובעה הדעה שיקר המים אם לא כולם באים למעינות אלה מהאקוויפר של תצ' ורדים ובינה. עיקר שטח ההקות נמצא בדרום מערב והזרימה אל המעינות הינה באזור שבין אנטיקלינת חברון לאנטיקלינת מר סבא.

הקידוחים שהוצעו בסעיף הקודם יספקו אינפורמציה על חלקו ההררי של אקוויפר זה ואפשרויות ניצולו. אולם, כדי לבדוק אם ניתן בעזרת קידוחים במעלה הזרימה מהמעינות לשפר את יעילות הניצול של המים, מוצע לקדוח קידוח מיוחד לניצול.

הקידוח המוצע :

מעלה האדומים 1

נ.צ. 1825/1354

רום פני הקרקע +200

עומק מוצע 400 מ' עומק פני המים בתצ' בינה ורדים

150-200 מ'

חתך משוער יקבע לאחר ביצוע מדידות גיאושמליות.

בנוסף לקידוחים באזור ההררי מוצע לקדוח 3 קידוחים לאורך שולי בקעת הירדן במטרה לבדוק: א. אם ניתן לנצל את המים של מעינות יריחו בקידוחים לאורך מצוק ההעתקים, ב. מה הם האקוויפרים המזינים מעינות

אלה, ובעיקר את מעין עין סולטן, ג. לבדוק אם יש זרימה מתוקה מהצפון לכיוון המעינות המלוחים של ים המלח.

שלשת הקידוחים המוצעים הם :

קידוח ואדי קלט

1910/1397 עומק משוער של פני מים 150 - 50 מ'

רום פני הקרקע 200 מ'

עומק קדיחה מוצע 300 מ'

חתך משוער

0 - 50 גיר ודולומיט - תצ' בינה וורדים

- 150 קרטון וגיר - תצ' כפר שאול

- 300 דולומיט וגיר - תצ' עמינדב

בקידוח זה ייבדק קיומו של אקוויפר בתצ' בינה וורדים ובתצ' עמינדב.

קידוח עין סולטן

1912/1423

רום פני הקרקע 240 עומק משוער של פני מים 100-50 מ'

עומק קדיחה מוצע כ- 500 מ'

מוצע לקדוח את הקידוח עד לקנומן התחתון ולבדוק את אקוויפרים בדרך. מיקומו המדויק של הקידוח יקבע לאחר עריכת סדרת מדידות גיאופיזיות מסביב למעינות יריחו.

קידוח כביש יריחו - י"ם

נ.צ. 1916/1350

רום פני הקרקע 200 עומק משוער של פני מים 150-50 מ'

עומק קדיחה מוצע כ- 500 מ'

הקידוח יתחיל בשכבות הסינון ויסתיים בתוך תצ' עמינדב.

ניצול עודפי מים באקוויפר עין עוג'א ובאקוויפר הקנומן התחתון בצפון 4.3

לפי מאזן המים שנערך ישנם עודפי מים מסוימים באקוויפר עין עוג'א (בתצ' עמינדב). מוצע לבדוק בסינקלינה שממזרח למעין אפשרויות קדיחה לאקוויפר זה ע"י עריכת סדרה של מדידות גיאופיזיות. האזור המוצע לבדיקה נתון במפה, תרשים מס' 2.

לניצול מים הנקווים באגן הצפוני על פני שכבות הקנומן התחתון, נקדח ע"י הממשלה הירדנית קידוח ע"י עין עוג'א. מוצע להשלים את הקידוח ולערוך בו שאיבת נסיון של ממש. לאחר מכן אפשר יהיה לקבוע אם כדאי לבצע קידוחים נוספים לאותו אקוויפר במורד הזרימה. יחד עם זאת מוצע לבדוק אם ניתן לנצל את אותו האקוויפר בחלקו העליון באזור ההררי. לשם כך מוצעים שני קידוחים :

קידוח מוחמס

נ.צ. 1753/1416

רום פני הקרקע +510

עומק פני המים באקוויפר הקנומן התחתון

עומק קדיחה

200-150 מ'

חתך משוער :

| | |
|-------------------------|---------|
| קרטון וגיר תצ' כפר שאול | 0 - 100 |
| דולומיט תצ' עמינדב | - 250 |
| תצ' מוצא ותצ' בית מאיר | - 350 |
| תצורות הקנומן התחתון | - 800 |

בקידוח זה מוצע לבדוק בזמן הקדיחה גם אם קיים אקוויפר בתצ' עמינדב. מוצע לקדוח את הקידוח עד 500 מ' בשלב הראשון.

קדוח סלוואד

נ.צ. 1718/1566

רום +560

עומק משוער של פני המים 150-100 מ'

חתך משוער :

תצורות הקנומן תחתון
חוואר קטנה.

0 - 450

- 460

סיכום ומסקנות

1. באגן הניקוז המזרחי של הרי יהודה קיימים באזור ההררי שלשה אקוויפרים נפרדים זה על גבי זה בשכבות הקנומניות-טורוניות. מצב זה נוצר עקב רבוד של שכבות דולומיטיות-גיריות המשמשות כאקוויפרים לבין שכבות חוואר וקרטון הפועלות כשכבות חוצצות.
2. האקוויפר העליון מופיע בשכבות מגיל קנומן עליון-טורון, החשופות בעיקר דרומית ומערבית לוואדי קלט. אקוויפר זה מזין את מעינות ואדי קלט וכנראה מספק את עיקר המים למעינות יריחו. המילוי החוזר המחושב של אקוויפר זה הנו כ- 18 מלמ"ק לשנה, כמות השווה בערך לנביעת מעינות ואדי קלט ויריחו.
- רוב המים זורמים באקוויפר זה לכיוון צפון-מזרח באזור שבין אנטיקלינת חברון - חלחול לבין אנטיקלינת מר סבא. באנטיקלינת מר סבא נחשף האקוויפר עפ"נ הקרקע ומשמש על כן כחיק הידרולוגי שאינו מאפשר זרימה באקוויפר הזה מזרחה.
3. האקוויפר התיכון מצוי בשכבות דולומיט מגיל קנומן עליון. סלעי האקוויפר חשופים בשני אזורים עיקריים, צפונית לוואדי קלט ודרומה לירושלים. האזור הצפוני מזין את מעינות עוג'א וסמיה. באזור הדרומי יש רק מעינות קטנים באזור הגבוה, עין ארטס ועין ערוב. ואילו עיקר המים מתנקזים למעינות המלוחים עין פשחה ואחרים ואולי בחלקו למעינות המתוקים של יריחו.
- המילוי החוזר בחלק הצפוני של האקוויפר נאמד בכ- 16 מלמ"ק לשנה כנגד

שפיעה של כ- 10 מלמ"ק בשני המעינות יחד, ואילו בחלק הדרומי בכ- 20 מלמ"ק (עד לגבול שטח המחקר).

4. האקוויפר התחתון מצוי בשכבות הקנומן התחתון והוא מהווה את הניקוז המזרחי של אקוויפר עין כרם. סלעי האקוויפר המתנקזים מזרחה חשופים בעיקר צפונית ומזרחית לרמאללה ושם שטחי היקוות העיקריים של אקוויפר זה. מוצאיו של האקוויפר אינם ברורים, יתכן שהוא מתנקז בחלקו למעינות פשחה ובחלקו ישירות לבקעת הירדן לאורך העתקי השוליים.

5. המחקר המוצע מכוון בעיקר לבדיקת רציפותם של האקוויפרים, לבדיקת הגרניאנטים וכיווני הזרימה.

6. ההצעות לפיתוח מי התהום כוללות :

א. קדיחה לתפישת מי המעינות המלוחים לפני המלחתם ע"י קידוחים, מערבית לאנטיקלינת מרסבא. הקידוחים חודרים לתצ' עמינדב ולקנומן התחתון.

ב. קידוחים לאורך מצוק ההעתקים לבדיקת קיומה של זרימת מי תהום מהצפון לכיוון המעינות המלוחים ולהבנת ההידרולוגיה של מעינות יריחו.

ג. קדיחה לאקוויפר המזין את מעינות ואדי קלט במעלה הזרימה לבדיקת אפשרויות ניצול מי מעינות אלה ע"י קידוחים.

ד. קידוחים לקנומן התחתון בהר הגבוה צפונית לירושלים.

ה. ביצוע תכנית גיאופיזית לקביעת אפשרויות הקדיחה באזור עין עוג'א לתפישת עודפי מים מהאקוויפר של הקנומן התחתון.

ביבליוגרפיה

- 1) ARKIN Y., BRAUN M., and STARINSKI A., 1965, Type Sections of Cretaceous Formations in the Jerusalem - Bet Shemesh Area, G.S.I. Stratigraphic Section Pub. No. 1, Jerusalem.
- 2) ARKIN Y., and HAMAQUI M., 1967, The Judea Group (Upper Cretaceous) in Central and Southern Israel, G.S.I. Bull. 42, Jerusalem.
- 3) ITZHAKI Y., ARKIN Y., BRAUN M., and LASMAN N., 1964, Geological Map of Israel, Jerusalem - Bet Shemesh 1:50,000, G.S.I. Jerusalem.
- 4) MASRI R.M., 1961, Geologic Report Hebron Area, C.W.A.
- 5) ROFE and RAFFETY 1965, Geological and Hydrological Report Jerusalem District, C.W.A.
- 6) ROFE and RAFFETY 1965, West Bank Hydrology 1963-1965, C.W.A.
- 7) א. ביידא, א. חפץ, 1967, משאבי המים של בקעת הירדן, תה"ל, -
דו"ח פנימי.
- 8) י.ק. בן-תור וע. פרומן 1954, מפה גיאולוגית של הנגב 1:100.000
גליון סדום, המכון הגיאולוגי, ירושלים.

