

פתרון כולל ובר קיימא למיס ואנרגיה

פרופסור אמריטוס דן זסלבסקי

**טכניון- מכון טכנולוגי לישראל
הפקולטה להנדסה אזרחית וסביבתית**

חיפה ישראל 32000

טלפון: 04-8232319 ; 04-8292746 ; פקס: 04-8293337 ; דוא"ל: agdanz@tx.technion.ac.il

מעודכן ליוני 2010

ת ק צ י ר

בחיפוש פתרונות בתחומי המים והאנרגיה ישנה התייחסות למשתנים רבים. ביניהם: משתני אקלים; משתני סביבה ושיקולים כלכליים ואסטרטגיים. ריבוי המשתנים מביא על פי רוב להתייחסויות חלקיות שלעיתים קרובות אינן עקביות, קצרות וצרות ראות ואפילו סותרות. פיצול הסמכויות וגישות בלתי מקצועיות מחמירות מאד את התמונה. לאלה מצטרפות הנחות יסוד או פרדיגמות שכלל לא טורחים לבדוק את מידת הקיום שלהן ובמקום הגדרת מטרות ראשיות ומשניות בבסיס התכנון, דעות קדומות לפתרון. ואלה מובילות את הטיפול לאוסף של אמונות תפלות, לא פחות. בסופו שלדבר אנו חסרים על פי רוב מנגנון בדיקה מקצועית עקיבה ומפורטת שיש בה גם הידע וגם מסגרות הפעולה והממון הדרוש כדי להעריך את ההצעות המתקבלות. קושי מהותי נוסף הוא בפיצול חולני של סמכויות ויכולת עלובה ביותר להאזין אחד לשני. **העיקר הוא תמיד לשמור על הסמכות שלי ולא לוותר לאחרים. לאלה מצטרפים אלה שלא דוברים אמת מחשש למעמדם וכאלה הניפגעים אם מתקבלת הצעה שהם לא יכולים ליחס לעצמם.**

ננסה להציע כאן פתרון מתוך גישה כוללת, בהסתכלות רחבה יותר וגישה הנשענת על חוקי יסוד תקפים, על כלכליות ולאו דווקא טעונה אידיאולוגיה תוך הנפת דגל שלא ניתן לאיש שלא לסגוד לו. חשוב להבהיר שגם יש קשר בין כלכלה וסביבה במשמעות שהמחיר הוא ביטוי שיש לו קורלציה קרובה מאד להשקעה האנושית בהנאה מסוימת. זאת כאשר הבעיה הסביבתית הבסיסית ביותר היא הקטנת הצריכה המנצלת את משאבי הטבע מעבר ליכולתם להתחדש. כמות האנרגיה המושקעת ביחס לכמות המיוצרת היא דוגמא לסעיף אחד כזה כאשר צריכת האנרגיה ליישום מסוים פרופורציונלית בקרוב ל-0.3 של ההוצאה. ועל כן אנרגיה מתחדשת יקרה מאד היא, קרוב לוודאי, לא בעלת ערך רב גם מנקודת ראות אידיאולוגית סביבתית. כך גם המר היחזוי לקוב מים מותפלים אם נמשיך בדרך הקלוקלת של מנהלי משק המים בשיתוף עם הגזברים של משרד האוצר. אנו מחפשים באמת את פיתרון הזול ביותר ושהוא בר קיימא בכך שהוא יאפשר הסתגלות ארוכת טווח של החברה תוך סיפוק מאזן אופטימאלי של צרכיה. **אינני מכיר חוק טבע כללי בעניין זה אולם ניסיוני מראה שרוב או כל ההצעות שהזדקקו לאידיאולוגיה סביבתית וכסוי של הוצאות חיצוניות היו פשוט הצעות גרועות שמצאני להן חלופות זולות.** נקווה שגישתנו תהיה פחות רגישה לטעויות. אבל בהחלט נברך על לימוד שיטתי והערות מסייעות.

כמה מהרכיבים הראשיים הכלולים במערכת הזו הם: משתני אקלים המתבטאים בתקופות ובאמפליטודת; חזיו ומידת מהימנות של נבואות של החוזים; גזי חממה, ועד כמה שינויי האקלים הם באמת מעשי ידי אדם, ועד כמה שאלה נכונים ונוגעים לענייננו; האם ישנן סיבות אחרות לשינויי האקלים? יותר מפעם אחת מתעוררת שאלת האמון באלה המובילים בכוח את האידיאולוגיה של הפחתת גזי החממה כדי למנוע התחממות כדור הארץ כאילו הוא מעשי ידי אדם, ואיום לנזקים קטסטרופאליים כתוצאה מכך. בין אם אלה אמינים ובין אם לאו **האם ישנן עוד סיבות, אחרות ליציאה מעידן השימוש בדלק ללא תלות בהכרעת כל הבחינות המקובלות שכולם חוזרים ומקשקשים אותם?** האם יש לקבל את התיאוריה האידיאולוגית כלכלנית שמותר להציע שיטות יקרות אם הן מהווות את הנזקים הצפויים. אולי ישנן שיטות הרבה יותר זולות מאלה? דוגמה נוראה אחת היא תאים פוטוואלטרונים שהם יקרים פי 10 ויותר ממקורות מתחדשים אחרים. מחיר זה מבטא גם כמויות אנרגיה גדולות מאד

להקמת המיתקנים וניהולם. זאת עד כדי כך שספק אם אפשר בכלל לכנות טכנולוגיות סולריות לחשמל במצבן כיום כאנגריות ירוקות. ישראל אינה מיצרת את התאים הללו ויש להם אולי בקושי מוצר לוואי אחד. הם שורשים פי 120 יותר שטח למשל בהשוואה לטורבינות רוח. שימוש מפתרון מטומטם זה יביא את מחיר המים המותפלים בשיטה המיושנת של אוסמוזה הפוכה מ 60 סנט בקרוב ל לשני דולר ו 60 סנט. זאת כאשר אין לי צל ש אספק שאפשר לספק עוד מים בנפח של מאות מיליוני קוב ב 30 סנט או פחות.

איך אלה ישפיעו גם על משק המים? האם ישנם קריטריונים שאפשר לסמוך עליהם? האם ישנם פתרונות מועדפים? אולי יש יתרון לפתרונות עם משוב חיובי לשינויים בלתי צפויים? מה האינטראקציה בין בעיות מים ובעיות אנרגיה ואולי עוד מטרות? כיצד אלה וגם אלה מתאימים ליעדים שונים כמו החקלאות המסורתית, אספקת דלק זול ונקי לתחבורה, עלויות אספקת מים שאינן פוגעות באוכלוסיות היותר חלשות; וכו'. האם סגפנות היא פיתרון או דיכוי של האוכלוסייה?

חשוב להבהיר:

א. יש להטיל ספק כבד ביותר על הייחוס של שינויי אקלים ותופעות בצורת דווקא כתוצאה מריבוי גזי חממה.

ב. גם אם כן האם החזוי למקרי אסונות טבע הוא חמור כפי שמשמיעים אותה? יש הערכות שלא ויש גם תצפיות וראיות כבדות משקל שלאפקטים הללו משובים שלילים הממעייטים מאד באפקטים המטרידים אותנו. מחזורי כמויות של גשם סביב אותו ממוצע הופיעו מאת שנים ונמדדו לא רק בארץ. זאת תופעת קבע עוד מימי אבותינו ואנו צריכים ללמוד לחיות איתן. אף הצעה של רשות המים לא מתיחסת לנקודה זו ולא מצעה פתרון.

ג. וגם אם קביעה זו לא מקובלת שאלה לא פחות כבדה היא אם הפילוסופיה של פרוטוקול קיוטו לעשות מסחר בזכויות זיהום, באמת מובילה לפתרון הבעיה או לפתרון הגיוני. ושאלה נוספת היא אם הפתרון טמון דווקא בחלופות יקרות המעמיסות את סביבת חיינו בצורה יותר חמורה מכל גזי החממה. דבר אחד ברור, בימי אברהם אבינו לא השתמשו הרבה במכונות מטוסים ולא בחשמל.

נראה שעד כה ההוכחה היא לתוצאה הפוכה. ונניח שכן, האם המעשה הגואל יהיה מאמץ להפחתת גזי חממה דווקא? אולי עדיף לדרוש באופן אבסולוטי אי שימוש בדלק פוסילי ולחפש שיטות עוד יותר זולות מהנוכחיות, ויש כאלה אלא שפקידי האינקוויזיציה אינם מכירים אותם או שאינם נהנים מהן? ותמיד נוהגים להטיל את האחריות על מעשיהם של האזרחים ומטילים עליהם קנסות.

ה. בכל מיקרה, סגפנות והורדה ברמת חיים אמיתית לא ייחשבו כפתרון. בוודאי וודאי שבתחום המים קיצוץ לחקלאות גובל באסון לאומי. גם פגיעה בגינון הינה אסון תרבותי. רבים נביאי הזעם החוזים מאה שונה מבחינה גיאולוגית וביולוגית של כדור הארץ ומגיעים להמלצה על סגפנות, הגבלה בילודה וחוקים דומים. יש פרופסור ישראלי אחד שתולה הכל בחקלאות שהיא גורמת לבעיות וראוי להקטין אותה. איש לא יוכל להטיל חוקים כאלה ואין לכך כל הצדקה בעתיד הנראה לעין. בכל מיקרה תנאי מוקדם לכך הוא יצירת יחסי שכנים ותלות הדדית בפיתוח ואספקה. מדינת ישראל נמצאת מבחינה זו באחד מהתנאים הקשים ביותר וזאת מפני ששטח המדינה קטן, מספר התושבים קטן. היקף עיבוד הקרקע לנפש הוא כשליש בהשוואה לממוצע העולמי. התלות שלנו חמורה ביותר בכלל ובמצבי חרום בפרט. עלינו להרחיב את

כמות המים שיש בדינו פי שלושה ולעבד שטח יותר גדול. הדבר נכון בכל ימי השנה והרבה יותר בימי חרום. כך הדבר גם באנרגיה. אלה שפותרים מפעם לפעם את המחסור במים באופן זמני על ידי קיצוץ בחקלאות הם פשוט פושעים. אלה שמזניחים את ההשכלה, את החינוך המקצועי לכל אחד ומימון של מחקר ופיתוח גם הם פושעים. קיומנו תלוי בזה. (ראה למשל דוח שלי כיו"ר המועצה הלאומית למחקר ופיתוח. מאוגוסט 2007)

ו. נראה שישנן לפחות שבע או שמונה סיבות מדוע לצאת מעידן הדלק. נראה גם שהדבר הוא בר ביצוע ואפילו תוך הקטנה משמעותית של מחירי האנרגיה. נראה שאפשר להציע מכלול הרבה יותר רחב ממה שנעשה עד כה, באופן שיחול שיפור משמעי ביותר בתוצאות במגוון רחב הרבה יותר והפתרון יהיה הרבה יותר בר קיימא, או בר קיימא ביחס למגוון מדהים של בעיות האנושות כיום. כך גם במשק המים. ישנם פתרונות בעלי תשובות הרבה יותר דחופות והרבה יותר זולות מאשר התפלת מי ים בשיטה הקיימת היום. ניתן מחר בבוקר להפיק קרוב ל 500 מיליון קוב מים באיכות המעולה ביותר ובפחות מחצי העלות בהשוואה להתפלת מי ים בעזרת אוסמוזה ההפוכה.. זאת כאשר יהיה לכך בונס ענק של שיקום מקורות המים והגדלת נפח האיגום המאפשר לנו להחליק את האספקה בין תקופות ברוכות ותקופות חסרות מים ושימוש מי הגשמים בחינם. שימור נפח אגירה לימי מחסור של מאות מיליוני מטרים קוביים הוא הרבה יותר זול מכושר ייצור של מים מותפלים שנשמר לתקופות מחסור. אין כל אפשרות לפתרון זול על ידי ייצור הרבה מים בלבד ללא נפחי אגירה.

1. יש להשתחרר מהנטל של תלות בדלקים ולבחור במקורות אנרגיה זולים בהיקף גדול. זה יבטיח נגד עליית מחירי מים מותפלים וכל מוצרי הרווחה האחרים. המקור הנבחר ביותר על ידי הוא אוויר יבש וחם מפירות השמש הנמצא בכמות רחבה ביותר ביותר מ 40 מדינות די הצורך כדי לספק יותר מ 15 פעמים את כל צריכת העולם כיום בחשמל ובטווח מחירים של 2-6 סנט לייצור קו"ש. נוסף לכך יש למקור זה 13 מוצרי לוואי בעלי ערך ענק. ניצול האוויר היבש והחם הוא נוסף על כמה וכמה אפשרויות שמדהים לצפות ולנסות להבין מדוע לא מנצלים אותן כבר עכשיו כאשר ניתן להתחיל מייד להקטין בעזרתן את צריכת הדלק ב 50%-60% ומתוך זה צריכת החשמל המיוצר בעזרת דלק תקטן בערכים דומים. רק החיסכון בדלק ישפר את מאזן התשלומים ביותר מ 5 מיליארד דולר בשנה. זאת מלבד ייצור ויצוא בהיקף של עשרות מיליארדים כי כמה מהטכנולוגיות המוצעת הן מפיתוח ישראלי.

יש שורה ארוכה של פתרונות שמציעים למקורות אנרגיה מתחדשים שפשוט תמוהים ביותר. ומשום מה זוכים לעיתים לתמיכה רחבה של מקבלי ההחלטות. מלבד התאים הפוטו-וולטאיים קל לבחון ניצול של גלי ים וגאות ושפל שני תהליכים חיוניים ביותר לקיום החיים בים. אין טיפת היגיון טכני באלה, הגיון כלכלי אבל מעבר לזה יש לאסור עליהם באיסור חמור ביותר. תאי דלק מחפשים מקור לייצור חשמל כדי לפרק מים כך שנקבל מימן שבעזרתו מייצר חשמל. זה יכול לבוא בחשבון אולי כאמצעי אגירת חשמל אבל האם זה מקור חכם לייצר חשמל? ללא צל של ספק לא עכשיו ולא לעולם. דעה דומה הביעו מי שבדקו את רעיון הרכב החשמלי כתחליף רחב למסה של התחבורה. האם בזה פתר משהו את בעיית הייצור ל חשמל ללא דלק?

2. יש להבטיח רציפות האספקה וכן מוצרי לוואי רבים ככל האפשר, ונראה שישנה יותר מדרך אחת לקבל אפשרות התפלה בפחות מחצי המחיר. זאת בשני כיוונים. האחד הוא בהתחלת הניצול המלא של מי התהום, גם אלה שנפגעו על ידי הבאתם תחילה לאיכות מי שתיה. יש פוטנציאל של כ-300 מיליון קוב מים כאלה, יותר מתכנית הממשלה להתפלת מי ים, אפשרית מניעת התאדות של כ-150 מיליון קוב מים מזוקקים מ-200 מאגרי קולחים מטומטמים. הדרך השנייה היא לנצל טכנולוגיה שפיתוחה ניגמר בעבודה טכניונית וניתנת ליישום מלא תוך שנים אחדות הדרושות רק לבנייה של התחנה הראשונה. סביבה עשויה להתפתח תעשייה רצינית עם יצוא של לפחות עשרות מיליארדים ותריסר תועלות נוספות. והוכח מעבר לכל ספק שניתן להכפיל את כמות המים במדינה בפחות מחצי המחיר של התפלת מי ים בדרך המקובלת.

3. יש לחפש משוב חיובי להשתנות האקלים ואולי גם דרך להגביר את צינון כדור הארץ ללא כל השקעות ובשעת הצורך למתן את הצינון אואת החימום לאמפלוטודות יותר קטנות.

4. יש לחפש אפשרות להרחיב מאד את עיבודי הקרקע המושקים מבלי לברא יערות ומבלי לחסל את החקלאות המסורתית עד כדי יכולת לספק את כל תחליפי הדלק הדרושים, ויש להגדיל את היבולים של פירות הים. אלה לבד ישמשו בין השאר גם לאגירת יותר פחמן בצמחיה ובמי הים ולהרחבת האספקה החקלאית כדי שליש ויותר מהיקף האספקה כיום.

5. נראה שתי שיטות חדשניות להפקת מים מותפלים בזיל הזול ותוך עשיית רווחים לישראל שהם מעל ומעבר לכל מה שקרוי hi-tech. שתיהן חוסכות גם באנרגיה בצורה דרמטית. ההתפלה היא לא רק צורך ישיר באספקת יותר מים ואולי אפילו חיסול תופעות הבצורת בעלות של לא יותר מ-5 סנט לקוב מים נוסף. היא גם אמצעי למנוע הרס של מי התהום על ידי תהליכי זיהום והמלחה.

6. נצביע על הנזק החמור שבזיהום מי התהום שניתמך בעקביות שלא תאומן על די רשות המים, משרד הבריאות ומעל כולם המשרד להגנת הסביבה. ישנם שמונה תהליכי זיהום שניתנים להפסקה, לפחות בעיקרם. נראה כיצד להימנע מזה ומכאן לחסוך נזקים חמורים ויקרים ביותר למקורות המים. עד לרגע זה השמידו בישראל מעל 20% של אספקת המים הטבעית וכמעט וויתרו על כ-300 מיליון קוב בשנה ומספר זה הולך וגדל בקצב כמעט קבוע משנה לשנה. כאמור, כ-200 מאגרי קולחים חסרי כל תכלית, בשטח כולל של כ-60 אלף דונם, מאדים כל שנה ללא כל צורך כמויות שהולכות ומתקרבות ל-150 מיליון קוב בשנה. אלה חייבים להיפסק מייד!!! לא ניתן להבין מדוע ראש הרשות וגופי תכנון משק המים לא רק לא מיישמים את זה אלא ראש הרשות הכריז שיש להוסיף עוד 21 מאגרי קולחים וקטע פרויקט שהוחל על ידי נציב המים שקדם לו להתפלת הקולחים והבאתם לאיכות מי שתייה בפחות מחצי המחיר של התפלת מי ים ותוך מניעת זיהום חמור ונזקים שמצטברים ליותר ממיליארד שדולר בשנה. די היה במניעת הנזק הזה ובחסכון במחיר אספקת המים כדי להקים את כל החסר במשק המים. אין כיום כל מניעה להגדלת השטח המעובד כדי יותר מהכפלה

7. את תקציב ההתפלה שמדינת ישראל מוכנה להקציב ראוי להשקיע כיום כולו בהתפלת מי התהום שזוהמו או המליחו. עלות ההתפלה לקוב תהיה פחות מ-30 סנט לקוב ובתוספת

בנוסף של שיקום האקוויפרים שבהדרגה יחזרו ויספקו מים משמיים. כמובן שיש וכדאי מאד להשתמש ביחידות ניידות שאפשר יהיה להעביר מאתר לאתר ויש כאלה מוכנות חולות וכאלה שמסופקות על ידי התעשייה הישראלית ועמדו במבחן הביצוע זה שנים. את תרכיזי ההתפלה יש לפלוט לים, אולי בתוספת פרוק של כמה חומרים, למשל על ידי תהליכי חימצון, והקטנת הנפח שהיום הוא מהווה כ-20% מנפח המים במקור. יש לענוש בעונשים חמורים את אלה שמחייבים אותנו להמשיך ולהכניס את כל המזהמים למי התהום. מי שאחראי לזה הוא המשרד להגנת הסביבה. באופן דומה יש להביא את הקולחים לאיכות מי שתייה והדבר כבא הודגם וניבדק והעלות פחותה מחצי המחיר של התפלת מי ים. כך נחסל גם את מאגרי הקולחים. מדוע משרד הבריאות מתנגד לזה ומעדיף שכל המים על כל המזהמים שבהם יכנסו למי התהום. יחד עם המשרד להגנת הסביבה הם דואגים ומקפידים שכל כוס מי שתיה יהיה רבע בערך, מי ביוב.

8. לבסוף, ישנה גם דרך לחזור ולנצל חלק מהאנרגיה המושקעת בהתפלה. נראה שמירב הדרישות מתמלאות כמוצרי לוואי לניצול אספקת האוויר היבש והחם בארצות המדבריות.

9. יש מקום לדון באופן הרציני ביותר על הכשל הרב בהתנהלות הנוגעים בדבר, כמעט בכל נושאי המים ונושאי האנרגיה. אפשר גם להצביע על קבוצת פקידים ויועצים שאחראים באופן אישי לכל אלה. אפשר לזהות גופים העוסקים בתכנון בהיקף של עשרות מיליונים, כאשר התוצאה היחידה היא בקשה לעוד תקציבים לתכנון או למחקר, וזאת לפתרון בעיות בעלויות שהן לא הרבה יותר גדולות מתקציב התכנון. (ראה למשל כל העוסקים בים המלח , בבולענים ובתעלת הימים) ואלה מהווים רק דוגמה אחת מיני רבות. אך לזה הקדשתי דין וחשבון ניפרד על כשל ההתנהלות של מדינת ישראל וחיפוש לשינוי ערכים נרחב. כדי לסבר את האוזן למשל, תקנה המחייבת בקרת תכן לפי לוח עבודה מחייב ימנע חלק ענק של נזקים בהרבה מאד מיליארדים כל שנה ונושא זה איננו בא להאשים מישהו בטיפשות או בשחיתות, אם כי יש כאלה לרוב. לא ניושע מזה אם כי האשמה על פי רוב ברורה ובולטת. הכשל גם איננו תלוי במפלגה פוליטית מסוימת. אבל אינני בא לעסוק בחוברת זו בסיבות לכשל הניהולי התוקף אותנו כמעט בכל תחום ובדרכים האפשריות להמעיט ממנו. אולם אין זה מונע אותנו מלהתחיל את התיקון ממשק המים או משק האנרגיה או שניהם.

לבסוף ראוי להוסיף ולאמור שהייתה ירידה חמורה של כל פעילות המחקר והפיתוח ואתם גם הכשרת כוח אדם הן בתחום של המים והן בתחום של הנדסת חשמל בזרם חזק ובכלל מקצועות האנרגיה. צר לי לאמור שרוב הדוברים לא מבינים דבר בנושא וזה נכון גם ביחס לחלק לא מבוטל של העוסקים באלה מטעם המדינה.

מתברר שגם חידושים שהגיעו לכלל בשלות לא זוכים לכל תמיכה. במקרה של משק המים הכול נעשה כדי שלא ימומשו (לא יאומן). התופעה המפחידה היא שבכל דבר שהמדינה מעורבת משקיעים מתרחקים. בארצות הברית חוקק חוק שאוסר על גוף ממשלתי לדרוש זכויות קניין רוחני בנושאים שהמדינה סייעה במימון החוק ניקרא ביי-דול. וחוקק בשנת 1984. הם נוכחו שבדרך אחרת לא תהיה כל תוצאה חיובית. בישראל הצלחנו להעביר

החלטת ממשלה שגם כן אוסרת השתלטות על הקניין הרוחני. אבל נציבות המים עושה כל שלאיל ידה כדי לעקוף החלטה זו ובכך מונעת כל סיכוי למימוש. בפניה להצעת מחקר התשובה של ועדת המחקר הייתה דחייה "בגלל ניגוד אינטרסים". כל ניסיון לברר איזה אינטרסים לא הצליח אלא להגיע לאחד היועצים שיש לו אנטרסים מנוגדים לאלה של המדינה. העובדה שכשלים אלה, כשלים של חוסר ידע, אינטרסים נוגדים, העדר תכניות, שיטות עבודה קלוקלות ומעשים לא ישרים נמשכים זה עשרות שנים, איננה תרוץ לא לבא בטענות אישיות ותביעות של ממש לאלה שממשיכים בזאת עכשיו. לא יתכן שאיש לא משלם על התנהגות קלוקלת או לפחות תוצאות בלתי מתקבלות על הדעת.

תוכן עניינים

מס'	שם הפרק	עמוד
	תקציר	1
1.	הקדמה	8
2.	שינויי אקלים	9
3.	האם ישנן עוד סיבות לעזוב את עידן הדלק ומהו הקריטריון להחלטה כזו	12
	3.1 מדוע עזבנו את עידן האבן	19
	3.2 הסיבות מדוע יש לעזוב את עידן הדלק	19
4.	דרכים שונות לצאת מעידן הדלק ולספק אנרגיה ללא תלות בשריפתו של הדלק	21
	4.1 קבוצות של מקורות	32
	4.2 שימוש יעיל באנרגיה	32
	4.3 ניצול פירות השמש	35
	4.4 קרינת השמש לאספקת חום	36
	4.5 הסטט עומס והתאמת עקום ההספקה לעקום הביקוש	41
	4.6 סיכום עד כאן / ללא שימוש בטכנולוגיה של "ארובות שרב"	42
5.	במה היינו עוד מבקשים לאפיין את מקורות האנרגיה ודרכי השימוש בהן	42
	5.1 מקורות זולים ובשפע רב	45
	5.2 משוב חיובי	45
	5.3 כמות כוללת	45
	5.4 מוצרי לוואי	45
	5.5 מה מצאנו	45
6.	טכנולוגיה חדשה המשתמשת באוויר חם ויבש - "ארובות שרב"	46
	6.1 "ארובות שרב" - טכנולוגיה חדשה לניצול פירות השמש - עקרונות הפעולה	47
	6.2 הוכחה של העקרונות הפיזיקאליים והזמינות הטכנולוגית	49
	6.3 כלכלת הארובות	51
	6.4 מדדים כלכליים	56
	6.5 פוטנציאל של ניצול ארובת שרב	58
	6.6 תועלות נוספות ל"ארובות שרב"	66
	6.7 סה"כ רווחים מארובות שרב	71
	6.8 עבודות הכנה לקראת בניה של ארובות שרב	73
	6.9 עוד הערות סיכום	76
7.	מהי הגדרת הצרכים לפיתוח בר קיימא של מקורות מים	76
	7.1 רכיבי הגשם	76
	7.2 השפעת הייעור	81
	7.3 במה הצלחנו ובמה נכשלנו עד סוף שנות השישים?	81
	7.4 מה המצב כיום?	81
8.	פעולה ראשית - הגדלת הכמויות הזמינות של מים	85
	8.1 עיקרי הפעולה	85
	8.2 התפלה בעזרת אוסמוזה הפוכה במתכונת הקיימת במיחזור הקולחים או בתופסת מים מלוחים	93
	8.3 בעיות אנרגיה להתפלה	96
	8.4 שילוב של התפלה בארובות שרב	97
	8.5 שיטה חדשה של התפלה הקרויה "מבוע"	98
	8.6 הגברת גשם על ידי חימום הים - עבודתו של ד"ר גד אסף	99
	8.7 הפעולות הדחופות ביותר	102
9.	בעיות זיהום ופתרון בכלל והביוב בפרט	102
	9.1 מקורות הזיהום	102
	9.2 מה הסיבות לא להשקות בקולחים אחרי טיפול שניוני או שלישוני	103
	9.3 מהי עמדת משרד הבריאות?	109
	9.4 מאזן ארצי כולל והפעולות הדרושות	109
נספחים		109-149

1-12

הנספחים נוספו בעיקר בעקבות התחלת דיונים על התכנון הכללי לטווח ארוך של משק המים וכן עקב הצטברות של נתונים מפחידים בעניין ההשקיה בקולחים. ראה פרוט בעמודים המצוינים לעיל.

1. הקדמה

ישנם גורמים חלקיים רבים שניתן להתייחס אליהם ולא בהכרח בצורה מתואמת ושלמה. כתוצאה מכך הפתרונות המוצעים הם בהרבה מקרים חלקיים, בלתי עקביים, ולעיתים קרובות אפילו סותרים זה את זה. ישנן החלטות תמוהות ביותר שקשה להחליט אם זה "סדום" או "חלם". ננסה, במקום זאת להציע גישה כוללת יותר הנשענת על עקרונות פסיקליים משותפים, מטרות רחבות ונכונות להתמודד עם שינויים בלתי צפויים. בין הרכיבים השונים נמצא את הבאים:

- מהם השינויים האקלימיים, אורך המחזורים, האמפליטודות, לא רק של הטמפרטורה אלא של הלחות, של הגשמים של הרוחות ועוד. ומה הם הגורמים המשנים.
- האם אפשר לסמוך על החיזוי והנבואות של כל מיני המטיפים של שינויי האקלים?
- האם מה שקרואים גזי חממה מתוצאות השרפה של דלקים או פליטות גזים של בעלי חיים הם באמת הגורמים לשינויי האקלים?
- האם ישנן סיבות אחרות להמעט את השימוש בשריפת דלקים ואפילו כדי יציאה לגמרה מעידן השימוש בדלקים? האם יש קריטריון אובייקטיבי ובר מדידה ברורה מתי יש להחליף את השימוש בדלק ומה במקום? האם יש לנו רעיונות פשוטים להפחתה משמעות בשימוש בדלקים מבלי צורך להיעזר באידיאולוגיה סביבתית שנותנת לנו רשות לשבור תנאי כלכלה פשוטים?
- מה מנביאים לנו חוקי התרמו-דינאמיקה ותהליכי הצירקולציה מסביב לכדור הארץ, באוויר ובמים?
- האם יש סוגי פתרונות מועדפים? מה הן התכונות שצריכות לאפיין פתרונות אלה? האם זה כולל דרישה למשוב חיובי לשינויים, האם זה מעדיף ריבוי של מוצרי לוואי ובשיפוט של הפתרון איזה מישקל יש למחיר גם כאשר הוא לכאורה מצדק על ידי מניעת הוצאות סביבתיות או כאלה הקרויות "חיצויות"?
- מה האינטראקציה בין בעיות אספקה של אנרגיה ובעיות אספקת מים ואולי אף מטרות אחרות שונות בכל ארץ וארץ?
- איך אנו מוצאים פתרון לבעיות המים ובעיות האנרגיה מבלי לפגוע במוצרים מסורתיים כמו אספקה חקלאית מקובלת ויעדים סביבתיים?
- האם ישנן בעיות קיומיות אחרות שיכולות להשפיע על בחירת הפתרונות? למשל, דייג יתר בימים המאיימת לכיליון אוכלוסיות בים; דרכים לכליאת גזי חממה וצבירת יתר של פחמימות; שמירה על שטחים פתוחים; שמירה על ערכי טבע; זיהום של מקורות מים ביבשה; זיהום מי הים; וכו'.
- איך תהליכי זיהום משפיעים על התשלובת של מים ואנרגיה?

אני מאמין ששינוי מסגרת הדיון והרמה המקצועית יכולים להביא לנו פתרונות מפתיעים במידת הקסם שבהם. אני מבקש להתנצל מראש כי התיאור המלא של כל הנ"ל ידרוש ספר רב מידות או אף מספר כרכים. לפי מנהג הכתיבה הוא היה צריך להיות מלווה בנפח ענק של הסברים ומראי מקום. בחוברת שלהלן אני מבקש להביא את הדברים בקיצור יחסי ולעסוק רק בעיקרי הדברים.

כמעט כל הניסיונות שלי ליצור שיתוף פעולה עם מקבלי החלטות נכשלו כמעט מיד כשהתברר להם שאני מציע דברים שהם לא חשבו עליהם לפני כן או שהדבר פגע באינטרס מושחת של הכנסה שוטפת או תעסוקת ידידים. כמעט בלתי אפשרי לעשות את העבודה בצורה מלאה ללא עזרת המערכת הציבורית או ההתנדבותית. והנה מתברר שיש גופים בעלי משקל כלכלי מכריע שרוכש את יכולת העשייה של המערכות המקצועיות, ולו בלבד כדי לעצור ניסיונות אחרים. כוחם העיקרי הוא בקשרים

המאפשרים להם קבלת זיכיונות או זכייה בעדיפות, לעתים משונה ביותר. למשל כיצד אפשר להסביר את העובדה שלפני שנה וחצי יצאה המדינה בהכרזה על סבסוד תאים פטו- וולטאיים לחד וסולרי תרמי לחד וללא כל אפשרות לטכנולוגיה אחרת. אפילו להגיש הצעה. וזאת כאשר ישנן חלופות שעלותן עשירית והשטח הדרוש מאית.

התנצלות שנייה היא שעדיין נשארו לא מעט שאלות פתוחות, לפחות עד כדי הידע האישי שלי או האפשרות לשלב במכלול הפתרונות. אולם אין לי ספק ששינוי המוצע בגישה שלהלן והדוגמאות המובאות דיין כדי להביא לנתיבים חדשים בחיפוש הפתרונות. לא עובר שבוע מבלי שאני נוכח בעוד עובדות שמחזקות את הרצאת דברי. אולם יש להיזהר מאד משום שזה יכול להיות ביטוי לדעה הקדומה האישית שלי. לפיכך אברך על כל דיון ענייני לביקורת או השלמת הדברים או לכל רעיון חכם.

אחת הדוגמאות הקיצוניות של המצב הקיים היא של מי שהתיימר להיות יושב ראש בכנס על מצב המים סביב הים התיכון לאור השינויים באקלים. התחום הנדון באותו מושב היה חיפוש פתרונות. במשך שעות רבות הביאו כל מיני דוברים כל מיני רעיונות חשובים אם כי חלקיים. אותו יושב ראש ניצל את מעמדו והרחיב את הדיבור רק על מניעת דליפות ממערכות אספקת מים. הוא לא הביא אפילו ברמז רעיון כלשהו ביחס לפתרון הבעיה הזו בין אם מבחינה טכנית (דבר שיש לו פתרונות לרוב) ולא מבחינה ההתנהלות של המערכות. אבל חזר אין סוף פעמים על כך שזה הכי חשוב. התברר שהוא יועץ של חברה ישראלית שהשקיעה כ - 100 מיליון דולר בנושא הזה. הוא התעלם לגמרה מהעובדה שדליפות מים ממערכת האספקה הן תוצאה פשוטה של שחיתות שבה אלה הגובים את העלות תמורת אספקת המים והטיפול בביוב מנצלים את ההכנסות למטרות אחרות שאין להן ולא כלום עם המים. האחראים לכך קובעים את המחירים ואפילו גובים מיסים ובעצם לא כל כך איכפת להם שהמים נוזלים מהמערכת. לא די בזה. הוא התעלם מכך שישנם מקרים ושיהיו יותר ויותר כאלה שבהם בריחה של המים איננה בהכרח הפסד של מים ועלות היתר בתוספת למקורות איננה בהכרח יותר יקרה ממניעת הדליפה. כך קרוב לוודאי המקרה של שימוש במים אפורים או מתן קנס על שימוש יתר במים במקלחת.

בסיכומי הדיון של המושב הנ"ל לא הוזכרו כלל נושאים אחרים. אבל אפילו ראש רשות המים אינו מבחין בהבדלים הללו. אם כל המים המשמשים בבית הולכים לביוב והביוב משמש, כמעט כולו, להשקיה, מדוע יש להגביל את השימוש במים (שלא למטרות השקיה). צריך להיות ברור שאלה המבקשים להתפרנס מענף זה מבזבזים כספים רבים ויקרים ובעצם מבססים את רווחיותם על המשך השחיתות ומצטיינים בחוסר יכולת הקשבה. מי שינסה לעסוק במקור מים אחר שהוא זול מאד, יחשב על ידם כאויב. כך נהג אותו יושב ראש. וכך נוהגת כאן נציבות המים שיכולה הייתה בקלות להחזיר למערכת כמעט מיד קרוב ל 150 מיליון קוב מים ממערכת הביוב, מים שמתאדים לריק, ויכולה הייתה לעצור את הרס מקורות המים בהישגים שעולים פי כמה על היקף התפלת מי ים וזאת על ידי התפלת כ 300 מיליון קוב מים לשנה שהזדהמו וזאת בפחות מחצי המחיר ותוך קבלת בונוס של שיקום המקורות ויותר ויותר מי גשם בחינם.

ישנן דוגמאות קשות ביותר כמו ההצעה של המשרד להגנת הסביבה למהול את מי הביוב במי ים מותפלים, ארבעה קוב לכל קוב מי קולחים. זוהי הצעה אינפנטילית משום שהדבר איננו מונע את הזיהום של המים אבל מיקר את תיקון המצב כמעט בפרופורציה למידת המיהול. כפי שנסביר בהמשך. אבל חמור מזה, נעשה מאמץ עקבי למנוע כל דיון רציני בנושא כדי לא לפגוע חס וחלילה בסמכות שכבש המשרד.

אמנת ברצלונה היא אסון מוכח. כל המומסים ממילא יגיעו לים גם אם נטיל את המזהמים ביבשה. זה רק שאלה של זמן. אבל מדוע צריך לוודא שמי השתייה שלנו יזוהמו תחילה באופן המקסימאלי האפשרי? (כרבע כוס בויב לכל כוס מים שאנחנו שותים.)

ואם ראש הרשות מתעקש להשתמש בקולחים כפי שהם הרי כל טיפת מומסים מגיעה בסופו של דבר למי התהום. . אבל אילו היה עקבי היה יכול לחסל כמאתיים מאגרי בויב שגורמים לשורה של צרות. ממה נפשך, אם ממילא מחדירים אותם בסופו של דבר למי התהום בהשקיה, מדוע להחזיק בהם במאגרים פתוחים? מדוע לאטום את המאגרים ולהכפיל את עלותם. בכל מיקרה ראש רשות המים הכריז שבתכניתו פרויקט בעדיפות גדולה להתקנת עוד 21 מאגרי קולחים כאלה. כל הכבוד. (אבל אין לייחד רעיון עוועים זה אפשר למנות כאן סדרה של רעיונות תמוהים כאלה ואף הרבה יותר תמוהים).

כפי שאראה בהמשך, ההשקיה בקולחים הוא חסר כל הצדקה. על ידי השקעה של כ-30 סנט לקוב מי קולחים ולהביאם לאיכות מי שתייה מעולים כאלה שתמורתם הצרכן העירוני משלם פי עשרה ויותר. הנפח האפשרי הוא כדי שליש כל המים לעיר. במילים אחרות, במים המסופקים כיחום לעיר אפשר לספק מים לאוכלוסייה כפולה.

אפשר היה לחסוך את כל הצרות ולהביא לחסכון שנתי שעולה על מיליארד דולר, די כדי להשקיע בהתפלת מים לספק עוד 500 מיליון קוב מי ים מותפלים ולהפסיק חלק ניכר של הרס מקורות המים. או להתפיל כמעט שני מיליארד קוב מי ים לשנה. זהו מעשה פשע לפי כל אמת מידה ושותפים לו במסירות ראווה לציון לפחות ארבעה משרדי ממשלה – איכות הסביבה, בריאות, חקלאות ותשתיות יחד עם חברת מקורות.

איך קורה שלמשרד הבריאות סמכות לסגור בארות מזוהמות ועל ידי כך נוצרת הערמות מים והתפשטות הזיהום על חלק הולך וגדל של מי התהום. פעולה זו דומה בנזקה למיהול. הרי בהגדרה לא ניתן למנוע הרס מקורות המים הטבעיים העיקריים בלי לשאוב זוהמה מהם לפלוט אותה לים. ואם המשרד לשמירת איכות הסביבה שומר מכל משמר לא לשפוך את הזוהמה לים הרי שהמצב הוא שיש שני משרדי ממשלה שלהם הסמכות השלמה לעמוד על המשמר ולהבטיח הבטחה כפולה שנהרוס יותר ויותר מקורות מים טבעיים הניזונים מהגשם ונפגע בבריאות הציבור ובתוצרת החקלאית בהיקף המקסימאלי האפשרי (ראה ניספחים). מתברר שאנו עושים זאת ביעילות נדירה. ורשות המים מבטיחה שלא נוותר על אף טיפת פסולת ונחדייר אותה לקרקע אל מקורות המים מהר ככל האפשר. כדי להתיר הפיכה של הנגב למזבלה של המדינה.

כדי להעביר זיהומים ממקום למקום המציא מישהו מהמשרד להגנת הסביבה מפה שמסמנת היכן מותר לזהם. הם גם העלו את ההצעה לחפור קרקע מזוהמת במקום אחד ולהעביר אותה למקום אחר. זה קרה בקישון וזה קרה במקום שהייתה התעשייה הצבאית בנחלת יצחק. ישנה שמועה שכדי להצדיק עוד מעשים משונים יביאו לכנסת הצעת חוק המבטלת את חוק שימור החומר. אבי התורה הזו איננו מהנדס ואפילו לא איש הידרולוגיה. אבל הוא נבחר לשמש בוועדה לביקורת משק המים, הוא ועוד שניים שזה כלל לא בתחום מומחיותם.

קשה ביותר גם להבין מדוע משרד התשתיות הכריז על תשלום קרוב ל-60 סנט לקילואט שעה מתאים פוטו-וולטאים ושטח דרוש של כ-12000 מטרים רבועים לייצור מיליון קו"ש. זאת כאשר ניתן לייצר את החשמל ב-2-6 סנט לקו"ש ובשטח של 240 מטרים רבועים, בערך חלק אחד לחמישים, ועם כתריסר יתרונות כבירים. מדוע ההפליה המוזרה הזו? האם לא ברור גם שמחיר כזה של חשמל פירושו שיותר אנרגיה מוקדשת לייצור האמצעי מאשר יהיה מסוגל לספק במשך זמן סביר או אף כל חייו. זה אומנם

חשמל ממקור מתחדש אבל רחוק ביותר מחשמל "ירוק". התמונה ביחס לחשמל ממקור סולרי תרמי היא מעט יותר טובה באשר העלות תהיה "רק" כ 30 סנט לקו"ש. אבל גם זו רחוקה מלהיות מקור ירוק בהשוואה לשיטות האלטרנטיביות. נוסף לכך שיטה זו מחייבת מי קירור שחסרים מאוד במידבר. אפילו מנקודת ראות אדמיניסטרטיבית הגיונית כיצד זה יש מכרז לכל שיטה לחוד ולא בחירה מתוך סך כל האפשרויות? העניין מריח רע, רע מאד.

האם לא ברור שמחיר כזה לחשמל יעלה את מחיר מי הים המותפלים לסביבת 2.5 דולר לקוב מה שלא יאפשר קיום של חקלאות, ישובים בפריפריה, שמירת ערכי טבע ורמת חיים עירונית. גם אם ביום מן הימים נכה את המשרד להגנת הסביבה ואת משרד הבריאות וניגש להצלת האקוויפרים המחיר יהיה גדול פי חמש מהדרוש. כמובן שמצב כזה ממש משמח טיפוס כמו פרופ. הלל שובל שדורש " הערכה והכוונה מחדש של התפיסה הציבורית ביחס לתפקיד החקלאות". מהחוברת של "הנדסת מים מה 9 ליוני 2009. הוא וגם נערי האוצר מחפשים את זה כבר די הרבה שנים עניין לענות בו ורואים בחקלאות בזבוז מים וליצוא תוצרת חקלאית יצוא של מים. מעניין לשאול אותם אם גם יש לאסור על תיירות לארץ מאותה סיבה. ראוי שאנחנו נישלח תיירים לחו"ל לשתות מים שם במקום לתת לתיירים לשתות מים כאן או להתרחץ. אם נייצא נערי אוצר הרווח יהיה ענק. אני חושב שצריך להנהיג מדיניות זו גם ביחס לבזבוז נייר ושכירת כלכלנים מבית האולפנא של אגף התקציבים באוצר.

לפני זמן קצר התפרסם שחברת מקורות קיבלה הצעה להתפלת מי ים כאשר ההשקעה לקוב מים לשנה קרובה לארבעה דולר. מחיר כפול מבעבר. אין כלל להתפלא. מי באר של חברת מקורות ברמת הגולן מחירים היה 260.5 אגורות לקוב. זאת כאשר מים מבאר סמוכה לאותו אקוויפר שנקדחה על ידי חברת מי גולן מחירים היה רק 84.2 אגורות לקוב- מעט פחות משליש. הכיצד?

במקום למחזר מים לירושלים במחיר של קרוב ל 30 סנט ולהגביר כך בהדרגה את אספקת המים, חברת מקורות מעדיפה להעביר קו חמישי לירושלים ממי ים מותפלים. כאשר העלות תהיה פי כמה יותר גדולה, מה גם כשהמפעל הזה יצריך השקעה ארוכת טווח לצרכים שיתעוררו רק בעוד עשרות שנים.

איך זה שהרעיון האווילי של תעלת הימים כבר נידחה על ידי המומחים המקצועיים שבע פעמים וההצעות הלכו ונעשו מטופשות יותר ויותר. בהצעות האחרונות רוצים להתפיל מים מהים האדום (ים סוף) סמוך לים המלח. קל להראות שיש בכך לפחות שלוש בעיות סביבתיות חמורות ביותר שאיש איננו יודע איך לגשת לפתרון בדוק שלהן. הדבר יגיע בין השאר להרס וודאי של ים המלח. וחיסול של מפעלי ים המלח וחיסול ההתיישבות לאורך הערבה. אבל הרי קל גם להראות שיהיה צורך לבנות תחנת כוח מופעלת בדלק בת מאות מגהוואט הספק, כדי להפעיל את התעלה הזו מים סוף לים המלח ולייצר מים מותפלים ולהביאם למקום השימוש בהם. אבל אפילו אם לא היינו מזדקקים לתחנת כוח כזאת המראה שבעצם ערך האנרגיה מתעלת הימים הוא בכלל שלילי, גם אז מחיר האנרגיה יהיה פי 40 (כן פי ארבעים) ממקורות מתחדשים אחרים. קשה להאמין, אבל זה המצב.

בחודש יולי 2009 בא סגן ראש הממשלה סילבן שלום והיציע להקים "פיילוט" לתעלת הימים בנפח שהוא כ שמינית הנפח של תעלת הימים המקורית מים סוף. מלבד דמגוגיה ושקרים הוא ניסה להגיד שזה רעיון גאוני. צר לי לקבוע שאי אפשר להשתמש במה שקרוי "פיילוט" מבלי שנבחנו התהליכים לפי חוקי דמיות קפדניים ביותר. ומבלי לחכות מאות שנים כדי להעריך את גודל מקדמי הביטחון הדרושים ביחס לכל אחד מהתהליכים. בהגדרה, פיילוט הוא מתקן שקל לעשות בו שינויים ולבדוק חלופות שוות. פיילוט איננו מתקן אחד ויחידי קבוע לעולם. אני שזה חלק מהמומחיות שלי לא הצלחתי אפילו להתקרב לתשובות. אבל שאלת השאלות היא מדוע איש לא מתייחס לפתרונות מוכחים זולים מאד ונעדרי כל

בעיות סביבתיות קשות. אבל סילבן שלום מאשים את אלה המתנגדים לתעלת הימים כמי שמונעים עשייה. לידו כאלה המשבחים ואומרים ש"תמיד אפשר לטעות אבל העיקר שעושים" – הסיסמא של כול הנוכלים. בהצגתו סילבן שלום שיבח את ראש רשות המים כמי שהעלה את הרעיון. הוא מונה על ידי ממשלת ישראל לייצג אותה בנושא תעלת הימים בבנק העולמי ובקשרים עם השכנים. כך זה ניראה. הביקורת שלהלן עוסקת בנושאים הרבה יותר עקרוניים מהבחינה הטכנולוגית. אולם ישנו מגוון הרבה יותר רחב של מעשים לא חכמים בגלל דרכים מובנות בכל דרך חלוקת הסמכויות, הדרישות המקצועיות וצורת ההתנהלות שלנו. נביא כמה וכמה דוגמאות שלא מתקבלות על הדעת בנספחים לחוברת זו. ולבסוף ישנה שאלה קשה כיצד מתקדמים בתהליך התכנון והביצוע. מהו סדר הדברים. קשה לנסח חוקים כלליים לדרך ההתקדמות האופטימאלית. אולם אין כל ספק שהקשבה הדדית וסובלנות ובעקבות גישה משכילה יביאו בסופו של דבר לתוצאות חשובות. לדוגמה, אם הוכח שמחיר ייצור עוד מים קטן מהערך הכלכלי של הבטחת אמינות ההספקה הרי חלק מהשאלות נעשה פשוט יותר. אם מוכח שיש הכרח ברורבה של אספקה לתקופות בצורת ואם מניעה של הרס מאגרים מחירה הרבה יותר נמוך מכשר ייצור מים במצב כוננות (ואין בזה ספק) הדבר שוב מכתוב את סדר העדיפויות ומוחק כל מיני סעיפים אחרים. הכרחי שנשנה את מערכת החשיבה העשייה ובהקדם.

2. שינויי אקלים

אין כל ספק שישנם שינויי אקלים, יש שינויי טמפרטורות, ישנה התכה של קרחונים או יצירתם וכן ישנם שינויים בכמויות גשם ועוד תופעות. אבל אין אף צל של ספק ששינויים כאלה חלו גם לפני שהאדם החל לשרוף דלקים. ואיתם לפלוט פליטת יתר של מה שקרוי "גזי חממה". זה קרה גם כשאוכלוסיית בני האדם הייתה שבר קטן של האוכלוסייה כיום ורמת הפעילות האנושית לאדם הייתה גם היא הרבה יותר קטנה. שינויים אלה חלו בכל תדר שהוא, החל באירוע של יום בודד בגלל זריחת השמש ושקיעתה; של אירוע סינופטי בן ימים אחדים; של העונות בשנה אחת, של שנים ספורות של בצורת, של עשרות ומאות או אלפי שנים. הדברים קרו ביישובים של האדם אשר עסק עדיין בלקט מזון. הם קרו בחברות שלמדו לגדל גידולים חקלאיים. אירועים אלה ניתנו לתיארוך על ידי פחמן 14 כמו למשל מתחת למים בים השחור וחלקם נישמר אפילו ביזכרונות הכתובים של האדם הנמדדים במספר אלפי שנים כמו המבול של נוח שאירע סביב "אדנה" בתורכיה - היא גן העדן, עם הנחלים "סיחון" ו"גיאחון" הם ה"ג'הן" והסיהן" ו"טרסוס" היא תרשיש, והרי "אררט" עליהם נחתה הספינה של נח. נעשו מחקרים בטבעות הגדילה שבגזעי עצים בסטלקטיטים וסטלגמיטים במערות ובבועות גז כלואות בקרח של שני הקטבים ועוד.

ישנה כמות גדולה מאד של פרסומים המעלים שאלות קשות ביחס לכל הפרסומים על שינויי האקלים. (ראה למשל פרסום שבועי שניקרא THE WEEK THAT WAS על ידי SEPP (WWW.SEPP.ORG) הביקורות הן בכל רמה שהיא : תצפיות סותרות; חוסר קורלציה בין הציר הדרומי והצפוני; תקופות של התקררות כאשר גזי החממה גדלו; ואפילו זיוף של תוצאות כדי שיתאימו לתיאוריה; וכמובן רקורד היסטורי בן אלפי שנים המצביע על תהליכים טבעיים של שינוי קרינת השמש, התפרצויות של הרי געש ועוד. השנה החמה ביותר הייתה שנת 1934. לאחרונה היו עשר שנים של התקררות. התגובות להתחממות הן רק ביחס ללוגריתם של שינויי הטמפרטורה.

התוצאות היחידות של וועידת קופנהגן בענייני שינויי האקלים הסתיימו בויכוח על סכום הכסף שהמדינות המפותחות יעבירו למתפתחות. לא סוכם שום דבר ענייני בשום תחום.

ביובש שתקף עד לאחרונה את ישראל טענו אנשי המקצוע ש"יובש כזה לא היה כבר זה שמונים שנה". אבל אם לקבל את דבריהם הרי הוא בהחלט היה לפני שמונים שנה. אני יכול להעיד שכאשר אני נקראתי לשמש נציב המים בסוף 1990 היה מצב דומה. כלומר לפני קרוב ל 20 שנה. גם הגובה של המים בכינרת ובבארות באקוויפרים השונים ירדו כמעט לאותו גובה בשנת 2002, לא כל כך מזמן. אבל בחורף 91/2 ובחורף 92/3 ירדו גשמים הרבה יותר עזים מהממוצע הרב שנתי וגרמו לשיטפונות קשים. ב-2002 שוב חזר היובש.

החלום של פרעה שפוענח על ידי יוסף דיבר על שבע שנים שמנות ושבע שנים רזות. אגב לתשומת לב כל העוסקים בנושא זה, יוסף הציע להתחיל לאגור במשך השנים השמנות ולא לחכות עד לקראת סוף השנים הרזות כפי שהדבר קורה אצלנו. היגיון פשוט ואיתן, שידידי, מהנדס המים המעולה יונה כהנא, זיכרונו לברכה שהיה ראש האגף לאספקת מים וניקוז בתה"ל, היה חוזר ומזכיר אותו מבלי שיהיה מי שיקשיב. אין כל ספק שחלק אפשרי של הפתרון הוא יצירת זרבות של מים ושל מוצרים כדי לגשר על תקופות בצורת. אנו נוהגים הפוך. בנוסף לכך צריך אולי להיות עודף כושר ייצור של מים מותפלים. אין גם ספק שמנהלי המשק לא שעו להזהרות וזיהמו את אקוויפר החוף ועוד כמה עד כדי חיסולו כמקור מים להשגת הרציפות באספקה ואמינות שערכה הכלכלי עולה על מחיר מים מותפלים. נציב מים אחד ששרת פעמיים הכריז פעם בכנס שהתקיים באוניברסיטת תל אביב שהוא מבטיח שעד שנת 2005 לא יחסר קוב אחד של מים. הוא סרב לענות על שאלות ולפני שיצא מהאולם הודיע שעל כל העובדים הנציבות לעזוב את האולם!!!

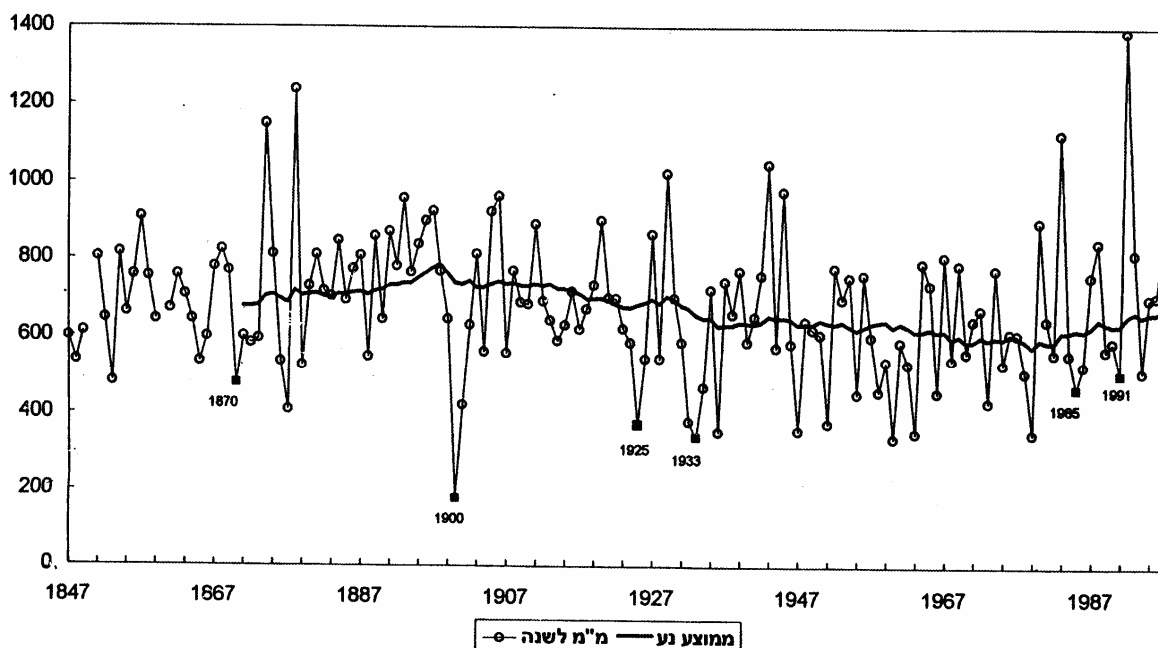
יעקב ובניו ירדו מצרימה בגלל רעב שהיה בארץ. מעניין אם לאל גור, לשעבר סגן נשיא ארה"ב, ולתומס פרידמן - כתב הניו-יורק טיימס, ולאלה שארגנו בקפריסין כנס על המים ושינויי האקלים, היה ידוע על הרעב הזה, ואם הוכיחו באמת שזה קרה בגלל הרבה תחנות כוח ורכב שהשתמש בדלק ובגלל פליטת גזי חממה, כולל הפלצת גזים על ידי בקר.

נטלתי רישום של גשמים בשכם במשך 150 שנה. (ציור על ידי פרופ' יואב כסלו ושותפתו לעבודה; ציור 1). חישבתי את הממוצע של הגשם על פני 25 שנה ועל ידי הזה של שנה מידי פעם. קיבלתי ציור של רצף הממוצעים. וראה זה פלא. היו ניודים באורך מחזור של עשרות שנים רבות כאשר המקסימום היגיע ל - 800 מילימטרים לשנה והמינימום מתחת ל - 600 מילימטרים. הציור מוכיח שיטתם ניודי אקלים בכל תדר. נראה שאורך המחזור הארוך ביותר שנחשף בציור זה הוא כמאה ושישים שנה. קל מאד להסתמך על מספר שנים קצר ולטעון שיש תהליך מונוטוני של התחממות או התקררות, תלוי באיזה חלק של המחזור אתה נימצא. אנשי הארגון באום הנקרא IPCC העביר החלטה להכנת עוד דין וחשבון על האקלים המבטיח להם מספר שנות עבודה וקבעו תהליך שימנע הסתכנות בכל מי שעלול לחשוב אחרת מהם.

פרסומים שנעשו בעיתון SCIENCE של חודש מאי 2009 מצביעים על חוסר כל קשר בין קרחונים בצפון וקרחונים בדרום. וחוסר קורלציה ביניהם נצפה בעזרת מדידות חדשניות של כל מיני איזוטופים בקרח על פני כ 7000 שנה. מדענים בלתי תלויים מטילים יותר ויותר ספק בכל הדיבור על גזי חממה והתחממות

העולם.

גשם בשכם, מ"מ לשנה וממוצע נע ל-25 שנים



ציור 1 - הגשמים שנמדדו בשכם במשך 150 שנה (לפי עבודתם של יואב כסלו ויבגניה יסקין 1997) יש בידינו רקורד גם של כ-100 שנים של מדידות במקוה ישראל

עוד ועוד מדידות נעשות לתקופות מקדימות של עשרות אלפי שנים. המדענים מנסים ליצור קורלציות בין מרכיבים שונים בטענה שאולי יוכלו לקיים תחזיות יותר טובות של שינויים קיצוניים באקלים ושינויים נספחים. הבעיה היא שבאף מיקרה אין להם כל אימות בקשר הספציפי בין גזי חממה מעשי ידי אדם ובין שינויי האקלים. אין להם עפ"ר אבחנה בין סיבה ומסובב.

חמור מכל, התגלו דיווחים מעוותים שלא עומדים במבחן של שמירת האמת. נראה כאילו השתמשו בנתונים בצורה סלקטיבית כדי להצדיק פרדיגמות שאינן עומדות במבחן המציאות. יש הטוענים שמודלים המתארים את האקלים רחוקים משלמות ועל כן כלל לא ברור מהו המודל הנכון. בשני כרכים בשם A GLOBAL ASSESMENT OF DROUGHT שפורסם על ידי ROUTLEDGE בעריכת DONALD A. WILHITE בשנת 2000 ישנו חומר רב עניין. התייחסותי כאן היא בעיקר לחלק I וחלק II שבכרך הראשון. להלן כמה מסקנות חשובות.

א. הנזקים הגדולים ביותר מאסונות טבע נובעים מבצורות. נזקי שיטפונות דומים בהיקפם. יש הטוענים שבצורות מולידות גם שיטפונות. אין לי כלל ביטחון בכך. ניתוח של התהליך לייצירת נגר על ידי הגשם כלל לא מעידים על כך (ראה פרק 7 בהמשך). יתכן שהטעני הזו נובעת סתם מפני שאחרי תקופת במורת מובן מאיליו בהגדרה שבאה שנה יותר גשומה. ובזיכרון בשנה יותר גשומה יש יותר נגר אבל זה לא בגלל זה שלפני כן הייתה בצורת.

ב. ישנה התפרסות של אירועי בצורת על פני מאה שנה ואף על פני 500 שנה בסין.

ג. ישנה קורלציה בין טמפרטורה גבוהה של מי הים בסתיו ובין גשם כאשר המשמעות הסטטיסטית מתקרבת ל 70%. בשנה השנייה הקורלציה פוחתת.

ד. ישנן עוד תופעות טבע הקשורות בטמפרטורת הים והן מחזוריות. בדומה למה שתארנו לעיל בציור 1.

ה. הנזקים הגדולים ביותר הם בגלל פיתוח באזור נתון, אבל חוסר הכנה לשינויים הצפויים ולכן נזק רב מאד מהם על נכסים הולכים וגדולים.

המדידות הניסיוניות של שינויי הטמפרטורה קטנים בסדר גודל מהחזוי של IPCC. (בערך 0.3 מעלה במקום 3 מעלות.) דיווח ממעבדת האנרגיה של משרד האנרגיה האמריקאי (ברקלי) או עשירית מעלה למאה שנה. יש ספק אם התחממות הים נובעת מתוספת גז פחמן דו חמצני אך שכתוצאה מהתחממות הים ישנה פליטה של גז מומס מתוך הים. יותר מעניין, אפשר לצפות שתהליכי משוב שליליים בגלל קפיאה של טיפות מים באוויר בגבהים גדולים. זו שאנו הראנו כחשובה לקבלת קירור של הגלובוס עקב הגדלת הלחות באזור קו המשווה. תהליך הקיפאון בקטבים ועוד. (ראה פרק 6). תצפיות אלה מובילות לכמה וכמה מסקנות מרחיקות לכת:

- קשה לחזות מראש מה יהיו השינויים האקלימיים. אין לנו ספק שהם עשויים להתרחש בתדירויות שונות ועוצמות שונות. נכדי בטרם מלאו לו 8 הסתכל בסרט על איי גלפגוס והתהליכים הקורים בהם. התקליט מסתיים בהזכרת הלידה של תורת השתלשלות המינים של דרווין. הוא שאל אותי אם אפשר לחזות מראש מה יקרה לעולם. אמרתי לו שלפעמים כן ולפעמים לא. הוא חשב קמעה ואמר: "סבא אם הדברים לא חוזרים על עצמם אי אפשר לחזות אותם מראש" אמת פשוטה זו נשגבה מבינתם של רבים. עובדה זו מכתובה גם מה יכולה להיות המדיניות התכנונית.
- בחוברת של SCIENTIFIC AMERICAN מנובמבר 2009 מופיע מאמר קצר בעמוד 13 על שינויי הטמפרטורה. הוא מנסה להראות שינויים בטמפרטורה על פני אלף שנים משנת 1000 לשנת 2000. מספירת המחזורים אני מגיע לאורך מחזור של לא יותר מ-3-5 שנים וסטיות של טמפרטורה ממינוס מעלה אחת ל פלוס כחצי מעלה מקו ייחוס שרירותי שבחרו. אבל הסטיות במחזור הקצר רוכבות על פני שינויים במחזורים של עשרות שנים ומאות שנים. אם נייחס את השינויים בגשם שנמצאו בהיקף של כ-40% לכל מעלה של טמפרטורת הים הרי מכאן שהגשמים השתנו בסטיות מחזוריות של עשרות אחוזים בודדים אולם תרומת המים האפקטיבית של הגשם השתנתה קרוב למאה אחוזים במחזורים השונים. הדבר היה בולט ביותר באזורים הגבוליים שבין האזור הטרופי לשתי רצועות השטחים האירדיים ומדבריים כמו מדינת ישראל, צפון אפריקה עיראק, אירן פקיסטן וצפון מערב הודו. כך גם היו השינויים בדרום מערב ארצות הברית צפון מערב צילי ופרו אוסטרליה ודרום אפריקה. (ראה מעגל הדלי בפרק 6 להן.) השבטים הרעבים נעו לארצות שישבו לצידי נהר איתן.
- כמעט בלתי אפשרי לחזות את ההסתברות לנזק ואת עוצמת הנזק. כנגד זה ישנם כל מיני חוקים כלליים שעשויים להצביע על פתרונות חכמים. נבחר למשל דוגמה לבעיה של הגנה בפני שיטפון והצורך לקלוט את שיא הזרימה בתוך צינור בקוטר D. איסוף נתונים רבים מאד בעולם הראה שההסתברות לשיא זרימה בתקופת חזרה מסוימת באורך T תהייה פרופורציונאלית לזמן החזרה בחזקת 0.2. נתון שני הוא שספיקת המים דרך צינור בחתך מעגלי יוכל להעביר תהיה פרופורציונאלית לקוטר בחזקת 8/3. מכאן קל להוכיח שאם אנו מבקשים להעביר ספיקת מים עם תקופת חזרה פי עשרה יותר גדולה צריך להגדיל את קוטר הצינור ב - 19%. אם מבקשים

להעביר ספיקה בתקופת חזרת פי מאה יותר גדולה יש צורך להגדיל את קוטר הצינור ב - 42%. ובכן מצאנו שיטה די זולה להתמודד עם ספיקות נדירות ביותר. תוספת של נפח השהייה במאגר מים יכולה עוד להקטין את העלות ולהביא תועלת נוספת. אבל אם במשך השנים האדם יתערב וירצף שטחים גדולים בעזרת בתים כבישים ומדרכות מקדם הזרימה יגדל. כללים פשוטים אלה ועוד דומים להם היו כנראה זרים לגמרה לחברת "תושיה" שתכננה את בעיות הזרימה בנחל איילון והחליטה להעביר רק 420 קוב מים לשנייה במקום 800 (זאת באופן מפורש בגלל בעיה משנית בלתי מבוססת מחד וחוסר התייחסות לבעיות החשובות יותר מאידך). החברה המתכננת הצליחה לגרום שהעלות תהיה 220 מיליון לירות כאשר אפשר היה לבצע במחצית התקציב או פחות ולהבטיח את כושר ההעברה לספיקה הגדולה. אפשר היה גם לפנות בלב תל אביב ורמת גן 200 דונם קרקע. (אני אומר זאת כתוצאה מעבודת תכנון רצינית ובדיקה לא פחות רצינית של התכנון על ידי חברת תה"ל לפי הזמנה של מנכ"ל נתיבי איילון אלוף מישנה במיל' ישראל גרניט). אפשר היה גם להעשיר את מקורות המים בכמה מיליוני קוב לשנה. וחמור מכל, לא היה פתרון ראוי לכל שכונות דרום תל אביב שסובלות משיטפונות והצפות על ידי ביוב בערך אחת לשנתיים. כך גם לא נמנעו שיטפונות בסביבת הירקון. מועצת הניקוז אסרה על הביצוע. אבל מר שמעון פרס שהיה אז שר התחבורה נתן הוראה בכתב לבצע " כי המומחים שלי אמרו שזה בסדר"(!). ויו"ר מועצת המנהלים של נתיבי איילון מר לוי אמר לי שלא אישרו את התכנית המתוקנת כי בכך היו מאשרים את העובדה שקודם כשאישרו את התכנית הישנה הם היו אידיאליים". כך באלה המילים. התוצאות ידועות. עד כה הצטברו נזקים במיליארדי שקלים הרבה פעמים יותר מעלות כל הפרויקט. הבעיה היא שאיש מהפושעים והבורים לא נענש. הייתי שמח לספר את הסיפור הזה לסילבן שלום ועל ידו להדגים לו מה המשמעות של ניתוח ממדי ושל מקדם ביטחון. גם שלחתי לו חומר לעיון. אבל איני יכול להבטיח לעצמי שהוא יקרא ואם יקרא לא יבין ואם יבין לא יחזור בו ובדאי ימשיך ביוזמות דומות למי שקדם לו כאחראי לפיתוח הנגב והגליל.

- התמונה הזו חוזרת עכשיו כמעט בדיוק ברעיון הנואל (מהחדשים האחרונים קרוב ליולי 2009) לבצע את תעלת הימים בספיקה שהיא רק חלק מהספיקה המתוכננת וזאת כדי לשמש כ PILOT. לסילבן שלום ולראש רשות המים בוודאי יצטרפו כל מיני בעלי אינטרסים ובוודאי כאלה שלא יודו בשגיאיות. אבל אני מזהיר אתכם. הדבר מוביל לאסונות הרבה יותר חמורים מאלה שקרו באיילון. ייבנה מובל באורך של 190 קילומטרים, מים סוף לים המלח. כדי לשמש דגם ללמוד על ההתנהגות של המפעל השלם צריך לעשות אנליזה ממדית של ההתנהגות של מפעל קטן ומפעל גדול. הדבר לא נעשה ולדעתי לא יכול להיעשות בעיקר ביחס לאיומים הסביבתיים החמורים ותהליכים שונים ומגוונים ביותר. אבל חמור מכך אין לנו כל אפשרות כלכלית ומעשית לבדוק דגמים בתכנונים שונים שישמשו לתהליך לימודי. אין לנו כל כלים סטטיסטיים כדי להעריך את הסתברות האירועים ממספר לא קטן של סוגים כדי לקבוע מהם מקדמי הביטחון. 3-5 בעיות סביבתיות חמורות עד כדי אסון לאומי לא ניתנות למדידה כל עוד לא בנינו מפעל בקנה מידה שלם ועקבנו אחרי התנהגותו במשך זמן ארוך מייצג, למשל, מאתיים שנה. נימצא שיש כאן מחסום לוגי שמציעי הדגם לא מסוגלים להציע דרך לפריצת מעגל הטמטום. קשה לי להתעלם מהאפשרות של גישה בלתי אחראית הגובלת בשחיתות ולו בלבד מתוך האמונה שזהו עניין פוליטי בלבד. אנו עוסקים למעשה באנשים חסרי תרבות לעסוק במה שהם מתיימרים לעסוק וחסרי אחריות.

- צר לי לקבוע שהרבה נושאים שאנו דנים בהם כאן ונוגעים למים ואנרגיה כוללים מרכיבים דומים.
- ישנה דוגמה מזעזעת ביחס למפעלי השקיה גדולים ביותר כמו באוסטרליה ה - Murray- Darling River או בהודו תעלת המים על שם אינדירה גאנדי. בשני המקרים הללו ובעוד רשימה ארוכה של מפעלי השקיה, מי רכוז מלוחים הולכים ומצטברים וגורמים להמלחה הולכת וגוברת של מי הנהר או המובל הראשי. תפישת התרכיז להרחקתו לים במרחק מאות קילומטרים הן פעולות יקרות למדי. (בסדר גודל של 10 סנט לקוב למאה קילומטרים. בתעלת אינדירה גנדי זה מגיע לסדרי גודל של מאות מיליוני דולרים לשנה). לאט לאט מי התהום מומלחים, ערמות מלח ואפילו דיונות של מלח מתחילות לזהם את הסביבה. חלק עצום של המים הטובים הולך לאיבוד בגלל המלחה. אז מה צריך לעשות? אנחנו נראה כיצד פיתרון כזה משתלב באופן שלמנהיגים כדאי מאד להקדים ולמנוע את הבעיה תוך רווחים נוספים בזמן קצר. (מדובר על ייצור כ 9 קילו-וואט שעה לכל קוב שמאיד ולהרוויח עוד כ חצי קוב מים באיכות טובה. הרווח הוא של כשני מיליארד דולר בשנה) אני חזיתי מראש את מה שעומד לקרות בשתי הדוגמאות לעיל. המומחים היהודים ביקשו בהתלהבות לאמץ את הצעתי ונחתם חוזה בין ישראל והודו. (לא כאן המקום לפרט את ההתנהגות המושחתת ולפחות תמונה מאד של פקידים הודים שהחליפו את אלה שקדמו להם). משתפי הפעולה האוסטרלים כתבו לי לפני זמן בהערכה רבה והודו בשגיאה הקשה שלא האזינו לי ונהו אחרי עשייה שהאחרים לה לא היו מסוגלים להשלים עם גישה אחרת. השותפים לנו באוסטרליה, שאף תרמו עד שלב מסוים לפיתוח, הגיעו לכלל בחירת אתרים להפקת כמויות מים אדירות בעלות נמוכה להפליא. המצב ביראל שונה מהתרשים בשתי הדוגמאות שהזכרתי אבל גם אנחנו במצב שהולכים ומשחיתים את המקורות הזולים, הורסים את החקלאות ודבקים ברעיונות פשטניים שמזכירים יותר מדי מסחר בנכסי דלא נידי קצרי ראות.
- מעניין שהיו"ר של המושב בכנס בקפריסין בו דברו על פתרונות הביא את המחסור במים באוסטרליה ואמר שמה שחשוב שם ביותר זה היה למנוע דליפות מים במלבורן וסידני. כשהזכרתי לדוגמה את ההפסדים שהם בסדר גודל או שניים יותר חמורים ויכלו למנוע את כל הבעיה הוא כעס עלי מאוד וכצפוי העלים גם הערה זו מהסיכומים.
- גם בישראל, המדען הראשי של משרד התמ"ת במשך שנים נתן למעלה מ - 80% של תקציב לנושא אחד (בעצם 87%). כשהמומחים שלו שיבחו את הרעיון להפיק חשמל ומים בזול בארץ, הוא אמר לי: "אני מהסס". שאלתי מדוע הוא מהסס והא ענה: "מפני שאיש עוד לא בנה דבר כזה". בדלית ברירה אמרתי לו שאני חשבתי שתפקידו לעסוק בנושאים שאיש עוד לא בנה קודם. לצערי, זו התשובה שקבלו עוד רבים אחרים בנושאים שונים כמעט בכל תחום אחר. (ראה למשל דין וחשבון שהכנתי על עבודת המועצה הלאומית למחקר ופיתוח, בין אוגוסט 2004 לאוגוסט 2007).
- זוהי דוגמה טובה לכך שלא ראוי לנו לנהל ויכוח אינסופי על הערכים השונים הצפויים ומה יהיה הנזק בגללם. די ממריד גם שנותנים לאל גור פרס נובל על הסרט שהוא מביא על התכת הקרחונים ועוד פרס של מיליון דולר מקרן פרסים על שם אחד דן דוד באוניברסיטת תל אביב זאת במקום לתת שבר ממנו למי שהמציא דרך לנצל את קרינת השמש להמיר 30% של הדלקים. (ראה פרק על שיטות ניצול של קרינת השמש לאספקת חום).

- עושים מחקרים על ניצול פסולת כאשר הושלם מחקר עם התוצאות הכי מתקדמות שידועות לי והוקם כבר מפעל הדגמה שעובד בצורה טובה ביותר בהיקף של 100 אלף טון בשנה. החברה הישראלית חנכה עוד מפעל ביולי 2008 בסידיני אוסטרליה בנפח סופי שיהיה 200 אלף טון לשנה. היא כנראה תזכה במכרז הטפול בפסולת של לוס אנג'לס, אבל לא יתנו לה ליישם בארץ. בחיפה החליטו לקדם מיון של פסולת כאשר החברה החיפאית שבנתה מיפעל בסידיני התחילה במיון חמרים מהפסולת בצורה מכנית לארבע ערימות שונות למחזור. ורשימת הדוגמאות ארוכה ביותר ומדהימה. מלבד מחזור של ארבעה חומרים הטכנולוגיה שפותחה מפיקה ביו-גז שכשבעים אחוז ממנו הוא מיתאן והשאר דו תחמוצת הפחמן. ערך מעניין הוא שבגז המיתאן אפשר להשתמש לתאי דלק. מהניסיון בסידיני האנרגיה נטו המופקת לטון פסולת היא כ 100 קלואט שעה. בארץ ל 6 מיליוני טון פסולת התפוקה נטו למשלוח לצרכנים שעשוי להיות 6 מיליארד קו"ש בהשוואה לצריכה של כ 50 מיליארד, או 12% מהחשמל הנצרך בארץ.
- כאמור לעיל "פרוטוקול קיוטו" מבחינה זו מזכיר את דרישת האינקוויזיציה מגלילאו לא לחזור ולהגיד שכדור הארץ מקיף את השמש ולא לוותר על זה שהשמש מקיפה את כדור הארץ. גרוע מכך, פרוטוקול קיוטו מוכן לסלוח לאלה שלא מכירים בתיאורים האלה הם רשאים להמשיך ולזהם, להמשיך ולחטוא ובלבד שישלמו תמורת החטאים (האינדולגנציות המושחתות של אותה אינקוויזיציה). מתפרסמות יותר ויותר עבודות שמצביעות על חסר תועלת בפרוטוקול קיוטו ואולי אף בתרומה שלילית לשרוף עוד ועוד דלקים על ידי ניצול תקנות של הפרוטוקול. מעניין לצטט הרצאה של חוקר צעיר מהבנק העולמי בכנס שהתקיים בג'נבה על ידי ארגון האקלים העולמי. הוא מצא שהנזקים של שינויי האקלים נובעים ברובם המכריע לא מאירועים נדירים ובלתי צפויים של הטבע אלא בגלל חוסר התייחסות רצינית לאירועים אלה. זאת כאשר מנהיג בהווה מצפה לכך שהנזק הקיצוני יתרחש אחרי שהוא יסיים את תפקידו, ובכל מיקרה יוכל להטיל את האחריות על מנהיגים שקדמו לו ועל שינויי אקלים שכביכול היו בלתי צפויים. אין כל תביעות נגד מנהיגים שקבלו החלטות שרירותיות, שהתקשו להקשיב או שייצגו אינטרסים בלתי ראויים. אין עונש על תכנון ללא בקרת תכן בצורה שיטתית ודאגה להבטחת איכות ואמינות. ולבסוף אמר לי נציג אגף התקציבים שהם **"לא נוהגים להקציב כסף לתכנון כל עוד הפרויקט לא אושר לביצוע"**. !!! מאחר שיוצא אגף התקציבים עשוי לקרוא דברים אלה ולא יבין, אוסיף שמחיר תכנון כללי של פרויקט הנדסי איננו עולה בדרך כלל על חצי אחוז מהפרויקט. אבל שגיאות תכנוניות הנובעות מהגישה המקורית של אגף התקציבים מביאות נזקים של עשרות ומאות אחוזים, ויכולתי להביא לכך דוגמאות לרוב. גם בחירת המתכנן ומי שקובע את הגדרת היעדים בוחרים במקרה הטוב לפי הבדלים מגוחכים בהצעת מחיר חסר כל ערך ולא לפי רמת היכולת המוכחת של המתכנן. ובהמשך אין כל סעיף ישפטי המאפשר שינוי או תיקון או משוב כתוצאה מחקירה. יש עוד הרבה תצפיות המעמידות לפנינו סימני שאלה חמורים ביותר ביחס לכל התיאוריה על השפעת גזי החממה משרפת דלקים על התחממות העולם. ישנם סיפורים על חציית ים המלח מול מצדה הרבה לפני שניצלו את המים בצפון וללא בריכות אידוד של מפעלי ים המלח. שכבות המלח והחומר מתחת לכינרת ומתחת לים המלח וסביבתו מעידים על שינויים מחזוריים במשטר האקלימי. בחתכים בגבעות הסלע הגירני רואים שכבות בנות כמה סנטימטרים או כמה דצימטרים כאלה שלא יכלו להיווצר בשנה אחת אבל ללא ספק מצביעים על שינויים תדירים של משטר האקלים והצטברות קונכיות של בעלי חיים בקצבים משתנים.

אם ישנה אמנם בעיה חמורה ומרכזית שהיא התחממות העולם ואם אמנם הסיבה היא ללא ספק פליטת יתר של גזי חממה הרי שהכול מחפשים דרך להקטין את הפליטה הזו. ואז השאלה כיצד עושים זאת די הצורך וכמה מוכנים לשלם תמורת זאת. אף פעולה שנידונה החדש בקופנהגן איננה קרוב כלל לגישה הגיונית ועקבית.

3. האם ישנן עוד סיבות לעזוב את עידן הדלק ומהו הקריטריון להחלטה כזו

3.1 מדוע עזבנו את עידן האבן

אחת השאלות המעניינות ביותר היא מדוע האדם עזב את עידן האבן. האם זה מפני שנגמרו האבנים? האם זה מפני שהאבנים נעשו יקרות ? ואולי מפני שהשימוש בהם פגע בסביבה? ואולי הדבר פגע בשם אלוהים כלשהו?

כך גם עם הדלק. הסיבה איננה דווקא משום שכמות הדלק היא סופית, אם כי זו בהחלט בעיה. זה לא דווקא בגלל התחממות העולם. ואפילו לא לבד בגלל התייקרותו של הדלק ואולי דווקא משום שחלק מכריע מסוחרי הדלק מייצגים דת אכזרית השמה ללעג את הערכים האנושיים החשובים ביותר. הם הורגים אפילו אחד את השני בשם איזה שהוא דובר אחר בשם אלוהים שהוא מתחרה עם דובר שני. הם לא חסים על חיי אדם ומטיפים לעבדיהם להיות שהידים ולהגיע לגן עדן ששם מחכות להם שבעים בתולות. הם יהרגו את אחותם בגלל שמועה ש"אולי" תגרמן לפגיעה בכבוד המשפחה. ישנה עוד שורה של סיבות ליציאה מעידן הדלקים הפוסיליים שנימנה אותן להלן.

התרחקות מעידן האבן הייתה יקרה למדי ובעיקר בעיני כל אלה שהיו קצרי ראות. חישובו איזה מחיר הייה דרוש כדי להמציא את הזכוכית, את הקרמיקה ואת המתכות ולמצוא לכל אחד מהם שימושים. חישובו מה היה דרוש כדי ללמוד להשתמש בסיד כדי לייצר מלט על ידי תערובת של סיד ואפר וולקני או סיד ואבקת טחינה של לבנים שרופות. וכמה זמן היה צריך לעבור עד שזה יקרה. האם הייתם מעלים על דעתכם שאיזה כומר המדבר בשם אלוהים או מלך שהוא נחשב כמוסד קדוש, היה מקדיש אמצעים למחקר שיוביל לאלה. אין זה מקרה שאל גור שהביא תירוצים להשתמש בטכניקות סולריות בגלל התחממות העולם וזכה בפרסים של מיליונים ומי שמצא דרך להמיר 30% מהדלק זכה בתקציב שאינו מגיע לעשירית מהפרסים הללו אחרי ציפייה קרובה לייאוש במשך של כ 20 שנה. ובזמננו אחרי שהנושא נבדק והוכח במעבדה מובילה בגרמניה ובמכון בשווייץ איזה איש בעל תואר מישפטי שמישהו מינה לנהל יחידה טכנולוגית חשובה מתעלל בו. וישראל לא מצאה לנכון לנצל טכנולוגיה זו. זמננו המודרני מאפשר קידום הרבה יותר מהיר של טכניקות חדשות. אולם לצער, גם היום חידושים חשובים ביותר התעכבו לעיתים יותר משנות דור בגלל כל מיני סיבות פסיכולוגיות, סוציולוגיות וקרימינולוגיות ומעצורים אדמיניסטרטיביים שונים. יכולתי להביא לכך דוגמאות רבות מתחום ההנדסה שבו אני עוסק, מתחום הרפואה ומתחומים אחרים.

יצאנו מעידן האבן מפני שלמדנו להשתמש בטכנולוגיות יותר חכמות, זולות, נוחות ומאפשרות פתרונות שקודם לא היו אפשריים. אבל תהליך זה נימשך מאות שנים. הרווח היה ענק. בחנתי שינויים אצלנו שהתרחשו כתוצאה ממחקר ופיתוח. להבדיל, אני מקווה, מימי קדם אנו צריכים להבין את החשיבות של קידום פעולות כאלה בעזרה ממשלתית. בחינה של ארבעה תחומים שערכתי הראתה תמורה של יותר מ 50 דולר לכל דולר שהושקע בהם.

מעניין לציין למרבה הצער שברוב המקרים בהם ישנו קונפליקט בין הדחפים להגנת הסביבה ובין שיקולים כלכליים קלאסיים זה נובע פשוט מהצעות לא חכמות ומחוסר ידע ומהסיבות הפחות מכובדות שהזכרתי ולא מפני שאנו חייבים להשקיע השקעות יתר כדי לממש את האידאולוגיה הסביבתית. אף חמור מזה, בתהליך המזכיר לעיתים את התהליך ההדרגתי של השתלשלות המינים, הבקרה המנחה את ההתפתחות נובעת מנטיות פרימיטיביות אנוכיות של הנאה פשטנית של הפרט ולא מתוך יעדים אידאולוגיים של החברה בה הם חיים. בהמשך נביא הצעות כאלה שעומדות בשני המבחנים ללא סתירה, כלומר מבטיחות עתיד טוב יותר בטווח ארוך ללא צורך בהשקעה גבוהה יותר וללא כל צורך בדחייה. יש אפילו המצאה רטורית כיצד להצדיק בזבז כסף ודחייה ממושכת. נעזרים בכמה תצפיות מהעבר שבהן מחירי טכניקה חדשה הלכו ופחתו. כמו כן מנצלים שגיאה לוגית מבחילה. ראשית טוענים שאם ייצרו הרבה, המחיר ירד עם הזמן. אין שום הוכחה שזה קורה בהכרח. זה קורה לא יותר מאשר באחד ל 20 רעיונות מחדשים. שנית, מצביעים על כישלון שוק כהצלחת ענק. כך במשך עשרות השנים שבהם לא הצליחו להנמיך בצורה משמעותית את עלות התאים הפוטו-וולטאיים לחשמל. בו בזמן מראים על גידול בשימוש בהם לקולטי שמש בעשרות אחוזים ואף במאות אחוזים. וזה קורה משום שהיקף הייחוס שואף לאפס ואז היחס של התוספת שואפת לאין סוף. ואז אם מסבסדים את המוצר ומתקינים מעט מאד ממנו מראים בכל זאת על גידול יחסי מלהיב. חברות הדלק עושות זאת עם התאים הפוטו-וולטאיים וכך גם כל מיני משרתי ציבור המבקשים להציג הצלחה ומבזבזים את כספי האזרחים. יש אפילו מקרים בהם נוקבים תחילה מחיר גבוה מאד ומבטיחים רווח ענק ואחר כך מראים איך הביזבז המשווע הזה מביא להוזלת המחיר. אבל עדיין המחיר רחוק מלהיות כדאי.

מצער לאמור שאותם מקבלי הפרסים וכן מנהלי משרד התשתיות מדברים כמעט אך ורק על "אנרגיה סולרית לייצור חשמל". ברצוני לחזור ולקבוע כבר כאן שאין כיום אף טכנולוגיה כזו שראויה להיות מיושמת לצורך ייצור מסות גדולות של חשמל. ובכל זאת, איך שהוא כל העולם מבזבז מיליארדים על הצטיידות בפנלים פוטו-וולטאיים או במראות פרבוליות לניצול קרינה וחום לייצור חשמל. עוד יותר מעניין שאלה שמבזבזים כך את כספי הציבור לא מנצלים שיטות קיימות המאפשרות מחר בבוקר לחסוך לא פחות מאשר 50-60% של הדלק בישראל, לא פחות, ללא כל צורך לתשלום בגלל האידאולוגיה לשמירה סביבתית. בארצות הברית החיסכון יכול להיות הרבה יותר גדול.

מבחן אמת של שיטות שכל אחת מהן חייבת לכלול הערכה כמה אנרגיה מושקעת בהקמת מיתקן מסוים, כולל ייצור החומרים, פרנסת בעלי המלאכה ומשפחותיהם בגין עבודתם בהקמה ובהפעלה. ואת כל אלה יש להשוות לכמות האנרגיה המסופקת על ידי אותו מיתקן. כך אפשר לעשות מאזן של פליטת גזי חממה וכו'. חוקר אוסטרלי ניתח מזמן את המאזן של תאים פוטו-וולטאיים ומצא שבמשך חיי המיתקן הוא איננו מייצר די אנרגיה כדי להצדיק את קיומו. מדד פשוט יחסית הוא המחיר. ציוד המייצר חשמל תמורת מחיר שאיננו נופל מ-60 סנט לקו"ש איננו יצרן של אנרגיה ירוקה כאשר ניתן לספק את אותה אנרגיה ממקורות מתחדשים בעשירית המחיר ופחות. המשמעות הבלתי נמנעת היא שזה שעלותו פי עשרה גם דורש אנרגיה להקמה ולתחזוקה פי עשרה יותר. אם טורבינת רוח מספקת את האנרגיה הדרושה להקמתה והפעלתה תוך מספר חדשי פעולה (בערך 7 חדשים), תאים פוטו-וולטאיים יזדקקו למספר דומה של שנים לשם כך. ראוי היה שהירוקים יפסיקו לצהול מאושר להתקנות כאלה. גם אנרגיה סולרית תרמית עלותה לא פחות מ-30 סנט לקילוואט שעה, וזאת כאשר ניתן לספק

אנרגיה חלופית בעלות שבין 2 סנט ל 6 סנט לקו"ש כאשר הריבית על ההשקעה נעה בין 5% ל-10% ובין התנאים הפיזיים הגרועים ביותר לטובים ביותר. בתחומים אלה ניתן להפיק פי-15 20 פעם כל צריכת החשמל כיום על פני כדור הארץ ובנוסף לכך להנות מ-12-13 מוצרי לוואי בעלי ערך רב ביותר (ראה למשל פרק 6 להלן).

בעצם המדד של הקטנת הניצול של כושר האספקה המתחדשת של כדור הארץ הוא המחיר כולו של המוצר. המדד לא יכול להסתפק רק בכמות האנרגיה הדרושה. יש צורך ללמוד כמה חומר מנצלים וכמה בני אדם עוסקים בזה ומה המחיר שמשלמים לנהם ולבני משפחתם כשהם צורכים את מלוא מיגוון האספקות של כדור הארץ. הקטנת המחיר כמוהו כהקטנת האוכלוסיה.

בכל אופן אין לנו כל עניין להכריע בוויכוח אם יש היגיון או אין היגיון במטיפי הספור על גזי חממה. אין צורך להכריע כיצד לצוד אותם. פשוט צריך ואפשר להימנע מהם זה ניתן להיעשות בזיל הזול.

3.2. הסיבות מדוע יש לעזוב את עידן הדלק

ישנן לפחות שבע סיבות שונות לצאת מעידן הדלק או להיערך לכך, לפחות כתוצאה מהאפקט המשולב שלהן.

3.2.1 מאגרים סופיים של דלקים פוסיליים

אין כל ספק שכמות הדלקים היא מוגבלת וסופית. נפט וגז לא יספיקו מעבר לעשורים בודדים. פחם יהיה זמין הרבה יותר, בין מאה לשתיים. יש עוד מקורות של אבן ביטומנית וחול ביטומני. יש הרבה וויכוחים לכמה זמן הדלקים יספיקו. זאת באופן מיוחד לאור התפתחות כלכלית של אוכלוסיות בהיקף של מיליארדי בני אדם ולאור הגדלה צפויה של אוכלוסיית העולם ועלייה של רמת החיים אצל חלק גדל והולך. גם לא ברור מה יהיה האפקט של "הרגע האחרון" כאשר יתברר שלא ניתן עוד למצוא דלקים מעבר לכמות מוגדרת. גם האופטימיסטים שבין המתווכחים מודים שהרבה לפני שייגמרו לנו הדלקים, הכמויות שעדיין תוותרנה תהפוכנה להיות יותר ויותר יקרות. זאת מפני שהדלקים הזולים יותר יתכלו קודם לכן ובעלי שאריות הדלק ינצלו אותן לסחיטה חסרת רחמים מהמשתמשים אם לא נמצא מקורות אנרגיה חלופיים ראויים. מתברר שתחזית זו מתממשת הרבה יותר מהר משחשבנו. על רקע ההתנהגות של סוחרי הנפט קשה להאמין שנגיע בעשורים הקרובים לשינוי ערכים בהם ייווצר מצב שבו לדלק כמו לאוויר לנשימה יהיה ערך שוויוני לכל בני האדם כמו שאר זכויות שהתבטאו על ידי התרבות היהודית וחלקים הולכים וגדולים של התרבות המערבית. רק לאחרונה יצא דוח פסימי מאד על ידי אחד המומחים הגדולים לענייני דלק.

פחיתה של מקורות הדלק עשויה גם להביא כל מיני רעיונות מעוותים להספקת עוד מקורות אנרגיה. כבר היום רואים כמהמוכמה הצעות כאלה שלתדהמתי נקלטות. אחת מהן לאחרונה היא כוונה לחמם את מעבה האדמה בעומק של 1500 מטרים עד 300 מעלות כדי לאדות את הפחממות שבמעבה המסלעים של פצלי שמן ולהפיק דלקים מהאדים ששיאבו מהמסלעים. וכבור נעשו צעדים ללכוד את עניינו של המכון הגיאולוגי שלעולם לא מוציא מסקנות מלבד הצורך להמשיך. ומאחר שאיש שלהם אחראי לבדו על חיפושי נפט לא רחק היום שטנף חלקים ניפלאים של המדינה תמורת דלק יקר ביותר שאנו מנסים להיפטר ממנו.

3.2.2 עלויות גבוהות של הדלקים

לפני כמה וכמה שנים, כאשר מחיר חבית של נפט היה עדיין פחות מ- 10 דולר, הייתי בין אלה שחזו שהמחיר יעלה ל- 40-30 דולר לחבית. לא העזתי להציע שהעלות תהיה מעל 60 דולר לחבית (61 דולר נכון ל- 26.2.2007, 100 דולר לחבית בינואר 2008 וקרוב ל- 130 דולר לקראת סוף מאי 2008). בתחילת יוני 2008 המחיר כבר עבר את הגבול של 130 דולר לחבית. מעניין שאחרי כמה חדשים הודיעו על נפילת מחירי הדלק לקרוב ל- 70 דולר לחבית כאשר ערך הדולר ירד גם באופן משמעי מאוד. יחד עם זאת מחיר ההפקה עדיין פחות מעשרה דולרים לחבית. ארגון סוחר הנפט אופ"ק, מדברים על צמצום ההפקה להעלאה של המחיר. ומדווחים על תנודות של כמה דולרים לחבית. בתחילת 2009 המחירים עולים ויורדים מדי יום ביומו). בדצמבר 2009 המחירים עלו שוב ל- 80 דולר לחבית.

בשנת 2008 הוציאה מדינת ישראל 12.8 מיליארד דולר לרכישת דלק. (קרוב ל- 2000 דולר לנפש לשנה). זאת כאשר הגרעון המסחרי של ישראל היה רק מעט מעל 13 מיליארד דולר.

חברת פמ"א הוקמה על ידי מדינת ישראל כדי למפות את פצלי השמן ולנסות לפחות שתי דרכים להפקה וניצול הפחמימות שבהם. שתי הדרכים נוסו ברש הפרויקט עמד ד"ר יוסף ירושלמי. בחלק מהתקופה חפפתי בתפקידי כמדען ראשי של משרד האנרגיה וסייעתי לפמ"א. התוצאה הסופית הייתה שרק במצבים של דלק יקר ביותר מקור זה יהיה אולי כדאי. גם אז כרכו את ניצולו בשיוב עם ניצול מחצבים אחרים כמו הפוספטים. אבל אז עדיין לא היינו ערים ביחס כל כל החסרונות האחרים של שימוש בדלקים וכן לא היינו מדעים על החלופות הנפלאות שישנן כיום למשלכבר היום חברת החשמל המירה חלק גדול מתחנות הכוח לשמש בגזים טבעיים ואין הרבה מה לעשות לתזקיקים הכבדים. (מזוט וסולר).

היום ברור לגמרי שאין זו אלא שאלה של זמן עד שהדלק הזול יתכלה. הרבה תחנות כוח שכבר ניבנו וכאלה הנבנות כיום ותעשיות רכב ימצאו את עצמן בהשקעות שווא נושאות הפסדים קשים ביותר. מכאיב לראות כיצד חברת החשמל, משרד התשתיות ומשרד הפנים מאשרים הקמת עוד תחנת כוח פחמית להגדלת התלות באספקת דלק מיובא ומתעלמים לגמרה הן מהחלופות הקוסמות והן מהנזקים החמורים מאד שכרוכים בעוד תחנת כוח כזו שאפשר וצריך לדחותה מכל בחינה שהיא, גם כאשר מחיר הפחם מעט יותר נמוך.

לאחרונה היה גילוי מסעיר של מקור גז טבעי ממערב לחיפה בים התיכון (קידוח תמר). ניסיון לחשב את הרווח הכולל על גילוי זה נימצא שהרווח של חברת דלק במשך 20 שנה יגדיל את הונה של חברת דלק בסכומים ענקיים. (בעיתונות התפרסמו נתונים על סך כל הרווח הצפוי משדה הגז שהתגלה יש ספק רב בנתונים שהתפרסמו. הם נשמעו קטנים מדי). בין הנושאים הניתנים לביצוע שנביא בהמשך יש לפחות שניים שיכולים להביא הכנסות לאין שיעור יותר מאשר מציאת שדה הגז, וכל מה שקרוי היי-טק וישמשו ברציפות במשך הרבה עשרות שנים. משאב שמשך השימוש בו הוא ללא כל הגבלה מוסיף על הרווח שיהיה מיצוא של ציוד וידע וכל זאת לא מפחית בפרוטה אחת את הרווח משדה הגז כי בכל מיקרה נוכל למכור אותו לחו"ל. אבל משום מה שר התשתיות הקודם, שהפך לאחרונה לשר התמ"ת, הוא וחבריו לא רוקדים סביב המדורות הללו שיש בהן "תחליפי דלקים" לעולם ועד, ובכמויות המספיקות לכל צריכת החשמל בישראל כפולה שתיים או שלוש. משום מה מציגים את השאלה מה עדיף גז או שיטות הנהנות מאנרגיה מתחדשת זולה ביותר ומתוצרת הארץ. הסיכון המסחרי בקידוחי גז ונפט הוא לאין שיעור יותר גדול מאשר הסיכון בקידום טכנולוגיות חדשות. מאזן כלכלי של מיתקן

מסחרי אחד של ארובות שרב אחד בדרום הארץ הוכח כבעל תקופת החזר קטנה מחמש שנים וזאת בתנאים המכבידים ביותר. כך אם חיי התחנה לא יעלו על 30 שנה ערך התשואה העצמית המשולבת תהיה החזר של 6 פעמים השקעת היסוד או בסך הכול מעל 5 מיליארד דולר בערך נוכחי!!! וכל אלה גם כשלא לא לוקחים בחשבון תועלות ענק מ 13 מוצרי לוואי וכן החיסכון הענק של הנזקים הכרוכים בשימוש בדלק. אספקת החשמל לכלל המדינה יחייב ללא ספק למעלה מ-10 יחידות כאלה. ועם כל אלה לא נגרעת אף פרוטה מהרווח משימוש בגז על ידי מכירתו.

3.2.3 הנזק שבניודי מחירים של הדלק

ניתן להראות שניודי המחירים של הדלק גורמים לנזקים כלכליים ניכרים מאוד ומפתיעים בהיקפם, אף מעבר לנזק שבעלייה עקבית של המחירים. להלן הסבר לתופעה.

נניח פונקציה כלכלית Y (למשל התוצר הגולמי הנקי N.D.P.) היא פונקציה של מחיר הדלק P באופן כלשהו. אפשר לבטא את Y על ידי משוואה כלהלן.

$$Y = Y_{\bar{P}} + \left(\frac{\partial Y}{\partial P} \right)_{\bar{P}} \Delta P + \frac{1}{2!} \left(\frac{\partial^2 Y}{\partial P^2} \right)_{\bar{P}} (\Delta P)^2 + \dots \quad (1)$$

זהו טור טיילור המבטא את השינוי ב- Y כתוצאה משינוי קטן במחיר הדלק P .

תת הסימן $\bar{P}$ מבטא "סביב ערך ממוצע של המחיר P ". אפשר לחשב את הערך הממוצע של הפונקציה Y על ידי אינטגרציה של משוואה (1) על פני הזמן t וחלוקה בסה"כ הזמן T .

$$\bar{Y} = Y_{\bar{P}} + \left(\frac{\partial Y}{\partial P} \right)_{\bar{P}} \frac{1}{T} \int \Delta P dt + \frac{1}{2!} \left(\frac{\partial^2 Y}{\partial P^2} \right)_{\bar{P}} \frac{1}{T} \int (\Delta P)^2 dt + \dots = \quad (2)$$

$$Y_{\bar{P}} + \frac{1}{2!} \left(\frac{\partial^2 Y}{\partial P^2} \right)_{\bar{P}} \sigma_{\bar{P}}^2$$

כאשר:

* $\bar{P}$ ערך ממוצע של מחיר הדלק שסביבו נעשה החשבון;

* האבר הראשון $Y_{\bar{P}}$ הוא גודל קבוע;

* האבר השני מתאפס כאשר סכום השינויים במחיר ΔP סביב המחיר הממוצע P מסתכם לאפס.

האבר השלישי הוא:

$$\frac{1}{2!} \left(\frac{\partial^2 Y}{\partial P^2} \right)_{\bar{P}} \sigma_{\bar{P}}^2 \quad (3)$$

כאשר:

* $\sigma_{\bar{P}}^2$ הוא הווריאנס (השונות) של P סביב הממוצע $\bar{P}$.

האבר הרביעי יהיה:

$$\frac{1}{3!} \left(\frac{\partial^3 Y}{\partial P^3} \right)_{\bar{P}} \mu_{\bar{P}}^3 \quad (4)$$

הביטוי μ^3 נוטה להתאפס מפני שהסטיות בחזקה שלישית הן בעלות ערך נמוך ומשום שהערכים של μ^3 מתחלקים בין מספרים שליליים וחיוניים המבטלים זה את זה. אנו יכולים אם כן לבטא ע"י ביטוי מקורב את הסיכום של טור טיילור.

$$Y \cong Y_{\bar{p}} + \frac{1}{2} \left(\frac{\partial^2 Y}{\partial p^2} \right)_{\bar{p}} \sigma_p^2 \quad (5)$$

אם נבטא את Y ואת P בערכים יחסיים לערכים הממוצעים, נקבל:

$$Y \cong 1 + \frac{1}{2} \left(\frac{\partial^2 Y}{\partial Pr^2} \right) \sigma_{Pr}^2 \quad (6)$$

קל להראות שהערך של הנגזרת השנייה סמוך לערך אופטימאלי של השימוש הוא בהגדרה ערך שלילי. נוסף לכך, קל להראות שהערך של הנגזרת בערכים יחסיים אלה הוא סביב יחידה או אף למעלה מיחידה.

חישוב של השונות של מחירי הנפט בחצי השני של המאה העשרים הייתה מעל 10%. פירוש הדבר שניודי המחיר של הדלקים השפיעו על התוצר הלאומי הגולמי בכמה אחוזים בשנה. נזק של אחוז אחד מהתשואה הגולמית שקול כנגד 5.5 מיליארד ₪. לכן אין כלל לזלזל בנזק לתוצר הגולמי כתוצאה מניודי המחירים בדלק. זהו סכום בסדר גודל של 500 ₪ לטון נפט או קרוב ל-8 דולר לחבית. השונות בחדשים האחרונים היא הרבה יותר גדולה ואף קרובה ל-50%. ואז ההשפעה האפקטיבית של מחיר הנפט היא כאילו 40 דולר לחבית נפט. מעניין לציין שגם ב כאשר מוכרים את הגז וישנם ניודי מחירים יהיה תשלום לניודים. כמובן שחוזים ארוכי טווח יכולים לסייע וכן ערך הניגזרות בנוסחאות שלעיל עשוי להיות יותר קטן.

3.2.4 הוצאות הגנה

בהכנות לוועידה המפורסמת בריו (1982) נעשתה עבודת סקירה וניתוח יסודיים מאוד בענייני אנרגיה ע"י צוות שעבד באוניברסיטת פרינסטון. הוא העריך באותה תקופה שכאשר עלות גלון בנזין הייתה כ-30 סנט, הרי העלות הנוספת עקב פעולות הגנה הגיעה לעוד 70 סנט לגלון.

גם בימינו אלה מוציאה ארה"ב סכומי עתק למלחמה בעיראק וכן לחילות מצב בשורה של מדינות במזרח התיכון ובאסיה, כאשר ההגנה על אינטרסים של דלק תופסת חלק מכריע בשיקולים. באפריל 2006 העריך הקונגרס האמריקאי שהוצאות המלחמה בעיראק הגיעו ל-280 מיליארד דולר. (פירוש הדבר הוצאה של כ-1000 דולר לנפש של אזרחי ארה"ב כהוצאה שמקורה הגנה על אינטרסים של דלק). במאבק של ארה"ב נגד מדיניות הגרעין של איראן, נשקלו סנקציות של מניעת השיווק של הנפט שמופק באיראן. אולם חששו שאמברגו כזה יגרום לעלייה משמעותית של מחירי הנפט בשוק. כמו כן, נמצא שארה"ב תחזור ותפגע מעליית מחיר הדלק. בשעה שמסמך זה מתוקן עוברת השמועה שדברי מי שהיה פעם שר הביטחון של מדינת ישראל הם שגרמו תוך יממה או שתיים לעליית מחירי הדלק אל מעל 130 דולר לחבית. אבל אלה בשום אופן לא ההוצאות היחידות הכרוכות בביטחון לארצות הברית ועזרה לבנות בריתה.

גם ישראל מששלמת תמורת ביטחון לאספקת הדלק בגלל צורך באגירה וכן וויתורים בתנאי הסכמי רכישה. אבל ישנה חשיבות לא מעטה בהשתחררות מכל אלה כדי לשחרר את המדינות הידידותיות משעבוד ורכישות עוד ידידים אם נמצא דרכים לפתור את הבעיה.

3.2.5 נזקים סביבתיים עקב שריפת דלקים

אין כל ספק, ולו הקל ביותר, ביחס לעובדה ששריפת דלק בתחנות כוח ובתחבורה מזהמות את האוויר. מספר האנשים הנפטרים כתוצאה מזיהום זה בשטחים עירוניים גבוה יותר מאשר בסדר גודל מנפגעים בתאונות דרכים. ומספר הנספים בתאונות דרכים עולה על מספר הנפלים במלחמות ישראל. הערכה שנעשתה לפני מספר שנים באזור תל-אביב הראתה 1100 נפטרים בשנה כתוצאה מזיהום אוויר. אחוז גבוה והולך של אנשים (ובעיקר ילדים) נפגע במחלות כתוצאה של זיהום בדרכי הנשימה. תצפיות ייחודיות שהוכיחו את הדבר נעשו באזור חיפה וכן באשקלון לפני ואחרי שהוקמה שם תחנת כוח פחמית. מדידות של קרינת השמש שנעשו בישראל בתחנה המטאורולוגית המרכזית שבבית דגן הראו כבר לפני 35 שנה ירידה הולכת וגוברת של עצמת הקרינה עד כדי 20% כבר. אולם, יום אחד בשנה, ביום כיפור, כאשר תנועת הרכב יורדת עד קרוב לאפס, קרינת השמש חוזרת ועולה. החריג הבולט היה ב- 1973 ערב מלחמת יום כיפור כאשר גברה תנועת המתגייסים בשבת של יום כיפור ורמת הזיהום חזרה ועלתה. ניתן להעריך את הפגיעה הבריאותית מבחינה כלכלית. הנזק המתקבל הוא בסדר גודל של 10 מיליארד ₪ בשנה, כמוהו כ- 500 ₪ לטון שווה ערך נפט או למעלה מ- 7 דולר לשווה ערך של חבית נפט. ישנם סוגים נוספים של זיהום בקנה מידה מדהים בגלל מציאות של תחנות כוח ומפעלים. אין זה מקרה למשל שמספר החולים במחלות של דרכי הנשימה וסרטן גבוה יותר באזור חיפה. לאחרונה מנסים בכמה מדינות לתת לתרופות משפרות חיים ותרופות מצילות חיים הערכה כדי לקבוע מה יהיה בסל התרופות ומה לא. בסיס פופולארי לחישוב באנגליה הוא שערך החיים הוא 2.2. מיליון דולר לפרט אחד. פרוש הדבר שהאובדן באזור תל אביב לבדה הוא בסדר גודל של 2.2. מיליארד דולר בשנה וברמה ארצית בסדרי גודל של מעל 20 מיליארד דולר בשנה. אין כמעט ספק שהטיפול הנמשך בחולי לב, סרטן ומערכת הנשימה במשך עשרות שנים של אחוז נכר מאד של האוכלוסייה מחירו גבוה יותר. בוודאי יש דרכים אחרות לחשב נתון זה. אבל אין כל ספק שהסכומים גדולים מאד. סכומים אלה אפשר להשוות למשל לעלות יבוא הדלק בשנת 2008 שהייתה 12.8 מיליארד דולר. והרי הפגיעה הבריאותית נעה בין פעמיים לארבע פעמים סכום זה. אלה הם סדרי הגודל של ההוצאות החיצוניות בגין בעיות בריאות בלבד.

הנזקים בגלל זיהום האוויר משפיעים כמובן גם על הצמחייה ועל החרקים ועל מידת הפריור שלהם וגם מחלות. ישנן תופעות של גשם חומצי, זיהום ישיר על ידי דליפות דלק ועוד.

3.2.6 השפעות סביבתיות ופרוטוקול קיוטו

ייתכן שהאספקטים הסביבתיים לא עשויים להיות כה חמורים כפי שמשמע מפרוטוקול קיוטו, החוזה מצבים קטסטרופאליים. אולם, אין כל ספק שקיימות השפעות שליליות כתוצאה משריפת דלק. נעשו כמה מחקרים חשובים שבאו להעריך את הנזקים לסביבה. ראה למשל:

"The value of worlds eco-system services and natural capital", Robert Constanza et. al, May 1997, Nature, Vo. 387, May 15, 1997, pp 253-260.

עבודה שנעשתה ע"י 13 מדענים מנסה להעריך 17 פונקציות גלובליות המשמשות לחידוש וקיום של חיים על פני כדור הארץ, ביניהן: בקרת גזים, בקרת אקלים, בקרה של הפרעות גדולות של מערכות גלובליות, בקרת מצב המים, אספקת מים, ארוזיה ממשקעים, ומשקעים, ייצוב קרקע, מעגלי הזנה, טיפול בפסולת, האבקת פרחים, בקרה של מערכות אוכלוסייה ביולוגית, מקומות מגורים וקיום, ייצור מזון, מנוחה ושעשועים, תרבות וכו'.

הוכח מעבר לכל ספק שלשריפת הדלק השפעה, ולו קטנה, על כל הפונקציות שהוזכרו לעיל. הערכה שמרנית של ערך התפקוד של הפונקציה (ב - 16 יחידות נוף גלובליות) היא 33×10^{12} דולר לשנה במוצע, עם גבול עליון של כ - 55×10^{12} וגבול תחתון של 16×10^{12} דולר לשנה.

ההערכה נעשתה שהמערכת מגיבה בצורה ליניארית. אולם, ככל שערכי ההפרעה קיצוניים יותר, מקדמי התגובות הולכים וגדולים בפרופורציה לאותן הפרעות.

כדוגמא, נניח שההשפעה על המערכת היא לא יותר מ - 1%. פירוש הדבר שינוי שערכו כ - 0.33×10^{12} דולר לשנה. אם שינוי זה מתרחש על ידי ייצור של 30 טריליון קוט"ש בשנה, פירוש הדבר נזק של סנט אחד לקוט"ש.

כמה הערכות מצביעות על שינויים בערך של 2% ואולי אף יותר. פירוש הדבר נזקים בהיקף של 2 סנט לקוט"ש ויותר. דדי בכך שהיקף ההוצאה על אנרגיה מהווה כמה אחוזים מהתוצר הלאומי לנפש (נניח 6 עד 7 % בישראל) כדי שפרוש הדבר יהיה ביחס לשימוש באנרגיה קרוב ל 6-7 % מהנטל שאוכלוסיה בישראל מטילה על סביבתה.

כאן אמנע מפירוט של כל הטענות בעד ונגד. שקיבלתי מדי שבוע, למשל פרסום שבו ישנה התייחסות לכל האספקטים הסביבתיים. אין כל ספק שיש מי שמשקיעים בפרסומים אלה סכומים ניכרים כתוצאה מאינטרסים כלכליים ללא כל מעצורים. כנגד זה, אחד הביטויים הציוניים ביותר לממד ההשפעות השליליות הוא: **"בני אדם עברו זה מזמן את הסף לשימוש בריבית של מערכות הגלובליות" (אולי עדיף להשתמש בביטוי של "הכנסה שנתית מתחדשת"), והחלו בכרסום של ההון היסודי (או אפשר לאמור "בקרן"). יש צורך במנהיגות חדשה כדי להתמודד באיומים שניתן לחזות אותם".**

ישנו צורות נוספות לנזק בגין טיפול בדלקים אפילו בטרם השימוש בהם. אחת מהן היא דליפות דלק מקידוחים ומצנרת.

סריקה של הרבה עבודות על "עלויות חיצוניות" כתוצאה מנזקים סביבתיים הביאה אותי מזמן לטבלה המסכמת הבאה.

טבלה 1 - הוצאות סביבתיות כתוצאה מייצור חשמל

סוג הדלק	מינימום עלות חיצונית (סנט לקו"ש)	סיבה מוצדקת לבטל עלות חיצונית (סנט לקו"ש)
מחיר בסנט לקו"ש		
פחם	1-2	6-7
מזוט	2	6-7
גז טבעי	1	2

ישנן הערכות הרבה יותר גבוהות ביחס להשפעות של גז טבעי. במחקר שנעשה בפורטוגל נמצאו ערכים הרבה יותר גבוהים ובעיקר לשימוש בגז. ערכים אלה, אם מתקבלים, ניתנים לשימוש לשם הערכה מהי ההשקעה המוצדקת כדי להימנע מהנזקים הכלכליים. קשה לשפוט באופן השוואתי את ההערכות השונות של הנזקים משימוש בדלקים. למשל כמעט ולא הוזכרו הוצאות ההגנה שהבאתי לעיל, השפעה

של ניודי מחירים, הפגיעה בחופש התמרון, וההכרח להקים מאגרי דלק לשעת חרום. כך בפועל יתכן שההוצאות החיצוניות הרבה יותר גדולות. לפי ההוצאות החיצוניות ניתן לחשב מהי ההשקעה המקסימאלית המותרת כדי להצדיק מניעה של הוצאות עודפות אלה.

טבלה 2 - השקעות יתרות מותרות כדי להצדיק מניעה של העלויות החיצוניות

מקור החשמל	מינימום עלות חיצונית		השקעת יתר בדולרים לקילוואט אספקה ממוצעת
	(סנט לקוואט"ש)		
פחם	6-7	5% ריבית	10% ריבית
מזוט	6-7	8078-9425	15770-18400
גז טבעי	2	2693	5256

אם מצדיקים טבלה זו של השקעות יתר, הרי הן מצביעות על היקף ההשקעה היתרה הגבולית שמותר לכאורה להקדיש להתקנת מקורות אנרגיה מתחדשים ללא הנזקים הסביבתיים שמנינו.

לחשבון זה שמקובל מאד על כלכלנים סביבתיים יש ארבעה חיסרונות חמורים. האחד הוא שהשקעה יותר גדולה פרושה גם הוצאה גדולה יותר של מקורות אנרגיה. (לא פחות מ-30% מההוצאה.) ואם למחיר האנרגיה החלופית ישן הוצאות חיצוניות שלא נימנו , גם אלה צריכות להתווסף לחישוב הכלכלי. מתברר ללא ספק שגם לאנרגיה חליפית כמו אנרגיה סולרית מתאים פוטו-וולטאיים יש הוצאות חיצוניות גדולות ביותר.

החיסרון השני הוא שהשקעה זו באה בחשבון רק אם אין טכנולוגיות זולות יותר ורק אם ישנה הבטחה של רצף אספקת אנרגיה ללא צורך להיעזר בדלק (לעתים 2/3 מהיממה), וללא צורך במערכת אגירה יקרה ובזבזנית מאוד מבחינה אנרגטית.

החיסרון השלישי הוא שגודל ההשקעה המותר חייב להיות השקעה ל"קילוואט ממוצע" הקובע את קצב אספקת האנרגיה ולא את העלות ל"קילוואט מותקן". עד כאן להשוואה של טכניקות שונות הטענה הרביעית היא בסיסית ביותר. המדד למידת ההעמסה של השימוש באנרגיה על הסביבה וכשר המערכות הטבעיות להתחדש ולהישאר פחות או יותר ברות קימא הוא העלות הכוללת של

השימוש ולאו דווקא צריכת האנרגיה העצמית. המחיר הו ביטוי הפשוט ביותר למידת העומס הזה ללא הבדל אם מקורו בחומרים או באנרגיה או בשרות האנושי הדרוש לשם כך עם כל הכרוך בכך. ייקקור המוצר כמוהו כהגדלת האוכלוסייה וניצול יתר של משאבי כדור הארץ.

מעניין לציין שההשקעה לחשמל ממקור סולרי כמו תאים פוטוולטאיים עולה בהרבה על הערכים המותרים וזאת גם כשלא לוקחים בחשבון את ערך הקרקע שדרושה בממדים ניכרים ביותר. חשבון שעשיתי לאחרונה הראה שההשקעה לקילוואט ממוצע מתאים פוטו-וולטאיים קרובה ל 40000 דולר (כן , ארבעים אלף כאשר העלות לווט מותקן הוא לפי דיווח של המעבדה בברקלי 7.6 דולר ומקדם העומס הוא רק 0.2). סכום זה הוא הרבה מעל המותר לפי הטבלה. ארובות שרב דורשות כ 2300 דולר לקילוואט ממוצע וטורבינות רוח 2500-3500 דולר לקילוואט ממוצע.

ולבסוף , מה שקרה הוא שדרישות פרוטוקול קיוטו הן עצמן הפכו למפגע סביבתי וסיבה להמעט בגזי חממה. התשלומים הללו הפכו יעד עסקי שמשיג אולי את ההיפך ממה שביקשנו. ח שוב לציין שמבחינת זיהום כנראה השימוש בפחם הוא המזיק ביותר.

החלק שראוי יותר מכל לבחינה מחדש ואולי אף לערעור מוחלט הוא כל הנושא של השפעת גזי חממה. חשוב להבהיר כמה עובדות יסוד. הגז שהכול מתייחסים אליו הוא דו תחמוצת הפחמן שהוא תוצאת שרפה של חמרים אורגניים. אבל חשוב להדגיש שהאפקט של גז חממה העוצר קרינה אינפורה אדומה על ידי גז מיתאן הוא עשרות פעמים יותר גדול מזה של דו תחמוצת הפחמן. הערך המדויק תלוי באורך התקופה של השהיה באוויר, (אגב בארץ ההערכה מפורטת הראתה שגזי מיתאן הנפלטים מערמות פסולת השפעתם היא לא פחות מאשר רבע מכל האפקט של גזי חממה . מנכ"ל המשרד להגנת הסביבה הודיע בהרצאה שערך זה הוא רק 15% אבל אינני נוטה לקבל את דבריו ללא אימות מתאים). אולם גז החממה המכריע בהשפעתו הוא אדי מים. השינויים בתכולת אידי המים באוויר הם ללא השוואה יותר גדולים מאשר דו תחמוצת הפחמן ומיתן. חוץ מזה, לעליית הריכוז של דו תחמוצת הפחמן יש גם אפקט חיובי של הגברת הייצור של צימחיה. נוכחות של גזי חממה עשוי גם למנוע כניסה של קרינת השמש לכדור הארץ. דרושה גם התיחסות מפורטת לאורכי גלשונים.

הביקורת כנגד הטענות על גזי חממה והתחממות כדור הארץ הן חמורות הרבה יותר. כבר הבאנו לעיל שורה של תצפיות הסותרות את כל הגישה הזו. ידועים עידנים של קרח מלפני 5000 עד 6000 שנה ולפני 17 אלף שנה . ימים גדולים התייבשו ותרמו את מימיהם לקרחונים. אחר כך הקרחונים הפשירו. נחתרו נהרות חדשים. נפרצו ימות גדולות ומים מתוקים הוחלפו במי אוקיינוס. ידועים כמה מנגנונים שיכלו לגרום את זה. ישנן תצפיות בכל הרמות, בקידוחים בקרח, במשקעים של סחף בימים, בשינויים פתאומיים בחי ובצומח, ואפילו שרידי יישובים של מלקטים , של ציידים ושל חקלאים. התגלו חמרים וציוד של יבוא ויצוא וחשוב מכל ישנם לעמים השונים זיכרונות על שינויים אקלימיים ושיטפונות. ביניהם שינויים כתובים. (ראה למשל "המבול

של נוח-התגליות המדעיות החדשות על מאורע ששינה את ההיסטוריה" ויליאם ריאן-וולטר פיטמן. הוצאת עם עובד, אופקים מדע - 2007; תורגם מההוצאה האנגלית מ - 1988).

אין צל צילו של ספק שהיו שינויי אקלים קיצוניים לפני שהאדם למד להשתמש בדלק פוסילי. אין גם כל ספק שהשינויים הנובעים מתהליכים על השמש, מהתפרצויות וולקניות על כדור הארץ ושינויים במסלול ההקפה של השמש השפעתם ללא כל השוואה יותר חשובה משינויים קלים בריכוז של דו תחמוצת הפחמן. ובכן, האם שינויי האקלים הם מעשי ידי אדם? האם ניתן לעצור את תהליך ההתחממות של כדור הארץ? מה יהיה השינוי הצפוי? האם ניתן למנוע את הנזק או לתקן אותו?

הלהג הרב של פופוליסטים כמו Al Gore ו- Thomas L. Friedman בז לכל מי ששואל את השאלות הללו. בצר להם אומרים שהם מקבלים את הקונצנזוס של ועדת האו"ם שהורכבה לשם כך. ועדה זו עוסקת כבר מזמן במניעת כל ערעור על דבריה ונוקטת תהליך דיון שבכלל לא מאפשר זאת. (בהודעה בסוף חודש אפריל 2009 ועדת ה- IPCC מודיעה על הדיון החמישי שצריך להיות מוגש עד 2014 (הבטחת פרנסה בהיקף ראוי). תהליך הדיון במה שהם קוראים SAR יערב רק מומחים לשינויי אקלים שהם נציגי מדינות ושהשתתפו בדיון מספר 4. השתתפות בדיון תהיה רק אחרי שהערות תישלחנה והועדה המרכזת תבדוק אותן. יוכלו להשתתף בדיון בכנס רק כאלה שיוזמנו על ידי הוועדה המרכזת). הבעיה החמורה היא שאם תעזי לשאול, ההתייחסות אליך תהיה כמו זו של האינקוויזיציה לגלילאו שהעז להציע שאולי כדור הארץ מקיף את השמש. חמור מזה. חלק משמעי של הדרכים המוצעות על ידי מחממי העולם הוא כמו האינדולגנציות שאפשר היה לקנות ובכך לקבל רשות להמשיך לחטוא ובפרט שההגדרה מהו חטא איננה נובעת מהבנה בפיזיקה וכימיה.

נזק הרבה יותר חמור הנובע משריפת דלק נובע מהחזיק של תרבות נחותה ואווירת סחיטה ואלימות.

כדי להימנע מכל הוויכוח הזה על הצדקת טכנולוגיה לאנרגיה מתחדשת, ראוי היה שנמצא טכנולוגיה כזו שההשקעה בה קטנה אפילו מההשקעה בשימוש בדלק. (ראה בהמשך משוואה 7).
אנו אמנם נצביע בהמשך על גישה אפשרית כזו. נחזור ונדגיש: **העובדה שיש הצדקה להשקיע השקעות יתר כדי להימנע משריפת דלק איננה מצדיקה בשום אופן קביעה שזה הכרחי או אפילו מומלץ כאשר ישנן טכנולוגיות המשתמשות במקורות מתחדשים וההשקעה הדרושה היא הרבה יותר קטנה.**

3.2.7 אובדן חופש התמרון במאבק בין התרבויות

מדינות עשו כל מיני החלטות והיו מוכנות לכל מיני חוזים מכבידים כדי להבטיח את אספקת הדלק במשך שנים רבות. אירופה נכנעה ממש לקפריזות של האסלאם כדי לא להיפגע. כתוצאה מתלותה באספקת דלק, היא משלמת היום ביוקר רב בגלל קליטה של אוכלוסיות מוסלמיות גדולות שהן מלאות שנאה ונושאות בחובן תרבות שאיננה מכבדת חיי אדם, שמונהגת ע"י אמונות פרימיטיביות וצידוק שטני של כל מיני יצרים, המונהגים ע"י כל מיני התנהגויות מושחתות.

לא היינו צריכים לחכות הרבה כדי לראות מה המשמעויות של תלות שלנו במצריים לאספקת גז. היה כבר פוליטיקאי אחד שחתם חוזה על ייבוא מים מתורכיה. לא צריך היה לחכות זמן רב שיהיה ניסיון לסחיטה פוליטית בענייני סחר בין ישראל ותורכיה. (זאת מבלי לבקר את עצם הרעיון המטומטם לייבא מים במחיר כמעט כפול ממחיר מים מקומיים מהתפלה). די גם לראות מהי השפעת היחסים בין רוסיה

והמדינות השונות, ממערב לה, כמו: אוקראינה, גרמניה והולנד באספקת הגז. יחסים אלה מושפעים לפחות ע"י תאווה בצע פשוטה ופעמים רבות ככלי נשק מאיים.

אחת התופעות המפחידות במקרה זה היא הצטברות הון של עשרות טריליוני דולרים בידי סוחרים נפט. הם משתלטים בהדרגה על כל כלכלת העולם. די אפילו ברכישת מטבע זר להם כמו למשל השקל הישראלי והעלאה זמנית של ערכו. האפשרות קיימת אז שכל המשק יחרב בכוונה או ללא כוונה. הדבר כורך אחריו את הצורך להקים מאגרי דלק חזריים בקנה מידה גדול ולשלם את הריבית על ההשקעה בהם ובמילוי שלהם בנוסף לתשלום תמורת תחזוקה ותחלופה.

3.2.8 הקריטריון האחר להחלטה בדבר טכנולוגיה חדשה למקור אנרגיה מתחדשת עם הצדקה כלכלית קלה להוכחה ומחץ לוויכוח.

קשה להכריע את הוויכוח על מידת הנזקים לסביבה וההסתברות שזהו מעשה ידי אדם ולא תופעות מחזוריות בטבע. קשה עוד יותר לכלול בחשבון את ההוצאות החיצוניות, תשלומים להגנה ושאיפה ליציבות כלכלית חברתית. הקשה ביותר הוא להסכים על ההסתברות לנזק או הסתברות שלא יהיה נזק. לצורך העניין אני מציע את הקריטריון הבא להחלטה בדבר אימוץ טכנולוגיה אלטרנטיבית לאספקת אנרגיה:

$$R = \frac{P(D)}{(1-P)E} > 1 \quad (7)$$

כאשר:

P - הסתברות שיהיה נזק לסביבה בשניו אקלים ובפגיעה בכמה מערכות חיוניות;

D - גודל הנזק שנצטרך להתמודד איתו;

E - השקעת יתר דרושה במערכת אלטרנטיבית להפקת אנרגיה שתהיה נקייה, מתחדשת ומונעת נזקים. הגודל E מבטא באותן יחידות יחסיות כמו הנזק D, למשל, השקעה ליחידת הספק או הוצאה לכמות אנרגיה מסוימת וכו'.

כדי להצדיק שימוש באנרגיה חליפית צריך שהשבר R שמבוטא לעיל במשוואה 7 יהיה לפחות גדול מיחידה. כאשר E שואף לאפס R גדול עד אין סוף. ואז כאשר E שלילי, ההוצאה על אנרגיה חלופית קטנה מההוצאה על אנרגיה מוזנת בדלק. במילים אחרות, השקעת היתר E בטכנולוגיה חליפית מוכפלת בהסתברות (1-P) שלא יהיה כלל נזק, צריכה להיות קטנה מהנזק שאנו מבקשים למנוע P(D) או אפילו שלילית.

בעצם, אנו חותרים למקור אנרגיה עם ערך קטן ככל האפשר של עלויות יתר E, ואולי אף שלילי. קשה לי להאמין שהוויכוח על הערכים של P ושל D יבואו לכלל הסכמה בעתיד הנראה לעין, או שהם יניעו את כל המשק העסקי לעשות השקעות מטעמים אידיאולוגיים בלבד. אבל, אם מקור האנרגיה החדש זול משימוש בדלק, הרי יהיה חבל על הוויכוח.

עלינו לעזוב את עידן האבן לאו דווקא משום שנגמרו האבנים ולא דווקא משום שהאבנים יקרות. אנו מבקשים טכנולוגיה חדשה שקל ליישם אותה, שהיא זולה יותר ובעלת יכולות שרות טובות יותר. נתאר טכנולוגיות כאלה בהמשך.

שאלה שנייה מתעוררת והיא במה שייכת שאלה זו של אנרגיה זולה לנושא המים. אנו נראה שמחירי אנרגיה גבוהים למשל כמו אלה שהוצעו על ידי משרד התשתיות והרשות לשירותים ציבוריים-חשמל, (יולי 2008) הופכים את התפלת מי ים לבלתי כדאית למרבית השימושים. בעצם היא עשויה לפגוע בעתיד מדינת ישראל בגלל הרס ההתיישבות בפריפריה והמשמעות

המדינית והביטחונית שלה, אי יכולת לספק מזון בלתי מיובא, בגלל הפסד של מרבית הערכים הטבעיים ופגיעה ממשית ברמת החיים בעיר ובכפר. אנו נציע על כן אנרגיה זולה ושיטות התפלה שעוקפות לגמרה את בעיית המחיר הגבוה.

3.2.9 כמה אנרגיה חליפית מתחדשת זמינה ומה עלותה?

ובכן, אנו מחפשים מקורות אנרגיה מתחדשת שפיזורה על פני אומות העולם אחידה יותר ושהיא עשויה לספק מסות גדולות של אנרגיה במחיר נמוך יותר מאשר כיום. אנו מבקשים גם, אם אפשר, שהכמויות תהיינה דיין כדי הכפלה של אוכלוסיית כדור הארץ. אין זה מונע אותנו מיישום לאלתר של מקורות אנרגיה קטנים יותר, לחסוך בשימוש ובאופן תאורטי אף להגביל את גידול האוכלוסייה. אולם כדאי לחשוב מיד גם על ההמשך ועל הרחקת המיגבלות הקיימים כיום.

מקורות אנרגיה כאלה הם שיביאו אותנו לעידן החדש - נצא מעידן הדלק כפי שיצאנו מעידן האבן.

ישנן הרבה סיבות לעשות זאת גם אם לא השתכנענו בשינויים קיצוניים של האקלים או משום שחששנו שמקורות הדלק יגמרו בקרוב. פרטנו לעיל את הסבות העקריות. המהפכה התעשייתית גם היא העבירה אותנו לעידן חדש. למדנו להשתמש בריכוזי אנרגיה גדולים שאינם נסמכים על שרירי אדם או בהמה. עתה הזמן לצאת מעידן הדלק הפוסילי ולעבור עוד פעם לעידן חדש.

כמה שאלות שצריכות להישאל הן:

1. מה המקורות שעומדים לרשותנו?
2. כמה אנרגיה חלופית זמינה ומה עלותה?
3. באיזה כיוון עלינו לפתח מקורות חדשים?
4. האם מותר לנו לדחות את היישום של שימוש באנרגיה מתחדשת עד שיהיו לנו פתרונות יותר טובים, או שראוי להתחיל מחר בבוקר ואף ניתן לעשות את זאת?

נראה שאנו יכולים לנסח קריטריונים מעשיים כבר היום, כמו במישואה 7 לעיל ואין אנו צריכים לחכות עד שכל אחד ישתכנע בהנמקות הסביבתיות לבדן. אם יש לנו מקור יותר זול מאשר השיטות הקיימות והוא ניזון ממקורות מתחדשים, מדוע לא להתחיל מיד? ואם יש לנו שיטות שעלותן דומה מאוד לשיטות הקיימות אבל פוטרות אותנו מתלות בדלק, גם אז ראוי לגשת מיד לשינוי בגלל כל הסיבות האחרות. אין מקום אז לוויכוח קטנוני על כמה אחוזים למאה, לכאן או לכאן. אולם ישנן כיום דוגמאות למכירת קילוואט שעה של אנרגיה סולרית תרמית תמורת רבע יורו לקו"ש או קרוב ל - 40 סנט אמריקאי (ישן) האם יש הצדקה כלכלית לתשלום פי שמונה יותר גדול מעלות חשמל מפחם? האם יש הצדקה לשלם תמורת חשמל מתאים פוטו- וולטאיים בין פי 10 לפי 15 יותר מאשר עלות ייצור חשמל מדלק רגיל? האם האגדה תתקיים שזה יביא במהרה להקטנת העלות של מקורות אלה? אפשר לאמור כמעט בביטחון שלא. הדבר צריך להיאמר מיד ושיטות יקרות חייבות להידחות, בפרט אם ישנן שיטות ליישום זול מחר בבוקר ולכמויות אנרגיה גדולות. אחזור ואומר לאנשים המבקשים בכנות להביא לפיתוח בר קיימא ולאי פגיעה בסביבה שמחירים של אנרגיה סולרית כיום עושים אותה ללא ירוקה ולא בת קיימא משום שכל האנרגיה שתיוצר בחיי המיתקנים לא תפצה על האנרגיה הדרושה להקמתם או שתהיה קרוב לערך גבוה כזה. זאת כאשר למשל אנרגיה המיוצרת על ידי טורבינות רוח מכסה את צרכי הבניה בחודשים ספורים כאשר חיי המיתקן הם

עשרות שנים. אני בספק אם השר והמנכ"ל ששרתו עד לאחרונה במשרד התשתיות בכלל מכירים את המדד הזה וכך גם לצערי רבים מנציגי הירוקים. על אחת כמה כמה המדד הסביבתי הוא כמעט בדיוק פרופורציונאלי להוצאה על האנרגיה. לכן חייבים לחפש אנרגיה זולה ולא צריך כלל להגיע לפרוש כמה אנרגיה דרושה להקמה ולתחזוקה.

כאמור לעיל בפרסום שיצא מטעם הרשות לאנרגיה-חשמל נכון ליולי 2008 ההצעה היא לחשמל ממקור סולרי תרמי תשלום של 20 סנט (שעלה ל30) ולחשמל ממקור של תאים פוטו-וולטאיים 57 סנט לקילוואט שעה. ההצעה לחמישים מגה-וואט חשמל ממקור זה של תאים פוטו-וולטאיים לא יספק יותר משתיים או שלוש עשירות של אחוז מהחשמל בישראל תמורת השקעה של הרבה ביליוני דולרים. פשוט לא יאומן!

לתשומת ליבם של ראשי המועצות האזורית של הערבה ושל הנגב המערבי ושל כל שאר אוהבי ישראל, זהו לא פחות מאסון כלכלי וקודם כל חיסול של החקלאות בערבה. זוהי הזנחה סופית של ערכי הטבע בארץ. קשה שלא להתפתות שזוהי תוצאה של בורות משולבת באותם ערכים מנוונים שהביאו את העולם קרוב למפולת כלכלית. קל לראות שמערכת בעלת תבונה מינימאלית וערכים סבירים איננה יכולה בשום אופן לתמוך במעשה כל כך שלילי.

מעניין לאבחן מיהם התומכים בעולם בשיטות הסולריות. אלה הן חברות הנפט הגדולות. הן יודעות שאין להן כל חשש לפגיעה ממשית באינטרסים הכלכליים שלהן בעשורים הקרובים. להיפך, הם כולאים את מיטב החוקרים ומיטב גופי העשייה בתאים פוטו-וולטאיים תאי דלק וייצור מימן.

4. דרכים שונות לצאת מעידן הדלק ולספק אנרגיה ללא תלות בשריפתו של הדלק

4.1 קבוצות של מקורות

מנינו 7 קבוצות של דרכים לבחינה לשם הפחתה של בעירת הדלק הפוסילי וכן לשיפור המצב לא רק כדי להפחית את הכמות של "גזי חממה" אלא למילוי כל שאר המטרות שהזכרנו לעיל והן ממשיות הרבה יותר, כאן ועכשיו. בגלל ההערכה ששינויי האקלים הממשיים על פני כדור הארץ לא נבעו דווקא מגזי החממה שנוצרו בשימושי האנרגיה של האדם, נימנע מכל התעסקות והוצאות שכל מטרתם היא הקטנת הפליטה של גזי חממה. אנו נחפש בעיקר ואולי רק שיטות ייצור של אנרגיה חלופית הממלאות קודם כל ארבעה תנאים.

- **האחד הוא שהמקורות לא תלויים בדלק.**

- **השני הוא שהאנרגיה זולה ממקורות שמשמשים אותנו כיום עם או בלי דלק.**

- **הקריטריון השלישי הוא שהאנרגיות באות ממקורות מתחדשים או ממקורות שקיומם הוא בסדרי גודל של קיום כדוק הארץ. (שמש , ואולי אנרגיה גיאותרמית)**

- **קריטריון רביעי מורכב מתועלות נילוות של השיטה כמו מוצרי לוואי נוחים ותועלות ספציפיות לישראל.**

לבטח אין אנו רוצים בשום אופן לחכות ולראות מי צדק בוויכוח על הזיהום ועל חימום האקלים ותוצאותיהם. (באופן אישי לי אין כל ספק שהשינויים הדרמטיים במצב הקרחונים בקוטב אינם נובעים ממעשי ידי אדם ורוב הפרסומים בעניין זה הזוכים בפרסים חשובים לא תורמים תרומה בעלת ערך כלשהו או תרומה חיובית לענייננו). אם הקריטריונים הנדרשים על ידנו מתקיימים הרי ממילא נקטין את פליטת גזי החממה, הרבה מתחת לכל התכניות הקיימות כיום. אבל לא ברור מדוע יש צורך להשקיע כדי לצוד את הגזים עם פליטתם.

להלן הקבוצות של השיטות שניבחנו:

קבוצה מס' 1 שיפור היעילות בשימוש באנרגיה זה מועיל בכל מיקרה ואנו מגבילים את הבחינה להחזר תוך פחות מ-5 שנים. היקף החיסכון הצפוי הוא למעלה מ-20% של הדלק. שיטות אלה תהיינה שמישות גם כאשר נמיר את מקורת האנרגיה הנוכחים במקורת מתחדשים. ההשקעה לא תתישן בעיקרה. המדינה הכריזה בעבר על יעדים גדולים אך לא ביצעו כמעט דבר. היו אפילו גאונים שהחליטו לרק את האגף האחראי לכך שעשה עבודה מצוינת כשהיה קיים וכל זאת כדי לחסוך שניים שלושה תקנים. הקימו את האגף מחדש ובמקום מהנדס מצוין שמ שם עו"ד חסר כל תכונות מתאימות.

קבוצה מס' 2 שימוש בפירות השמש לייצור חשמל וחום בעלות נמוכה ביותר וכמה מוצרי לוואי חשובים ביותר - הכוונה היא קודם כל לרוח, למים ולביו-מסה. במסגרת של קבוצה זו יש להוסיף כיום סעיף חדשני מיוחד של "ארוכות שרב" המנצל אוויר חם ויבש. זוהי טכנולוגיה חדשה שפותחה בטכניון ושתביא ללא ספק למהפכה עולמית ממש אחרי שנתגבר על כל המכשולים המכוערים.. היא מתוארת בהמשך (בפרק 6). היקף החיסכון בדלק משתנה ממדינה למדינה ובס"ה מגיע ללא פחות מ-7% ברוח. את תרומת הרוח ניתן להגדיל בהתאם למחיר שיהיה כדאי לשלם. זאת כי הפוטנציאל התיאורטי הוא עשרות פעמים צריכת החשמל כיום. מקור נוסף של כ-4% יש בניצול פסולת. עוד 2-3% מהדלק נחסך על ידי אנרגיה הידרו-אלקטרית. בישראל, באופן מעשי אין אנרגיה הידרו-אלקטרית בכמות מעשית מלבד אגירה שאובה שאפשר להקים. השיטה החדשה של ארוכות שרב יכולה לספק פעמיים או שלוש של החשמל בישראל ומגיעה לפי 15-20 יותר מאספקת כל החשמל הגלובלי כיום ובמוצרי לוואי. היא עשויה לספק תחליפי דלק לתחבורה ואספקת מים זולים מאד בהיקפים אדירים. חשוב להגיד שנבחנו בעבר עוד כמה מקורות מפירות השמש ואף אחד לא נימצא כמלהיב. הגרוע ביותר מכולם הוא של ניצול גלי הים ויש להימנע ממנו בכל מחיר, כפי שיוסבר בהמשך.

מקור נוסף מפירות השמש הוא הכנת חומר צימחי להפקת תחליפי דלק. הייתרון הבולט הוא שלא מייצרים גזי חממה שלא נספגו מהאוויר. הקושי הגדול הוא באספקת שטחים מים לגידול שלא על חשבון ערכים אחרים ובעיקר חקלאות מסורתית. אנו נצביע על פיתרון מושלם של קושי זה.

קבוצה מס' 3 ניצול קרינת השמש לשם אספקת חום. החלוץ בעניין זה הוא חימום מים לרחצה, המספקת כיום כ-3% מצריכת האנרגיה בישראל. אנו ניטען שאפשר להרחיב ל-30%, זאת בטכנולוגיה מוכחת וזולה שפותחה בארץ. האחת על ידי לוח שפועל כמו דיודה תרמית ושתיים אחרות המאפשרות ריכוז הקרינה ושימוש לטמפרטורות יותר גבוהות.

קבוצה מס' 4 הסטת ביקושים ואגירת אנרגיה כדי לספק אותה בשעות של ביקוש שיא או דרכים שונות להתאמה של עקום האספקה לעקום הביקוש, זאת כאשר כיום מקדם העומס במערכת ייצור החשמל בישראל הוא רק כ 0.57. מקדם העומס של שיטות סולריות כשלעצמן ללא אגירה וללא גיבוי בדלק הוא בערך 0.2. טורבינות רוח גם הן סובלות מאקראיות הזימון של רוח. בארובות השרב שנדון בהן בפרק 6 ישנו פתרון שלם גם לבעיה זו.

קבוצה מס' 5 שימוש בקרינת השמש לאספקת חשמל. כאמור לעיל, כיום לא קיימת אף שיטה כזו שהיא כדאית מבחינה כלכלית או תחרותית בתנאי כלכלה רגילים ולמסות גדולות של חשמל, וזאת בין אם משום העלות הגבוהה מאוד, בין אם משום שהאספקה מתקיימת לא יותר משליש היממה שאינה בהכרח חופפת על זמני הצריכה ומקדם העומס הנמוך ביותר ולבסוף נידרש שטח גדול עד כדי טרופ. במרבית הזמן דרוש השימוש בדלק או השקעה ניכרת מאוד באגירת האנרגיה.

קבוצה מס' 6 מקורות אחרים ביניהם למשל מקורות גיאותרמיים, גאות ושפל וגרעין. אולי חריג חיובי מאוד יש בתחנות גיאותרמיות במקום שהן זמינות. חקירה יסודית מאוד נעשתה בשעתו ביחס לתחנות כוח גרעיניות בישראל. נמצאו 5-6 גורמים עיקריים שכל אחד מהם הביא לשלילת המימוש. סקירה שטחית של אותם פרמטרים, שנעשתה לאחרונה, מצביעה על כך שאף אחד מהם לא התבטל כיום. זה איננו מונע מאלה שהתמחו בתחנות גרעיניות להגביר את המלל בנושא ויש גם כמה מדינות (כמו צרפת) שממשיכות לטפח אותן בכל מחיר וגם בדיווח לא מדויק. בכל אופן הטכנולוגיות המוצעות כאן זולות בהרבה ומביאות איתן תועלות נוספות במגוון במקום בעיות לא פשוטות הכרוכות בטכנולוגיה הגרעינית. לאחרונה התעוררו בארצות הברית לחזור לתנופה הגרעינית ולהקים עשרות רבות של תחנות גרעיניות. אני רואה בזה מפלט של אלה שאינם רואים את החלופות האחרות ושל בעלי אינטרסים שממהרים לנצל את הלחץ שנוצר בעניין האנרגיה כדי לחדש את עיסוקיהם בכל מחיר. לגאות ושפל חסרון דומה לזה שלל נצול גלים.

קבוצה מס' 7 כל מיני רעיונות אחרים כמו למשל שימוש במימן ותאי דלק שאין להם בכלל כל אחיזה הגיונית - לייצר חשמל ממקורות חדשים כדי לייצר מימן שממנו אפשר לייצר חשמל - מעגל קסמים אווילי בהגדרה, להוציא יישומים מיוחדים. את המימן יש לאחסן במיכלים בלחץ גבוה שיהיו מפוזרים כמו פצצות ענק בכל מקום. ברצוני לחזור ולהדגיש כמה דברים:

- א.** אנו מגבילים את הדיון כאן רק למקורות אנרגיה מסיביים, לתחליף של אספקות אנרגיה גדולות, כמו מערך החשמל, אספקת חום ומערך הדלקים לתחבורה ובטווחי זמן קצרים באופן יחסי. אלה מתחלקים באופן גס לשלושה שלישים, פחות או יותר שווים בערכם;
 - ב.** הפתרונות המומלצים נמצאים כולם בארבע הקבוצות הראשונות שהזכרו לעיל ואין לנו אלא לגשת למימושם כמעט מיד בקנה מדה גדול ביותר;
 - ג.** לקבוצה מס' 5 יש אולי סיכוי עם כל מיני פיתוחים בעתיד. אלה טרם הוכחו והם עדיין רחוקים מאוד מיישום מעשי בקנה מידה גדול, וזאת למרות כמה פרויקטים מסובסדים בצורה כבדה מאוד באירופה ובארצות הברית. יש מקום לסייע לפיתוחים ישראליים כמו הסולרי תרמי עם מראות פרבוליות לייצר ולייצא;
 - ד.** אין למנוע מחקר ופיתוח בשיטות שונות גם כאלה שנראות כיום לא מושכות. הניסיון מראה שמהם נולדים לעיתים קרובות רעיונות חיוביים בלתי צפויים. יש בכך הצדקה בוודאי כאשר ניתן

למצוא יישומים בתחום של שימושים מיוחדים לאו דווקא לאספקה מסיבית של חשמל. אולם, מכאן ועד טעון להוצאת מיליארדים, בטענה הבלתי מוכחת שזה יביא לייעול דרמטי ויש להעדיף רעיונות רחוקים אלה לאפשרויות עכשוויות, המרחק גדול ביותר.

4.2 שימוש יעיל באנרגיה

בדיקות שנעשו בישראל לפני מספר שנים הראו שניתן לחסוך 20% או יותר מהשימוש בדלק בכל חמשת התחומים (ייצור ושימוש בחשמל, מים, חקלאות, תחבורה, תעשייה), וזאת בהשקעות שתוחזרנה תוך 5 שנים או פחות. האגף לשימוש יעיל באנרגיה תרם בעבר תרומה מהותית ביותר לייעול השימוש. אבל מנהלי משרד התשתיות והאוצר חשבו שעדיף לחסוך כמה תקנים ולמעשה סגרו את האגף. בדיון שהתקיים לאחרונה מסר המומחה העיקרי שנותר באגף, שהוקם מחדש, שלהערכתו היקף הייעול יכול להיות הרבה יותר מ- 20%. ההרכב האנושי של האגף, בניגוד לעבר ספק אם יתרום כראוי לקידום נושא זה. אגף התקציבים גרם גם לסגירת מיא"ם- מכון ישראלי לאבזרי מים. שהביא לחסכון גדול במים וליצוא בקנה מידה גדול. הוא יכול להתגאות בעוד פעולות דוגמיות מטומטמות כאלה.

במערב אירופה, למשל, צריכת החשמל היא בערך 6000 קוואט"ש לנפש לשנה. בישראל הצריכה עולה מעט ומתקרבת ל-7000 קו"ש לנפש לשנה. בארה"ב הצריכה לנפש לשנה היא קרובה ל-14000 קוואט"ש. רמת החיים בארה"ב איננה כ"כ גבוהה יותר מאשר במערב אירופה. ארצות הברית יכולה הייתה ללא ספק לחסוך כמחצית צריכת החשמל! סגן הנשיא לשעבר אל גור, היה יכול בהחלט לשמש דוגמה מובהקת לא רק לקשקוש נבוב אך מרשים מאד, אלא להדגמה אישית של הבזבוז המביש ביותר של אנרגיה.

ישנה שורה ארוכה של שיטות להשיג את המטרה. ביניהן: נורות יעילות שבעבר ניראה שכדאי למערכת אספקת החשמל אפילו לחלק נורות כאלה בחינם לציבור (צריכת החשמל היא לא יותר מאשר 1/6 מצריכה של נורת להט ואורך חיים יותר גדול). לאחרונה ישנו פיתוח נוסף של מה שנקרא LED (LIGHT EMITTING DIODES) במרחב הצבעים הדרוש; אפשר לתכנן מכוניות יותר צרות, יותר קצרות ויותר נמוכות; הגבלת המהירות; הסרת מכשולי תנועה; מכוניות היברידיים המכפילות כבר היום את טווח הנסיעה לאותה כמות דלק; מערכות תחבורה מוניציפאליות נוחות ויעילות, ביניהן כאלה המונעות ע"י חשמל ומיעוט נסיעות של איש בודד ברכב; סידורי חנייה נוחים המקטינים את השוטטות של רכב ולוח זמנים אמין; שימוש באופניים; בידוד של מבנים, תאורה טבעית ואוורור ועוד. מתברר למשל שכל המכשירים החשמליים שמופעלים על ידי שלט רחוק מבזבים חשמל 24 שעות ביממה. מקרר חשמלי פולט חום לחלל הבית, כאשר עובד המזגן כדי לקרר גם את החום הנפלט מהמקרר; ישנם מזגני אויר חדישים יותר יעילים בעשרות אחוזים; כיבוי אוטומטי של מכשירי חשמל כאשר המשתכן לא נוכח בחדר; ועוד ועוד רשימות ארוכות.

ייצור מים זולים הוא בהחלט אפשרי והמכשול הגדול ביותר הוא הממסד עצמו. ניסויים שנערכו בטכניון לשיטת התפלה הרבה יותר זולה וצורכת פחות מרבע האנרגיה מעוכבת על ידי רשות המים בטענה "לניגוד אינטרסים". כך בפרוש. חלוקת אספקת המים לאזורי גובה יכולה לחסוך הרבה אנרגיה. ניתן לפתח שיטות השקיה שאינן מחייבות שימוש בלחץ יתר להשגת אחידות הפיזור. הדרך לעשות את זה היא על ידי צינורת השקיה עם כיווני זרימה מתחלפים בין צינורות שכנים. כמות המים הממוצעת תהיה קרובה מאוד לחלוקה אחידה. מהתמלחת המופקת בתהליך ההתפלה ניתן להשיב כמות אנרגיה לא מבוטלת בפעולה מול המים המקוריים.

מעניין לציין כאן שיוזמה שמישהו העלה לאחרונה בצלצולים רמים להתקין מערכת הטענה של מכונת חשמלית (מר אגסי BETER- PLACE) אין לה כל בסיס טכנולוגי כלכלי שעומד כיום במבחן. אין להשוות את ההישג האפשרי לעומת הפיתרון על ידי מכונות היברידיות או על ידי תחבורה ציבורית מונעת בחשמל. חברת מרצדס בדקה את הנושא ולאחרונה דחתה אותו באופן ציבורי. יש בו עם זאת הרבה קשרים ותחכום לקבלת כל מיני זיכיונות שבסופו של דבר הציבור ישלם תמורתם, תשלום כבד. אולם זה המצב כאשר ההחלטות הן של אישים כמו כמה ממנהיגיו. גם בתחום זה ישנן עבודות מעניינות ביותר לייעול המנועים. אין ספק שזה עולה על ייצור חשמל והטענה של מצברים ברכב שדורש השקעה נוספת ובזבוז אנרגיה בטעינה בפריקה.. איננו נפטרים מהצורך לייצר עבודה מכנית מדלק. הצורך הוא בייעול של התהליך הבסיסי הזה ובהמרה של הדלק הפוסילי בדלק מיוצר מפסולת או מגידולים שאינם באים על חשבון החקלאות המסורתית. דבר זה יושג על ידי זמינות של מים זולים בשיטחי מדבר. (ראה פרק 6) בכל מדינה הבעיה מעט שונה. בהודו למשל, חיסכון יכול לבוא ממניעת גניבה של חשמל, מקווי הולכה יותר יעילים ועוד. בישראל ראוי היה לקבוע מחירי חשמל ריאליים. בישראל מחירי החשמל היו צריכים להיות בערך ב - 50% יותר גבוהים. לפי עלותם האמיתית, ההערכה היא שהעלאת המחיר תוריד את היקף השימוש בכ - 25%. מחירי חשמל לא ריאליים גרמו לכך שהחוב של חברת החשמל מגיע קרוב ל - 55 מיליארד שקל. במקום לייעל באמת את התפקוד של חברת החשמל, המערכת הציבורית עסקה במאבק ארוך ומלאכותי עם וועד העובדים של חברת החשמל ובכל מיני נושאים שכשלו. האוצר מתעקש להפריט את חח"י ולחלק אותה למספר חברות, וזאת כאשר ברוב מדינות העולם הפרטה כזו גרמה לייקור החשמל ולמפגעים קשים באספקה. הדבר מובנה בגלל הצורך לתאם אזורי רחב בתכנון, בהפעלה ובגישה הכלכלית המייצגת את העניין הציבורי ולא איזה להקה של סוחרים מגרשים. חוסר ההבנה של תהליך זה הוא חלק חזוי מראש לתורה הקאפיטאליסטית הפשטנית ואפילו אגוצנטרית מרושעת, זאת שהביאה למפולת הפיננסית של כלכלת העולם. בדיקה פשוטה מראה ששכר העבודה של עובדי חברת החשמל מהווה חלק קטן למדי בעלות החשמל ולכן המאבק של אנשי אגף התקציבים בחח"י הוא לא למטרות הנכונות.

עדיף היה אילו האוצר היה מסייע בתקנות שתעודדנה חסכון, כמו למשל הכרה בפיחות מהיר להשקעה בתחליפים; כמו התקנת מדי חשמל מוגבלים לשעות מסוימות ביממה ותשלום לפי זמן ועומס; עידוד חסכון כאילו היה ייצוא. גנראטורים לחרום המופעלים גם להתאמת עקומי הצריכה והאספקה ועוד.. ראוי היה לתכנן מערכת אספקת חשמל שנותנת התראות אוטומטיות להקטנת שיאי העומס ועוד.

האוצר ורשות החברות גם חסמו כל אפשרות של חח"י לחשוב ברמה ארצית, לתכנן ולבנות. אי אפשר להסביר את החוב ע"י משכורת גבוהה של העובדים שמהווה חלק קטן יחסית בעלות החשמל כיום. בוודאי ששיתוק של חברת החשמל כגוף מתכנן ומבצע ברמה גבוהה ובראיה אינטגרלית של המשק איננו פתרון לשום דבר. מכירת חח"י והפרטתה כיום פירושן הפסד למדינת ישראל של מעל ל - 55 מיליארד שקל ועליית מחירים מיידית וללא ספק הפסקות חשמל קשות. וכפי שזה קרה בהפרטה של תה"ל נאבד את שאריות כושר המחשבתי והתכנוני ברמה מקצועית גבוהה ונסגיר את כל השכל בידי מי שמחפשים שעות עבודה בכל מחיר.

4.3 ניצול פירות השמש

במשך ההיסטוריה, ניצל האדם את פירות השמש ולא את קרינתה הישירה. הניצול היה בעיקר דרך שלושה מקורות:

- אנרגיות רוח;

- כוח הידראולי;

- שריפה של ביו-מסה. הכוללת גם פסולת וגם צמחים להפקת דלק.

שלושה מקורות אלה מן השמש, ורק אלה, משמשים עדיין כיום כמקורות אנרגיה שמתחרים מבחינה כלכלית בשימוש בדלק, ונראה שאף אחת מהן לא הוסרה. אנרגיית רוח עשויה לספק כ - 20% מכל צריכת החשמל בהרבה מדינות ובמחירים שנעים בין 4 סנט לקו"ש 8 סנט. ההספק התיאורטי של אנרגיית רוח מנפק, כך מעריכים כמה, אנרגיה שעשויה להגיע ל 40 פעם צריכת החשמל הגלובלית. המגבלות הן במהירות הרוח הממוצעת ובחוסר ההתמדה שלה, שאז העלות לקו"ש עולה במידה רבה והולכת. ניתן להרחיב את האספקה על ידי סבסוד קל וכן ע"י פיתוח טכנולוגיה יעילה לאגירה. בישראל העריכו בסקרים ובמדידות שנעשו במחצית הראשונה של שנות השמונים, שניתן להפיק כ - 6% מהחשמל מאנרגיית רוח בנתונים הסבירים כאשר עלות החשמל לא תעלה על עלות חשמל מתחנות כוח מופעלות בדלק. בסבסוד הקל ביותר ניתן אולי לעלות על 10%. זהו נושא לסקירה מחדש ותכנון ברמה הממשלתית, דבר שכיום כמעט חסר סיכוי בגלל קוצר ידה של הרשות שעוסקת בזה. אין זה מין הנמנע שגם אם הסבסוד לא יגיע למחיר המטומטם שמדינת ישראל הכריזה שהיא מוכנה לשלם לתאים פוטוולטאיים, כל צריכת החשמל בישראל עשויה להיות מסופקת על ידי טורבינות רוח. (הפוטנציאל המוערך בעולם הוא כאמור כ 40 פעם כל צריכת החשמל). בדיקה של אפשרות זו היא משימה בעלת חשיבות מכרעת וקודם כל להיפטר מהמטומטם של תאים פוטו-וולטאיים שפועלים הרבה פחות שעות ביממה (מקדם העומד רק 0.2) ודורשים שטח פי 120 יותר גדול. כיום רק "ארובות השרב" מתחרות במקור הזה של טורבינות הרוח לאנרגיה מתחדשת. (ראה בהמשך פרוט בפרק 6).

הבעיות של ניצול אנרגיות הרוח הן: קווי הולכה יקרים באופן יחסי; חוסר רציפות של האספקה והצורך באמצעי אגירה; התנגדות שעדיין לא הוסרה של אנשי הסביבה, של אנשי תקשורת, ופה ושם אנשי צבא שתמיד מתנגדים כמעט לכל דבר. בגולן הטענות שלהם נבדקו ונמצאו לא מבוססות. הדבר לא יקום ללא יוזמה מרכזית ממשלתית והכנת בסיס להשקעות חלקיות של פרטיים. יש גם מקום לנצל רוח בראש גגות של מבנים גבוהים ושימוש בציר סיבוב אנכי.

במכרז אחרון שפורסם היצעו לחברות שונות לשלם תמורת קבלת שטח שבו ימדדו את מהירויות הרוח. צריך להיות מטומטם מוחלט כדי לפתור מכרז כזה. מי יסכים לכך? ואם כן האם המדידות לא תעמודנה לרשות משקיעים אחרים? צריך שהמדינה תדאג למדידות הרולח ותקבל הצעות להקמת חוות רוח. ראוי אפילו שחברת החשמל תתכנן ותקים קווי הולכה במתח מסויים ואנשים יוכלו להשקיע בכמה טורבינות או החווה שלימה.

ניתן לשפר באופן משמעי את ביצועי טורבינות הרוח וכדאי היה מאד לקיים פעילות מחקרית בתחום זה. לא אפרט כאן את הנושא הזה.

ניצול משני של הרוח עשוי להיות לכאורה על ידי ניצול גלים הנגרמים על ידי הרוח. השאלה של היקף הנצילות ביחס להשקעה הדרושה לא נענתה, וזאת באופן כללי. האנרגיה המועברת מהרוח האופקית להנעת גלי ים נעשית על ידי מאמצי גזירה ביעילות שאיננה עולה על 1%. הגלים, כמו נדנדה על חבלים יכולים לעלות ולרדת פעמים רבות ומיתקן בודד וקטן עשוי להשאיר רושם רב. אבל האנרגיה האגורה בתנודות אלה קטנה למדי. אבל מעבר לזה, ישנו חשש ממשי בניצול גלי ים. אלה חיוניים ביותר לערבוב שכבות רדודות ועמוקות בים ועל ידי כך חימום מעמקי הים בקיץ וקירור השכבה העליונה. על ידי כך אפשר להקטין את הצורך בקירור ביתי בקיץ. טמפרטורת הים בחורף תהיה מעט גבוהה יותר ותחסוך צורך בחימום. העדר הערבוב והחימום של השכבות העמוקות יגרמו לבצורת. (ראה עבודתו החשובה

מאד של ד"ר גד אסף בהמשך אחרי פרק 6, וכן פרסומים אחרים על יצירת אירועי בצורת). הערבוב דרוש גם לאספקת חמצן ליצורי המים ולהעלאה של חומרי מזון מעומק הים. ולכן ספק בכלל אם כדאי להשקיע מאמצים בכיוון זה במקום לנצל את הרוח גם מעבר לחוף הים ששם התפוקה מטורבינה נתונה עשויה להיות כמעט כפולה והשטח פנוי. **יש לאסור באיסור חמור ניצול גלי הים להפקת**

חשמל גם אם זה ניראה מפתה למישהו. שיקול דומה יש ביחס לגאות ושפל.

חברת SDE הישראלית מדווחת על כל מיני הצלחות בתחום אנרגיית הגלים שמעוררות ספקות. בין השאר למשל הטענה המוזרה שההספק שניתן להפיק מהגלים הוא 500 פעם יותר מכל צריכת העולם בחשמל. ויותר מפי 4 למטר רבוע מאשר ברוח. זה נישמע כאיוולת גמורה כאשר מעריכים שהרוח עצמה יכולה להפיק פי 40 ורק אחוז אחד מועבר בגזירה ליצירת גלים. אם זה נכון הרי ההספק העולמי לא יעלה על ארבע עשרות ש החשמל. תמוה מאד. חלק ניכר מפירסומיהם נראה כמאד לא אמינים.

אנרגיה הידרו-אלקטרית לא תמיד זמינה. בסה"כ בעולם כולו היא עשויה לספק לא יותר מ - 6%-7% מצריכת החשמל (ויש לזכור שצריכת החשמל תגדל אבל לא הפוטנציאל של תחנות הידרו-אלקטריות). יש למקור אנרגיה הידרו-אלקטרית מוצר לוואי אחד חשוב ביותר והוא אספקת חשמל בזמנים של ביקוש שיא, או מה שקרוי "אגירה שאובה". בשעות אלה השווי של החשמל הוא עפ"ר פי 5 יותר מאשר בממוצע. זאת משום שהחלופה היא השקעה בתחנת כוח יקרה שתופעל רק מספר קטן של שעות בשנה.

בארץ אין כל מקורות הידרו-אלקטריים רציניים!!!.

פרויקט "תעלת הימים" או בשמו האחרון "עמק השלום" הוא פרויקט שלמעשה נדחה כבר שבע פעמים בגלל סיבות טובות ביותר. הוא לא רק רחוק מאוד מלהיות כלכלי (בדחייה הראשונה בחלופה מקטיף היחס השלילי היה של 1:10. בחלופה האחרונה של פרס הניקראת "עמק השלום" הוא זקוק לתחנת כוח מופעלת בדלק כדי לפעול וגם בתנאים הכי נוחים עלות החשמל היא פי 40 יותר מחלופות הניתנות ליישום מידי), אספקת האנרגיה היא לא רק העלובה ביותר האפשרית. הפרויקט כרוך בבעיות סביבתיות חמורות ביותר שנוקן גדול להדהים עד כדי הרס מפעלי ים המלח והרס ההתיישבות בערבה. יותר מכך, ישנן חלופות לאין שיעור יותר זולות ועם פחות סיכונים סביבתיים או ללא כל בעיות כאלה ולהשגת כל המטרות האמיתיות.

שלושת הבעיות הסביבתיות מסכנות את כל ההתיישבות בערבה, תזהמנה את ים המלח ללא צל של ספק, ותהרוסנה את המיקרו-ביולוגיה בים ללא תקנה. ולבסוף, תצבענה את מי הים כתחליב לבן שיחזיר את קרינת השמש וימנע את אידוד המים ויהרוס את מפעלי ים המלח. מים קלים הצפים על פני ים המלח מונעים כניסת חמצן למים וכל הים מתחיל להסריח כמו ביצים סרוחות. ואלה הן לא הבעיות היחידות. אולם מי אנחנו שנעורר ספקות אחרי קביעותיו של הנשיא שהוא מומחה כמעט לכל דבר? מדהים לעקוב אחרי אלה המסייעים לו. ביניהם אי אפשר למצוא ולו אחד שמבין משהוא על המדובר.

הנשיא נשא נאום יפה ביותר להשקתה של הכנסת החדשה. הוא ביטא הרבה פרזות. אולם מעניין לבחון למשל את אימרתו ש"לישראל אין משאבים אבל יש הרבה ידע וחכמה". ובכן לישראל יש ויש משאבים יקרי ערך והמשאב החשוב ביותר שהתגלה עד כה הוא אספקת אוויר חם ויבש לאזורים הדרומיים. וכנגד זה אם פרס הוא זה שצריך לקבל החלטות ולהשפיע על פיתוח הנגב הרי שלפי התוצאה אנחנו לא רק

נעדרי חכמה מיוחדת. אנחנו כמדינת מפגרים ממש. ויש אוסף לא מבוטל של דוגמאות. במקום תעלת הימים ישנן חלופות רווחיות ביותר שאינן מעוררות את כל הבעיות ומשיגות הרבה יותר מטרות בסיסיות. לאחרונה, עלתה הצעה על ידי השר סילבן שלום ועל ידי פרופ' אורי שני, ראש רשות המים, להקים תעלה מים סוף לים המלח עם ספיקת מים שמהווה רק כשמינית של התכנית השלמה. הכוונה היא שמפעל מוקטן זה ישמש דגם ללימוד ההתנהגות של המפעל השלם. התנאים להצדקת מודל כזה הם כמה:

1. שהפיזיקה של התנהגות הגדול והקטן ידועה וחוקי הדמיות ביניהם ידועים היטב.
2. תנאי הכרחי הוא שתופעות היסוד לא משתנות באורח עקרוני עם שינוי קנה המידה.
3. שהסטטיסטיקה של אירועים ידועה כך שניתן לנסח כללים למקדמי ביטחון.
4. שהעלות בכסף ובזמן לניסוי בקנה המידה המוקטן יהיו הגיוניים וניתן יהיה לבחון שינויים שונים בפיילוט הגאוני הזה כדי להחליט על התכנית הנכונה בקנה המידה המלא. מחיר הה"פיילוט" הוא כל כך גבוה שהשקעת מחיר זה יכולה הייתה להקנות לנו מקדמי ביטחון ללא צורך כלל בפיילוט או ליישם תכנון הרבה יותר חכם שנעדר מכל הבעיות ופותר יותר צרכים בעלות לא יותר גדולה מאשר הפיילוט. אין גבול לטימטום.
5. שלפני הליכה לניסוי בקנה מידה שלמיליארדי דולרים ועשור או שניים לניסוי נבחנו חלופות ולא נמצאו פתרונות שעל פניהם עונים על כמה וכמה מטרות לא פתטיות כמו אלה של תעלת הימים ואולי אף נמנעו מרוב או אפילו מכל הבעיות הסביבתיות הוראות.

מתברר שהרעיון לדגם בקנה מידה לא עומד באף אחד מהתנאים שמנינו. כל אחת מחמש הדרישות מספיקה לדחות על הסף את הרעיון למודל המטומטם הזה. אבל כלן כאחד מצדיקים את הדחייה הזו. ראוי היה שהניגרים על ידי רעיון עוועים זה יעשו חשבון פשוט.

התפלת 820 מיליון קוב מים מתוך כמיליארד ותשע מאות מיליון קוב מי ים סוף יספקו במיקרה הטוב 1.552 מיליארד קו"ש אנרגיה לשנה. שאיבת 820 מיליון קוב מים מותפלים בחזרה לגובה פני הים כמתוכנן ידרשו כמות לא מבוטלת והנטו שיישאר יהיה 234 מיליון קו"ש לשנה. אבל התפלה של 820 מיליוני קוב מי ים מחייבת 3280 מיליון קו"ש. נימצא שאנו זקוקים לעוד 3.046 מיליארד קו"ש כדי להשלים את הפעולה. המקור היחידי האפשרי הוא תחנת כוח בהספק מותקו של כ 500 מגהוואט. אם במקום זה היינו מתפילים את המים בצמוד לים סוף היינו זקוקים בסך הכל ל 3.28 קו"ש להתפלה בשיטה המיושנת וכל תעלת הימים הייתה מיותרת. בעצם התרומה האנרגטית נטו של התעלה היא 234 מיליוני קו"ש!!! מאחר שהעלות השנתית של התעלה בגין ההשקעה היא לא פחות מ 500 מיליון דולר בשנה העלות של ההשקעה באנרגיה של התעלה היא כ 2.1 דולר לקו"ש!!! עלות ייצור של חשמל בעזרת ארובות שרב, סמוך לאילת לא עולה על 4 סנט לקו"ש. חלק אחד לחמישים. הנשיא שלנו פרס חיבל בניסיון לקדם את ארובות השרב כדי לא לפגוע, חס וחלילה ברעיון שלו ל"עמק השלום"

ניצול ביו-מסה הוא מקור בעל חשיבות רבה ביותר. בתנאי ישראל, ניצול של ביו-מסה כולל פסולת עירונית ויכול לספק כ 12% מהחשמל (6 מיליון טון פסולת בשנה וגידול של כ - 4% כל שנה. תוצאת ייצור בפועל נטו של כ 100 קילואט-שעה לכל טונה פסולת כפי שנימדד בפועל בפרויקט בדגמה בחירה ובמיפעל יישום בסיני -אוסטרליה. הדווח על ידי מנהל חברת "חץ אקולוגיה"). אולם, לניצול זה עוד מספר תועלות נוספות חשובות ביותר:

- א.** מניעת זיהום חמור של מי תהום שהוא בסדרי גודל דומים והרכב נזקים דומה להשקיה במי קולחים; (בערך 5 קילוגרם ניטראטים לטון פסולת וכל שאר החומרים המזיקים כמעט מכל סוג שהוא)
- ב.** מניעה של גזי חממה בהיקף של כרבע מכל גזי החממה שעלינו לחסל, ונשלם קנס כבד אם לא נעשה זאת ואם בצדק או אם לא; (בתחילת חודש מאי 2009 שמעתי הרצאה של ד"ר יוסי ענבר ובה תרומת המזבלות לגזי חממה הייתה הרבה יותר נמוכה - (15%). זה בניגוד לעבודה שבוצעה בגוף רציני ביותר. אינני נוטה לקבל את התיקון של מר ענבר ללא בדיקה בלתי תלויה.)
- ג.** חסכון בקרקע של כ 100 דונם בשנה, ובאמצעי תחבורה.
- ד.** פיתוח אוכלוסיות ציפורים הפוגעות בתעופה.
- ה.** הקטנת עומס תעבורה.
- ו.** מחזור של ארבעה רכיבים שונים -זכוכית, מתכות אל ברזיליות, מתכות ברזיליות וחומרים פלסטיים.

חברה ישראלית בשם "חץ אקולוגיה" פיתחה טכנולוגיה לייצור ביו-גז מהפסולת אחרי הוצאת החומרים למחזור. מפעל ניסיוני בהיקף של 200 טון ליום עובד בהצלחה. המפעל נימצא בשיפוץ עם הרחבה ל-300 טון ליום (כ - 100000 טון לשנה). אבל החברה לא הצליחה ליישם את הטכנולוגיה בישראל באף אתר אחר. היא חנכה ביולי 2008 חצי ממפעל בן 200000 טון פסולת לשנה בסידי שבאוסטרליה. נמסר לי שהם זכו במכרז לטיפול בפסולת בלוס אנג'לס. כנגד זה, עוסקים בארץ בחיפוש שיטות אחרות לניצול שכולן הרבה פחות כדאיות וזאת מטעמים עקרוניים ברורים מראש, ששום התחכמות לא תסיר אותם. (למשל, הצורך להקדיש חום רב לייבוש הפסולת; למשל הצורך לנקות את גזי הפליטה מגזים מסרטנים; וכו') אבל מדוע ליישם את הפיתוח של חץ אקולוגיה כאשר אפשר לבזבז כ 60 סנט לקו"ש בחשמל מתאים פוטו-וולטאיים או 32 סנט בשיטה סולרית תרמית? מדוע לא להמשיך את הבזבז ואת הזיהום? הסיבה הישירה העיקרית לחוסר יישום בארץ היא מחירים מגוכחים, בלתי ריאליים להרחקת הפסולות. בעצם המדינה מסבסדת ברוחב לב את הזיהום ונותנת את הטיפול בפסולת בידיים תמוהות. משום מה המשרד להגנת הסביבה החליט שאת הנגב אפשר להפוך למזבלה אחת גדולה ולטנף את כל המים בו. אולי זאת מדאגת אמת שלהם שייקור המים והאנרגיה והפיגור בתחבורה ותכנון ברמה של שמעון פרס לא יספיקו כדי להפוך אותו הנגב למדינת הבדואים.

השימוש בביו-מסה ניתן להרחבה על ידי גידול של צמחים להפקת כוהל ושמן להחלפת דלקים לתחבורה. אולם, המגבלה כיום היא בכמויות מים החסרות להשקיה במחיר סביר וקרקעות מתאימות. נמצא שגידולים לייצור דלק באים על חשבון החקלאות המסורתית וגורמים לייקור המזון. מעניין יותר שבעצם החלפת גידול אחד בגידול אחר ולחץ על ברוא יערות להרחבת הגידולים לא יחסכו כלל גזי חממה. בהמשך נציג פיתרון מהפכני שהוא מהווה פריצת דרך עם מוצרי לוואי שכוללים, בין השאר, אספקת מים מותפלים במחירים נמוכים ובכמויות גדולות ביותר, די כדי להשקות את כל המדבריות ולא לפגוע כלל בחקלאות הקיימת, אלא להיפך,

לחזקה. לאחרונה התפרסמו ספקות אם גידול הצמחים ליצירת תחליפי דלקים אמנם חוסכים פליטת גזי חממה. אין לי עניין כלל להיכנס לוויכוח הזה כי זו בהחלט לא הסבה העיקרית לצאת מעידן הדלק כפי שהוסבר לעיל. בכל מיקרה יש די סיבות אחרות לספק תחליף מתחדש לאספקת הדלק הפוסילי גם לצרכי תחבורה.

המשרד להגנת הסביבה הביא תרומה לא מבוטלת בעניין זה. הם ייצרו מפה שקבעת שבשטחים רבים מותר לזהם, דבר שאין לו כל הצדקה, אבל גם אין בו כל צורך. זהו שילוב קלסי של בורות ועקשנות והצורך לשנות את המציאות כדי להצדיק דברי שטות. הם לא השתמשו בפיתוח שיטות איטום זולות ויעילות כדי למנוע דליפה מערמות הפסולת. זאת למרות עבודה מסודרת והדגמה. הם הפכו את הנגב למזבלה הלאומית. למרות הטענה של המדען הראשי של המשרד להגנת הסביבה שנעשו איטומים והותקנו נקזים, המבחו הסופי הוא אם תפשו את הדלק השוטף את ערימות הפסולת ואם המזהמים הורחקו מהיבשה. אם לאו לא ביצענו את חובתנו. אם אמנם אטמו את התחתיות והתקינו נקזים לתשטיפ הרי זו עדות שכלל לא הבינו את מטרותם.

4.4 קרינת השמש לאספקת חום

הערכות שנעשו בארץ וכן הערכות שנעשו בגרמניה ע"י חברת "אראל אנרגיה" וע"י המעבדה החשובה ביותר בגרמניה לאנרגיה חלופית (פראונהופר), הראו היקף שימוש בדלק למטרה זו כ - 30% מסה"כ הדלק (שבישראל כולו מיובא במחיר שהיה בשנת 2008 למעלה מ 12 מיליארד דולר). ניתן להוכיח שדי בהיוון של חסכון זה כדי לבנות חלק עיקרי של המתקנים לקליטת החום. וודאי וודאי שזה מצדיק עצמו כשלוקחים בחשבון את הנזקים השטונים של שימוש בדלק והתלות בו.

הטכניקות לקליטת חום מקרינת השמש השתכללו, בין השאר ע"י פיתוח "דיודות" תרמיות המאפשרות לקרינת השמש ברובה לחדור דרך לוח שקוף בחלקו ומניעה של קרינת חום להיפלט בחזרה כלפי חוץ או גם העברת חום ע"י הסעה. ניתן לייצר פנלים שונים המאפשרים גם תאורה טבעית וקליטת החום ע"י אוויר או מים וקליטת חום בגוף האוגר אותו כמו קירות הבניין. בניסויים שנמשכים נמצא שאפשר להגיע לנצילות שלמעלה מ 50% מקרינת השמש לחום, וזאת כאשר הנצילות לחשמל היה בבריכות הסולריות לא יותר מאשר שבר קטן של אחוז אחד והנצילות לחום 16%. הפיתוח הושלם באמצעים שמרניים למדי. כמה ברכות שמש הפועלות בשיטה זו פועלות כבר למעלה מ 20 שנה בקיבוץ בעמק בית שאן ומספקות מים חמים לשכונה שלמה. מאז שוכללו הפנלים והגיעו לנצילות מדהימה. ולהוזלת הפנלים.

אפשר לקבל את חום השמש בטמפרטורות שונות, גם גבוהות יחסית על ידי רכז ממראות כדוריות קבועות לקולט רווי קבוע וממראות פאראבוליות מתכונות לצינור המוביל שמן ומתחמם עד 400 מעלות צלזיוס.. ניתן לשלב אותן בכל מיני שיטות "ספיגה", אגירת חום ושימוש יעיל באנרגיה ואפילו קירור לצורך מיזוג אוויר או בבתי חרושת למזון הזקוקים לחום לבישול או הכנה בקצה אחד ולהקפאה של המוצרים הגמורים בקצה שני. בתחילת פברואר 2010 ביקרתי בבית בו מערכת פנלים שתארתי לעיל מספקת מיזוג אוויר הן חימום והן קירור וביעילות מדהימה.

הטכניקות ניתנות ליישום גם למגורים ולמלונות, למשרדים ולתעשייה. העלויות נמוכות וכדאיות היום. כדי לממש את היישום צריך לגייס מאמץ משולב של תכנון דגמים לתחומי יישום שונים וצריך לשנות את תקנות המס באופן שימשוך את לבם של תעשיינים ושל בתי עסק וגם בתים פרטיים לנצל אנרגיה סולרית לחום עם קצב מהיר של פחת מוכר לצרכי מס. זאת, במקום הכרה על ידי שלטונות המס בהוצאות בזבזניות על אנרגיה, המלווה בכל החסרונות שהזכרנו לעיל, כפי שקיים כיום. בכלל, ראוי היה

שהממשלה לא תעבור על חוקים בתחום האנרגיה ותדגים מאמץ נאות לקידום הנושא, לפחות בתחומיה. זאת במקום תמיכה בשיטות יקרות ונתונות בכלל לאינטרסים זרים. התנהגות רשות החשמל בעניין זה היא ממש פושעת. איך יתכן שהיא הכריזה על סבסוד מטורף של שיטה אחת שאין סיבה אחת בעולם ליישם אותה והתעלמה לגמרה מכל השאר. איך יתכן שהיא הורידה את מחיר החשמל הרבה מתחת לעלות האמת ובכך עודדה צריכת יתר של חשמל ולא הותירה קרן למימוש הפיתוחים הישראליים שהיו פותרים באמת את הבעיות ומשמשים לרווחי ענק.

4.5 הסטת עומס והתאמת עקום ההספקה לעקום הביקוש

כבר בתחילת שנות השמונים נעשתה בדיקה של הקמת מתקן לאגירה שאובה. הבדיקה נעשתה ע"י חברת החשמל לפי הדרישה של הדירקטוריון. המסקנה החד-משמעית הייתה שעל כל דולר מושקע במתקן כזה יהיה רווח נטו בערך נוכחי של דולר שלם. תנאים אלה עוד השתפרו היום. אמנם בתהליך זה יש בזבוז אנרגיה של כ-30%. אולם ערך החשמל בשעות שיא מתקרב לפי חמש מאשר בשעות ממוצעות. הסיבה היחידה שניתן להעלות על הדעת מדוע עד היום לא השתמשו באגירה שאובה היא רדיפה של חברת החשמל אחרי השתלטות על מקורות לייצור חשמל ובכל מחיר. מאחר שאין להאמין שיש שם בורות, הרי שיש שם שחיתות במשמעות הציבורית של המילה וזה היה יכול להיות נושא למאבק על ידי משרד האוצר או משרד התשתיות. אולם זה גם מחייב לדעת משהו ולהיות נאמן לשיקולים ענייניים. על ידי אגירה שאובה ניתן היה לדחות את הצורך בתחנת כוח נוספת אולי בעוד עשור שלם או אפילו בעוד הרבה יותר. (אם הגידול בצריכה השנתית הוא כ-3% והשלמה למקדם עומס של 100% חסרים כ-43%) אין זה מקרה שבמשך תקופה ממושכת ההסברה של חברת החשמל הייתה "חשמל חוסך עמל" ולא דרכי חיסכון. לאחרונה נראו פה ושם הנחיות לחסכון בחשמל שפורסמו על ידי חברת החשמל. חבל שההיגיון של יוסף בפענוח חלומו של פרעה לא פעל כאן.

בסדנאות שהתקיימו במוסד נאמן בטכניון נמנתה שורה ארוכה של דרכים להסטת העומס משיא הביקוש. גם כאן ישנן תופעות קשות להסברה. פעם היו "שעוני חשמל" שאפשרו הפעלה של דוודי מים חמים רק בשעות שפל. מדוע ביטלו אותם? הרשימה היא ארוכה הן של שימוש יעיל והן של התאמת עקום הביקוש לעקום האספקה. יחד הם יכולים לשפר את המאזן בעשרות אחוזים ללא הפסדי אנרגיה. אם נשלב גם את הרכיבים האחרים שמובאים בדוח זה הרי הקמת עוד תחנת כוח מופעלת בדלק תידחה לעולם ועד.

בחלק ניכר של הטכנולוגיות המוצעות על ידי יש יכולת לתרום לתאום הזה. למשל קל יחסית לאגור חום המיוצר ממקורות סולריים. קל לאגור ביאוגז שיווצר מפסולת. גם השקעה בתחנת כוח המופעלת בגז במעגל משולב היא קטנה בהרבה מתחנות פחמיות. אבל כפי שנראה התרומה המדהימה ביותר תהיה בארובות הרב המתוארות בפרק 6 להלן.

4.6 סיכום עד כאן, ללא שימוש בטכנולוגיה של "ארובות שרב"

- * נניח שניתן לחסוך רק 20% מכל האנרגיה ע"י שימוש יעיל.
- * נניח שניתן באמת לחסוך רק 22% מהחשמל ע"י ניצול אנרגיית רוח וניצול פסולת ונניח שהחשמל מהווה שליש מסה"כ האנרגיה הראשונית של ישראל. פירוש הדבר חיסכון של קרוב ל-7% מהדלק המיובא.

* נניח שניתן להמיר 30% מהדלק המשמש כיום לצרכי חימום וקירור על ידי ניצול קרינת השמש לחום.

* בסה"כ עד כאן ניתן לחסוך כ - 57% מהדלק בטכנולוגיות קיימות ובמחירי תחרות ללא צורך באידיאולוגיה סביבתית. ופעולות אלה דוחות כל טכנולוגיה שיכולה להיות מוצדקת רק לאחר מתן רשות להשקיע שווי ערך ל"עלויות החיצוניות" וכמה מהן לא ראויות אפילו אז.

* ייעול של הייצור והשימוש בחשמל ב - 20% והחלפת 22% ממקורות החשמל מאפשרים דחייה של הקמת תחנת כוח מופעלת בדלק ביותר מעשור. חלק גדול של ניצול חום מקרינת השמש גם הוא יחסוך הרבה מאד חשמל המשמש למיזוג אויר לייבוש כביסה ועוד ובכך נחסוך בוודאי בין 50% ל 60% של החשמל. די באלה כדי לדחות את הצורך בתחנת כוח נוספת מופעלת בעזרת דלק (אפילו לא בגז טבעי) אם נשלב בינתיים את הטכנולוגיה של "ארובות שרב" נשחרר את ישראל מכל שימוש בדלק מכאן ולעולם.

* אבל, חשוב מכל, לצורך הדיון הנוכחי, נוכל לשמור על עלות נמוכה של האנרגיה כדי שאפשר יהיה לשמור גם על מחירי מים נמוכים.

* חשוב להעריך את קצב הביצוע. אין כל מניעה שההישג הזה של חסכון קרוב ל 60% מהדלק לא יושג תוך עשור. החסכון הישיר יהיה כעבור עשור כ 6 מיליארד דולר בשנה, ברכישת דלק , לא פחות. אבל הרווח הלאומי עשוי להיות יותר מפי שנים או אפילו פי שלושה כאשר לוקחים בחשבון את העלויות החיצוניות. אם מבצע זה יושג בהדרגה אזי החסכון ברכישת הדלק על פני העשור יהיה כ 30 מיליארד דולר ותועלת הלאומית בקרוב ל 100 מיליארד דולר.

* כדאי לעשות כל מאמץ להעלות מעט את מחירי האנרגיה, לא רק של החשמל ולהשיג כמה ד'ברים:

* א. כיסוי חובות

* ב. עידוד לחסכון

* ג. יצירת קרן למימון מחקר ולחיזוק האפשרויות להקים יחידות הדגמה מיסחריות.

* המחירים שיקבעו יוכלו לשמש סיוע לטכנולוגיות הגיוניות.

* נחזור ונגיד שאף טכנולוגיה לייצור חשמל ישירות מקרינת השמש לא נמצאה כדאית, אפילו לא קרוב לכך. עלות החשמל מתאים פוטוולטאיים היא לפחות פי עשר יותר גדולה מהחלופות וחשמל ממקור סולרי תרמי יקר לפחות פי חמישה. השטח הדרוש בשני המקרים גדול פי 40 מהשטח הדרוש לאותו הספק בשיטות אחרות של אנרגיה מתחדשת (בהשוואה לארובות שרב) ופי 100 בהשוואה לטורבינות רוח. ניצול הפסולת לאנרגיה בכלל יחסוך שטח. אינני יודע באיזה מחיר לחייב את החשמל בגין שטח הקרקע הנדרש. אבל צריך להיות ברור שאין זה זניח בעיקר בישראל הקטנה והצפופה כל כך.. כדי לספק את כל החשמל מקרינת השמש יש צורך בלא פחות מחמש מאות קילומטרים רבועים של שטח קרקע ועם גידול הצריכה בעתיד אפילו קרוב ל1000 קילומטרים רבועים. שהם כ 5% משטח המדינה . זאת כאשר בשימוש בארובות השרב די יהיה ב212 קילומטרים רבועים שהם לא יותר מ6 חלקים לעשרת אלפים משטח המדינה ואף בעתיד הרחוק לא יותר מפרו-מיל אחד משטח המדינה. אין לשכוח כמובן שהשימוש בקרינת השמש יחייב הזנה של דלק

כדי כ 2/3 של ההספק או אגירה יקרה מאד שתהיה כרוכה בהפסדי אנרגיה ל עשרות אחוזים.

* מדינת ישראל הכריזה על הנגב כתשתית לאומית לאנרגיה חליפית וזאת בהחלטת ממשלה. אבל ברור פשוט מראה: **לנגב אין יתרון סולרי בולט על הגליל ועל חלקי ארץ אחרים להוציא כנראה את האשליה ששם יש קרקע רבה מאוד חופשייה ובזול. לנגב יתרון ממשי רק ביחס למקור אנרגיה אחד מפירות השמש, מקור שניזון מאויר חם ויבש שמצוי בעיקר בנגב ולאורך הגבול עם מיצריים. החזקה על ציר פילדלפי הייתה חיונית ביותר מטעמי ביטחון אבל וויתור על רצועת אדמה זו כמוה גם כוויתור על מקור אנרגיה חליפית בממדים פי כמה יותר גדלים מאשר תגלית הגז הטבעי מול חיפה. הערך הכלכלי הוא בוודאי מאות פעמים יותר גדול. אבל המנהיגים שלנו לא הבינו לא את היתרון האחד ולא את השני.**

הדברים המובאים לעיל אינם חדשים ומעולם לא נדחו כבלתי אמינים. קשה להאמין כיצד מסוגלים מנהיגי משרד התשתיות להציע שעד סוף 2007 נמיר 2% (כן שני אחוזים למאה) משימוש בדלק. זוהי משימה עלובה . אבל גם היא לא התקרבה אפילו להגשמה. בעצם לא נעשה דבר מלבד סגירת האגף לשימוש יעיל באנרגיה. ועכשיו הכריזו על 10% אבל ספק רב אם יבצעו יותר מחלק קטן כל עוד הדבר מתבסס כבר שנתיים רק על קרינת השמש לחשמל ולחשמל בלבד.

לפחות שתיים מהשיטות המזכרות לעיל הן מפיתוח ישראלי ותוכלנה לשמש בסיס לתעשייה וליצוא. אם נקים את הקרן הדרושה למחקר ופיתוח בתחום, התועלות תרבנה ותעלינה על כל מה שהיה קרוי "הייטק". במחקר מעמיק שנערך במוסד נאמן בטכניון בהזמנת המועצה הלאומית למחקר ופיתוח התברר שלשם תחרות הקרן למו"פ צריכה להתקרב ל 4% מהיקף הפעילות. אם ניקח בחשבון רק את העלות הישירה של הדלק ונעריך אותה כ 10 מיליארד דולר בשנה הרי היקף הקרן צריך לגדול כדי 400 מיליון דולר בשנה. בניגוד לכל מיני מומחים לכל דבר סכום זה איננו גדול כאשר מבקשים להקים תחנת כוח מהפכנית בעולם בהשקעה של קרוב למיליארד דולר, מדינת ישראל תבקש לתת לזה מענק של 30% וערבות בנקאית ל70%. וראוי היה להקים מפעל לטיפול בפסולת בהיקף של כמה מאות אלפי טון לשנה. וכך הלאה. ישנן פעילויות מעניינות ביותר בעוד תחומים של ריכוז קרינה, של מצבר הנעזר

בגזים פולריים ותאי דלק מפיתוח של פרופסור עימנואל פלד ועוד הרשימה ארוכה ומרשימה.

במקום זה התפרסם מכרז על ידי המדען הראשי של משרד התמ"ת על השקעה של כמה עשרות מיוני שקלים למחקר באנרגיה סכום שיוצא בהדרגה בממשך 5 שנים. הגוף שיזכה במיכרז יתרום חלק שווה וביחד כ 100 מיליון שקל כלומר כ 20 מיליון שקל בשנה. מדהים:

- כשאני הייתי מדען א=ראשי לאנרגיה הסכון היה קרוב ל 20 מיליון דולר.
 - לפי הניתוח שנעשה במוסד נאמן ולאור האפשרויות המדהימות שנצרו בישראל יש הצדקה מלאה ל400 מיליון דולר בשנה.
 - אבל חמור מכל חברה פרטית של גופים העוסקים באנרגיה (ואני מכיר חלק מהמשתתפים) לעולם לא יערכו שיקול אובייקטיבי לצרכי המדינה. הם יחפשו רק רווח אישי. הייתכן למסור את ניהול המחקר והפיתוח בתחום האנרגיה עד הקמת מתקני הדגמה גדולים בידי חברה פרטית אינטרסנטית קיצונית?
- זוהי עוד דוגמא לכש הניהולי המחריד של המערכת.

5. בסיכום, במה היינו מבקשים לאפיין את מקורות

האנרגיה ודרכי השימוש בה?

5.1 מקורות זולים ובשפע רב

אין ספק שפירות השמש טובים מאשר קרינת השמש עצמה בגלל הימנעות מהצורך בקולטי שמש, בגלל פחות טרנספורמציות של אנרגיה ומספר שעות יותר גדול של עבודה. במקרים רבים ישנה אגירה נוחה של אנרגיה נוחה לניצול. מבחינה תרמודינמית אין צורך בטמפרטורת גבוהות להשגת נצילות גבוהה וקרור במים.

5.2 משוב חיובי

אנו מחפשים אפשרות למשוב חיובי לשינויי אקלים. לשם הדגמה אם האקלים נעשה חם יותר וכמות הגשם פוחתת המתקנים ייצרו יותר חשמל או בדרך אחרת יפיקו יותר מים.

5.3 כמות כוללת ופרוס נרחב

אנחנו מחפשים שיטות שתספקנה כמויות גדולות של אנרגיה ו/או כמויות גדולות של מים, ושניהם זולים וניתנים לתפוצה על שטחים גדולים ובמספר מדינות רב..

5.4 מוצרי לוואי

ככל שיש יותר מוצרי לוואי כן ישנן הכנסות נוספות העושות את השיטה למושכת יותר.

5.5 שיטות שתמשנה לתעשייה ישראלית וליצוא

5.6 מה מצאנו?

בהמשך נציג שיטה חדשה המנצלת אוויר חם ויבש כמקור לאנרגיה חשמלית. אנחנו עצמנו הופתענו למרחב התוצאות ועדיין אנו מגלים עוד ועוד יתרונות של הטכנולוגיה הנקראת "ארובות שרב" שפותחה בטכניון החל מקיץ 1982 ועד היום. העבודה נעשתה בהוצאה שמעל עשרה מיליון דולר, בעזרת למעלה מ150 שנות אדם עם כ - 25 תארים גבוהים ובשילוב של מספר לא מבוטל של מומחים מתחומים שונים.

העבודה עברה בחינות ובדיקות על ידי מבקרים חיצוניים רבים מישראל ומחוצה לה. היא נבחנה גם על ידי חברת החשמל ועל ידי שתי ועדות מומחים שהתמנו על ידי משרד התשתיות בזמנים שונים וכל המסקנות היו חיוביות ביותר בהסתייגות של איש אחד ויחידי עד היום, שהתחרט וחזר ושינה את דעתו בקצב מפתיע ולבסוף הציע כל מיני הצעות לא מכובדות למפתחים.

- הפוטנציאל העולמי נימצא פי 20-15 מכל צריכת החשמל העולמית היום והמקורות מפוזרים על פני 40 מדינות.
- עלות ייצור החשמל נמצאה נמוכה מכל שיטה ידועה כיום כולל מדלק, מאנרגיה סולרית ומפירות השמש. מדובר בערך תשואה פנימית שהיא קרובה ל 25% ותקופת החזר של פחות מ 5 שנים.
- השטח הדרוש לייצור מיליון קילוואט-שעה חשמל בשנה הוא בסך הכול כ - 250 מטרים רבועים, קרוב לאחד ל - 50 של השטח הדרוש כ - 12000 מטרים רבועים בשיטות ניצול של קרינת השמש (תרמית או מפוטו-וולטאית) וכאחד לארבע מאות מתוך 100000 מטרים רבועים בשיטה של אוויר מחומם בארובת השמש שפותחה על ידי פרופסור שליך בשטוטגרט (תופעת טבע שקששה להסביר אותה). כאשר משלבים את כל שימושי הלוואי בארובות השרב, הכוללים גידול דגי ים בהיקף גדול מאוד, השטח התפוס איננו עולה על 750 מטרים רבועים למיליון קו"ש בשנה, עדיין בערך אחד ל 13 מהשטח הדרוש לניצול קרינת השמש.
- לשיטה משוב חיובי - חימום האקלים במעלה אחת יגביר את ייצור החשמל בערך ב - 10%.
- ישנם 12 או 13 מוצרי לוואי מוחשיים חומריים. ביניהם, הוכח מעבר לכל ספק, שישנה אפשרות לייצר מי ים מותפלים במחצית המחיר. מכאן מאידך אפשרות לגדל באזורים שאינם מושקים היום - אזורי מדבר, גידולים כמעט ללא הגבלה וללא פגיעה בצמחיה הטבעית או בענפים החקלאיים המסורתיים. בדרך זו אפשר למצוא תחליף מושך מאד לתחליפי דלק לתחבורה ועוד.

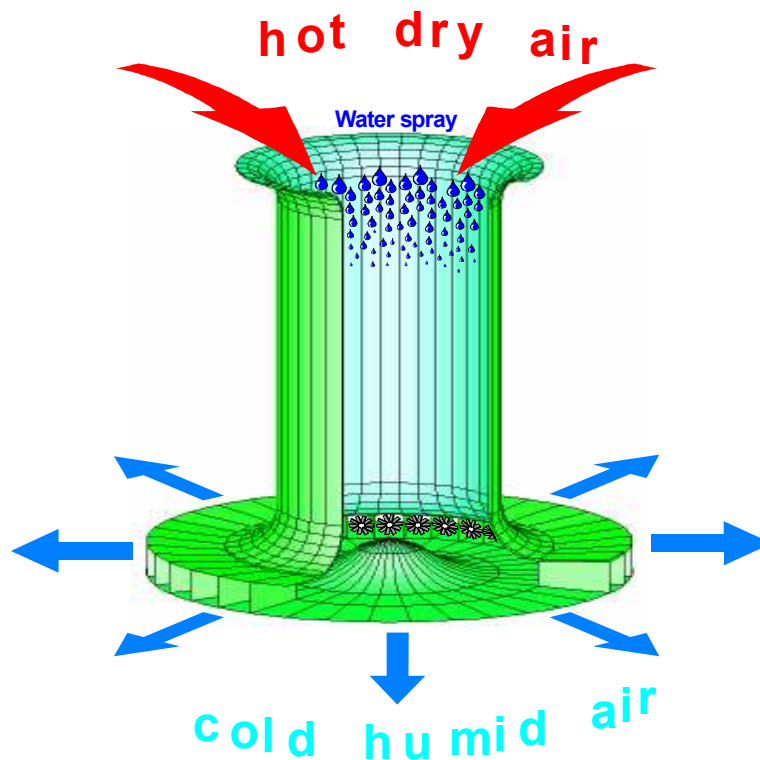
• 6. טכנולוגיה חדשה המשתמשת באוויר חם ויבש -

"ארובות שרב"

אפשר להגדיר את הארובות הללו לפי ספר שמות פרק ג'. פסוק 2 "וירא מלאך יהוה איליו בלבת-אש מתוך הסנה וירא והינה הסנה בוער באש והסנה איננו אוכל.

(ליצים קוראים את זה: "... והסנה איננו, אוכל."

6.1 "ארובות שרב" טכנולוגיה חדשה לניצול פירות השמש - עקרונות הפעולה

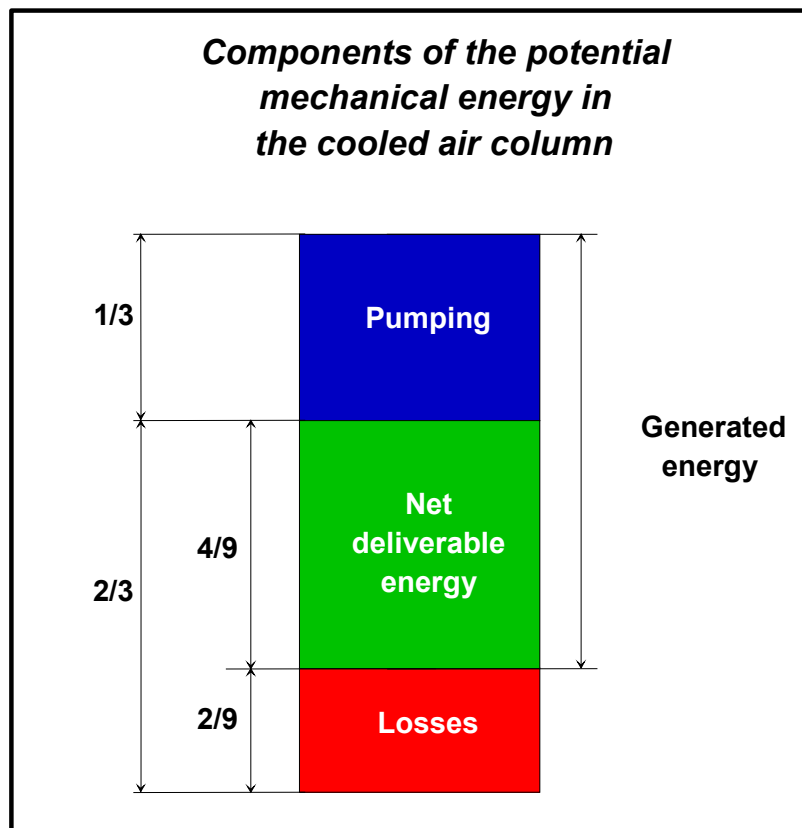


ציור 2 - העיקרון של "ארובות שרב"

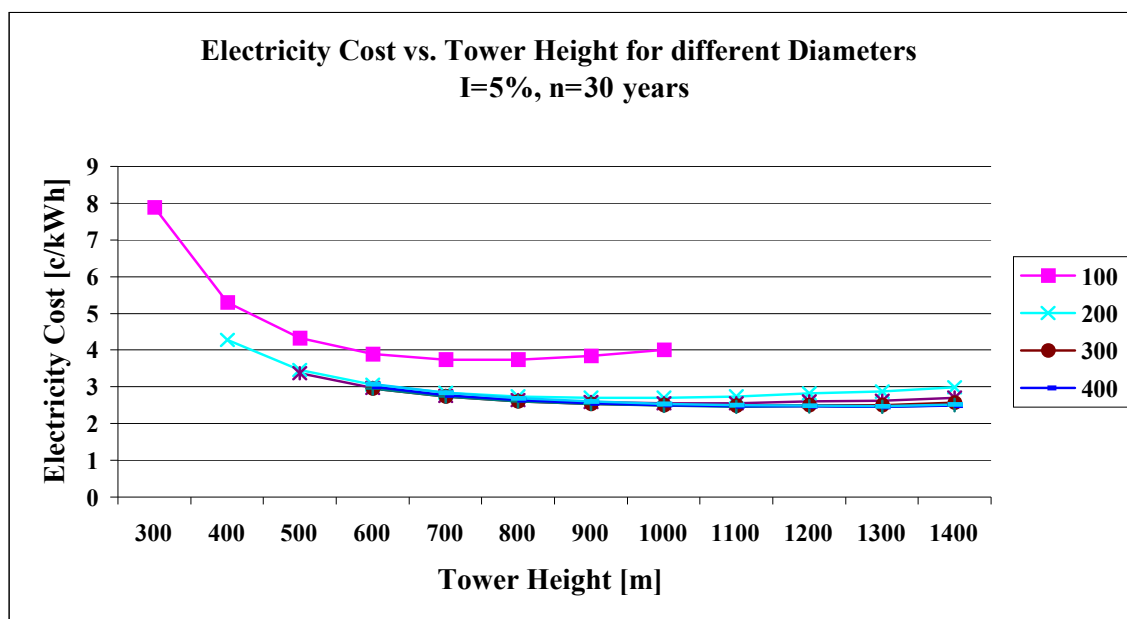
בונים ארובה באזור חם ויבש בקוטר גדול - למשל 400-500 מטרים, ובגובה גדול פי שלושה - למשל בין 1000-1500 מטרים. מתיזים מים מראש הארובה. במקרה של שימוש במי ים בערך מחצית המים הללו מתאדים ומצננים את האוויר. האוויר הקר כבד יותר ויורד כלפי מטה, בדיוק הפוך מארובה רגילה בה אוויר חם עולה כלפי מעלה. התופעה הזו של זרימת אוויר אנכית ידועה היטב. היא נקראה בשמות כמו WIND SHEAR או MICRO - BURST. בוודאי כולנו התנסינו בזרמי אוויר כאלה שמתרחשים עם תחילת גשם באזור יבש וחם. סדרי הגודל של זרימות האוויר שנצפו דומים מאד לזרימות שחושבו על ידינו. כל שאנו עושים זה לכלוא את התופעה בתוך ארובה אנכית. האוויר יוצא מפתחים בבסיס הארובה ובדרכו מניע טורבינות המניעות גנרטורים שמייצרים חשמל ומשמשים לשאיבת המים לראש הארובה ולשיגור לצרכנים. **הארובה הינה בעצם מכונה מבוקרת שמייצרת רוח 24 שעות ביממה.**

בחקירת הזרימה נמצא שהנצילות של הפיכת החום של ההתאדות לעבודה מכאנית פרופורציונאלית כמעט בדיוק לגובה הארובה בחזקה 1.5 ובגובה התכנון הסטנדרטי שבו השתמשנו (1200 מ') הוא הגיע

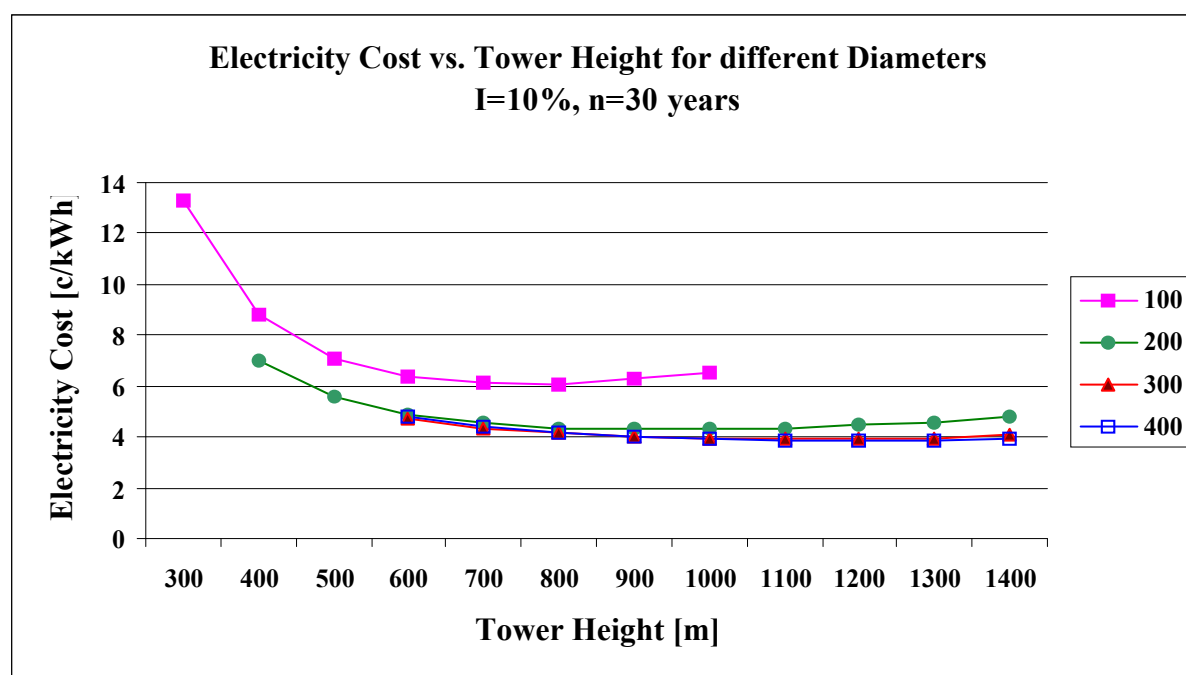
בערך ל - 2.7%. חלק מהאנרגיה משמש לשאיבת מים מהמקור אל ראש הארובה ועומד להתזה. חלק משמש להפסדי חיכוך וחלק נפלט באנרגיה קינטית מהפתחים אשר בבסיס הארובה. שני האחרונים מתחלקים בדיוק ל - $1/3$ ו - $2/3$ ממה שנותר אחרי ההשקעה בשאיבה. בארובה בממדים של 1200×400 מטרים, הממוקמת סמוך ליוטבתה - 40 ק"מ מצפון לאילת, ובגובה בסיס של 80 מ' מעל פני הים, אספקת החשמל נטו לצרכנים נמצאה כ - 1.2% מהחום הכמוס של הקירור. במקרה זה החלוקה להספק שאיבה, להפסדים ולאספקה לצרכנים ביחסים של $4/9$, $2/9$, $3/9$ (ראה ציור 3). כל הגבהה של בסיס הארובה בעוד 100 מ' מפחיתה את ההספק נטו לשיגור חשמל בערך ב - 5%. בהערכת העלות של ייצור החשמל בהתאם לממדי הארובה (ליד יוטבתה) ועבור ריבית של 5% וריבית של 10%, מופיעים בציורים 4 ו - 5.



ציור 3 - חלוקת האנרגיה המוכנית- פוטנציאלית. בארובה ביטבתה בממדים של 400×1200 מטרים.



ציור 4 - עלות ייצור החשמל מארובת שרב באזור אילת כפונקציה של גובה הארובה וקוטרה עבור שער ריבית של 5% לשנה



ציור 5 - עלות ייצור החשמל מארובת שרב באזור אילת כפונקציה של גובה הארובה וקוטרה עבור שער ריבית של 10% לשנה

6.2 הוכחה של העקרונות הפיזיקאליים והזמינות הטכנולוגית

העקרונות הפיזיקאליים וכן חישובי הזרימה חזרו ונבדקו בשיטות חישוב שונות ע"י אנשים שונים ובתוצאות שבהן הסטיות אינן עולות על 2-3%. מדידות של פרמטרים שונים של התנגדות לזרימה ותופעות של ערבולים נבחנו במודלים במנהרת רוח, כאשר מספרי ריינולדס קטנים מהמציאות בערך בשלושה סדרי

גודל (בקנה מידה של 1:2000). דבר זה גורם לכך שמקדמי ההפסדים המדודים במינהרת הרוח צפויים להיות בכ 30% יותר גדולים מאשר במציאות. ולבסוף, נעשו בדיקות זרימה בארובה בגובה של 21 מ' (בקנה מידה של 1:60), והתוצאות היו $\pm 20\%$ בהשוואה לתוצאות המחושבות, ובעיקר בגלל נידים גדולים בהשפעות של מכות רוח מקומיות. החישוב המדויק של זרימת האוויר נעשה בעזרת חמישה מחשבים מקבילים ושימוש בתכנת FLUENT חישוב אחד נמשך קרוב לשבוע ימים. ככל שצפיפות רשת החישוב גדלה, גדל גם ההספק וקטנה השגיאה לפי הלוגריתם של צפיפות הרשת וכצפוי.

הסעיף המפחיד את רוב הבוחנים השטחיים הוא סעיף המבנה וממדיו. אין לזה בסיס. גם נושא זה נבחן ע"י כמה וכמה קונסטרוקטורים מובילים בארץ ובחו"ל שבחנו את חומר המגדל, את הכוחות הפועלים על המבנה, החומרים המועדפים לבניה, הגיאומטריה המוצעת ושיטות ההקמה. משרד התשתיות הלאומיות ביקש מומחה עולמי לקונסטרוקציות (פרופ. יאיר טנא) לבדוק גם הוא את הנושא. וגם הוא בדק את הכוחות, את החומרים השונים, גיאומטריות שונות לבניה ושיטות הקמה. הוא סיכם את עבודתו ב7 כרכים. בסיכום טען שניתן יהיה להקים את המבנה במחיר נמוך ב30% בהשוואה להערכת צוות הפיתוח. מומחה ישראלי נוסף (פרופ. אידלמן ז"ל) הציע גיאומטריה אחרת חומר אחר ושיטת הקמה אחרת וגם הוא העריך שהיינו שמרנים מאוד בהערכת המחיר וניתן יהיה לבצע ב30% פחות.

ראוי לאמור שכיום יש בבנייה מבני משרדים לגובה 800 מ' ויותר, כאשר בניית ארובה בממדים המוצעים היא עניין פשוט בהרבה. יחד עם זאת ישנם פרטים שונים לעיון ותכנון חכם. ביניהם למשל שחרור מאמצי גזירה הנובעים מתנועה יחסית של קרקע הבסיס בין תנועת הצד המערבי של הערבה והצד המזרחי שלה.

נמצא טיפול נגד קורוזיה וסגירה ופתיחה של מבואות שונים תוך סגירת הזרימה של הרוח בחלק מהפתחים לצרכי טיפול.

הנושא היחיד שבו צעד צוות הפיתוח בשביל לא סלול, היה איסוף הרסס המלוח מתוך האוויר לפני יציאת האוויר לסביבה. נושא זה נפתר באופן מספק תוך קיום הסטנדרטים המחמירים ביותר. הוא נעזר בסימולציות חישוביות ובניסויים בקנה מידה 1:1. זה היה מאמץ של מספר שנים. צריך עודף מים מספיק כדי שלא יצטבר מלח מוצק וכדי שקצב האידוי והקירור יישאר מהיר דיו במשך כל הנחיתה בתוך הארובה. צריך גם לשמור על טיפות קטנות ורבות כדי שההתאדות והצינון יהיו יעילים. אסור על כן גם שהטיפות תיספחנה על קירות המבנה האנכיים. אבל מהנקודה בה הזרימה פונה לכיוון אופקי צריך להיפטר כמעט מכל הטיפות ודי מהר.

ראוי להזכיר כאן שבשנים הראשונות חברת החשמל חתמה על הסכם שיתוף פעולה עם החברה שפיתחה את "ארובות השרב". זה היה בתקופה שרפי פלד שימש כמנכ"ל. הכול ניבדק על ידה. בין השאר נבדק ונימצא שמבחינה כלכלית הארובה עולה בהרבה על תחנת כוח של טורבינות גז במעגל משולב ועולה עוד יותר היעילות כלכלית על תחנת כוח פחמית באותו הספק. שיתוף הפעולה נימשך גם בתקופה שיעקב רזון שימש כמנכ"ל. ראוי גם לציין שהחברה ירדה מהנושא בגלל גישה קטנונית, וחשוב גם לומר, חסרת אחריות, של רשות החברות. בשלב מסוים נפגשתי עם מי ששימשה באותו זמן ראש הרשות. ביקשתי להיפגש אתה כדי לשאול מדוע אסרה על חברת החשמל לעסוק בארובות השרב. זומנתי לשעה מסוימת בירושלים. אולם עוד בטרם הספקתי לשבת נשאלתי אם אני רוצה לדבר על ארובות השרב. "אני נגד!" אמרה האישיות. "מדוע נגד?". "אנא, אל תנסה לשכנע אותי". ונתנה לי הוראה באצבע לצאת. ובזה נגמרה השיחה עם דמות חסרת כל השכלה ראויה וחסרת כל ניסיון ניהולי. אולם מימי לא נתקלתי בגסות רוח כזו וביחס מתנשא נבוב. השנים רק הראו שדמות זו לא ראויה לשמש בעצם

בתפקיד ציבורי, אם מחוסר ידע וניסיון ואם מחוסר אומץ אזרחי פשוט ויושרה, ובוודאי חוסר כל יכולת נפשית או אינטלקטואלית להקשיב וללמוד. אבל בכך קשה לבוא אליה בטענות. כמה עסקנים אפשר למצוא עם ידע, עם ישר ואומץ? השותפות של חברת החשמל הלכה ודעכה בגלל חוסר יכולת לעמוד בהתחייבויות כספיות שנחתמו בהסכם בין ישראל ובין הודו. כל זה בגלל העדר רשות מרשות החברות. זוהי רשות החברות שקבעה מחיר חשמל נמוך בצורה חסרת כל הגיון והביאה את חברת החשמל לחוב של 55 מיליארד שקל מתוך איזה פולחן מטופש של מאבק בוועד העובדים ותפישה כלכלית שאיננה עולה מעבר לרמה של גזירות יומית של קיוסק ושמירה קצרת רואי על הקופה ועוד יותר על הסמכות. העלות של החלק התפקודי מהווה רק כרבע מעלות החשמל. ושכר העובדים מהווה רק חלק מהחלק התפקודי. ואם נניח שנקטין את היקף שכר העובדים ביחס מתקבל על הדעת הרי התועלת תהווה שיפור זניח. אבל בשיחות עם אנשי האוצר התברר לי שלא רק שהם אינם מודעים לכך, הם מסרבים להקשיב. אסטה מעט מהדיון בארובות שרב ואציין שבמשך כל ניסיוני עם אנשי אגף התקציבים בכל התחומים נתקלתי בתופעות כאלה. זאת בתפקידי כמדען ראשי, בדירקטוריון של חברת החשמל, כנציג המים וכיו"ר המועצה הלאומית למחקר ופיתוח. ושם הם היגיעו לשיא של הרס בחיסול ההשכלה התיכונית המיקצועית, חיסול מערך הרפואה המונעת, פגיעה באוצר הגדול ביותר של מדינת ישראל המחקר והפיתוח. נתקלתי בתיאוריות פשטניות ומעוותות, גישה קטנונית והתנשאות. בעיתון ידיעות אחרונות מה-29.1.2010 מראין סבר פלוצקר פרופסור לכלכלה בשם פיקטי שנחשב מדען מבריק ומלמד באוניברסיטה בפריס. אומר סבר פלוצקר: "יש אצלנו דיבורים על הפיכתה של ישראל למרכז פיננסי עולמי, באמצעות הטבות נוספות להון..." פיקטי עונה: אם תלכו בדרך זו לא ירחק היום וההון הפיננסי יחליף אצלכם את ההון האנושי. זה יהיה אסון בשבילכם" (דעתי שזה כבר קרה במידה רבה וזה חלק מהוויכוח בין אמנון שפירה ראש רשות החשמל ובין השר ד"ר עוזי לנדאו). שואל סבר פלוצקר: האם אתה וחבריך בצרפת ובארה"ב שניתם בעקבות המשבר הפיננסי משהו בקורסים שאתם מעבירים לסטודנטים? הפקתם לקחים אקדמאיים? פרופסור פיקטי עונה: אנחנו ממשיכים ללמד אותו החומר הישן "ממשיך סבר פלוצקר לשאול: "מדוע לא השתנו הקורסים?" ופיקטי עונה: "השחצנות של המחלקות לכלכלה באוניברסיטאות מדהימה, פשוט מדהימה. הכלכלנים מתנהגים כאילו כל סודות היקום בידיהם. בעיני עצמם הם יצורים עליונים, מלאי ביטחון עצמי. למעשה, ידידי, אפילו הנתונים הסטטיסטיים הבסיסיים שעומדים לרשות מדע הכלכלה סובלים מחולשה, נחיתות, היעדר רציפות וחוסר אמינות." "הכלכלה היא מדע חברתי והכלכלנים לא יודעים יותר מההיסטוריונים והסוציולוגים."

ראוי היה מאד לחזור ולשלב את חברת החשמל בנושא של ארובות השרב ולו בלבד כדי שמדינת ישראל תפיק מכך את מירב התועלת של טכנולוגיה מהפכנית עולמית עם שוק של כ 200 מיליארד דולר בשנה לחשמל בלבד ופי שתיים או שלוש עם מוצרי הלוואי.

6.3 כלכלת הארובות

משרד התשתיות של מדינת ישראל מינה כאמור שתי וועדות בדיקה לפרויקט בשתי תקופות שונות והן מצאו את הפרויקט מלהיב ביותר ובעל מרווח כלכלי חיובי רחב מאוד. עמדה זו לא נקבעה בטרם מספר ניכר של מומחים בתחומים שונים חקרו את הנושא במשך חודשים ארוכים. אולם, בוועדה השנייה היה חריג אחד שטען תחילה שההספק הוא בערך שליש מזה שנמצא ע"י המפתחים וכל מי שחזקו אותם, אבל אחר כך הוא החליט שההספק הוא פי 10 יותר גדול. הוא טרח להשמיץ לא רק את המפתחים אלא את חברי הוועדה עצמה שהיו מומחים הרבה יותר רציניים ממנו בהידרו-דינאמיקה ותרמו-דינאמיקה של

הנושא ובשיטות חישוב שונות, והוא האשים את המומחים במשוא פנים, ודרש על כן שהבדיקה תעשה על ידי אנשים מחו"ל (דבר שנעשה גם ללא המלצתו באופן יסודי ביותר לפחות בארבע מדינות מובילות). ולבסוף פרסם ה"מבקר" מאמר המכיל כמה וכמה שגיאות אלמנטאריות בפיזיקה ומתמטיקה וזאת מלבד פגיעה בכל כללי האתיקה ובהתחייבויות פשוטות. הוא פנה למפתחים בהצעה שיהיה שותף ואז יחדל להציק.

הערכות כולן נעשו עבור ייצור החשמל בלבד מבלי לכלול את התועלות החיצוניות של מניעת זיהום, מבלי לכלול את הערך של מוצרי הלוואי שהרווח מהם נע בין 4 סנט ל-14 סנט לקו"ש, ומבלי לקחת בחשבון את המשמעות האסטרטגיות. וכל זה היה הרבה לפני העלייה התלולה של מחירי הדלק.

להלן שתי טבלאות של הערכת תפוקת החשמל ממקורות שונים לצורך השוואה.

טבלה 3 להלן מתארת השוואות של עלויות ייצור לקילוואט שעה על ידי תחנות גרעיניות, תחנות מופעלות בפחם ותחנות מופעלות על ידי טורבינות גז טבעי. הטבלה לקוחה מסקר ממשי של 22 תחנות כוח במדינות שונות:

"Projected Costs of Generating Electricity - Update" 1998, Published by Organization for Economic Co-operation and Development and International Energy Agency (OECD/IEA).

ההערכות נעשו כמה שנים לפני עליית מחירי הדלקים הקיצונית בהווה 0 ראה למשל תאור חלקי בפרק 3.2.3. בעמוד 23. כיום היתרון של ארובות שרב יהיה הרבה יותר בולט.

טבלה 3 - מחיר ייצור אופייני של חשמל בסנט לקו"ש לשנים 2005-2010 (load factor 75% , 30 years)

מחירים ממוצעים מייצגים		טווח מחירים קיצוני		טכנולוגיה חלופית
10% ריבית	5% ריבית	10% ריבית	5% ריבית	
5.05	3.31	3.90-7.96	2.47-5.75	גרעין
4.99	4.07	3.74-7.61	2.48-5.64	פחם
4.47	3.98	2.36-8.44	2.33-7.91	גז
3.88	2.47	2.51-6.42	1.68-3.93	ארובות שרב

טבלה 4 - הערכות מעודכנות של עלויות שונות של ייצור חשמל, לפי OECD, אפריל 2007

מחיר ייצור חשמל בסנטיים לקו"ש	השקעה בדולרים לקו"ש בשנת 2005	טכנולוגיה מבוססת על
3-12	1500-5500	מפעלי חשמל הידרו-אלקטריים גדולים
6-15	1800-6800	מפעלים הידרו-אלקטריים קטנים (קטנים מ - 10 מגה-וואט)
3-8	900-1100	תחנות רוח ביבשה
7-22	1500-2500	תחנות רוח בים
3-9	1700-5700	תחנות גיא-תרמיות
18-54	5000-8000	תאים פוטו-וולטאיים
10.5-23	2000-2300	סולרי תרמי
3-10	1000-2500	ביו-מסה
5.5-16	-	מי אוקיינוסים
2-6	1000-1200	פחם
4-6	1850-2100	פחם עם CCS
4-6	450-600	גז טבעי
2.5-7.5	2000-2500	גרעין

הסקירה בטבלה 3 נעשתה כמובן הרבה מאוד לפני עליית מחירי הדלק. בשורה התחתונה הוספנו, לצורך השוואה, את עלויות הייצור המחושבות לארובות השרב עם מקדם עומס יותר קטן מ 75%. בשתי העמודות של גבולות העלות בסנט לקילו-וואט שעה, הערכה נעשתה ביחס לכלל האזורים בעולם, בין 200 מגה-וואט ממוצע בגבול תחתון שרירותי ובין 600 מגה-וואט שהוא הגבול העליון שנמצא בפועל.

בעמודת הערכים המייצגים מופיעים מחירים של ייצור חשמל בתכנון הסטנדרטי של ארובה 1200X400 מ' ביוטבתה, צפונית לאילת. יש הרב אתרים טובים יותר וגם פחות טובים.

בטבלה השנייה, טבלה 4, מופיעות הערכות מתוקנות של ה - OECD ושל IEA לאפריל 2007. גם אלה לא נותנות ביטוי לעלייה האחרונה במחירי הדלק שממש הוכפלו או הושלשו. כמוכן, יש להטיל ספק רב מאוד בערכים הנמוכים של ההשקעה ושל מחירי החשמל. אלה הם ערכים רחוקים מאוד מהערכים הריאליים כיום. נראה שהם מעין חזון מלא תקווה ולא הערכה אמיתית.

נוסף לכך, יש להעיר שההשקעה המוערכת בקילו-וואט ממוצע של ארובות שרב הייתה 2300 דולר לעומת ההשקעה לקילו-וואט מותקן שהוא קרוב למחצית. כך ששוב עשויה להיות הטעיה רבה מאוד בדוגמאות בטבלה 4 שמייצגות רק השקעה לקילו-וואט מותקן כאשר מה שקובע מבחינה כלכלית זה לקילוואט ממוצע בפועל.

ראוי להזכיר פעם נוספת שביולי 2008 הרשות לשירותים ציבוריים-חשמל הניקראת כיום "רשות החשמל" קבעה מחיר של 2.01 שקל לקו"ש מתאים פוטו-וולטאיים שכיום משמעותו כ 60 סנט ו20 סנט לקו"ש לחשמל ממערכת סולרית תרמית עם מראות פרבוליות מתוצרת סולל. המחיר של האחרון הוערך בשעתו

ב 15 סנט לקו"ש ולאחרונה פורסם שאם לא יעלו את התשלום מעל 30 סנט לקו"ש המקימים לא יעמדו במשימה. חמור מזאת, השיטה הסולרית תרמית כרוכה למעשה בייצור קיטור בעזרת חום סולרי. התחנה זקוקה למים לקירור. אבל במרבית השטחים הנידונים אין מים, ואם ישנם, מחירים גבוהים ביותר. יש להניח שגודל ההשקעות הן לא פחות מ 30000 דולר לקילוואט ממוצע לראשון ולא פחות 15000 דולר בשני. ששניהם מעל למספרים העיקריים בטבלה 4 או בגבול העליון. מחירי החשמל בארובות השרב בשורה התחתונה של טבלה 3 לא השתנו באופן משמעי.

בפרסום של מעבדות האנרגיה מברקלי –קליפורניה מה 19 לפברואר 2009 נמסרו תוצאות מחקר על מחירי התקנה של מערכות פוטו-וולטאיות. הם בדקו 37000 מערכות גדולות וקטנות. נימצא שמשנת 1998 עד שנת 2007 מחיר ההתקנה ירד מ 10.50 דולר לווואט מותקן ל 7.60 דולר לווואט מותקן. כמעט כל ההוצאה הייתה בהוצאות ההיקפיות ולא בתאים הפוטו-וולטאיים עצמם. אם ניקח בחשבון ששעות העבודה הממוצעות לתאי השמש הן פחות משליש היממה הרי ההספק הממוצע הוא פחות משליש ההספק המותקן. מקדם העומס נימצא בפועל כ 0.2 ועל כן ההשקעה בקילוואט ממוצע היו פי 5 כלומר 38 דולר לווואט או 38 אלף דולר לקילוואט ממוצע. זהו המספר להשוואה. ההשקעה לואט ממוצע של ארובות שרב איננו עולה על 2.3 דולר כלומר עשירית ההשקעה או פחות. כל שאר המקורות המתחדשים שאינם מקרינת השמש לחשמל ושהזכרנו לעיל זולים באופן דרמטי מתאים פוטו-וולטאיים. בהרצאה של מנכ"ל משרד התשתיות היוצא הוא עמל קשה להסביר מדוע מצאו לנכון לתמוך דווקא באלה שיקרו כל כך, שדורשות שטחים פי ארבעים או חמישים יותר גדולים ופועלים רק שליש מהיממה. אאוטר על מתן ציון לטיעוניו. בפרסום של משרד התשתיות מנובמבר 2009 השטח הדרוש לייצור מיליון קו"ש לשנה יגי ע אף ל 12000 מ"ר. מכאן עוד מגבלה חמורה מאוד למקור הסולרי הזה לאספקה מסיבית של חשמל. ישנה עוד מגבלה תפעולית חמורה לחשמל סולרי הנמצא בשיאו במספר קטן מאד של שעות, כאשר עיקר אספקת החשמל בא מתחנות פחמיות. כדי לקבל פעולה מלאה של הסולרי צריך להנמיך את הצריכה מפחם, דבר שבכלל לא ניתן אל מתחת ל 50%, כשהדבר מחייב למעשה סגירת התחנה הפחמית – דבר לא ריאלי.

מתברר גם שבמרבית ההתקנות של תאים פוטו-וולטאיים היעילות יורדת מאד עם השנים. לבסוף, נראה בהמשך שהתועלת הנוספת לייצור החשמל בארובות תודות למוצרי הלוא י נעה בין 4 סנט (ישנים) לפחות ועשויה להתקרב ל - 14 סנט (ישנים) לקו"ש. תוספת זו כמובן מעלה את ארובות השרב הרבה מעל כל שיטה אחרת ידועה או אף בשלב של חלום.

נתון מעניין ביותר נימסר ביוני 2009 על ידי המעבדה לאנרגיה של משרד האנרגיה האמריקאי בברקלי. הביאו את ההחלטות על אנרגיה מתחדשת בהוואי כמובילה בארצות הברית על ידי האדמיניסטרציה של הנשיא החדש ברק אובמה. בהזדמנות זו עשו השוואה עם עלות החשמל בממוצע לכל ארצות הברית וצינו אותו כ 11 סנט לקילוואט שעה. כפי שאפשר לראות בדיאגרמה המצורפת רק תמורת הערך החלופי תקופת ההחזר להשקעה בארובות מתקרב ל 4 שנים וערך התשואה הפנימית כ 25% זאת גם ללא מוצרי הלואי. אין כל ספק שהטבלה המובאת לעיל היא מיושנת.

עלות חשמל ממימן כלל לא מוזכרת מסיבה מובנת מאליה למומחי ה - OECD וה - IEA (האגודה הבינלאומית לאנרגיה) שמימן איננו מהווה כלל מקור אנרגיה. לצערי, דבר זה איננו מובן לכל מיני מממנים, ובעיקר ממשלתיים וחברות דלק גדולות. אופנה דומה מסתמנת כרגע בישראל להקמת מערך תקעים להטענת מצברים למכוניות מונעות בחשמל, אבל החשמל איננו מקור לאנרגיה. צריך למצוא עדיין את הדרכים להחליף את הדלק לתחבורה בחשמל המיוצר גם הוא מדלק. ליישום לרכב ישנן

מגבלות קשות בגלל המגבלות של מצברים מבחינת יעילות, אורך חיים, משקל, טווחי נסיעה ומשך הטענה.

כבר היום מכוניות היברידיות מכפילות את טווח הנסיעה תוך שימוש בדלק. האומנם מערך חשמל המוצע מסוגל אפילו להתקרב לזה? האם הוא מתקרב לאפשרות שכל אספקת הדלק תהיה ממקורות מתחדשים זולים מאוד? אנו נוכל לספק דלק זול ונקי ממקורות מתחדשים לתחבורה. אך גם השימוש במצברים היעילים ביותר עדיין לא מתקרבים ביעילות מעשית למכונית היברידית.

סמינר שנערך בטכניון במאי 2008, עם מקבל פרס Harvey לשנת 2007, ע"י Prof. Michael Grätzel משווייץ, עסק בנושאים מתחום תאים פוטו-וולטאיים, המדען אמר בהרצאותיו: "כדי להביא את התאים הפוטו-וולטאיים למצב של אספקת חשמל ברמה כלכלית אנו צריכים למצוא דרך להוזיל אותם בפקטור של עשר". אף אחד מהמרצים בסמינר לא העלה אפילו רעיון באיזו דרך אפשר להגיע לכך. הרעיון היחידי שחוזר הוא לתת סבסוד כבד למוצר כפי שהוא היום ולהכריז שהזמן ללא ספק יעשה את הדבר בגלל הוזלות בייצור ושכלולים. אולי כן ואולי לא ומי יודע מתי?

כאן ראוי להעלות תופעה מעניינת ומדאיגה. אם בעבר חברות הדלק מימנו מחקרים עם תוצאות ידועות מראש כדי לבטל את כל הגישות הירוקות להשפעות הדלק, הנה הם שינו את הטון. הם מדברים הרבה על אנרגיה סולרית ועושים מאמץ גדול אף לראות שמיתקנים של חשמל סולרי יותקנו. העיתון SAN FRANCISCO CHRONICLE מה 13 לינואר מדווח במאמר ארוך, בין השאר שחברת הנפט הגדולה BP נתנה ל-BERKELEY UC 500 מיליון דולר מענק למחקר על הקטנת הפליטה של גזי חממה. במקביל לכך ניתנה תרומה של 225 מיליון דולר לאוניברסיטת סטנפורד שבקליפורניה לאותה המטרה על ידי חברת EXONE. מניין החסידות הזו? ומדוע בעיקר לאנרגיה סולרית כפיתרון העיקרי להפחתת גזי חממה? ברור להם שאלה רחוקים ביותר מסיכוי להתחרות בדלק. רכישת הפעילים הירוקים למטרות הסולריות לחשמל רק תסייע לחברות הדלק להאט את התהליכים האלטרנטיביים הראויים יותר.

ההשקעה הדרושה לאנרגיית רוח נעה בין פחות מ-3000 דולר לקילוואט ממוצע ובין כ-3500 דולר. (חברה המתכננת להיכנס לנושא ציינה סכום של 3600 דולר) המגבלה היא גם בחוסר רציפות הייצור וקווי אספקה ארוכים. אבל הפוטנציאל של אנרגיית רוח הוא ענק וסבסוד קטן יכול להרחיב את היישום. אחרי ארובות השרב אין כל ספק שזוהי הדרך הנכונה ביותר להמיר את השימוש בדלק פוסילי לייצור חשמל. (זאת במקביל לשלוש נוספות שסקרנו לעיל, יעול השימוש, ניצול מפסולת וסולרי לחום).

כדאי להקדיש כמה מילים לדון בתפישה של רצף אספקה ע"י תאים פוטו-וולטאיים על הגגות. זוהי דוגמא אופיינית ביותר לראיה שטחית והיאחזות במילים מצלצלות ונפוחות, לא לגמרי הגונות. מקדם העומס של מערכת ייצור חשמל רגילה הוא בערך 50%, כלומר ההספק המותקן לכל הרשת הוא בערך כפול מההספק ממוצע דרוש. במקרה של תאים פוטו-וולטאיים על גג פרטי, מקדם העומס עשוי להיות פחות מעשירית בגלל אופי הצרכן הפרטי ובגלל הזמניות של תפקוד התאים בשמש. די גם בעננות מקרית לשעות ספורות כדי לנטרל את אספקת החשמל מהתאים.

לפיכך אין כל מנוס מהתקנה של מערכת אגירה יקרה ביותר או קשר לרשת אזורית גדולה שיכולה לספק את הגיבוי הדרוש. בלי שני אלה אי אפשר יהיה לקיים רצף. זהו מושג דמיוני לגמרי, אבל אם יש חיבור כזה לרשת, מדוע יש צורך בתאים פוטו-וולטאיים? האם רק בגלל חיסכון בשטח גג? שטח הגגות בעיר קטן בהרבה מהדרוש לאספקה משמעת של חשמל מתאים פוטו-וולטאיים. סיוע של המדינה

לארבע הקבוצות הראשונות שדנו בהן לעיל יהיה הרבה יותר קטן מאשר לתאים פוטו-וולטאיים. מדוע, למען השם, המדינה מוכנה לבזבז כל כך הרבה כספים על שיטה זו שהיא חסרת תוחלת ציבורית למטרות של תחלופה בקנה מידה גדול לשימוש בדלק. התכנית של מדינת ישראל מדברת כאמור על 50 מגה-וואט הספק התאים הפוטו-וולטאיים. מבחינה חשמלית התרומה תהיה לא יותר משבר קטן מאד של אחוז. חשבון פשוט מראה שסבסוד המוצע להתקנת תאים אלה יכול היה להספיק למקורות מתחדשים בשיטות שכבר פותחו בהיקף גדול לפחות פי עשר. איך להסביר זאת? מה שבטוח שכמקובל אצל סוחרים אחרים של השיטה ידווח שמדינת ישראל הגדילה במאות אחוזים את הנפח המותקן וזאת מהסבה הפשוטה שעכשיו הנפח אפסי.

המתחרה המוזר ביותר של "ארובות שרב" הוא ארובות השמש שפותחו ע"י פרופ' שליך וקבוצה לידו, בשטוטגרט. במערכת זו מחממים את האוויר ע"י קולט שמש והאוויר החם עולה בארובה. החבורה משטוטגרט הקימה ארובה ניסיונית באלמריה, בדרום ספרד. המדידות שפורסמו בתחילת הדרך תאמו גם את הניתוח התיאורטי של התפקוד כפי שנעשה על ידנו (ושמעולם לא פורסם כראוי ע"י המפתחים). הגבהת הארובה לגובה קילומטר הראתה שהנצילות של החום (אנרגיה מכאנית מנוצלת ביחס לאנרגיית הקרינה של השמש) לא תעלה על 0.6%, אם לוקחים גם בחשבון את ההפסדים בקולט השמש), נמצא שהמערכת לא תנצל יותר מ - 6 קו"ש למטר רבוע קולט בשנה. (חשבון נדיב מעלה את זה לכל היותר לערך כפול, מה שלא מתקבל על הדעת). השטח הכללי לייצור מיליון קו"ש לשנה מחייב לפי זה שטח כולל שעולה על 150,000 מטר רבועים (בחשבון הנדיב ביותר 75,000) שטח שצריך להיות מיושר ועם סידורי הגנה נגד רוח גשם וזרימות מים. מחיר גג כזה של קולט שמש הוא איננו פחות מ - 50 דולר למטר רבוע או 7.5 מיליון דולר לייצור מיליון קו"ש בשנה. עלות זו נלווית לעלות של הארובה עצמה ושל מערכת הטורבינות והגנרטורים. נניח לשם פשטות - שההוצאה עקב החזר הון והפעלה ותחזוקה הגיעה ל - 10% לשנה (כולל ניקוי הקולט לעיתים קרובות מאוד). נמצא שבכל מקרה עלות קו"ש תהיה עשרות סנטים לקו"ש (ואולי עשרות רבות).

מעבר לחשבון הנ"ל צריך לזכור שארובות השרב צורכות בסה"כ בין 250 מ"ר לייצור אותו מיליון קו"ש לשנה ובין מקסימום של 780 מ"ר עם מוצרי הלואי הרבים, כאשר העלות המחושבת לייצור החשמל נעה בין 1.6 סנט לקו"ש ל - 6 סנט לקו"ש. כמוכן, יש להוסיף את הערך הרב מאוד של מוצרי הלואי שלא קיימים באף אחת מהשיטות החלופיות הנ"ל.

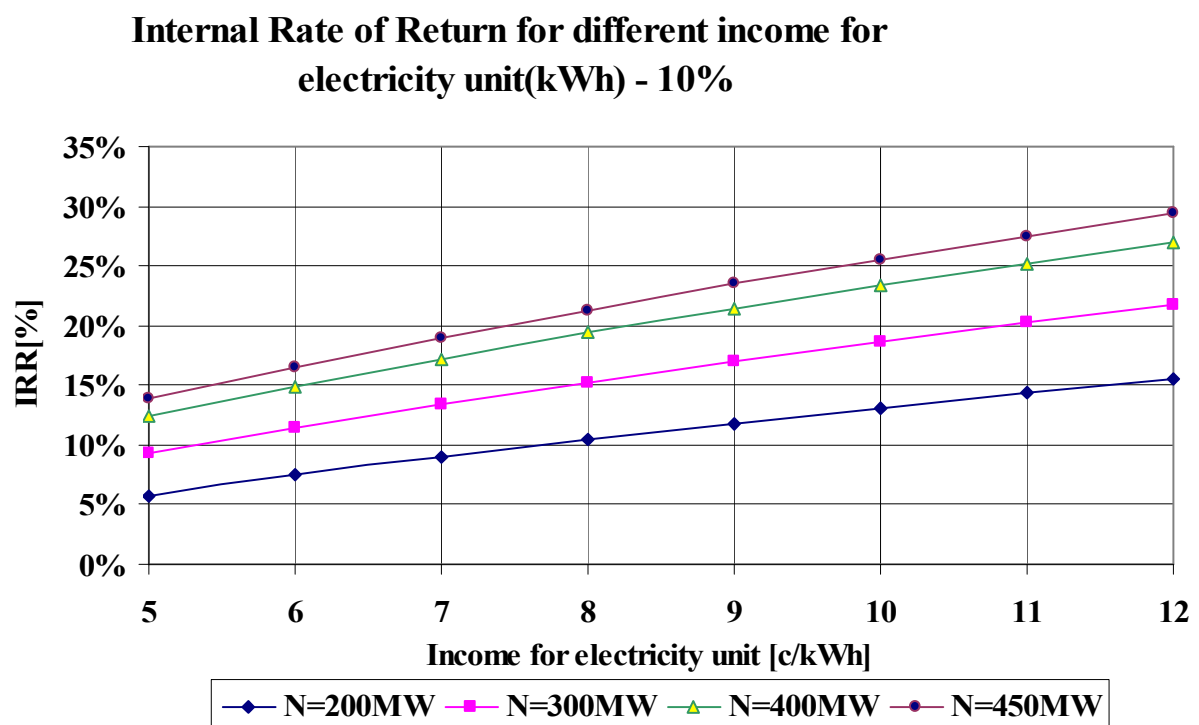
6.4 מדדים כלכליים

בציורים 4 ו - 5 שלעיל הובאו הערכות לעלות ייצור החשמל. נלקחו בחשבון ההשקעות, ארבע שנות בניה, שלושים שנות קיום של תחנת הכוח 0.556 סנט לקו"ש הפעלה ותחזוקה. בציורים 6 ו - 7 להלן מובאים שני מדדים כלכליים, בהנחה לריבית של 10% ולפני מס. האחד הוא ערך התשואה הפנימית Internal Rate of Return (IRR) באחוזים כפונקציה של ההכנסה לקו"ש, מאחר שכל תחזית מצביעה על סיכוי גבוה להכנסה של 10 סנט לקו"ש ומעלה (והצעה מוקדמת כזו כבר הובאה בעבר על ידי הרשות לשירותים ציבוריים-חשמל). הרי בהספק שנתי של כ - 370 מגה-וואט מצפון לאילת שיעור התשואה הפנימית יהיה מעל 20%. תקופת ההחזר תהיה פחות מ - 5 שנים. חשוב להדגיש שאם ההספק הצפוי נמוך יותר גם ההשקעה תהיה קטנה יותר. סמוך לאופטימום שניים אלה בממדי המבנה ובהשקעות במערכת המכאנית ישאירו את התנאים הכלכליים דומים מאד.

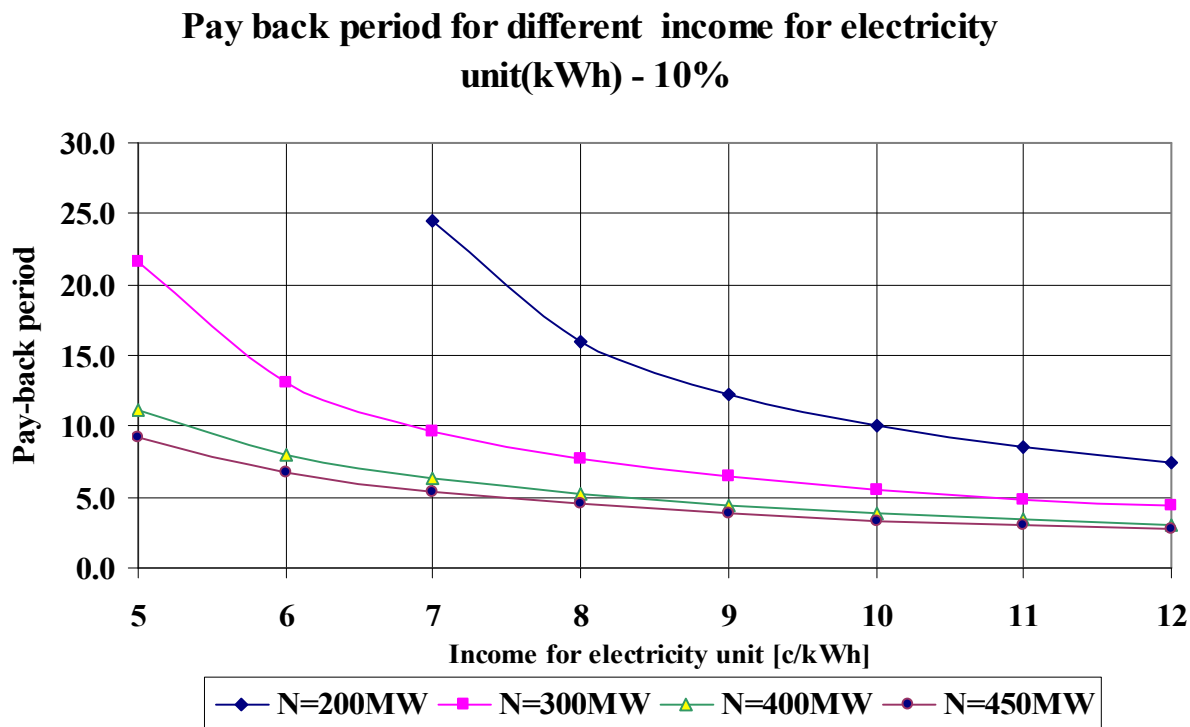
בדיקה מחמירה מאוד מראה שסטיית התקן בהערכת העלות כיום היא לא הרבה מעבר ל - 20% בקרוב כאשר אי הוודאות העיקרית נובעת משני גורמים, נתוני האקלים המקומיים ועלות חומרי הבניה. אנו מצפים שלאחר העבודה המכינה המתוכננת לקראת מימוש ארובה ספציפית (ראה פרוט להלן), סטיית התקן תרד ל - 10% או פחות. בחישובים שלנו הנחנו שגיאה בהערכת העלות כשבפועל היא תהיה ב 40% למעלה מהמחושב. (עלות מחושבת של 3.88 סנט לקו"ש עיגלנו ל 4 סנט והוספנו עוד 1.6 סנט שהם כמו שתי סטיות תקן ובסך הכול 5.6 סנט עלות בפועל). פירוש הדבר שתי סטיות תקן או הסתברות של פחות מאחד לאלף לסטייה יותר גדולה. כאשר אחרי עבודות ההכנה סטיית התקן תקטן ל - 10%, ההסתברות לשגיאה יותר גדולה מ - 40% תהיה הרבה פחות מאחד לעשרת אלפים.

ההנחה השרירותית של ריבית כדי 10% מתאימה את עצמה להערכות של ה - OECD בטבלאות שהובאו לעיל. נוסף לכך, ערך זה תואם להערכה שנעשתה ע"י Earnst & Young שחלק מההשקעה על ידי הבעלים, למשל 20%, תהיה תמורת ריבית של 16% והלוואה בנקאית כדי 80% בריבית של 8% (ובסה"כ 9.6%). הצעות התמיכה כיום על ידי הממשלה הן ממש בדיחה גרועה.

נתונים טובים ביותר צפויים להכנסה לקו"ש הרבה מעל 10 סנט לקו"ש חשמל מסופק לצרכנים ובצרוף התועלות הנוספות לא כל שכן. נמצא שערך התשואה הפנימית במפעל שמצפון לאילת עולה על 22-25%. תקופת החזר איננה עולה על 4-5 שנים.



ציור 6 - שיעור תשואה פנימית באחוזים כפונקציה של ההכנסה לקילוואט שעה (לפני מס)



ציור 7 - תקופת ההחזר בשנים כפונקציה של ההכנסה לקילוואט שעה (לפני מס)

6.5 פוטנציאל של ניצול ארובות שרב

מקור האוויר החם הוא במה שקרוי מעגל Hadley ע"ש החוקר האנגלי George Hadley שפרסם אודותיו ב- 1735. אוויר חם ולח עולה ברצועת קו המשווה ומוריד גשם. מרגע ש האוויר רווי אדים הצינון עם הגובה הוא לפי אדיאבטה לחה או קרוב לחצי מעלה למאה מטרים. בגובה רב המים קופאים והאוויר נטול אדים פולט חום רב לחלל ומתפשט צפונה ודרומה ויורד בשתי רצועות ארדייות (מדבריות), אחת מצפון לקו המשווה ואחת מדרום לו, ורצועה ברוחב שנע בערך בין 20 מעלות ל- 35 מעלות רוחב, מצפון ודרום. האוויר היורד הוא יבש וחם והוא זה אשר מייצר את המדבריות. שניו הטמפרטורה בדרך למטה הוא לפי אדיאבטה יבשה או כמעלה שלמה לכל 100 מטרים. (במעגל זה בעלייה הטמפרטורה פוחתת בערך בחצי מעלה למאה מטרים לפי אדיאבטה רטובה. בירידת האוויר ההתחממות עולה בערך במעלה שלמה למאה מטרים, לפי אדיאבטה יבשה ומכאן תהליך מרכזי מאד של הצטננות כדור הארץ ותהליך יצירת רצועות המידבר סביב כדור הארץ. מכאן גם כיוון למוצר לוואי חשוב ביותר, כאשר הרטבת האוויר שחוזר מהארובות מקטין את מידת הקירור של האוויר העולה מעל לרצועת קו המשווה ומכאן ייעול ממשו ביותר של הקירור הגלובלי)

תפוקת החום של מעגל הדלי הוערכה בספרות ב- $2-4 \times 10^{16}$ קו"ש לשנה שהם בקרוב גס עשירית מקרינת השמש על פני רצועת המשווה (בין 20 מעלות דרומה ל-20 מעלות צפונה). בניצול של 1% בהפיכת חום כמוס של התאדות לחשמל מקבלים סדרי גודל של $2-4 \times 10^{14}$ קו"ש לשנה. כפוטנציאל תאורטי ליישום של עקרון ארובות השרב.

במיפוי עולמי שנעשה בעזרת נתוני אקלים שהתקבלו מלוויינים מצאנו שסה"כ התפוקה של הארובות צפויה להיות 2.3×10^{14} קו"ש לשנה או 230,000 מיליארד קו"ש. מיפוי זה נעשה בשתי הנחות הקובעות שלא ננצל ארובות בהספק שהוא בממוצע פחות מ- 200 מגה-וואט, ותנאי שני שלכל ארובה יוקצה שטח

שמיים של 400 קמ"ר (20/20 ק"מ) כדי שתהיה אספקת אוויר חם יורד, די הצורך. מספר זה תואם היטב את ההערכה הקובעת שנעשתה. שתי ההנחות הן שמרניות.

ישנן בערך 40 מדינות בהן לארובות שתבנינה יהיה הספק משמעי. ישנם אזורים חשובים מאוד שהם בספק, כמו למשל החלק הדרומי של מדינות אירופה או החוף של טקסס לאורך מפרץ מקסיקו.

למשל במפרץ מקסיקו שטחים נרחבים בתפוקה שבין 200 ל - 250 מגה-וואט בממוצע ושטחי ענק נרחבים ביותר שבין 150 ל - 250 מגה-וואט לארובה בממדים הסטנדרטיים. בהתחשב עם מרחק ממקור המים והגובה מעל פניהם, יש שטחים נרחבים למדי שבהם העלות הצפויה של החשמל תהיה בין 3 סנט ל - 5 סנט לקו"ש ושטחי ענק בין 5 סנט לקו"ש ל - 10 סנט לקו"ש, כך שגם מתוך שטח זה של מפרץ מקסיקו ניתן לספק חשמל אולי ליותר ממיליארד בני אדם ברמה של ארה"ב.

בדרום ארצות אירופה ותורכיה, החשמל מעט יקר יותר, אך עדיין הרבה יותר זול ממקורות סולריים שאנו מסוגלים ליישם כיום ומספק אולי לכל אירופה. התפוקה המחושבת במיפוי של דרום אירופה היא לכ - 550 מיליון אזרחים ברמת צריכה מערב אירופית של 6000 קו"ש לנפש לשנה. זאת כאשר מספר כל האזרחים הוא בסדר גודל של 700 מיליון. אם לוקחים בחשבון מקורות אחרים מפירות השמש - רוח כ - 20% מאספקת החשמל; ביו-מסה באספקה של 10% מצריכת החשמל; מקורות הידרו-אלקטריים עוד כ - 5% מאספקת החשמל - נמצא שיש בידנו לספק 100% של החשמל ללא צורך בטיפת דלק לצורך אספקת החשמל.

היקף היישום תלוי במחיר החשמל בקווי תמסורת ארוכים. בעזרת קווים באורך של 3000 ק"מ, ניתן לספק 3/4 מהאנושות ובעזרת קווים של 5000 ק"מ ניתן לספק לכל האנושות חשמל. תכנונים חדישים של קווי חשמל בזרם ישר ובמתח גבוה כלו להעביר הספק ל-1000 קילומטרים בהפסדים שאינם עולים על 1%.

להלן טבלה 5 המראה כמה בני אדם ניתן לשרת באספקת החשמל, בהנחות שמרניות ביותר, כאשר מזניחים אפילו שטחים עם הספק שבין 200 ל - 300 מגה-וואט ממוצע. כאשר כוללים את השטחים בהם התפוקה בין 200 ל - 300 מגה-וואט, מספר האנשים שניתן להזין בחשמל מכפיל את עצמו. כשכללנו גם תחנות כוח עם הספק נמוך כדי 200 מגה-וואט, ההיקף הכללי הוכפל. ומעניין שאז בדרום אירופה אפשר להפיק חשמל לצריכת 550 מיליון בני אדם.

להלן טבלה 6 הכוללת את תוצאות המיפוי הראשוני של כדור הארץ. בשורות השונות ישנו סיכום לתחומי הספק בהפרשים של 50 מגה-וואט בממוצע. התחלנו בארובות עם הספק שעולה על 200 מגה-וואט. זאת סתם לפי החלטה שרירותית. הארובות בעלות היעילות הגבוהה ביותר מופיעות בתחום שאינו עולה על 600 מגה-וואט בממוצע. בכל שורה אפשר לראות את מספר הארובות בתחום הזה ואת העלות המחושבת לפי ריבית של 5% ושל 10%. כל החישובים הללו נעשו לפי אורך חיים של 30 שנה, הפעלה ותחזוקה של 0.556 סנט (ישן) לקו"ש וריבית בזמן ההקמה של כ - 9%.

טבלה 5 - פוטנציאל אספקת החשמל באזורים שונים בעולם בהנחה שלא ננצל תחנות בהספק קטן מ -

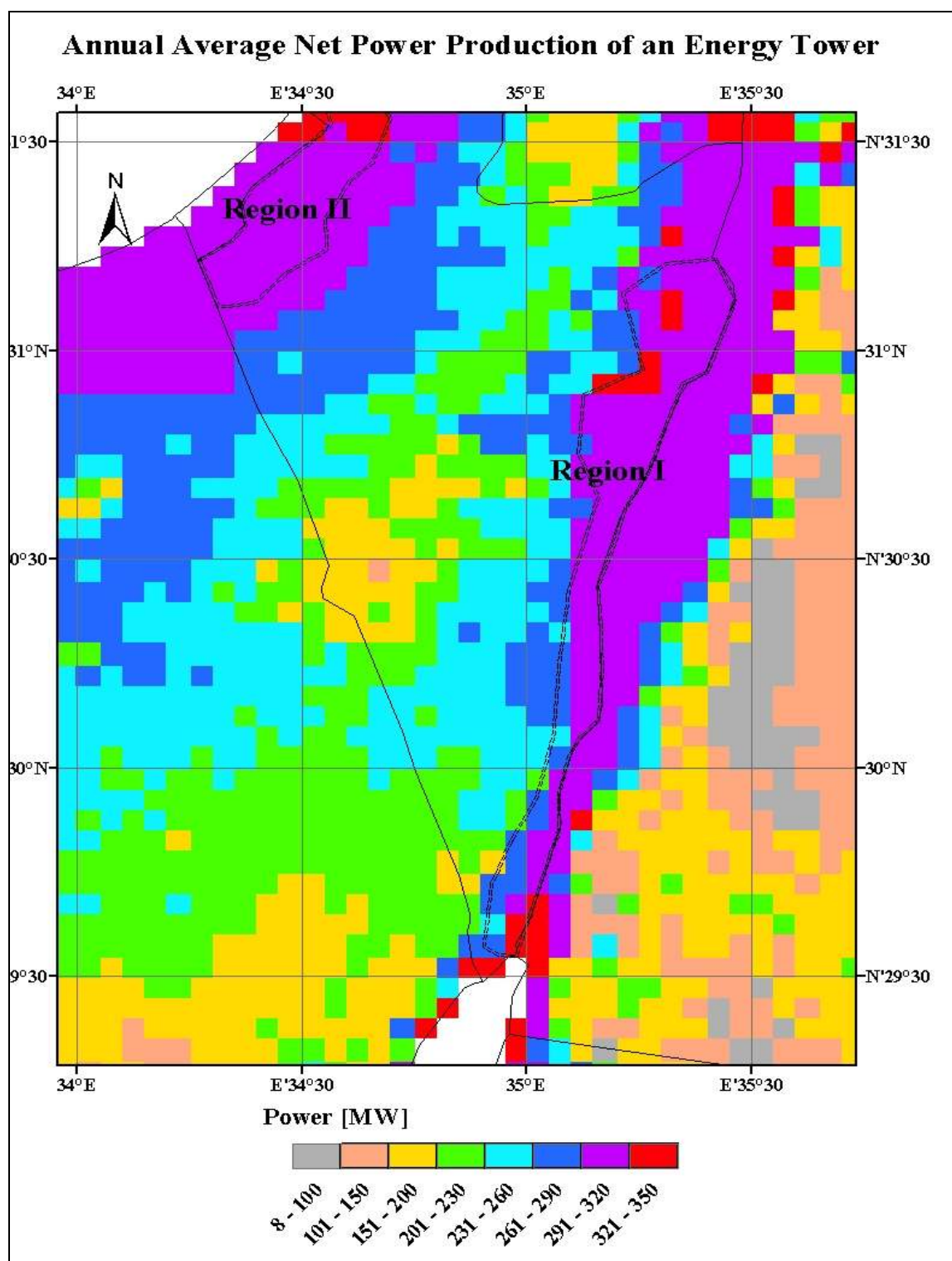
300 מגה-וואט ממוצע

צריכת החשמל (בקו"ש לנפש, לשנה)	מספר האנשים (בביליונים) שניתן לספק להם חשמל בהנחה שהגבול התחתון של ההספק הוא 200 מגה-וואט	מספר האנשים (בביליונים) שניתן לספק להם חשמל, בהנחה שהגבול התחתון של ההספק הוא 300 מגה-וואט	איזור
6000	7.73	3.58	צפון אפריקה
6000	2.79	1.37	דרום אפריקה
6000	2.68	1.19	הודו
10000	2.72	1.21	צפון אמריקה ומקסיקו
6000	3.94	2.77	צ'ילה ופרו
6000	0.55	0	דרום אירופה
6000	1.96	0.71	אוסטרליה
6000	1.46	1.25	ערב הסעודית
6000	1.15	1.12	המפרץ הפרסי
	24.98	13.20	סה"כ

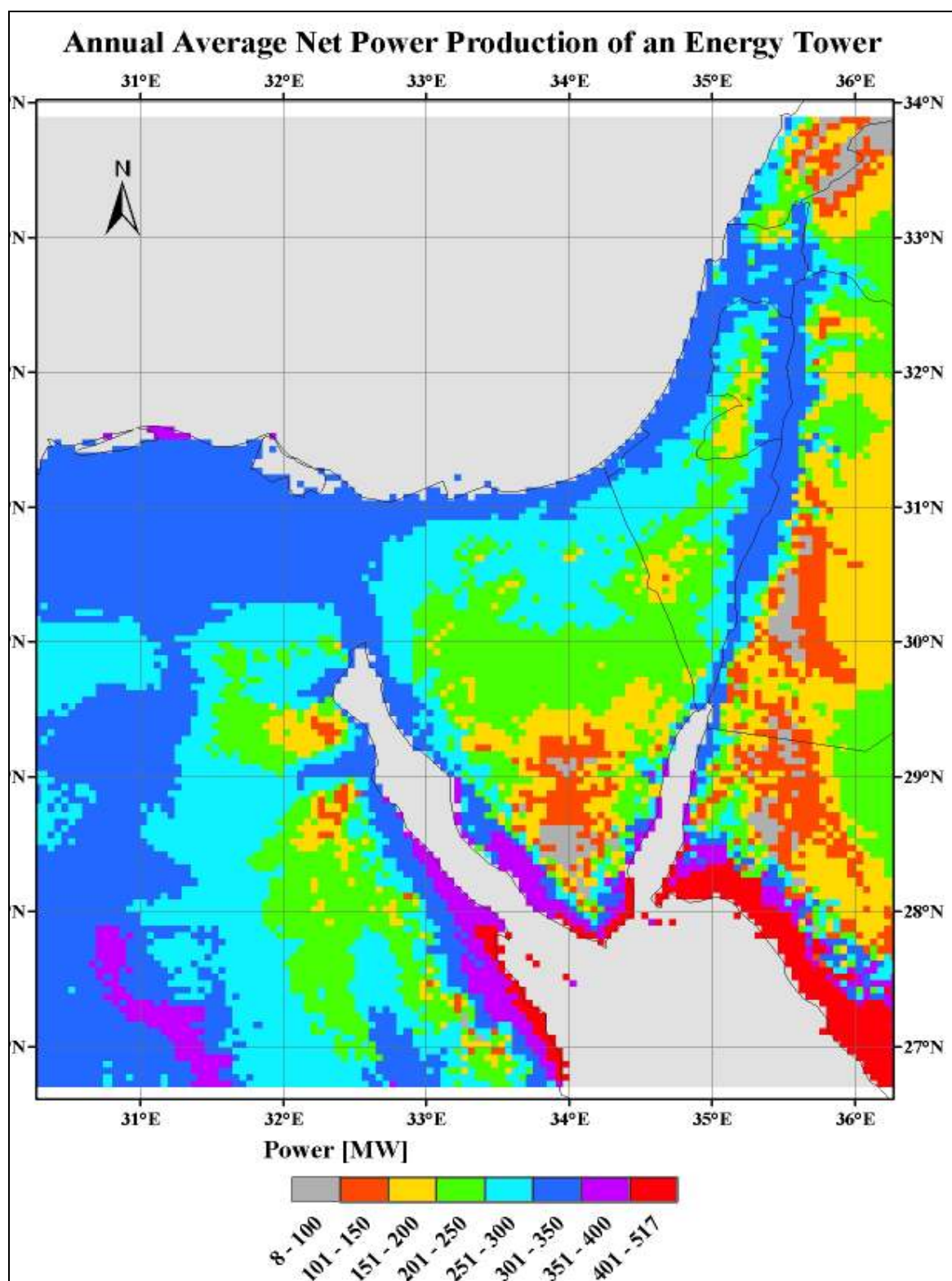
טבלה 6 - הפירוט העולמי של הספק ארובה באזורי אקלים שונים והערכת עלות ייצור החשמל

עלות ייצור חשמל		אנרגיה שנתית בניצול מלא	מספר ארובות דרושות לניצול מלא	שטח זמין בעולם	תפוקה נטו ממוצעת
לפי 10% ריבית	לפי 5% ריבית				
סנטימים/קו"ש	סנטימים/קו"ש	10^9 קו"ש לשנה	[-]	ק"מ 10^3	מגה-וואט
2.51-2.69	1.68-1.78	839	173	69	550-600
2.69-2.90	1.78-1.90	2,679	583	233	500-550
2.90- 3.16	1.90-2.05	10,579	2,542	1,017	450-500
3.16 - 3.49	2.05-2.24	20,923	5,620	2,248	400-450
3.49-3.91	2.24-2.48	34,221	10,418	4,167	350-400
3.91- 4.47	2.48-2.80	42,627	14,973	5,989	300-350
4.47- 5.25	2.80-3.25	51,775	21,492	8,597	250-300
5.25 - 6.42	3.25-3.93	64,733	32,843	13,137	200-250
		228,376	88,644	35,457	סה"כ

להלן שתי מפות יותר מפורטות של הביצועים הצפויים בדרום ישראל (ציור 8) וישראל ושכנותיה (ציור 9).
ההספק מיוחס לריבועים של 5X5 ק"מ והדיוק בו איננו יותר טוב מ- $\pm 10\%$.
בניגוד למיפוי שנעשה יש לצפות לכל מיני הבדלים די ניכרים בטווחים לא ארוכים במיוחד. במפות
שהבאנו בדוגמא ישנה נטייה לתאר תאור ממוצע של גובה בסיס הארובה ותנועת אוויר ממוצעת. לפי זה
נוכל להתקין ארובות בצפיפות יתר בחלק הנמוך של בקעת הערבה, בין ההרים שמגיעים לגובה 800 מ'
בצד אחד ו- 1500 מ' בצד שני. יש לצפות שקרוב לים התיכון ההספק הממוצע יהיה מעט יותר נמוך
מהמצוין במפה.

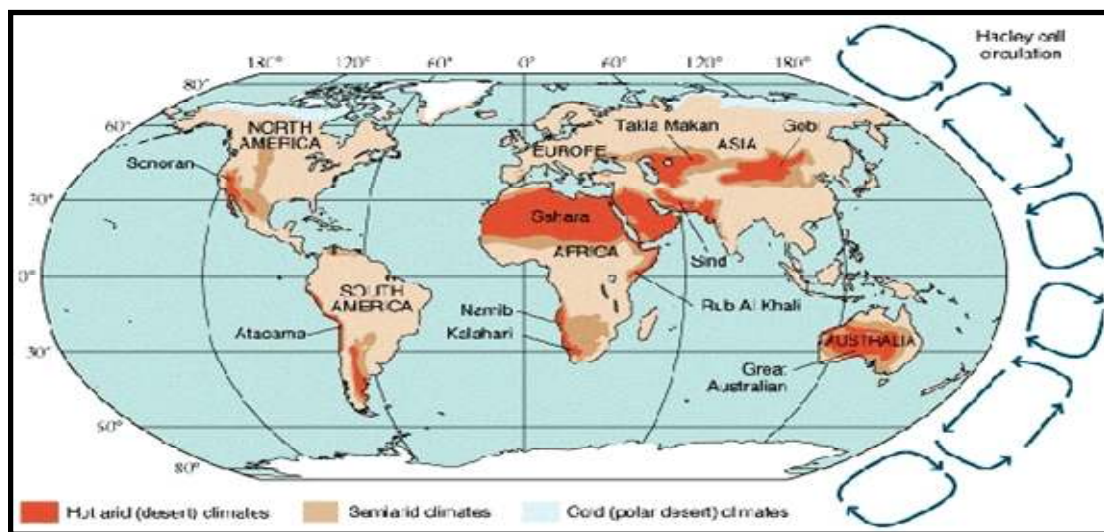


ציור 8 - מיון של דרום ישראל בריבועים של 5x5 קילומטרים. הצבעים בהתאם להספק הממוצע של ארובה במרכז הריבוע



צור 9 - מיפוי ההספק נטו הממוצע של ארובת השרב באזור המזרח התיכון ברבועים של 5X5 ק"מ

מעניין לציין שהפוטנציאל שבצפון אפריקה מגיע להרבה פעמים כל צריכת החשמל של אירופה ובהדמנות זו ניתן להתפיל מי ים במחצית העלות בנפחים של עשרות פעמים נהר הנילוס ולהשקות את הסהרה. יישום של הארובות עשוי לספק תעסוקה והכנסות משמעותיות לאוכלוסייה של אפריקה. מעניין להביא את אירן למשל, שיכולה לספק חשמל ל - 400 מיליון בני אדם ברמה של מערב אירופה, עם מוצרי הלואי (ראה בהמשך), וביניהם התפלת מי ים כדי יותר מהנילוס. חבל שלא מנסים לפתות את איראן בבניית ארובות שרב במקום לאיים בסנקציות על מכירת דלק. יש מקום לשת"פ בין ישראל ובין ירדן מצד אחד ומצריים בצד שני לאורך הגבול והקטע הקרוי "ציר פילדלפי". דחיפה של תעלת הימים על ידי שמעון פרס מהווה חבלה ממשית ומכוונת בקידום נושאים חשובים והתעניינותו לאחרונה באנגריה ירוקה רק מעורר עוד חששות ופחד אמיתי לפגיעה בעשייה הממשית.

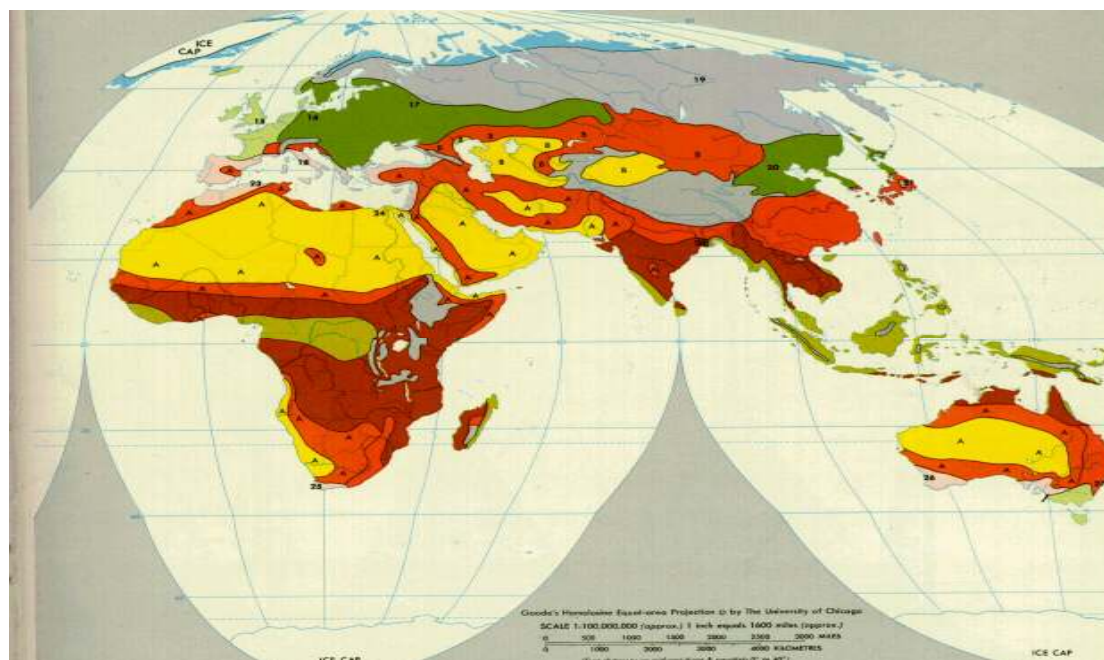


$$\text{Heat} \quad 2 * 10^{16} - 4 * 10^{16} \frac{kWh}{\text{year}}$$

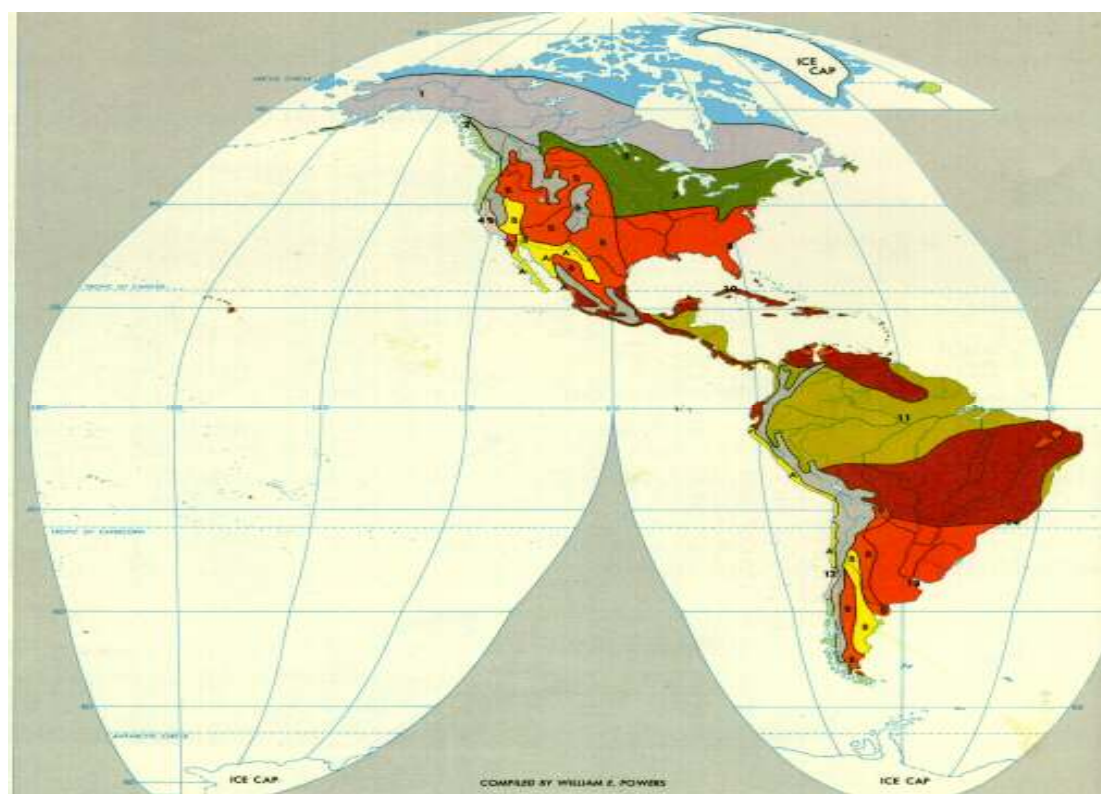
$$\text{Electricity with 1.2\% efficiency} \quad 2.4 * 10^{14} - 4.8 * 10^{14} \frac{kWh}{\text{year}}$$

ציור 10 - מראה את מעגל הזרימה של George Hadley סביב כדור הארץ והיקף אפשרי לניצול לייצור חשמל. הפוטנציאל שנימצא מסקר נתוני אקלים של לווינים ביבשה בלבד ובאזורים נוחים מבחנה טופוגרפית יצאו הערכים שבטבלאות לעיל

מובאת מלמטה במסגרת הערכה של אחרים על כמות החום המוסעת על ידי מעגל זה. בהנחה שניתן לנצל 1.2% מהחום לחלוקת חשמל מתקבל ההספק העולמי כאשר התוצאה שהתקבלה במיפוי ישיר הביאה את התוצאה שמטבלה 6 שלעיל, תוצאה דומה לגבול התחתון שבתחתית הציור.



ציור A 11 - איזורים אקלימיים באירופה, אסיה, אפריקה ואוסטרליה. האיזורים המסומנים בצהוב והאיזורים באדום בהיר המסומנים באות "A" מציינים מדבריות או איזורים צחיחים



ציור B 11 - אזורים אקלימיים באמריקה. האזורים המסומנים בצהוב והאזורים באדום בהיר המסומנים באות "A" מציינים מדבריות או אזורים צחיחים

ציור A 11 מראה את המדינות שבהן אויר חם ויבש (בצבע צהוב ובאדום בהיר מחצי הכדור המזרחי. וציור B11 מביא את התמונה בחצי הכדור המערבי).

בסך הכול ישנן כאמור כ - 40 מדינות בהן התנאים טובים להקמת ארובות שרב. מהן ניתן להגיע לכל חלקי העולם על ידי קווי הולכה בזרם ישר ומתח גבוה. הפוטנציאל העולמי הוערך ביותר משיטה אחת והוא נימצא בערך פי 20-15 כל צריכת החשמל הגלובלית כיום.

6.6 תועלות נוספות ל"ארובות שרב"

יש בסביבות- 20 מוצרי לוואי כאשר כמחצית מהם הם מוצרים גשמיים ממשיים וכמחצית מתחום הסביבה, הכלכלה ונושאים אסטרטגיים.

13 מוצרי לוואי גשמיים

◆ **שלוש דרכים להתאמת עקום האספקה לעקום הביקוש** - אנו יכולים להצביע על לפחות שלוש דרכים כאלה. האחת היא אגירה שאובה מובנית. הרי אנו ממילא מעלים את המים לעומד גבוה מגובה הארובה לקראת התזתם. אגירה של מים כאלה לשעות ביקוש שיא מאפשרת לסגור אז את המשאבות ולספק כ - 70-80% יותר חשמל לצרכנים. אפשר להזכיר את התוצאה של תכנון ארובה מצפון לאילת, בה הספק לשאיבה היווה 3/9 מכל ההספק המכאני וההספק לחלוקת חשמל לצרכנים 4/9 והיחס הוא 3/4 (ציור 3). בבדיקה בתנאי המחירים בישראל ובארובה צפונית לאילת, נמצא שהתועלת הכספית נטו תהיה בקרוב 2 סנט לקו"ש. גם אם האגירה היא בגובה יתרנמוך מקודקוד הארובה נחסוך באנרגיה. יש אפילו אפשרות לאגור נפח מים יותר גדול מגובה יותר קטן ולנצל את אנרגיית הנפילה של חלק מהמים כדי להעלות את שאריתם.

◆ **שיטה שנייה היא לתכנון אופטימאלי של הספק המותקן בארובה.** מחיר הקונסטרוקציה נישאר ללא שינוי אולם ההשקעה לקילוואט מותקן של משאבות וגנראטורים משתנה. גודל ההשקעה במערכת המכאנית והחשמלית מהוו כ 2/3 של ההשקעה והקונסטרוקציה רק כשליש. ועל כן ראוי לחפש היקף אופטימאלי לחלק המכאני וחשמלי. נמצא שמקבלים אספקת חשמל יותר אחידה על פני השנה ועלות מינימאלית. הקטנה נוספת של ההספק המותקן (כאשר ההספק המובנה נשאר ללא שינוי) יכולה לגרום אפילו לאספקה אחידה על פני כל השנה במחיר לא יותר גדול מ - 25% מעל המחיר המינימאלי.

◆ **שיטה שלישית להתאמת עקום האספקה לעקום הביקוש** - השיטה היא על ידי ניצול האנרגיה למוצר נוסף כמו התפלת מים ושימוש במאגרי מים (בעיקר תת קרקעיים) במועדים בהם אנו מבקשים לנצל מקסימום אנרגיה לשיגור לצרכנים. לאחרונה פותחה שיטה חדשה לאגירת חשמל תוך שימוש בתאי דלק על ידי פרופ' עמנואל פלד מאונ' ת"א. תחום היישום של שיטה זו עדיין לא התברר לנו.

◆ **ישנה עוד דרך לשיפור הניצול של האנרגיה בארובה כאשר ננסה להעביר חלק מהאנרגיה בטורבינות ישירות למשאבות.** לא נצטרך אז להמיר מכאניקה בחשמל וחשמל למכאניקה של שאיבה בהפסדים משולבים די קרוב ל30%. והשקעה בשני מנגנוני ביניים – גנראטורים ומנועים חשמליים. אין כרגע וודאות כיצד לתכנן זאת כאשר ההספק הכולל משתנה בזמן כך שלא ניתן לנצל את מלוא פוטנציאל החיסכון התיאורטי..

◆ **התפלת מי ים** - בתכנון של התפלת מי ים בעזרת אוסמוזה הפוכה נמצא שישנו חסכון משמעי בהשקעה בגלל שימוש ברכיבים משותפים להפעלה על מתקנים להובלת מים, להחזרת תימלחת ולשיקום אנרגיה בתהליך של אוסמוזה הפוכה. החיסכון עולה על 50%. בצורה דומה ישנו חיסכון באנרגיה (כשליש) בסה"כ המתקבל בדוגמא ספציפית שהחיסכון היה ב - 45%. נמצא גם שכאשר

מנסים לעשות אופטימיזציה בין אספקת חשמל, מים ואגירה שאובה, ניתן היה להגיע לעלות קטנה מ - 25 סנט לקוב מי ים מותפלים. (בערכי דולר ישנים).

השקעה של בערך 20% מהאנרגיה החשמלית להתפלה, מצפון לאילת, יכולה הייתה לספק כ - 200 מיליון קוב מים, או כ - 400 מ"ק לשנה לנפש לחצי מיליון בני אדם, ושיקבלו גם 6000 קו"ש לנפש לשנה חשמל. אם נגבה רווח עם מים בסה"כ 5 סנט לקוב, תהיה ההכנסה הנוספת כ - 0.3 סנט לקו"ש חשמל. יהיה זה די ראלי גם לבקש תשואה כפולה.

חשוב להבין שאם משאירים את ההתפלה לביצוע בחשמל המופק מדלק, די בייקור של 2-3 סנט במחיר החשמל כדי שההתפלה תתייקר ב - 8-12 סנט לקוב מים. כך שלמעבר לאנרגיה מארובות שרב משמעות כלכלית מרחיקת לכת לעניין ההתפלה כולה בכל שיטה שהיא וגם במפעלים ישנים. בישראל שלא יכולה להתקיים ברמה המבוקשת ללא אספקת מים מותפלים, היתרון הוא לא פחות מ - 30 סנט לקוב. ואם לאחרונה הכריזה הרשות לשירותים ציבוריים-חשמל על נכונות לשלם לחשמל מתאים פוטו-וולטאיים 57 סנט ולחשמל מסולרי תרמי 20 סנט, אזי ישנם כל הסיכויים שעלות קוב מים אחד יגדל בסכום שבין 60 סנט נוספים ועד אפילו 150 סנט. זאת כאשר הפילוסופיה המעוותת של האוצר, עד כה, תדרוש עלות של הקוב השולי לכל המערך. פרוש הדבר כשל וודאי של הסיכוי להתפיל מים ולספק את צרכי החקלאות והטבע. פרוש הדבר אז לא פחות מאשר השממה של המדינה ונטישה של מרבית השטחים לאחרים שישתלטו עליהם. (גם התפישה של דרישת מחיר הנובע מהעלות השולית מקטינה שלא לצורך את התועלת הלאומית ואפילו מנקודת ראות של גביית רווחים לאוצר המדינה זהו מעשה מטומטם. הרבה יותר ראוי היה לגבות את העלות הממוצעת ולקנוס פעולות בלתי רצויות). התנהלות זו של האוצר מזכירה גם את העובדה שהם שללו תקציבם לתכנון. כששאלתי את נער האוצר הממונה עלי מדוע זה קורה הוא השיב: "אצלנו ישנו כחח שלא מאשרים תקציב לתכנון לפני שהפרויקט אושר לביצוע" כמעט לא יאומן. תקציב התכנון הכללי הוא בסידרי גודל של חצי אחוז למאה מהיקף הפרויקט. לא מפקירים סכום של שקל שיסייע לנו לבנות בצורה נכונה לפני שנאשר הוצאה של 200 שקל.

אין כל ספק שמוצר לוואי זה, של התפלת מי ים, בחצי מחיר בשילוב שלו עם מחירי חשמל נמוכים ביותר יאפשר ניצול מעשי של התפלת מי ים והשקיה לרוב מדבריות העולם עם אופטימיזציה של כל שילוב כזה. שטח המדבריות והארצות היבשות למחצה מגיע לסדרי גודל של 40 מיליון קילומטרים רבועים. אבל לא מן הנמנע שנישם שיטת התפלה חדשה שעלותה חמישים מהעלות כיום או פחות (ראה בהמשך שיטת המבוע וערבוב הים).

המרה של מוצרי נפט וגז בביו-דלק - האפשרות להשקות את המדבריות במים זולים יחסית מאפשרת לגדל צמחים לשמן ולהפקת כהל שימיר דלק דיזל ובנזין לתחבורה. זאת מבלי לפגוע במערכת הייצור החקלאית המסורתית שדרושה לצורך אספקת מזון, סיבים ומוצרים נוספים לאוכלוסיה הולכת וגדילה.

גידולי ים - קוטר הארובה הסטנדרטי שבו השתמשנו לתכנון היה 400 מ'. רדיוס מעבר לזרימה אופקית הוא בקרוב עוד 50 מ' מכל צד מבלי האטה של האוויר ועוד 200-250 מ' מכל צד לשופרות המאטים את האוויר ביציאה. ובסה"כ 900-1000 מ' קוטר. השטח הכולל הוא 636 אלף מטר רבוע ועד 785 אלף מ"ר. מצפון לאילת השטח למיליון קו"ש לשנה הוא על כן 205-253 מטרים רבועים. ליתר ביטחון אנחנו נאפשרים ללא חשש להניח בתכנון אפילו עד 400 מטרים רבועים למיליון

קו"ש או קוטר של 1579 מטרים לבסיס השטח. תוספת זו נותנת לנו שטח נוסף לאיסוף רסס ליתר ביטחון.

אם נבקש לבנות בריכות בהיקף הארובה כדי קליטה של 600 מיליון קוב מים בשנה מתחלקים על 365 ימים, צריך להוסיף שטח לנפח אגירה של כ - 1.65 מיליון מטרים קוביים כדי להכתיב השהיה של מי ים למשך יממה אחת. השטח הנוסף הדרוש תלוי בעומק המים בבריכה. אם נניח עומק של מטר אחד סך כל השטח הנוסף יהיה 1.65 מיליון מטרים רבועים. אין כל קושי להוסיף מעט לעומק המים כדי להשהות אותם ליותר מ-24 שעות. ההנחיות שקיבלנו ממומחי הדייג של הסניף האילתי של החברה לחקר ימים ואגמים, היה שבקוב מים ניתן לגדל עד 100 קילוגרם דגים בשנה. מכאן השטח הכללי מסתכם ל 2.3-2.4 מיליון מטרים רבועים ושטח או כולל של 740-770 מטרים רבועים למיליון קו"ש. בשטח הנוסף אנו יכולים להשהות את מי הים לריסוס, כולל זמן לסינון וטיהור המים לפני ריסוסם לראש הארובה. המשמעות היא פוטנציאל גידול של כ - 160000 טון דגים לשנה. בעצם, אין כל מניעה להשהות את המים מעט יותר מיממה ולהעמיק את הבריכות כדי להקטין מעט את השטח הכולל ואף להגדיל את פוטנציאל הגידול של דגי ים סביב ארובה אחת.

התכנון הנ"ל מאפשר פוטנציאל גידול בישראל בהיקף של למעלה מ - 3 מיליון טון דגים לשנה (אם ימצא השוק המתאים). להשוואה, כל מפעל גידול הדגים באזור אילת לא הגיע ל - 3000 טון לשנה, חלק אחד לאלף מהפוטנציאל המלא. או רק 2% מהפוטנציאל של ארובה אחת!!! לבריכות המדבריות מחיר נמוך מאוד ומים בחצי חנינם. אפשר גם להסביר מדוע מתגברים בקלות על בעיית הזיהום ("יקצר המצע מהשתרע" - אבל ראוי להבהיר: שיש לנקות, ממילא, את המים בטרם הם נשאבים להתזה מראש הארובה כי אם לאו המים יסתמו את נחירי המתזים.) התימלחת הנותרת אחרי ההתזה ניתנת להרחקה בזחילה איטית במורד קרקעית הים ללא ערבוב. דבר זה נוסה ונחקר בכל קנה מידה בתהליך הפיתוח הברכות הסולריות, החל מקנה מידה מעבדתי וכלה בבריכה בשטח של 210 דונם עם הצלחה לשלוק שכבת מים בעובי סנטימטר אחד בעומק מסוים, ניקוייה והחזרתה למקומה).

נניח שמחייבים את גידול הדגים רק בחצי שקל לק"ג. ההכנסה תהיה 0.6 סנט לקו"ש חשמל. מחצית הפוטנציאל העולמי הוערך ב - 130 מיליון טון דגים, וזאת בהשוואה לכל הדיג כיום בים ובבריכות, כדי 90 מיליון טון. אפשרות זו תציל את הדגה הטבעית ותמנע חיסול אוכלוסיות דיג בימים. המצב כיום חמור ביותר ביחס לדגה בימים. זאת כאשר מתחילת שנות החמישים היקף הדיג עלה מכ - 20 מיליון טון בשנה ליותר מ 90 מיליון טון.

מסתבר שעם שינויי האקלים ודייג יתר צופים ביותר ויותר אזורים ימיים "שטחים מתים" בהם יש הערמות של שרידי יצורים מתים ויש הרס של האוכלוסייה החיה או חלקה הגדול. (ראה למשל המאמר בשם Suffocating Seas ב - Scientific American בעמודים 11-12 מאוקטובר 2008, ע"י Barbara Juncosa). בכנס על שינויי האקלים והמים סביב הים התיכון שהתקיים בקפריסין התורכית ב - 9-11 לאוקטובר 2008, Prof. Angekl Perez Ruzafa, מאוניברסיטת Murcia, בספרד, דיווח על דייג המעיד על חיסול אוכלוסיות. יתכן מאוד שמלבד האפשרות להקטין את הדייג בים כפי שהסברנו לעיל לתופעה עשוי להיות קשר גם עם תהליכי ערבוב הים הנדונים בפרק 8.6 בהמשך בהקשר לעבודתו של ד"ר גד אסף המצביע על קשר ישיר בין כמויות הגשם במזרח הים התיכון ובין תהליכי הערבוב של שכבות המים בים. יתכן שישנו קשר משולש בין שינויים בתהליכי

ערבוב המים בים וכתוצאה מהם שינויים במאזן החום והגשם ובתהליך אספקת חמצן המאפשרת קיום אוכלוסיות חיים שונות. ערבוב הים מבטיח גם העלאה של חמרי מזון מהשכבות התחתונות. חשוב ביותר להדגיש שלגידול ק"ג דגים דרוש רק כק"ג מזון יבש. לעומת זאת, דרושים שני ק"ג מזון יבש לק"ג בשר עוף, 3 ק"ג מזון יבש לק"ג בשר חזיר ו- 5 ק"ג מזון יבש לק"ג בשר בקר. למותר להדגיש את המשמעות מרחיקת הלכת מבחינת אוכלוסיית העולם באספקת חלבון במינימום שטח ומינימום מים להשקיה.

אין מניעה לגדל בבריכות הדגים אצות שונות כמזון לדגים ותוספת חמצן ולשימושים תעשייתיים שונים. כמו כן יתכן לטפח אצות לייצור שמן ודלק לתחבורה.

◆ **מניעת המלחה במפעלי השקיה גדולים** - לאורך נהרות ותעלות החוצים מדבריות ישנו תהליך של צבירת מלחים. חלק מהמים שמשתמשים להשקיה מתאדה. השאריות המלוחות חודרות למי תהום ועל פי רוב חוזרות לנהר. המליחות הולכת וגדלה לכיוון השפך ושטחי החקלאות הולכים ומומלחים ועוברים תהליך מדבור. הרחקת המלחים מחייבת תפיסה של כמויות מים גדולות מאוד והולכתן למרחק של מאות ואף אלפי קילומטרים. התהליך יקר למדי וכמוכן, מנהיגי ציבור דוחים את ההשקעה הדרושה בהערכה מוצדקת לכאורה, שהאסון המוחלט לא יקרה בזמנם. בכל מיקרה שאפשר לבדוד את החלק של המים שלא התאדה ולהשתמש בו לריסוס ניתן לנצל את המים בדרך הנ"ל תוך רווח כפול.

אחת הדרכים לפתור את הבעיה היא לתפוס את מי הניקוז המלוחים ולאסוף אותם בנקודות מיוחדות לאורך מקור המים. שם אפשר להשתמש במים המליחים להתפלה, זאת אם יש מי שישלם את מחיר המים. דרך אחרת היא להשתמש במים המליחים להתזה בארובת שרב. כל קוב מים שמתאדה מפיך כ- 9-10 קו"ש חשמל. כמות המים שנותרת תהיה לא יותר מ- 3-5% מהכמות המקורית. למשל, את תעלת אינדירה גאנדי בצפון הודו - במקום להוביל קוב מים למרחק אלף קילומטר בעלות של בערך דולר (וזאת בערך ל- 3.5 מיליארד קוב לשנה), משתמשים במים לארובת השרב, מייצרים חשמל תוך כיסוי ההוצאות ועוד רווח של חצי דולר בקירוב, כאשר מחיר הובלת השארית לא יותר מ- 5 סנט. תועלת נוספת היא שעל כל קוב מים מליחים שמורחק מרוויחים במקרה טיפוסי עוד כחצי קוב מים טובים במורד הנהר. דוגמאות נוספות הן בנהר הקולורדו ובמארי-דארלינג בדרום מזרח אוסטרליה.

◆ **הפקת אנרגיה מתרכיז המים** - ניתן אומנם להפיק אנרגיה כאשר מביאים את התמלחת במגע עם מי ים או מים מקוריים אחרים ששימשו להתזה בארובות ובהתפלה. יש יותר מדרך אחת לעשות זאת כדי ניצול הפרש לחץ אדים בטמפרטורה מוגבהת; על ידי ממברנה חצי חדירה בניצול לחץ אוסמוטי; ואולי יש שיטות אחרות שתהיינה יעילות יותר. בשנים האחרונות עבדו על שיטות כאלה למשל במדינות הסקנדינביות להפקת חשמל בין מי שלגים ומי ים.

◆ **מי קירור לתחנות כוח תרמיות כולל גם תחנות תרמיות-סוליות** - זאת כאשר אין מקור אחר למי קירור. דבר זה מאפשר הקמת תחנות כוח תרמיות לאו דווקא צמוד לחוף הים או לחוף נהר. למשל קשה לראות כיצד יתקינו בלב הנגב תחנת כוח סולרית תרמית יעילה ללא מי קירור.

◆ **אוויר קר להפעלת טורבינות גז** - קירור מוקדם של האוויר לפני דחיסה אל תוך הטורבינה ישפר את הנצילות בערך 1% לכל מעלת צלזיוס קירור. במקרים הטיפוסיים הקירור של האוויר היה

בסדר גודל של עשר מעלות, כלומר, שיפור הנצילות בכ - 10%. אבל כדאי לזכור שגם מעגל משולב של טורבינות גז מחייב מי קירור.

❖ **תוספת מנגנון לקירור כדור הארץ שאיננו תלוי בגזי חממה ולא דורש כל השקעה. הסבר של סעיף זה הוא מעבר להיקף האפשרי של חוברת זו. למיטב ידיעתנו זוהי האפשרות היחידה המעשית לקירור כדור הארץ על ידי פעולות האדם. להקטנת הכמות של גזי חממה הנפלטים משריפת דלק, בינתיים אין רואים סיכוי של ממש ממשי בקנה מידה משמעי.**

❖ **יכולת למשוב חיובי של הארובות כאשר האוויר מתחמם וישנה שנת בצורת כושר הייצור של הארובות גדל בהתאם. הערכה גסה מצביעה על תוספת הספק של 10% בקרוב בגלל התחממות של מעלה אחת צלזיוס של האוויר.**

אלה תוצרי הלוואי הגשמיים העיקריים. הערכות הראו שההכנסה הנוספת תנוע בין 4 סנט ל-14 סנט לקו"ש. המדהים ביותר הוא שאגב ייצור חשמל זול ביותר ממקורות מתחדשים, קבלנו פתרון לבעיות בים, אספקת תחליפים לדלק פוסילי. הצלחנו למצוא פתרון לבעיות הסביבה הקשות ביותר והנירחבות ביותר.

נמנה בהמשך 11 מתוצאות הלוואי הסביבתיות, הכלכליות והאסטרטגיות.

❖ **ייצור חשמל ללא פליטה של גזי חממה**

❖ **מניעת זיהום אוויר שמזיק לבריאות, לחי ולצומח, כולל גשם חומצי**

❖ **אי תלות באספקת דלק**

❖ **הגנה בפני מחירי דלק גואים**

❖ **חסינות בפני ניודים של מחירי דלק**

❖ **הימנעות מהצורך במאגרי דלק רורביים והסכמים ארוכי טווח בלתי נוחים**

❖ **שיפור מאזן התשלומים לא רק על ידי הימנעות מהוצאה על דלק אלא גם על ידי פיתוח תעשייה מקומית**

❖ **מניעת מדבור והמלחה ואבטחה של אספקת מים אמינה**

❖ **הימנעות מקנסות של פרוטוקול קיוטו (בין אם הוא מוצדק ובין אם לא)**

❖ **הימנעות מהוצאות הגנה בממדי ענק**

◆ **מלחמה להגנת תרבות המערב והתגוננות בפני טרור**

6.7 סך כל הרווחים מארובות שרב

למותר לצייר את התועלות הדרמטיות ביותר של הארובות מהבחינות השונות של משק האנרגיה:

1. יש בכך הצלה של ממש לכדור הארץ מבחינה סביבתית.
2. יש בכך כלי לניצחון החברה המערבית דמוקרטית מול סוחרי הנפט וגרוריהם ומכך גם למלחמת התרבות המתנהלת בשחיתות ורשעות ולתמיכה בטרור.
3. יש בכך, כמובן, גם פתרון משמעי מאד מבחינה כלכלית בשיפור מאזן התשלומים בהרבה מדינות ובשחרור מהוצאות כבדות לביטחון.
4. ההכנסה הצפויה למדינת ישראל אם תתעשת ותשתחרר מהטיפוסים המשעבדים את כל עתידה היא מתוך שוק לא פחות מ-200 מיליארד דולר לשנה לפני מוצרי הלוואי המכפילים מספר זה פי כמה. אם נשתחרר מצורת ההתנהלות הקיימת כיום בישראל נוכל להרוויח פי כמה מכל הרווחים שהיו ממה שקרוי היי-טק.
5. אסור לשכוח שני דברים בסיסיים. א. הדוחפים העיקריים כיום לטכנולוגיה סולרית כזאת המנצלת את באופן ישיר את קרינת השמש לחשמל הן חברות הנפט שידעו היטב שכך הן מבטיחות את עצמן להרבה שנים. ב. יש להעביר את ההחלטות לבעלי מקצוע שמשתפים פעולה עם מרחב מיומנויות ולהרחיק כל מי שעיקר מאמציו הם לשמור על סמכותו ולהשיג כותרות קצרות טווח. יש הכרח לשנות מן היסוד את צורת ההתנהלות שלנו.
6. ניתן להקים את הארובות כדי לספק לירדן מאות מילוני קובים מי ים מותפלים בעלות של לא יותר מ-25 סנט לקוב כנגד עלות מתעלת הימים של לא פחות מ-1.2 דולר למטר קוב. אבל בניית הארובה יעולה לשמש בסיס לשיתוף פעולה עם ירדן ששום אמצעי אחר לא יכול לפתות את ירדן במידה דומה. הפיתרון המעניין ביותר למספר גדול של בעיות גלום בהצעתי ל"חלופה מצפון". מוחם ההזוי של כמה מהעוסקים בנושא העלה את התשובה של ירדן שאם נזרים עוד מים בירדן הם ישאבו אותם ולא נשיג את אשר ביקשנו. זה אך שמעתי את ראש רשות המים המייצג את המדינה בנושא תעלת הימים שאומר שבחלופה מצפון עלות ההמרה של מי הכינרת הנשאבים למוביל הארצי הוא מיחיארד דולר לשנה. מדהים. מה מחיר התפלה של 350 מיליון קטוב לשנה כאשר העלות לקוב כיום לפני שכלולים היא 65 סנט. במחשב שלי זה יצא 233 מיליון דולר לשנה. אולם רק שיפור אמינות אספקת המים שווה 350 מיליון דולר. יש ערך לשיקום הירדן. יש ערך לריקון מלח הבישול מבריכה מספר 5 בים המלח ונוסיף בסופו של דבר 350 מיליון קוב מים לים המלח ללא כל סיכונים סביבתיים. יש עוד יתרון שבעזרתו ניתן לאגור בכינרת בדרך קבע כ-800 מיליון קוב מים שניתן להשתמש בהם במיקרה של בצורת שלמשל תתפרס על פני 4 שנים. זהו עוד יתרון כלכלי של 200 מיליון דולר בשנה. ולא סיימתי את הרשימה. איך מעז אורי שני לאמר את הדברים בשידור ברדיו? ובכן, שילוב של ה"חלופה מצפון" וה"חלופה מדרום" מצביעים על דרך שבה ירדן לא תעז להפר את ההסכם.

להלן טבלה השוואתית בין הטכנולוגיה של ארובות שרב ובין מקורות אנרגיה אחרים. (טבלה 7).
אבל חשוב ביותר לענייננו בחוברת זו הוא:

- **מצאנו דרך להבטיח שמחירי החשמל לא יעלו וכך מחירי ההתפלה של מי ים יהיו כאלה שדי בהשגת אמינות ההספקה כדי לשלם יותר מעלות המים.**
- **מעבר לכך הראינו שישנה דרך להתפיל את המים אפילו בפחות מחצי המחיר כיום וזאת בשיטה הסטנדרטית של אוסמוזה הפוכה.**
- **יותר מכך הראנו שתוספת המים הזולים תתרחש בעיקר בשטחי מדבר שהיום כלל לא מושקים ולכן לא יהיה ניגוד בין המטרות של קיום חקלאות קלאסית ובין הרחבת ההשקיה לאספקת דלק נקי לתחבורה.**
- **הסרנו חלק נכבד למניעי מלחמות על מקורות המים.**

טבלה 7 - השוואה תפקודית של כמה שיטות אספקת חשמל עם ארובות שרב

פסולת עירונית וחקלאית	רוח	שיטה: הידרו- אלקטרית	שיטה: פוטו- וולטאית (הטובה ביותר)	שיטה: סולרית תרמית (הטובה ביותר)	שיטה: ארובות שרב	
דומה למחירים בדלק	לפחות 4	לפחות 3	50-60	25-30	2-6	עלות ייצור [¢/kWh]
24 שעות ולפי בחירה	לסירוגין כ 20%-30%	ללא הגבלה	6-8	6-8	ללא הגבלה	שעות עבודה ביממה
מהחשמל 12%	10-20% השימוש העולמי בסיבסוד מספיק פי ארבעים מצריכת החשמל	רק 7% מהשימוש העולמי	ללא הגבלה	ללא הגבלה	15-20 פעם יותר מהשימוש העולמי היום	שימוש עולמי באנרגיה
הקטנת שטח תפוש באשפה כדי 160 מטרים רבועים לשנה לכל מליון	שימוש חלקי, אבל גדול, כ-1000 מטרים רבועים למיליון קו"ש בשנה	גדול מאוד	12000	12000	בלי מוצרי לוואי - 250; עם מוצרי לוואי - 780	שטח במטרים מרובעים עבור מיליון קו"ש

קו"ש שמקורם בפסולת						לשנה
6	—	2	חום תרמי	0	13	מוצרי לוואי
גבוה	0	גבוה-עודד פי חמישה ממחיר הבסיס	בערך 2	0	4-14	תוספת ערך בסנטים לקו"ש

ניתן לסכם ולאמור בפרוש:

א. ניתן להפחית בשימוש בדלק בין 50% ל-60% מחר בבוקר בעלויות שאינן מחייבות אידיאולוגיה סביבתית. הן כוללות ייעול השימוש, ניצור אנרגיית רוח, ניצול פסולת עירונית וחקלאית, וניצול קרינת השמש לחום. לחלק מהטכנולוגיות המוצעות מוצרי לוואי חשובים ביותר חסכון במטבע זר כדי יותר מל מיליארד דולר בשנה, ייצור מקומי ויצוא לא מבוטל ויצירת עבודה. בהקפים של מאות מיליארדי דולרים בשנה.

ב. ישנה טכנולוגיה חדשה שמאפשרת אספקת כל החשמל בארץ ובעולם אפילו פי כמה וזאת על ידי ניצול מאגרי אוויר חם ויבש. זהו המשאב הדרומי היחידי. בכל הנושאים הסולריים אין לדרום שום יתרון. הטכנולוגיה החדשה נושאת בקרבה 13 מוצרי לוואיגשמיים מדהימים בערכם הכלכלי. הם פותרים את הבעיות הסביבתיות החשובות ביותר באספקת דלק לתחבורה ממקורות מתחדשים, בייצור מים כדי יותר מהכפלת המים בישראל ובפחות מחצי המחיר. הטכנולוגיה החדשה מאפשרת גידול דגי ים כדי אספקת כל הפרוטאינים למדינה ע 3000 קילו לנפש לשנה במחיר מוזל תוך חסכון אדיר בשטח קרקע ובכמויות מים. ברמה העולמית מעל 130 מיליון טון דגים (לעומת כ 95 מיון טון כל הדגה כיום).
ג. התנופה הגדולה לאנרגיה סולרית המנצלת באופן ישיר קרינת השמש לייצור מסות גדולות של חשמל היא תערובת של בורות ושחיתות. ראשית המחיר נע בין פי חמש לפי חמישה עשרה מהשיטות האחרות הזמינות. שנית דרוש שטח גדול פי ארבעים משיטות אחרות. שלישית טכניקות אלה אינן " ירוקות" כלל מישום שכמות גזי החממה הדרושים להיפלט לשם ייצורן עולה על כל כמות גזי החממה שיחסכו לכאורה. לבסוף, אין כל סיכוי שטכניקות סולריות אלה ישמשו בסיס לתעשייה גדולה ויצוא מישראל. הטכנולוגיות האלה נתמכות יותר מכל על ידי חברות הדלק ומשרתות רק אותן. לצערי נוצרה כבר תמיכה רחבה בארץ והחשש שלי הוא שאי אפשר יהיה כבר לתקן את המעוות מטעמי פרסטיז' ואינטרסי מקומיים שנוצרו אם לא גרוע מזה.

6.8 עבודות הכנה לקראת בניה של ארובות שרב.

הפיתוח של ארובות השרב נישלם, להוציא אולי כמה פרטים משניים. אולם לפני החלטה על הקמה של תחנת כוח בקנה מידה מלא המשקיעים הפוטנציאליים יצטרכו לבסס החלטה עקרונית לא קלה. להלן רשימת העבודות המכינות לקראת האפשרות להחליט על התחלת הקמה של ארובה בקנה מידה מלא. ישנן סיבות אחדות מדוע להימנע מבניית דגם קטן. זוהי נטייה של אנשים שונים להמליץ על כך. יש בכך שגיאה לוגית בסיסית וחוסר ידע ביחס לשלושה דברים :

א. גם דגם מוקטן יהיה במחיר מרתיע בסדרי גודל של עשרות מיליוני דולרים ואף קרוב למאה מיליון וזמן של כמה שנים שימנעו מישהו מלהחליט על משהו שהוא בגדר ניסוי בלבד ללא נשיאת רווח..

ב. מבחינת האקלים ופרוסו בגובה דגם מוקטן כלל לא יהיה דומה לארובה בקנה מידה מלא והשאלות שנשאלות על ידי מי שאינם בעלי מקצוע, ובמקרה זה עוד יותר אלה שכן בעלי מקצוע תישארנה בעינו.

ג. תעשיות רבות ממדים למדו להשתמש בשני כלים מכריעים כדי להתגבר על הדילמה הנ"ל. ראשית משתמשים באנליזה ממדית כדי להגיע לפתרונות הן בחישוב והן בעבודה ניסיונית במודלים קטנים כמו במנהרות רוח. שנית, התעשייה מתבססת על הבטחת איכות ואמינות. עם הבטחה כזו אין לחשוש מהליכה לקנה מידה מלא. ללא הבטחה כזו אסור באיסור חמור לגשת לבניה בקנה מידה מלא אפילו אחרי מאה דגמים.

הערכתנו שבין השאר הדיוק בקביעת עלויות וביצועים ישתפר אולי תודות לעבודות ההכנה בהקטנה של סטיות התקן ממעט מעל 20% לפחות מ-10%. ומכאן ההסתברות לכשל כלכלי תרד מיחס של קרוב לאחד לאלף לפחות מאחד לעשרת אלפים.

הערכת העלות של עבודות ההכנה היא לא מעבר ל 10 מיליון דולר. תיתכנה מחד גיסא עוד הוצאות כדי להשיג חופש פעולה ולכסות חובות התלויים בהתחלת התהליך. כנגד זה ישנו סיכוי לא מבוטל לגייס סיוע ציבורי.

הערכת הזמן הדרוש עד לקבלת החלטה והליכה לבנייה בקנה מידה שלם בין שנה וחצי לשנתיים. נוסף לסכום הנ"ל יהיה צורך בכיסוי של עוד סכום קרוב לשני מיליון דולר לחובות שיאפשרו לחברת ארובות שרב להעביר את הזכויות לקראת התחלת העבודה.

חשוב להדגיש שעבודות ההכנה אינן שונות מבחינת הצורך והחשיבות אפילו ביחס לבית קטן בן קומה אחת ושדושה חדרים. גם שם יהיה צורך בבחירת מגרש ורכישתו, בתכנית עקרונית ואישור של בני הבית. יהיה צורך אחר כך בהגשת תכניות לאישור בניה. אחרי זה להצעות של קבלנים ולדאוג לחוזה ביצוע ולהבטחת האיכות. גם ההוצאה היחסית איננה יותר גדולה.

Preparatory work- tasks list and performers

The following items will be performed by the company and by Sharav in cooperation with hired engineering companies.

Task	Main Performers
1. Review and translation of research records and formulate the needed tasks and necessary decisions	Sharav Sluices
2. Data collection and review research to date, formulate targets for future research	Sharav Sluices + Engineering Company
3. Development and perfection of numerical tools for different evaluations (flow, output, wind forces, etc.)	Sharav Sluices
4. Preparation of an improved global atlas; development of a climatic model	Sharav Sluices

based on satellites site measurements and other geographical and economical data	
5. Measurements of climate parameters along a whole year: temperature, humidity, wind velocity per one site; collection of geologic, topographic and hydrologic data of several individual sites	Sub-contractor + Engineering Company
6. Optimization of design and operation of the Tower in th4e different sites.	Sharav Sluices
7. Evaluation of environmental problems and solutions for specific sites	Sharav Sluices + Environment experts
8. Design of water supply and spraying system	Engineering Company
9. Design of the construction and erection method	Engineering Company
10. Design of turbines system and generators	Engineering Company
11. Design of control systems	Engineering Company
12. Cost estimates contractors proposals and economic evaluation	Engineering Company
13. Quality and reliability assurance	Engineering Company + Sharav Sluices special team
14. Statutory process	Sub-contractor+ Sharav Sluices
15. Marketing, management, financing, legal	Europartners
16. Inspection of items 8, 9, 10, 11, 12 including comparison between more than one engineering design and errection proposals.	Sharav Sluices

The above tentative preparatory work program will be discussed by a joint team of the company and "Sharav sluices" possibly with the help of leading engineering aids. A well defined detailed work program will be operated jointly and financed by the company.

The estimated cost of this preparatory work was 12 million dollars and the time needed between 1.5 to 2 years , by which time the investors should be ready to go ahead with the full scale construction of a power station.

6.9. עוד הערת סיכום

למרות סידרה ארוכה של רפרנטורות בארץ ובעולם שכולן היו נלהבות ביותר (תמצית שלהן מרוכזת בספר בן מעל 300 עמודים) הוחלט במשרד התשתיות שכבר תמכו די בפרויקט של ארובות שרב. הרעיון לנסות ליישם את הפיתוח שכבר הושלם לפני כמה שנים לא עלה על דעתם. בשורה של מגעים עם גופים העוסקים בהשקעות בפיתוחים ישראליים חזרו ואמרו לי: "אל תצפה לשום דבר מישראל". "אין אל מי לדבר". "תפסיק להיות פטריוט כזה". "חברת החשמל לא מסוגלת להרים אף פרויקט ואין אף חברה אחרת שמסוגלת לכך" משנה לשנה ומניסיון לניסיון אני הולך ומשתכנע בדבריהם. לבקשת הקורא יוכל לקבל כ-300 עמודים של רפרנטורות שונות. לאחרונה קיבלתי מכתב מהשר בתוספת מיספך חוות דעת של המדען הראשי. הגישה הייתה חיובית אבל הקביעה הייתה שאין סכוי שאממש זאת בישראל. משרד האנרגיה האמריקאי הכריז בין השאר על מענק של 30% להשקעה בפרויקט חלוצי ו-70% ערבות בנקאית. מדינת ישראל צריכה להציע סידור דומה ולא בסכומים של כמה מאות אלפי שקלים. ישראל תרויח מזה הון עתק שלידו כל מה שהיה קרוי הייטק ייראה זניח.

7. מהי הגדרת הצרכים לפיתוח בר קיימא של מקורות

מים

7.1 רכיבי הגשם

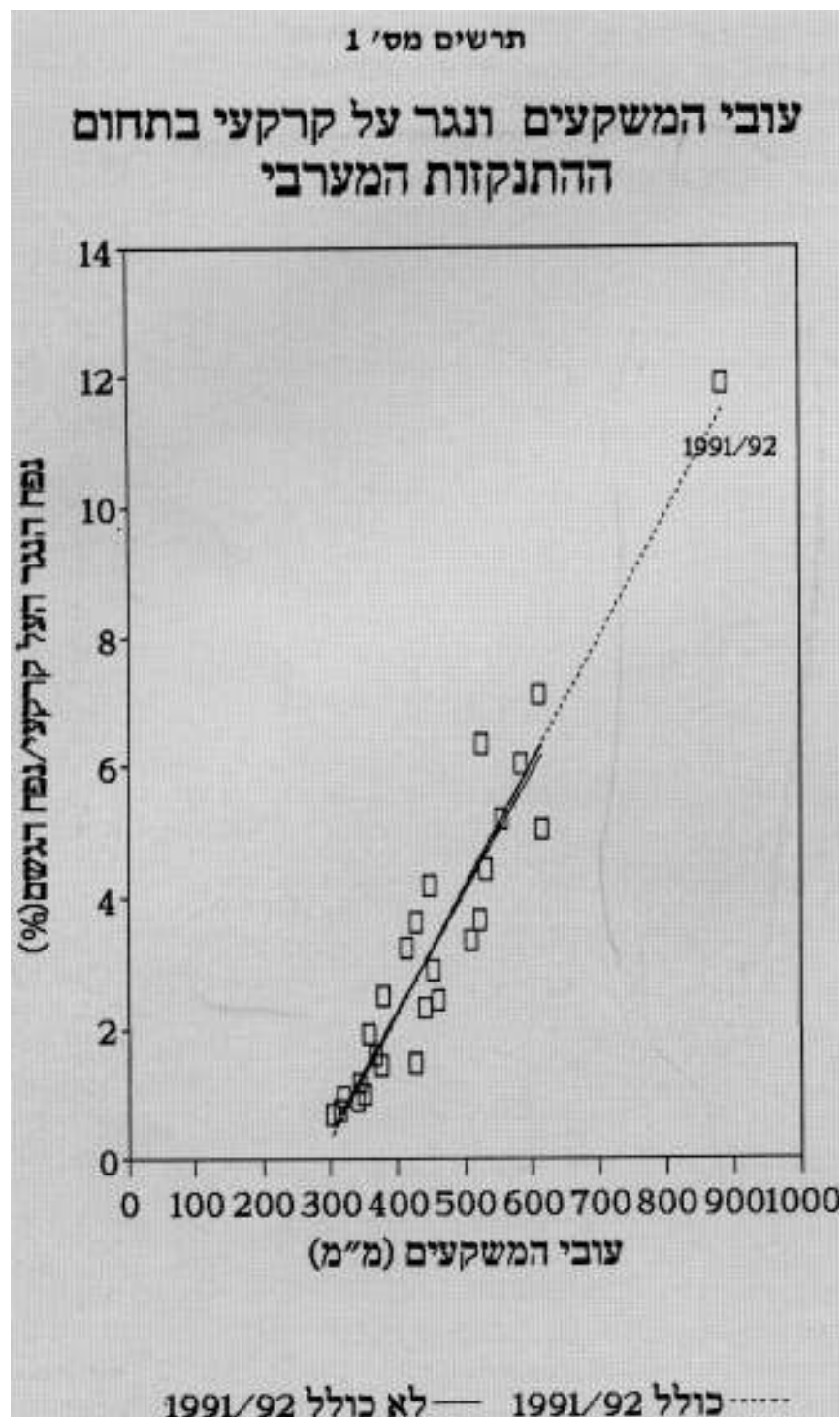
במורדות המערביים של מדינת ישראל הגשם הממוצע הוא כ- 530 מילימטרים בשנה. 5% של הגשם הופך לנגר ו- 15% מחלחלים למי תהום. כ- 80% מתאדים בחזרה. המאגר הממוצע העומד לרשותנו הוא בסך הכול מה שחלחל למי תהום ומים שתפשונו ממי שיטפונות שזה בנפח זניח לצורך הדיון כאן. בסך הכול הכמות, ללא מאגרים של מי שיטפונות, היא בסדר גודל של לא יותר מאשר כ- 1.6 מיליארד קוב בשנה. כמות זו פוחתת בשנים שחונות וכן פוחתת אם אנחנו גורמים לזיהום של מי התהום בהיקף של מאות מיליוני קובים בשנה, שהם הופכים לבלתי שמישים.

חשוב להבהיר שכבר היום הביקוש הממוצע למים עולה על המאגר המטאורולוגי הנ"ל. אבל חמור מכך חלק לא מבוטל של אקוויפר החוף כבר אינו ראוי לשימוש כפי שהוא וזאת למרות פיגור בעדכון התקנים למים והשימוש גם במים שבספק אם הם באיכות ראויה. אין כל מניעה לשאוב מים מהאקוויפר גם כאשר הם מזוהמים אם נתפיל את המים במחיר נוכחי שהוא למעלה מדולר לכל קילוגרם מומסים שנבקש להוציא מהמים אבל אולי לא יותר מ- 20-30 סנט לקוב מים. ניתן אם כך להעריך מה כמות המים החסרה בממוצע. מעבר לכמות זו יש למצוא פתרון לאספקת כיסוי לניידים בגין תקופות בצורת וזאת על ידי נפח שאיבה גדול ואפשרי במקורות התת קרקעיים ועל ידי מערכת להתפלה שבחלקה נמצאת במצב הכן לתקופות חסרות מים.

מלבד זיהום בשטחים רצופים גדולים למדי ישנם כ- 150 מקורות זיהום קטנים יחסית שהסיהום שלהם הולך ומתפשט משנה לשנה בשטחים רבים, גם לא באקוויפר החוף. עשוי להיות ויכוח ביחס לערך המדויק של כמויות המים. צר לי לאמור שלא פעם אני רואה כמויות שנבקעות לצורך נוחיות ולאו דווקא לפי ערכי אמת מדודים.

מעניין לקבוע שאחוז הנגר העילי גדל לפי קו ישר התלוי בסך הכול הגשם ולא דווקא בעצמת הגשם הרגעית.. לא נוצר כמעט כל נגר בטרם ירדו כ - 270 מילימטרים. הביסוס התיאורטי לעובדה זו התגלה על ידי במשך 1968 ופורסם בהרחבה לראשונה ב1970 על ידי משרד החקלאות האמריקאי תיאוריה זו החליפה את האמונה התפלה שהנגר נגרם כאשר עצמת הגשם עולה על כשר החידור של הקרקע. היא זכתה לפרס מכובד ביותר על ידי אגודת המהנדסים האמריקאית כעבודה החשובה בנושאי זרימה. (KARL EMIL HILGARD HYDRAULIC PRIZE American Society of Civil Engineers 1982) נימצא שכמות הנגר שווה בקרוב לכמות הגשם במילימטרים מוכפלת בהפרש בין הגשם במילימטרים פחות 270 כפול בשני חלקים לעשרת אלפים. (המספר 270 הוא ספציפי לנוף הנידון).

אם מחסירים מקו הגשם בציור 10, 270 מילימטרים הרי הסטיות היחסיות בגשם נטו שניתן להראות נעשות לאין שעור יותר גדולות. לדוגמה הגברת הגשם ב - 20% מ - 500 ל - 600 מילימטרים תגביר את הנגר ב - 72% מ - 23 ל - 39 מילימטרים. קל לראות שבשנה שחונה כמו חורף 2007-2008 כמות הגשם



ציור 12 - אחוז הנגר כפונקציה של סך כל הגשם במורדות המערביים של ישראל.

הייתה כ 60% מהמוצע. באזור בו הגשם הממוצע הוא 600 מילימטרים והגשם בשנה זו היה רק 360 מילימטרים הנגר הצפוי ירד מ 39 מילימטרים ל 6.5 מילימטרים.

מעניין לציין שכמות מי הגשם שמעשירה את מי התהום משתנה בצורה דומה מאד לכמות מי הנגר. לפי התיאוריה שפורסמה על ידי זסלבסקי ב - 1970 והמשך הפיתוח על ידי זסלבסקי וסיני 1981, ישנה הצטברות של מי גשם בקרקע באזורים קעורים (לאו דווקא בשקעים). הקוטר נמדד על ידי הלפלסיאן של גובה הקרקע Z ביחס לשתי הקואורדינטות האופקיות X ו Y. אחרי ירידה של כ - 270 מילימטרים

נוצר איזור רווי שבו המוליכות ההדראולית בסביבה הנקבובית גדלה בסדרי גודל. מהאזור הרווי חלק מבצבץ כלפי חוץ ויוצר נגר עילי וחלק מחלחל לעומק הקרקע ויוצר מאגר מי תהום. חלק ממי תהום אלה שופעים כלפי חוץ ויוצרים מעיינות, נחלים ואגמים. בעבר העריכו שנפח מי הנגר בממוצע רב שנתי מצטרפים לכ - 5% של הגשם. בממוצע זו תוצאה של קצת מעל 500 מילימטרים גשם. החלחול לעומק מי התהום מגיע בערך ל - 15%, פי שלושה מהנגר העילי. (התורה התקבלה ואושרה בניסויים על ידי המעבדה ההידרולוגית הלאומית בסין. צר לי שמוסדות הישראלים עדיין מלמדים תורות הידרולוגיות מצוצות מהאצבע מלפני יותר ממאה שנה).

מכאן ניתן בקלות להסיק שירידה ל - 60% של הגשם מ - 600 מילימטרים ל - 360 מילימטרים תקטין את כמות ההעשרה של מי התהום מ - 117 מילימטרים ל - 19 מילימטרים כלומר הקטנה לא ב - 40% אלא ב - 84%.

יש לזכור גם שהעשרת מי התהום מורגשת לעיתים בפיגור של שנה ויותר. מהציור שמובא על ידי ד"ר אריה בן צבי, אם ס"ה הגשם מסומן באות P במילימטרים הרי ניתן לבטא בקרוב גס את ס"ה הנגר במילימטרים כלהלן.

$$totalrunnoff = P(P - 270)1.905 \times 10^{-4}$$

כך באגני ההיקוות המערביים העיקריים בישראל יחס כמות הנגר לגשם איננו נמדד בערך קבוע וניתן לביטוי בערך על ידי

$$\frac{totalrunnoff}{P} = (P - 270)1.905 \times 10^{-4}$$

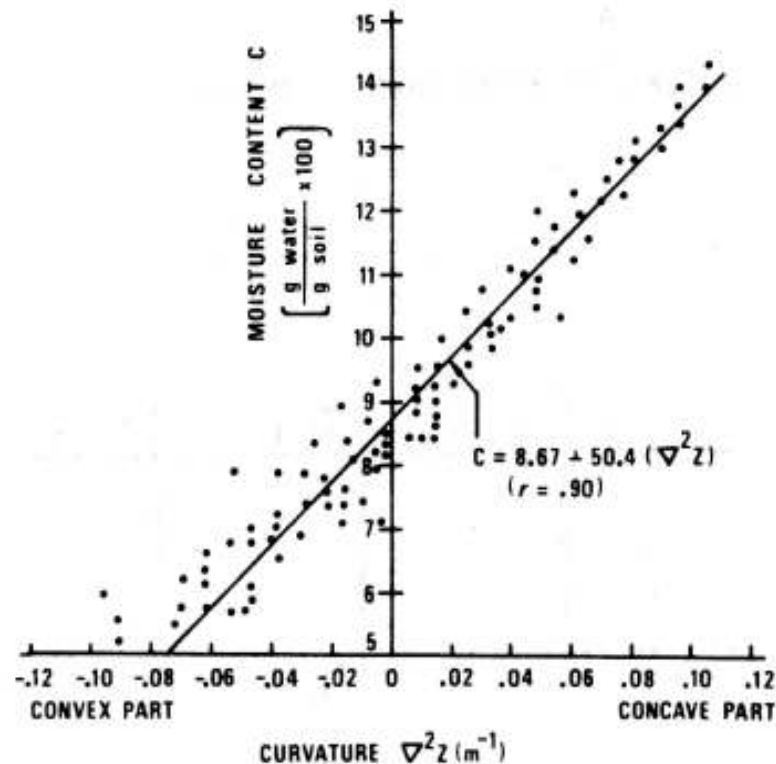
מהניתוח שלעיל אפשר להבין עד כמה גדול המחסור כתוצאה מבצורת שלא בפרופורציה לפחיתת הגשם, ועד כמה חשוב להגביר את הגשם מבחינת ההפעלה של משק המים או ייצור של תוספת מים מותפלים.

טבלה 8 - ערכי נגר עילי והעשרת מי תהום כפונקציה של הגשם בשנה נתונה ביחס לערכים לערך

הגשם הממוצע

Seasonal rain [mm]	Seasonal rain [%]	Seasonal runoff [mm]	Seasonal runoff [%]	Seasonal recharge [mm]	Seasonal recharge [%]
689	+30%	54.9	+106	164.7	+106
636	+20%	45.4	+70.7	136	+70.7
583	+10%	34.8	+30.8	104.4	+30.8
530	+0%	26.6	+0%	79.8	+0%
447	-10%	18.8	-29.3	56.4	-29.3
424	-20%	12.4	-53	37.2	-53
371	-30%	7.1	-73.3	21.3	-73.3

Correlation of Moisture Content at 20 cm and 40 cm Depth 10 Days after Rain with Soil Surface Curvature or Concavity



ציור 13 - תלות של תכולת רטיבות בקרקע בעיקום פני השטח, לפי

Zaslavsky Dan and Sinai Gideon, "Journal of the Hydraulics Division - Surface Hydrology:

I - Explanation of Phenomena", January 1981

בציור 13 לעיל מתוארת הרטיבות בקרקע בשדה חיטה מצפון לבאר שבע כפונקציה של עיקום פני הקרקע כאשר עיקום זה נימדד על ידי לפלסיין של גובה $\nabla^2 Z$ (סכום הנגזרות החלקיות הכפולות של הגובה Z ביחס לממד האורך X וממד הרוחב Y). חשוב להגיד שבשדה לא הייתה זרימה עילית במשמעות הרגילה, כלומר מים לא נזלו על פני הקרקע. ואין גם ספק שלא הייתה החדרה למי תהום בפרופורציה לעצמת הגשם פחות כושר ההחדרה. אבל הייתה תוספת לחות למקומות קעורים בקרקע, שקיימים באופן טבעי או שנוצרים על ידי עיבודי קרקע. אין ספק גם שקיום העיקומים בפני השטח מקדים את קבלת הערכים של גשם המאפשרים יצירת נגר ויצירת העשרה של מי תהום. חשוב לציין שמשקל הגרעינים שנקצרו בשדה גם כן השתנה קרוב לקו ישר עם עיקום פני השדה. פה ושם הקרן הקיימת קבלה את דעתנו ושתלה צמחיה רבה בנגב שצמחה כאילו כמות הגשם הייתה הרבה יותר גדולה מאשר במציאות בממוצע. זאת על ידי שתילה רק במקומות קעורים או עיצוב פני הקרקע כדי לקבל מקומות קעורים. במקומות אלה מגיעים לרוויה תת קרקעית יותר מהר (או עם פחות גשם) ועל יד כך ניתן למתוח את התנאים מעבר לערכם הממוצע. הבדואים הכירו בעבר תופעה זו וזרעו רק בשטחים הקעורים.

7.2 השפעת היעור ושינויים אחרים בכיסוי פני הקרקע.

מרבית הגשם מרטיבה את העלווה ואת הקרקע וחוזרת ומתאדה. חלק זה איננו יכול לשמש כמאגר מים לאיוון הצריכה בשנים שונות. ככל שהיעור מפותח יותר, יותר מי גשם נפלטים בצורת התאדות בין אם ישירות מהעלווה ובין אם מהשורשים. טוב הייתה עושה הקרן הקיימת אילו מצאה דרך ליעור את הארץ, ולפחות בחלק, לספק תוצרת חקלאית כמו עצי פרי שונים פרחים צמחים להפקת שמן הפקת בשמים ועוד.

יש לטפח שיטות גידול לכל המטרות שהן גם תוך ניצול התופעה של ריכוז מים באזורים קעורים כפי שהסברנו לעיל. עיצוב שטחים כאלה יכול גם לסייע בהגדלת הניצול של מים מוחדרים למי תהום או מרוכזים בזרימות על קרקעיות. שינויים טופוגרפיים קלים ומחסומי אבן לאורך ערוצים עשויים לשפר באופן משמעי את חלוקת הגשם בעיקר באזורים יבשים יחסית. אנחנו לא נהיה הראשונים שעשו זאת. הנבטים השאירו אחריהם צורות אחדות של ניצול מי הגשם לגידולים גם באזורים יבשים למדי. הבדואים נהגו לזרוע רק בשטחים קעורים בהם ריכוז המים היה קורה בגלל השכבתיות של הקרקע והעקמומיות (CURVATURE) של פני השטח. גם היום ניתן לנסוע בחורף באזורים דלי גשם ולראות את הצבע הירוק בחלקים הקעורים. פרופסור גדעון סיני הקדיש שנים רבות לקידום הרעיונות הללו הנחל מעבודתו לתואר דוקטור, אחר כך בתפקיד המהנדס של אגף שימור קרקע וניקוז ומאז ועד היום.

חייבים לחזור ולזכור ששיפור מצב המקורות, בגשם נתון, יכול לקרות רק על ידי הגדלת קליטת המים בקרקע והקטנת ההתאדות. ישנן גם אפשרויות להקטין את ההתאדות לשם כך. כבר הזכרתי לעיל את חוסר ההיגיון המוחלט לקיים מאות מאגרי ביוב כאשר הם מאיימים למעלה ממאה מיליון קוב מים בשנה (בעצם כניראה קרוב ל 150 מיליון שהם כ-10% מכל המים הזמינים בתנאים רגילים). וודאי שעדיף היה להתפיל את מי הקולחים תחילה כפי שנסביר בהמשך. אבל גם אם לא, אסור באיסור חמור להחזיק במאגרים הללו. יש בכך עיוות הגיוני בלתי ניתפש. (ראה דיון בהמשך על ההשקיה במי קולחים).

כדי לדאוג עוד לזמינות מים צריך להימנע מזיהום מי התהום; כל מיהול של המזהמים לא ישחרר אותנו מהצורך במוקדם או במאוחר להרחיק את המומסים המזהמים. אולם יגדיל את המחיר כמעט בפרופורציה למיהול.

וודאי שחדל להיות כל היגיון במאגרים המשלבים מי קולחים ותפישת מי שיטפונות כאשר משום מה מנסים להחזיק את הקולחים מחוץ לקרקע ולכן אוטמים את קרקעית המאגרים ורוצים, עם זאת, להחדיר ככל היותר את מי השיטפונות.

7.3 במה הצלחנו ובמה נכשלנו עד סוף שנות השישים?

- בין הדברים הטובים שקרו היה ההישג של הגדלת הפירות החקלאיים (יש הטענים שאת היבול הצמחי) לקוב מים פי 5-6.

- אחד מההישגים החשובים ביותר היה בהמצאה ופיתוח של ההשקיה בטפטוף הן לחקלאות המקומית והן ליצוא. הממציא היה שמחה בלאס, מי שגם הקים את חברת תה"ל ונתן את הדחיפה ההנדסית החשובה ביותר להקמת מפעלי המים בישראל. ראוי מאד לקרוא את סיפרו "מי מריבה ומעש" בהוצאת מסדה בשנת 1973. סיפור חייו של שמחה בלאס שאיפתו לישראל

והמשימות שהטיל על עצמו מזכירים לי מאד את אבי. שניהם היו אידיאליסטים במשמעות העמוקה ביותר של המילה, ללא כל שאיפות אישיות מושחתות. ורוב העשייה בארץ נעשתה בשקט על ידי מספר קטן של אנשים כאלה שגם הביאו איתם גאוניות טכנית יצירתית. (אבי תכנן את השקיית הפרדסים בסביבות רחובות נס ציונה והסביבה. הוא היה מי שתכנן שדות תעופה עוד בימי הבריטים היה זה שתכנן 42 עיירות פיתוח עם קום המדינה, יום והמציא את המושב השיתופי הראשון שהיה אמור להיות בית הילל ועוד).

עם זאת, היה ברור לנו לגמרה שהשקיה רצופה בטפטוף מבזבזת מים. ההשקיה בפעילות בתדר גבוה יחסית (לפחות פעם ביום) פותחה כולה בטכניון והביאה לאחת התרומות החשובות ביותר להגדלת היבול הצמחי ללא צורך בבזבז יותר מים. תחילה הייתה הוכחה תיאורטית מתמטית לכך כאשר מעקום הגדילה ומשטר המים בפרופיל הקרקע ניתן היה להוכיח את היתרון באופן כמותי תיאורטי. אחר כך נעשו ניסויים בעציצים ונמדדו הגידולים הצמחיים בתדרים שונים של השקיה, החל מפעם ביום וכלה באחת לשבוע. הייתה הכפלה של הגידול הצמחי. ללא כל תוספת מים. לבסוף נעשה ניסוי בפרדס אשכוליות בעכו ושם היה גידול ביבול של 20% תוך חסכון במים. כמה עצוב לראות שדרשו בתקופה האחרונה ממשקי הגינות להשקות שעה בשבוע כאשר אפשר להבטיח גינות יפהפיות על ידי בחירת הגידולים והשקיה של 10 דקות ליום בכל יום ועדיף לפנות בוקר.

עד כאן כמה מהתרומות החשובות ובעיקר בצד הטכני, כאשר תרומות חשובות ביותר היו גם בצד הצמחי בבחירת זנים, במשטר הטיפול, בהגנת הצומח, ובגידולי חממה. כיום ישנם גם גידולים במצע מנותק במיכלים ובבתי צמיחה שבהם ישנו פיקוח מדויק על הכימיה ועל הפיזיקה סביב השורשים ובאיוד מים מינימאלי. פותחו גם שיטות ריבוי ללא זרעים שתילה מבוקרת. עיקר התרומה בחקלאות באה בעזרת השדה ושרות ההדרכה. התוצאה המשולבת היגיעה בסופו של דבר לגידול של כמעט פי 6 של היבול לקוב מים. זו הייתה סיבה מצוינת לצמק את השירותים הללו בטענה שיש ל"הפריט" אותם והחקלאים צריכים לשלם תמורת השרות הזה. לא ארכו הימים והפריטו את תה"ל שהייתה מחלקת השכל של משק המים. כדי לחסוך שניים או שלושה תקנים סגרו את מי"ם - מכון ישראלי לאבזרי מים. אלה הם שעיצבו אסלות שתנקינה בפחות מים. הם הנהיגו את מיכל השטיפה בשתי לחיצות ואת תוספת האוויר לברזים לרחיצת כלים - כל ה"חסכמים" שהביאו תועלת ענקית במשק המים ושימשו גם ליצוא של ציוד. זכורני שדאגתי לחלוקת חסכמים באילת ותוך זמן קצר חסכנו הרבה מאד מים. אולם, עשינו גם עוד ועוד נזקים הולכים וגדולים. חלק גדול מהם מדווח בהמשך. שר החקלאות יעקב צור שהיה מורה כושל לתנ"ך ושחברי מפלגתו צעקו לו בוז כאשר רבין קרא לו לבמה אחרי הבחירות בשנת 1992, נעשה שר החקלאות. הוא מינה במקומי איש שהרקע שלו היה קריאת מדי מים. פרס מינה את כץ עוז לרכז את הוועדה לשיחות המולטי-לטרליות בענייני מים ונח כינרתי התמנה על ידי יצחק רבין והחליף אותי בוועדה לשיחות השלום הבי-לטרליות. ושתי הוועדות נהגו בסודיות גמורה זו מול זו והונהגו על ידי אנשים חסרי כל השכלה וכל ניסיון ניהולי, והיו בורים מוחלטים בכל נושא טכני הנוגע לעניין.

הגדלנו את השימוש במים עד למצב של שאיבת יתר בממוצע נטו. נימצא שלא היה מנוס מחדירת מי ים לאקוויפרים והפסד של הרבה מאד מים ואולי קרוב לכל המים הנאגרים לשימוש שוטף.

- מבחינה חיובית, לכאורה, אספנו חלק הולך וגדל של מי הקולחים והשתמשנו בהם יותר ויותר להשקיה. אולם כפי שנסביר בהמשך גם כאן גרמנו לנזק חמור ביותר שמוערך במיליארדי דולרים רבים.

התוצאה הייתה המלחה של יותר ויותר מהאקוויפרים וכן נזקים אחרים בערכי ענק של מיליארדי דולרים בשנה. זה כבר מעל ל 20 שנה שאני חוזר ומתריע על הסכנה שבהשקיה בקולחים ומציע פיתרון אשר משלב את הברכה שבמחזור המים ומונע את הנזקים. אם מישהו חושב שמותר להשקות המי הקולחים ללא טיהור והשוואה למי שתייה טובים שיחדיר את הקולחים לקרקע כמו שהם. ואם לאו, שההידיוט יתפיל את הקולחים מייד ולא אחרי שמהל אותם פי כמה במי התהום החיסכון יהיה פרופורציונאלי למידת המיהול.

אבל אז כמו עכשיו איש לא שומע או שומע ולא מבין או שומע, מבין ועושה דווקא. יחיאל לקט היה יו"ר של הקרן הקיימת לישראל. ניסיתי להסביר לו שצריך להפסיק את בניין מאגרי הקולחים. גייסתי תורמים שהיו מוכנים לממן את המעבר. הוא התיחס אלי כאל רמאי ופושע. ביטול כ מאתיים מאגרי קולחים היה מוסיף לנו מיד קרוב ל 150 מיליון קוב מים לשנה. אבל חמור מזה, הרי הקטנת כמות המים המשמשת את העירוניים בביתם תחסוך מעט מאד מים, כי העודפים מגיעים ממילא דרך מערכת הביוב להשקיה ושלא דרך הביוב לתוספת מי תהום. קשה ביותר להבין את האסטרטגיה של ראש רשות המים. לא לחסוך מים ולשלם ולסבול ללא צורך, לא לבזבז אבל לשלם קנסות וזאת במקום לחסוך כמויות הרבה יותר גדולות בחינם.

כך קרה גם בערמות הפסולת. המלצנו והראינו דרך לאטום את הקרקעית שמתחת לערימות הפסולת הצענו לאסוף את המים בעזרת נקזים. המשרד להגנת הסביבה לא שעה לכל אלה כאשר הזיהום דרך ערימות הפסולת מתחרה בזה שממי הביוב. גם כשהתקינו את הדרוש לא דאגו להרחיק את הדלף והפסולת אל מחוץ למערכת האקוויפרים שלנו. לא די בכך אבל אחד ה"מומחים" במשרד זה סימן במפה היכן לא נורא לזהם והחליטו להפוך את הנגב למזבלת המדינה. אותו מומחה "פתר" גם את הזיהום בקישון לא על ידי הפסקת הפליטה של בתי החרושת שלאורכו אלא בחפירת הזיהום והעברתו לזיהום מקום נוסף. הוא המשיך ליעץ כמעט בכל תחום כאשר לא הייתה לו מומחיות באף אחד מהם. הוא גם חסר היה כמה מידות חיוניות לשרות ציבורי.

קשה להאמין במידת העקשנות, והבורות ורדיפת הסמכויות המשחיתה כל דרך ומעשה שאנו עושים. כיום למעלה מ-20% של כל אספקת המים הטבעית הושחתה ואיננה ראויה לשימוש. ההשחתה נעשתה על ידי שבעה או שמונה גורמים. מלבד הקולחים ושטיפת ערימות הפסולת ישנו יבוא של כ-150 אלף טון מלחים בשנה על ידי מי הכינרת; ישנה שאיבת יתר הגורמת לחדירת מי ים (כניראה מעל 100 אלף טון לשנה; ישנה פליטה של בתי חרושת ויש למעלה מ-150 אתרים כאלה; ישנה דליפת דלקים ולבסוף חומרים להגנת הצומח. לאחרונה, יותר ויותר דגש בא גם על גורם שמיני של פליטת בעלי חיים המגודלים על ידי בני אדם, ובעיקר בקר וחזירים. לאחרונה התפרסם מאמר קצר ב SCIENTIFIC AMERICAN המצטט מתוך מדינת וויסקונסין וטוען שפליטת פרה אחת שקולה כנגד 18 בני אדם. כמו כן ישנה טענה שהתשטף המזהם נחלים ומי תהום גורם למגיפות שלשול. מזכיר כאן את ההיקף של מזון יבש לגידול של קילוגרם בשר שציטטנו בדיון על היתרונות של ארובת השרב במוצרי הלוואי שלהם (פרק 6 לעיל). כמות המזון היבש הוא קילוגרם אחד לדגי ים, שני קילוגרם לבשר עוף שלוש לחזירים וחמישה לבני בקר.

בסך הכל תהליכי הזיהום הנ"ל אינם מהווים הפסד חד פעמי. כל גשם שחודר לתחומי האקוויפרים המושחתים הולך לאיבוד. אלה המים הטובים ביותר ומסופקים בחינם. אני יכול להצביע גם על כמה וכמה יועצים נכבדים המתפרנסים מכל אלה הרבה שנים שניים מהם הודו בכך ודברו על ליבי שלא אקלקל להם את הפרנסה. אבל זה לא יביא שום תועלת כאשר מקבלי ההחלטות ירגישו פגועים ונעלבים בכל מיקרה. כדי לתקן את המעוות הם צריכים לפחות להודות בטעות, וזאת דרישה בלתי אפשרית למרבית משרתי הציבור שהתמידו במערכת.

- נוספו יותר ויותר חמרים מזהמים ממי הביוב כגון תרכובות ניטראטים ואמוניה, וסתם מלחים שונים
- נוספו על כך עוד ועוד הורמונים שלא התפרקו ושאריות של תרופות, ממיסים אורגניים וחומרים מסרטנים ומתכות כבדות..
- כל הנחלים (אולי מלבד אחד) מזוהמים במי ביוב. אם הם בכלל מזרימים מים.
- ערימות פסולת מהוות מקור חמור לזיהום מי תהום, מתחרה בחומרתו בביוב.
- ישנה דליפת דלקים מתחת לתחנות דלק, במרבית שדות התעופה ולאורך צינורות אספקת הדלק.
- זיהום תעשייתי חמור נימצא בכמה וכמה מקומות. התפרסמו בעיקר אתרי התעשייה הצבאית. אולם יש גם אתרים תעשייתיים לשעבר למשל מעל 400 דונם מדרום לעכו.
- שיתוף פעולה אמיץ בין משרד הבריאות ובין נציבות המים ראה לכך שזיהומים אלה יתגברו ויתפשטו ליותר ויותר שטחים. זאת על ידי הוראה לסגור בארות שהזדהמו, הערמות המים והתפשטותם. נושאים אלה שימשו פרנסה לחוקרים כאשר הפיתרון ידוע מזמן אבל מסקנתו של כל מחקר היא שצריך עוד מחקר.
- יש זיהום הנובע מחמרי דישון והגנת הצומח בחקלאות.

אני מרגיש חובה להזהיר את החקלאים ואת כל אלה הרואים בחקלאות הרבה מעבר לחלק קטן יחסית של הפעילות הכלכלית הישראלית. כל פגיעה במשק המים בסגנון שתיארתי לעיל בקצרה, כל הפתרונות המאולתרים בהנחות שונות לחקלאות אינם אלא דחיית הפיתוח והיישום של פתרונות אמת. אנשי המשרדים לתשתיות, להגנת הסביבה לבריאות ובראשם מונהגים על ידי נערי אגף התקציבים מובילים את מדינת ישראל לאסון. לא רחוק הזמן שכל מה שיישאר ממנה תהייה מדינת תל אביב. בעיניהם מו"פ זה בזבוז כסף. כל הפעילות החקלאית איננה מעבר לאחוזים בודדים של התל"ג ורק מהווה ביזבוז מים. יצוא מוצרים חקלאיים כמוהם כיצוא מים ויבוא כמוהו כיבוא מים, אז מדוע לטרוח. ובכל אלה שכחו את ערכי הטבע את הערכים החברתיים ותחושת ההגשמה של יהודים בארצם. אילו היו עקביים היו חייבים גם לאסור תיירות מארצות עשירות במים. למידת השכל שלהם מדוע שאנחנו נספק להם מים? עדיף היה לפי ההיגיון של משרד האוצר לשלוח ישראלים לתייר בחו"ל כדי לנצל מים שלהם במקום לנפוש כאן. זאת כפי שהם ממליצים שניבא מזון.

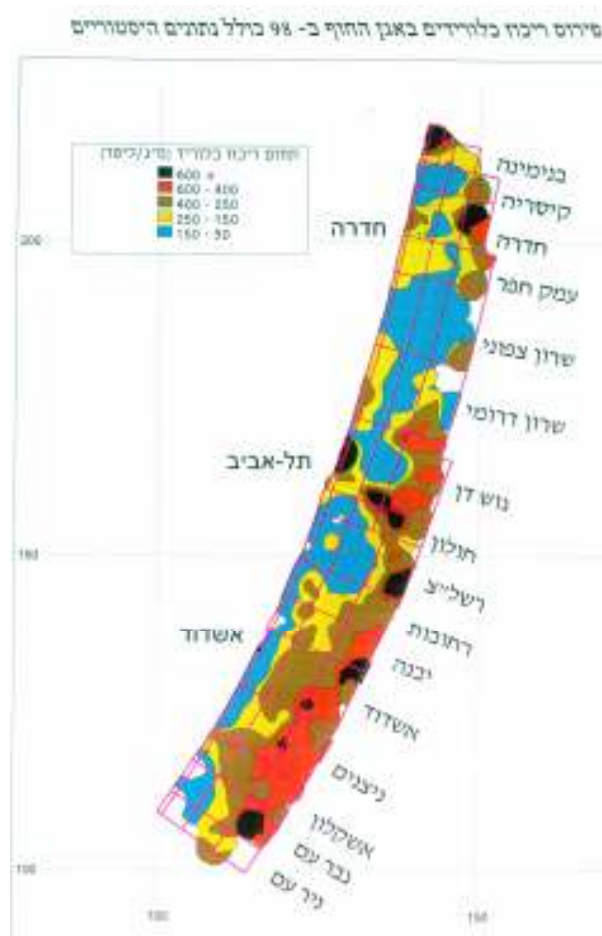
עוד גאון הרואה את עצמו מומחה למים כותב בהארץ: "גינות במקום עגבניות". "מחסור המים הנוכחי בישראל אמיתי. הוא נוצר כתוצאה...וממדיניות ארוכת שנים של מנהלי משק המים בישראל שנכנעו ללחצי המגזר החקלאי, תמכו בסבסוד המים לחקלאות ואפשרו הקצאת מים לא הגיונית למגזר זה. התוצאה הייתה שימוש במים לגידולים שאחרת לא היה משתלם לגדלם....". הוא ממשיך בדברי ההבל שלו כאמור בירחון האחרון של "הנדסת מים" לחודש יוני 2009.

הבשורה הטובה היא שישנם פתרונות כדאיים ביותר שהיה מספק אפילו את המומחה הזה בעיני עצמו. אלא שחייב להתרחש שינוי מהותי דחוף בצורת ההתנהלות שלנו. אני יכול למשל להצביע על כמה בעלי תארים נכבדים שהתקיימו מעצות רעות שהביאו אותנו למצב אסוני זה או לפחות לא הקימו קול זעקה כדי לעצור את התהליך. כל אלה שלא אמרו זאת ילחמו בשינוי המוצע. אחרים לא ידברו אמת כי לא להיפגע.

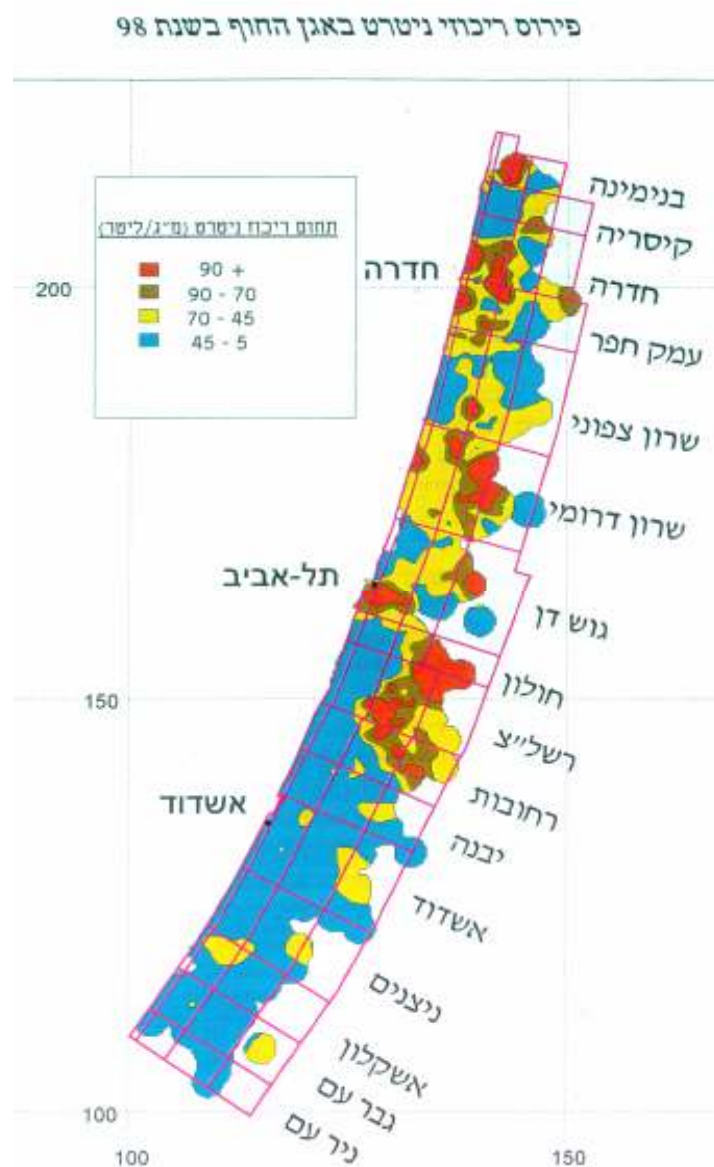
בהיות מדינת ישראל אחת מהמדינות השחונות יותר ועם זאת ברמת חיים גבוהה בהשוואה להרבה מדינות אחרות, הגענו מהר יותר למצב הנוכחי. אנחנו חווים תהליכים שיהיו יותר ויותר נפוצים ככל שהאנושות תגדל וככל שתתווספה מדינות הנוטות ליובש. מלבד זאת הזיהום איננו אלא עניין של זמן. גם כאן ישראל תוכל אולי לשמש דוגמה לחלק ניכר של העולם. זאת לא לפי הקישקוש של נשיאנו הטוען כמו רבים אחרים ש"אין לנו משאבים אבל יש לנו הרבה שכל" כאשר יש לנו משאבים רבים, ורבים הרבה יותר ממה שנידמה לרובנו, והתנהגותנו הציבורית היא חסרת כל שכל.

7.4 מה המצב כיום?

הגענו למצב שבו חלק ניכר של מי התהום איננו ראוי בכלל לשימוש, כפי שתראו בציורים הבאים באקוויפר החוף ב1998.. (נלקחו מהשנתונים של השרות הידרולוגי)



ציור 14 - ריכוז כלורידים באגן החוף ב- 1998 (לקוח מדוח השירות ההידרולוגי)



ציור 15 - ריכוז ניטרטים באגן החוף בשנת 1998 (לקוח מדוח השירות ההידרולוגי)



ציור 16 - סה"כ החלקים של אקוויפר החוף שהמים לא ראויים לשתיה והשקיה (לקוח מצוירים 14 ו 15)

מצב זה הולך ומחמיר משנה לשנה וההערכה היא שכל אקוויפר החוף שהיווה כ 15% מכל

מקורות המים הפך לבלתי שמיש וישנם עוד איזורים מעבר לו שהפכו לבלתי שמישים.

- גובה המים ירד לא רק לקו האדום אלא למה שניקרא הקו השחור. אין ביטחון שבשנה הקרובה יהיו בכלל די מים לספק בברזים לעיר ולתעשייה וכבר הוחלט מראש שיש לקצץ בהיקף ניכר מאד את השטח המושקה מבחינה חקלאית. הקיצוץ בחקלאות הוא אולי הנזק החמור ביותר שניתן לגרום למערכת.. בניגוד למרכולת הקטנונית של האוצר, החקלאות משמעה שליטה במדינה, ביטחון, שמירה על ערכים חברתיים, שמירה על פעילויות כלכליות, ועמידה במשברי אספקה. טיפוח זנים, פיתוח ציוד השקיה וציוד אחר והדרכה ישראלית בעולם וטיפול יחסים בהרבה ארצות בעולם כל אלה נעשו במידה מכרעת על ידי התעשייה החקלאית. המזעזע הוא שהכול ידוע מראש כבר מסוף שנות השישים וישנם פתרונות זולים לכל הבעיות שהוזכרו אבל אין אל מי לדבר.

- כבר מזמן וויתרנו על רוב הערכים הטבעיים שקשורים במים כמו מרבית הנחלים שיבשו או שהם נושאים מי בויב מעופשים תוך הרס כל החי והצומח ונזק לכל מי שבא במגע עם הנחלים הללו

(ראה למשל אנשי המכבייה שטבלו בירקון כתוצאה משבירת הגשר שאולתר שם) וסתם שלוליות בהן שרצו כל מיני דו חיים, צמחים מיוחדים ובעלי חיים אחרים.

- יש כמה דרכים פשוטות ביותר לעמידה בדרישות האיכות. אחת הנפוצות היא הימנעות מכל מיני בדיקות כמו הורמונים ותרופות וגורמים אחרים; אי פרסום של נתונים כמו למשל קיום של חמרים מסרטנים במי הכינרת כתוצאה משילוב בין נוכחות חמרים אורגניים, תרכובות ברום וכלורניציה; הימנעות מעדכון של התקנים כי למשל עדכון כזה לפי התקן האירופאי יהפוך חלקים רבים מדי של מקורות המים כבלתי ראויים עקב ריכוז גבוה מדי של ניטרטים.
- את מצב מערכות המים כיום אפשר לאפיין לא רק לפי כמויות ואיכויות, אלא לפי המערכות הכושלות שמנהלות אותן ושעסוקות בעיקר בשמירה על סמכויות, כיבוש עוד סמכויות, מאמץ להתנתק מכל אחריות, הגנה על הכנסה ותירוצים לכיסוי תחת.
- היו ארבע שנות בצורת ברצף ודבר לא נעשה. היה ברור לי ללא ספק כבר בסתיו של 2008 שעומדת להגיע עוד שנת בצורת. (ראה בהמשך הסבר על עבודתו של גד אסף) אבל איש לא התכוון לכך. הזהרתי את ראש רשות המים. הוא שאל איך ידעת? ואמר שהיו עוד שתי הערכות דומות אבל הוא לא עשה דבר. ואז אחרי שהכול קרה ועוד חורף חרב עבר, נזכרו להתחיל בניסיונות די עלובים להטיף לחסכון במים. אבל בעלי הפנים הסדוקות בטלביזה לא אמרו איך לחסוך. ראש רשות המים מראה טבלאות לפיהן הציבור חוסך. כל הכבוד לציבור אבל החסכון הוא לא פעם חסכון מדומה כי מים נגרעים אז מהאקוויפרים וממתקני ההשקיה על ידי קולחים. אחזור ואזכיר את חברי הטוב יונה כהנא זכרונו לברכה שהיה תמיד חוזר על הסיפור של יוסף ופרעה. כשחזה שתבאנה שבע שנים רזות הוא החליט שיש צורך להתחיל לחסוך ולאגור מראש. במקום זה הגאונים שלנו ממציאים תורות מצוצות מהאצבע על שינויי האקלים לכיסוי תחת ומתחילים לפעול אחרי הכול. כשכבר מאוחר מדי. החקלאות בארץ הולכת לקראת הרס בהיקף של אסון. והדבר קורה כאשר ישנו משבר מזון בעולם ומשבר בכלכלה. הנזק לא נגרם בגלל שינויי אקלים אלא על ידי בני אדם לא ראויים. לא די בבצורת ולא די בקיצוץ אכזרי של הקצבות מים. את המים שנותרים, שהם מי קולחים ומדוע מייקרים אותם בשליש. הייתה הכרזה על יבוש הגינות בעיר. מתעלמים מהנזק הבלתי הפיך, ירידה ברמת החיים ופגיעה בפעילות יום יומית של משחק ובילוי ילדים ומשפחות. ושולחים כ 35000 עובדים לאבטלה. אני שמח ששר התשתיות ביטל את ההוראה ליבוש גינות.
- אינני יכול לשכוח שיחה עם חברת הכנסת מקיבוץ גשר - עדנה סולודר בשנת 1991. הצלחתי לשכנע אותה שהיעד הראשי שלי כנציב המים הוא להבטיח את עתיד החקלאות בעיקר בגלל החשיבות האדירה שיש לכך לקיומה של מדינת ישראל. היא בקשה בהתרגשות אמיתית שאנסה להסביר זאת לקבוצת חברים חשובים מההתיישבות העובדת הן את חשיבות העניין, הן את ההוכחה שלא יהיה ניתן למנוע שהפגיעה הראשונה והקשה ביותר תהייה לחקלאות והן שיש פתרון לכל אלה. ביום ששי אחד התכנסנו במרכז החקלאי בתל אביב. אבל קרה דבר לא נעים. משהו ששימש כנציב המים ונשא בעוד תפקידים במשרד החקלאות ולימים חזר ומונה שוב להיות נציב המים, כמה שנים מאוחר יותר, הופיע גם כן ובקול בריטון חזק לא נתן לאף אחד לפתוח את הפה. הוא נאם והצדיק כל מעשה מטומטם שנעשה במשך המים ועוד סתם, דיבר על כל מיני דברים ובלבד ששום דבר לא ייאמר. אחרי שכולם התפזרו עדנה סולודר התנצלה בפניי בעיניים דומעות והודתה שנכשלנו בניסיון לקדם משהו. אני יכול להעיד שאותו

איש חזר והבטיח גם אחרי כמה שנים ש"לא יחסר אפילו קוב מים אחד עד שנת 2005". את זה הוא הכריז באולם מלא של אנשים שהתכנסו לדון במשק המים בשטח הקמפוס של אוניברסיטת תל אביב. הוא יצא במופגן מהאולם וסרב לענות על שאלות. הוא הודיע שכל עובדי נציבות המים חייבים לעזוב את האולם ויצא. הוא ושכמותו נציגי החקלאים הם שהרסו למעשה את משק המים והביאו אותו עד לסף התהום שלפתחו אנו עומדים היום. חבל מאד שישנם כאלה שעוזרים על ידם בניגוד לכל שיקול מקצועי והתנהגות ישרה. אין זו תוצאה של שינויי האקלים. זוהי תוצאה של עסקנים בלתי מקצועיים שהתיימרו לספק מים זולים לחקלאות, התרכזו במאבקים פוליטיים ולצורך עשיית רושם להישגים חיצוניים קצרי מועד ולמעשה קרבו את קיצה כפי שהיה כבר ברור לגמרה לפני שלושה עשורים.

8. פעולה ראשית דרושה - הגדלת הכמויות הזמינות של מים

8.1 עיקרי הפעולה

באופן תיאורטי ניתן לספק כל כמות מים דרושה בעזרת התפלת מי ים. אבל חשוב לזכור שאין בכך בשום אופן די. זאת בגלל הצורך הקודם להבטחת איכות, לעצירת תהליכי זיהום, שמירה על עלויות סבירות ועוד. הקושי הוא בכך שללא ספק תהייה הגבלה בקצב הביצוע גם אם החשבון יראה שכדאי ביותר להקדים ולספק את כל הכמות הדרושה. הגבלה זו תהייה ללא ספק בגלל הגבלות בתקציב או בגלל עיכובים ביוורקראטיים אינסופיים.

גורמים קובעים בצד התקציבי לא יוכלו, נפשית, להשלים עם כך. (ממש בשעה שאני כותב שורות אלה הרי כלכלן שלא מפסיק לקשקש בכל נושא שתעלו על דעתכם הסביר בטלביזיה בלגלוג שאין אמנם כל הגבלה בכמות המים המותפלים. "אפשר" הוא אומר "להתפיל את כל הים התיכון. אולם הבעיה היא המחיר. נצטרך להעלות את מחיר המים לעלות השולית של מים מותפלים" מי אמר כך? מדוע לא לעלות הממוצעת? מדוע לא למי שחורג ומגזים בבזבז מים? רק סוחר מים טיפש ידרוש את העלות השולית כמס על כל כמויות המים. הוא יוכל הרי למכור הרבה יותר ולהרוויח הרבה יותר אם ידרוש עלות ממוצעת בלבד בליווי רווח סביר לקוב. בכך הוא גם יביא למקסימום תועלת למדינה. אבל לשם כך לא די להיות כלכלן שאיך שהוא עבר את הבחינה במבוא לכלכלה. צריך גם שכל, כשר הקשבה ולא התנשאות נבובה.

הכלכלן ההוא גם לא יודע שדי בשיפור אמינות האספקה כדי לשלם מבחינה כלכלית יותר מעלות ההתפלה. הערך הזה חושב יותר מפעם אחת ונימצא שהוא קרוב לדולר שלם לקוב מים שיקבל אמינות אספקה מלאה. בחישוב של ערך האמינות לא נכללה העובדה שייבוש חוזר של מטעים ואבטלה של ענפי חקלאות מובילים לעזיבת היישובים בפריפריה שתיצור מדינה של בדואים. כך מנקודת ראות כלכלית לאומית אפשר אפילו לספק לחקלאות מים מותפלים בחינם. הרבה מדינות מפותחות בעולם מוכנות אפילו לסבסד את החקלאות ובלבד לשמר אותה, וזה גם ללא הערכים של פיתוח הדרוש לישראל ובעיות ביטחון והבטחה של אספקת מזון עצמית בתקופות חרום..

בעיה נוספת היא בכך שאפשר היה ללא צל של ספק להגיע במשך הזמן לעלויות הרבה יותר נמוכות בהתפלה. הכלכלנים המפלצתיים שלנו לא ירשו מחקר ופיתוח. בעיניהם זה בזבז כסף ציבורי. אין זה פרוש אישי שלי אלא הכרזה מפורשת חוזרת ומושמעת על ידיהם. זאת למרות תשואה מדודה בעבר של יותר מ - 50 דולר הכנסה לכל השקעה של דולר אחד במו"פ. (ראה דוח המועצה הלאומית למחקר ופיתוח שכתבתי ב - אוגוסט 2007, שם בחנתי את הנושא בארבעה תחומים חיוניים אבל פרסמתי רק שלושה שכוללים רפואה, אנרגיה ומים).

אולם לא די בניהול וויכוח עם כלכלן שכמותו. עכשיו כאשר הגאונים שלנו הכריזו שהם מוכנים לשלם 57 סנט לקו"ש חשמל (לפי שערי המטבע הנוכחיים כ 60 סנט) ולאור שיטת ההתפלה המקובלת כיום דרושים ארבעה קו"ש חשמל להתפלת קוב אחד של מי ים. והרי 2.28 דולר לקוב ובתוספת עלויות אחרות שבסך הכול מעל 2.5 דולר לקוב מים. זאת לעומת 56 סנט כיום. אבל אפילו היום הרשויות הציבוריות- ממשלה ורשויות מקומיות, מפיקים מיסים מחלוקת המים לציבור ומפעם לפעם הם מעלים עוד רעיונות המסתירים למעשה מיסים בעזרת מכירת מים.

עד היום תקף הסדר העלויות ביחס לחברת מקורות שלפיו המדינה משלימה את ההפרש בין הוצאותיה והכנסותיה.. בחברת מקורות מתכננים מפעלי מים בעלות מנופחת בצורה שלא תיאמן. כך עד היום בכל נושא שהייתה לי הזדמנות לבדוק.

מקורות המים הנוספים יכולים להיות מושגים בדרכים הבאות:

1) מחזור מי קולחים **אחרי התפלה והבאת הקולחים לאיכות מי שתייה (!);**

בין 20 ל 30 סנט לקוב) ופליטת התרכיזים לים. ניתן על ידי כך להרוויח כ 150 מיליון קוב מים לשנה על ידי ביטול מאגרי הקולחים המטומטמים ומניעת ההתאדות.

2) שאיבת מים ממקורות שהושחתו והתפלתם עד לאיכות של מי שתייה מעולים. ניתן על ידי כך לחזור ולנצל כ 300 מיליון קוב מים לשנה ובהדרגה לשקם את מקורות המים ובעתיד לקבל את מי הגשם בחינם. גם אלה בפחות מ 30 סנט לקוב מים.

3) התפלה באוסמוזה הפוכה ושמירה על עלויות חשמל נמוכות ניתן ליעשות בכדאיות אדירה כפי שתיארנו בכל הפרקים 1-6 לעיל, אבל בעיקר בפרק 6 על "ארובות השרב" שלצידן אפשר להפיק מים בדרום הארץ כמעט בכל כמות ובמחיר של פחות מחצי המחיר כיום של אוסמוזה הפוכה. נוסף לכך ניתן על ידי הארובות להבטיח כל כמות של חשמל בתעריף נמוך מהיום.. והרי מחקר כלכלי הראה שדי בהבטחת אמינות ההספקה של המים כדי להצדיק הוצאה של דולר לקוב מי ים מותפלים- כמעט כפליים מהעלות שהיינו יכולים לעמוד בה ולבצע התפלה בכל שלושת הסעיפים שלעיל

. שילוב של התפלה באוסמוזה הפוכה וארובות שרוב המאפשרות חסכון של לפחות חצי מחיר וניתנות לביצוע ללא דחיות; (כ 25 סנט לקוב)(ראה פרק 6 לעיל על ארובות השרב בתת סעיף על מוצרי לוואי) ובכך אפשר להגיע לעלות שהיא רבע מהערך.

4) ראה בפרק התפלה בהמשך לשיטות מתקדמות יותר להתפלה, שלפחות באחת מהן הקרויה "מבוע" מסתמנת הורדה של המחיר לעשירית, או לכל היותר שתי עשיריות מהעלות כיום; בשיטה זו הוכחו כל העקרונות וכן נעשו הערכות של עלות בכמה סדרות של ניסויים. יש צורך בהשלמת הפיתוח המסחרי אם אינטרסנטים צרי מוח של כל מיני עסקנים לא ימנעו את ההתקדמות כפי שזה קרה בחמש השנים האחרונות; (עלות צפויה 6-12 סנט לקוב). נציבות המים, ועכשיו רשות המים, עשו כל שלא ידם כדי שהנושא לא יתקדם.

בשלב מסוים הם אפילו כתבו שהם "דוחים את ההצעה בגלל ניגוד אינטרסים". אני יודע מי אמר את זאת בוועדת המחקר ובגלל ניגוד אינטרסים צריך להרחיק אותו מכל תפקיד ציבורי ומהר ככל האפשר. עיכוב נוסף היה בגלל טענת סרק של הרשות שזכויות היוצרים שייכות לה. וזאת ללא כל הצדקה עובדתית ובניגוד חמור של החלטת ממשלה שאסרה זאת באופן כללי. בהמשך ראש הרשות טען שאיננו יכול לשכנע את היועצת המישפטית שלו ועל כן שלח מכתב האומר שהוא קרא את עבודתנו בעיון ולא מצא בהן כל ערך מעשי שיכול לשמש בסיס לדרישת קניין רוחני. היו משקיעים אחדים שהתכוונו לממן את מימוש הפרויקט. לאור התנהגות הרשויות נרצעו ועל אף העובדה שעורכי הדים היו בטוחים בהתגברות על השטויות הללו הם לא יכלו להבטיח שהעניין יסחב שנים ארוכות.

(5) הגברת הגשם; בעלויות הרבה יותר נמוכות עם סיכוי שתוספת קוב מי גשם שנאגר במי התהום יהיה בעלות שאינה מגיעה אפילו לחמישה סנטים. זאת על ידי תהליך של חימום הים שהוצע על ידי ד"ר גד אסף. (עלות צפויה לקוב מים 2-5 סנט לקוב עם עוד תועלות של הפריית הדגה בים וחסינות בחשמל למזוג אור). ישנו סיכוי ממשי שאחת ולתמיד אנחנו נחסל את התופעה של שנות בצורת!!! מעניין לציין שהחשב של משרד האנרגיה התנגד בשעתו בכל תוקף למימון המחקר של גד אסף וטען שזה בכלל לא מעניינו של המשרד. היה צורך במאבק שהשר חשש ממנו כדי להגיע למימוש העבודה החשובה הזו.

(6) ניתן לסכם עד כאן שיש שתי דרכים להפיק מייד מחר בבוקר קרוב ל 500 מיון קוב מים לשנה בחצי המחיר, יש מקום להקים ארובות שרב כאשר הראשונה תאפשר הפקה של חשמל זול ומים בעמות של כמה מאות מיליוני קוב בדרום הארץ וכל כמות שנירצה בהמשך וקיימת שיטה נוספת שהוכחה אבל עדיין מחייבת השלמת פיתוח ובה הזולה דרמטית לעשירית או שתי עשיריות המחיר ובכל כמות שנעלה על דעתנו.. לפחות שיטת ארובות השרב ושיטת המבוע יוכלו לשמש לייצור וצוא שעולים בהרבה על כל מה שקרוי היי-טק.

(7) יש גם מקום לעבוד על הקטנת ההתאדות בשיטות שונות, כולל עיצוב קרקעי המגביר את ריכוז המים והחדרתם המוקדמת לקרקע, צביעה המחזירה קרינה, ציפוי ביריעת פלסטיות, הצפה של כדורים צפים עם מנגנון ייצוב נגד הערמות ברוח. אלה נושאים עדיין למחקר ופיתוח.

בסעיף 1 לעיל עשויים להבין קיום של דרך שאינני ממליץ עליה אולם היא באה להצביע על הטמטום של המנהלים ויועציהם בשיתוף פעיל של הקרן הקיימת.. השימוש כיום במי הקולחים לא מותיר אף חומר מזהם מחוץ למי התהום שלנו. אם כך מדוע לטרוח לאטום את 200 המאגרים של הביוב כדי לשמור את המים מחורף לקיץ? הרי יכולנו להחזיר את המים לקרקע ולמנוע התאדות של לא פחות מ 20% וקרוב לוודאי 30%, כלומר מעל ל100 מיליון קוב מים לשנה ולפי הערכה אחת לפחות, בארד, התאדות של קרוב לשליש המים או כ150 מיליון קוב בשנה. אנשי הוועדה למחירי המים קבלו הערכה ששטח מאגרי הביוב הוא 120 דונם למיליון קוב. פרוש הדבר התאדות של לא פחות מ 30% וערך הולך ומתקרר ל 150 מיליון קוב בשנה. יכולנו גם למנוע התפתחות של כל מיני מיקרו-אורגניזמים המחייבים פילטרציה וכלורינציה. היינו מונעים הפצת מחלות על ידי יתושים ועוד.

במה עסקתנו? יכולנו לחסוך מיליארדי דולרים. אלא שעוד עכשיו אפשר לחסל את מאגרי הביוב כאשר נתפיל תחילה את קולחים ונרחיק את התרכיזים לים. נרוויח אז רווח כפול ומכופל כולל הצורך להוציא בעתיד הוצאה הולכת וגבוהה בניקוי המערכת אולם אם הכלכלנים הם נגד התפלה אז בוודאי לא יתנו "לבזבז כסף" על שיטות התפלה חדשות וכל מיני טכניקות לתוספת מים, ואם כל מיני חברות ועסקנים מכורים לסוגים שונים של פעילות הם למעשה אויבים לכל קידמה. לא אמנה כאן את כל הדוגמאות בפועל ואת האישים המעורבים. בעיני האוצר לחקלאות ערך כלכלי שולי ואסור לבזבז עליה כסף. די בהיי-טק ולעיני מישו בועדת המחקר של נציבות המים הצעה מוצלחת היא מטבע הדברים ניגוד לאינטרסים שלו, כך נרשם בפרוש על ידי אותה ועדה. ואותם האנשים ממשיכים ליעץ לרשות המים ואף נהנים לא פעם מרווחים הקשורים בעשייה הקלוקלת.

8.2 התפלה בעזרת אוסמוזה הפוכה במתכונת הקיימת במחזור הקולחים או

בתוספת מים מלוחים

כאמור, החשבון הראה שמחיר המים המותפלים כשלעצמו הוא בשום אופן לא יכול היה להוות סיבה ראויה להגבלתם. ישנן הערכות שונות לערך הכלכלי של מעבר ממים בעלי זמינות אקראית למים המסופקים באמינות מלאה. הערכים שהתקבלו נעים בין חצי דולר (ישן) לדולר שלם. די בתועלת זו כדי לשלם את מלוא מחיר המים. (ראה למשל עבודה שנעשתה בחברת פרטו והיו עבודות דומות שנעשו הרבה שנים לפני כן). אולם על פי רוב, ישנם ערכים נוספים להצדקת ההתפלה.

8.2.1 לדוגמה ניבחנו את ההמרה של מי הכינרת במים מותפלים.

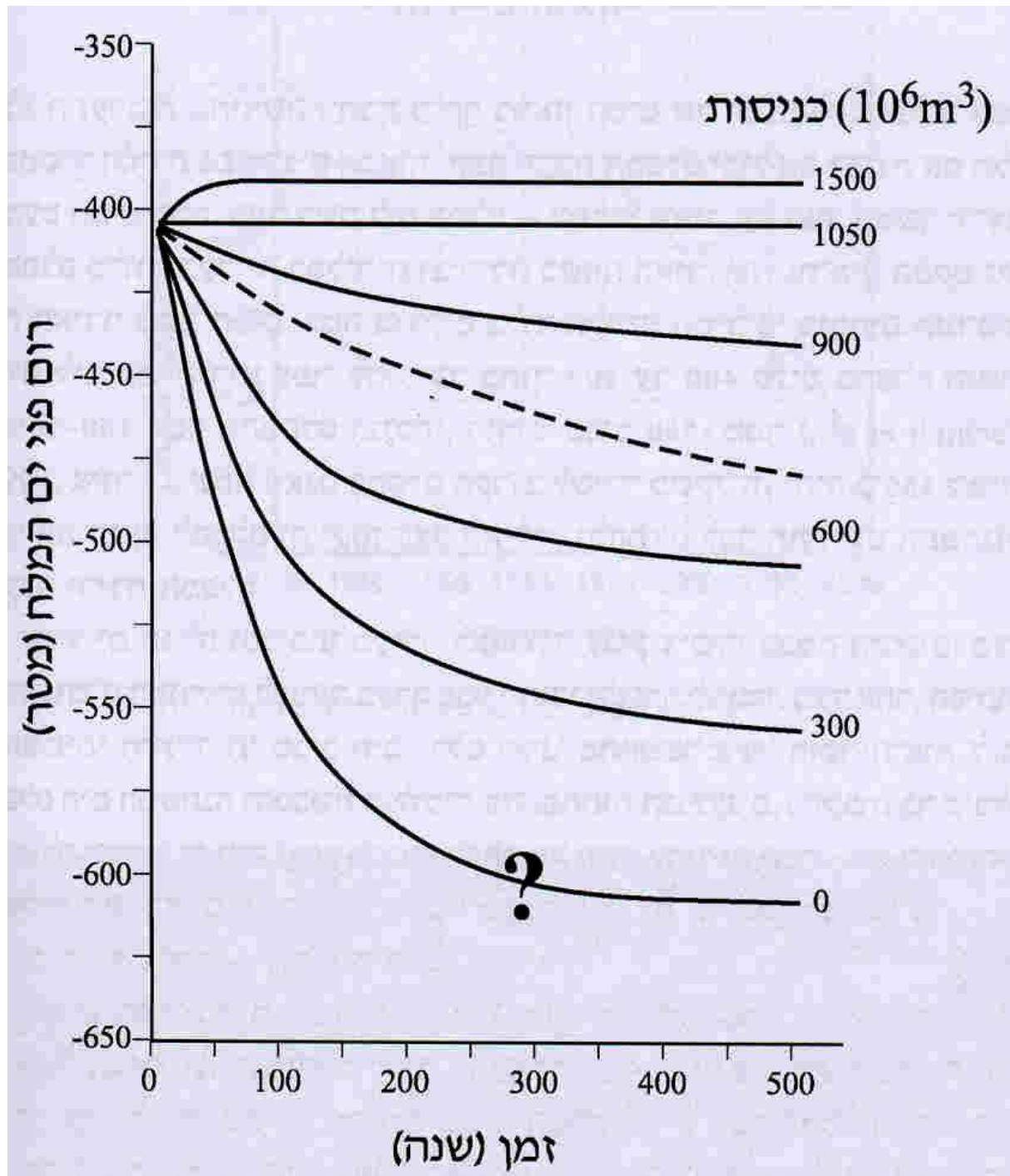
זאת לפי הצעה שחזרתי והבאתי כבר לפני מספר שנים וקראתי לה "החלופה מצפון".

במספרים עגולים מי הכינרת מעבירים לאקוויפרים כ - 150 אלף טון מלחים לשנה. (מעניין שכשאמרתי זאת בכנס שהתקיים בסוף חודש מאי 2008 ברמת הגולן בחגיגת שלושים שנה לחברת מי גולן, קפצו כל מיני אנשים וצעקו: "לא נכון, רק שמונים מליון טון!" הם טעו, אולי בכך כשלקחו בחשבון רק את תכולת הכלור לא את תכולת נתרן כלורי, הוא מלח הבישול. אבל מכאן ואילך אין שום סיכוי שמישו יסביר להם. ולעולם ועד. אני "מדבר שטויות" והם צודקים. ניסיתי להסביר אבל מי אני שיקשיבו לי בכלל) פרופסור גושן שעסק בכינרת הרבה שנים תיקן אותי ואמר שהערך הוא 180 אלף טון לשנה. נמיר את מי המוביל מהכינרת בהתפלת מים מהים התיכון. העלות תהיה כ 200 מיליון דולר בשנה. (מעט יותר מחצי דולר לקוב למעט פחות מ 400 מיליון קוב בממוצע בשנה.)

(1) נחסוך עלות הרחקה של 150000 טון מלח ממי האקוויפר היא כ - 150 מיליון דולר (ישן). זאת מפני שבהתפלה מושלמת של קוב מים באיכות קרובה לזו של מי שתייה לא מוציאים יותר מ 300 מיליגרם לליטר או שליש קילו של מלחים. ובמחיר של 30 סנט להתפלת קוב מים נצרך להתפיל קרוב ל 3 קוב כדי להיפטר מקילו מלח. ובכן החיסכון יהיה של כ 150 מיליון דולר בשנה.

(2) אם נוסיף עוד רווח של חצי דולר לפחות בעד האמינות (וראוי יותר להוסיף לפחות דולר שלם) נקבל בסך הכול חסכון של כ - 350 מיליון דולר (ישנים) (ועד כדי 450 מיליון דולר) כאשר העלות להתפיל את המים המחליפים את מי הכינרת הייתה בסך הכול (במספרים עגולים) כ 200 מיליון דולר (ישן) לשנה, ולפי השיטה הישנה של אוסמוזה הפוכה. (ומחיר זה עשוי לפחות מאד

- אם נשלים את שיטת ה"מבוע") אבל כבר היגענו לרווח של 150 עד 350 מיליון דולר לשנה. אבל לאחרונה לקראת סוף יוני 2010 שמעתי את ראש רשות המים אומר ברדיו שהעלות היא מליארד דולר לשנה. כיצד הצליח לגלות עוד איוולת כזו? אבל בעזרת מי הכנרת שיזרמו בירדן דרומה ניתן להשיג עוד כמה תועלות בעלות ערכים אדירים. ביניהן:
- (3) הצלת הירדן! הערך הכלכלי לא ידוע לי אבל ללא ספק בהרבה יותר חשוב מהמטרה המנופחת של "הצלת ים המלח".
- (4) שטיפת מלח הבישול מבריכה מספר 5 המייצרת את חמרי הגלם למפעלי ים המלח וכיום מסכנת את קיום המלונות בשכנות לבריכה; המשרד לתיירות "הידוע במומחיותו ההנדסית" קיבל עד כה מהמדינה 300 מיליון שקל כדי לפתור רק באופן זמני את בעיית ההצפה של ריצפת מלון אחד במי הגלם של בריכה מספר חמש ולא טרחו לענות על מכתבים אליהם שאולי בהוצאה הרבה יותר קטנה ניתן לפתור את הבעיה בצורה שלמה. לאחרונה הוסיפו להם 400 מיליון שקל לתכנון ומחקר לפתרון בעיות הבריכה מס. 5. אולי הפעם יקשיבו?
- (5) לא הם ולא מפעלי ים המלח התייחסו לעובדה שהתרוממות הרצפה של בריכה מספר 5 גורמת למעשה להפסד משמעי של חומרי גלם לייצור במפעלי ים המלח. בעיה שמה שאני מציע ימנע אותה,
- (6) מי הירדן יכולים לשמש להמסת מלח הבישול והורדתו לגובה נמוך מבלי צורך להגביה כל שנה את הסוללות של בריכה מספר 5.
- (7) המים הללו שגולשים מהכינרת ושלא גורמים כל נזק יכולים להאט את ירידת פני ים המלח כדי שההיה למאות שנים (ראה להלן ציור 17); לפי זה, תוספת מי כינרת ושאריות המים בירדן יביאו את פני ים המלח בערך ל - 525 מטרים מתחת לפני הים אולם רק בעוד כ - 500 שנה. בהחלט ניתן לוותר בכלל על תעלת הימים (התגלמות הטמטום והשחיתות) או לפחות לדחות אותה למאה השנים הבאות.
- (8) ולבסוף, לא די בכל התועלות הללו. אם נותנים למים לגלוש מעל גובה מסוים בכינרת ניתן להבטיח מאגר חרבי כדי כמה מאות מיליוני קוב (כל מטר מים כמהו כ - 160 מיליון קוב), ובכך להוסיף עוד ערך ענק לשיפור אמינות אספקת המים בערך של מאות מיליונים לשנה בממוצע.
- בסיכום התועלת בחלופה הצפונית נימדדת ביותר ממיליארד דולר בשנה ומחירה איננו עולה על 200 מיליון דולר. פעולה זו עדיפה על הבאת מים מתורכיה ובוודאי לא להרוס חלק משמעי של החקלאות שספק אם אפשר יהיה לשקם אותה. **אבל מי יקשיב?** האם יש למישהו רעיון יותר טוב במשק המים? ראש המועצה האזורית "תמר" טוען שזה "רעיון הזוי". חוששני שהוא נימצא במצב של הזיות באופן רצוף. וראש רשות המים מציע לבנות "פיילוט" לתעלת הימים. זה לא הזוי? אינני יודע לאיזה חולי לשייך את זה.



ציור 17 - קצב ירידת פני ים המלח (במטרים) אל מתחת לפני ים התיכון במשך השנים. כל עקום הוא עבור תרומה של מים ממערך הירדן במיליוני קוב לשנה

נראה בסיכום שקשה למצוא השקעה יותר כדאית. אפשר לדחות את הניקוז של מי הכינרת לכמה שנים כדי להתגבר בינתיים בהקדם על הנזקים הקיימים ובעיקר למנוע את ההרס של החקלאות ושל הגינון.

הנהלת כ"ל לא הייתה מוכנה להוציא פרוטה על חקירת הפרטים. היא גם לא נענתה להצעה מהטכניון לנסות וליישם שיטת הפקה של חומר הגלם ללא צורך בבריכות אידוי. המהנדסים של מפעלי ים המלח המליצו על ההצעה אבל ההנהלה טענה שאין להם אמצעים. זאת בשנה שהרוויחו מיליארדי דולרים. זוהי ציניות מכוערת של מוכרי וקוני נדל"ן ולא תעשיינים ושבודאי

מה שקורה במדינה לא נוגע להם כלל. הם יריבו על שם שיקרא עליהם במוזאון בתל אביב ולא ירתעו מהרס אחד האוצרות החשובים של מדינת ישראל. ומשרד התיירות נהנה ממענקים ולא הגיב אפילו לפניית אליו. הסכום שביקש הטכניון לבחינה ראשונית של הרעיון היה לא יותר מ-180000 שקל בשלב של בדיקה ראשונית, ולא יותר מ-700 אלף שקל לפרויקט כולו. מביש!!! בישיבה של הוועדה לביקורת המדינה שמחתי לשמוע מפי ההוזה שהוא ניתבע באופן אישי לאחריות על ארועים בשטח. באמת שמחתי. הוא לפחות היה מוכן להאזין ויחפש אולי בעתיד דרך לשיתוף פעולה.

היחידי שדיבר לעניין בישיבה של הוועדה (בתחילת יולי 2009) היה המהנדס של מועצה איזורית תמר. הוא הוריד את כולם מהבלונים הנפוחים ואמר שצריך לפתור מיד את בעיית הבולענים ומחזור לאחור בואדיות הנשפכים לים המלח. הוא גם סיפר שישנם פתרונות ולא צריך לחקור אותם ולהמציא אותם והוא כבר יישם אותם בכמה מיקרים. פתאום התברר שכל הגורמים מסביב הם רמאים פשוטים ורודפי בצע וכבוד. מה שעוד התברר שרובם ככולם לא מבינים דבר בנושא שהם אמורים לעסוק בו והם אפילו לא מתדברים ולא מאזינים אחד לשני. כשהבעי הערכה זו בפני אחד המהנדסים דשהופקד על קידום הנטשא של בריכה מס. 5 הוא אמר לי שהגזמתי. תקוותי האחרונה נגוזה.

8.2.2. אפשר, אם כך, להעדיף מיחזור מי קולחים במחיר 20 סנט לקוב ואולי 30 סנט, במקום לייצר מים חדשים. קל להראות שעל ידי כך אפשר לספק מי שתייה לאוכלוסייה בגודל כפול מאשר היום ללא הגדלת כמות המים הטריים המסופקים על ידי הגשם וללא השקעות ענק לצרכים רחוקים בזמן וקווי הולכה יקרים מאד ועלות הובלת המים שמגיעה בקרוב ל-10 סנט לכל מאה קילומטרים. הדוגמה המכוערת ביותר היא של הקו החמישי של מים לירושלים. זהו בזבוז כסף חסר אחריות על ידי חברת מקורות וכל אלה שמאשרים את התכניות שהיא מציגה. אבל בכך יש מסורת ישנה. נימצא למשל שאספקת מים מבארות שכנות ברמת הגולן מחיר קוב מים על ידי מקורות עלה פי שלושה מהמחיר מבאר של חברת "מי גולן".

8.3 בעיות אנרגיה להתפלה

8.3.1. נחזור ונסביר שלהתפלה באוסמוזה הפוכה כמקובל היום דרושים כ-4 קילוואט שעה לכל קוב מי ים מותפלים. ייקור כמעט בלתי נימנע של החשמל, לפי ההתנהלות של רשות החשמל, ולמרות דרישתם התמורה להוריד את מחירי החשמל ב-10% בפברואר 2010, יביא ללא ספק לייקור המים. (ההוזלה הבלתי הגיונית הולכת יד ביד עם נכונות לשלם לחשמל סולרי פי חמש או פי עשר מחשמל מדלק). כל הסיכויים שהייקור יהיה לפחות בעשרות סנטיים לקוב מים. כפי שהראנו הסימנים המאיימים הם למחיר של 2.5 דולר לקוב. אם לא יעשה שינוי בתכנון לא תהייה אפשרות בעתיד למנוע זאת. המניעה תוכל להיות או על ידי טכנולוגיה אחרת ועל ידי הקמת מקורות חשמל זולים מאד (יש ויש כאלה ראה פרקים 1-6 לעיל) מאנרגיה מתחדשת וללא חשש להתייקרות בעתיד. **המסקנה היא שאנשי המים לא יכולים להיות אדישים לדרישה הפושעת של חברת החשמל להקים עוד תחנות כוח פחמיות ולהכרזת המדינה על תשלום של 2.01 שקל לקילוואט שעה חשמל ממקור סולרי פוטו-וולטאי.**

8.3.2. קיימת אפשרות להנצלה של חלק משמעי של האנרגיה על ידי ניצול ההפרש בין התרכיז שנוצר ובין מי הים המקוריים. זאת היא אפשרות בכל החלופות שתובאנה בהמשך. ישנן בעקרון לפחות שלוש דרכים לעשות זאת, על ידי הפרש הלחץ האוסמוטי, על ידי ניצול הפרש לחץ האדים ועל ידי תרגום שלהם להפרש מתח חשמלי. ויש גם דרך שלישית על ידי שיטת ההתפלה החדשה הניקראת "מבוע" שבה הכמות נטו של האנרגיה יורד לרבע או פחות(!).

8.4 שילוב של התפלה בארובות שרב 0 חזרה ופרוט מה על פרק 6 לעיל)

זוהי אולי המהפכה החשובה ביותר והיא ניתנת לביצוע ללא דיחוי. העיקרון של ארובות השרב הוא פשוט. באזור ארידי בעל אוויר חם ויבש מקימים ארובה אנכית בקוטר גדול מאד ובגובה גדול מאד. (ראה תאור מפורט בפרק 6 לעיל) (ציור 2 לעיל וההסבר שאחריו). מהפתח שבראש הארובה מרססים מי ים. בערך מחצית המים מתאדים ומקררים את האוויר בארובה. האוויר הקר והמכיל טיפות מים, כבד מהאוויר בסביבה והוא זורם כלפי מטה. זאת באופן הפוך לארובה רגילה בה האוויר החם זורם כלפי מעלה. בארובה גבוהה די הצורך אנו מגיעים לרוח אנכית במהירות קרובה ל - 80 קילומטרים בשעה. האוויר הקר הזורם בארובה יוצא בפתחים שבבסיס הארובה ובדרכו מניע טורבינות שמניעות גנראטורים שמייצרים חשמל. בעצם פיתחנו מכונה לייצור רוח כל ימות השנה וכל השעות ביממה. הרוח מייצרת חשמל. טיפות מי הים הנותרות מכילות ריכוז גבוה יותר של מלחים. אנו אוספים אותן ביעילות רבה מאד ומרחיקים בחזרה לים. הפיתוח של הטכנולוגיה נמשך די הרבה שנים ודרש סכומים לא מבוטלים. הפיתוח נигמר ונמצאו הדברים הבאים:

- א.** עלות ייצור החשמל נמוכה מכל מקור חשמל אחר ידוע להוציא אולי מקורות טובים במיוחד של חשמל הידרו אלקטרי. **בכך כבר תרמו תרומה מרכזית למשק המים.**
- ב.** הפוטנציאל בעולם הוא בערך בין 15 ל - 20 פעם כל צריכת החשמל כיום בעולם. בארץ הפוטנציאל הוא לא פחות מפעמיים כל צריכת החשמל כיום ללא צורך אפילו בטיפת דלק.
- ג.** להפתעתנו נמצאו לא פחות מ - 13 מוצרי לוואי חומריים-ממשיים. (ראה פרק 6 לעיל) ביניהם האפשרות להתפיל מי ים בחצי המחיר או פחות. ההתפלה הזולה ניתנת משום שתכנון משותף מאפשר לחסוך בהשקעות באלמנטים משותפים ומאפשר חסכון משמעי מאד באנרגיה המושקעת בתהליך. (משתמשים בטכנולוגיה של אוסמוזה הפוכה ללא כל מהפכות אם כי יש מקום לכמה שיכלולים).
- ד.** כל הדברים האלה חזרו ונבדקו בדיקה יסודית ביותר על ידי מומחים חיצוניים בארץ ובחו"ל. מתוך מאות בעלי מקצוע שונים שבדקו את הארובות ואת מוצרי הלוואי נימצא רק איש אחד שלא רק לא שיבח את התוצאות בהתלהבות ואישר את כל העקרונות ששמשו את המפתחים, הוא השמיץ תחילה וטען שהתפוקה היא רק שליש ממה שחישבו ומדדו כל האחרים. מאוחר יותר הוא טען שהצליח להפיק פי עשרה ויותר. הוא דרש שהבחינה לא תיעשה על ידי מומחים בישראל ולבסוף היצע למפתחים שותפות כדי לחדול מההשמצות. בבדיקה של העבודה שלו נמצאו שגיאות בסיסיות בפיסיקה ובמתמטיקה. הוא קיבל ביקורת קשה מאד על ידי אנשים זרים.
- ה.** כמות המים שניתן היה להפיק על ידי ניצול רק 20% של האנרגיה המופקת בארובות הייתה כ 400 מטרים קוביים לנפש לשנה, כלומר הרבה יותר מהכפלת כמות המים לישראל.

ו. מאחר שהמים הללו נוספים למי המקורות הקיימים והם זמינים בשטחי המידבר של ישראל הרי שניתן להשקות יותר מחצי המדינה ולנצלה לכל גידול כולל צמחים להפקת דלק חלופי לתחבורה. בכך נמנעים מפגיעה באספקת התוצרת החקלאית הרגילה. ראוי גם להזכיר את האפשרות שההתפלה תיערך במשך חצי או שני שליש של השנה ותנצל את שיאי הייצור של החשמל בארובה. מרבית הפירות יילכו באופן ישיר לשימוש ומי התהום ישמשו כאשר צריכת המים פחותה וכאשר פחותה גם ההפקה של מים מותפלים.

בסיכום בידינו פריצת דרך עולמית שלא רק תספק לישראל כל כמות אנרגיה דרושה וכל כמות מים דרושה בזיל הזול, זהו נושא לפיתוח תעשייתי ויצוא ענק מישראל. פרוש הדבר שבשלב הראשון ראוי לגשת מייד לתכנון ובניה של ארובת שרב בקרבת אילת. אין כל מניעה משיתוף פעולה עם ירדן. להיפך, יש בכך יתרונות רבים. מתקן ההתפלה חייב להיות צמוד לארובה וקרוב ככל האפשר למקור מי הים. הבעיה הסביבתית העיקרית היא בהחזרת הרכיזים למיפרץ אילת. יש לכך פיתרונות שנבדקו לאורך שני מחזורי גאות ושפל ביממה שניתנים לניצול ושליטה בשכבות מים והריכוז בהן כפי שפותח בהקשר להפעלה של בריכות השמש. התוצאה תהיה שאין כל קושי לספק כל כמות מים להשקיה והפריית הערבה ושיגור מים לעמאן. ואין כל מניעה לספק בהדרגה את כל צריכת החשמל בארץ בזול מאד וללא הזדקקות לשריפה אפילו של טיפת דלק. אין אפילו כל צורך לדחות את הקמת מיתקן ההתפלה אם בניית תחנת הכוח תימשך יותר זמן. כל מה שדרוש זה תאום תכנוני.

8.5 שיטה חדשה של התפלה הקרויה "מבוע"

בטכניון נוסו עקרונות חדשים להתפלה. כאמור לעיל, שלש סדרות של ניסויים נערכו כדי לבדוק את העקרונות. בכל שלוש הסדרות נימצא:

- **מסתמן שניתן לחסוך כשלושה רבעים של האנרגיה להתפלה.** נמצא גם חסכון דרמטי בהשקעות האחרות.

- **עלות ההתפלה הכוללת ירידה אל מתחת לחמישית העלות כיום ואולי אף קרוב לעשירית.** פרופסור אחד בטכניון המומחה להתפלה טוען שזה בלתי אפשרי מבחינה פיזיקאלית עקרונית. בדקתי את טענתו והיא ללא צל של ספק שגויה. מה גם שבעובדה נעשו מדידות בפועל בכמה שיטות ובשלוש סדרות ניפרדות ובלתי תלויות, הסותרות את דבריו. הפיזיקה של התהליך מוכחת באנליזה ובניסויים מדודים. הקביעה שהגבול התיאורטי של אנרגיה מינימאלית שיש הכרח להשקיע בהתפלת מי ים הייתה כ-0.7 קו"ש לקוב מים והייתה טובה לתהליך מסוים. עקרון הפעולה בשיטת "מבוע" הוא אחר. אני רוצה לקוות שמומחה זה לא היה הגורם לעיכוב הנושא. מאחר שאני מעריך אותו כידען אני רוצה לקוות שהשלילה שלו לא נובעת ממניעים לא מדעיים.

כל העסק תקוע בגלל הסיבות הבאות:

- **נציבות המים כללה תנאי שכל נושא בתמיכתה כל זכויות היוצרים תהינה שייכות למדינה.** עקרון זה הבטיח שאף דבר שבו טיפלה הנציבות לא יגיע לעולם לכלל מימוש! בארצות הברית יצא ב-1984 חוק על שם ביי-דול שדרישה כזו על ידי גוף ממשלתי אסורה בעקרון, להוציא כמה נושאים מיוחדים. בארץ התקבלה החלטת ממשלה שבדיעבד אסרה גם כן ונתנה הוראה לבטל חוזים כאלה. בנציבות המים אמנם שינו את החוזה אלא שהיועצת המשפטית התחכמה

ודחפה את המכשלה הזו במקום שקיוותה שאיש לא ישים לב. היא כתבה שהדרישה תהיה מבוטלת ביחס לסעיפים נוספים של ידע "מכאן ואילך". למרות העובדה שהנושא כולו בסמכותו של נציב המים הוא נימנע מערוב של סמכותו בעניין זה כמו גם בעניינים אחרים והדבר ניסחב יותר מארבע שנים כדי להיפטר מהצרה הזו. **מאכזב מאד שלנציב המים לא היה האומץ להשתמש בסמכותו . חמור מזאת, בנוסח חוזה שפורסם לאחרונה למחקרים שיוצעו לתמיכה לקראת סוף 2009 מופיעה שוב הקביעה שהמדינה רשאית ליטול לעצמה את מלא הזכויות למסחר את הגילויים ללא צורך ברשות המפתחים וללא כל התחלקות ברווחים).** (בסעיף 14 שם).

• **כשסוף סוף נידמה היה שהשתחררו מהמגבלה שלעיל הוגשה בקשה לסיוע במחקר. התשובה הייתה "בגלל ניגוד אינטרסים הבקשה נדחת" עד לרגע כתיבה זו איש לא הצליח להסביר במה היה ניגוד אינטרסים. גם ראש הרשות שהחליף את שמעון טל לא הצליח. אותו חבר ועדת מחקר שהעלה את הטעון הזה צריך להיות מורחק לצמיתות מכל תפקיד ציבורי זאת "בגלל ניגוד אינטרסים ברור ומוכח". זהו כבר המקרה השני שנדחת הצעה ללא כל הצדקה נראית לעין תוך שימוש בטענה זו. אם ראש הרשות טרם הרחיק אותו גורם שדואג לשמור על ניגוד האינטרסים שלו עצמו, הישארותו בתפקיד היא בניגוד אינטרסים חמור ביותר לאזרחי המדינה וראש הרשות יהיה חייב בכך. האפשרות הנידחת להתפיל מי ים בעשירית המחיר מהווה פתרון סופי של בעייתה מים בישראל. עיכוב ההשלמה של השיטה המהווה חבלה חמורה ביותר והפגיעה הקשה ביותר במשק המים. ללא ספק דחייה של נושא זה מהווה גם חבלה חמורה בתעשייה הישראלית ובאפשרויות היצוא. צר לי לספר שכל החברות שהביעו עניין בהשקעה בנושא , והיו אחדות כאלה, אמרו בפרוש שאם יש איזה שהוא קשר עם מדינת ישראל הם יתרחקו מהנושא ולא ישקיעו פרוטה.**

• **חברת מקורות הביעה פעמיים את דעתה שאין לה עניין בנושא. לא אתפלא אם יתברר שהיא עסוקה בניגוד אינטרסים בהגשמת פרויקטים עתירי הון. אין להם כל חשק לשנות את חלומותיהם ואולי הם אפילו מעורבים במעשים לא לגמרה מתאימים לשליחי ציבור.**

• **פנייה לחברת "הנדסת התפלה" קיבלה תגובה נלהבת. אולם מימוש של שיתוף הפעולה חייב רישום מוקדם של פטנט. לחוקרים לא נמצאו אמצעים מספיקים לשם כך. ובכך, המהפכה החשובה ביותר בתחום ההתפלה הייתה יכולה להיות זה מיזמן מוכנה לשימוש אילולי מערכת מסואבת ואימפוטנטית. הנושא הזה לבדו עשוי היה להביא למדינת ישראל הכנסה שעולה על כל ההיי-טק. אולם מעבר לכך הייתה ללא ספק מסירה את אחד הנושאים הקשים ביותר בקונפליקט עם השכנים.**

8.6 הגברת גשם על ידי חימום הים - עבודתו של ד"ר גד אסף

בתחילת שנות השמונים הצלחתי לממן לד"ר גד אסף מחקר שהתחיל מלימוד המנגנון של יצירת גשם בקצה המזרחי של הים התיכון. עזרו על ידו פיזיקאים מבריקים מהעלייה מברית המועצות. להלן כמה מהממצאים שלהם. הגורם המעכב למחקר היה החשב של המשרד שטען, מתוך "מומחיות נדירה", שהנושא לא ראוי. וזאת למרות האישור שלי, של ועדת המחקר ושל רפרנטים חיצוניים.

הגשם מיוצר על ידי ענני קומולוס כאשר הים חם וניכנס אויר קר מעליו. נמצאו שני דברים. ראשית התנועה הסיבובית של אויר עולה ואויר יורד גורמת, כאשר האויר כלוא בשכבות אופקיות, לתנועה סיבובית אופקית ונוצר בדרך כלל גלגל אויר כזה בקוטר של כשלוש מאות קילומטרים. שנית, כמות הגשם פרופורציונאלית בדיוק מדהים להפרש הטמפרטורה בין הים ובין האויר הקר.

במשך הקיץ השכבה העליונה של מי הים היא חמה ומתחת ישנה נפילה ניכרת של הטמפרטורה. בשלב מסוים בסתיו מהלך הטמפרטורה הופך לקו אנכי ישר עם מפל קטן מאד של טמפרטורה עם הגובה. הים פולט ככה חום לאורך גרדיאנט טמפרטורה אחיד כמעט מעומק של כ - 150 מטרים. כמות הגשם בשנה יכולה להיות חזויה בדיוק סטטיסטי של קרוב מאד ל - 60%. לפי טמפרטורת פני הים בשלב ההוא בסתיו כאשר קו הטמפרטורה בים עם העומק מתיישר.

מכאן כמה מסקנות מרחיקות לכת:

- ניתן לחזות אם אנו הולכים לקראת בצורת, לתכנן את העשייה בצורה חכמה ולחסוך הרבה מאד השקעות ומים.
 - באירוע סינופטי ספציפי ניתן להעריך מראש את סך כל הגשם בדיוק שעולה על 90%.
 - החשוב ביותר, אם נוכל לחמם את הים בכמה מעלות בלבד נוכל להגדיל באופן דרמטי את כמות הגשם. די ב - 2-3 מעלות כדי להגדיל את כמות הגשם בעשרות אחוזים רבות ולהכפיל את כמות המים הזמינים. בהתיעצות בעל פה עם גד אסף הוא העריך שעליה במעלה עשרונית אחת של טמפרטורת פרופיל המים בסתיו תביא בערך לתוספת של כ-40% לגשם. זה יביא לתוספת של יותר מ - 100% לתוספת נטו למי התהום. חשבון פשוט מראה שחימום טריליון קוב מי ים בשלוש מעלות יכול להגדיל את כמות הגשם בסדר גודל של כ - 5 מיליארד קוב - כמחצית כל הגשם הממוצע על פני ישראל. אבל ההעשרה של מי תהום תהיה יותר מאשר כפולה (ראה טבלה 8 לעיל).
 - הורדת הטמפרטורה של מי הים בקיץ תחסוך הוצאות מיזוג אויר בהיקף משמעי מאד. ומים יותר חמימים בחורף גם כן יחסכו במזוג האויר.
- המחקר הסתכם בחיפוש דרך לחימום הים. התברר שיש לשם כך לפחות שתי שיטות מתקבלות על הדעת כששתייהן הן בעצם תהליך של ערבוב המים במשך הקיץ כדי שיותר חום יצטבר בעומק הים עד כ - 150 מטרים בעומק. פחות חום יפלט החוצה במשך הקיץ.
- כל התוצאות הללו מעלות מנגנון אפשרי להסבר של בצורות קצרות של ששתיים עד חמש שנים ואולי גם הפתרון.

ד"ר גד אסף פרסם מאמר היסטורי בשנת 1985 בשם:

Artificial Sea Mixing, ב - Israel Journal of Earth Sciences, Vol. 34, pp. 110-112. הוא היה אז עובד של חברת "אורמת" ביבנה, אותה חברה שעסקה גם בבריקות הסולריות.

ד"ר אסף הגיע למסקנה שערבוב הים בקיץ ינמיך את הטמפרטורה בקיץ, אבל יגביר את מאגר החום שיוכל לשמש בחורף לייצור גשם. החשבון המדהים הראה שקילו-וואט שעה אחד הדרוש לערבוב מלאכותי של מזרח הים התיכון יוכל לייצר כ - 20 מטרים קוביים של גשם באזורנו. אנו יכולים ללא היסוס לקבוע שנפח נוסף של 20 מ"ק יכול לתרום לא פחות מ - 10 מ"ק של מים זמינים כמי תהום או כנגר עילי שניתן לתפוס. התפלה של 10 מ"ק מי ים כיום מחייב כ - 40 קו"ש חשמל. די על כן יהיה באחוזים בודדים של אנרגיה זו כדי להשיג את אותה התוצאה בשיטה שהגיעה אליה גד אסף.

לתהליך היו מתקבלות כאמור עוד תוצאות נלוות כגון חימום מתון של סביבת הים בחורף וצינון בקיץ. וכך חיסכון בחשמל.

הערכות ראשונות אחרות הראו שכנראה זו תהייה שיטת ההתפלה הזולה ביותר. אנחנו לא צריכים לספק אנרגיה להתפלה עצמה, אין כל צורך בממברנות. אנחנו מספקים בסך הכול אנרגיה לערבוב שהיא חלק קטן ביותר מהאנרגיה לאידוי עצמו. לאחר השקעה תחילית כמות האנרגיה המושקעת מהווה שבר קטן מאוד מהאנרגיה הדרושה להתפלה היוצרת את הגשם. כל האנרגיה ליצירת הגשם היא אנרגיית השמש. הערכה גסה הראתה שסדר הגודל של נפח המים לערבוב הוא 300X300 קילומטרים ועובי של לא יותר מ 10 מטרים ובסה"כ כ - 10^{12} מ"ק. אולם, אנרגיית הערבוב התיאורטית איננה עולה על עשירית קו"ש לקוב נטו מי גשם. כלומר, סדר גודל של 2-3% מהאנרגיה הדרושה להתפלה. גם אם השקעת היסוד תהיה מיליארד דולר באמצעי ערבוב וההחזר השנתי 100 מיליון דולר, העלות לייצור קוב נוסף של מי תהום ומי נגר שניתנים לניצול לא יעלו על סנטים בודדים.

אבל החוקרים לא הצליחו לגייס את האמצעים הדרושים לעשייה כל כך מלהיבה. אבל חשוב מכל תארו לעצמכם תוספת ממוצעת של גשם כדי כמה עשרות אחוזים והכפלת כמות המים הזמינה בתפישת נגר ובמי התהום.

בשנת 1983 ביקשו החוקרים בהנהגת ד"ר גד אסף וד"ר צבטקוב תקציב להמשך המחקר. כאשר, כאמור, שימשתי כמדען ראשי של משרד האנרגיה, ראיתי בעניין רב את המשך התמיכה בעבודתם. הוועדות המתאימות אישרו את התקציב, אולם חשב המשרד התנגד וטען שמבחינה מקצועית לא ראוי לתמוך בו, ובכך מנע את ההקצבה. פניתי לשר והוא היה בעמדותי אבל אמר לי ביושר שספק אם יהיה ראוי להסתבך עם אנשי האוצר בגלל נושא זה. אני הייתי הרבה יותר תקיף ובאיום ממשי הצלחתי לתמוך. זה היה גם אודות ליחסי ידידות מיוחדים שהיו לי עם החשב.

במשך השנים לווייתי את הנושא תוך שכנוע פנימי חד משמעי שבתנאי המדינה לא היה לנושא זה כל סיכוי, כמו גם לנושאים אחרים בעלי ערך אדיר.

לקריאה נוספת על עבודתם של גד אסף וחבריו, ראה גם:

- Anati, A. 1977, Topics in the Physics of Mediterranean Seas, Ph.D. thesis, Weizmann Institute of Science.
- Assaf, G. and I. Bronicki, 1980, Method and means for weather modification, US Patent Application.
- Gat, Y. and I. Carmi, 1970, Evolution of isotopic composition and atmospheric waters in the Mediterranean Sea area, J. Geophys. Res. 75: 3039-3048.
- Haney, R. L. and R. W. Davis, 1976, The role of surface mixing in the seasonal variation of the ocean thermal structure, J. Phys. Oceanogr. 6: 504-510.
- Tzvetkov, E. and G. Assaf, 1982, The Mediterranean heat storage and Israeli precipitation Water Resour. Res. 18: 1036-1040.

בחקירת התהליך של ערבוב הים לצורך קליטת יותר חום והגברת הגשם ראוי לבחון עוד אספקטים שהעלנו בדיון על כיליון של אוכלוסיות בים. הובע חשד שהדבר נגרם לפחות בחלק בגלל מחסור בחמצן וזה בא בגלל מחסור בערבוב מכני של המים. זהו ממד נוסף למחקר על השינויים באקלים

שעשויים לגרום למחסור בגשם בגלל אי ערוב של הים ואפקט נוסף של חוסר חמרי מזון הבאים מהשכבות התחתונות ופגיעה באוכלוסיית הים.

8.7 הפעולות הדחופות ביותר

כשעמדנו בפני ייבוש מטעים, סגירת חממות והזנחת גידולי שדה וירקות הייתה הסכנה הגדולה ביותר של זניחת החקלאות ומעבר לעיר. ההתיישבות בארץ היא תנאי לקיומנו בארץ הזו ולא רק עוד כמה פרוטות בעיני אוצר המתקשט בנוצות הנובלות של ההיי-טק. הפחד הוא שאחרי משבר כה חמור בחקלאות לא יהיה מי שיחזיר ליישב את הארץ. אולי רק הבדואים. לפיכך בחודש מאי 2008 אסור להסתפק במיקוח על פיצויים. ראשית יקבל פיצויים רק מי שימשיך ליישב את הכפר. שנית צריך לשלם כמעט כל מחיר תמורת עוד פיסת חקלאות שלא תושמד. צריך להיות מוכנים לשם פיצויים לעירייה שתסגור מים לגינון נוי. צריך לשלם בונוס לצרכן מים שיפחית את השימוש לחצי או לרבע. צריך להיות מוכן לקנות מים בתורכיה ללא הבדל כמעט מהו המחיר. את הזמן שנקנה צריך להקדיש לפיתוח מתקני התפלה. וחייבים לעשות כל מאמץ להשלים את הטכנולוגיות המתקדמות. צריך לחזור ולקבל את ההחלטה ששמעון פרס מנע ולגרום לכך שארובות שרב תהיינה פרויקט תשתית לאומית בעדיפות הראשונה. יש לאסור הקמה של כל תחנת כוח שהיא מופעלת בדלק.

יש לנקוט בכל פעולה לתוספת מים דחופה כמו גם שאיבת יתר. זאת גם אם נצטרך בהמשך לתקן את הנזקים שנגרמו עקב זאת. היקף הנזקים שאנו יכולים למנוע דיים להצדיק את ההוצאה לא פחות מאשר מתן אשראי לגופים פיננסיים ולספקולנטים של נכסי דלא נידי בטענה שצריך לעצור על ידי כך את האבטלה ולתת תנופה לצמיחה מחדש.

9. בעיות זיהום ופתרון בכלל והביוב בפרט

9.1 מקורות הזיהום

- כבר מנינו לעיל את מקורות הזיהום – שמונה במיספר.
- כ - 150 אלף טון מלחים עם מי הכינרת.
- למעלה מעוד 200 אלף טון מומסים במי הביוב.
- חדירת מי ים בגלל שאיבת יתר באקוויפרים, בעבר בממוצע לא פחות מעוד 100 אלף טון לשנה.
- דליפה מערימות פסולת כולל חמרים כימיים מיוחדים מתחום ההורמונים התרופות חמרי ניקוי ועוד.
- בסך הכל המזהמים הם בסדר גודל דומה לזה של הקולחים (כחמישה קילוגרם ניטרטים לטון פסולת ויש לנו כיום 6 מיליון טון פסולת בשנה)
- זיהומים תעשייתיים בכ 150 אתרים.
- דליפת דלקים.
- כימיקלים המשמשים לחקלאות , החל בדשנים כימיים ועבור לחמרי הגנת הצומח.
- פליטות בעלי חיים ובעיקר חוות צאן, בקר וחזירים כאשר פליטת פרה אחת הוערכה כשוות ערך ל 18 בני אדם.

כל אחד מהנ"ל קורא לאמצעים אחרים. ביניהם מניעה או הרחקה. כמעט בכל המקרים מניעה עדיפה. אנו נעסוק כאן הפעם בעיקר בנושא הביוב. אולם הוא יכול לשמש דגם לעוד כמה מהסעיפים.

9.2 מה הסיבות לא להשקות בקולחים שהם מי ביוב אחרי טיפול שניוני או שלישוני

ההתמסרות להשקיה במי קולחים אחרי טיפול שניוני או שלישוני הוא מעשה בלתי חכם אם להתבטא בהמעטה, ולא פחות מאשר מעשה פשע במשמעות הפשוטה של המילה. נושא זה נחקר כבר לפי שני עשורים בדנבר, קולורדו. הוא נחקר בסינגפור והגיע לכדי מילוי בקבוקים במי שתייה העשויים ממי קולחים מותפלים כדי הבאה לאיכות מי שתייה. הבקבוקים חולקו לילדים. הנושא נחקר בטכניון על ידי קבוצה רצינית ביותר ואחר כך גם באוניברסיטת בן-גוריון במי הקולחים של ערד (פרופ' גדעון אורון בשיתוף עם חברת התפלה ישראלית). התקנות להשקיה במי הקולחים נחטפו על ידי המשרד לשמירת איכות הסביבה. הן נקבעו על ידי סמנכ"ל בכיר ד"ר יוסי ענבר שעסוק כבר כמה שנים במניעת כל אפשרות לדיון פתוח בנושא, העיקר הוא לשמור על הסמכות של המשרד ולעולם לא להודות בטעות, לא חשוב מה הנזק. כיום הוא מנכ"ל המשרד.

חברת פרטו שיעצה בנושאים הכלכליים התחמקה באופן מפורש מכל דיון ענייני שהיה מעמיד אותה באור לא מכובד. ולבסוף איש אקדמיה אחד דבר על ליבי לא להתנגד כי מכל מאגר של מי קולחים יש לו פרנסה (הוא והקרן הקיימת מתקיימים מקרוב ל - 200 מאגרי ביוב).

לאט לאט האמת יוצאת לאור ובמקום תהילה שהייתה לישראל בענייני מים הולך ויוצא לה שם רע של מי שנושא תעמולה שאין מאחוריה אמת. נתקלתי בזה כבר בכנס בין לאומי שהתקיים בתחילת חודש אוקטובר 2008.

מדוע לא? להלן 14 סיבות.

(1) כדי להשקות במי הקולחים חשבו הגאונים שיש לאגור אותם מהחורף לקיץ. כך חשבו

אלה שביצעו זאת. לאגירה יש מחיר. אני בדקתי בכמה תכנונים ומצאתי שהעלות היא לפחות בסדר גודל של חצי דולר (ישן) לכל קוב. בכנס שהתקיים ברמת הגולן במאי 2008 היו שניסו להתווכח בתוקף רב שזהו מספר מוגזם. שם לא היה המקום להתווכח איתם וגם בטקסט הקצר כאן לא אביא את פרטי החשבון. אולם חשוב לאמור שגם הם הודו בכמה עשרות סנטים. ולצורך הטעון כאן אין להפרש זה כל משקל מהותי. (חוץ מזה אני תכננתי ובניתי מאגרים והם לא. אני לימדתי את המקצוע הזה והם לא. מוניתי אפילו לחקור מדוע מאגרים כאלה נהרסו ולא פעם זה קרה למרות שהשקיעו בהם הרבה יותר מהנחוץ. המחיר של חצי דולר הוא בגין החזר ההשקעה בבניית המאגר ובגין התחזוקה שלו.

(2) בעבודה של ועדה שמונתה להציע מדיניות למחירי מים בדוח מ2003 היא מציינת ששטח המאגרים הללו מגיע לכ 120 דונם למיליון קוב. המשמעות היא עובי מים שנתי ממוצע של 8.3 מטרים. כאשר ההתאדות מגיעה ללא פחות מ2.5 מטרים לשנה ההתאדות מהווה על כן כמעט בדיוק 30% של המים המוזנים למאגר)

בארץ יש כבר היום כ - 200 מאגרי ביוב. חלקם תופס גם שיטפונות. חבל מאד מפני שכרגע אם נבטל את האיוולת הזו לא נוכל כבר לחסוך את ההוצאות שנעשו להקמת המאגרים. אפשר רק לשמוח שהקרן הקיימת לישראל מצאה דרך יותר נוחה לגייס כסף ולהעסיק את הציד המכני

הכבד שלה ללא כל התחרות. כל ניסיון שלנו בעבר להבהיר את הדברים למנהיגי הקרן הקיימת נכשלו. וכי איך יוותרו על נכס הסברתי וכספי כל כך טוב. וכיצד יודו שעשו פעולה מיותרת? אני הואשמתני אז כשקרן ומי שרואה בקרן הקיימת לישראל כגוף עוין. מה שמדהים הוא גם שמאגרים לביוב חייבים להיות אטומים בצורה מושלמת למרות זאת שאת כל המים המזוהמים ממילא מחדירים לקרקע. האם התפיסה המזוה של המוסדות מתקבלת על הדעת. כנגד זה מאגרים לתפישת מי שיטפונות, ראוי שיהיו חדירים ככל האפשר לחלחול המים אל הקרקע. וכנגד זה לא ראוי שמי זרימה עילית שהם על פי רוב מים באיכות מצוינת ימהלו מי קולחים ועל ידי כך ייקרו כל טיפל בפרופורציה למידת המיהול) שילוב של השניים הוא שיא של טמטום הנדסי. ואם בכל זאת הם משולבים וממילא מחדירים את כל המומסים לקרקע אזי אין כל הצדקה לאיטום לא לאלה ולא לאלה.

(3) שהיה של מי הקולחים במאגר גורמת כאמור להפסד של לפחות 20% מהנפח וכניראה שבממוצע 30%. גם כאן התעוררו קריאות ביניים על כך שלא יתכן שכל כך הרבה. הצעקות היו של אלה שראו בפשע הממשי של השקיה במי קלחים הישג שלהם, וכי איך אפשר לשאת ביקורת כשלי?

(4) בגלל מליחות יתר של מי הקולחים יש להשקות השקיית יתר לצרכי שטיפה מתוך בית השורשים.

(5) השהיה של מים עם כמות גדולה של מומסים המשמשים חמרי מזון, גורמת להתפתחות של אצות וכל מיני מיקרואורגניזמים, מה שמחייב סינון לפני ההשקיה וכלוריציה נוספת, שאם לאו כל מערכת ההשקיה בטפטוף תיסתם.

בסך הכול העלות עד כאן מגיעה לפחות לדולר שלם לכל קוב מי השקיה אפקטיביים או אף מעל סכום זה קרוב ל 1.15 דולר. והרי בסכום זה אפשר להתפיל כמעט שני קוב מי ים. אז מי צריך את הקולחים? אבל התפלת מי הקולחים והבאתם לאיכות מי שתייה לא תעלה יותר מ 30 סנט לקוב. הוסף לזה עוד שני קוב מי ים מותפלים במקום קוב אחד של מי קולחים מזוהמים ביותר על כלל נזקיהם במאגר מיותר.

(6) מי הקולחים מביאים איתם 100-200 מיליגרם מומסים נוספים לליטר או 0.1-0.2 קילוגרם נוספים לקוב מים. המחיר להרחקת כמות זו ממי התהום איננה נופלת מ 30 סנט (ישן) לכל קוב מים.

(7) ריבוי תרכובות נתרניות מביא לדיספרסיה של החרסיות ויצירת קרום הפוגע בבטיה של גידולים, באזור ובהשקיה תקינה. דבר זה חזר ונבדק בניסויים בארץ על ידי צוות טכניוני, על יד ד"ר עמוס הדס ממרכז המחקר של משרד החקלאות ועל ידי אחרים. טיפול בתוספת קלציום או בשימוש במייצב של מיבנה האגריגאטים בקרקע שיפרו אמנם את המצב.

(8) לתרכובות הנתרניות השפעה מזיקה על הצמחים.

(9) אין כל צל של ספק שמי הקולחים אחרי טיפול שניוני גורמים להפצת מחלות מדבקות וידועות מגפות בין אלה שהשתמשו במים כאלה ובין אלה שאכלו מהפירות. רק לאחרונה שוחחתי עם מומחית מהמחלקה לטכנולוגיות של מזון והיא עוקבת אחרי התקפות כאלה. (פרופסור סימה ירון) נתתי לה בהזדמנות זו שני כרכים של נתונים על בדיקות מי קולחים אחרי טיפול שניוני, בדיקות שנעשו ע"י משרד הבריאות במשך שנת 2006. כמעט לא נמצאו מים ללא בקטריות קולי, ומכאן עדות שקשה לדחותה על הסכנה בשימוש במים. לאחרונה התגלו תופעות מדהימות בהן סלמונלות חדרו לקרקע ומשם חדרו לשורשים ולגבעולים והגיעו לפירות. כך קרה גם שמצאו אותן בתוך עלים של פטרוזיליה בניסויים שנערכו בטכניון. חומר נוסף מובא בין

הנספחים. הפרסום האחרון בציטוט של SCIENTIFIC AMERICAN מספר על תגלית מרעשה שחמרי הגנה על הצומח וחמרים המצויים בביוב ובמי שטיפה של ערימות פסולת גורמים לעליית המגיפה של מחלת הסוכרת. באופן מיוחד מזכירים שרידי DDT משנות החמישים. בפרסום אחר מאותה אסכולה מזכר שהתגלו למעלה מ-300 מיני תרכובות כימיות שחלקן אפילו עוד לא נחקר די הצורך.

(10) הקולחים נושאים אתם שרידי הורמונים ושאריות של תרופות הגורמים לנזקים בריאותיים חמורים לבני אדם ולשינויי מינים של בעלי החיים במים. זאת מעבר למתכות כבדות ולחומרים מסרטנים.
(11) מאגרי הקולחים משמשים בית גידול ליתושים המפיצים גם מחלות וביניהן קדחת הנילוס המערבי.

(12) הידיעה שהישראלים משתמשים במי קולחים להשקיית גידולים פוגעת בשיווק בין אם בצדק ובין אם לא. (ולדעתי ללא צל של ספק בצדק).

(13) ההשקיה במי הקולחים גורעת את המים מהנחלים והזרמתם לנחלים מזהמת בצורה חמורה ביותר את הנחלים, הורסים את החי והצומח המסורתיים ופוגעת קשות בבני אדם החל במחלות מדבקות סרטן וכל מיני דלקות קטלניות בגין אוכלוסיות של מקר-אורגניזמים בלתי ידועים. באופן מעשי כל הנחלים עם מים זורמים מזהמים בצורה חמורה על ידי הקולחים. אפשר להראות שתמורת לא יותר מכ - 20 סנט לקוב (ולבטח לא יותר מ-30 סנט) ניתן להביא את מי הקולחים אחרי טיפול שניוני לאיכות מי שתייה טובים ביותר. אז ניתן להזרים את המים בנחלים ולפני זרימתם לים לתפוס את המים לשימוש משני כלשהו.

(14) השתייה של מי קולחים נוגדת הרבה חוקים של היהדות, לא רק של מניעת ערבוב בשר וחלב וחמץ וכשר אלא טריפה עקב זיהום אנושי מכל סוג שהוא ובליעה של חמרים מעוררי גועל נפש. אולם, מעבר לכל אלה, מניעת פיקוח נפש היא הכלל המחייב ביותר והוא תקף במקרה של שתיית מי קולחים.

נפח מי הקולחים המחלחלים לקרקע לאחר השקיה או ללא כל קשר להשקיה מגיע לנפח קרוב לחצי מיליארד קוב לשנה שזהו בין רבע לשליש של כל אספקת המים. מכאן בממוצע על פני הזמן ובמרחב שיטחה של מדינת ישראל הפרוש הוא שבכל כוס מים בממוצע יהיו מזהמים שווי ערך לרבע עד שליש מהכוס ממי קולחים.

רבנים חרדים מסוימים דורשים בצביעות מופגנת לא לספק מי הכינרת לחיפה במשך חג הפסח מישום שהושלכו למים פרוסות לחם. אבל אין הם מתחלחלים מערוב בשר וחלב כל ימות השנה. חבל שהם לא מתלהבים ממטוה של משה שהכה בסלע כדי לספק לישראל מים אבל אינם טורחים למעשה הקסמים הזה שאנו מנסים לעשות בכל ימות השנה.

אפשר לקבל התרשמות מגודל הבעיות על ידי הסתכלות בציור 18 שבהמשך. בו מתואר השינוי הממוצע של תכולת הכלורידים במי התהום באקוויפר החוף וכן בתכולת הניטרטים בין שנת 1970 ושנת 2000. והרי אין כל ספק שבכוס מים שאנו שותים מאקוויפר החוף ושלא פחות מרבע כוס מי קולחים –

כמות מי הקולחים היא כמחצית מי השתייה לעיר ולתעשייה. וחלקם הכולל של מי הקולחים ביחס למי הגשם הולך וגדל ללא כל הגבלה. קצב העלייה של הניטרטים בציור 18 מוכתב על ידי נפח האוגר הכללי של מי התהום. אמנת ברצלונה מחייבת אותנו לכלול הכול בכוס מי השתייה שלנו. אסור לנו להיפטר מהזיהום בהשלכה לים.

הערכות הן שהנזק המצטבר שאפשר היה למנוע נע בין דולר וחצי לשני דולרים וחצי לקוב, וזה פי שלשה עד פי חמישה מעלות של קוב מי ים מותפלים. צריך להיות מטומטם ומרושע כדי לעמוד על ההשקיה במי קולחים שלא עברו אלא טיפול שניוני. הנזק הכולל לאחר ניצול כל הקולחים יהיה לא פחות משלשה רבעים של מיליארד דולרים (ישנים) לשנה ועד קרוב למיליארד וחצי דולר לשנה. בסכום זה אפשר היה להתפיל בין שלושה לחמישה קוביים מי ים במקום קוב אחד של מי ביוב מזוהמים.

הרעיון המטומטם ביותר הוא למהול את הקולחין במי ים מותפלים בריכוז נמוך ביותר של מלחים. זוהי תורתו של יוסי ענבר, היום מנכ"ל המישרד להגנת הסביבה. הרי כל ילד יכול להבין שמיהול אינו מרחיק אפילו גרם אחד של חומרים מזיקים וכנגד זה מיהול מעלה כמעט בערך ישר את מחיר ההרחקה של כמות מוגדרת של מלחים.

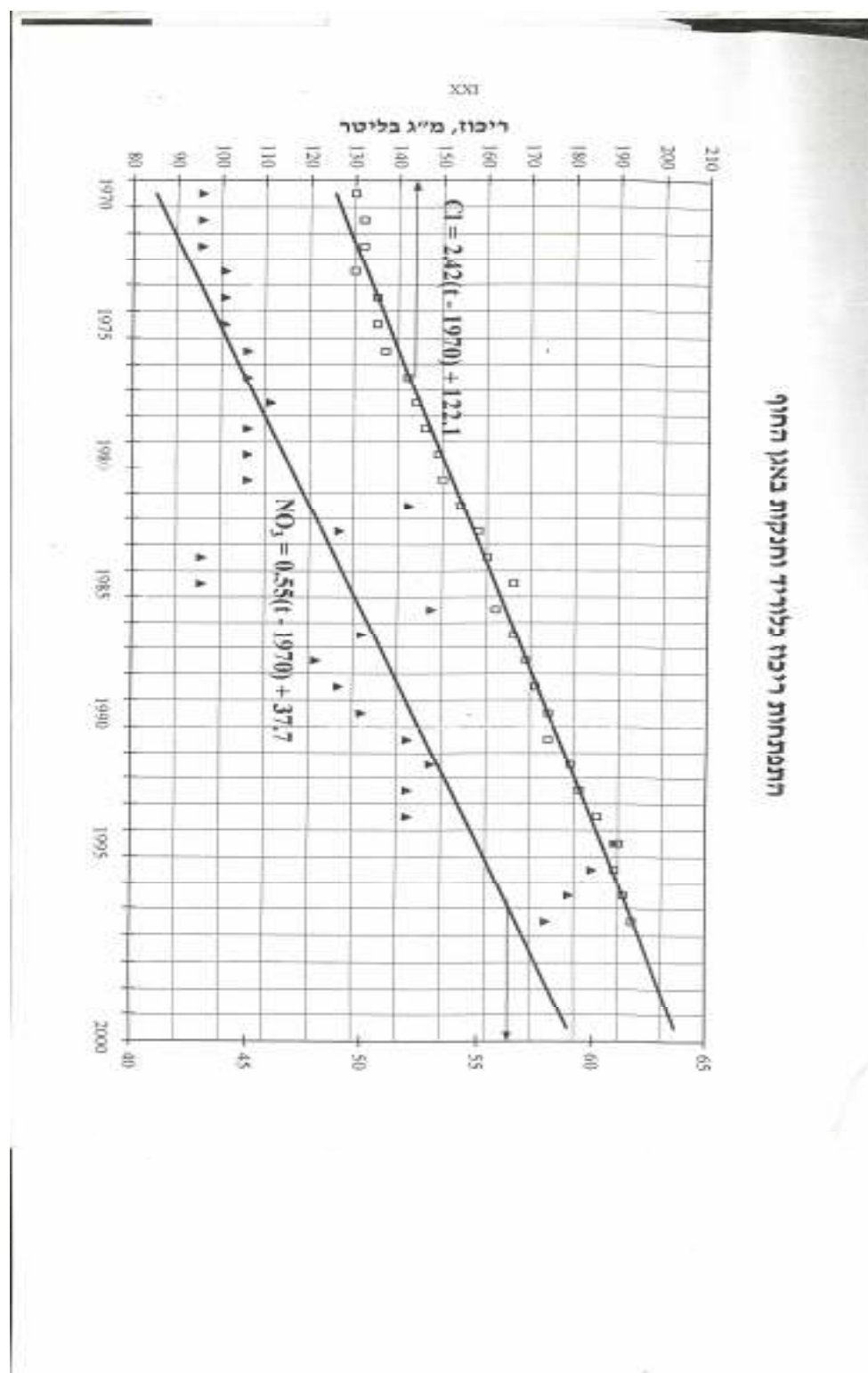
לדוגמה הרחקה של קילוגרם מלחים ממי ים בעזרת אוסמוזה הפוכה מחירה פחות מ - 2 סנטים. מחיר הרחקת קילוגרם של אותם המומסים מתוך תמיסה מהולה באיכות קרובה לזו של מי שתייה הוא דולר שלם או בקרוב פי חמישים כאשר המיהול הוא בערך פי 100. במילים אחרות ירדת הריכוז התחילי בשני סדרי גודל מגדילה את מחיר ההרחקה של כמות מלחים מסוימת כמעט בשני סדרי גודל.

צריך על כן להיות חסר כל היגיון ולהציע את מה שהיציע המשרד לשמירת איכות הסביבה - להתנדב לשלם פי כמה יותר להשגת הרבה פחות. במקום לשלם 20-30 סנט לקבלת מי שתייה מעולים לשלם תחילה מעל 2 דולרים מבלי להיפטר מהמומסים ואחר כך לשלם על פינויים ההכרחי בערך עוד 2-3 דולרים. ובסך הכול לא פחות מ-5-6 דולרים ועדיין אנו חייבים לשתות את מי הביוב.

מה במקום?

1. כאמור לעיל הפיתרון הוא להתפיל את מי הקולחים במצבם המרוכז ביותר בעזרת אוסמוזה הפוכה, להזרים את המים בנחלים ובטרם המים נפלטים לים לתפוש אותם ולהחזירם לכל שימוש שהוא. יש בידי הצעה קונקרטית לביצוע מחר בבוקר. הצעה של "נירוסופט" מכרמיאל.
2. בכמויות אחרות אפשר להשתמש בצורה ישירה או להחדיר אותם למי התהום אולם תמיד קודם כל ניקוי שלהם על ידי אוסמוזה הפוכה. ואם צריך טיפול בפחם פעיל.
3. הפעולה המהירה ביותר והכדאית ביותר היא להתפיל את מי הביוב העירוניים ולהחזירם לשימוש בעיר. במחיר של כ - 20 עד 30 סנט לקוב אפשר לספק כך מים לאוכלוסיה כפולה מאשר כיום, או לאותה אוכלוסיה לספק מים תוך ניצול של חצי הכמות ממקורות הבסיסיים ולחסוך לפחות כפולים או משולשים!!! (זהו סכום של טור גאומטרי של מיספרים מחלרים 2 למשל: $1+1/2+1/4+1/8+....=2$)
4. יש בידי הצעה מסחרית לאספקה של מתקני התפלת קולחים במכולות שניתן להביא על סמי-טרילר ותוך יומים להתחיל להפיק 1000 קוב ליממה. 60 יום לאחר הזמנה המיתקן יסופק.. נפח

- תרכיז הוא כ 20%. היחידות ניבחנו בארץ ובחו"ל. העלות ליחידה כ 200 אלף דולר.
5. **יש לחוקק חוק שאוסר באופן מוחלט להחזיר למערכת, מים באיכות נמוכה מאיכות מי שתייה.**
6. **בפעולות דומות יש מקום להתייחס לכל הפסולות בארץ כולל שילוב של הטכנולוגיה של "חץ אקולוגיה", איטום הקרקעית התפלת שאריות המים וייצור גז.**
7. **כפי שיתברר בהמשך יש להתנתק מכל התחייבות לאמנת ברצלונה האוסרת פליטות ממיכלים או ממוצאי ביוב לים.**



ציור 18 - עליית הריכוז של הכלורידים ושל הניטריטים במי התהום באקוויפר החוף (נלקח מהשנתון של השירות ההידרולוגי)

גם כאן קשה שלא להתרשם מהעוסקים בנושא כמי שהתחנכו באינקוויזיציה בתקופה שאסרו על גלילאו להגיד שכדור הארץ סובב את השמש והסכימו שהציבור יעשה כל חטא בתנאי שישלם אינדולגנציות. האזנתי לשידור ברדיו שתיאר את מי הקולחים של תאגיד התעשייה בתפן שמטופלים טיפול כלשהו ומותזים על מדרונות הגבעות. כל הצמחייה באזור הריסוס השחירה ומתה. אנשי הסביבה טוענים לכך שמי התעשייה הזו מזהמים את הסביבה. אפשר לקבוע שהם כבר הגיעו למי התהום ומזינים את מי השתייה. זה שנים רבות שהמפעלים מצפצפים על כולם. האחראי מטעמם טוען שהם ממלאים את כל הדרישות של המשרד להגנת הסביבה ושל משרד הבריאות והינם מתאימים להשקיה ללא מגבלות. הנה! זהו המבחן הכי פשוט לאינקוויזיציה המקומית. הטענה של התאגיד היא שבפגישה שנעשתה לאחרונה הציעו לצרף את המים הללו למערכת הביוב של העיר עכו אולם זה כרוך בעלות גבוהה ועבודות רבות שהן כשלעמן תגרומנה לנזקים סביבתיים. נו? ואז הזיהום ייעלם? לא! אז אפשר יהיה לגרור רגליים עוד כמה שנים. חבר כנסת חנין המשיך אחריהם ואמר שזה לא בסדר שאת הקולחים שופכים לים ללא תשלום. מה מבקש מר חנין? שהאינקוויזיציה תקפיד שהזיהום כולו יישאר במי השתייה? מה הוא מבקש שאפשר יהיה להמשיך לחטוא אם ישלמו?

9.3 מהי עמדת משרד הבריאות?

משרד הבריאות בשום אופן לא יסכים שנתפיל מים ואז נחדיר למי התהום. אי אפשר לסמוך על זה. אבל אין להם כל התנגדות שלא נתפיל את המים וניתן להם לחדור למי תהום ואז נשתה אותם. גאונים נדירים!!! בוודאי, איך ירשו שימוש של מי הקולחים לשתיה לאחר אולטרה-פילטריזציה, טיפול באוסמוזה הפוכה וניקוי של שאריות של חמרים אורגניים על ידי תרכובות פחם פעיל כמקובל? זאת הפקרות! אנו חייבים לשתות את הקולחים כמו שהם!

וכי יש מה להתפעל או להיות תמהים? זה המשרד שסוגר בארות שהזדהמו כדי שהזיהום יתפשט לעוד בארות. זהו גם המשרד שנותן לחולי סוכרת למות כאשר סדנא פשוטה מרפאת תשעים אחוזים ומעלה של החולים בסוכרת מטיפוס 2. (מתוך כארבע מאות אלף חולים) (אולי המושג "מרפא" איננו מדויק. אבל אין כול ספק שתוך שבועיים שלושה החולה יכול לחדול מהזרקת אינסולין ועוד אוסף של תרופות שלא עוזרות) זה המשרד שלא מסביר לכ - 20% מהאוכלוסייה שהם סובלים מפגם גנטי הנקרא MTHFR וגורם לנזקים קשים ביותר למערכת הקרדיו-ווסקולארית גם לאנשים צעירים. הם לא כוללים את הבדיקה בסל ולא מסבירים להם שאפשר לפתור את הבעיה בפרוטות על ידי נטילת ויטמינים 12B 6B וחומצה פולית. גאונים!!! והרשימה עוד ארוכה. למה יש לצפות? זה המשרד שהפריט את השירותים לרפואה מונעת, אחד מהמפעלים המפוארים ביותר והחשובים ביותר. אין כבר אחות בית ספר ושרותי הבריאות לאם בהריון ולתינוקות פחתו מאד.

9.4 מאזן ארצי כולל והפעולות הדרושות

א. רשויות המים חייבות להתקין צינורות מאספים לרוחב ולאורך המדינה לאסוף אותם התרכיזים שמוציאים מהמים על ידי מתקני איסוף וניקוי. ללא זה לא ימצאו ישובים קטנים דרך להרחיק את המזהמים ומבלי לפגוע בסביבה. אחד היתרונות הוא שנפח ההסעה של התרכיזים הרבה יותר קטן הוא במקור כ 20% בנפחו אבל עשוי להגיע לעשירית הנפח או פחות לאחר טיפול מתאים. כמו כן המרחקים קצרים והפעולה לאין שעור יותר זולה. כל ישוב קטן, שכונה

מבודדת או מערך תעשייתי יוכל להתקין מתקן טיפול במי הקולחים המביא את עיקר נפח המים לאיכות מי שתייה בהם אפשר יהיה להשתמש באופן ישיר או להחדיר למי תהום. הרחקת התרכיז תהיה זולה ביותר. ההשקעות תהיינה הדרגתיות ללא צורך בהשקעות ענק למטרות ארוכות טווח כמו הקו החמישי לירושלים. קל להראות את המיבנה העירוני שעושה את זה כל כך כדאי:

1. אורך ההובלה של התרכיז לים דומה לאורך צינור שיביא מי ים לצרכן אבל הנפח המובל הוא פחות מחמישית
2. הסעת התרכיזים לים היא במורד והבאת מי ים מותפלים היא בעליה.
3. מחזור הוא הדרגתי ומפעל התפלה והמוביל צריכים להיות מתוכננים לעשרות שנים. ההוצאה השנתית היא גדולה ביחס למשל ש 30:2 כאשר כל שנתיים מרחיבים את המחזור במקרה אחד ובונים לטווח של שלושים שנה במקרה השני.
- ב. רשת של מתקני התפלה קטנים המורכבים על מקורות זיהום קטנים , עד כדי באר בודדת, יאפשרו בשנת בצורת לבצע שאיבת יתר עד כדי הכפלת כמות המים ופעולה מידית צמודה לתיקון המצב בגלל חדירת מים מלוחים.
- ג. אמנת ברצלונה שאוסרת לשפוך חמרי זיהום לים ביוב ומזהמים אחרים לים התיכון היא דבר שאסור להשלים איתו.

ד. הדבר הבא הוא קביעת מדיניות מה עושים עם כל המזהמים. אין צל צילו של ספק שקבירת מזהמים אלה בתוך האקוויפרים בשטח המדינה הוא מעשה איוולת ואני חושב שזה מעשה פשע. יש לאסור עליו באיסור חמור. נפח הים התיכון הוא ביותר משני סדרי גודל גדול מנפח המים בשטח ישראל. מעבר לזאת הים התיכון מתערבב לאט לאט עם האוקיינוס האטלנטי. האם מותר לרכז את כל המזהמים בנפח הקטן של מי התהום הקרובים ביותר לשימוש? האם מותר לשתות מכוס מי ביוב וואסור לזרוק אותם תחילה לים? חשוב לזכור שגם אם מרחיקים את המזהמים למי התהום הם מגיעים בסופו של דבר בשלמות לים, אז מדוע לאסור? ראוי לזכור גם שאנחנו לא שותים את מי הים כמו שהם. אנו מתפילים ומקטינים את ריכוז המומסים לפני השימוש בשני סדרי גודל. נמצא שאנו נשתה מים כאשר החמרים המזיקים פחתו פי 50 אלף או מספר דומה.

ה. אבל אם משהו בכל זאת מתקש להגנת הים צריך לחזור ולהסביר לו שכל גרם מומסים במי התהום יגיע לים. אין זה אלא שאלה של זמן. ועל כן באמנת ברצלונה היה חסר רק חוק אחד שראוי היה להשפיע על קבלתו. יש לאסור את האמונה בחוק שימור החומר. זה היה מתאים למשרד לשמירת איכות הסביבה ולמנכלו החדש להציע חוק כזה וכן היה מתאים מאד למשרד הבריאות. אבל ברצינות, יש להשקיע מאמץ לפרק תרכובות אורגניות בתרכיזים לרכיביהן, ולהמעיט את מעט הנזק שעדיין יכול להיגרם. דבר זה ניתן להשיג על ידי תהליכי חמצון. יש גם לדאוג שהתרכיז ימהל באופן טוב על ידי צינור שירחיק אותו למרחק מספיק בים. הבוקר הודיעו למשל שכיוון זרימת מי הים השתנה ועל כן צינור המרחיק תרכיזים מהשפד"ן שחודר כיום לעומק 3 קילומטרים מהחוף איננו ארוך מספיק. יש חשש שחלק מהזיהום יגיע לחוף. כך מודיעים אנשי המשרד להגנת הסביבה (תחילת יוני 2009). אבל מותר ואפילו חובה לדאוג שכל הזיהום הזה יכנס למי השתייה שהיו פעם כל כך טובים באקוויפר החוף.

- ו. מדינת ישראל הייתה אולי יכולה להציל חלק משמה הטוב אם הייתה פונה לאלתר באופן פורמאלי לכל הגופים הנוגעים בדבר בהכרזה על ביטול אמנת ברצלונה והכנות

להפסקת ההשקיה במי קולחים בטרם הובאו לאיכות מי שתייה טובים ביותר. כמו כן יש לעשות מייד הכנות לפינוי כל התרכיזים לים ולמחזור כל כמות מים שהזדהמה. דבר זה היה משפר כמעט באופן מיידי את מאזן המים בישראל מעבר בכמות קרובה ל-150 מיליון קוב בעלות שהיא מחצית מעלות של התפלת מי ים ורווח הדרגתי נוסף של קרוב ל-300 מיליון קוב מיי גשם טיבעיים בחינם! כך בהשקעה שוות ערך להתפלת 450 מיליון קוב מי ים נקבל את אותה כמות בהשקעה קרובה יותר לזו של 150 מיליון קוב מי ים – שליש ההוצאה (חישוב גס ומיספרים מעוגלים).

ז. המערכת המוצעת לעיל מאפשרת הסתגלות פשוטה וזולה גם לתקופות בצורת. הדבר נעשה על ידי שאיבת יתר לפי הדרוש תוך מניעה של זיהום מי התהום או המלחתם ותיקון מקומי מהיר.

ח. יהיה איסור חמור לכל הרחקה של מים לקרקע שלא באיכות מי שתייה. התגובה לחטא בנושא זה חייבת להיות לא רק תשלום לנזק אלא עונש מחמיר ביותר.

ט. אני חייב להיות הוגן ולהמליץ למשרדי הבריאות והשמירה על הסביבה, לפעול מאופן מיידי ולהציע בכנס חוק שיבטל פעם אחת ולתמיד את החוק הקובע את שימור החומר. אם לאו יקשה עליהם מאוד להשתחרר מהאשמה החמורה מאוד של הרס שיטתי וודאי של משק המים בצורה חמורה בהרבה מאשר כל אמונה תפלה על שינויי האקלים. יש ספק רב אם באמת שינויי האקלים פגעו דרך קבע במשק המים. אבל אין אף צל של ספק שכללי שני המשרדים הללו עשו זאת ביעילות נדירה. ההקלה היחידה שהם יוכלו ליהנות מימנה בגזר הדין היא שבין אלה שהיו מופקדים באופן ישיר על משק המים נמצאו לעיתים יותר מידי קרובות שותפים למעשה העבירה. עוד הקלה תוסג אולי אם יביאו עדות להתנהגות לא שפויה.

אם ברצונם להקטין את הנזקים בזרימת מומסים לים יהיו צריכים ליזום מחקר על שיטות לפרוק כל התרכובות האורגניות, למשל על ידי תהליכי חימצון במי התרכיזים.

גישה כוללת לפתרון בר קיימא למים ואנרגיה

נספחים

תוכן עניינים :

101	1. ביקורת על צורת הדיונים במסמכי המדיניות ברשות המים
103	2. ניסיון ישן לקביעת מדיניות
108	3. השלמה עם השחתת האקוויפרים- האומנם?
109	4. איך להסביר צורה זו של התנהגות?
110	5. אפשרויות להרוויח מים ללא פנים סדוקות
111	6. רשימת כשלים קשים ביותר בכלכלת משק המים
111	7. כמה עקרונות לאספקת המים
116	8. הצורך בחישוב נפחי מים לאבטחת רציפות ההספקה בעלות מינימאלית
117	9. מים ובריאות או מי הקולחים כגורמי מחלות
131	10. עלויות המים ונתונים אחרים להחלטת עקרונות
136	11. כמה בעיות מים עם השכנים
138	12. כמה מחקרים על תופעות בצורת
	13. כמה הערות לוועדת החקירה הממלכתית למשק המים.

1. ביקורת על צורת הדיונים ברשות המים

מסמך זה נכתב אחרי שהתקיימו ברשות המים שני דיונים בשני תחומים בהם השתתפתי. האחד עסק במדיניות של הטיפול בקולחים.. השני עסק בתכנון כללי של אספקת המים השפירים. (ביום ג' 12.5.2009). קיבלתי לידי את חומר הרקע לדיון שלישי על המים וחקלאות והחלטתי לא להשתתף בדיון שלישי זה. היו עשרות משתתפים בשני הראשונים. לא מעטים מהמשתתפים יצאו מזועזעים מהדיון, מתוכנו, מצורת התנהלותו ומהרמה הירודה מאד של ביטויי היועצים. (פרופסור אורי שמיר ויוסי דרייזין בתכנון המים השפירים ופרופסור מנחם רבהון ויוסי דרייזין בנושא הביוב) בניסיון לכסות את הנושאים ותת הנושאים במשק המים אפשר לתאר מטריצה תלת ממדית (ראה דוח שהוצא על ידי פרופסור דן זסלבסקי, פרי עבודתו במשך שלוש שנים כיו"ר המועצה הלאומית למחקר ופיתוח. באוגוסט 2007). העבודה נעשתה אז בשיתוף אמיץ עם נציבות המים ועם הגופים המקבילים במשרד התשתיות, במשרד הבריאות ובמשרד הביטחון.

נתאר להלן מטריצה תלת ממדית של נושאים למחקר ולתכנון במשק המים.

נניח שורות שנסמן בספרור (i) והנושאים שייצגו בשורות יהיו הנושאים העיקריים בתחום המים: **כמות; איכות; אמינות האספקה; מחיר; המים והשכנים. ויתכנו אולי עוד תחום או שניים.** הדבר תלוי במידה רבה גם בצורת המיון של הנושאים. למשל יש יותר מדרך אחת לאפיין שינויים בזמן ואלה לא בהכרח רלוונטיים לכל הרכיבים. אפשר גם לחלק את הכמות לפי סוגי שימוש ועוד.

נניח עכשיו עמודות בספרור (j). הנושאים המחולקים לעמודות יכולים להיות: **הגברת גשם; מניעת התאדות; תפישת שיטפונות; הגברת החלחול לעומק הקרקע; ייעול ההשקיה; מחזור מים; התפלה; מניעת זיהום והרס מקורות; מניעת דליפות; ואולי גם שינויי אקלים; ואספקת אנרגיה.**

בכיוון השלישי הניצב לדף הכתיבה נימנה נושאים שיסומנו במספור (k). **מספר תת הנושאים הוא ענק. הוא כולל כל מדעי הפיזיקה הכימיה והמתמטיקה. הוא כולל חמרים, שיטות ייצור ותחזוקה. הוא יכול לכלול כל נושאי הכלכלה, התפעול וחלוקת אחריות, אבטחת איכות ואמינות. הוא יכול לכלול שיטת תצפית, מיקרו ביולוגיה על פרטיה, רעלים, קביעת תקנים ועוד. וכמעט מובן מאיליו שכל תחומי האנרגיה יכללו במערכת נושאים שלישיים זו, המקורות השונים, המחירים, מידת הנצילות והמחזור, לא יתכן לא לכלול אותם בכל עיון. ישנה שאלה של זמינות כוח אדם ורמת כוח האדם.**

קל לראות שהמכפלה של מספר הנושאים בשני הממדים הראשונים כוללת לא פחות משישים משבצות. הממד השלישי מוסיף עוד מכפלה בעשרות רבות של נושאים. בסך הכול מדובר באלפי קוביות שיכולות לשמש מטרות עבודה של מחקר ופיתוח וכמספר הזה, לא פחות, קומבינציות תכנוניות.

למעשה התמונה מסובכת עוד יותר. כשמדברים על כמות מים **אפשר לפרט לפי אזורים, לפי יעדים ועוד. כך יכול להיות פרוט ביחס לאיכויות נדרשות למטרות שונות, וביחס לתהליכי זיהום.** בעבודה שהוכנה למועצה הלאומית למחקר ופיתוח השתמשו בהרבה מאד עזרה של בעלי מקצוע מנציבות המים או כאלה שגויסו לשם כך. הקשיים וכן הדרכים להתגבר עליהם דומים מאד הן בתכנון והן במחקר ופיתוח. ניתן להגדיר כמה רמות טיפול.

ברמת המסד (בשום אופן לא הגדרה של מדעי יסוד) אנו עשויים לעסוק בכל אחת מאלפי המשבצות. יש לאפשר זאת ביד רחבה למספר ניכר של אנשים או של פעולות עם פתיחות רבה. מתברר שבשכבה זו יש חלק מכריע של היצירה האנושית ובלעדיו יש סיכוי וכמעט וודאות של שקיעה בדעות קדומות

ובעשייה חסרת דמיון ויצירתיות. אנו רואים סביבנו הרבה פעילות ברמה זו עם פיגור לעיתים קרובות של כמה עשורים עד להתחלת יישום של רעיונות חדשים או דייש בנושאים שכבר טופלו ומאפשרים סקת מסקנות ביניים, אלא שאין האזנה ולימוד הדדי.

בשכבה שמעל המסד מופיעים כבר נושאים שיש בהם הצבעה על אפשרות יישום. האפשרות עדיין רחוקה מוודאות אבל יש להקצות אמצעים רבים יותר למספר פרויקטים קטן יותר.

בשכבה השלישית יש נושאים שמובילים כמעט בוודאות ליישום עסקי או מימוש טכני של תכנון.

תעניין את הקוראים העובדה שאפילו קרוב לרמה השלישית או בין השנייה לשלישית אחוז ההצלחה לא עולה על 1:20 מכול הנושאים. התהליך של האלימינציה בין אם זה במחקר ובין אם זה בתכנון הוא הגורם המכריע ברמת התוצאות. תעניין את הקורא גם העובדה שעל כל דולר שמדינת ישראל השקיעה במו"פ בתחום המים היא הרוויחה מעל חמישים דולר. זאת בתנאי שההתנהלות של המחקר הייתה עניינית וישרה. אלה היו גם התוצאות בתחומי האנרגיה הרפואה והביטחון. כלכלנים שעסקו בהערכות התועלת של מחקר ופיתוח כתבו שההכנסה הצפויה היא בין 20 ל-50 דולר לכל דולר מושקע. די קל להיווכח שמצב דומה ישנו גם בתהליך התכנון. אבל זאת בתנאי שתהליך ההתקדמות בתכנון נעשה בדרך נכונה. ישנם כמה וכמה תנאים לכך, כמו למשל הגדרה של שלבים מחייבים וכן בקרת התכן וצורה רצופה בכל פרט של התקדמות או של החלטות המינוריות ביותר כמו גם אלה שנראות כחשובות ביותר. הסבר להתקדמות צריך לעשות מידי שבוע בשבוע עם בקשת הסברים ועם משוב בתהליך התכנון. יש הכרך בניצול הנלמד. צריכה להיות יכולת הקשבה. ודרושה פתיחות. זהו התחום שבו כשלנו יותר מאשר בכל נושא אחר.

תהליך התכנון דומה להתקדמות מהגזע לעלה כלשהו בעץ דמיוני. המסלול כרוך בהרבה מאד החלטות לאן לפנות וההוכחה שהגענו לעלה המיטבי. התהליך אפילו יותר מסובך מזה. אנו התחלנו בנקודה מסוימת אבל לא בחנו נקודות התחלה שכנות ומטרות מקבילות. יתכן שבשלב מסוים נרצה להיאחז בידיים וברגליים בכמה ענפים מקבילים. יתכן גם שנראה פתאום מסלולים אחרים יותר מעניינים שלא ראינו תחילה ונרצה לחזור על עקבינו ולשנות מסלול כאשר נראה פתאום שבהמשך יש לו יתרונות. ישנה חשיבות אדירה לכושר ההסתכלות ונכונות הקשבה. יתכן אפילו שמי שרץ בעיניים עצומות ימצא את עצמו במלכודת. אנחנו צריכים ללמוד לארגן את תהליך התכנון או תהליך המחקר בצורה אופטימלית. גם לרקוד על יותר מידי חתונות יכול להיות מוגזם.

דבר אחד בטוח : דיון קצר בישיבה רבת משתתפים שהיו פוליטיקאים ואפילו מהנדסים, בשום אופן לא יכול למלא את התפקיד של שיפוט ראוי ולהוביל להחלטות נכונות. ביחס לעץ ההחלטות.

להחלטות למי האחריות על פעולות מים מסוימות ולתשובות לשאלות דומות ישנה חשיבות ארגונית אבל לא יתכן לעסוק בזה מבלי לענות תחילה על כמה מהשאלות בממד הראשון (i). אחרי זה מעניין ביותר לברר ביחס לממד השני.

היה ברור מעבר לכל ספק ששלושת היועצים בדיון ואולי גם האחראי לאגף התכנון מר פרוביזור היו רחוקים מאד מן הדרישות הללו. הדיונים ברשות המים לא עסקו באלה כלל. במקום להתחיל מהגזע הם התחילו מאחד העלים שבמקרה התיישבו עליו בצפיפות או שהתפזרו כל אחד על עלה אחר. מסלול ההתקדמות לפיתרון הפך לחסר כל היגיון ועקביות.

חשוב גם להזכיר שנעשו עבודות שונות בעולם בניסיון לחפש דרך לחזות מראש תוצאות ולבחור בתבונה את הכיוונים בשלב מוקדם מאד. **כל הניסיונות הראו כישלון מוחלט בקיצור הדרך ללא צורך לעבור מרמה אחת לשנייה.** מעניין ביותר לציין שתהליך תכנון ראוי המתחיל בהגדרת מטרות, ועובר דרך בחינת חלופות ורק בסוף עשרה או 12 שלבים מגיע לפרטי ביצוע. כל התכנון הזה עלותו אינה עולה על כחצי אחוז מערך הפרויקט או 1:200. התכנון המפורט והפיקוח אינם עולים בדרך כלל על 5% או 1:20 מערך הפרויקט. זה מזכיר מאד את סיכויי ההצלחה במו"פ ברמות השונות. אבל ישנן שגיאות מתודולוגיות טיפוסיות בכל שלבי התכנון כשם שגם בהחלטות על בחירת נושאי מחקר ופעולות הנובעות מהתוצאות.. למשל השגיאה הנפוצה ביותר בשלב הראשון היא הצגת דעה קדומה לפיתרון במקום הגדרת מטרה. בדיון שהתקיים ברשות המים עלו כמה וכמה כאלה. אפשר להעזי ולאמור שרוב התשובות הפשטניות לשאלות שנשאלו לא היו מבוססות על חקירה ראויה או ידע שעבר ביקורת ראויה. האם מתקבל על הדעת שהגדרת תחום האחריות עם בחירה של כמה אפשרויות : המדינה, הרשויות המקומיות, רשות המים או גופים פרטיים יישמשו בסיס לקביעת מדיניות המים ולא כמה מים דרושים, איזה איכות, איך מונעים השחתה, איך מוסיפים מים למאזן, מה יהיה מחיר המים ועל איזה איזור או צורת התיישבות מדובר וכו.

2. ניסיון ישן לקביעת מדיניות

צר לי מאד לקבוע שאלה שעמדו מאחורי הדיון הוכיחו העדר של הכלים האלמנטאריים ביותר לשמש מנחים, יועצים מבקרים או מתכננים, וזאת מכל נקודת ראות. היו גם תופעות לא מכובדות כמו ההכרה של פרופסור אחד לפתח דבריו שהוא היה הראשון ללמד הנדסת ביוב בארץ. מדוע זהו חלק מפתחת הדיון? אני למדתי בטכניון מה שהוא יודע, וזאת הרבה לפני שהוא נירשם ללימודים. היה לו מנחה פרופסור מומחה ממעלה גבוהה לנושא הזה. זכור לי גם שהוא ביקש ממני סיוע בגמר העבודה לתואר גבוה. פרופסור אחר התעורר לתת הרצאה איך אפשר למדוד את הערך של אמינות האספקה. ותאר את כמות העבודה שיהיה צורך להשקיע כדי להשיג זאת. זאת בתגובה לדרישה שהעלו המתדיינים בצדק רב שיש להתחשב בנושא זה בהחלטות. אבל הפרופסור לא התייחס לעובדה שכבר לא פחות משלוש פעמים נעשה מאמץ להעריך את הערך הכלכלי של אמינות האספקה וכן נעשו הערכות של מחיר המים שגידולים שונים יכולים לשאת בו. ועדה מיוחדת עם המומחים החשובים ביותר בישראל דנה בנושא מדיניות המחירים שאפשר וצריך לקבוע. לא היה כל צורך בהרצאה שלו כאשר נימצא שערך האמינות המושגת בהתפלה באוסמוזה הפוכה הרגילה עולה על מחיר המים המותפלים. אפשר גם לקבוע בוודאות שזה כבר גמרו לפתח שיטת התפלה שעלותה הניתנת כמעט מייד ליישום, תהיה מחצית או פחות. ואז בוודאי שחבל על כל הפטפוטים העקרוניים תיאורטיים למתחילים. אין כל ספק שמחיר המים איננו קובע כלל את הכמות שראוי לייצר. יש לבחון את היעדים השונים ומהם להעריך את קצב ההצטיידות ואפשר גם לתתמישקל יחסי למחקר ופיתוח בכיוון זה. במשך מספר שנים, כל מה שהיה חסר זה קריאה שלו בחומר והתעניינות אלמנטארית בנושא.

שלושה פרופסורים שהכניסו במדינת ישראל את כל התורה של הבטחת איכות ואמינות, שהחלו באשרור מעבדות מוסמכות לנושא ושהכשירו אלפים בעלי תואר שני ושלישי היו בטכניון בתחום הזה. הם היו חברים בפקולטה להנדסה חקלאית. מה למד מזה מי שהתחיל להסביר כיצד מחשבים את ערך אמינות האספקה? הוא היה צריך להתנצל ולאמור באופן פשוט שבאמת שכח לקחת גורם זה בחשבון, לא עכשיו ולא בתפקידיו הקודמים. לא הוא ולא אחרים העלו את הקשר של המחיר לעלות האנרגיה ודרכים

להוזלת ההתפלה שהן מפתח דרמטי ראשי לפתרון של כמעט כל בעיות המים שלנו ושל השכנים. אף אחד מהיועצים המצטיינים לא התייחס לעובדה שרשויות המים גררו את המערכת למחסור קיצוני במים במחוזים בממוצע של אחת ל-6-7 שנים. איזה יצרן הצורך הרבה מים יוכל יחזיק מעמד כאשר סוגרים לו את המים בתדירות כזו? ראוי היה שיתייחסו לזה גם אם לא חישבו בדיוק את הערך הכלכלי של אבטחת אמינות האספקה.

הביטוי האחרון לערך של אמינות ההספקה פורסם ע"י דורון לביא, מנכ"ל משותף בחברת פארטו הנדסה, החוג לכלכלה וניהול במכללה האקדמית תל חי. הדיון פורסם בחוברת הנדסת מים גיליון מס' 55 מפברואר 2008 עמודים 10-14. בעבודתו נימצא לפי נתונים אמפיריים מגידולים חקלאיים בפועל: "רכיב אי הודאות שווה ל 4 ש לקוב!" זאת כאשר התפלת קוב מי ים מחירה באותו זמן היה 56 סנט לקוב כמעט רק חצי. הכותב מוסיף: "אין ספק שהניתוח האמפירי מוכיח שהחקלאים אכן לוקחים את הסיכון הזה בחשבון ולכן מגדלים פחות מדי גידולים רב שנתיים הצורכים הון רב...האם המדיניות הממשלתית יכולה לתת מענה למצבם של החקלאים". אין צל של ספק שלא צריכה הייתה להיות כל מניעה לספק כל כמות מים מבוקשת, בעיקר כאשר גם דורון לביא לא לקח בחשבון את התרומה של המים להתיישבות ושמירה על קרקעות המדינה, שמירה על ערכים חברתיים, תיירות, וערכי טבע. ובכן היו צריכים להתחיל בסעיפים הראשיים שברכיב הראשון: כמות, איכות, מחיר, אמינות אספקה ואנחנו והשכנים. תשובות לשאלות אלו, ואפילו תשובות עקרוניות כמו קביעת גבול עליון וגבול תחתון, היו מכוונות את כל נושאי התכנון לעיקר.

אופי הדיון היה של מבחן אמריקאי כאשר אין מה להגיד אז ממציאים שאלות חלופיות לא ענייניות כדי שאפשר יהיה לבקש תשובה נכונה, אחת מכמה. די בארבע אפשרויות עקרוניות לשתשובה כמו למשל מי אחראי המדינה? הרשות המוניציפלית? הספק? ואולי הצרכן? כדי שתהייה 15 אפשרויות לתשובה. בהרבה מקרים לחלופות אין בכלל משמעות, או שיש יותר מאפשרות אחת ויש מיקרים שונים בהם התשובות תהייה שונות. השאלות חוזרות על עצמן בצורה חסרת היגיון...ישנם מושגים שאינם מוגדרים כמו למשל מה פרוש הדבר "מימון על ידי המדינה"? הלוואה? מענק? הכרה לצורכי מס? הוא הדין ביחס לתפעול וביחס לאחריות. מה פרוש "אחריות"? הרי בכל מיקרה יהיו נושאים בפקוח המדינה ונושאים המחייבים אישור של המדינה. חבל שלא מכירים בזה. למשל למי האחריות המלאה על 20% מכל מקורות המים הטבעיים שחוסלו. את מי צריך להושיב במאסר על מעשה חבלה כזה? אלה הם מעשי ידי רשויות המים על דורותיהן למרות התראות חוזרות... הרשות הנוכחית מצטיינת בנושא. מאמץ שהתחיל להתגבר על הצרה הזו קודם בנציבות המים הופסק משום מה. ההסבר לכך נישמע הגיוני מאד. "העיסוק בהתפלת הקולחים והרחקת התרכיז לים עלול היה להסיט את הדיון בתוספת נפחי התפלה של מי ים". אבל הראיתי לעיל שאפשר היה להעמיד לרשות צרכני המים 450 מיליון קוב מים לשנה בעלו שוות ערך להתפלת 150 מיליון. הנושא הזה בכלל לא עלה בדיון שהוכן. אז מי אחראי? אין לי ספק שזאת האחריות המלאה של המדינה והיה צריך גם לתבוע מתכננים ומקבלי החלטות לדין ממש, עם עונשים כבדים. אין לצפות מהם שדיון פתוח וישר יעריך על ידם בסוגיות כאלה. למשל בסעיף 6 בדיון על הקולחים מופיעה השאלה מה תהייה איכות הקולחים במוצא מהמט"שים. האפשרות החמישית מציינת איכות מי שתייה. אבל לא היו כל כלים לדון בכך ולא היה המשך להחלטה כזו או אחרת. האם מאגרי ביוב ימשיכו להתקיים כאלה שגוררים הוצאות ענק והפסדי מים מעל מאה מיליון קוב בשנה? האם יש לתקן את מצב מקורות המים? האם יש הצדקה לקו חמישי לירושלים? מה

פרוש השאלה על חלוקת "מחסור בקולחים". האם זאת בדיחה? הרשימה ארוכה מאד. היא עוד יותר ארוכה בשאלה של תכנון מערכת המים השפירים. ואיך קורה שפרס "הגלובוס הירוק" ניתן על ידי ארגון "חיים וסביבה" למר ארנון גורן על "הצלת מי התהום של אקוויפר ההר"? בשיטה שלו שאיננה מקורית מי הביוב זורמים על פני הקרקע וכל המזהמים ללא יוצא מן הכלל חודרים למי התהום. כמות מקסימאלית של מים הולכת לאיבוד בהתאדות ושטח גדול מבוזבז ומשמש רק להתפתחות יתושים. מי אחראי למעשה? האם המדינה פטורה? האם רשות המים פטורה? והאם מישוהו טורח ללמד את הארגון חיים וסביבה? איזה שאלה בדיון ותשובה מוצעת התייחסו לכל אלה. האם יש סיכוי לקיים בהרכב הקיים דיון ראוי? תקווה זו ריאלית בערך באותה מידה שארגון גורן יחזיר את הפרס ל"חיים וסביבה" בהכרה שזו הייתה טעות.

אני חייב לקבוע שלחלק לא מבוטל של שאלות יסוד ישנה תשובה שיכולה להתבסס על ניסיון העבר, על כשלים ועל בחינת חלופות ראוייה. אבל לא היה לכך כל סיכוי. כל מודל החשיבה הוצג כבר בעבר בשנת 1985 בעבודה שנעשתה דרך מוסד נאמן בטכניון ורוכזה על ידי פרופ' יעקב בר ופרופ' אורי שמיר. חוברת של 300 עמוד לא תרמה דבר והמחברים מודים בכך בפרוש. "...במחקר לא הגענו עד כה לניסוח וניתוח מדיניות כוללת למשק המים..." מדיניות מים לא נוצרה. דעתי שהיא לא יכולה הייתה להיווצר.. היה מקום לבקר כמה תחומים. האחד חזרה על המלל הנבוב של שאלון אמריקאי תוך העלאת גירה, תוך סתירות פנימיות, הזנחת אספקטים חיוניים ביותר ובסופו של דבר בריחה מכל קביעה מחייבת. התהליך נימשך אז כשלוש שנים ללא כל תועלת. מדוע יש להמשיך בדרך זו? ביקורת שנייה היא על התייחסות לנושאים ספציפיים. הם התייחסו לנושאים שונים במערכת בצורה המזכירה במשהו את המטריצה של הנושאים שהוזכרו לעיל. אלא שבמטריצה שלעיל הושמו בקואורדינטה הראשונה רק הנושאים שנראו כעיקריים: ומחויבים להיות בראש השאלות: הכמות, האיכות, אמינות הספקה, המחיר ואנחנו והשכנים. נושא המים בישראל (ולא רק בישראל) הוא בעל ערך קיומי. אנו חייבים להתייחס קודם כל לעיקרי הדרישה בתחום זה. כל השאר משמש כאמצעי עזר לאלה. על ידי כך אנו יוצרים מערך נושאים שיש סיכוי סביר לתת לו תשובה קוהרנטית שאיננה פוגמת בכל רעיון משני. וגם אם אין תשובות מידיות נוצרים כיוונים ברורים ביותר למאמץ הלימודי בהמשך. אבל אם מתחילים מדיון מינהלי בנושא שיש לו תריסר אפשרויות ואין לו אף קנה מידה אובייקטיבי להכרעה, אנחנו סתם מבלבלים לנו את המוח. אפשר למשל לשאול את השאלות שמעלים באוצר ומעלה גם פרופסור הלל שובל אם חש זכות קיום לחקלאות? הם טוענים שלא והשחקולים והמסקנות לא מבוססים אלא על הנחות שרירותיות (ולדעתי אינן עומדות במבחן המציאות) היו כמה כאלה גם בדיון. יותר מעניין, בעצם ניתן על פי רוב להשיג את המטרות ביותר מצורה אירגונית אחת כל עוד דרך החשיבה איננו עקום או מלא פרדיגמות מצוצות מהאצבע, כלומר אם אנו יודעים מה בדיוק צריך לעשות מבחינה טכנית לאספקת כמות להבטחת איכות, להבטחת אמינות אספקה, להתמודדות עם השכנים ולספק זאת בעלות הגיונית, הרי אם הדבר לא יסתדר בהיררכיה ארגונית אחת נילחם על כך שזה יעבור בהיררכיה אחרת.

אפילו בחוברת משנת 1985 ישנם יותר מרמזים להתוויית כיוון אילו התייחסו היועצים לנושא בצורה מקצועית. (ראה למשל נתונים בעמוד 231 המצביעים על ערך גבוה מאד של המים). די בסבסוד קל ביותר, בהוזלה מעטה של המים או במיון הגידולים ובדרכי הגידול כדי להצדיק התפלת מים בכל כמות.

בעמוד 96 של החוברת מ-1985 עלות ההתפלה באוסמוזה הפוכה במחירי 1980 מצוין כ-43 סנט אמריקאיים. מחיר של 500 מיליון קוב מותפלים לשנה (הרבה יותר מאשר היום) לא היה מגיע להכנסות מיצוא חקלאי בלבד ב-1985. מספרים אלה לא מספיקים כדי לעשות חשבון כלכלי מלא שחייב לקחת בחשבון הוצאות אחרות וכן לזכות את אספקת המים האמינה בהרבה הרבה יותר שכולל הכנסות תמורת כל הייצור החקלאי שהגיע ב-1985 ל-2926 מיליוני לירות ושהמים היוו בהם רק 958 מיליון לירות. או מעט פחות משליש אבל קל היה להתרשם גם ללא חשבון מסובך שאפשר היה להצדיק את אספקת המים ללא הגבלות בגלל אמינות האספקה, שימור של מקורות המים הטבעיים, קיום ההתיישבות בפריפריה, שמירה על הנוף ועל ערכי טבע. הדבר היה מעבר לכשר חשיבתם של כותבי החוברת. ועד שנת 2009 לא רק שלא התפלנו מים מעבר לכ-150 מיליוני קוב, לא הייתה כל תכנית רצינית והצלחנו להחריב כ-300 מיליון קוב לשנה בגלל פגיעה במקורות המים הטבעיים ולהפסיד קרוב ל-150 מיליון קוב בהתאדות מיותרת. האם יש הצדקה להיות מובלים הלאה בדרך החשיבה של כותבי החוברת מ-1985? ומ-1985 להיום לא רק החרבנו כמעט את משק המים והאשמנו בזאת את האקלים. בינתיים הושלם פיתוח להתפלת מי ים בחצי המחר, הייתה עוד התייעלות של ההשקיה והבאנו לסף יישום עוד שתי שיטות התפלה שבמבחנים ראשוניים הצביעו על אפשרות להתפלה בעשירית המחיר. האם מותר לחזור לאותן שאלות רדודות מהחוברת של 1985?

והייתה ב-1985 עוד ביקורת קשה מבחינת הנושאים החומריים המהותיים. כותבי המסמך לא הבינו כמה וכמה נושאי יסוד. למשל, העמסת מים נוספים למי התהום דוחקים את הפן הביני כלפי מטה והנטייה היא לדחיקה לעומק פי 32 יותר גדולה מהגדלת גובה פני המים. (המשטח הפריאטי) מעל פני הים. השמירה על איכות המים לאורך זמן היא בלתי אפשרית רק על ידי הבקרה של מידת ניצול המים בשאיבה. בחוברת שכתבו מומחי המשחק הלוגי של השאלות מופיע ציור (בעמוד 70) ודיון על הנושא של מי התהום באקוויפר החוף שמוכיח שהם לא הבינו נושא הידרולוגי אלמנטארי זה. הם למשל "שכחו" לצייר את הפן הביני. נוסף לכך, הגבול לשאיבת היתר מהווה רק מימד אחד מתוך שיבעה (!) אפילו לא די בתהליך מניעה של הפסקת השאיבה מהכינרת. חייב להיות תהליך של הוצאת מומסים מזהמים והרחקת לים בצורה רצופה ומתוחכמת. וישנה עוד דוגמה שהם לא הבינו אז ואינם מבינים עכשיו והיא שהמחיר הגבוה והעיקרי המשולם בעד התפלה הוא המחיר להרחקת המים ולא להרחקת המלחים. לפיכך הרחקת הקולחים לקרקע לפי כמעט כל חלופה שהובאה פרושה ייקור התיקון בפקטור של פי שלוש או פי ארבע. מעניין שלמרות זאת אלה הן הלופות היחידות המובאות. בסיכום, עם הגישה המוצגת והתרבות של העשייה של יועצים אלה אינני רואה כל סיכוי לעשייה מועילה. מניסיון העבר, גם אינני רואה טעם להמשיך ולהשתתף בדיונים.

אי אפשר גם להתעלם מכך שהיועצים הנוכחיים תרמו תרומה מהותית להחנקת כל יזמה הנדסית מתקדמת שכמה דוגמאות לה מופיעות בחוברת ובנספחים. וקשה שלא להתרשם שהיה להם עניין אישי נגד חידושים שלא הובאו על ידם.

יש עם זה תחושת חוב ניכר למי שניסה לנהל את הדיון – מיקי זיידה. הוא עשה מאמץ ראוי מאד והבטיח שלא ייתן לדיון להסתיים כל עוד יישארו דברים לברור. אבל אי אפשר היה להתחמק מההרגשה שראש האגף והיועצים שימשו נטל שלילי ביותר, או לפחות לא סייעו.

אפשר להביא עוד הרבה דוגמאות. יכולנו לקחת בחשבון את הנושאים בממד הראשון. למשל כמויות. האם נעשה ניסיון לשאול איזה כמויות דרושות דרך קבע כאספקת בסיס ואיזה נפח דרוש לאיון מחסורים במשך תקופת בצורת. אחת משאלות היסוד שבלי תשובה עליה לא ניתן בכלל לענות על

השאלות שנשאלו היא: איך כדאי יותר להכין את הרזרבות לקיץ ולמחזורי בצורת? קיימת אפשרות לאגום מים באקוויפרים. אפשר להרשות שאיבת יתר ואפשר גם להתקין מערכת התפלה נוספת ממי הים שתותקן בנפח יתר ותהייה בטלה בתקופות ביניים או תשמשנה למילוי חוזר של האקוויפרים כשאפשר יהיה, כדי שנקטין את עודף ההתקנה הדרוש.

האגירה במי התהום היא על ידי גשם המתקבל בחינם. הגדלת הנפח של האגירה נוצר על ידי הערמות של מי התהום ודחיקה כלפי מטה וכלפי המערב את הפן הביני בין המים המתוקים ובין מי הים. גם אם יהיה צורך לתקן את איכות המים במי התהום הרי השקעת היסוד לא תעלה בהרבה על חצי דולר לקוב לשנה. עלות קוב מים באיכות מתוקנת לא תעלה על 30 סנט. המילוי העיקרי יהיה בחינם. (בחוברת העיקרית מובא גם דיון המצביע על שלש שיטות שבעזרתן אפשר יהיה ללא כל צל של ספק להפיק גם מי ים בפחות מחצי המחיר. ורשות המים מעכבת את הניצול מסיבות בלתי ברורות (מי שקבע שיש בהתפלה המהפכנית "ניגוד אינטרסים" לא סס להגיד איזה אינטרסים ובוודא לא סס לזהות את עצמו). להתפלת מי ים בשיטה הישנה של אוסמוזה הפוכה גודל ההשקעה מתקרב ל 2 דולר לקוב לשנה. עלות קוב אחד היה כ 56 סנט. (ישנה וודאות לעליית המחיר אם משרד התשתיות לא יתחיל להתנהג בצורה רציונאלית). ובכן יש כאן בירור חשוב ביותר שלא נעשה. ולכן חלק חשוב של השאלות הנשאלות בדיון היו בלתי ענייניות והתשובות עוד פחות.

שאלות דומות מתעוררות ביחס להשקיה במי קולחים. ועוד.

אילו הדבר היה תלוי בי הייתי מציע לקבוע כמעט מראש:

- **חוק האוסר באופן מוחלט החדרת מים באיכות נמוכה מאיכות מי שתייה, לנחלים או לתוך הקרקע.**
- **יש הכרח להסיר את אמנת ברצלונה ולהתקין מובלים לתרכיזים לעומק הים.**
- **יש הכרח ראשוני לנסות להקטין את נפח התרכיזים ולהמשיך ולפרק תרכובות אורגניות מזיקות.**
- **יש להכתיב ניצול הדרגתי של המים הממוחזרים לטווחי הובלה מינימאליים ובמנות הדרגתיות ולהימנע מפרויקטים גיגנטיים מנופחים.**
- **יש להשתדל שמה שניבנה היום יוכל להסתגל לשינויים טכניים מחר ללא נזקים גדולים.**
- **יש לחדול לייבא מלחים במי הכינרת ויש לכך הצעת תכנית שתביא לרווחי ענק אם היועצים הנוכחיים יפסיקו להפריע. היא ניקראת החלופה מצפון ו הווה גם פתרון לבעיות ים המלח**
- **יש לעודד הקמת מתקני התפלה קטנים שניתנים אפילו להעברה ממקום למקום וישמשו למחזור מים בנקודות מרוחקות, לטיהור אזורים שהזדהמו, ולמתן אפשרות לתקן אחרי תקופה של שאיבת יתר כדי להתגבר על תקופת בצורת.**

3. השלמה עם השחתת מקורת המים- האומנם?

לאחרונה כמה אנשים המציאו תיאוריה שכדאי להשאיר את מקורות המים שהזדהמו כמות שהם. הם טוענים שלא כדאי לתקן בהם את המצב אלא לייצר מספיק מי ים מותפלים. יש יותר מחשד שהבוחרים בדרך זו הם כאלה שחוששים חשש מוצדק שיאשימו אותם בחבלת ענק במשק המים. קשה להאמין

שניתוח רציונאלי פשוט לא הביא אותם למסקנה הפוכה. בין השאר שמענו זאת בהרצאה מפורשת של מנכ"ל חברת מקורות. אבל בדיון על אחריות מי שאחראי הוא רשות המים. אבל נושא זה איננו משמש למאבק, להסברה לציבור ולמערך הדיונים.

ראשית חשוב לחזור ולהבהיר שבשיטות הקיימות היום עיקר העלות של התפלה נקבעת על ידי נפח המים שדרוש להוציא "מיתוך המומסים". לריכוז המומסים יש השפעה משנית על המחיר. אבל זו קיימת בגלל הפרש בלחץ האוסמוטי. הבאתי לעיל נתונים לפי הצעה מסחרית ממשית שהתקבלה בחודש מאי 2009. במספרים "עגולים":

התפלת מי ים התפלת קולחים.

השקעה בדולר לקוב לשנה 2 0.6

עלות בדולר לקוב מותפל 0.6 0.3

מכאן תשובה ברורה ביותר מאין כדאי לשאוב מים ולהתפיל, האם ממי תהום שנפגעו או ממי ים. רכיב עלות חשוב נוסף הוא מרחק ההובלה. בהרבה מיקרים למי התהום יתרון חד משמעי. מה גם שלאחר התפלה נפח מי הקולחים יפחת לחמישית ואולי בעתיד גם פחות ועל ידי כך תזול ההובלה גם כן לקרוב לחמישית העלות.

שאלה שנייה היא האם ראוי להמשיך בתהליך זה של שאיבה מהאקוויפרים כדי לנקות אותו או לטהרו ממלחים. התשובה היא כל כך ברורה וחד משמעית. התנהגות האקוויפר הוא כמו סיר עם תחתית שניתנת להרמה או הורדה. ככל שאנו מעמיסים מים מתוקים באקוויפר הפך הביני בין מי הים ובין המים המתוקים נע מערבה ונע כלפי מטה ו"נפח הסיר" גדל. הגבול בכמות המים לאחסון נקבע על ידי הגובה שניתן לבנות לפני המים בקרקע מבלי שתהיה גלישה משמעת לנחלים ולים. הסתכלות על נתוני גובה פני המים מראה שיש חלקים גדולים של אקוויפר החוף עם מפלס מים נמוך מפני הים. גובה המים באקוויפר ההר קרוב מאוד ל-9 מטרים מעל פני הים שהוא בכלל הגבול התחתון לזרימה לים ויש אפילו אתרים שהמליחו בגלל חדירת מי ים.

פיזור של מתקני התפלה על הבארות יאפשר לנו להגדיל בצורה דרמטית את נפחי השאיבה האפשריים כדי להחליק את עקום האספקה ולגשר על פני תקופות יובש. כל מה שנדרש הוא יכולת תיקון על ידי התפלת המים. **מהמספרים המובאים ברור שלאין שיעור יותר זול להחזיק ברזרבה מתקני התפלה לתיקון מאשר מתקני רזרבה לשאיבת יתר בים. (פחות מחצי המחיר). בעצם כך אנו מרוויחים קודם כל את כל נפחי הגשם שללא האקוויפר היינו צריכים להשיג אותם על ידי התפלה. זאת תמורת כמויות הקבע. ואחר כך נשלם פחות ממחצית עבור הרזרבות החד פעמיות הדרושות שניתן לקבל ממי האקוויפרים. ראש הרשות ויועציו לא מבינים קביעה פשוטה זו. כל החתירה היא להתפיל מי ים בכל מחיר ודחות כל מה שעשוי להחליף.**

שאלה קרובה מתעוררת ביחס להצעה של וועדת ענבר לקביעת איכות הקולחים. (ד"ר ענבר היה סמנכ"ל בכיר במשרד להגנת הסביבה ולאחרונה מונה כמנכ"ל). בתחילה ההצעה הייתה למהול את מי

הקולחים במי ים מותפלים כדי להביא את ריכוז המומסים בהם לערכים שזיקו פחות לצמחים. ההצעה הקונקרטית הייתה מיהול של 1:4. זוהי הצעה תמוהה לפי כל אמת מידה. זאת מיפני שכל המומסים בקולחים וכן כל, או מרבית המיקרואורגניזמים ישתמרו. אלא שיהיה צורך לשלם תמורת ארבעה קוב מי ים מותפלים שבסופו ששל דבר יהיה צורך להתפלים פעם שנייה. יהיה צורך להוציא אותם מיתוך נפח מים גדול פי חמישה כדי להוטר את מעט המומסים והמזהמים האחרים בחוץ. מכאן גם המחיר יהיה, בקרוב, גדול מפי חמישה. אם המים המזהמים ימצאו את עצמם בסופו של דבר באקוויפר יתכן שדרגת המיהול עשויה להיות גדולה יותר.

קיימת כמובן אפשרות שבתהליך ההשקיה יהיה גם תהליך התאדות שיקטין במידת מה את כמות המים להרחקה.

אבל שאלת השאלות היא אם להתפיל מדוע לא להתפיל באופן ישיר את הקולחים עצמם שאז נפח המים סביב המזהמים הוא הנמוך ביותר. לפי ההצעה המקורית מיהול של 1:4 של הקולחים פרושה היה התפלת מי ים בהיקף התחלתי של 2 מיליארד קוב לשנה, כמו כל אספקת המים כיום, רק כדי למהול את הביוב!!!

מיתוך מבוכה שינו חסידי יוסי ענבר את ניסוח ההצעה וטוענים שהכוונה הייתה לא למהול את מי הקולחים אלא למהול את המים ההופכים בסופו של דבר לקולחים. כך בפרוש אמר לי מי שאמור היה להוביל את הדיון על מים וחקלאות וטען בתוקף שאני לא הבנתי. נניח שלא הבנתי נ? הרי הטענה הזו חוזרת ומוכיחה שאפשר לעשות מעשה הרבה יותר גרוע. התירוץ עצמו מוכיח שהם לא מבינים על מה שהם מדברים ומביאים תרוץ עלוב. מה זה משנה. העובדה נשארת שמומסי הקולחים נמהלים ביותר מים ואז עלות הניקוי גדולה והולכת. למהול את מי התהום ומי הכינרת ב1:4 פירושו הפקת מי ים מותפלים בנפח כמעט פי ארבע מכל נפח אספקת המים כיום!!!

בכל מיקרה מיהול מי האקוויפר ביחס 4:1 במי ים מותפלים פירושו התפלת מי ים בנפח שעולה על כל הספקת המים הטבעית שהייתה לנו. זוהי כמות שאיננה מתקבלת על הדעת כשלב ראשון להתקדמות. ניתן יהיה בעתיד להזיל עוד יותר את ההתפלה לניקוי המערכת והסעת המומסים לים על ידי הגדלת ריכוז המומסים במים שחלק מהם התאדו בתהליך השימוש.

4. איך להסביר צורה זו של התנהגות?

שני פרופסורים למינהל באניברסיטת סטנפורד בקליפוניה כתבו ספר הניקרא THE KNOWING DOING GAP. בהוצאת HARVARD BUSINESS SCHOOL PRESS. הספר יצא בשנת 1999. כבר בהקדמה הם מודים שאינם יודעים בביטחון מה צריך לעשות כדי להצליח. הם לא ידעו להגיד מדוע בחברה מסוימת עם הרבה סניפים, משום מה מספר סניפים לא מצליח למרות הדרכה, שינוי מנהלים ושיטות ניהול מתוקנות. הם מודים בעוד עובדה מדהימה שהרבה פעמים אנשים ידעו מה לעשות והם לא הצליחו להבין מדוע לא עשו זאת. ב1996 יצאו 1700 ספרים שעסקו בנושאי מינהל אלה. אבל מדוע לא הצליחו לפתור בעיות? לי זה הזכיר קולגות לרוב שעד היום עוסקים בנושאים שאין להם מושג איך הם נראים אבל יש להם סמכות שהכתירו לעצמם כיצד אפשר לנהל נושאים אלה בצורה האופטימאלית.

המסמך להכנת מדיניות משנת 1985 מהווה דוגמה דומה לסיפור על תורת המינהל. זה טוב לכתיבת מאמרים והוצאת ספרים אבל ללא כל הצעת פיתרון או אף שיפור המסלול של הלמידה. החומר לדיון 25 שנה יותר מאוחר, שנים שחלפו ללא כל תכניות ראויים, חוזר 25 שנה לאחור ללא כל סיכוי אמיתי לשינוי.

בדרך פשטנית אפשר לייחס את צורת ההתנהלות לסדום או לחלם. בעבודה המקורית ובנספחים כאן הזכרו לא מעט נושאים כאלה. בניסיון להיות מעט יותר עדין ניתן אולי ליחס את ההתנהלות הבלתי מתקבלת על הדעת לכל הסיפור על תורת המשחקים שהמכנה המשותף להם הוא התקדמות בלתי מודעת לפי נטיות לב בלתי משכילות של בני אנוש או בעלי חיים, ללא כל ערכים חברתיים או אלטרואיסטיים וללא כל כושר לימוד וחקירה מראש. יש חשש להפסד. יש רדיפה אחרי תחושת ניצחון, משחק בהגרלות מבלי לנסות לחשוב על התחזיות ומשמעותן ומבלי לנסות להבין את האלטרנטיבות או הרצונות של המתחרים. (ראה למשל פרק מס. 2 בסיפור של חיים שפירא: "שיחות על תורת המשחקים" בהוצאת כנרת, זמורה ביתן, דביר. נושא הפרק הוא "כיצד להתחיל עם בחורות ולהישאר בחיים; (וגם קצת על קשר בין תאואים, לביאות ונקודת שיווי המשקל של נאש). כשאני קורא פרק זה ואחרים עובר לי התיאבון לנסות לחתור לאמת ולשכנע את עדר התאואים הבורחים מהלביאות לשנות כיוון. בוודאי שנקודת האיזון היא לא לתקוף את הלביאות אפילו כשכל התאואים מבינים שיחד יכלו בקלות להתגבר עליהן. גם אז "למה לא לקשור את השרוכים?"

דוגמה אחרת היא של המשחק בלוטו או טוטו כאשר מספר האפשרויות להגרלה הוא ענק ונימדד בסדר גודל של 40 מליון אפשרויות. הסיכוי ליזכות הוא אפסי וכל ניסיון להבטיח אותו בדרך פשטנית על ידי מילוי הרבה כרטיסים יהיה יקר ביותר. בהצעות לדיון מחודש מאי 2009 בשני תחומים בלבד הביאו 2082 מיליארד באחד ו 19897 מיליארד אפשרויות בשיני. הניירות לדיון השלישי על מים וחקלאות היה מאותו אופי. ללא היגיון יעיל יותר בדיון אין כל סיכוי להגיע לתכנית רציונאלית. זה היה בדיוק גם המסר בחוברת מ 1985. הם אומרים בפרוש (עמוד 14) בעבודה זו אנו עוסקים מדיניות "ברמה הגבוהה". כלומר איננו עוסקים בהחלטות אופרטיביות ספציפיות אלא במדיניות המהווה **מסגרת** (הדגש במקור) לקבלת ההחלטות האופרטיביות.... "רק המערכות הנידונות מגיעות בערך למיליון וחצי קומבינציות אפשריות. יש למעלה מ-20 מדידי מדיניות" וכולי.

וכאשר משחק זה מתנהל מלמטה ועד למעלה וללא יכולת זמן ללימודים וללא יכולת של הקשבה ובעמידה על סמכויות כקודם לכל דבר אחר, למה כבר אפשר לצפות? מאכזב מאד שאלה שהיו אמורים לשמש את הרכיב ההנדסי המשכיל, הישר והפתוח איננו ממלא את תפקידו בהתמדה במשך עשרות שנים באסטרטגיה של זכייה אישית קיצרת ראות. צר לי להעיד שלפני שרותי כנציב המים היו כ 14 שנים ללא כל תכנית כללית. אחרי זה אני יכול להעיד בוודאות על עוד כ 17 שנים. התחלה של ניסיון לתכנן ראוי הייתה בסף ימיה של נציבות המים לפני שהפכה לרשות המים. הדיונים שהחלו במאי 2009 מאכזבים ביותר. אם ימשכו כך אינם מצביעים על סיכוי לשוניים חיוביים.

5. אפשרויות להרוויח מים ללא פנים סדוקות

- כפי שכבר הזכרנו יש בארץ כ 200 מאגרי ביוב. מאגרים אלה מיועדים כדי לשמור מים מחורף לקיץ לצרכי השקיה. נשאלת השאלה מדוע להחזיק את המים במאגר פתוח? הדבר רק כרוך בבזבוז הוצאות ובבזבוז מים שמתאדים. בכל מקרה כל גורמי הזיהום וגורמי המחלות עושים את מלאכתם הרעה. אין לנו מדידה מדויקת מהי כמות המים המתאדים. אבל הערכה היא שהכמות איננה פחותה מ-20% מנפח המים או כמאה מיליון קוב מים. וככל הנראה קרוב יותר ל-30% ובכך, כל מה שדרוש הוא לנקב את תחתית המאגרים או אפילו לרוקן את המים ולתת להם להיספג במי תהום. נרוויח הרבה מאד מים ונקטין את ההוצאות בסכומים משמעיים מאד.

- שימוש רב יותר של מים בבית לצרכים פנימיים (לאו דווקא להשקיה) אינם מהווים בכלל בזבז מים . הם מגיעים ברובם דרך מערכת הביוב למקורות המים. יש לכלל היותר בזבז כסף לשאיבה נוספת. שימוש אחראי ויעיל במים "אפורים" לא יחסוך יותר ואולי להיפך העלות שלו תהיה יתר גבוהה ורמת ההיגיינה פחותה בהרבה.
 - ישנן דרכים להחזיר אחוז יותר גדול של מי הגשם למי התהום. (ראה עבודות של פרופ' גדעון סיני, החל מהדוקטורט שלו ואילך.) ראה גם דיון קצר מאד בנושא זה בחוברת המקורית.
 - שאיבת יתר יכולה לספק מים בכמויות נוספות לא מבוטלות.
 - מתקני התפלה לקולחים או למים משאיבת היתר או מבארות שיפתחו מחדש, יכולים להיות מותקנים החל מ60 יום אחרי הזמנה וזאת ביחידות של 1000 קוב ליום באיכות מושלמת ואמינות מלאה ובמחיר נמוך מכל מקור אחר.
 - במחיר התעמולה הריקה בפנים סדוקות אפשר היה להתקין עשרות יחידות כאלה ולהשיב מיליוני קובים של מים טהורים.
- בשעתו במשבר שניגמר ב1992 חילקתי בחינם מה שניקרא "חסכמים" אז לא השקו בעזרת הקולחים אלא במידה הרבה יותר קטנה ועל כן ניתן היה בפרוטות לחסוך כ20% של המים אצל אלה שקיבלו במתנה את החסכמים. גם היום אפשר לחסוך בשפיכה של הקולחים למי התהום עם הזולה בשימוש החוזר. אבל הדבר ישנה הרבה פחות את המאזן הכולל של המים לשימוש.
- החיסכון החשוב ביותר יתרחש בהקטנת הפסדי התאדות ובהגדלת כמות המים המוחדרת למי תהום, או מנוצל ישירות לגידול מוצרים צמחיים מועילים.**
- יש לזכור גם שאם כן שאם נתפיל מים ונשתמש בהם להחייאת הנחלים לא תהיה כל מניעה מתפיסת המים לפני בריחתם לים ולהחזירם לכל שימוש שהוא בעיר או בחקלאות או בתעשייה.**

6. רשימת כשלים קשים ביותר בכלכלת משק המים

- 6.1. ההשקיה במי קולחים ללא התפלה מוקדמת והבאה לאיכות מי שתייה תחילה.**
- חזרנו והזכרנו את הנזק האדיר של השקיה במי קולחים ומנינו 13-14 סיבות בריאותיות, כלכליות ואסטרטגיות ההופכות מעשה זה למעשה חורבן ממש. כולו באחריות רשויות המים וקק"ל. משרד הבריאות החולה והמשרד לאיכות הסביבה שימשו שותפים מלאים. כל ניסיון לשנות את זה החל כמעט לפני 20 שנה וניכשל בגלל התנשאות וחוסר יכולת לקיים שיחה תרבותית. בפעם הראשונה שנעשה צעד לשינוי על ידי נציב המים שמעון טל הצעד נחסם כמעט מייד עם הקמת רשות המים. התוצאות הן נזקים בסדר גודל של יותר ממיליארד דולר בשנה , פגיעה בבריאות של מאות אלפי בני אדם, מספר לא מבוטל של נפטרים, נזק למוצרים הישראליים לייצוא, הרס של כחמישית ממקורות המים הטבעיים שמקורם בגשם שיכולנו לקבל בחינם והפסדי מים בהתאדות כדי לא פחות ממאה מיליון קוב בשנה..
- 6.2. ערימות פסולת.**

הנזק של ערימות הפסולת קרוב מאד לנזק למקורות המים מההשקיה בקולחים. כמות הניטרים הנשטפת למי התהום היא כ 5 קילוגרם לטון פסולת. ישנם כמובן עוד הרבה מרכיבים כימיים מזיקים דומים מאד למרכיבים שיש בקולחים. ישנם עוד נזקים הנובעים מכמות גדולה מאד של גזי חממה הנוצרים בערימות הפסולת. בין אם בצדק ובין אם לאו אנו נשלם הרבה בגללם. אנו מפסידים מקור

אנרגיה מתחדשת כדי כ 10% מכל תצרוכת החשמל. ישנם גם נזקים עקב עומסים תעבורתיים מיותרים, תפיסת קרקעות בשטחים יקרי ערך ועוד. אחראים לכך הם קודם כל המשרד להגנת הסביבה אבל במידה זהה רשות המים שלא עמדה על כך שיעשה הטיפול הדרוש בפסולת. אלא גם ראשי המועצות האזוריות לא נהגו באחריות וכך גם השר שהיה אחראי לפיתוח הנגב.

6.3. סגירת בארות.

דבר זה תורם להרס מקורות המים ללא כל צורך במאמץ נוסף לבצע זאת. זה כבר קרוב לשני עשורים שחוקרים את מצב הזיהום ההולך ומתפשט ממקום שבו הייתה התעשייה הצבאית בנחלת יצחק. כל מחקר מוליד רק הצורך בעוד מחקר ונסיעות לחו"ל ומכרז בין לאומי. הפיתרון היחידי שהציעו בעבר היה לחפור את הקרקע המזוהמת ולפנות אותה. לא יאומן. הרי זה יזהם מקום חדש. ומניין ייקחו עפר כדי לסתום את הבור. הצעה גאונית כזו הובאה ובוצעה כדי לפתור את בעיית הזיהום בקישון (ושם אפילו בלי להפסיק את אספקת הזיהום מהתעשייה הפושעת.) כך ממשיך לקרות גם באזור ששימש את התעשייה הצבאית ברמת השרון. שטח מזוהם של מעל 400 דונם קיים מדרום לעכו ועוד. גם כאן ישנו שיתוף פעולה נפלא בין שלושת המשרדים- בריאות הסוגרת בארות ואינה מקפידה באמת על איכות המים; סביבה המחפשת רק עסקאות פשרה עם הפושעים; ורשות המים שלא עומדת על מטרות שליחותה ואפילו נהנית ממחקרים נמשכים.

6.4. החלופה מצפון. והחלופה מדרום.

סביב ים המלח היו שלושה חלומות. האחד שהצליח מאד היה ניצול המינרלים המצויים בו, אלא שההפרטה נתנה את האוצר הזה בחצי חנם בידי ידיים פרטיות ואלה עסוקים במיצוי הרווחים מבלי לתרום דבר לקידום טכנולוגיות או לשמירת הסביבה. החלום השני היה לנצל את הפרשי הגובה להפקת אנרגיה חשמלית. בכל מקרה הפוטנציאל התיאורטי היה לספק לא יותר מ-2-3 אחוזים למאה מצריכת החשמל. כבר במחצית השנייה של 1983 נמצא על ידי החברה שהוקמה למטרה זו ולפי הצעה של המדענים הראשיים שכדאי מאד להתקין מה שקרוי אגירה שאובה, ושיניצול האנרגיה בהבאת מים מהים התיכון היא יקרה מידי בפקטור של קרוב ל-10, וזאת בווריאנט הכדאי ביותר שנבדק אי פעם ואפילו לאור העובדה שהחשמל בשעות של ביקוש שיא, ערכו גדול פי חמישה. מאז חזרו ונעשו עוד שש בדיקות והביאו למסקנות הולכות ומחמירות. הובאו הצעות שהאחת יותר מטומטמת מרעותה. הדברים הגיעו לידי כך שכדי לתפעל תעלת ימים מים סוף, ולצורך התפלה, אין מנוס מלהקים תחנת כוח מופעלת פחם בהספק של כ 500 מגהוואט. נוסף לאלה התגלו לפחות שלש בעיות סביבתיות קטלניות שלאיש אין התחלת רעיון כיצד להתגבר עליהן, שתיים מהן תבאנה לחיסול מפעלי ים המלח והרס שלו כאלמנט נופי. השלישית תהרוס בביטחון את כל ההתישבות בערבה. והעלויות הן ממש מטורפות. ואין לכלל הפרויקט שום תרומה רצינית לאיזה שהיא מטרה. הקיקול המדהים האחרון הובא על ידי איש החזון המפורסם וניקרא " עמק השלום" וזאת תוך פגיעות קשות בכל נושא שעשוי להעמיד בצל את ההצעה הזו. אחד ממומחי ארגון שומרי כדור הארץ ביטא את זה ב"פרעה שמנסה להקים לעצמו פירמידה".

החלום השלישי היה על יד רודולף בלוך הכימאי הפיזיקאלי הגדול של מפעלי ים המלח. הוא זה שזיהה ראשון את האפשרות לבנות בריכות סולריות שבהן שכוב צפיפות של תמיסות יכול למנוע קונוקציה

תרמית ולשמור בתחתית הברכה מים חמים אפילו עד כדי רתיחה. במעבדה הלאומית לפיסיקה שהוקמה ביזמת בן גוריון ובראשות ד"ר הרי תבור בחנו את הרעיון. הפוטנציאל התיאורטי עשוי היה להגיע לשליש מצריכת החשמל בארץ. אחר כך המשיכו בחברת "אורמת". למרות מאמצים לא מבוטלים והקצבה של מעל 20 מיליון דולר למחקר ברמה הגבוהה ביותר לא הצליחו להביא את הרעיון לקראת הצלחה מסחרית. קיוו להפוך חלקים גדולים של ים המלח למקור אנרגיה. אולם חברת "אורמת" ניצלה המצאה אחת שנעשתה בתהליך הפיתוח- טורבינה לייצור חשמל המופעלת על ידי קיטור עשוי אדי נוזל אורגני הרוחת בטמפרטורות מעט גדולה מטמפרטורת החדר אך רחוק מרתיחת מים. המצאה זו נוצלה להפעלת תחנות כוח הנשענות על מים גיאותרמיים. כאן ההצלחה גדולה ביותר והיא מכסה בקלות את כל ההוצאות שהוא למו"פ שלא נשא פירות.

בינתיים נטפלו כל מיני אנשים לכל מיני מטרות דמה כמו הצלת ים המלח, סתימת בולענים ועוד רשימה ארוכה שמשמשת "עזרה ראשונה" למחפשי תעסוקה ורודפי בצע חסרי כל תרומה של ממש. כל מיני דעות קדומות הפכו תחליף להגדרת מטרה. בין השאר אלה לא טורחים להסביר כיצד הבולענים ייסתמו כתוצאה מתוספת מים לים המלח. הדבר דומה למי שמציע להפוך חביתה בחזרה לאפרוח.

זה מכבר הצעתי שני מפעלים הקשורים בשבר הסורי אפריקאי. האחד הוא **החלופה מצפון והשני**

החלופה מדרום שניהם עונים על בעיות של ממש והם עומדים בצורה נדירה בדרישות הכלכליות המחמירות ביותר ולא גורמות בעיות סביבתיות אלא פותרות כמה ומביאות רווחי ענק..

החלופה מצפון כרוכה בהפסקה הדרגתית של השאיבה מהכינרת למובל הארצי והמרת המים במי ים מותפלים. ישנה הוצאה אחת והיא התפלת מי ים. נניח שהעלות השנתית תגיע במחירי ההתפלה היום ובמספרים מעוגלים ל-200 מיליון דולר בשנה. (קרוב ל-400 מיליון קוב לפי 56 סנט לקוב). ומה הרווחים? מניעת הסעה של 150000 טון מלחים לשני לאקוויפרים בכל המדינה. אינני יודע להעריך את מלוא גודל הנזק. אבל ההוצאה המינימאלית יכולה הייתה להיות הרחקת מלחים אלה בעלות שאיננה פחותה מסכום קרוב ל-150 מיליון דולר. לשנה.

רווח שני הוא על ידי השגת אמינות של אספקת המים. הערך נע מסכומים שהם לפחות חצי דולר לדולר שלם לקוב מים וזאת רק תמורת התוצרת החקלאית. הערך גדול יותר אם לוקחים בחשבון כל מיני ערכים סביבתיים, ציונות, ביטחון ושמירת מסורת. פרוש הדבר חסכון של לא פחות מ-200 מיליון שדולר וככל הנראה למעלה מ-400 מיליון דולר.

רווח שלישי הוא בגין ההצלה של הירדן. אינני יודע איזה ערך לתת לסעיף זה אבל לדעתי הוא הרבה יותר גדול מהסעיף של הצלת ים המלח.

רווח רביעי הוא עקב הרחקת מלח הבישול מברכה מספר חמש בים המלח. יתרון זה נימדד בהרבה מעבר ל-100 מיליון דולר בשנה תמורה לתוספת חומרי גלם והרחקת סיכון קיומי לכל המלונות שלאורך חופי הברכה.

רווח חמישי נובע מהרחקת מי הכינרת בסדר גודל של 400 מיליון קוב בשנה אל ים המלח. פרוש הדבר חיסול כל צורך בתעלת הימים (חסכון של כ-6 מיליארד דולר בהשקעה או בהוצאה שנתית שמעל חצי מיליארד דולר.

בסיכום, אנו מדברים על הוצאה שאיננה עולה על 200 מיליון דולר בשנה ומכניסה הרבה מעל מיליארד דולר בשנה.

החלופה מדרום כרוכה בהקמה של "ארובת שרב" מצפון לאילת ובהדרגה אף סידרה של ארובות כדי אספקת כל החשמל במדינה ממקורות מתחדשים. רשימת היתרונות היא אדירה (ראה פרק 6 בפרסום המקורי)

רווח ראשון הוא בהבטחת חשמל זול ביותר האפשרי גם לצרכי התפלה (מעבר להבטחה לכל המדינה חסכון של מיליארדי דולרים בשנה לרכישת דלק ואפשרות ייצוא של עשרות מיליארדים בשנה). רווח שני הוא של האפשרות להתפיל מים בעלות נמוכה מחצי העלות כיום בנפח של 200 מיליון קוב או 400 קוב לנפש לשנה בהקדשה של 20% מהאנרגיה של הארובות וכאשר החשמל מספיק לרמת צריכה של מערב אירופה. המשמעות היא אפשרות של יותר מהכפלת אספקת המים לנפש בפחות מחצי העלות לקוב.

רווח שלישי יש באפשרות לייצור של דלק ממקורות צמחיים למטרות תחבורה. רווח רביעי הוא באפשרות לשיתוף פעולה עם מצריים וירדן. ועוד רשימה ארוכה של 12 תועלות (ראה פרק 6 בחוברת המקורית)

6.5. מחירי חשמל.

לפחות שני ראשים של "הרשות לשירותים ציבוריים-חשמל" פסקו שמחירי החשמל אינם מחירים ריאליים והיה צורך להגדיל אותם בערך ב 50%. אנשי אגף התקציבים ומנכ"לי האוצר התעלמו ממבנה העלות. עיקר העלות הייתה בגלל תשלום על ההשקעה ועלות הדלק. היקף טיפוס של ההוצאה של התפקוד הוא 15%. טוב היו עושים אילו התייחסו לעובדות והפסיקו להילחם בוועד העובדים. המחירים הנמוכים מידי גרמו לשתי תופעות בזבוז משווע של חשמל וחובות מצטברים של חברת החשמל. החוב כיום הוא מעל 50 מיליארד שקל. אם חס וחלילה יפריטו את חח"י מדינת ישראל תפסיד סכום זה ולמחרת היום המחירים יעלו ובמשך זמן לא רב תהיינה תקלות קשות באספקת החשמל. היקף רכישות הדלק בשנת 2008 היה כדי 12.8 מיליארד דולר. העלאת מחירי הדלק ומוצריה היו מביאים לחסכון ענק או בהכנסות יתר למדינה בהיקף שהגבול העליון שלה הוא עשרות מיליארדי שקלים. ואם צריכת הדלק תפחת נצמצם במידה מתאימה את חוסר האיוון של התשלומים שהיה ב2008 מעט מעל 13 מיליארד דולר.

6.6. צעדים ליציאה מעידן הדלק.

יש שורה של טכנולוגיות מוכנות ליישום שיכולות להקטין את השימוש בדלק בין 50% ל60%. תוך חסכון גדול מבחינה כלכלית וללא צורך בתמיכה אידיאולוגית. מנינו אותם לעיל.

6.7. הקו החמישי לירושלים.

התכנית הזו מהווה דוגמה מזעזעת לצורת ההתנהלות שלנו. חברת מקורות מעוניינת בפרויקטים גדולים ויקרים וכך גם המתכננים. אין שום הצדקה למפעל כזה הבא להשקיע בהתפלת מים בים התיכון. אורך הקו כ 70 קילומטר. לפחות, כושר ההעברה לצריכת המים ב40-50 השנה הבאות. העומד הדרוש 70 אטמוספרות להתפלה ועוד כ 80 אטמוספרות בגלל הפרשי גובה ואספקת מים. ההשקעה לקוב מים כ 60 סט במתקו ההתפלה כיום בטכנולוגיה מיושנת. במקום זה ניתן להתקין יחידות קטנות שנוספות עם טווח הובלה של 10-20 קילומטר. בהשקעה ב15-10 אטמוספרות התפלה ועוד 3-4 לאספקת המים. ההשקעה לקוב מים לשנה שליש מזו שבקו החמישי. ונפח ההובלה לא צריך להיות יותר מאשר לאופק של 2-3 שנים בכל פעם.

אין כל פלא. אין גם שמנכ"ל מקורות בהרצאתו אמר בפרוש שהם זונחים את אספקת המים הטבעית.

6.8. שלוש שיטות התפלה

בחוברת העיקרית מופיע דיון בשלוש שיטות התפלה מהפכניות. הראשונה היא התפלה באוסמזה הפוכה בשילוב עם ארובות שרב. זו ניתנת לביצוע מיד. העלות הצפויה פחות ממחצית עלות התפלת מי ים כיום. היכן עומדת בעניין זה רשות המים? זאת היא מהפכה של ממש עם תוצאות מרחיקות לכת.

השיטה השנייה היא שיטה שעיקר הפיתוח שלה נעשה בטכניון. העיקרון הוכח מעבר לצל צילו של ספק ותוצאות בשלוש סדרות של ניסויים הראו שהעלות הצפויה היא בין עשירית העלות כיום לשתי עשיריות. נציבות המים תרמה למימון המחקר אחרי שכל העקרונות כבר הוכחו והעניקה סכום שלא עולה על 20% מהעלות. אבל היא עושה כל שלא ידה זה מעל חמש שנים כדי למנוע את ההשלמה המסחרית. בתגובה אחת של וועדת המחקר נאמר ש"יש ניגוד אינטרסים". נציב המים הקודם וראש רשות המים לא יכלו לפרש מהו ניגוד האינטרסים. אני יכול לעשות זאת וליחס למי שישב בוועדת המחקר ואיננו ראוי לשבת בה בגלל ניגוד אינטרסים ברור. כדי להשלים את העבודה ליישום מסחרי דרושות שלוש שנים וכ 10 מיליון דולרים. יש חברות שמוכנות להשקיע מחר בבוקר ואינן עושות זאת בגלל התנהלות רשות המים.

שיטה שלישית ואולי הזולה ביותר הוצעה על ידי ד"ר גד אסף (ראה בחוברת המקורית. נראה שאנשי הרשות אפילו לא טרחו לקרוא מה יש בעבודה מבריקה זו).

אינני יכול לכנות את התנהלות המערכת הציבורית בעניין המים בשם עדין יותר מאשר חבלה והתנהגות פושעת מבחינה ציבורית ואולי גם אישית.

7. כמה עקרונות לאספקת המים

זהו אחד הפרקים החשובים ביסוד המערכת לאספקת מים. רשימת השאלות עם הצעת שתשובות לייחוס האחריות לאספקת המים מעוררת תמיהה קשה. האחריות היא בכל מקרה של ממשלת ישראל וכן יחידות מישנה המביאות את המים לפתח הצרכנים. הפרטה פרימיטיבית נוסח תאצ'ר לא מתאימה אפילו לאנגליה, ובוודאי לא במדינת ישראל שבה תכנית אספקת המים חייבת להיות ברמה הארצית וישנן השפעות הדדיות בלתי נמנעות לא רק באספקת המים ובשמירה על האיכויות אלא גם באספקת מוצרים הצורכים מים מכל חלקי הארץ. היו תקופות שבהן כל מעשה היצירה נעשה במסגרות ממלכתיות. הדבר הזה הלך ופחת והייתה ירידה מזעזעת ברמת התפקוד של הגוף הממשלתי.

אני מבקש לקבוע קודם כל שללא הבדל מי שגה או מי עשה מעשה פשע, המדינה היא האחראית וזאת מבלי לפטור את הפושעים שלמטה.

חובת המדינה לספק את מלא הביקוש למים באמינות אספקה מכסימאלית. המדינה יכולה ואף חייבת ליזום חינוך לשימוש חסכוני ולהמציא דרכים לחסכון, אבל אין לה כל זכות להנמיך

ברמת הביקוש בגלל פיגור בפעולתה או אף בשינויי אקלים, מה גם ששינויי האקלים הם במידה מכרעת תרוץ נוח של מי שלא עשה את עבודות הבית.

המדינה יכולה לקבוע רק סטנדרטים למצבי חרום אבל אפילו שם עדיף להשתמש בנכונות האזרחים לסייע ולא לכפות עליהם.

למשל ניתן להציע הוזלת המים למי שמתחייב במועדים שיוכרז עליהם להפחית בשימוש במים.

המדינה לא עמדה באף אחד מאלה. עיון בדוח אספקת מים לחודש מרץ שמפרסמת חברת מקורות מצביעה על לפחות שלוש תקופות של מחסור קיצוני מצטבר במים. הסתכלות בגובה פני המים בכינרת כאנדיקטור מראה מחסור כזה בשנים 1991-1992 כאשר גובה המים בכינרת ירד פעמיים ל-213 מטרים מתחת לפני הים. בשנת 2002 הגובה ירד ל-215 מטרים מתחת לפני הים ושנה אחרי זה ל-214.5 מטרים מתחת לפני הים. השנה בשנת 2009 ירד גובה המים פעם שנייה ל-214.5 מתחת לפני הים. לשלושה מחסורים קיצוניים אלה היו התראות ממושכות של כעשר שנים בשני המקרים הראשונים ושש שנים עד לשנה הזו. וייתכן שזה עוד לא ניגמר. ניודים דומים אנו רואים בעומד פני המים בשלושה אתרים שונים באקוויפר ירקון תנינים. מאד בולטת התמונה שבסך הכול המחסור לא החמיר בנטייה הכללית על פני למעלה מ-29 שנה. באקוויפר החוף נראה כביכול שישנו מיתון בתנאים. נטיית העומדים התת קרקעיים מצביעה על עלייה כללית של העומדים כאילו חסרון המים היה יותר קטן. אולם ייתכן שזה כבר נובע מהשחתת טיב המים והקטנת השימוש בו. מה שקרה הוא גידול באוכלוסיה והרס של מקורות המים על ידי הרשות וחברותיה לניהול משק המים. די קל לראות מהי המשמעות של שלוש פעולות קיצוץ חמורת בענפי החקלאות בטווח שאיננו גדול מ-6-7 שנים בממוצע בין קיצוץ אחד לשני. זהו בעצם תהליך של הרס החקלאות וחסול הפריפריה והתכנסות הולכת וגוברת למדינת תל אביב. לייבוש של גינות נוי עשויה להיות השפעה לא פחות חמורה. התנהגות זו מצטרפת לעוד פעולות הרסניות המביאות לירידה של מאות אלפי איש מהארץ בגלל הקטנת הסכויים להגשמה עצמית. לא אתפלא גם שזה מוביל לפגיעה בתיירות.

מה עשו רשויות המים בלמעלה מעשרים שנה? כמעט כלום. חיסלו מקורות מים טבעיים יותר ממה שהקימו מתקנים להתפלת מים. זוהי אחריות כבדה ביותר ומעט ביטויים אחרים לחוסר אחריות מתחרות ברמה הזו. מדהים לשמוע כמה מהמצטדקים או אלה שמנסים לנחם את עצמם כשהם אומרים "אבל ראה בכמה דברים אחרים התקדמנו!"

8. הצורך בחישוב נפחי מים לאבטחת רציפות ההספק ה בעלות מינימאלית.

איך זה שבחברת הדיון בתכנון השימוש במים שפירים אין כל ניסיון לקבוע מה ההרכב הנפחים של רכיבי אספקתה מים:

- כושר אספקה של מקורות טבעיים – מינימום של אספקה רציפה ונפחים חד פעמיים לכיסוי תקופת יובש או תקופות של שיא ההשקיה.
- כושר שאיבת יתר והתחדשות המקורות הטבעיים.

- נפח אספקה קבוע בהתפלה ונפח יתר להתפלה בעיתות מחסור. את המספרים הללו יש לחשב כפונקציה של הסתברויות שונות ולקבוע את גודל ההשקעות ומחיר לקוב שמיש כפונקציה של יחסי הכמויות. זה היה חייב להופיע כחלק ראשוני של התכנית לדיון עם יעדים לגידול אוכלוסיה, לעליית רמת החיים ושיפור גדול ביותר של האמינות.

9. מים ובריאות או מי הקולחים כגורמי מחלות.

9.1. השפעת הביוב על פוריות בני אדם ובעלי חיים בישראל - בעיות הלכתיות ופתרונות מוצעים

מאמר מוגש ל'תחומין' כך כט התשס"ט

מאת פרופ"ח גדעון סיני ומהנדס חוקר חזות אבנר הפקולטה להנדסה אזרחית וסביבתית הטכניון חיפה

9.1.1: מבוא

9.1.1.1: רקע

מזה כ-30 שנה משקים שדות חקלאיים במי ביוב במדינת ישראל. בשנים הראשונות הייתה מוגבלת ההשקיה לגידול כותנה בלבד מתוך מחשבה כי הכותנה לא נאכלת ולכן הסיכון לבריאות הציבור נמוך. לאט לאט הרחיבו את מעגל הגידולים המושקים במי ביוב וכן שופר תהליך הטיפול במי ביוב שקיבלו את השם מי קולחין. כיום משקים במי קולחין את מרבית גידולי המאכל במדינת ישראל ומטרת המוסדות להשקות כ-80% מכל שטחי השלחין בישראל במי קולחין.

במאמר עכשווי בכתב העת 'הנדסת מים' מחודש דצמבר 2008 צוין כי מפעל הטיפול במי ביוב שפד"ן מטפל בכ-45% מכלל מי הביוב של מדינת ישראל. את מי הביוב המטופלים (מי קולחין) מפנים להשקית שדות חקלאיים ואת הבוצה (sludge) מפנים לזיבול שדות חקלאיים. הבוצה הוא החומר המוצק המסולק ממי ביוב גלמי במתקני הטיפול לדוגמת שפד"ן והוא כולל את מרבית החומרים המסוכנים הנמצאים במי ביוב. נובע מכך שגם מי הקולחין (מי ביוב לאחר טיפול) וגם הבוצה מופנים לחקלאות ותושבי מדינת ישראל אוכלים מזון שמושקה וזובל בביוב.

חששם של המומחים התמקד בעבר בעיקר בסכנות זיהומיות אפשריות הקשורות בחיידקים, וירוסים ופאטוגנים הנמצאים במי ביוב. אכן תהליכי הטיפול במי ביוב הצליחו לסלק את מרבית המזהמים. אולם לאט לאט החלו להתגלות בעיות בריאותיות נוספות שלחלקן לא נמצאו פתרונות מעשיים. נמנה חלק מבעיות אלו:

- הייתה סברה שזיהום חיידקי לא יכול לחדור ממי ביוב ובוצה מזובלת לחלקי הפרי הנאכלים כי ממברנות השורשים מונעות חדירת חיידקים. לאחרונה גילתה פרופ"ח סימה ירון מהטכניון את העובדה שחיידקי סלמונלה שמקורם במי השקיה חדרו דרך שורשים והגיעו לעלי פטרוזיליה, שהושקתה במים אלו, בריכוז כה גבוה שאכילת 10 גרם עלי פטרוזיליה תגרום למחלת מעיים קטלנית. החיידקים חדרו דרך ממברנות השורשים בניגוד לסברה הקודמת. ממצאי פרופ"ח ירון אוששו ע"י מאמרים נוספים בספרות הבינלאומית.
- הרעלה מתמשכת של אנשים כתוצאה מהצטברות איטית של מתכות כבדות שמקורן בבוצת ביוב¹.

¹ Human health and the environmental impacts of using sewage sludge on forestry and for restoration of derelict land, SNIFFER (Scotland and Northern Ireland Forum For Environmental Research), final report project number

- הרעלה כתוצאה משאריות חומרים זרחניים שמקורם בחומרי ריסוס והדברה ביתיים וחקלאיים.²
 - הרעלת חנקות הגורמת לתמותת תינוקות (פרופ' זסלבסקי מהטכניון-חיפה לשעבר נציב המים של מדינת ישראל מצא עלייה מתמדת בריכוזי חנקות במי שתייה הנשאבים ממי תהום בשפלת החוף בעשרות השנים האחרונות, והסברה היא שמקור החנקות במי התהום הוא מי ביוב הדולפים מהערים ומהשדות המושקים בקולחין ומזובלים בבוצה).
 - ערעור מנגנונים הורמונאליים בגוף האדם כתוצאה מהשפעת חומרים כימיים הנמצאים במי קולחין ובבוצת ביוב^{1,3}.
 - התפתחות סוגי סרטן כתוצאה ממצאות חומרי EDCs במי קולחין ובבוצה^{11,1}.
 - לאחרונה הוברר כי קיים קשר הדוק בין בעיות פוריות גברים ונשים ובין חשיפה למי ביוב ובוצה של ביוב^{11,10,9,8,6,5,4,2,1}.
- מדענים ברחבי העולם מצביעים על כמה בעיות בהקשר לביוב:
- א. תקני התברואה בארץ ובעולם מתייחסים לריכוזי סף של חומרים מסוימים, אין כמעט תקנים והתייחסות להצטברות מתמשכת של חומרים מסוכנים בגוף האדם. במיוחד בולטת בעיית המתכות הכבדות כמו אנטימון, ארסן, בריום, בריליום, קדמיום וכן זרחן ואורגני^{7,3,2,1}.
 - ב. חומרים כימיים הנמצאים בביוב יוצרים תערובות 'תצריפים כימיים' chemicals mixtures העלולות להיות ארסיות לבני אדם ולגרום לבעיות פוריות^{6,4}. כמוכן לשנות את ההרכב ההורמונאלי של אסטרוגן באופן לא צפוי וניתן למדידה⁶.
 - ג. טיפול הורמונאלי במכוני טיפול שפכים המכוון לשנות את רמת הורמון מסוים במי הביוב עלול להגדיל את רמת הורמון אחר במי הביוב כך שיצא שכרו בהפסדו^{7,3,1}.
 - ד. חסר ידע מעודכן אצל רשויות האכיפה ולכן שיטת הניטור של מי ביוב, מי שתייה, מזון המושקה במי קולחין איננה משקפת נאמנה את גודל הסכנות לבריאות הציבור כתוצאה מאכילת מזון שהושקה במי קולחין או זובל בבוצה^{7,3,1}.
 - ה. השפעות מי ובוצת ביוב על פוריות גברים ונשים עדיין לא נלמדו במלואן אולם ישנן עדויות מדעיות שהסכנה לפוריות – גבוהה^{11,10,9,8,5,4,2}.
 - ו. קיימים חומרים מסוכנים במי הביוב שגם אם נרצה למדוד ולדעת את ריכוזם במים כדי לבחון את רמת הסיכון, לא נוכל לעשות זאת מכיוון שחומרים אלו משתנים בתהליך הטיפול בביוב והימצאותו בתוך הקרקע בצורה לא צפויה ולא ניתנת לבדיקה^{6,3,1,7}.

UKLQ09 (2007).

² Pesticides and the induction of aneuploidy in human sperm, K. Harkonen, Department of obstetrics and gynecology Turku University Central Hospital, Turku (Finland), *Cytogenet Geneome Res.* 111:378-383 (2005).

³ Endocrine Disrupting Chemicals (EDCs) and Pharmaceuticals and Personal Care Products (PPCPs) in reclaimed water in Australia, G-G Ying, R. Kookana and TD Waite school of civil environmental engineering the University of New South Wales, and CSIRO, Sydney Australia ISBN 0643091807 (2004).

⁴ In vitro reproductive toxicity of polychlorinated biphenyls: effects on oocyte maturation and developmental competence in cattle, P. Pocar et al, Department of anatomy of domestic animals, University of Milan, Italy, *Molecular Reproduction and Development*, 58:411-416 (2001).

⁵ In utero exposure to low doses of environmental pollutants disrupts fetal ovarian development in sheep, P.A Fowler et al (2008).

⁶ Health impact of Estrogenes in the environment, considering complex mixture effect. Filby A et al. Univ. of Exeter, England. *Envir. Health Perspectives* 115:1704-1710 (2007).

⁷ ד"ר דרור אבישר, ראש המעבדה להידרוכימיה באוניברסיטת ת"א, ידע אישי (2008).

לסיכום במי הביוב ובבוצה קיימים חומרים מסוכנים לבריאות הציבור שלא ניתן למדוד אותם ולדעת מראש את ריכוזם ופיזורם בקרקע במזון ובמי השתייה.

9.1.1.2. השפעת ביוב על פוריות

בעבר הלא רחוק נהגו להרחיק מי ביוב לנהרות ימים ואגמים. כבר לפני כמה עשרות שנים מצאו חוקרים שישנה פגיעה ממשית בדגים ויצורים ימיים הנחשפים למי ביוב. הפגיעות התבטאו בין השאר בלידת צאצאים פגומים, בחילופי מינים, ובירידה בפוריות. במקרים קשים היתה גם תמותה במיוחד בדגים. לאחר מכן החלו להצטבר עדויות מדעיות למק דומה ביונקים קטנים ובמיוחד בחיות ניסוי (חולדות וכד')⁸. ידוע כי דגים מהווים אינדיקטור חשוב לזיהום מי שתייה. אכן במוביל הארצי בישראל משמשים דגים רגישים כחיישן המזהיר בפני בעיות של זיהום מי המוביל. לכן הממצאים באנגליה המעידים על פגיעה בפוריות דגים בנהרות שזוהמו במי ביוב מהווים אינדיקטור לפגיעה דומה בבני אדם השותים את מי נהרות אלה כפי שסוברת Dr. Jobling. החוקרת טוענת שפגיעה בפוריות גברים בספירת זרע נובעת מנוכחות חומרים אנטיאנדוגנים שמקורם בביוב החוסמים את פעילות ההורמון הגברי – טסטוסטרון. אולם בישראל הזיהום הוא של מי התהום במיוחד במישור החוף. מים אלו משמשים כמקור מי שתייה עיקרי לכ-2/3 מאוכלוסיית מדינת ישראל ולכן מובן החשש לפגיעה המונית בפוריות הציבור כתוצאה מחדירת מי ביוב בישראל למי התהום.

במי ביוב ובוצה נמצאים גם שאריות חומרי ריסוס ביתיים וכן ביוב תעשייתי מבתי חרושת לחומרי הדברה. חוקרים מציינים כי הקשר בין פוריות בני אדם וחשיפה לחומרי הדברה אינו ברור אולם ישנן עדויות על פגיעה בפוריות זרעי חיות ניסוי ובני אדם שנחשפו לחומרי הדברה². באירופה היה נהוג לזבל שדות מרעה בבוצה ממתקני טיפול שפכים (מטש"ם)^{4,1}. מומחים שמו לב לכך שהכבשים והפרות הרועות בשדות שזובלו בבוצת ביוב – לא מתעברות. מחקר מדעי חשף ממצאים המוכיחים כי לבהמות שרעו בשדות שזובלו בבוצת ביוב ישנן בעיות פוריות^{5,4}. חוקרים במקומות נוספים גילו תופעות דומות⁹. אולם לא היה הסבר מדעי לכך. לאחרונה ערכו חוקרים בבריטניה ניסוי בכבשים שסיפק עדויות מדעיות וגם הסבר לבעיות הפוריות אצל בהמות האוכלות עשב שזובל בבוצת ביוב⁵. וכן מצאו חוקרים בסימולציה ביולוגית השפעה שלילית של EDC_s על עוברים ופוריות נשים¹⁰. ממצאים נוספים מראים על עלייה מדאיגה בסרטן האשכים בגברים, כנראה כתוצאה מחשיפה לכימיקלים, מתכות כבדות ותצריפים כימיים¹¹ הנמצאים בביוב. סרטן האשכים מסוכן במיוחד לגברים בגילאים 15-44 שנים.

לאחרונה מתחילה להתבהר התמונה. הוברר כי מלבד השפעתם ההרסנית של חומרי EDC_s על המנגנונים ההורמונאליים, ישנה השפעה חמורה עוד יותר של chemicals mixtures – תצריפים כימיים שהם תערובות של שאריות חומרים כימיים, מתכות כבדות והורמונים היוצרים תערובות של מאות מולקולות במי הביוב ובבוצה. הוברר כי התצריפים הכימיים עלולים לשנות את תגובת הגוף להורמון

⁸ River pollutants linked to male infertility, Dr Susan Jobling, Brunel University, England (2009).

⁹ Exposure to hazardous substances and male reproductive health: a research frame work, Jacqueline M. et al, Environmental health perspectives, September (2000).

¹⁰ Developmental exposure to environmental endocrine disruptors: consequences within the ovary and on female reproductive function, U. Mehmet and Z. Rob (2007).

¹¹(1) Testicular germ-cell cancer, Bosl G.J and Motzer R.J, 1997, *N.England J. Med.* volume 337:242-253 (1997).

(2) Increasing incidence of testicular cancer-birth cohort effects, Ekblom A. and Akre O., *APMIS* volume 106:225-231. (1998).

הנשי – אסטרוגן. מחקרים אלו מסבירים איך משבשים מי הביוב והבוצה את פעילות מנגנוני הרבייה בגברים ונשים.⁶

פרק 9.1.2. הקשר בין שימוש במי ביוב ובעיות פוריות

9.1.2.1. רקע והצגת הבעיה

התמונה המצטיירת כיום היא שיש חשש סביר לפגיעה בפוריות גברים ונשים כתוצאה מאכילת מזון שהושקה במי ביוב מטופלים (מי קולחין) חזבל בבוצת ביוב. אולם מאחר ומחקרים מראים על פגיעה בפוריות בהמות שאכלו מזון שחזבל בבוצה^{4,5} וכן פגיעות בפוריות דגים בנהרות שחדרו להם מי ביוב⁸ הנטייה בין החוקרים כיום היא להאשים את הביוב המפוזר בסביבה כגורם עיקרי לירידה בפוריות הכללים של גברים ונשים בעולם. אכן ישנה ירידה של 15-20% ביכולת זוגות נשואים להביא ילדים בשנים האחרונות. האם השימוש בביוב הינו הגורם לכך? נבחן את החשש לפגיעה בפוריות כתוצאה מהשימוש בביוב בהיבט ההלכתי, כי קיים איסור גורף לסרס בני אדם ובע"ח בארץ ובעולם גם ללא כוונה (שו"ע אה"ע ה"א).

9.1.2.2. איסור סירוס

כתוב בתורה **(ויקרא כב, כד):**

וּמַעֲוֹךְ וְכַתּוּת וְנִתּוּק וְכָרוֹת ל' א' תִּקְרִיבוּ לַה' וּבְאַרְצְכֶם ל' א' תַּעֲשׂוּ.

ובספרא אמור פרשה ז:

לא תקריבו אין לי אלא שלא יקריבו מנין שלא יעשו? תלמוד לומר לא תעשו, אין לי אלא תמימים בעלי מומים מנין תלמוד לומר לא תעשו, אין לי אלא בהמה, חיה ועוף מנין? תלמוד לומר בארצכם, אין לי אלא בארץ בחוצה לארץ מנין תלמוד לומר לא תעשו בכל מקום שאתם, מנין אף באדם תלמוד לומר ובכם כדברי בן חכנאי.

מכאן למדו חז"ל שלושה איסורים:

- א. איסור להביא קרבן בעל מום כנזכר בפסוק באברי הרבייה.
- ב. איסור לעשות מום מהסוג הזה כלומר לסרס בהמה חיה ועוף הן תמימים הן בעלי מומים, הן בארץ הן מחוצה לה.
- ג. איסור סירוס נוהג גם באדם.

מובא **בשבת (קט:)** במשנה:

כל האוכלין אוכל אדם לרפואה וכל המשקין שותה חוץ ממי דקלים וכוס עיקרין¹² **(רש"י: משקה שכותשין לתוכו עיקרי ירקות ובשמים)** מפני שהן לירוקה **(רש"י: לחולי של ירקון, ואינו מאכל בריאים)**. משנתנו מלמדת שמותר לשותות כל מיני משקים גם כשהוא מתכוון לרפואה (שנאסרה משום חשש לשחיקת סממנים) בתנאי שמשקים אלו הינם משקה שגם אנשים בריאים שותים הימנו. ברם כשהמשקה אינו מאכל בריאים כגון מי דקלים כוס עיקרין וכדומה אסור לשתותו. ושואלים בגמרא שם **(ק"י):**

¹² פירש **רבינו המאירי** על משנתנו: משקה שכותשין לתוכו עיקרי עשבים ובשמים ומתוך כך הוא קרוי כוס של עקרון והוא עשוי למעין פתוח יותר מדאי שלא יזוב דמו או לרפואת ירקון וקורין לו ג"כ כוס של עקרון מפני שהשותה מהם הן איש הן אשה נעשה עקור מלהוליד עוד ובאלו הדבר ניכר שלרפואה הן.

ומי שרי? והתניא מניין לסירוס באדם שהוא אסור תלמוד לומר ובארצכם לא תעשו בכם לא תעשו דברי רבי חנינא! ועונה הגמרא: הני מילי היכא דקא מיכוין הכא מעצמו הוא דאמר רבי יוחנן הרוצה שיסרס תרגול יטול כרבלתו ומסתרס מאליו. כלומר איסור סירוס קיים כשהדבר נעשה במתכוון אבל כשה נעשה ממילא ובלא מתכוון קרי שאין סירוס בידיים (רבינו המאירי על הסוגיא) אין איסור כדברי רבי יוחנן. שואלת הגמרא: והאמר רב אשי רמות רוחא הוא דנקיטא ליה כלומר שדואגים על כרבלתם ואינם מזדוגים אבל מ"מ אלו הם מזדוגים אין כאן סירוס כלל (רבינו המאירי שם) מכאן שלכאורה גם אם הדבר נעשה מאליו ישנו איסור¹³ וחזרה הקושיא לדוכתה! לכן מציעה הגמרא: אלא בסריס כלומר שלסריס מותר לשתות כוס עיקרין. מקשה הגמרא: והאמר רבי חייא בר אבא אמר רבי יוחנן הכל מודים במחמץ אחר מחמץ שהוא חייב שנאמר לא תאפה חמץ לא תעשה חמץ במסרס אחר מסרס שהוא חייב שנאמר ומעוך וכתות ונתוק וכתות אם על כרות חייב על נתוק לא כל שכן אלא להביא נותק אחר כרות שהוא חייב. כלומר כשם שיש איסור מחמץ אחר מחמץ כך יש איסור של סירוס אחר סירוס לכן גם לסריס אסור. עונה הגמרא: ואלא במקן. כלומר זקן הרי אפשר לו להוליד בקצת השתדלות (רבינו המאירי). שואלת הגמרא: והאמר רבי יוחנן הן הן החזירוני לנערותי כלומר על קצת דברים הן החזירוני לנערותי ר"ל לתשמיש (רבינו המאירי) לכן גם לזקן אסור. עונה הגמרא: אלא באשה כלומר לאשה מותר לשתות כוס עיקרין בגלל שאינה מצוית על פריה ורביה (רבינו המאירי). ומקשה הגמרא: ולרבי יוחנן בן ברוקא דאמר על שניהם הוא אומר ויברך אותם אלהים ויאמר להם פרו ורבו כלומר מצות פריה ורביה מוטלת על שניהם לכאורה גם לאשה אסור. מאי איכא למימר? בזקינה אי נמי בעקרה. כלומר בזקנה שאין כאן חזרה לנערות (רבינו המאירי) או בעקרה במקרים האלו יש היתר לשתות כוס עיקרין. וכן מובא בחגיגה (יד:):

שאלו את בן זומא מהו לסרוסי כלבא? אמר להם ובארצכם לא תעשו כל שבארצכם לא תעשו.

להלכה פסק הרמב"ם בהלכות איסורי ביאה פרק טז הלכה י:

אסור להפסיד איברי זרע בין באדם בין בבהמה חיה ועוף אחד טמאים ואחד טהורים בין בארץ ישראל בין בחוצה לארץ אע"פ שנאמר ובארצכם לא תעשו מפי השמועה למדו שדבר זה נוהג בכל מקום, וענין הכתוב לא יעשה זאת בישראל בין בגופן בין בגוף אחרים, וכל המסרס לוקה מן התורה בכל מקום ואפילו מסרס אחר מסרס לוקה.

ובהלכה יב:

המשקה עיקרין לאדם או לשאר מינים כדי לסרסו ה"ז אסור ואין לוקין עליו, ואשה מותרת לשתות עיקרין כדי לסרסה עד שלא תלד, הרי שכפה את האדם ושסה בו כלב או שאר חיות עד שעשאוהו כרות שפכה או שהושיבו במים או בשלג עד שביטל ממנו איברי תשמיש אינו לוקה עד שיסרס בידו וראוי להכותו מכת מרדות.

וכן נפסק בשולחן ערוך אבן העזר סימן ה סעיף יא:

אסור להפסיד אברי הזרע, בין באדם בין בבהמה חיה ועוף, אחד טמאים ואחד טהורים, בין בא"י בין בח"ל. וכל המסרס לוקה מן התורה בכל מקום. ואפילו מסרס אחר מסרס לוקה. כיצד, הרי שבא א' וכתה הגיד, ובא אחר וכתה את הביצים או נתקן, ובא אחר וכתה חוטי ביצים, או שבא אחד ומעך את

¹³ בשאלות דרב אחאי פרשת אמור שאילתא קה מובא: והוא סמא דמעקר הוא דאי לאו סריס הוא הוה מעקר ליה אסיר ליה למשתייה דתניא מנין לסרוסי באדם שהוא אסור שני ובארצכם לא תעשו בכם לא תעשו דברי בן חכניאי ואע"ג דלא מיכוין כרבי יהודה דאמי דבר שאין מתכוין אסור ובשבת הוא דסבירא לן כרבי שמעון אבל בכל התורה כולה כרבי יהודה דאמר דבר שאין מתכוין אסור ואסור. ועיין ברא"ש פ"ד סימן ט וברבנו ירוחם תולדות אדם וחווה נתיב כג חלק ד שמדובר כאן בפסיק רישיה ויש כאן איסור אליבא דכל הפוסקים.

הגיד, ובא אחר ונתקו, ובא אחר וכתו, כלם לוקים ואע"פ שלא סירס אחרון אלא מסורס, בין באדם בין בבהמה, חיה ועוף. והמסרס את הנקבה, בין באדם בין בשאר מינים, פטור אבל אסור. ובסעיף יב:

המשקה כוס של עיקרין לאדם או לשאר בעלי חיים כדי לסרסו, הרי זה אסור, ואין לוקין עליו. ואשה מותרת לשתות עיקרין כדי לסרסה עד שלא תלד.

העולה מכאן הוא שיש איסור לגרום לסירוס בצורה ישירה או אפילו בעקיפין ובלא מתכוון¹⁴ למינים שהוזכרו בפוסקים כלומר בבני אדם ובבעלי חיים, וכפי שהסביר בעל **ספר החינוך** מצות רצא: לפי שהשם ברוך הוא ברא עולמו בתכלית השלימות, לא חסר ולא יתר בו דבר מכל הראוי להיות בו לשלימותו, והיה מרצונו ובירך בעלי החיים להיותם פרים ורבים, וגם צוה הזכרים ממין האדם על זה, למען יעמדו, שאם לא כן, יהיה המין כלה אחר שהמות מכלה בהם, ועל כן המפסיד כלי הזרע מראה בנפשו כמי שהוא קץ במעשה הבורא ורוצה בהשחתת עולמו הטוב.

9.1.2.3. סירוס דגים

בדברי חז"ל ובראשונים איסור סירוס אינו מתייחס אלא לאדם בהמה חיה ועוף ואין אזכור לגבי הדגים. **המלבי"ם** כתב בפירושו על הפסוק בויקרא (כב, כד) כי לא הוזהרנו על סירוס הדגים דכתיב בארצכם ברם **היעב"ץ** בשו"ת שאילת יעב"ץ חלק א סימן קיא מצדד לאיסור סירוס דגים דבכל מקום שנאמר שור וחמור אף חיה ועוף בכלל ולא דוקא חיה ועוף, אלא כל בעלי חיים במשמע כדמוכח בגמרא. ואף בדגים איכא חיובא כ"ש היכא דלא פרט הכתוב שום מין מיוחד שהכל בכלל. בשו"ת **בצל החכמה** חלק ד סמן סז הובאו דברי הפוסקים האחרונים וצידד להלכה לאסור.

9.1.2.4. סיכום ביניים והשוואה עם המציאות הנוכחית

מהמחקרים שהובאו לעיל אין ספק היום שמי הביוב ובוצת הביוב פוגעים בפוריות של דגים, בעלי חיים וייתכן מאוד בבני אדם. לא הוכח שמי הביוב והבוצה גורמים ישירות לסירוס לגמרי אלא שהם פוגעים בתאי הזרע אצל הזכרים, בסיכוי להתעבר ובתדירותו אצל הנקבות, וגורמים למומים בוולדות. ברם גם אם לא יהיה כאן איסור תורה בדבר עד שלא יובהרו מה הן השפעות שימוש מי ביוב והבוצה על בני אדם ועל בע"ח א"א להסיק שמותר לגמרי ובלי בדיקת הנושא לעומק להשקות ולזבל במי ביוב ובבוצה ואולי מדובר כאן בספק איסור¹⁵. בנוסף לאיסור סירוס יש כאן כפי שהוכחנו לעיל ובמאמרנו הקודם ספק סכנתא ולחומרא כדברי חז"ל **בחולין (י.)**:

ש"מ חמירא סכנתא מאיסורא.

ההכרעה בנידון נתונה לפוסקי הדור שליט"א ואין להקל ראש בנתינת היתר הלכתי גורף ללא עיון ובדיקה מתאימה של ההשפעות הנ"ל. ישאל השואל לאור המצב הנ"ל האם אין פתרון לבעיית מי הביוב ברוח התורה וההלכה? לשם כך ננסה להבין טוב יותר את ציווי הקב"ה בתורה בהקשר לביוב. הציווי מתבטא בפרשת כי תצא בנוגע לקדושת המחנה בשתי מצוות (ספר החינוך תקסז-ז):

1. קביעת אתר לסילוק הביוב מחוץ למחנה.
2. קבירת הביוב מתחת לפני הקרקע.

¹⁴ עיין בבית שמואל על השו"ע סק"יג

¹⁵ עיין שו"ת הר צבי יו"ד סימן כג שדן על זריקות שמזריקים בגופם של התרנגולים סם המסרס כדי לפטמם שעד שלא מבררים בדיוק מה גורם הסם על אברי הרבייה של התרנגולים יש כאן ספק דאורייתא.

כשחפשנו פתרון לבעיית הביוב ברוח התורה וההלכה התברר שסילוק הביוב לנגב הדרומי והשקיית יערות עצי סרק באופן תת-קרקעי מקיים את רוח המצוות במלואן. בפרק הבא נציג תכנית חלופית לפתרון בעיות הביוב של מדינת ישראל ברוח התורה וההלכה.

פרק 9.1.3: פתרון בעיית הביוב לאור ההלכה

בפרק זה נציג תכנית חלופית לפתרון בעיות הביוב של מדינת ישראל לאור התורה וההלכה ונסביר איך תכנית זו עומדת בדרישות אלו. התכנית החלופית נקראת 'יערות פארן'.

9.1.3.1 תכנית יערות פארן לפתרון בעיות הביוב במדינת ישראל

נפח מי הקולחין העתידי במדינת ישראל יגיע לכ-500 מלמ"ק מים לשנה. זהו כרבע מכמות המים המסופקת במדינת ישראל כיום. תכנית יערות פארן היא אחת מהחלופות העתידיות המדברת על הזרמת כל מי הקולחין הללו, לאחר טיפול מתאים, לנגב להשקיית כמיליון דונם יערות (בעיקר עצי איקליפטוסים). המוטיבציה העיקרית בחלופה זו היא מתן פתרון יסודי לבעיות הזיהום הסביבתי, והחששות לפגיעה בבריאות הציבור ופוריותו כתוצאה מחדירת מי ביוב ומי קולחין למי השתייה והמזון בארץ. בחלופה זו (השקיית יערות בנגב) תמוזער סכנת בריאות הציבור וסכנת הזיהום הסביבתי הן של הקרקע, הן של מי התהום והן של מצרכי המזון. החקלאים יפוצו ע"י הפניית מי ים מותפלים בכמות זהה למי הקולחין שיילקחו מהם. סכנת הזיהום ממי ים מותפלים קטנה פי כמה מזו של מי קולחין. כדי למזער את סכנת הזיהום הסביבתי פותחה שיטת השקייה ייחודית תת קרקעית עמוקה (2-3 מ') המנצלת את עקרון הזרימות הלא רוויות. מערכת ההשקייה תוטמן עמוק בקרקע (2-3 מ') כך שפני הקרקע לא יזוהמו במי קולחין. לכן יוכלו יערות אלו להיפתח לנופשים, מטיילים ותיירים. תכנית זו תאפשר גם פיתוח התיישבותי של חבל פארן שהוא שומם כיום. באיור 1 נראה גוש היערות המתוכנן בחבל פארן שכולו יושקה תת קרקעית במי קולחין. כמו כן מוקמו 18 יישובים חדשים בעלי שמות זמניים ועיר מחוז 'עלה נעלה' כקריאתו של כלב בן יפונה ע"ה. המעגל שהחל בחטא המרגלים במדבר פארן ביציאת מצרים ייסגר חלקית ע"י ישובו של חבל פארן בתכנית המוצעת.

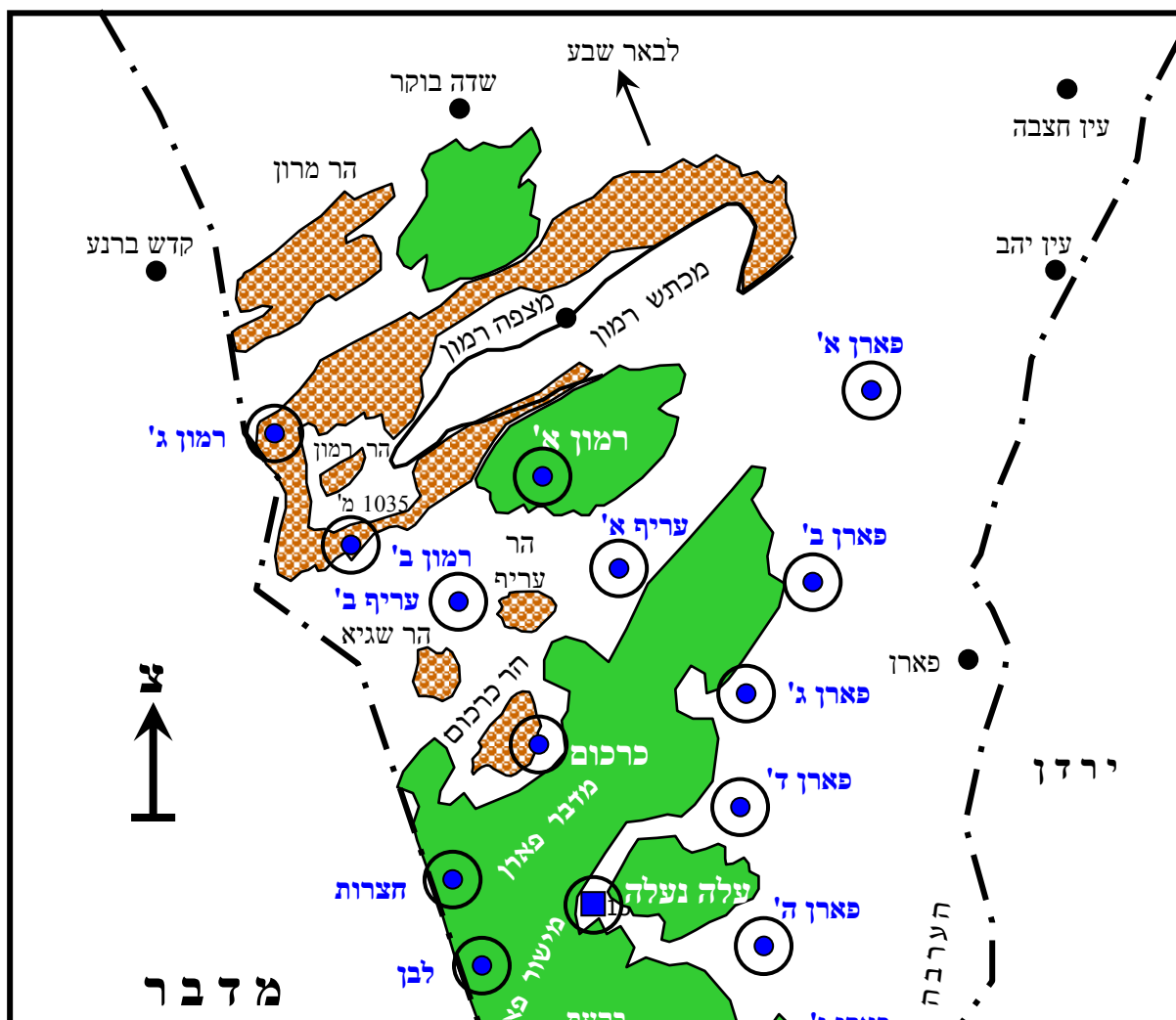
9.1.3.2 פתרון בעיית הביוב העונה לכללים ההלכתיים

הראינו במאמר זה ובקודמו ('הרהורי הלכה' תחומין כח' תשס"ח) כי השימוש במי ביוב בישראל מעלה חשש לסכנת נפשות וגורם לבעיות הלכתיות הקשורות לאיסור סירוס, לאיסור 'לא תשקצו' ולקדושת המחנה.

ניתן לארגן את משק המים של מדינת ישראל כך שכל המצוות הללו יקוימו, ובתוספת יפותח ויאוכלס חבל פארן בנגב. התכנית כוללת מרכיבים אלו:

- א. המשך הפניית מי ביוב מטופלים (קולחין) לחקלאות אולם אך ורק במרכז ודרום הנגב ואך ורק להשקיית עצי יער שיש להם ערך כלכלי.
 - ב. במקביל סילוק כל מי הקולחין (ביוב מטופל) מהחקלאות, והפסקת זיבול בבוצת ביוב.
 - ג. פיצוי לחקלאים ע"י הזרמת מי ים מותפלים במקום מי הקולחין הללו.
- נראה כי כל מצוות והנחיות התורה מתקיימות בתכנית זו.
1. סכנת נפשות הקיימת כיום בשל השקיית גידולי מאכל במי קולחין וזיבול שדות בבוצה – סכנה זו מתבטלת כי בתכנית המוצעת יושקו רק עצי יער סרק שאינם מיועדים לאכילה. כמו כן שימוש בהשקיה תת קרקעית מונע סיכון של שתיית מי קולחין מטפפות, ומקטין מאוד את החלחול של מי הקולחין משדות מושקים למי תהום שהם מקור מי שתייה חשוב בישראל.
 2. פגיעה בפוריות הקיימת היום כנראה עקב אכילת מזון שהושקה במי קולחין או זיבול בבוצת ביוב

- תעלם כי מי הקולחין יופנו להשקיית עצי סרק בנגב.
3. מצוות 'לא תשקצו' תקיים במלואה כי לא ייאכל יותר בישראל מזון שהושקה במי קולחין או זובל בבוצת ביוב.
 4. מצוות והיה מחנך קדוש תקיים בשני מובנים:
 - הקצאת שטח מסוים במדבר פארן בנגב להשקיית יערות בקולחין.
 - קבירת כל צנרת ההשקיה עמוק (2-3 מ') בתוך האדמה.
- בנוסף לקיום כל המצוות הקשורות לביוב מאפשרת התכנית המוצעת גם התיישבות נרחבת בחבל פארן בדרום הנגב שהוא היום שומם. על ידי כך תקיים מצוות ישוב ארץ ישראל במדבר פארן. נקווה שע"י תכנית זו ייסגר המעגל של חטא המרגלים שהתרחש במדבר פארן לפני כ-3300 שנה ע"י יישובו המואץ של חבל פארן בע"ה



פרק 9.2. ממצאים ביחס למי השפד"ן.

תכנונו הקמתו וקיומו של השפד"ן ניזון מאינטרסים של פרטים ושל ארגונים. בין שאר ההכרזות המנופחות הייתה זו שטוענת שאפשר לשתות את המים אחרי תהליך הסינון בחולות הדיונות שליד ראשון לציון. אין כל ספק שאפשר לשתות אבל מי אמר שמותר לשתות או שמומלץ לשתות? פרופ' דן זסלבסקי ופרופ' רפי מוקדי שנפל במלחמת ששת הימים עשו עבודות מחקר בשנות השישים על השפעות שיש לחולות דיונות על המים המחלחלים דרכם. אין ספק שבזרימות איטיות של כמויות מים לא גדולות ולעומקים גדולים ישנה השפעה של חילוף יונים על תכולת המומסים במים. אולם בזרימה ממושכת ולעומקים לא גדולים מאוד החול איננו מהוו עיכוב או סינון ברמה הכימית. מתברר שאפילו בר בקרקעות חרסית דקות חלק גדול של הגורמים המזיקים נעים עם המים המחלחלים מלמעלה עד לפני מי התהום ונושאים איתם מחבר גדול וכמויות גדולות של מומסים מזיקים. לא כל שכן כך הדבר לאחר סינון מי השפדן לעומק של מטרים ספורים וכבמשך עשרות שנים. בשיחה בע"פ נמסר לי בפרוש מפי משהו בכיר במערכת המים שבדיקות לארונה מוכיחות את ההערכה הזו. מי השפדן לאחר סינון החול מזיקים ביותר. יש להביא זאת לתשומת ליבם של אלה שעדיין מנסים להמעיט בביקורת ומתחמקים מכל עשייה. רק ערך הקרקע שנתפשה על ידי השפד"ן יכול לממן יותר מפעם אחת את המיתקן להתפלת המים והבאתם לאיכות מי שתייה. ניסיון להביא לידי כך בתוספת כל מיני תועלות אחרות חשובות לתכנון העירוני אזורי נתקלו ביחס מושחת של בעלי עניין בייעוץ המקצועי. נשתדל להביא בהקדם נתונים כמותיים על איכות מי השפד"ן.

פרק 9.3. תקצירים של כנס " איך לא חשבנו על זה קודם?" דצמבר

2008, ארגון עובדי המים



ארגון עובדי המים

אגודה חקלאית שיתופית בע"מ

יום עיון מקצועי בנושא:

"א'ק לא חשבנו על זה קודם?"



שימוש בתרופות ומרכיבים אורגניים נוספים שהתגלו במקורות מים כסמנים

לפעילות אנטרופוגנית

אירנה פנקרטוב, שרה אלחנני, גיא גסר ועובדיה לב,

רשות המים.

בשנים האחרונות נערכו בעולם סקרים לאיתור מיקרו-מזהמים אורגניים הנמצאים בריכוזי קורט במקורות מים עיליים אליהם נקווים שפכים ובמערכות האספקה לשתייה. בסקר שנערך בארה"ב, נתגלו חומרים תרופתיים רבים הכוללים תכשירי אנטיביוטיקה למיניהם, תרופות הרגעה, תרופות נוגדות דיכאון והורמוני מין בכ-50% ממקורות המים שנבדקו, המספקים מי שתייה לאוכלוסיה של כ-41 מיליון אמריקאים.

בבדיקות שערכנו לברור איכות הקולחים בשפד"ן לפני החדרתם במערכת SAT ובמערכות ההשבה, נתגלו חומרים תרופתיים כגון קרבמזפין, מיני אנטיביוטיקה, קפאין, חומרים לאבחוני רנטגן, מונעי בעירה ומוצרי טיפוח קוסמטיים.

נמצא שקפאין יכול לשמש כסמן מצוין לזיהוי מרכיבים זיהום ממקור אנטרופוגני ואילו התרופה קרבמזפין (תרופה נוגדת התכווצויות שאינה מורחקת בתהליך הטיפול בקולחים) נמצאה ככלי יעיל לכמת את מרכיב הקולחים המגיע לקידוחי מי שתייה.

קביעת מתכונת הניטור הביולוגי-כימי במאגרי קולחים

ד"ר עמי נשרי

המעבדה לחקר הכינרת/חיא"ל

nishri_9@netvision.net.il

מטרת פרויקט זה היא קביעת מתכונת הניטור המומלצת לניטור מאגרי קולחים המשמשים להשקיה חקלאית. הסטנדרטים לאיכות מי הקולחים הוגדרו על ידי ועדת ענבר, אולם מתכונת הניטור, על פיה נקבעת איכות מי הקולחים, מוגדרת ביציאה מהמט"ש ולא במאגרים. מטרת העבודה הנוכחית היא להגדיר את המתכונת הרצויה, דהיינו קביעת תדירות הדיגום, מספר התחנות הנדגמות בכל מאגר ועומק הדגימה הרצויים. זאת מתוך הבנה של מהות השינויים העונתיים והמרחביים שמתקיימים במאגרים. במסגרת עבודה זו נחקרו 4 מאגרי קולחים בעלי מאפיינים פיזיקליים שונים אשר ניזונים ע"י קולחים באיכות שונה. כל המאגרים, ללא יוצא מהכלל, מתאפיינים בדגם יממתי ועונתי טיפוסי לאגמים איאוטרופיים שעשירים בחמרי הזנה, ובפריחות תקופתיות של אצות בעונות החמות יותר, כמו גם מחזור ביולוגי יממתי אופייני של פוטוסינתזה דומיננטית בשעות האור ונשימה בחושך. דגם זה הוא בעל השפעה מכרעת על איכות הקולחים לצורך שימושם בהשקיה חקלאית מכיוון שהוא מכתוב את ריכוזי החלקיקים האורגניים הפריקים ואת ריכוז חמרי ההזנה המומסים. כמו כן עצמת הפעילות הביולוגית יחד עם פוטנציאל הערבוב האנכי של מי המאגר קובעים את איכות הקולחים בשכבות העמוקות של המאגרים. פרופילים אנכיים של ריכוזי חמצן ורמת הגבה מצביעים על בעיות צפויה בתכנון מאגרים עמוקים בגלל מגבלות בקצבי פירוק של חמרים אורגניים. אחת מההמלצות המרכזיות של עבודה זו היא שיש לשקול האם יש טעם וצורך בבדיקות ריכוזי BOD במאגרי קולחים.

מבט בוחן בנושא זיהום קרקעות בישראל

ד"ר חני עבדת

מדור איכת מים, קרקעות מזוהמות והדרכה

ארגון עובדי המים

hanio@iwwa.co.il

חיידקים בסלט או סלט של פתוגנים - תובנות חדשות בתחום מחלות זיהומיות

שעוברות לאדם מתוצרת חקלאית טרייה

פרופ' ח' סימה ירון

הפקולטה להנדסת ביוטכנולוגיה ומזון ומכון גרנד לחקר המים

טכניון, חיפה

simay@tx.technion.ac.il

עד לאחרונה רווחה הסברה כי חיידקים גורמי מחלות מעיים זיהומיות מגיעים למזוננו ממקור חי או כתוצאה מזיהום משני בתהליך עיבוד המזון. כיום ברור כי גם תוצרת חקלאית טרייה (ירקות, פירות, ירקות עליים, וצמחי תבלין) עלולה לגרום להתפרצויות רחבות היקף של הרעלות מזון הגורמות לאשפוזים ואף למוות של חולים. השנה למשל, גרם בזליקום שגודל בישראל להתפרצות של מחלת הסלמונלוזיס בקרב עשרות חולים ברחבי אירופה, התפרצות שפגעה מאוד במוניטין של התוצרת החקלאית הטרייה שמקורה מישראל. בניסיון להקטין את המטען המיקרוביאלי מירקות ומפירות נהוג לשטוף אותם במים המכילים חומרי חיטוי. אולם המסקנה הרווחת היום בקרב מדענים היא כי לא נמצא עדיין חומר בטוח לשימוש לצורך חיטוי מזונות, שיוריד באופן משמעותי את הזיהום מבלי לפגוע באיכות המוצר. ישנן שתי סיבות אפשריות לעמידות של חיידקים על פני הירק: החיידק חודר לאזורים פנימיים בצמח, ובכך מגן על עצמו מפני הסביבה, או שהחיידק שנצמד לירק יוצר רובד ביולוגי (ביופילם) שמגן עליו מפני הכימיקלים. המזון הצמחי עלול להזדהם בחיידקים מסוכנים לאדם או בחיידקים גורמי קלקול בכל שלבי היצור מן השדה ועד לצלחת, כאשר מים מזוהמים עלולים להיות מקור הזיהום בכל אחד מן השלבים הללו. מסתבר, כי השקיה של חלק מירקות העלים כמו פטרוזיליה או חסה במים מזוהמים, גם כשהיא מתבצעת בטפטוף, ללא מגע ישיר עם העלים, מהווה סיכון, משום שהחיידקים מסוגלים לעבור מהמים דרך האדמה לצמח, ולשרוד באדמה ובצמח לאורך זמן. מתוך האמור לעיל, עולה המסקנה כי האיכות המיקרוביאלית של מי ההשקיה היא בעלת חשיבות רבה מאוד בשמירה על בטיחות המוצר הצמחי, איכותו, ואורך חיי המדף שלו, ובהגנה על בריאות הציבור.

טיפולם מתקדמים בשפכים: תהליכי חמצון מתקדמים

ד"ר' הדס ממון, בית הספר להנדסה מכנית,

הפקולטה להנדסה

אוניברסיטת תל אביב.

hadasmg@post.tau.ac.il

זיהומים כימיים ממקורות תרופתיים במים נובעים ממקורות מגוונים הכוללים מתקני ייצור כימיים, מתקנים רפואיים כמו בתי חולים ודרך צרכני התרופות כלומר צמחים, חיות ובני אדם. לרוב הכימיקלים אין תקנים ובנוסף לא ברור גם השפעתם על הבריאות והסביבה. בסופו של דבר, חלק מהשפכים הנוצרים ממקורות אלו יגיעו למכון טיהור שפכים, ויטופלו. חלקית או כלל לא בהתאם לסוג הכימיקל והטיפול במכון. מחקרים באירופה ובארצות הברית מצאו שאריות של חומרים ממקורות תרופתיים במקורות המים העיליים ובמי התהום. ההרצאה הנוכחית תעסוק בטכנולוגיות לטיפול במזהמים, ובפרט ההרצאה תתמקד בפוטנציאל ישירה של המזהמים ע"י קרינה אולטרה סגולה ובחמצון של המזהמים בעזרת רדיקלים חופשיים מסוג רדיקלי הידרוקסיל, עבור זיהומים שונים.

מזהמים אורגניים יציבים (Persistent Organic Pollutants) במי שתייה,

בקולחים ובנחלים

ד"ר' אהרון דותן,

מכללת בית ברל

כימיקלים תעשייתיים רבים מיוצרים במיוחד כך שיהיו יציבים כימית, יתפקדו במשך זמן ממושך ולא יתפרקו בסביבה. תכונות אלה הן בדיוק הסיבה לבעייתיות הסביבתית שלהם. מתברר, כי רבים מחומרים אלה הם בעלי השפעות ביולוגיות חמורות ועלולים להיות רעילים לאורגניזמים שונים וגם לאדם. סיכון מיוחד קיים לגבי חומרים מסרטנים משום שאין לגביהם "סף בטוח" והם עלולים לפגוע גם בריכוזים קטנים וכעבור עשרות שנים ממועד החשיפה. אקוויפרים בישראל נמצאים בקרבת שטחים חקלאיים וריכוזי אוכלוסיה והם חשופים לזיהום של כימיקלים תעשייתיים וקוטלי מזיקים חקלאיים. במקרים רבים מי התהום שלנו מזהמים עשרות שנים לאחר שהזיהום נפסק. ללא טיפול יעיל בקרקע ובמים נראה כי גם בעוד זמן רב לא נוכל להשתמש במקורות מים רבים. במצגת יפורטו מקרים של מזהמים אורגניים יציבים ויוצגו דרכים לממשק יעיל שעשוי למזער את הסיכונים לבריאות הציבור והסביבה.

פרק 10. עלויות המים ונתונים אחרים להחלטת עקרוניות

10.1 הסתגלות המערכת למחירי המים – סקרים ישנים.

- לפי סקר וניתוח במחיר של 35 סנט לקוב החקלאות יכלה לצרוך כבר ב - 1993 802 מיליון קוב לשנה מתוך 1066 או 75% מהגידולים המושקים. באותה שנה, במחיר 75 סנט לקוב יכולה הייתה החקלאות לצרוך רק 268 מיליון קוב, כ - 25% מהחקלאות של הגידולים המושקים. אבל ההערכה לשנת 2020 היא שהחקלאות תהיה מסוגלת לצרוך במחיר של 75 סנט לקוב 788 מיליון קוב, שהם כ - 75% מהמים השפירים שעמדו לרשותם ב - 1993.

- עלות התפלת מי ים היום תהיה ככל הנראה פחות מ - 70 סנט (לפני עליה נוספת של מחירי החשמל שהיא כמעט בלתי נימנעת) ואם ניגש ברצינות לממש מפעלי הדגמה של שתי טכנולוגיות ישראליות ישנה הסתברות גבוהה ביותר ואולי ודאות שהעלות תרד מתחת ל - 40-45 סנט לקוב (בתקופה האחרונה הוכח שהמחיר ירד אל מיתחת ל-25 סנט לקוב כאשר ערכנו אופטימיזציה לכמות מים נתונה) ראוי להזכיר שההתפלה בעזרת אוסמוזה הפוכה במפעל הגדול באשקלון עלותו מעט מעל 50 סנט לקוב לפני ירדת הערך של הדולר. אבל עליית המחירים של החשמל תגרום לעליית העלות ב-4 סנט לקוב עבור כל עליית מחיר החשמל בסנט אחד. החשש הממשי הוא לעלייה של אפילו חמישה סנט. או 20 סנט ישנים לקוב מים. (לאחרונה היצעו להתקין תאים פוטוולטאיים במחיר של 57 סנט לקו"ש והפרוש לפי אגף התקציבים יהיה 2.5 דולר לקוב מים מותפלים) (כנד זה הצעה לטכנולוגיה חדשה נבחנה בשלושה מחזורים של ניסויים ונימצא שאפשר יהיה לרדת לעלות התפלה של מי ים בעשירית המחיר או כ 6 סנט לקוב **בנציבות המים דחו את ההצעה ככרוכה**

בניגוד אינטרסים)

- לפני שהאוצר מוכן לחסל את החקלאות כדאי לבחון מחדש מה המשק החקלאי יכול לשלם ולתת הזדמנות נדיבה ומהירה לטכנולוגיות החדשות שהוזכרו לעיל. להפקה ממי ים ולהפקה ממי קולחים. בחשבון ראוי גם להוסיף את הערך של אמינות אספקת המים. נראה ש - 100% של החקלאות תוכל לצרוך מי ים מותפלים ואף תוכל להיות מוכפלת במדינת ישראל והכול במים שפירים. **אם ההשקיה מקולחים תימשך כמו עכשיו החקלאות תחוסל ומחיר המים יעלה לערכים גבוהים ביותר!!!**

- ישנן כמיות של קרוב ל - 200 מיליון קוב של מים מליחים שלא מנוצלות היום שמחייבות התפלה זולה מאוד שאיננה מגיעה אפילו ל - 30 סנט לקוב..והעלות עוד עשויה להיות קטנה הרבה יותר..הרומן של חוקרים שונים על השקיה במים מליחים מוטב שייפסק!!!

לפיכך כל הרעיון שהעלאה של מחירי המים למחירי הצל במערכת כלכלית פשטנית תקטין די הצורך את השימוש במים הוא מצוץ מהאצבע, מה גם שגם אם נוריד לפחות מחצית המים השפירים בחקלאות היום, לא יהיה בכך די לפתור את הבעיה של התגברות על תקופות בצורת.מחד ועל קושי הרבה יותר גדול האגו של נערי האוצר. אני יודע מה הפיתרון לבעיות המחסור במים. זהו שילוב של שלושה דברים.

- 1) הפסקת הזיהום והרס מקורות המים
 - 2) שיקום חלקים שהושחתו והגדלה של היקף קליטת מי גשם והגדלת נפח האופרטיבי לנים.
 - 3) התפלה לכיסוי דרישת המים הממוצעת ונפח נוסף של כושר ייצור למצבי מחסור.
- אין לי צל צילו של ספק שלא תהיה הגבלה של החקלאות בגלל מחיר מים גבוה מדי. אינני בטוח שאני יודע איך להתגבר על שני רכיבים קשים.

(1) כיצד מתגברים על אנשי אגף התקציבים שהם מלאי דעות קדומות, נוסחאות פרימיטיביות והתנשאות ואטימות.

(2) צורת התנהלות של הרשויות השונות הנוגעות למשק המים שמולידות תוצאות בלתי מתקבלות על הדעת שקשה להליט אם הן באות מחלם או מסדום.

10.2. האם יש הצדקה להרחבת השטח החקלאי?

השטח המעובד לנפש בישראל הוא פחות מ- 1/3 של הממוצע העולמי. החקלאות בארץ הוכיחה את עצמה מכל בחינה שהיא, זאת באספקה עצמית של תוצרת טרייה ושל מוצרים חקלאיים לתעשייה. החקלאות שימשה מקור לייצוא תוצרת חקלאית בהיקפים מכובדים. היא הובילה גם לפירות מישניים כגון טיפוח זנים ומכירת חומר צמחי, מוצרים תעשייתיים כמו ציוד של השקיה ובקרה. יש ייעוץ בין לאומי של מומחים ישראליים עם טיפוח יחסים בין לאומיים. החקלאות משמשת גם לביטחון לאומי באספקת מזון. גם אם האוצר מתייחס לנפח הכלכלי של החקלאות, זה איננו המדד היחידי בעולמנו וגם אם כן מדוע יש לזלזל בתוספת של אפילו אחוז או שניים בתוצר הלאומי?

10.3. כמה אפשר לסמוך על העוסקים בנושא המים.

לפי דברי השרה לאיכות הסביבה, כבר לפני 6-7 שנים 40% מהמים בישראל כבר לא היו ראויים לשתייה. אם יאמצו תקנים אירופאים לאיכות מים קרוב ל 80% מהמים באקוויפר החוף היו נחשבים כלא ראויים לשתייה. וההודאה הזו נעשתה כבר די מיזמן כאשר דליה איציק כיכבה שם.

כל הסבסוד למים איננו עולה היום על 1.7% מהתוצר החקלאי והתעשיות במעלה ובמורד. חלק גדול מאוד של סבסוד זה איננו מופנה אפילו לחקלאות. מכאן אפשר להבין את גודל האבסורד שברעיון לחסל חצי מהחקלאות בגלל מחיר מים. למעשה המים מהווים מקור הכנסה של מיסוי לאוצר ולרשויות המקומיות ולא הוצאה.

10.4. הוועדה למחירי המים מ-2003.

באפריל 2003 פורסמה עבודה יסודית ביותר – "דין וחשבון מסכם של הוועדה לעניין מחירי המים לחקלאות". הדו"ח הוגש למנכ"ל משרד ראש הממשלה. העבודה נערכה על ידי שלושה מומחים חשובים ביותר-פרופ. אלי פינרמן (יו"ר), ד"ר דוד מישאלי ומר יעקב גדיש ז"ל. הם הפעילו מספר ניכר של עוזרים שהכינו עבודות רקע שונות.

לא ניתן לקבל את כל מסקנות הוועדה בהגדרה מאחר שהם הגבילו את עצמם בהוראה למסגרת עקרונית שקבעה הממשלה. (למשל קביעה של מנת ברזל למים שפירים כדי 530 מיליון קוב לשנה, כמו המשך השקיה בקולחים עם מאגרי ביוב, לא לעסוק בשיקום מאגרי המים הטבעיים). כמו כן נשאר נושאים שאנשי הוועדה עצמם קבעו שראוי להוסיף וללמוד אותם. אולם לא מוכרת לי עבודה יותר יסודית בנושא זה וניתן להסיק שורה של מסקנות מכרעות ביחס לתכנית העתיד. אצטט כאן כמה עובדות חשובות:

- **סבסוד של מתקני קולחים.** היה קיים סבסוד של עד 60% בהשקעות הדרושות להקמת מיפעלי השבה של קולחין, כולל אגירתם והובלתם לראש השטח. לדעתי זהו כמובן ביזבז חמור ביותר, מה גם שצרכני המים משלמים תשלום כבד על הטיפול

בביוב. זוהי הוכחה להתנהלות לא ראויה, רמת תכנון נחותה ביותר ומערכת אינטרסים שאינה לטובת הציבור.

○ **למה גורמים מאגרי הביוב.** מאגרי הקצה של הביוב הם עתירי שטח – לאגירת מיליון

קוב של מי קולחין נדרשים כ 120 דונם. פרוש הדבר הוא בזבז שטח משווע ומיותר לחלוטין. פרוש הדבר עומק ממוצע של המים בערך 8 מטרים. ההתאדות ממי הקולחין תהיה על כן קרוב של 30% יותר מהערכת השמרנית של 20%. התאדות מיותרת היא הפסד המים האבסולוטי. זאת בניגוד לדליפת מים, למשל, שרק גורמים להוצאת יתר בשאיבה חוזרת של המים. הקמת מאגרי הביוב כפי שניתחתי היא מעשה פשע חמור ביותר. זאת השקעה מיותרת לגמרה בסדרי גודל של לא פחות מחצי דולר לקוב אגירה. ובעתיד זו הבטחת הפסד שנתי של מים בהתאדות כדי 150 מיליון קוב לשנה. יהיה גם צורך להשקיית יתר לשטיפת המלחים מבית השורשים.

○ הטמטום הזה מתחיל ממערך הטיהור של השפד"ן. מפעל השפד"ן כמו כל אלה שבאו אחריו לא מטהר את המים ממזהמים חמורים ביותר, מנזקים לחקלאות ולאספקטים המסחריים שלה, אבל קודם כל נזקים בריאותיים מעבר לכל שיעור לבני אדם. זה יחייב את צאצאנו להשקיע סכומי עתק לשיקום מקורות המים הטבעיים. אבל השפד"ן תופס שטחי ענק במרכז עירוני צפוף ביותר. חיסול המפעל המטומטם הזה על ידי התפלת הקולחים לאיכות מי שתייה והשימוש הישיר או החדרה למי תהום ללא נזק יכלו להיות משולמים כמה פעמים על ידי ערך הקרקע. היינו יכולים גם להימנע מהתדירות הגבוהה של פריצות מי קולחים במובלים ארוכים מאד ובעלי נפח הובלה מפחיד. זה מביא לזהום סביבתי חמור מדי פעם.

○ **תצפית על שינויים במצב החקלאות** "... הירידה החריפה בצריכת המים השפיריים)

עד לרמה של כ-520 מיליון מטרים קוביים לשנה בשנת 2002) ניתן להסביר בעיקר בעליה הריאלית במחירי המים ובירידה המתמשכת ברווחיותם של ענפי הצומח בחקלאות (הרעת תנאי הסחר). מנתוני משרד החקלאות ופיתוח הכפר וההתאחדות של חקלאי ישראל עולה כי בשנים 1991-2001 עלה מדד ייעול השימוש במים ב-20% והתפוקה החקלאית הצמחית עלתה בכ - 30%. ואולם מחירה הריאלי של התפוקה ירד באותה תקופה בכ-31% ובסך הכול פחת ערכו הריאלי של התוצר הצמחי בכ-10%. תנאי הסחר של החקלאות הצמחית הורעו בשנים האלה בשיעור של 30% והכנסות החקלאים פחתו מ-3.7 ל-1.7 מיליארד שקל לשנה. במקביל פחת מספר המועסקים העצמאיים בחקלאות ב 50% ומספר השכירים עלה ביותר מ 65%. יצוין כי בשנת 2001 בלבד נפלטו כ 20% מהחקלאים העצמאיים שהיו בענף בשנת 2000. גם אם הנתונים לוקים באי דיוק מסוים, הם מעידים ללא ספק על קושי הולך וגובר ביכולתם של החקלאים להתפרנס מחקלאות ומסבירים במידה רבה את הירידה המתמשכת בתצרוכת המים בחקלאות" אין צל של ספק שחלק מכריע בעזיבת החקלאים נובע מתקופות הבצורת והקיפוז העונתי בהקצאת המים. המחירים המנופחים למים שפירים וניצולם כמקור למיסים ועל ידי חברה בלתי יעילה בצורה קיצונית הם בניגוד גמור, למעשה היפוך כיוון ביחס למדינות רבות הרואות חובה נלהבת לסבסד חקלאות כדי למעלה ב-20%.

" היקף השטח הראוי לעיבוד בישראל הוא 4.1 מיליון דונם (כך מקובל להגיד). אלה מהווים כ 20% משטחו המדינה. (לדעתי אין כל הצדקה עניינית לקביעה זו) בשנת 2000 השטח המעובד היה כ 3.311 אלפי דונם, מתוכם 56.4% חקלאות שלחין 43.6% חקלאות בעל. היקף השטחים המוברים בשנת 2000 היה 693 אלפי דונם. כ 1.05 מיליון דונם שלחין שמושקים כיום במים שפירים ומליחים וכ 0.85 מיליון דונם מושקים כיום במי קולחים (שיש לי ביטחון שהם גורמים נזק שאינו פחות ממיליארדי דולרים בשנה וסופם הבטוח להביא חורבן סופי על החקלאות אבל לא אתפלא אם באגף התקציבים רואים בכך הישג).

" הפיריון בחקלאות גדל פי 2.5 בתקופה הנזכרת של 1980-2001. זאת בהשוואה לכ 1.3 בכלל המגזר העסקי."

"... תקציב התמיכות הממשלתיות במיגזר החקלאי, כאחוז מכלל היצור החקלאי, ירד מ 18.9% ב 1980 ל 5.9% בשנת 2001. לשם השוואה ברצות הברית ירדו התמיכות בחקלאות באותו פרק זמן מ 25% ל 22.5% בשנת 2001.

"ההוצאה עבור מים מהווה כיום כ 19% מערך התשומות הקנויות בחקלאות הצמחית וכ 9% ביחס לפדיון. נימצא שהרווח של החקלאי דומה מאוד בערכו לתשלום תמורת המים. נמצאו חקלאים שהעדיפו לקבל פיצויים מהמדינה על קיצוץ במים במקום להתאמץ לקבל את המים."

○ באיזה מחירי מים תוכל החקלאות לעמוד לטווח ארוך בשימוש במים השפירים? "נתונים אלה מעידים על כך שבתנאי הסחר הנוכחיים (2003) ביפניהם ניצב כיום המגזר החקלאי ניתן להניח כי מחיר המים האחיד בו יכלו הביקושים החקלאיים את מנת הברזל (לפי החלטת הממשלה משום מה 530 מלמ"ק לשנה) מצוי בטווח 1-0.95 שקל למטר קוב. יש להדגיש כי מדובר באומדן לא מדויק בגין כמה סיבות." ראוי עכשיו להדגיש ששיטה אחת חדישה להתפלה ניתן להתקין כבר היום בעלות שאינה עולה על 25 סנט. חשוב עוד להדגיש שאין כל ספק שלפחות איחת מתוך שתי שיטות נוספות בהן העיקרון הוכח מעבר לכל ספק יכלו להיות מנוצלים תוך עבודה של כשלוש שנים. שם העלות הצפויה לא תעלה על 10 סנט לקוב מים. יש לקבוע עוד הערה שלישית שללא ספק התכנית הנוכחית להתפלה תביא לעלות קוב מים פי ארבעה יותר גדול מהגבול האפשרי ואולי אף הרבה יותר. **במילים אחרות התכנית של רשות המים והחלטות הממשלה מובילות לאסון גם אם לא נמשך עם הרס מקורות המים הטבעיים!!!**

○ **חברת מקורות.** בהשוואה של מחיר מים מבאר ברמת הגולן מחברת מקורות ומחברת המים המקומית מי גולן העלות של המים ממקורות היה 260.5 אגורת לקוב. עלות המים מבאר שכנה של מי גולן הייתה 84.2 אגורות. (מובא בטבלה בדוח הוועדה בעמוד 46). עלי להוסיף לדוגמה) מקורות מתכננת קו מים חמישי לירושלים. אין אף צל של ספק ששם עלות המים תהיה לפחות פי חמישה יותר גדולה משיטות אחרות הניתנות ליישום מידי, כלומר עלות מים שאיננה פחותה מדולר וחצי לקוב. נקודה נוספת מעניינת היא שבפניה לחברת מקורות על שיתוף בעניין פיתוח או יישום של שיטת התפלה מהפכנית

שכבר עברה את המבחנים העיקריים, הם השיבו שאין להם עניין בנושא. נו, באמת הרי שם מדובר ב-25 סנט לקוב א שלושים. איך אפשר לשאת איום כזה? ולבסוף, בהרצאה של מנכ"ל מקורות הנוכחי הוא הצהיר בצורה ברורה שאינם רואים טעם בשיקום מקורות המים הטבעיים. **במילים אחרות הם רק מחפשים מגלומניה.**

○ **עוד התיחסויות של הדין וחשבון.** בדוח מזכרים עוד הרבה נושאים של אמינות האספקה, הטלת חובות עתידיים לתיקון המצב ועוד ועוד.

11. כמה בעיות מים עם השכנים

11.1 יהודה ושומרון

המצב הוא ששאיבת יתר קיימת באקוויפר ההר המערבי עוד לפני 1967 וכיום הוא בקנה מידה של אסון. בשנת 1998 שאיבת היתר הייתה 257 מיליון קוב. בשבע השנים האחרונות (משנת 2003 לאחור) שאיבת היתר הייתה בממוצע 85 מיליון קוב בשנה. זאת לעומת סך הכול ספיקה מתחדשת שאיננה עולה על 350 מיליון קוב. יש להפסיק כל שאיבת יתר באקוויפר ההר. המשך המצב הקיים יביא בוודאות לחיסול מאגר המים כלו, ומהר מאוד:

- **כל גידול של הצריכה הפלשתינית יגרע מהשימוש הישראלי קוב לקוב** - לפלשתינאים אין כל מקור מים חליפי לגידול הצריכה.

- **בשנות בצורת יעמדו הפלשתינאים בפני דחף חסר כיבוש לשאוב שאיבת יתר** וישנה סכנה כמעט וודאית שיחסלו את כל מקור המים על ידי פריצה של מי ים. מאחר ששאיבה בפינה אחת באקוויפר משפיעה די מהר על כולו, ההרס של מקור המים למדינת ישראל יהיה בלתי נימנע, אבל החלופות והביקורות יהיו בסופו של דבר נגד ישראל. הערבים גונבים מים זה מזה ומאיתנו. בכל תכנון של משק המים ובכל הסכם ושמירתו יש לקחת את זה בחשבון. לא כדאי להכריז מלחמה בגלל מים אבל אסור בשום אופן להרשות פריצות של הסכמים וכללי עבודה. אחת הדרכים היא ליצור תות בישראל.

- **האוכלוסייה ביהודה ושומרון מרווה את האקוויפר במי ביוב.** קשה להניח שבעיה זו תפחת במידה משמעות בשנים הקרובות. יש להניח גם שכל הנחלים הנשפכים לישראל יהיו מזוהמים.

מסקנות:

- כל הסכם חייב לקחת בחשבון תהליך למנוע שאיבת יתר ומקורות להגדלת ההספקה לפלשתינאים שלא על חשבון ישראל. (אני הבהרתי לרפאל איתן שגם אם ניתן להם את המים בחינם ולהימנע ממלחמה העניין כדאי . עם זאת אסור בשום אופן להרשות פגיעה במקורות המים, זיהום ושימוש בלתי צפוי.

- למרות זאת ישראל צריכה לצאת מהנחה שזה רק שאלה של זמן שתפסיד את מלא כמות המים של אקוויפר ההר. ניתן להבטיח את ההספקה השנתית של חלק האקוויפר המערבי על ידי מתקני התפלה והסעה בהשקעה של בערך 1.5 מיליארד דולר פרוסות על פני זמן.

- בכל מקרה יש להבטיח בהסכם חובת הפלשתינאים לטיפול בתהליכי הזיהום, ועם זאת להתכוון לכך שהם לא יקיימו אותו.

11.2. סוריה

הסכם עם סוריה המתיר להם לרדת עד קו המים או הסכם המתיר להם שימוש אפילו בחלק מהמים באגן הכינרת, יצור סכנות גדולות וממשיות מאד למשק המים הישראלי. ראוי אגב להזכיר שהסורים לחצו על ירדן לתרום להם 90 מיליון קוב מים לשנה מימי הירמוך על ידי בניית סכרים על יובליו. זאת למרות העובדה שכמות המים לנפש לשנה בסוריה היא פי כמה יותר גדולה מכמות המים לנפש לשנה בירדן. (יותר מפי ארבע) אבל דבר לא מנע מסוריה ללכוד במאגרים שבנתה מעל 200 מיליון קוב לשנה. תופעה זו איננה מקרה נדיר עדיין צריך להוכיח שסוריה שמרה על הסכם אחד ויחידי לא עם מדינת ישראל אלא עם אחיה המוסלמים. דבר זה הוא חלק מהותי של כללי המוסר וההתנהגות המוקנים על ידי הקוראן. תורכיה יהולכת ומיבשת את נהר הפרט ואת זה לא שאלה של זמן שסוריה תצא נפגעת ואחריה עיראק. למרות שפע המים בסוריה ביחס לישראל ולירדן היא פיתחה מדיניות מטורפת של גידול תבואה ויצוא תבואה ואין זה אלא שאילה שזמן שהמוני חקלאים יגורו בעוני ורעב סביב הערים. חלק גדול מהם יהיו כורדים ויהוו עוד סיבה למאבקים, הרג וחיפוש עילה זולה לפופולריות על ידי שינאת ישראל. סוריה רחוקה ביותר מכל סיכוי לשלום עם ישראל וסכוי שתקיים הסכם כלשהו. זה דבר שמעולם לא קרה לה.

א. גם נטילה של כמות מים חלקית ומוסכמת מאגן הכינרת תגרום להמלחה משמעת של הכינרת עד כדי הפיכתה לבלתי שמישה.

מליחות במיליגרם כלור

כמות במיליוני מטרים קוביים שייטלו הסורים בהסכם

לליטר הצפוי בכינרת

294	100
341	150
407	200

ב. תפישת מקורות מים והטיה זו או אחרת תוך אי קיום ההסכם יכולה להגיע לגריעה של

520 מיליון קוב מים לשנה ממשק המים הישראלי. היסטוריה של ההתנהגות הסורית בעבר עם כל

שכנותיה הופכת תסריט זה לאפשרי מאד. האלטרנטיבה תהיה הכרזת מלחמה, דבר שאיננו נראה אפשרי מצד ישראל.

ג. זיהום הכינרת כתוצאה מיישוב צפוף ברמת הגולן הוא תהליך כמעט בלתי נמנע. זאת אם

הסורים ימלאו את תכניתם ליישב חצי מיליון בני אדם בגולן. בינתיים אנו דואגים להתחיל את התהליך הזה.

ד. אפשרות לפיגוע עוין במים של הכינרת גם הוא תסריט אפשרי מאד וסיכון שספק אם

לישראל מותר לקחת.

ה. חשוב להדגיש שצריך להשתדל להימנע ממלחמה על מים. אבל אין בכך בשום אופן המלצה על וויתורים. אבל כן אפשר בצד עמידה אמיצה ואיום בכוח להציע לשכנים מים שנייצר. אלה יהיו במחיר הרבה יותר נמוך ממלחמה. במילים אחרות, ההתייחסות שלנו לשכנים בענייני מים חייבת להיות עשויה משלושה רכיבים: עמידה תקיפה נגד כל ניסיון לגניבת מים; נכונות להציע מים לשימושם בתנאים נוחים להם; ולבסוף ידיעה שהמוסר הבסיסי של השכנים המוכתב אצלם מגן הילדים ואילך הוא שיושר ועמידה בהתחייבות אינם כלולים במערכת הערכים שלהם. להיפך, יש לקחת דוגמה מהנביא שלהם שהתגאה בנוכחות, תאוות בצע ורצח באופן מיוחד נגד היהודים..

11.3 מים מתורכיה

כל זמן מה קם מישור וחוזר וממליץ על יבוא מים מתורכיה ומצביע על אחד ממקורות המים שם שניתן ליטול ממנו מים. בכל מיקרה כזה יש לבחון כמה דברים:

א. התפלהת מי ים שהולכת וזולה מקטינה את הכדאיות להביא מים מרחוק אפילו בגבולות הארץ. מחיר הובלה בצינור הוא בסדר גודל של עשירית סנט לקוב לקילומטר. נימצא שהובלה למרחק של 200 קילומטר כמוהו כתוספת של 20 סנט לקוב. כבר היום יש בידנו להתפיל מים ב25 סנט לקוב בשילוב עם הטכנולוגיה של "ארובות שרב". שיטה חדשה במחקר שעקרונותיה כבר הוכחו, מצביעה על סיכוי שהעלות תרד ל5 סנט ולכל היותר 10. זה הופך כל הובלת מים ממרחק בתוספת תשלום עבור המים לפעולה חסרת כל היגיון.

ב. תורכיה היא מדינה שאסור לסמוך עליה. אבל חמור מכך, היא נימצאת במאבק עם סוריה ועירק על מגזילת כמות אדירה של מים מהם וסיכוי לא מבוטל למילחמות וטרור הדדי ללא גבולות. אל לנו להיות חלק מזה. גם לנו אין לסמוך על תורכיה. התלות בה היא דבר מסוכן (את אלה כתבתי שנים לפני הארועים שקרו לאחרונה במאי ויוני 2010)

ג. בעבר לא הצלחנו למצוא מים מתורכיה שמחירים יהיה בחוף התורכי יותר נמוך ממי ים מותפלים בתל אביב.

12. כמה מחקרים על תופעות בצורת.

בחלק העיקרי של החוברת הבאנו דיון שפקפק מאד בכל הלהג על שינויי האקלים, כביכול בגלל גזי חממה שמוצאם בשריפת דלקים פוסיליים והתפרקות חומרים אורגניים שמוצאם בעלי חיים ופסולות. ספק יותר גדול הולך ומתברר ביחס לפרוטוקול קיוטו כאמצעי אמיתי לפתרון כלשהו.

מעניין בין השאר להוסיף וללמוד מה שמובא בשני כרכים הנקראים: DROUGHT-AGLOBAL ASSESSMENT הוצאת ROUTLEDGE עריכה על ידי DONALD A. WHITE. הספרים יצאו לאור בשנת 2000. בכרך הראשון ובחלקים I ו II מובא סקר סיבות לבצורות וחיזוי מראש לבצורות. מופיעות בחלק זה הרבה עובדות בעלות עניין רב וחשיבות רבה. נסתפק בכמה מהן שפוקחות עיניים.

א. רואים מחזורים של השתנות הגשם על פני 100 שנה, ועל פני 500 שנה מבלי לראות נטייה מונוטונית שאפשר לפרש כשינוי האקלים.

ב. אנו קוראים על קורלציה גבוהה באופן יחסי בין כמות הגשמים בעונה מסוימת ובין הטמפרטורה של הים, למשל במפרץ מקסיקו באוסטרליה בסין ובמקומות אחרים. חלק מהתצפיות נמשכות מאות בשנים. הקורלצי מגיעה לאמינות סטטיסטית בסביבות 0.7 וטובה בעיקר לטווח של שנה אחת ובמידה מעטה בהרבה לשנה שנייה.

תצפיות אלה מזכירות את עבודתו החשובה ביותר של ד"ר גד אסף מתחילת שנות השמונים שמצא קורלציה קרובה ל60% בין טמפרטורה בתחילת הסתיו (במצב שאפשר להגדיר בדיוק) ובין כמות הגשם בחורף שעוקב אחריה. גד אסף וחבריו מצאו גם שישנה קורלציה מעל 90% בין הפרש הטמפרטורה של הים והאוויר הקר הנושב מעליו. לתצפיות אלה ישנו הסבר פיזיקלי די ברור.

אבל התצפיות של גד אסף מעלות מחשבות מעניינות שעשויות להיות בעלות חשיבות רבה.

א. ייתכן שארוע שבו הרבה אוויר קר נושב מעל הים ומוריד הרבה גשם גורם להתקררות הים וצריכות לעבור שנתיים או שלוש עד שיחזור לטמפרטורה גבוהה יותר כדי לספק יותר גשם.

ב. יתכן שיש מחזוריות מסויימת בתהליך של ערבוב מי הים והרעיון של גד לערבב את הים הוא בכל מיקרה חכם מאד.

ג. ויתכן גם שיש מחזוריות מסוימת במידת הקור של האוויר הנושב מעל לים. ובכן, לתלות את הבצורות בשינויי אקלים מונוטוניים נישמע ממש אווילי. מה שבטוח הוא שהפיתרון איננו מצוי בהקטנת הפליטה של גזי חממה. אלה בשום אופן לא ימנעו את הניודים הקיצוניים בכמויות הגשם. הרעיון של גד אסף לערבב את הים כדי ללכוד יותר חום של השמש נימצא כרעיון מושך מאד, בעיקר בימים או מפרצי ים מוגדרים כמו הקצה המזרחי של הים התיכון. אבל איזה סיכוי יש לכל אלה כאשר אלה המקבלים החלטות לא טורחים לקרוא וללמוד וכאשר תקציבי המחקרים הם עלובים ביותר וכאשר בוועדות המחקר הם במפורש בעלי ניגוד אינטרסים עם החוקרים. ישנם עוד קשיים כבדים מאד שהופכים את הקידמה ככמעט בלתי אפשרית ובמיוחד כשר מדובר על פרויקט המחייב סכומים די גדולים לצורך הלמת הפיתוח וכאשר רוב המחקרים מעלים גירה ועוסקים בנושאים שכבר התישנו מזמן (כך אמרו לי חוקרים בולטים ש נואשו מהמערכת).

13. כמה הערות ביחס לוועדת החקירה הממלכתית למש המים.

הוועדה מונתה על ידי בית המשפט העליון ב 28 ליוני 2008 והגישה את הדין וחשבון בן כ 500 עמודים במרץ 2010. הדוח הוגש לוועדת הכנסת לביקורת המדינה ולמבקר המדינה לקראת מאי 2010. בין שלושת חברי הוועדה לא היה אחד שהוא בעל רקע הנדסי עם נסיון כל שהו בתכנון ובניה והתמחות בתחום המים. אבל הוועדה ריאנה למעלה ממאה עדים וסקרה חומר רב מאד והסיקה מסקנות קשות מאוד בשורה של תחומים. אין להטיל ספק שהמצב הוא ממש שבלתי ניסבל ותוצאת ההתנהלות היא הוצאות שנראות ענקיות וללא כל ביטחון שהן הכרחיות, חילוקי דעות קיצוניים ביחס למה צריך חששות, סחבת בלתי נסבלת בהחלטות בעשיה, וכשל מוחלט בשמירה על החקלאות והתמודדות עם שנות בצורת. אבל ביחס לכל התוצאות המבוטאות בדין וחשבון יש לי שלש הערות עיקריות.:

1. הוועדה החליטה באופן עקרוני לא לעסוק בהטלת אחריות אישית על אף אחד.
2. ניכרת מאד החולשה שלהם בצד הטכני התכנוני והניהולי בדרך שיטתית ומתקדמת. העבודה המובאת לעיל מהווה דוגמה קשה ביותר (אבל רחוקה מלהיות שלימה) המראה כשל התנהלות מוחלט. ללא הכרה בתהליך זה, ניסיון להבין אותו ולהמליץ כיצד לתקנו אין אף זנב סיכוי לשינוי מועיל. מחובתי לאמור שזוהי בעייה כלל מדינית בישראל, בעייה שהיא מסכנת ממש את קיומנו. הקדשתי לכל אלה שני דינים וחשבונות רחבי היקף. האחד הוא בן כ 300 עמוד הדין בתהליכים שמביאים לכשל הניהולי. (כ 300 עמוד) הוא תוצאה של 60 שנות עבודה בהנדסה בכל הרמות בליווי של מחקר מדעי הוראה ויישום של חידושים בשדה העבודה. זוהי תוצאה של לימוד במקומות שהצליחו להתגבר על המכשלות הללו לפחות בחלק משמעי. העבודה השניה היא בדוח התלת שנתי של המועצה הלאומית למחקר ופיתוח. הוא יצא בשני כרכים, תקציר של כ 60 עמוד ועיקרי הדוח בכרך בן 500 עמוד. מבלי לרדת לנושאים אלה ולהבין במה כשלנו לא ניתן כלל להגיש המלצות רציונאליות בעלות סיכוי לשיפור.

3. לפיכך אין זה מקרה שהיו כמה ועדות חקירה לפני כן על משק המים וגם אלה כמעט לא הביאו כל שינוי בעל ערך רב. יכולתי כבר לשמוע בפרוש מפי שני חברי הוועדה הנוכחית מעיין ביקורת עצמית והערכה שלא יצא מכך דבר. אפשר לצפות כבר גם בוועדה שמונתה לטפל ממימוש המלצות וועדת החקירה. זוהי "נבחרת" של אנשים מרקע דומה ובעלי רקורד של הרס מהסוג שהתרחש במשק מים הם לא מבינים דבר או חצי דבר בתחום הנדון. הם מתקשים לשוחח ולהקשיב זה לזה. הם עסוקים במידה רבה בהבטחת השלב הבא בקריירה ויעמדו על אי

פגיעה בסמכותם ומשהו שיוכלו לקרוא בשמם. אותם האנשים מונו גם לוועדה שאמורה להביא תכנית למימוש החלופות לאנרגיות מתחדשות וכבר עברה חצי שנה והם אפילו לא נפגשו פעם אחת. וקשה לי לחכות ולראות מה יקרה שם.

מחובתי לציין שהכשל הניהולי הזה קורה לא רק אצלנו. אולם מצבנו הרבה פחות סלחני לשגיאות והזנחות. צר לי לאמור שבהרבה מדדים אנחנו בירידה עקבית, לא רק במשק המים. הדבר קורה בתלות של כמעט 100% בדלק קנוי בחוץ; חוסר יישום ריאלי של ייעול השימוש באנרגיה ; הזנחה גמורה של המצאות ישראליות ומכירתן במידע עדשים לכל קונה (להוציא אולי נושא וחצי. יש רידה ברמת החינוך. יש ירידה במו"פ עד לערכים מגוכחים; יש גם ירידה של מיטב אנשי המדע ; החינוך המיקצועי הוזנח כמעט לגמרה; ביטלו חלקים גדולים של שרותי בריאות הציבור ; הפריטו את תה"ל; סגרו את מיא"ם; הקטינו את שרות ההדשרכה החקלאית; והרשימה היא עוד ארוכה.

אבל די לקרוא את העיתון שבוע בודד כדי להיות נידהם מאופן קבלת ההחלטות; מקיום תכניות ארוכות טווח ; מהתדברות של חלקי הציבור ועוד.

אמר לי פעם יגאל כהן אורגד בציטוט מפרקי אבות את דבריו של רבי טרפון. " לא עליך המלאכה לגמור ואין אתה בן חורין ליבטל ממנה " אבל לא רלצ לעמוד בזה.