

חוות דעת בעניין :

התפלה בישראל – מבט אל העתיד בים

הוכן עבור קיבוץ לוחמי הגיטאות

כתב – עו"ד תומר מירז

ינואר 2016

תוכן עניינים

הפרק	הנושא	עמ'
פרק 1	תקציר מנהלים	3
פרק 2	רקע להתפלה ימית בעולם	6
פרק 3	רקע, תובנות ובדיקת קודמות בישראל להתפלה מהים	7
פרק 4	התייחסות למסקנות דו"ח לודן משנת 2008	10
פרק 5	מסמך העבודה על איים מלאכותיים מיולי 2013	11
פרק 6	דוגמאות לניסיון בהפעלת מתקני התפלה ימיים משמעותיים	12
פרק 7	מבט עכשווי ועתידי על התפלה בעולם – צרכים ופתרונות בים	14
פרק 8	היתרונות הנוספים להעדפת התפלה ימית על פני מתקנים יבשתיים	23
פרק 9	ניתוח מגבלות תכנון המים בישראל בראיית ההווה והעתיד	24
פרק 10	השוואה בין פתרון התפלה ימי ליבשתי במקרה מתקן התפלה בגליל מערבי (תמ"א 34/ב/2 אל מול התפלה מהים)	25
פרק 11	סיכום	27
	ביבליוגרפיה	28

1. **תקציר מנהלים:**

1.1. **הרקע ומטרת העבודה** – תמ"א 3/2/34 היא תמ"א מפורטת המכוונת להקמת מפעל התפלה בגליל המערבי. תהליך התכנון בדק עד כה לעומק אך ורק חלופות סטנדרטיות יבשתיות, מבלי לבחון חלופות אחרות כגון התפלה ימית, וזאת על אף מסמך בדיקה שנערך בשנת 2008 ע"י חב' לודן (שבו נדון בהמשך).

1.2. בתקציר זה נזכיר ונציין כי נימוקי רשות המים בנוגע להקמת מתקן התפלה בגליל המערבי הם: "בשלב זה נראה כי אין צורך בהקמת מתקן התפלה נוסף למי ים למשך העשור הקרוב, להוציא מתקן בגליל המערבי עקב בעיית איכות המים והקטנת המליחות של תשלובת הקישון. בנוסף, פועל האגף להרחבת לאיתור שטח להתפלה בגליל המערבי תמ"א 3/2/34¹, כלומר יעודו של מתקן ההתפלה הוא לפתור את בעיית איכות המים והקטנת המליחות של תשלובת הקישון. וזאת על מנת שהעמקים המשתמשים במים המושבים ממט"ש הקישון יושקו במים בעלי מליחות בעלת ערכים טובים לחקלאות מכל הסוגים. לאור זאת יש להבין כי המים הדרושים הם מים דלי מליחות למחוז חיפה, כמופיע במסקנות עבודת פרופ' יורם אבנימלך שבוצעה עבור קיבוץ לוחמי הגיטאות.² ולבעיה זו יש למצוא את פתרון ההתפלה במיקום מתאים באזור תעשייה קיים, או בפתרונות המוצעים בעבודה שלהלן, ולטובת יכולת טיפול עתידי גם ברמה הלאומית בבעיית איכות המים והקטנת מליחות.

1.3. תזכורת זו מלמדת כי **הבעיה היא במחוז ספציפי – מחוז חיפה רבתי**, והיא מליחות יתר בתוצרי המים לחקלאות ממט"ש הקישון המשפיעה על החקלאות בעמקים המוזנים ממנו (עמק זבולון, עמק יזרעאל ועמק חרוד), והפתרון התכנוני המקודם כיום להחלטה הוא בין חלופות מיקום **בלב הגליל המערבי** בשטחים חקלאיים של קיבוץ לוחמי הגיטאות ו/או רגבה. זה אינו פתרון ראוי, והוא גורר עימו בעיות רבות כפי שהוצג בהרחבה ע"י מומחים רבים למים ולהתפלה. וכדברי פרופ' אבנימלך בחוות דעתו: "מתקנים אלו שיוקמו כמוצע בשטחים חקלאיים יפגעו ביעוד הקרקע וישמשו כגרעין לתעשיות נוספות לידן, תוך פגיעה באיזור כפרי בעל ערכיות נופית וערכי טבע חשובים. בנוסף מדובר במתקנים המחייבים צנרת ארוכה למי ההזנה למתקן, לשחרור תמלחת לים (בקרב שמורות טבע ימיות) וכן צנרת ארוכה להולכת המים לאיזור הצריכה העיקרי, איזור הצריכה בחיפה רבתי" על כן פרופ' אבנימלך הגדיר את כותרת חוות הדעת שכתב³ כ"**בחינת אספקת מים למחוז חיפה**" ולא לגליל המערבי.

1.4. מטרת העבודה היא להציג את הרקע והניסיון בארץ ובעולם, וכמו כן להציג את הגישה העולמית המכוונת למצוא פתרונות יעילים וכלכליים להתפלה מהים לאור יתרונות ופתרונות ברורים הקיימים בחלופה הימית.

1.5. העובדות והניסיון המוצג בעבודה זו מלמדות כי התפלה היא תהליך בן מאות שנים אשר תחילתו היא בכלל בים, וכי עד היום נוסו כל הטכנולוגיות הקיימות בהתפלה ימית בהצלחה, כאשר השאלה היחידה שנותרה היא השאלה הכלכלית. אף התפיסה התכנונית הישראלית הגיעה למסקנה כבר לפני כ- 15 שנה כי נדרש להקים מתקני תשתית בים תוך 20 שנה, ואכן הגיע הזמן לממש מסקנה זו, ולא להישאר בתבניות התכנון היבשתיות הרגילות. שכן במדינת ישראל מגבלת קרקע חמורה ביותר, שיש להתנסות ולמצוא לה פתרון.

¹ דוח השנתי רשות המים לשנת 2014, עמ' 48, מופיע באתר -

² פרופ' יורם אבנימלך, אספקת מים מותפלים למחוז חיפה – סקירה ובדיקת חלופות, דצמבר 2015

³ שם.

- 1.6. בשנים האחרונות, ולאור תהליכים עולמיים הגיע גם ה-OECD למסקנה כי עתיד ההתפלה הוא בים לאור היותו תהליך סביבתי ויעיל יותר. וכי הסתכלות כלכלית המחברת את כל העלויות הכלכליות מלמדת כי ההשוואה הכלכלית נוטה לכיוון התפלה ימית לאור יתרונותיה. על כך יש להוסיף את העובדה כי מאות ספינות מתפילות מים לשתייה באופן שוטף בכל מקום בעולם, כך גם במפרץ חיפה/עכו מזה עשרות בשנים.
- 1.7. **מקורות המידע** ששימשו לעבודה מבוססים על חומרים, מחקרים ובדיקות שנעשו ברחבי העולם ובארץ, תחקור ושיחות עומק עם חברות התפלה ויזמים בארץ ומהעולם (כפי שיוצג בהמשך). וכולם ממתנים לפעילות מעשית מחייבת מעם רשויות המדינה בעניין זה.
- 1.8. להלן כדוגמא טבלת השוואה בין חלופת התפלה ימית ממפרץ חיפה וא. תעשייה טירת כרמל אל מול

התפלה יבשתית בחלופות תמ"א 34ב/2/3 (לוחמי הגטאות/רגבה):

מאפייני בדיקה	חלופות יבשתיות לוחמי הגטאות/ רגבה	ספינת התפלה במפרץ עכו/ מערבית לט. כרמל	הערות
יעוד המיקום	שטח חקלאי יבשתי	שטח ימי מופר	
פגיעה / הפרת בשטחים פתוחים	פגיעה/הפרת בשטחים פתוחים	לא מפר / פוגע בשטחים פתוחים	לא מפר / פוגע בשטחים פתוחים
מקור יניקת מי הגלם	שמורת טבע ימית	שטח ים מופר	יניקה מעומק המים ולא בקרבה לקרקעית
אורך צנרת ימית	3 ק"מ (הנחיות הגנ"ס)	0.02 ק"מ	מהים למתקן הספינות
אורך צנרת יבשתית	3-3.5 ק"מ	עד לחוף	תלוי מיקום ספינת ההתפלה
כמות צנרות	מינימום 3	1	נדרשת צנרת מים מתוקים
מס' תחנות שאיבה/דחיקה	מינימום 2	1	דרוש לדחיקת מים לשתיה אל היבשה
אנרגיה לתפעול	הגדולה ביותר (אורך צנרות, יניקת מי גלם ודחיקת תמלחות)	בינונית (שאיבת מי גלם ופיזור רכז תמלח בקרבת הספינה, דחיקת מים לשתיה)	כמות האנרגיה למתקן ימי היא הקטנה ביותר
עלות הקמת מפעל	הגדולה ביותר	פחותה מעלות מתקן יבשתי	פחות צנרות, לא דורש הפקעת קרקעות, היטלי פיתוח וארנונה וכי"ב
עלות תפעול ותחזוקה	נמוכה מהימית	גבוהה מהיבשתית (באחוזים קטנים)	הפרשים נובעים מתוספת עלות תפעול של הספינה
סיכון למי תהום	קיים (צנרות מי הגלם והתמלחות)	אין סיכון	ליבשה מגיעים מי שתיה נקיים
סיכון לזיהום קרקע חקלאית	קיים (צנרות מי הגלם והתמלחות)	אין סיכון	ליבשה מגיעים מי שתיה נקיים
סיכון לזיהום ימי	גדול ביותר – בשמורת טבע ימית מוצעת	חוזר לשטח מופר במפרץ עכו/חיפה ("בריכה")	סיכון נמוך
שרידות המתקן בפני אירועי "פגיעה מכוונת"	שרידות נמוכה – מתקן גדול ורחב, בסיכון לאימוי נשקים ממכלול סוגים, ולכן גם פגיע וקשה ביותר לאבטחה	שרידות גבוהה- מתקן קטן בשטח פנים, מצוי בים, שמיקומו משתנה בהתאם לגלים והרוח, בקוטר מערכת העגינה.	שטח הפנים של מתקן ימי קטן ממתקן יבשתי, על כן מול נשק רקטי סטטיסטי הוא בעל שרידות גבוהה

1.9. לאור כל אלה סיכומה של העבודה מלמד כי אין כל בעיה טכנולוגית או אחרת בהתפלה ימית, ובהתפלה ימית ממימי מפרץ חיפה, לא כל שכן להתפלה ממימי הים התיכון מערבית לאזור התעשייה טירת כרמל (לשם הדוגמא), וכי קיים ניסיון נרחב בהתפלה ימית כך שהשאלה היחידה שנותרה היא שאלה של השוואה כלכלית הולמת המתכללת את כל המכלולים הקשורים.

השוואה כזו, שתעשה מקצה אל קצה, תוכיח כי במקרה הנדון אל מול חלופת הקמת מתקן התפלה בשטחי קיבוץ לוחמי הגיטאות ו/או מושב רגבה, עלויות התפלה ימית יהיו אף זולות יותר. אך מוסכם כי על מנת שמול הרשויות יעמדו נתונים מוסכמים – יש להוציא מכרז כלכלי מסודר שבו יתבקשו עלויות כחלק מהשקיפות הנדרשת וטרם החלטות הרוט גורל על מפעל ההתפלה.

1.10. **במבט אל העתיד**, והצורך למצוא פתרונות "מחוץ לקופסא" ובהתחשב בתנאיה הייחודיים של מדינת ישראל (חוסר בשטחים הפתוחים, חוסר בחופים פתוחים, גידול אוכלוסייה נרחב, מחיר ההתפלה במגוון הנושאים והצורך ליעל את משק האנרגיה, וההכפלה הצפויה של שטחי הבינוי והתשתיות על כל סוגיהם בעוד כמה עשרות שנים), ובצורך למצוא פתרונות שיאפשרו שימוש במרחב הימי כתחליף לשימושים יבשתיים תוך "פיתוח בר קיימא"⁴ תוך שימור טבע, איכות אוויר, מרחבים פתוחים לעתיד, מחייב בדיקה מעמיקה ושוטפת של אופציות שיביאו אותנו לשימוש יעיל וסביבתי במרחבי הים, במרחק מספק ומאזן מהחופים, למיקום ושימוש במתקני תעשייה ותשתיות, בדומה לתפיסת "השדרה הכחולה" כדברי פרופ' מיכה בורט ופרופ' אמנון סופר⁵.

1.11. בהמשך לעבודה מקבילה בה מוצג כי בהסתכלות עתידית כל הנדרש היא תוספת יכולת התפלה של 50-100 מלמק"ש ל-40 שנה הקרובות⁶, נפתחה הדרך לבדוק יכולת התפלה ימית של 50 מלמק"ש על גבי ספינה, אשר ניתן יהיה לחבר אותה לחוף בצנרת מי שתיה בלבד באזורים רלבנטיים לאורך חופי ישראל. ועל כן **בשלה הדרך והגיע הזמן לבחון את האופציה הימית באמצעות הוצאת מכרז רשמי (רשות המים) וזאת על מנת להציג בצורה אובייקטיבית את הפתרון הימי ועלויות אמת של החלופה, כחלופה אפקטיבית להקמתו של עוד מתקן התפלה יבשתי סטנדרטי. כל זאת ספציפית הרלוונטית פרטנית כחלופה אפשרית לעניין הקמת מתקן התפלה למחוז חיפה או גליל מערבי, וככלל כחלופה תכנונית אפקטיבית לצרכי מים עתידיים למדינת ישראל בכל נקודה ונקודה.**

⁴ הטכניון, **תכנית ימית לישראל**, 2015. עמ' 34. מסמך מסכם זה וחומרים רבים אחרים מופיעים באתר "תכנית ימית לישראל" msp-israel.net.technion.ac.il

⁵ מיכאל בורט ואמנון סופר, **האופציה הימית – השדרה הכחולה**, קתדרת חייקין אוניברסיטת חיפה, פברואר 2014.

⁶ פרופ' יורם אבנימלך, **אספקת מים מותפלים למחוז חיפה – סקירה ובדיקת חלופות**, דצמבר 2015

2. בקליפת אגוז על הרקע להתפלה ימית בעולם :

- 2.1 תחילה נציין כי התפלת מי ים התחילה בים ומהים, והיא קיימת בספנות הימית כבר מאות בשנים⁷. חלק נובע מדווחים כבר מהמאה ה-17, וחלקם באופן שוטף בשיטות תרמיות פשוטות משנת 1790, ובשיטות אחרות מעל 150 שנה האחרונות (משנת 1850⁸) – וזאת הרבה לפני תחילת פעולתם של מתקני התפלה יבשתיים (שהחלו לפעול בערך בשנת 1920). כלומר, להתפלה בים ומהים יש ניסיון עשיר ורב בשיטות משיטות שונות, אשר חלקן קיים עד היום.
- 2.2 עוד יודגש כי התפלה ימית משמשת כל ספינה בים, ובמספר טכנולוגיות לאורך השנים (מטכנולוגיות האידוי הישנות, חימום ואידוי באמצעות אנרגיה גרעינית ועד לטכנולוגיות החדשות ביותר של אוסמוזה הפוכה בלחצים מופחתים וכיו"ב). כפי שיוצג בהמשך העבודה גם הטכנולוגיה הוותיקה של ממברנות אוסמוזה הפוכה קיימות גם בתובלה הימית, וחלקן מספק כמויות מים לא קטנות הן על ספינות הטילים הגדולות שהן "מלונות צפים" ועוד.
- 2.3 עוד לפני שנת 2008 הוצג במסמכים מהעולם כי התפלה ימית היא תהליך טכנולוגי רגיל ובעל ניסיון מוכח וישים מזה שנים המכיל את כל האלמנטים הרגילים בהתפלה – מהפרדה וטיפול ראשוני ומשני, משאבות לחץ גבוה המעבירות את מי הגלם דרך הממברנות וכיו"ב. כך ניתן לראות לדוגמא במסמך ארגון הבריאות העולמי משנת 2007⁹ הסוקר את טכנולוגיות ההתפלה והקובע כי :

"Most marine vessel installations, including cruise ships, military ships, yachts, and boats use membrane seawater desalination for fresh water supply. This type of small desalination plants are typically constructed with light weight epoxy powder-coated aluminum or steel frames and can be provided with explosion proofing and fully automated monitoring and control systems that maintain consistent water quality at all times."

- 2.4 מוסיף ארגון הבריאות העולמי להציג את היתרונות של מתקני התפלה ימיים לעומת מתקנים יבשתיים בכך שלא נדרש להקים מכלי מי גלם וריכוז תמלחות גדולים ויקרים, הם מפחיתים את השפעת רכוז התמלחות על הסביבה הימית, שימוש במי גלם טובים מעומק הים, ופישוט תהליך אישור המתקן ועוד, כאמור¹⁰:

"These facilities offer some benefits over the land-based desalination facilities, such as: avoiding the construction of costly source water intake and ocean outfall discharge facilities; reducing the impact of the concentrate discharge on the marine environment; collecting source water from pristine off-shore waters, and

⁷ Florida Department of Environmental Protection, **Desalination in Florida: Technology, Implementation, and Environmental Issues**, April 2010, p-5

⁸ N. Ghaffour, T.M. Missimer, G. L. Amy, *Technical review and evaluation of the economics of water desalination: Current and future challenges for better water supply sustainability*, **Desalination** 309 (2013) 197–207

⁹ World Health Organization, **Desalination for Safe Water Supply Guidance for the Health and Environmental Aspects Applicable to Desalination**, Geneva 2007, p-70-71

¹⁰ World Health Organization, **Desalination for Safe Water Supply Guidance for the Health and Environmental Aspects Applicable to Desalination**, Geneva 2007, p-71

simplifying the plant permitting process. The intake structure of the vessel is constructed as a part of the vessel hull and is equipped with screening facilities. The pretreatment system is simplified bag-filtration facility housed in a high density polyethylene (HDPE) casting. The RO system incorporates high"

2.5. בהמשך העבודה נציג את התפיסות המוצגות דרך מדיניות ודיונים במסגרת ה-OECD, ולכן את המלצתנו שמדינת ישראל תקדם שיטות התפלה אלו הן לאור הצרכים המיוחדים של מדינת ישראל ומיעוט השטחים בה מול אוכלוסייה גדלה והולכת, והן משום האפיק התעשייתי והעסקי של החוסר המתהווה במים בעולם, והמאפשר לחברות ישראליות ולטכנולוגיה הישראלית לתפוס מקום של כבוד גם בנושא זה.

3. הרקע, תובנות ובדיקת קודמות בישראל להתפלה מהים :

3.1. בדיקות מקדמיות לגבי מתקני התפלה גדולים בים נעשו כבר בסוף שנות ה-90, אולם שילוב נושא ההתפלה מהים כמפעל תעשייתי שיש להוציאו מחוץ לשדרת החוף הישראלית עלה בעיקר במסגרת הדיונים במוסדות התכנון לגבי "איים מלאכותיים".

3.2. באוגוסט שנת 2007 הוצגה מול המועצה הארצית לתכנון ובניה עבודת צוות היגוי "דוח מסכם למסמך מדיניות לאיים מלאכותיים לתשתיות"¹¹, אשר הגדירה את מפעלי ההתפלה כאחד מהמתקנים הברורים (עדיפות 5 מתוך 13) שיש להוציאו משדרת החוף ולהקימו על אי מלאכותי.

3.3. בעמ' 7 לדוח זה מופיעה רשימת המפעלים ותיעדופים של הועדה להוצאה אל הים, כאשר מקן להתפלת מי ים מקבל תיעדוף תכנוני גבוה – קרי גם עשור לאחר ברור לעוסקים במלאכה כי מתקן התפלה הינו מפעל תעשייתי עם השפעות סביבתיות לא רצויות, ולכן יש צורך ורצון להעבירו אל הים :

שקול ההערכות של חברי ועדת ההיגוי הוביל לדירוג המתקנים שנבחנו בהתאם למתואר בטבלה שלהלן :	
דירוג (מס' 1 הוא העדיף ביותר, מס' 2 אחריו וכן הלאה)	מתקן התשתית
1	תחנת כוח מחז"מ
2	מסוף ואחסון גט"ן
3	מתקן ניסויים צבאי
4	תחנת כוח שרפת פסולת
5	מתקן התפלת מי ים
6	מחזור והטמנת פסולת בנין ועודפי עפר
7	מסוף כימיקלים
8	מתקני אנרגיית רוח
9	שדה תעופה בינלאומי
10	תחנת כוח פחמית
11	שדה תעופה מקומי
12	חוות דלק
13	נמל ימי

¹¹ אביב ניהול, הנדסה ומערכות מידע בע"מ, "דוח מסכם למסמך מדיניות לאיים מלאכותיים לתשתיות", הוצג למועצה הארצית לתכנון ובניה ביום 7/08/2007 [להלן : "דוח איים מלאכותיים 2007"]. מופיע באתר מינהל התכנון <http://moin.gov.il/SubjectDocuments/Chof27.pdf>

3.4. נציין כי בסיכום לדוח זה (מלפני מעל 8 שנים) כאימרה הרואה את הנולד, ואשר התפיסה התכנונית בה

חשובה ועקרונית, ומחייבת פעילות סיכמה הועדה לגבי איים מלאכותיים כי :

" ממצאי העבודה מצביעים על **כדאיות גבוהה יותר של הקמת איים "קטנים"** בני מאות דונמים

עבור אשכולות מתקני תשתית- תחנות כוח, מסוף גז"ן ומתקני התפלה, על פני איים "גדולים" של

אלפי דונמים עבור מתקנים כגון שדות תעופה ונמלים ימיים." [הדגשה שלי ת.מ]

3.5. ונציג ציטוט מעמ' 77, ו- 78 לדוח איים מלאכותיים 2007, ולגבי מתקנים להתפלה מי ים כי :

6.3 מתקני התפלת מי ים :

בטווח הארוך מסתמן צורך בהמשך הקמת מתקני התפלה למי ים כמקור עיקרי לגישור על הפער בין ההעשרה הטבעית של מקורות המים והתנודות הרב שנתיות בה, לבין מגמת הגידול העקבי בצריכת מים. אתרים נוכחיים ומתוכננים למתקני התפלה יכולים לתת פתרון לטווח זמן בסדר גודל של כ- 10 השנים הקרובות. יש להניח כי איתור שטחים לתפוקה נוספת יתאפשר גם מעבר לכך, אך ברמת קושי הולכת וגוברת, ובעלויות חיצוניות הולכות וגדלות. לאור הניסיון עד כה נראה גם כי יש צורך ברזרבה תכנונית קבועה עקב משך הזמן הנדרש לתהליכי איתור, תכנון, מכרזים (בשיטות PPP שונות), הקמה והפעלה ואף לאור אי ודאויות סטטוטוריות או עסקיות העלולות לעכב הקמת חלק מהמתקנים. לאור כל הנ"ל, נראה כי **הקמת מתקני התפלה על איים מלאכותיים יכולה לבוא בחשבון בטווח הארוך של כ- 20 שנה או יותר, הן לאור הצרכים וצפיפות שימושי הקרקע לאורך הרצועה החופית והן לאור יתרונות ספציפיים מעצם הקרבה למקור מי הגלם ומוצא מי הרכז, הקרבה למקור האנרגיה- קו הגז הטבעי הימי, והקרבה לריכוזי האוכלוסיה שבמישור החוף.**" [הדגשות שלי ת.מ]

וכמופיע במסמך העבודה עצמה :

6.3 מתקני התפלת מי ים

בטווח הארוך מסתמן צורך בהמשך הקמת מתקני התפלה למי ים כמקור עיקרי לגישור על הפער בין ההעשרה הטבעית של מקורות המים והתנודות הרב שנתיות בה, לבין מגמת הגידול העקבי בצריכת מים.

אתרים נוכחיים ומתוכננים למתקני התפלה יכולים לתת פתרון לטווח זמן בסדר גודל של כ- 10 השנים הקרובות. יש להניח כי איתור שטחים לתפוקה נוספת יתאפשר גם מעבר לכך, אך ברמת קושי הולכת וגוברת, ובעלויות חיצוניות הולכות וגדלות.

לאור הניסיון עד כה נראה גם כי יש צורך ברזרבה תכנונית קבועה עקב משך הזמן הנדרש לתהליכי איתור, תכנון, מכרזים (בשיטות PPP שונות), הקמה והפעלה ואף לאור אי ודאויות סטטוטוריות או עסקיות העלולות לעכב הקמת חלק מהמתקנים.

לאור כל הנ"ל, נראה כי הקמת מתקני התפלה על איים מלאכותיים יכולה לבוא בחשבון בטווח הארוך של כ- 20 שנה או יותר, הן לאור הצרכים וצפיפות שימושי הקרקע לאורך הרצועה החופית והן לאור



יתרונות ספציפיים מעצם הקרבה למקור מי הגלם ומוצא מי הרכז, הקרבה למקור האנרגיה- קו הגז הטבעי הימי, והקרבה לריכוזי האוכלוסיה שבמישור החוף.

3.6. בשנת 2008 בוצעה **עבודה של חב' לודן** לגבי התפלה בים¹² - רשות המים (חב' לודן), **מתקני התפלה ימיים - מסמך ראשוני לבחינת הניסיון הקיים בהתפלה במתקנים צפים**, ינואר 2008 [להלן: "מסמך לודן 2008"]. נציין כי עבודה זו היא המשכה של עבודה מקדמית שהוכנה עבור רשות המים בשנת 1999.

3.7. מסמך זה סקר את הניסיון הקיים בעולם דאז בהתפלת מי ים ע"י מתקנים המוצבים על ספינות או דוברות, את הרקע והטכנולוגיות של החברות השונות המציעות מתקני התפלה כאלו ואת רעיונות והתכנונים השונים שנמצאו בשלבי פיתוח ומימוש עד 2007-8.

3.8. מתוך הסקירה במסמך לודן 2008 עלה כי נכון לתאריך כתיבת העבודה (2008) היו קיימים מתקנים מעטים הפועלים על גבי אוניות או דוברות, המיועדים לאספקת מים לחוף, ונכון ל- 2008 לא היו קיימים בפועל מתקנים כאלו העומדים למכירה או הזמינים לשימוש, אלא רק הצעות ותוכניות לאספקתם באם יוזמנו.

3.9. במסמך לודן 2008 הופיע כי "המתקן הימי הראשון שנכנס לשימוש הינו מתקן איוד בפריצה רב-דרגתית (MSF) בתפוקה של 2,500 מק"י שהופעל לראשונה באבו דאבי -ב 1982. מאז הוקמו רק עוד שני מתקנים ימיים, בהודו, הראשון רק בשנת 2005, בתפוקה של 100 מק"י והשני -ב 2006 בתפוקה של 1000 מק"י. בסוף שנת 2007, הופעל בג'דה, ערב הסעודית, מתקן התפלה צף על דוברה בתפוקה של 30,000 מק"י. המתקן, שתפוקתו תוגבר תוך מספר חודשים ל- 50,000 מק"י יופעל רק במשך כשנתיים, עד שיוקמו מתקני התפלה יבשתיים גדולים חדשים. כל המתקנים הנ"ל משמשים בעיקר לאספקת מים זמנית באתרים שונים".

3.10. נציין כי במסמך לודן 2008 מופיעים **היתרונות בהתפלה בים, אשר לא השתנו עד היום**, כרשום¹³:

"איכות הסביבה - מתקני התפלה צפים בלב ים יכולים להקטין השפעות סביבתיות מזיקות על המגוון הביולוגי. במתקנים שנמצאים בלב ים ניתן לשאוב את המים ממעמקי הים במקומות שאין אור השמש מגיע אליהם ושם מגוון היצורים החיים קטן אם לא אפסי. כך גם נחסכת פגיעה בסביבה וגם נחסכות הבעיות הקשורות בשאיבת יצורים חיים ואצות. דברים אלו נכונים גם לגבי סילוק התמלחת. בנוסף קיימת ההשלכה האסתטית של תפיסת קרקע יבשתית יקרה בעלת חשיבות סביבתית עצומה ברצועת החוף.

וכן החסרונות לדעתם מבחינת איכות הסביבה, בעניין מנועי הספינות הפועלים על דלקים מזהמים, כאמור: "מאידך, לעיתים מתקנים ימיים כוללים מערכות לייצור חשמל עצמי בעזרת מנועי דיזל ימיים. מנועים אלה פועלים על מזוט הנחשב באיכות גרועה לסביבה ומייצר זיהומי אויר כדוגמת הנוקסים (NOx)".

3.11. וסיכומה של חור"ד הוא כדלקמן ותואם את סיכומה עבודתם המקדימה משנת 1999 כך:

"בעקרון ניתן לתמצת את היתרונות והחסרונות בהקמת מתקן התפלה על גבי כלי שיט בלב ים, כפי שנעשה "ע"י אדן" בדוח "בדיקה מקדמית של ישימות התפלת מי ים באמצעות מתקנים ימיים" שנכתב ביולי 1999 עבור נציבות המים, כדלקמן:

יתרונות: חסכון בשטחי קרקע על החוף, קרבת המתקן לחומר הגלם -מי ים, כושר ניידות – הצבת המתקן בסמוך לאזורי ביקוש, יכולת להקטין את ההשפעות הסביבתיות, חסכון כספי

¹² רשות המים (חב' לודן), **מתקני התפלה ימיים - מסמך ראשוני לבחינת הניסיון הקיים בהתפלה במתקנים צפים**, ינואר

2008. [להלן: **מסמך לודן 2008**]

¹³ מסמך לודן 2008, עמ' 18.

בעלויות ההקמה (לעומת מתקן יבשתי).

חסרונות: חוסר ניסיון בעולם בהקמת ותפעול מתקנים מסוג זה בתנאי מזג אוויר שונים, חוסר וודאות לגבי משך ההפעלה של המתקן (מקדמי הניצול השנתיים), קשיים תפעוליים הקשורים לתחזוקת מתקנים ימיים מרוחקים, בלב ים. כל אלו מובילים לעלויות ייצור גבוהות לעומת מתקן יבשתי¹⁴

3.12. כלומר היתרונות להתפלה בים שצפו וחזרו בדוח לודן 2008, בדומה לדו"ח 1999 הם:

3.12.1. "חסכון בשטחי קרקע על החוף";

3.12.2. "קרבת המתקן לחומר הגלם-מי ים";

3.12.3. "כושר ניידות – הצבת המתקן בסמוך לאזורי ביקוש";

3.12.4. "יכולת להקטין את ההשפעות הסביבתיות";

3.12.5. "חסכון כספי בעלויות ההקמה (לעומת מתקן יבשתי)".

3.13. והחסרונות להתפלה בים שהוצגו בדו"ח לודן 2008 הם:

3.13.1. "חוסר ניסיון בעולם בהקמת ותפעול מתקנים מסוג זה בתנאי מזג אוויר שונים";

3.13.2. "חוסר וודאות לגבי משך ההפעלה של המתקן (מקדמי הניצול השנתיים)";

3.13.3. "קשיים תפעוליים הקשורים לתחזוקת מתקנים ימיים מרוחקים, בלב ים";

3.13.4. "עלויות ייצור גבוהות לעומת מתקן יבשתי".

4. התייחסות למסקנות דו"ח לודן משנת 2008:

4.1. נחזור ונציין שוב כי בניגוד למה שהוצג ע"י חברת לודן בשנת 2008 לגבי החיסרון הראשון "חוסר

ניסיון בעולם בהקמת ותפעול מתקנים מסוג זה בתנאי מזג אוויר שונים", הרי התפלת מי ים

קיימת בספנות הימית כבר מאות בשנים¹⁵, הן מדווחים עוד מהמאה ה-17, וחלקם באופן שוטף בשיטות

תרמיות פשוטות משנת 1790, ובשיטות אחרות מעל 150 שנה האחרונות (משנת 1850¹⁶) – וזאת

הרבה לפני תחילת פעולתם של מתקני התפלה יבשתיים (שהחלו לפעול בערך ב-1920).

4.2. עוד יודגש כי התפלה ימית משמשת כל ספינה ובמספר טכנולוגיות לאורך השנים (מטכנולוגיות האידוי

הישנות, חימום באמצעות אנרגיה גרעינית ועד לטכנולוגיות החדישות ביותר של אוסמוזה הפוכה בלחצים

מופחתים וכיו"ב. כפי שיוצג בהמשך העבודה גם הטכנולוגיה הוותיקה של ממברנות אוסמוזה הפוכה

קיימות גם בתובלה הימית, וחלקן מספק כמויות מים לא קטנות הן על ספינות הטיולים הגדולות שהן

"מלונות צפים" ועוד.

4.3. לטענה לגבי: "קשיים תפעוליים הקשורים לתחזוקת מתקנים ימיים מרוחקים, בלב ים" נציין כי

במדינת ישראל, מנתוניה הטבעיים, כל מתקן התפלה מהים ימצא במרחק לא גדול מהחוף וזאת על מנת

¹⁴ מסמך לודן 2008, עמ' 5.

¹⁵ Florida Department of Environmental Protection, **Desalination in Florida: Technology, Implementation, and Environmental Issues**, April 2010, p-5

¹⁶ N. Ghaffour, T.M. Missimer, G. L. Amy, *Technical review and evaluation of the economics of water desalination: Current and future challenges for better water supply sustainability*, **Desalination** 309 (2013) 197–207

לחבר את המים המותפלים דרך צנרת אל הצנרת הארצית או האזורית. וכך בפריסה של מדינת ישראל הקטנה כל מתקן כזה צפוי להיות במיקום של עד כשעה הפלגה מנמל קרוב ולא יותר. קרי, בזמן תגובה אפשרי הקצר יותר מתנועה יבשתית. מה עוד שספינות לתשתיות קיימות בעולם לתעשיות הנפט והגז, ולכן קיים ניסיון הן בתחזוקה בים של מתקנים ימיים, מה עוד שהמתקנים לא צפויים להיות מרוחקים יתר על המידה.

- 4.4. לטענת תפעול הספינות על דלקים מזהמים, נציין כי מזה שנים רבות כל הספינות (כולל בישראל) מחויבות לתקנים בינלאומיים מחמירים מאד מבחינת איכות סביבה וזיהומי אויר (עם אמצעים טכנולוגיים שונים), וכי קיימת אף אפשרות להפעיל מתקני תשתית על הספינות בדלקים אחרים- מגז טבעי דחוס (CNG), או מוגז (LNG), דלקים סביבתיים יותר ועד אופציות של חשמל מאנרגיה ירוקה כפי שנעשים מחקרים והתקדמות רבה בשנים האחרונות.
- 4.5. כלומר אין בעיה של טכנולוגיה איכות סביבה או ניסיון במימוש התפלה ימית, אלא יתרונות סביבתיים, חזותיים ונופיים ופתרון לבעיית שטחים יבשתיים, וניתן לכוון את הטענה לגבי כמויות ההתפלה הימית שנוסו והעלויות, וגם לכך נתייחס בהמשך.

5. **מסמך העבודה על איים מלאכותיים של משרד המדע והחלל מיוני 2013**¹⁷ (שלא פורסמה באופן רשמי בעיקר מסיבות פוליטיות ועל מנת שלא להשפיע לגבי תמ"א 37'), שבה אותה חברת לודן ובדקה את הנדרש מהקמת מתקן התפלה בגודל 50 מלמק"ש על אי מלאכותי¹⁸, וכך הגיעו לתובנות הבאות:

- **מתקן התפלת מי ים (50 מלמק"ש)**
הערכת עלות ראשונית להקמת הפרויקט בים נאמדת בכ-700-600 מיליון דולר, שמתוכם, עלות המתקן מוערכת בכ-330 מיליון דולר, כשעלות המבנה הימי נאמדת בכ-400-300 מיליון דולר ועלות צינור להובלת המים לחוף נאמדת בכ-12 מיליון דולר. בהתאם להערכות אלה בתוספת שקלול זמן ההקמה וזמן החיים של הפרויקט ותוספת עלויות הנובעות מתפעול ותחזוקה של המתקן בים, נמצא כי הקמת הפרויקט בים צפויה להביא לתוספת עלות מחיר מים מותפלים של כ-175% ביחס למחיר בהווה הנובע מעלות התפלה של מתקני התפלה יבשתיים בישראל.
- **מתקן התפלת מי ים**
על אף ההיתכנות ההנדסית של הקמת מתקן התפלה בים, השטח הכרוך בהקמתו והעלויות הכלכליות הנובעות מכך, צפויות להעלות במידה רבה מאוד את מחיר המים (בכ-175%). כמו-כן, לאור העובדה שבשנים הקרובות אין צורך בהקמת מתקני התפלה נוספים, הוועדה מציעה בשלב זה להציג את האפשרות של הקמת מתקן התפלה באשכול תשתיות כאופציה בלבד למקרה ובו המציאות תחייב הקמת מתקן נוסף, ולא תמצא חלופה כלכלית וסביבתית עדיפה יותר להקמתו של מתקן פנימה ביבשה במרחק של מספר קילומטרים מהחוף.

¹⁷ משרד המדע, **סיכום ממצאי בדיקת ההיתכנות להקמת איים מלאכותיים לצורכי אשכול תשתיות**, יולי 2013- דו"ח שלא הופץ רשמית, בעמ' 5, 8, 41

¹⁸ נציין בהערת אגב כי העובדה שאותה חו"ד מוטלת על אותה חברה במשך של שני עשורים לא מלמדת טוב על הליך הבדיקות האובייקטיבי הנדרש, וטוב היה לו חברה אחרת היתה מציגה ובודקת ממצאים, אפילו לצורך הצגת רוחב היריעה האובייקטיבי, ואישוש או שינוי הגישה והממצאים הקיימים כחוט השני בדברי חב' לודן משנת 1999.

- 5.1. אציין כי אין בידנו את כל הנספחים המלאים שנכתבו (שכן העבודה לא פורסמה באופן רשמי), אך לאחר לא מעט שיחות עם מומחי התפלה שונים ומספר חברות המציאות מתקנים בהספק כזה על ספינות התפלה, נראה כי קיימים פתרונות הן להקטנת השטח הנדרש למתקן התפלה ימי (וגם יבשתי) בדמות טכנולוגיות מתקדמות יותר של ממברנות RW, וממברנות UV (כמו שמשתמשים במתקן התפלה), הן לזיווד המתקנים בצורה המקטינה שטח, והן העלויות המוצגות בדו"ח גבוהים בסדרי גודל מהערכה בסיסית של מס' חברות מחו"ל. ומכך גם התמחור שהוצג לגבי מערכות כאלו יכול להיות שונה בתכלית. אציין כי החברות בארץ (המצויות בחזית הטכנולוגיה העולמית להתפלה) ממתינות להליכים המלמדים על רצינות הרשויות בישראל לכיוון תפיסה זו על מנת להציג מספרים, עלויות והתחייבויות.
- 5.2. בשיחות אלו עלה כי נדרש להוציא מכרז על מנת לקבל עלויות ומספרים שניתן להתייחס אליהם אפקטיבית. מגופים שונים בעולם עלו דברים דומים, כי העלויות המוצגות בדו"ח איים מלאכותיים 2013 מוגזמות וגבוהות בהרבה מהעלויות כפי שיוצגו במכרז רשמי למתקן התפלה צף ל- 50 מלמק"ש.

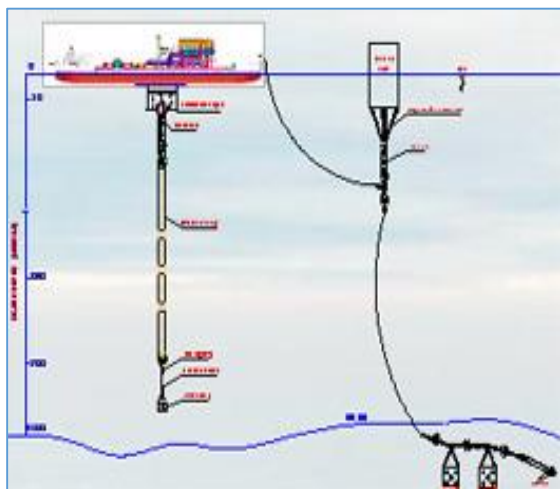
6. דוגמאות לניסיון בהפעלת מתקני התפלה ימיים משמעותיים:

- 6.1. מתקן התפלה קטן ימי באבו דאבי שנבנה ע"י חברה גרמנית ע"ג דוברת התפלה קטנה בת פחות מ- 2000 טון, RUMAITH (פועל בשיטת MSF) נבנה בשנת 1982 תוך 12 חודשים בלבד. נציין כי מתקן זה מופיע בעבודת לודן 2008.



- 6.2. בהודו מכון המחקר הלאומי NIOT¹⁹ הדגים והקים מתקן התפלה למי ים על גבי דוברת (16*70 מ') 40 ק"מ (!) בים מול חופי העיר Madras. משנת 2007 ההתפלה נעשית בתהליך תרמי ייחודי המנצל את הפרשי הטמפרטורות בין המים בעומק הים לבין אלו שעל פניו, Low LTTD) Temperature Thermal Desalination) ובכך חוסך אנרגיה ומתוכנן לתפוקה של 1000 מק"י. המתקן הוקם לאחר ניסיון מוצלח קודם בהפקת מים במתקן מחקר מייצג.

¹⁹ <https://www.niot.res.in/index.php/node/index/164/>



6.3. מתקן צף על גבי דוברת בערב הסעודית שפותח ע"י חברת BOWAREGE²⁰ - מתקן התפלה על גבי דוברת עם יכולת יצור של 40,000 קו"ב/יום, כ- 15 מלמק"ש בשנה. הדוברת התחילה לפעול משנת 2008 וסיפקה מים למספר ערים בערב הסעודית – Makkah & Jeddah, ובהמשך הועברה לאזור Shuqaiq על מנת לספק שם מים, ומשנת 2011 נמצאת באזור Yanbu ומתפילה מהים האדום לספק את העיר התעשייתית Yanbu ואת העיר Madinah במערב המדינה.



6.4. מתקני התפלה צפים בקפריסין -

6.4.1. בשנת 2009 התקינה חברת SubSea Infrastructure מודול התפלה זמני ליד העיר מוני שייצר 21,000 קו"ב ליום, וסיפק מים לאי לטובת העיר לימסול עד שנת 2013²¹. המתקן הותקן בזמן מהיר מאד של 8 חודשים ופתר בעיה זמנית חמורה בלימסול בעלות מים של EUR 1.38/m³.

²⁰ <http://www.abunayyanholding.com/en/casestudy/what-we-do/case-studies/floating-desalination.html?sector=6>

²¹ <http://www.subseainfrastructure.com/projects/cyprus/>

6.4.2. חשוב לציין את הזווית הישראלית בסיפור זה, שכן חברת SubSea Infrastructure רכשה את ציוד התפלה מחברת נירוסופט בישראל (שהיא שלוחה של חברת RWL העולמית) שהרכיבה את מתקן ההתפלה במכולות מודולריות פשוטות וגמישות להתקנה תוך הפרדה מהאדמה כפי שניתן לראות בסרטון שהציג הקמה זו.²²

6.4.3. בשיחות עם חברת נירוסופט וחברת SubSea Infrastructure למדתי כי המתקן המודולרי היה צפוי להיות מועבר להקמה על גבי דוכרה צפה בתוספת עלות של כ-30 מיליון \$, וכך מחיר המים היה אמור להתבסס בין 2-3 \$ כתלות בעלות האנרגיה להפקת המים. מכיוון ששלטונות קפריסין לא מצאו את התקציב לממש את האופציה הימית, פורק המתקן והוא בשלבי העברה אל מקומות נדרשים אחרים במזרח התיכון או באוסטרליה.

6.4.4. נציין כי החברה פיתחה חלופה ימית על גבי אסדה של מתקן התפלה עד 150,000 קו"ב ליום על גבי ספינה / מיכלית גדולה שמחזרים שניתן לנייד במהירות ממקום למקום תוך גרירתה או בתנועה עצמית.

6.5. **התפלת מים בספינות גדולות** – אוניות הצי האמריקאי, לשם הדוגמא, מתפילות מים בשיטת האוסמוזה ההפוכה מתחילת שנות ה-80.²³ כך גם ספינות טיולים כיום מכילות אמצעי התפלה מגוונים, מרביתם מבוססי טכנולוגיה של אוסמוזה הפוכה.

באוניות מלחמה גדולות, כגון נושאות מטוסים, כאמור, טכנולוגיית ההתפלה דומה אך מבוססת על האנרגיה הזמינה המשמשת לכלי השייט, ובמקרים רבים של אנרגיה גרעינית.

7. **מבט עכשווי ועתידי על התפלה בעולם – צרכים ופתרונות המתהווים בים :**

7.1. בשנים האחרונות, במסגרת ה-OECD, מוצגים מחד הצרכים ההולכים וגוברים במים מותפלים עקב חסרון הולך וגובר במים לשתיה לאוכלוסיה העולם, ומאידך היתרונות בהתפלה בפלטפורמה הימית בעלויות הקמה, פתרון לבעיות סביבה, מי גלם נקיים יותר מהעומק וכך תמלחת המתפזרת בעומק ואינה יוצרת מידבור קרקעי (המהווה פתרון למרבית אם לא כל הרעות החולות המוצגות במסמך הסביבתי לתמ"א 2/2/34), היכולת לנייד את הפלטפורמה ולהשתמש בה במיקומים נדרשים בעת תקלות, ו/או במצב רגיל או בעת שינוי מידת הצורך בכמויות המים המותפלים. ובעולם רחב, הפלטפורמה הימית היא גם פתרון לאזורי אסון ולמידבור ההולך וגבר בעולם.

7.2. **בסדנת עבודה "לבניין אוניות – הגישה לעתיד"** (WP6) במטה OECD שהתקיימה בפריז²⁴ בסוף 2014 (24.11.2014), ונועדה להבנה טובה יותר של עתיד תעשיית בניין האוניות, הוצג השינוי בין שימוש בספינות אך לשינוע סחורות ונוסעים, לשינוי העיקרי במספנות העולמיות לבניין ספינות המשמשות כמפעלי תעשייה ימיים. בסדנה זו הציג נציג בכיר מטעם חברת Dielloit, Toshifumi Kokubun Deloitte, מצגת Tohmatsu Consulting Co., Ltd. לגבי התפלה ימית כפתרון להפחתת בעיות סביבתיות בשם :

²² <http://www.subseainfrastructure.com/presentations/>

²³ WORCESTER POLYTECHNIC INSTITUTE, **Green Reverse Osmosis Pretreatment for Shipboard Desalination**, April 19, 2010, pp-19

²⁴ <http://www.oecd.org/sti/ind/workshoponshipbuildingandtheoffshoreindustry.htm>

²⁵ <http://www.oecd.org/sti/ind/oecd-shipbuilding-workshop-kokubun.pdf>

"Shift to Floating Seawater Desalination In order to reduce environmental issues and supply timely to meet demand", הצגות ותובנות אלו הועלו על חו"ד מסודרת של OECD

מיום 12.06.15 ופורסמו במסמך *SHIPBUILDING AND THE OFFSHORE INDUSTRY*.²⁶

7.3. מסמך זה מלמד כי מתקני התפלה ימיים הם שוק חדש ומתפתח בהתאם לתפיסתה של החברה הבינלאומית

Deloitte. נציג החברה²⁷ הציג כי הוא מצפה שהמחסור במי שתיה בעולם יהיה המניע לשוק התפלה

גלובאלי, וכי שוק זה עומד בפני אתגרים הנובעים מהצורך בהערכות סביבתיות מעמיקות, תנאי אקלים

משתנים בשלבי הבניה, וסיכונים נוספים. נציג Deloitte הציג כי ההתפלה מהים תפתור סוגיות אלו, שכן

ניתן לניידם ולשנע מתקנים אלו למקומות שונים ולמזער את ההרס של סביבת האקו סיסטמה החופית. הוצג כי

מתקני התפלה ימיים צפים פעלו בערב הסעודית, בקפריסין ובתאילנד, ומוערך כי בשנים הקרובות פלח שוק

זה יגדל ויתפתח.

7.4. בחו"ד שהוכנה בפלורידה בשנת 2010²⁸, מוצג פתרון של Seawater Desalination Vessel (SDV),

המורכבת מטכנולוגית התפלה רגילה של ממברנות אוסמוזה הפוכה שבה משתמשים ספינות הצי האמריקאי,

וספינות טיולים הנושאות אלפי בני אדם מזה שנים רבות, תוך התפלת מי גלם מהים בפרמטרים הטובים יותר

ממי הגלם במתקנים חופיים, ובכך ניתן למזער עלויות ההתפלה

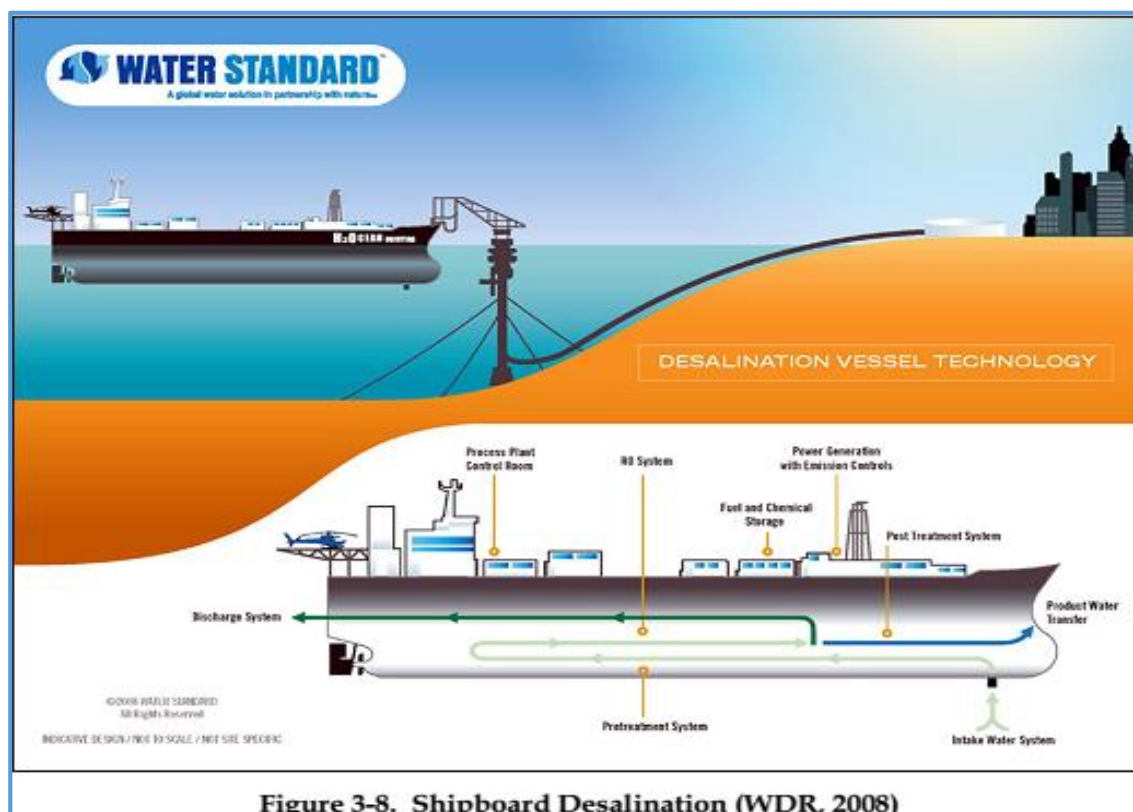


Figure 3-8. Shipboard Desalination (WDR, 2008)

²⁶ OECD, *SHIPBUILDING AND THE OFFSHORE INDUSTRY*, C/WP6(2015)5/FINAL, 12.06.15, p-10-11

²⁷ Mr. Toshifumi Kokubun, Partner in the Global Management Institute of Deloitte

²⁸ Florida Department of Environmental Protection, *Desalination in Florida: Technology, Implementation, and Environmental Issues*, April 2010, p-30-31

חשוב לציין כי בבדיקה השוואתית שנעשתה לגבי מתקנים יבשתיים מול ימיים (SDV) גם מבחינה כלכלית מציג כי העלויות ההקמה למתקן התפלה צף על ספינה זולות יותר, ואף על פי שעלויות התפעול יקרות יותר, בסיכום כלכלי עדיין החלופה הימית זולה יותר בהשוואה לאחרות²⁹:

Table ES-1 – Summary of Desalination Project Capacities and Estimated Costs

2007 Costs for Desalination Projects

with standard overhead and contingency allowance, excluding land and pilot testing
(millions of 2007 dollars)

	(millions of 2007 dollars)				Monterey Bay Regional Seawater Desalination Project ³¹	Sand City Desalination Project		Seawater Desalination Vessel ³²	
	Coastal Water Project					Low range	High Range	Subsidized Fuel	Un-Subsidized Fuel
	Desal Only		Desal + ASR						
	Proposed Project	Regional Project	Proposed Project	Regional Project					
RO Capacity (mgd)	10	18	10	18	20	7.5	7.5	18	18
	(total \$/yr)	10,430	18,970	11,730	20,270	22,420	8,410	8,410	20,180
Desalination Facilities	\$90.29	\$120.29	\$90.29	\$120.29	\$108.47	\$71.05	\$79.95	\$88.38	\$88.38
	(\$/mgd)	\$9.03	\$6.68	\$9.03	\$6.68	\$5.42	\$9.47	\$10.66	\$4.91
Seawater feed and brine disposal (incl. SCV ship cost)	\$6.67	\$6.21	\$6.67	\$6.21		\$41.71	\$50.61	\$47.10	\$47.10
Residuals handling and treatment	\$1.30	\$1.39	\$1.30	\$1.39		\$0.00	\$0.00		
Desalination process	\$82.31	\$112.68	\$82.31	\$112.68		\$29.34	\$29.34	\$41.29	\$41.29
Finished water storage & pumping facilities						\$0.00	\$0.00		
Desalinated Water Pipelines	\$24.20	\$35.66	\$24.20	\$35.66	\$28.28	\$13.18	\$13.18	\$31.37	\$31.37
Electrical Transmission Upgrades						\$1.04	\$1.04		
Terminal Reservoir and ASR Pump Station	\$5.76	\$8.92	\$5.76	\$8.92					
Segunda/ ASR System			\$15.06	\$9.54					
Field Office Overhead (8%)						\$6.82	\$7.53		
Contractor Mark-Ups (16.25%)						\$14.96	\$16.53		
Total Construction Costs	\$120.25	\$164.86	\$135.30	\$174.39	\$136.75	\$107.05	\$118.23	\$119.76	\$119.76
Engineering, Overhead, Legal	\$28.86	\$39.57	\$32.47	\$41.85	\$32.82	\$40.14	\$44.34	\$28.74	\$28.74
	24.0%	24.0%	24.0%	24.0%	24.0%	30.0%	30.0%	24.0%	24.0%
Contingency	\$37.28	\$51.11	\$41.94	\$54.06	\$42.39	\$26.76	\$29.56	\$37.12	\$37.12
	25.0%	25.0%	25.0%	25.0%	25.0%	25.0%	25.0%	25.0%	25.0%
Total Capital Costs	\$186.38	\$255.53	\$209.72	\$270.31	\$211.97	\$173.96	\$192.12	\$185.62	\$185.62
Operations and Maintenance (\$/mgd)	\$6.25	\$10.12	\$6.25	\$10.12		\$5.90	\$5.90		
Desalination Facilities/Power	\$0.42	\$0.95	\$0.42	\$0.95		\$1.54	\$1.89		
Desalination Water Conveyance	\$0.07	\$0.33	\$0.07	\$0.33					
Terminal Reservoir/ASR Pump Station	\$0.00	\$0.00	\$0.65	\$0.13					
Segunda/ ASR System	\$6.74	\$11.40	\$7.39	\$11.53		\$7.44	\$7.79		
Subtotal O&M Costs	\$1.45	\$0.00	\$1.45	\$0.00		\$1.30	\$1.30		
Repairs and Replacements									
Total O&M (\$/mgd)	\$8.19	\$11.40	\$8.84	\$11.53	\$16.90	\$8.74	\$9.09	\$16.26	\$20.85
	(\$/yr)	\$730	\$580	\$790	\$790	\$730	\$1,040	\$1,080	\$810
Total Annualized Cost (7%, 30 yrs)	\$23.21	\$31.99	\$25.74	\$33.31	\$33.98	\$22.76	\$24.57	\$31.22	\$35.81
Unit Cost (\$/yr)	\$2,230	\$1,690	\$2,190	\$1,640	\$1,520	\$2,710	\$2,920	\$1,550	\$1,770

כאן כבר אעיר כי בבדיקה שיש לקיים בין חלופות יבשתיות לימיות בישראל, יש לבצע השוואה

תקציבית מקצה אל קצה – כלומר מעלות ההקמה של המתקן ועד עלויות תוכנית יבשתית במיקום

המתוכנן בגליל מערבי (פיצויים עקב תוכנית והפקעות למתקן, מיכלי המים ותוואי הצנרות), כולל

תשלומי היטלים, אגרות וארנונות לאורך השנים ועוד ועוד, בהתאם למודגש בדו"ח שהוכן לקיבוץ

לוחמי הגטאות ע"י פרופ' ניר בקר וחברת תבור³⁰.

7.5 כך גם מוצג בחו"ד בפלורידה כי שיטות התפלה מתקדמות (MED, MSF) ובהיקפים גדולים קיימות

זה שנים רבות גם במתקנים ימיים להפקת גז ונפט, כאשר הם משמשות שם לא רק למי שתיה אלא

לניקוי מים מהגז והנפט מצרכים של תקני סביבה ועל מנת לחסוך באנרגיה, כמו גם במתקנים ליצור

מתנול ו/או LNG³¹.

²⁹20080220 -BE-GEI-Desal-Projects-Report-FINAL, *Evaluation of Seawater desalination project proposed to Monterey Peninsula* 20.02.2008, pp 5-3

³⁰ פרופ' בקר וחב' תבור, *חוות דעת כלכלית חלופות מתקן התפלה בגליל מערבי*, 25122015

³¹ Florida Department of Environmental Protection, *Desalination in Florida: Technology, Implementation, and Environmental Issues*, April 2010, p-82

- 7.6 עבודת מחקר עדכנית אחרת היא עבודת מחקר שבוצעה בקליפורניה בסוף 2012³². בעבודה זו בוצעה השוואה של מתקנים ימיים ויבשתיים מבחינות רבות כאשר העבודה מסכמת שהתפלה עומדת להיות מרכיב חשוב ומרכזי ברמה הלאומית (האמריקאית) והעולמית כאשר האוכלוסייה גדלה ומנגד הנגישות למקורות מי שתיה יבשתיים אמינים הולכת ופוחתת.
- 7.7 החוקרים מצאו כי טכנולוגית ההתפלה בשלות, כך שניתן לתת אמון ביכולת לספק כמויות מים גדולות באיכות שתיה גבוהה ובצורה אמינה, ואולם החסרונות בסוגיות תפעול, עלות וכלכלה וסביבה לא השתנו מהותית. הצעות ומחקרים להעביר מתקני התפלה לים נועדו להתמודד עם חלק מהחסרונות. ספינה או פלטפורמה קבועה נמצאים בשלב מתאים לפיתוח. לשתי הקונפיגורציות פוטנציאל היכולת לפשט את תהליך האישורים למתקן התפלה ימי. בנוסף, להעברת מתקני התפלה לים תועלת נוספת בשימור משאבי קרקע החופית למטרות ויעודים אחרים ולמזער פגיעות אסטרטיות חזותיות.
- 7.8 עוד נציין כי האנרגיה הדרושה לטכנולוגיות ההתפלה מציגה מחסום לפיתוח. אספקת אנרגיה למתקן ימי מגבירה את המורכבות לאתגר זה, שכן מתקן כזה יכול להיות מופעל במקורות אנרגיה מסורתית (מחיבור חופי לרשת החשמל, גנרציה ספינתית עצמאית על דלקים, או חיבור לטרמינל אנרגיה ימי). מקורות אנרגיה מתחדשת כגון רוח, שמש, גלים גם יכולות להתמודד לאספקת החשמל בצורה לא רעה לאור שפע המצאות מקורות אלו בסביבה הימית.
- 7.9 **התפלה ימית המתבססת על אנרגיה גרעינית**: נציין כי בעולם קיימים מתקני התפלה ימיים ויבשתיים המשתמשים בחום שנוצר מאנרגיה גרעינית תוך שימוש משולב ליצור חשמל, התפלת ויצור מים לשתייה וחימום (קוגנרציה). כך יש מספר מתקנים יבשתיים כאלו ביפן, ומתקנים צפים על אוניות בארה"ב, בה כל נושא מטוסים טיפוסית מתפילה כ- 1.5 מליון ליטר כל יום (כלומר כ- 550,000 קו"ב בשנה)³⁴.
- 7.10 ברוסיה, חברת Rosatom, ביצעה את כל התהליכים על מנת לאשר מתקני התפלה צפים [Floating nuclear power plant (FNPP)] שנוסו על בסיס הפעלת 2 כורים גרעיניים (KLT-40S) של שוברות קרח. מתקנים אלו מספקים 120,000 קו"ב ליום (כמעט 45 מלמק"ש). בנוסף נוסה כור גרעיני קטן יותר (38 MW), שהושם על דוברה באורך 97 מ', שהתפילה 40,000 קו"ב ליום (15 מלמק"ש) על בסיס טכנולוגית התפלה של אוסמוזה הפוכה. בהמשך, ולאחר ביצוע לא מעט תהליכים תכנוניים וסביבתיים על מנת להציג את המיקומים ומרחבי הים המיועדים למתקנים נחתמו חוזים רבים, התעניינות רבה של מעל 20 מדינות. לאור הקשיים הכלכליים שונו לוחות הזמנים שתוכננו להקמה עד 2015 וכיום מדובר על הקמה של 8 מתקנים עד 2019³⁵.
- מתקן ההתפלה הצף הראשון (FNPP), המבוסס על ספינה באורך 144 מ' ברוחב 30 מ' אשר נקרא Academician Lomonosov, נבנה בסופו של דבר תוך שנה (מאי 2009 - יוני 2010) והוא תוכנן

³² *Feasibility Study of Offshore Desalination Plants*, Bureau of Reclamation, California State Water Resources Control Board, 2012

³³ <https://www.watereuse.org/watereuse-research/06-10b-feasibility-study-of-offshore-desalination-plants/>

³⁴ <http://www.world-nuclear.org/info/Non-Power-Nuclear-Applications/Industry/Nuclear-Desalination/>

³⁵ <http://www.world-nuclear.org/info/Country-Profiles/Countries-O-S/Russia--Nuclear-Power/>

להיות הראשון המותקן ליד חצי האי קמצ'טקה לצורך אספקת חשמל, חימום ומים לבסיס הצבאי ב-Vilyuchinsk, וזאת מתוך סדרה של כ- 8 מתקנים עד 2015 המיועדים למיקומים בהתאם למפה:



לאור בעיות כלכליות של חלק מהחברות המעורבות הותקנו המערכות רק באוקטובר 2013. החברה מתכננת לבנות את המתקן השני כמתקן צף שיושט אל מקום ושיועבר וימוקם כמתקן יבשתי ב-Pevek ולהפעילו עד 2019. כיום המתקנים נקראים FNCP או FPU.³⁶

נציין כי במאי 2014 חתמה הרשות לאנרגיה אטומית הסינית (CAEA) הסכם עם חב' Rosatom הרוסית לבניה משותפת של מתקני קוגנרציה גרעיניים לאיים הסינים. מתקנים צפים אלו יבנו בסין על בסיס טכנולוגיה רוסית וככל הנראה גם על בסיס כורים גרעיניים רוסיים. ובהמשך חתמה החברה הרוסית על חוזה לבניית מתקן צף דומה לאינדונזיה.

עוד אציין, כי האנרגיה הגרעינית היא דווקא "אנרגיה ירוקה" ואינה מזהמת את האוויר, וזאת אל מול הסיכון והפוביה הקיימת בציבור מתקלות ותאונות. דווקא מתקנים מבוסס אנרגיה גרעינית בים זוכים למנגנון הגנה נוסף ומהותי, שכן במצב של תקלה בכור ניתן להציף אותו ולהכיל את האירוע, דבר שלא ניתן לעשות במתקנים יבשתיים (תזכורת ארוע פוקושימה ביפן), כמו גם הרחקתם מהציבור.

7.11 **הרעיון להסבת אסדות הפקת גז/נפט הנמצאות בסוף חייהן לאיי התפלה**³⁷: מאמרים וגישות של מומחים שונים מכוונים להסבת מתקני הפקה וטיפול ימיים ניידים (על ספינות) וקבועים (אסדות) לטובת התפלה. פעילות וגישה זו נובעת מכך שבכל מקרה יחידות התפלה גדולות מצויות במתקנים אלו (אסדות/ ספינות) ומשמשות כחלק מתהליך ההפקה כיום (בטכנולוגיה חדשה), לאור גודל המתקנים, משטר האנרגיה הגדול שלהם והעובדה שאין בתהליך זה משום תהליך פיתוח חדש שאינו מוכר.

³⁶ floating nuclear cogeneration plant (FNCP) or floating nuclear power unit (FPU).

³⁷ W. Kent Tobiska, *Vision for Producing Fresh Water Using Space Power*, Space Environment Technologies, 2014



7.12 בנוסף, קיימות הצעות ופיתוחים חדשים על מנת לפתור את בעיית השימוש באנרגיה למתקני התפלה הימיים תוך שימוש באנרגיה ירוקה כגון אנרגיה סולארית, אנרגיית גלים^{38 39}, אנרגיית רוח ועוד^{40 41}. וניתן לראות את דוגמת מתקן מחקר להתפלה ימית מבוססת אנרגיה סולארית ורוח הפועלת בקפריסין משנת 2007^{42 43}.

TESTED SOLUTION - Floating Ecological Desalination

- LAUNCHING IN 2006
- INITIAL SEA TRIALS 6 Months
- IN AEGEAN SEA from 6/2007
- WIND SPEEDS UP TO 120 (design 200) km/hour
- INNOVATION - PATENTS
- LLOYD'S Innovation Award, REGIO STARS 2008
- Design for 1.000 m³/day
- Low Production + Maintenance cost

³⁸ A. Sena & F. Tadeo, *Offshore Desalination Using Wave Energy*, Hindawi, 2013

³⁹ C.Knight, S.McGarry, J.Hayward, P.Osman & S.Behrens, *A review of ocean energy converters, with an Australian focus*, AIMS Energy, Volume 2, Issue 3, 295-320

⁴⁰ <http://www.tufts.edu/water/pdf/thesis/SpangThesis2006.pdf>

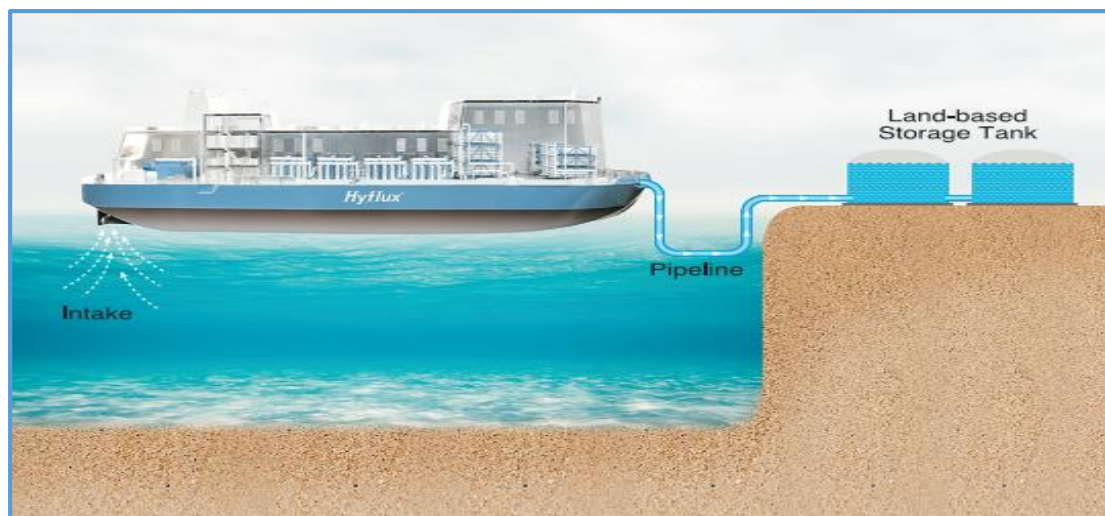
⁴¹ SpangThesis, **THE POTENTIAL FOR WIND-POWERED DESALINATION**, 2006

⁴² <http://www.eugcccleanenergy.net/LinkClick.aspx?fileticket=ZqInRRll4Og%3D&tabid=167&mId=649>

⁴³ <https://www.youtube.com/watch?v=bIrXKyWF8Nw>

7.13 בחזרה לגישות להתפלה ימית קונבנציונאליות יותר, התפרסם באתר WaterWorld, כי מכינים ספינת התפלה בסינגפור [FDPV], כאשר הפרוייקט מתוכנן להקמה תוך חצי שנה.⁴⁴

ביוני 2014 ב"שבווע המים העולמי" בסינגפור הציגה חברת המים הנורבגית Hyflux בשיתוף חברת EnviroNor את התכנון שלה לספינת התפלה קטנה בעלת שוקע נמוך היכולה להתקרב לחוף - FDPV (floating desalination production vessel) ⁴⁵, כאשר מערכות ההתפלה נמצאות על הסיפון המקורה בשטח של 2000 מ"ר, בעלת יכולת התפלה של 30,000 מ"ק ליום (כ- 11 מלמק"ש) עם יכולת אגירה עצמית של מיכלי מים למס' ימי הפעלה. הספינה תוכננה למטרות הומניטריות לקהילות הצריכות לאור אסונות טבע או במקרי חירום אחרים אספקה מהירה של מים נקיים.

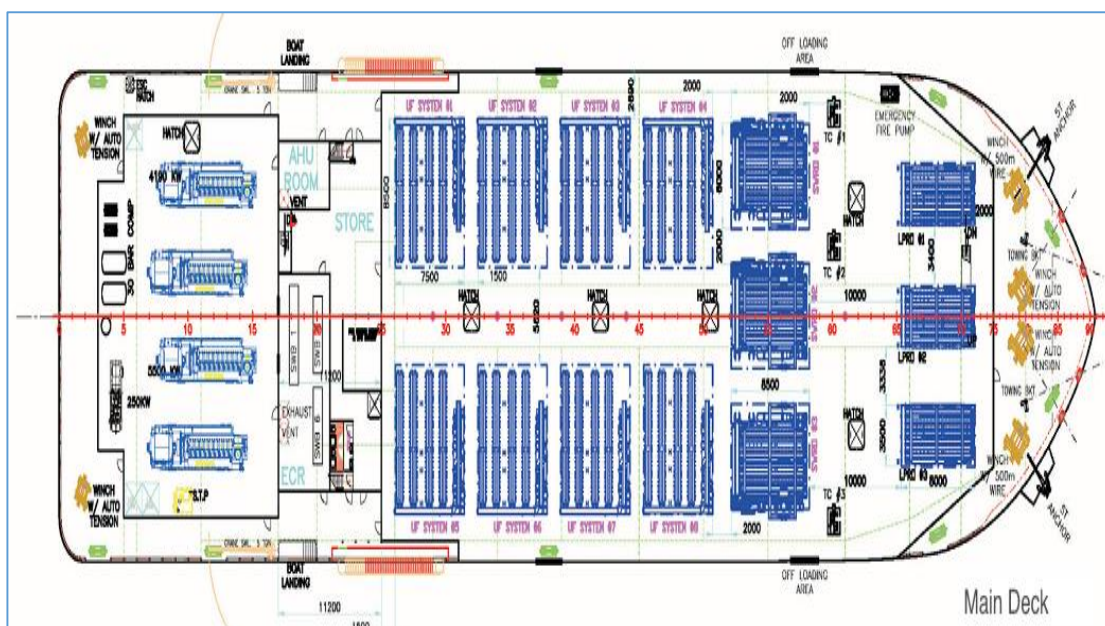


ובנתוני ההספקים הבאים – 10 מלמק"ש, 18MW:

FDPV-30 Specifications	
Product water capacity	30,000 m ³ /day
Power plant capacity	18,000 kW (3 x 6000 kW)
Propulsion	Non-Propulsion/Self-Propulsion (Optional)

⁴⁴ <http://www.waterworld.com/articles/2014/06/floating-desalination-vessel-nearing-commercial-roll-out.html>

⁴⁵ <http://www.hyfluxmembranes.com/images/documents/brochures/fdpv-eng.pdf>



7.14 בשנת 2015 הוצג קונספט נורבגי של התפיסה הבאה (כולל אופציה למתקן טיהור שפכים ימי), ראו לקונספט את האתר, ואת הסירטונים⁴⁶ ⁴⁷.



⁴⁶ <https://www.youtube.com/watch?v=OrAUmRg8jqg&feature=youtu.be>

⁴⁷ <https://www.youtube.com/watch?v=5oAVIPyh8A&feature=youtu.be>

שיחות עם נציגי החברה בארץ ובנורבגיה⁴⁸ מלמדות כי : חברת סיווג האוניות הגדולה בעולם, העוסקת בתקני אוניות (DNV GL), הצטרפה למיזם ואישרה את התפיסה הימית של החברה הנורבגית EnviroNor, ואת הגדלים והנתונים טכניים של Floating Desalination Vessels (FDV). הערכת הזמן להקמת ספינת התפלה בעלת הספק של 20 מלמק"ש היא 3-5 חודשים, ושל ספינת התפלה של 50 מלמק"ש היא 8-10 חודשים, כאשר ספינת ההתפלה צפויה לשמש כמפעל ל- 20-25 שנה לערך, וניתן להחליפה בספינה אחרת ו/או לשדרג המתקנים או מכלולים בהתאם לצורך.

ספינת התפלה ל-50 מלמק"ש (140,000 קו"ב/יום), בנויה על בסיס מיכלית בינונית בגודל של 120-150 אלף טון, צורכת 20 MW חשמל להתפלה, ויכולה לאחסן במיכליה גם 120,000 קו"ב מים. מקור האנרגיה יכול להיות גמיש ולהיות מבוסס על – חשמל מהחוף, גז טבעי, LNG או CNG, או כל דלק אחר. יוזכר כי כל ספינה מחויבת לעמידה בתקנים מחמירים בין לאומיים של זיהום אוויר, וזאת ללא קשר לתקן סביבתי מדינתי מקומי.

החברה ממליצה על מיקום ספינת ההתפלה במרחקים של 10-15 ק"מ מהחוף על מנת להפחית את ההשפעה החזותית, אך אפשר לקבוע מיקום בכל טווח נדרש. הדבר משפיע על אורך צנרת מי השתיה הנדרשת להגיע לחוף (ולחץ דחיקת המים), וכתלות בעלויות ומיקום. כך אין ספק כי מדובר ביכולת ובטכנולוגיה קיימת, אמינה, המתחברת לתפיסה העכשווית של הסבת מיכליות וספינות משימוש הראשוני אל שימוש חדש (מיחזור), תוך הוזלת עלויות, ומתן פתרונות הן לרגולציה התכנונית ביבשה, הן לבעיות הסביבתיות ולסיכונים למי תהום.

7.15 מהסקירה שתוארה לעיל כך אין ספק כי יכולות התפלה ימית בטכנולוגיה קיימת היא יכולת אמינה, ומתחברת לתפיסה העכשווית של הסבת מיכליות וספינות אל שימוש חדש (מיחזור), תוך הוזלת עלויות, ומתן פתרונות:

7.15.01 לרגולציה התכנונית ארוכה ביבשה.

7.15.02 לאזורים ללא שטחי קרקע מתאימים והמאפשרים למתקן יבשתי.

7.15.03 למניעת פגיעה בשטחים פתוחים,

7.15.04 להרחקת המפעל לים לטווחים המונעים זיהום מכל סוג שהוא.

7.15.05 להרחקת המפעל על מנת למזער פגיעה חזותית / נופית.

7.15.06 להעברת מים נקיים אל היבשה ללא פגיעה במי תהום/ וללא פוטנציאל הרסני לפגיעה בקרקע ובמי התהום.

7.15.07 טכנולוגיה ימית כזו תאפשר מזעור שטחים נדרשים למפעל התפלה, כמו גם מיזעור צרכי אנרגיה <=> מיזעור עלות המים מותפלים לכל אזור על בסיס אנרגיות שונות.

⁴⁸ Talks and mails with company officials.

8. היתרונות הנוספים להעדפת התפלה במתקנים ימיים על פני מתקנים יבשתיים^{49 50}:

8.1 התפלה ימית סביבתית יותר - חוקרים מציגים כי על אף שטכנולוגיות התפלה יבשתית וימית מפריעות

לסביבה הימית, המחקרים מציגים כי התפלה ימית מפריעה פחות לסביבה הימית, וכי התכנון והמימוש הימי אל מול היבשתי קל ונגיש יותר, כמו גם מדובר בתהליך התפלה זול יותר הצורך פחות אנרגיה ש/כן ספינות משתמשות בצנרות מי גלם קטנות וצרות יותר לעומק הים שם אור השמש אינו מפריע ולכן פוגע בפחות אורגניזמים המשפיעים על שרשרת המזון, ואינו מעביר אל הממברנות חומרים נספים הנדרשים בסינון כמו בהתפלה יבשתית.

כאן נזכיר כי במפרץ חיפה עוגנות מידי שנה מאות עד אלפי אוניות אשר מתפילות מי ים ממפרץ חיפה כמי שתיה בטכנולוגיות שונות, וללא כל בעיה. כך גם קיים בספינות אחרות בישראל ובעולם. כאשר היתרון הוא שמי הגלם מגיעים מעומק הים אך לא בקרבת הקרקעית מאזור בו זרמי הים והתנועה המתמדת מאפשרים מי גלם נקיים יותר, ואין הם מכילים אורגניזמים רבים הנדרשים בסינון ובתהליך ההתפלה. ועל זאת ניתן להזכיר ולציין כי מספר רב של מומחים להתפלה בעלי שם וניסיון ישראלי ובן לאומי נרחב קבעו כי אין כל בעיה להתפיל ממימי מפרץ עכו, חיפה⁵¹ ומכל מקור מי ים⁵².

8.2 יתרון ייחודי להתפלה בים ומהים במצב של זיהום ים – גם כנגד אירועי זיהום ים להתפלה ימית

יתרון, שכן מי הגלם המשמים להתפלה בספינה / אסדה מקורם ממי עומק של 20 מ' עומק ויותר (בהנחת שוקע ספינה של 8-12 מ', וצנרת נוספת מהעומק).

אירועי זיהום ים משמן יראו על פני המים ומי הים העמוק עצמו לא צפויים להזדהם. גם כשמדובר בזיהומי מזוט או דלק כבד אחר לאחר תקופה קצרה המזוט שוקע למעמקי הים ומתגבש, כך שלא יפריע בתהליך התפלה או סינון.

לעומת זאת בכל מתקן התפלה יבשתי השואב את מי הגלם מהים, הרי הוא שואב אותם מעומקי ים נמוכים יחסית, ובקרבת הקרקעית עם כל הרעות החולות המתלוות לכך באופן רגיל (אצות, משקעים וכיו"ב) ובודאי בעת זיהום ים אשר יחייב (מן הסתם) להפסיק את פעולות ההתפלה עקב חשש לסתימת המסננים/ צנרות וכיו"ב.

⁴⁹ Joni Northam, *Open-Ocean or Land-Based Desalination: Responses to Water Scarcity that Reduce Environmental Impacts*, **Arizona Water Resource** Volume 19(2) Spring 2011

⁵⁰ <https://wrrc.arizona.edu/awr/sp11/oceanorland>

⁵¹ "איכות מי הים באזור מפרץ חיפה לצורך הקמת מתקן התפלה", מכתבו של רפי סמית, פרופ' להנדסה כימית ודקן הפקולטה להנדסה כימית ע"ש וולפסון, טכניון, נשיא האיגוד הישראלי להתפלה, מתאריך 22.07.2012

⁵² שיחות והתכתבות עם פרופ' רפי סמית, פרופ' דן זסלבסקי, פרופ' יורם אבנימלך, Prof. Jose Luis Sanchez Lizaso (ספרד), Prof. Dr.-Ing. Tobias Bleninger (ברזיל).

9. ניתוח מגבלות תכנון המים בישראל בראיית ההווה והעתיד :

- 9.1. נציין כי תוכניות למשק המים הישראלי קיבלו חיזוק כבר כמעט שני עשורים למן החלטות הממשלה על מצב חירום במשק המים (1999)⁵³, דרך החלטות ממשלה לאורך השנים להתפלה מאסיבית⁵⁴, ודוגמת ועדת חקירה ממלכתית למשק המים (2010) דרך תוכניות האב למשק המים, תוכניות מתאר ארציות למתקני התפלת מים קטנים (תמ"א 5/ב/34) ותוכניות מתאר לעתיד לבוא (תמ"א 2/2/ב/34), ודרך תוכניות תשתיות לאומיות למתקני ההתפלה כגון אלו שנבנים באתר שורק (שורק 1, שורק 2) ועתידים להוות יחדיו את המתקן ההתפלה הגדול בעולם (300 מלמק"ש).
- 9.2. כאשר מנגד מוצגות קולות המציגים את החסרונות היבשתיים של מדינת ישראל. כדוגמא לכך ניתן לציין את המסר שנאמר ע"י יו"ר הולנת"ע ור' מינהל התכנון (דאז), שמאי אסיף, עוד בולנת"ע מס' 424 ממרץ 2010 (16/3/2010), שהצרכים להקמת מתקני תשתית על כמות הקרקעות והמרחבים הקטנה, ובעיקר בקרבת החופים מחייבת אותנו להבין, ובמקביל למימוש החלטות עקרוניות לשימור שטחים פתוחים בהסתכלות קדימה, כי אסור לאשר הקמת מתקנים נוספים כאלו לאור הנזקים הסביבתיים והמעשיים שהם גורמים, וכי יש לבחון ולבדוק אופציות אחרות לפתרון.
- 9.3. ידוע לנו כי הוצגו אופציות רבות לפתרון בעיית המים למן הקטנת צריכה ועד פתרונות רבים לחיסכון במים, אך גם ברור כי גידול האוכלוסייה עצמו יחייב מציאת מקורות מים על מנת לכלכל את האוכלוסייה בראיה של 40 שנה קדימה. והשאלה שצריכה להישאל היא איך מקדמים פתרונות אלו ??
- 9.4. עוד ברור מהעבודה על משק המים הישראלי עד 2050 כי "נוסחת האצבע" לכמות העתידית הנדרשת היא כי בהתאם למקדמי הביטחון (הגדולים) שנלקחו במסגרת ההסתכלות העתידית על משק המים⁵⁵, ובהתייחסות אליהם יידרש לבנות בכל 5-8 שנים לערך מפעל התפלה גדול נוסף, וכי מדינת ישראל תצטרך עד 2050 בין 12-15 מפעלי התפלה גדולים פועלים (150 מלמ"ש כל אחד מהם), לא מוגדר היכן חלקם יוקמו ויפעלו, וזאת בהתאם לתמ"א 2/2/ב/34 שפורסמה ברשומות במאי 2014.
- 9.5. כאשר אנו משקללים את המגבלות של המרחבים הפתוחים בחופי מדינת ישראל, התמעטות השטחים הירוקים והחקלאיים משנה לשנה, ולידם נוסף את עקרון הצמדת התשתיות, נגיע למסקנה הברורה על פניה כי בכל מקום שבו נמצא או מוקם כיום מפעל התפלה, יוצמד לו בעתיד מפעל התפלה נוסף, אלא אם ימצאו פתרונות טכנולוגיים ראויים אחרים שיביאו מזור לתוספת התשתיות הנדרשות לאור גידול האוכלוסייה, וזאת במגבלות הקרקע הנדרשת בקרבת החופים במדינת ישראל, ותוך שמירה על פיתוח בר קיימא המסתכל גם על הדורות הבאים.
- 9.6. והפתרון המוצע והמומלץ הוא לפנות ולהקים את מפעלי התעשייה העתידיים של ההתפלה בים על מנת לזכות במלוא היתרונות הימיים ולחסוך את החסרונות הגלומים בהקמת מפעלי התפלה יבשתיים, ואת זאת לעשות כבר עתה (ולא עוד 20 שנה), ולא להקים מפעל התפלה יבשתי בלב שטחים ירוקים ובקרבה מדאיגה לבתי תושבים בגליל המערבי בשטחי קיבוץ לוחמי הגיטאות ו/או מושב רגבה.

⁵³ החלטת ממשלה מס' 4895 מיום 7.03.1999.

⁵⁴ מסמך מרכז מחקר הכנסת, פלורה קוך דבדוביץ', התפלת מים בישראל – החלטות ממשלה 1999-2008, 12.01.2009.

⁵⁵ 1850 מלמק"ש בהתאם לנספח א' בתמ"א 2/2/ב/34.

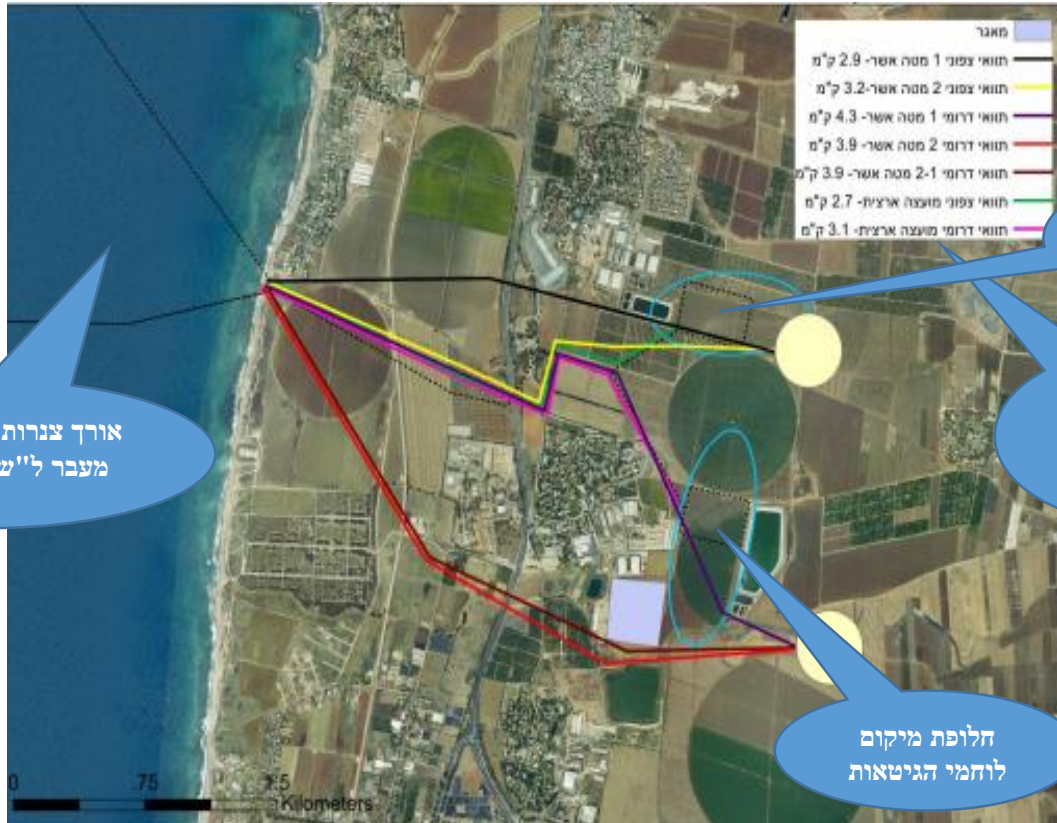
10. השוואה בין פתרון התפלה ימי ליבשתי במקרה ספציפי – מתקן התפלה בגליל מערבי על בסיס

תמ"א 34/2/3 אל מול התפלה מהים :

10.1. במסגרת הליך התכנון של תמ"א 34/2/3 הוחלט במועצה הארצית (יוני) כי חלופות המיקום למפעל

ההתפלה בגליל המערבי יבחנו בין 2 חלופות יבשתיות בלבד – חלופת שטח חקלאי של קיבוץ לוחמי הגיטאות בקרבה לבתי תושבים ומושב רגבה, כאשר המתקן יבנה בשלבים ובתחילה כ- 50 מלמק"ש.

10.2. להלן מרחקי צנרת יבשתית למפל ההתפלה לחלופות אלו⁵⁶:



לגבי מרחק הצנרת הגלם בים נקבע בהנחיות לתסקיר הסביבתי של המשרד להגנת הסביבה מיום 27.04.15 כי **אורך הצנרות בים יהיה 3 ק"מ**, מערבית לרכס הכורכר התת ימי "שונית שמרת".

10.3. כלומר, נתוני הבסיס למתקן ההתפלה בגליל מערבי: הקמת מתקן בשלבים, תחילה בגודל 50 מלמק"ש

אך עם תשתיות והכנות עד ל- 200 מלמק"ש (על מנת שלא יהא צורך נוסף לחפור בים או ביבשה),

אורך צנרת הזנת מי ים והוצאת תמלחות בים של 3 ק"מ, אורך צנרת יבשתית אל המתקן מעל 3 ק"מ,

כשמדובר על מינימום 3 צנרות (2 צנרת הזנה וצנרת רכז תמלחות) = קרי 6-7 ק"מ צנרת וכ- 2 תחנות

שאיבה ודחיקה בדרך מ/אל מפעל ההתפלה.

⁵⁶ אתוס, סיכום פגישה במועצה האזורית מטה אשר מיום 2.08.15

- 10.4. מולם נעמיד את ההתפלה הימית במתקן ימי באזור מפרץ חיפה ואו מול כל אזור תעשייה אחר: כאשר מכלולי ההתפלה זהים, אלא הזיוד בספינה הוא שונה, אורך צנרת הזנה למי גלם קצר ביותר (בין הספינה לצנרת מדובר בכמה עשרות מ'), וכך גם צנרת הוצאת תמלחות, כאשר אל החוף מגיע צנרת מים נקיים בלבד בקוטר מתאים (בשונה מ- 3 הצנרות המינימאליות המגיעות אל החוף בכל חלופה יבשתית אחרת) החוסכת את יכולת הדחיקה והשאבה האנרגטית והמסובכת בחלופה היבשתית. וזאת בנוסף ליתרונות הסביבתיים, אי תפישת שטחים פתוחים או חקלאיים וכיו"ב.
- להלן טבלת השוואה עם מאפייני בדיקה בין החלופות היבשתיות לבין חלופת ההתפלה הימית:

מאפייני בדיקה	חלופות יבשתיות לוחמי הגטאות/ רגבה	ספינת התפלה במפרץ עכו/ מערבית לט. כרמל	הערות
יעוד המיקום	שטח חקלאי יבשתי	שטח ימי מופר	
פגיעה / הפרת בשטחים פתוחים	פגיעה/הפרת בשטחים פתוחים	לא מפר / פוגע בשטחים פתוחים	לא מפר / פוגע בשטחים פתוחים
מקור יניקת מי הגלם	שמורת טבע ימית	שטח ים מופר	יניקה מעומק המים ולא בקרבה לקרקעית
אורך צנרת ימית	3 ק"מ (הנחיות הגנ"ס)	עשרות מ'	מהים למתקן הספינתי
אורך צנרת יבשתית	3-3.5 ק"מ	עד לחוף	תלוי מיקום ספינת ההתפלה
כמות צנרות	3	1	נדרשת צנרת מים מתוקים
מס' תחנות שאיבה/דחיקה	מינימום 2	1	דרוש לדחיקת מים לשתיה אל היבשה
אנרגיה לתפעול	הגדולה ביותר (אורך צנרות, יניקת מי גלם ודחיקת תמלחות)	בינונית (שאיבת מי גלם ופיזור רכז תמלחות בקרבת הספינה, דחיקת מים לשתיה לחוף)	כמות האנרגיה למתקן ימי היא הקטנה ביותר
עלות הקמת מפעל	הגדולה ביותר	פחותה מעלות יבשתית	פחות צנרות, לא דורש הפקעת קרקעות, היטלי פיתוח וארנונה וכי"ב
עלות תפעול ותחזוקה	נמוכה מהימית	גבוהה מהיבשתית	הפרשים נובעים מתוספת עלות תפעול של הספינה
סיכון למי תהום	קיים (צנרות מי הגלם והתמלחות)	אין סיכון	ליבשה מגיעים מי שתיה נקיים
סיכון לזיהום קרקע חקלאית	קיים (צנרות מי הגלם והתמלחות)	אין סיכון	ליבשה מגיעים מי שתיה נקיים
סיכון לזיהום ימי	גדול ביותר –בשמורת טבע ימית מוצעת	חוזר לשטח מופר במפרץ עכו/חיפה ("ברכה")	סיכון נמוך
שרידות המתקן בפני אירועי "פגיעה מכוונת"	שרידות נמוכה – מתקן גדול ורחב, בסיכון לאיומי נשקים ממכלול סוגים, ולכן גם פגיע וקשה ביותר לאבטחה	שרידות גבוהה- מתקן קטן בשטח פנים, מצוי בים, (סביבה ייחודית) שמיקומו משתנה במקצת בהתאם לגלים והרוח.	שטח הפנים של מתקן ימי קטן ממתקן יבשתי, על כן מול נשק רקטי סטטיסטי הוא בעל שרידות גבוהה

11. סיכום :

- 11.1. עבודה זו נועדה להציג כי קיימת חלופת מיקום נוספת להקמת מתקן התפלה הקרוי "מתקן התפלה גליל מערבי" כאשר הוא בכלל מיועד למחוז חיפה רבתי (וצריך להיקרא "מתקן התפלה למחוז חיפה"), במדינת ישראל בעלת מאפייני חופים צפופים, חוסר בשטחים פתוחים ומחסור בקרקעות ככלל, והיא חלופה ההתפלה הימית – בים ומהים.
- 11.2. העבודה מציגה רקע וניסיון בעולם ומלמדת כי העולם, שהחל להתפיל תחילה בים (ספינות), הוא בדרך לחזור לעידן ההתפלה הימית לטובת ערים ואוכלוסיות גדולות. יזמות שיכולה לפתוח צוהר לתעשייה משגשגת לאור צרכים ברורים למים ההולכים ומתגברים עם גידול האוכלוסיה והשפעתה המרחבית, כמו גם עם תהליכי המידבור העולמיים.
- 11.3. לאור כל אלה סיכומה של העבודה מלמד כי **אין כל בעיה טכנולוגית או אחרת בהתפלה ימית**, כולל לא בהתפלה ימית ממיי מפרץ חיפה ובודאי שלא להתפלה ממיי הים התיכון מערבית לאזור התעשייה טירת כרמל (לשם הדוגמא), וכי **קיים ניסיון נרחב בהתפלה ימית** כך שהשאלה היחידה שנותרה היא שאלה של השוואה כלכלית הולמת המתכללת את כל המכלולים הקשורים. השוואה כזו, חשוב כי תיעשה מקצה אל קצה, תוכיח כי במקרה הנדון אל מול חלופת הקמת מתקן התפלה בשטחי קיבוץ לוחמי הגיטאות ו/או מושב רגבה, עלויות התפלה ימית יהיו זולות יותר. ברור כי על מנת שמול הרשויות יהיו נתונים מוסכמים – **יש להוציא מכרז כלכלי מסודר שבו יתבקשו עלויות כחלק מהשקיפות הנדרשת וטרם החלטות הרות גורל על מפעל ההתפלה**, ואת זאת נבקש את רשות המים לעשות.
- 11.4. **במבט אל העתיד**, והצורך למצוא פתרונות "מחוץ לקופסא" ובהתחשב בתנאים הייחודיים של מדינת ישראל (חוסר בשטחים הפתוחים, חוסר בחופים פתוחים, גידול אוכלוסייה נרחב, מחיר ההתפלה במגוון הנושאים והצורך ליעל את משק האנרגיה, וההכפלה הצפויה של שטחי הבינוי והתשתיות על כל סוגיהם בעוד כמה עשרות שנים), ובצורך למצוא ברמה הלאומית פתרונות שיאפשרו שימוש במרחב הימי כתחליף לשימושים יבשתיים תוך "פיתוח בר קיימא"⁵⁷ תוך שימור טבע, איכות אויר, מרחבים פתוחים לעתיד, מחייב בדיקה מעמיקה ושוטפת של אופציות שיביאו אותנו לשימוש יעיל וסביבתי במרחבי הים, במרחק מספק ומאזן מהחופים, לצרכי מיקום ושימוש במתקני תעשייה ותשתיות, בדומה לתפיסת "השדירה הכחולה" כדברי פרופ' מיכה בורט ופרופ' אמנון סופר⁵⁸.
- 11.5. בהמשך לחו"ד של פרופ' אבנימלך⁵⁹ בה מוצג כי בהסתכלות עתידית כל הנדרש היא תוספת יכולת התפלה של 50-100 מלמק"ש למשך ה- 40 שנה הבאות, נפתחה הדרך לבדוק יכולת התפלה ימית של 50 מלמ"ק ע"ג ספינה, אשר ניתן יהיה לחבר את צנרת תוצר המים לשתייה ישירות לחוף באזורים רלבנטיים לאורך חופי ישראל. **ועל כן בשלה הדרך והגיע הזמן לבחון את האופציה הימית באמצעות הוצאת מכרז רשמי ועל מנת להציג בצורה אובייקטיבית את הפתרון הימי והעלויות לו, כחלופה אפקטיבית נוספת להקמתו של מתקן התפלה יבשתי למחוז חיפה או גליל מערבי, וככלל כחלופה תיכנונית רלבנטית לצרכי מים עתידיים למדינת ישראל בכל נקודה ונקודה.**

⁵⁷ הטכניון, **תכנית ימית לישראל**, 2015. עמ' 34. מסמך מסכם זה וחומרים רבים אחרים מופיעים באתר "תכנית ימית לישראל" msp-israel.net.technion.ac.il

⁵⁸ מיכאל בורט ואמנון סופר, **האופציה הימית – השדירה הכחולה**, קתדרת חייקין אוניברסיטת חיפה, פברואר 2014.

⁵⁹ פרופ' יורם אבנימלך, **אספקת מים מותפלים למחוז חיפה – סקירה ובדיקת חלופות**, דצמבר 2015.

בבליוגרפיה:

1. דו"ח שנתי רשות המים לשנת 2014, מופיע באתר רשות המים <http://www.water.gov.il>
2. הטכניון, **תכנית ימית לישראל**, 2015
3. מיכאל בורט ואמנון סופר, **האופציה הימית – השדירה הכחולה**, קתדרת חייקין אוניברסיטת חיפה, פברואר 2014.
4. פרופ' יורם אבנימלך, **אספקת מים מותפלים למחוז חיפה – סקירה ובדיקת חלופות**, דצמבר 2015
5. אביב ניהול, הנדסה ומערכות מידע בע"מ, **"דוח מסכם למסמך מדיניות לאיים מלאכותיים לתשתיות"**, הוצג למועצה הארצית לתכנון ובניה ביום 7/08/2007
6. רשות המים (חב' לודן), **מתקני התפלה ימיים - מסמך ראשוני לבחינת הניסיון הקיים בהתפלה במתקנים צפים**, ינואר 2008
7. אתוס, **סיכום פגישה במועצה האזורית מטה אשר** מיום 2.08.15
8. מרכז מחקר הכנסת, פלורה קוך דבידוביץ', **התפלת מים בישראל – החלטות ממשלה 1999-2008**, 12.01.2009
9. החלטת ממשלה מס' 4895 מיום 7.03.199
10. **"איכות מי הים באזור מפרץ חיפה לצורך הקמת מתקן התפלה"**, מכתבו של רפי סמיט, פרופ' להנדסה כימית ודקן הפקולטה להנדסה כימית ע"ש וולפסון, טכניון, נשיא האיגוד הישראלי להתפלה, מתאריך 22.07.2012
11. פרופ' בקר וחב' תבור, **חוות דעת כלכלית חלופות מתקן התפלה בגליל מערבי**, 25122015
12. משרד המדע, **סיכום ממצאי בדיקת ההיתכנות להקמת איים מלאכותיים לצורכי אשכול תשתיות**, יולי 2013 (דו"ח שלא הופץ רשמית)
13. World Health Organization, **Desalination for Safe Water Supply Guidance for the Health and Environmental Aspects Applicable to Desalination**, Geneva 2007
14. Joni Northam, **Open-Ocean or Land-Based Desalination: Responses to Water Scarcity that Reduce Environmental Impacts**, Arizona Water Resource Volume 19(2) Spring 2011
15. **Feasibility Study of Offshore Desalination Plants**, Bureau of Reclamation, California State Water Resources Control Board, 2012
16. Florida Department of Environmental Protection, **Desalination in Florida: Technology, Implementation, and Environmental Issues**, April 2010
17. W. Kent Tobiska, **Vision for Producing Fresh Water Using Space Power**, Space Environment Technologies, 2014
18. OECD, **SHIPBUILDING AND THE OFFSHORE INDUSTRY**, C/WP6(2015)5/FINAL, 12.06.15
19. N. Ghaffour, T.M. Missimer, G. L. Amy, **Technical review and evaluation of the economics of water desalination: Current and future challenges for better water supply sustainability**, **Desalination** 309 (2013) 197–207
20. 20080220-BE-GEI-Desal-Projects-Report-FINAL, **Evaluation of Seawater desalination project proposed to Monterey Peninsula** 20.02.2008
21. WORCESTER POLYTECHNIC INSTITUTE, **Green Reverse Osmosis Pretreatment for Shipboard Desalination**, April 19, 2010
22. Spang Thesis, **THE POTENTIAL FOR WIND-POWERED DESALINATION**, 2006

23. C.Knight, S.McGarry, J.Hayward, P.Osman &S.Behrens, ***A review of ocean energy converters, with an Australian focus***, **AIMS Energy**, Volume 2, Issue 3, 295-320
24. A. Sena & F. Tadeo, ***Offshore Desalination Using Wave Energy***, Hindawi , 2013
25. <http://www.water.gov.il/Hebrew/about-reshut-hamaim/DocLib/water-authority-report-2014.pdf>
26. <https://wrrc.arizona.edu/awr/sp11/oceanorland>
27. <https://www.youtube.com/watch?v=5oAVIPyh8A&feature=youtu.be>
28. <https://www.youtube.com/watch?v=5oAVIPyh8A&feature=youtu.be>
29. <http://www.waterworld.com/articles/2014/06/floating-desalination-vessel-nearing-commercial-roll-out.html>
30. <http://www.hyfluxmembranes.com/images/documents/brochures/fdpv-eng.pdf>
31. <https://www.youtube.com/watch?v=bIrXKyWF8Nw>
32. <http://www.eugcccleanenergy.net/LinkClick.aspx?fileticket=ZqInRRll4Og%3D&tabid=167&mid=649>
33. <http://www.tufts.edu/water/pdf/thesis/SpangThesis2006.pdf>
34. <http://www.world-nuclear.org/info/Country-Profiles/Countries-O-S/Russia--Nuclear-Power/>
35. <http://www.world-nuclear.org/info/Non-Power-Nuclear-Applications/Industry/Nuclear-Desalination/plants/>
36. <http://www.oecd.org/sti/ind/oecd-shipbuilding-workshop-kokubun.pdf>
37. <http://www.oecd.org/sti/ind/workshoponshipbuildingandtheoffshoreindustry.htm>
38. <http://www.subseainfrastructure.com/presentations/>
39. <http://www.subseainfrastructure.com/projects/cyprus/>
40. <http://www.abunayyanholding.com/en/casestudy/what-we-do/case-studies/floating-desalination.html?sector=6>
41. <https://www.niot.res.in/index.php/node/index/164/>