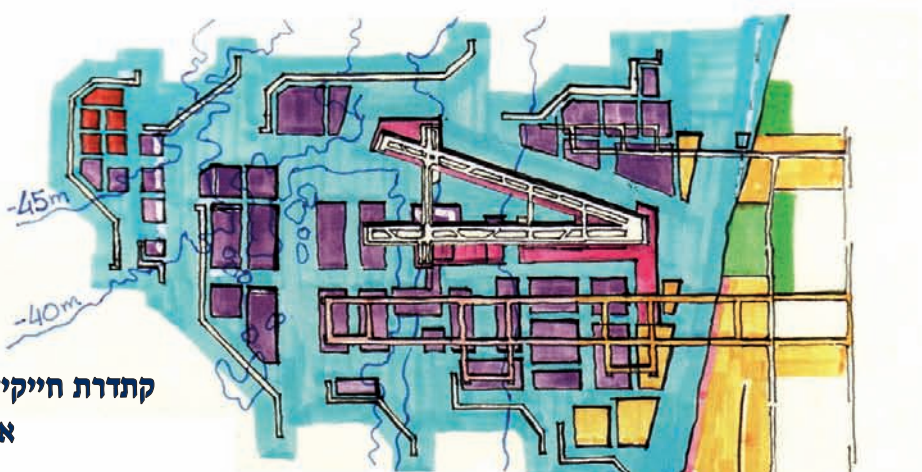




קתדרת חייקין לגאואסטרוגיה  
אוניברסיטת חיפה

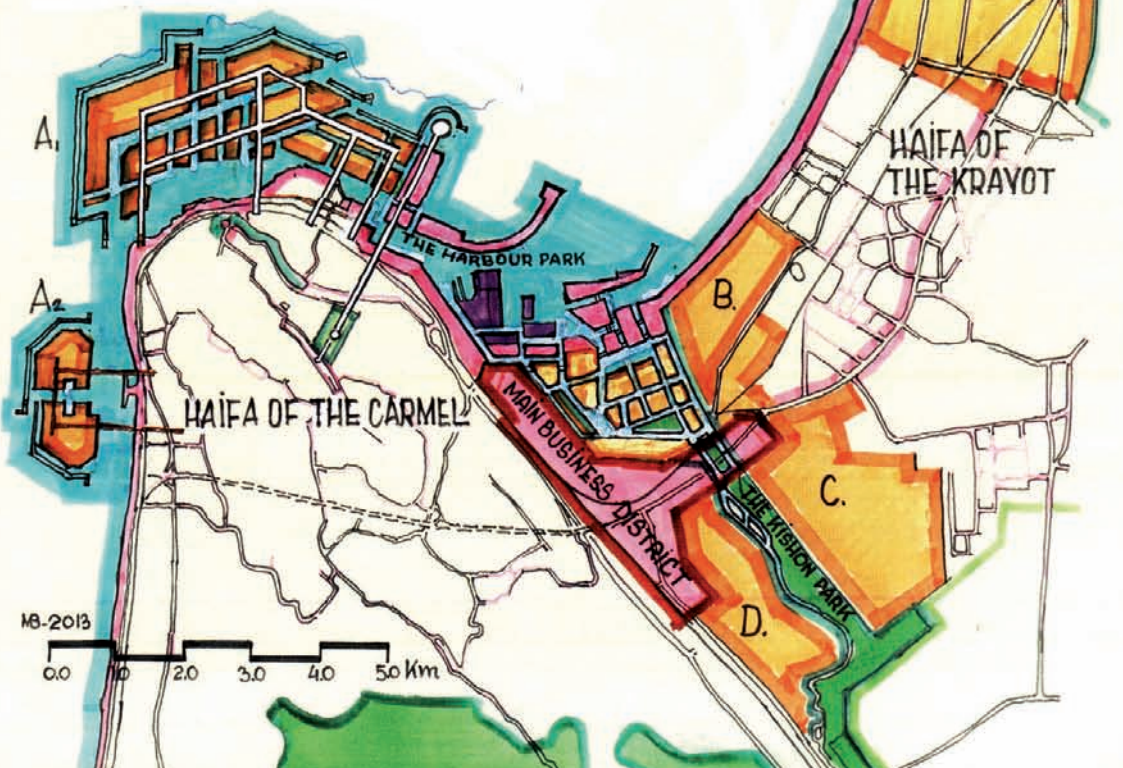


# האופציה הימית

## השדרה הכחולה

מיכאל בורט

ארנון סופר





קתדרת חייקין לגאואסטרטגיה  
אוניברסיטת חיפה

# האופציה הימית

## השדרה הכחולה

מיכאל בורט

ארנון סופר – מבוא וסיכום

פברואר 2014

## קתדרת חייקין לגאואסטרטגיה, אוניברסיטת חיפה

הקתדרה עוסקת בנושאי הביטחון הלאומי שלהם ביטוי מרחבי, ובהם משאבים טבעיים ותפוצתם, פריסת האוכלוסייה, התשתית הפיזית והמרכיבים הסביבתיים. הקתדרה מפרסמת ניירות עמדה, נותנת ייעוץ למקבלי החלטות בכירים, יוזמת מחקרים, ימי עיון וכנסים, מוציאה ספרים ועבודות מדעיות ומסייעת לתלמידי מחקר בתחומים הנזכרים לעיל. כמו כן עוסקת הקתדרה בהפצת הנושא בבתי הספר התיכוניים ובמוסדות אקדמיה.

**ראובן חייקין ז"ל (1918–2004)**

ראובן חייקין נולד בתל אביב, היה שותף בכיר במשרד רואי החשבון סומך-חייקין, גילה עניין רב בגאוגרפיה ובגאופוליטיקה וסייע רבות לתחומים אלה באוניברסיטת חיפה.

יהי זכרו ברוך!

ראש הקתדרה: **ארנון סופר**

עורכת: **רונית כהן-ספר**

עריכת לשון: **עפרה פרי**

עריכה גרפית והבאה לדפוס: **נוגה יוסלביץ**

הודפס בישראל בשנת 2014

© כל הזכויות שמורות לקתדרת חייקין לגאואסטרטגיה באוניברסיטת חיפה

ISBN 965-7437-40-7

הדפסה: א.א.א. הדפסות בע"מ

[ch-strategy.hevra.haifa.ac.il](http://ch-strategy.hevra.haifa.ac.il)

## תוכן העניינים

4	פתח דבר
5	האופציה הימית: הצורך ביציאה אל הים – ארנון סופר
5	צפיפות ודמוגרפיה
7	תהליכי עיור מואצים – האומנם פגיעה בכושר הנשיאה של הארץ?
9	מהם הצרכים הצפויים בנושאי תשתיות?
12	ההיסטוריה של רעיון הקמת איים מלאכותיים בים
16	השדרה הכחולה: הצגת טכנולוגיה – מיכאל בורט
16	הקדמה
16	הצגת הטכנולוגיה
19	היתכנות ועלויות
20	ישימות
30	האופציה הימית לפלסטיין
31	סיכום ומסקנות – ארנון סופר
34	מקורות

## פתח דבר

קתדרת חייקין לגאואסטרטגיה קיבלה על עצמה להעלות לסדר היום את הצורך הדחוף להתחיל במימוש הרעיון, שאינו חדש, להקמת איים מלאכותיים מול חופי ישראל, על מנת להקל על הלחצים הרבים במישור החוף. בעבודתו של יורי ברונשטיין על שינוע צה"ל בעתות חירום, שפורסם ב-2013, רמזנו על הצפיפות במישור החוף שהופכת להיות בלתי נסבלת וברגעי חירום עלולה למנוע את תנועת צה"ל מלהגיע אל החזיתות השונות. שמואל וייס בעבודתו על הצורך בייבוש איים בים (וייס 2014) סקר את מכלול הצרכים והבעיות שמעלה רעיון זה. במסמך הנוכחי אנו מביאים לידיעת הנוגעים בדבר פתרון לאחד הקשיים במימוש הרעיון, והוא המחסור בחומרי מילוי להקמת האיים.

פתרון זה וההצעות של מיכאל בורט המובאות כאן אולי יעוררו מחדש את הדיון הציבורי כדי לקדם את הרעיון ולהתחיל לפחות בשלב ראשון לנסות את ישימותו. לפתרון של בורט צירפנו הקדמה רחבה על הצורך לתת מענה ללחצים במישור החוף של ישראל וכן סיכום של ראש הקתדרה המביא את מכלול הבעיות שעדיין יש להתגבר עליהן בטרם נתחיל במימוש הרעיון.

אנו מודים לפרופ' מיכאל בורט, ששימש כמה פעמים דיקן הפקולטה לארכיטקטורה בטכניון, על שהסכים לפרסם את רעיונותיו המקוריים בקתדרת חייקין לגאואסטרטגיה באוניברסיטת חיפה.

תודה לרונית כהן-ספר על הסיוע בעריכה, לעפרה פרי על העריכה הלשונית ולנוגה יוסלביץ על העריכה הגרפית וההבאה לדפוס של המסמך.

שלכם,

פרופ' ארנון סופר

ראש קתדרת חייקין לגאואסטרטגיה

חיפה, פברואר 2014

## האופציה הימית: הצורך ביציאה אל הים

### ארנון סופר

בעידן שבו הולך ומתברר עד כמה גבולות הקבע היבשתיים של מדינת ישראל צפויים להיות מצומצמים בהיקפם נראה החלום של התרחבות טריטוריאלית, שאינה קשורה בתשלום פוליטי או מדיני, מושך מאי פעם. הקמתם של איים מלאכותיים במי הים התיכון, לא הרחק מחופי הארץ, היא רעיון השובה את דמיונם של מהנדסים ומצית את התלהבותם של פוליטיקאים ויזמי נדל"ן.

כיוון ההתרחבות הזה, החדש לכאורה, קיבל לראשונה ביטוי לפני יותר משמונים שנה במאמרו של דוד בן-גוריון "לקראת הים" (1932), שבו כתב בין השאר:

הים הגדול הזה נחשב לתחום המערבי של ארצנו. זוהי טעות נפסדת, שעלינו לעקור משורשה. מבחינה יישובית, כלכלית ופוליטית יש לראות בים התיכון לא את גבולה אלא את המשכה של ארצנו. על חוף הים לא מסתיימת הארץ אלא יבשתה בלבד. האפשרויות הכלכליות והיישוביות הצפונות בחובה של ארצנו מקומן לא רק ביבשה אלא גם בים (וייס 2014: הקדמה).

### צפיפות ודמוגרפיה

אוכלוסיית כדור הארץ מונה יותר משבעה מיליארד בני אדם. בתוך 12 שנים (עד 2024) יתווספו לעולמנו מיליארד בני אדם. העולם הולך ונעשה צפוף והצורך "לרדת לים" הולך ונעשה ריאלי מיום ליום. המזרח התיכון כולו, אך בעיקר מצרים, סוריה, ירדן, עיראק הרשות הפלסטינית וישראל מתאפיינות בריבוי טבעי גבוה. ריבוי זה עומד על 1.7-2.5 אחוזים, והוא מהגבוהים בעולם בשנת 2013. משמעות הדבר הכפלת אוכלוסיית עמי האזור בתוך כארבעים שנה.

אחת הבעיות העיקריות שמעורר ריבוי טבעי כה גבוה היא הצורך הדחוף להכפיל את התשתיות עבור האוכלוסייה הגדלה: בתחומי המגורים, החינוך, אספקת מים וניקוז, תחבורה, אנרגיה ועוד. אם לא יוכלו מדינות אלה לעמוד במשימה של הכפלת התשתיות כנדרש, יש לצפות לירידה ברמת החיים. ב-30 השנים שבין 1950 ל-1980 הכפילה את עצמה אוכלוסיית האזור, וב-30 השנים הבאות, 1981-2010, חלה הכפלה נוספת. בכל ששת העשורים הללו לא דאגו במדינות השכנות לבנות תשתיות, והמדינות קורסות לנגד עינינו. קריסה זו מכנים בטעות "אביב ערבי", כשבעצם מדובר ב"חושך ערבי".

ישראל היא אחת המדינות הצפופות בעולם. על פי נתוני הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה, בסוף שנת 2011 הצפיפות בישראל (מספר התושבים המתגוררים בקמ"ר), הייתה 357 נפשות לקמ"ר, והצפי

לשנת 2030 הוא לכ-450 נפש לקמ"ר. לשם השוואה, בשנת 1948 הייתה צפיפות האוכלוסייה 43.1 נפשות לקמ"ר, ובשנת 1990 – 220.4 נפשות לקמ"ר.

**טבלה 1: צפיפות האוכלוסייה לקמ"ר יבשתי (נפשות קמ"ר)**

(3)31 XII 2012	(3)31 XII R2011	(2)27 XII 2008	31 XII 1995	31 XII 1990	(2)4 VI 1983	(2)20 V 1972	(2)22 V 1961	(2)8 XI 1948	מחוז ונפה
353.1	347.1	323.1	247.4	220.4	186.7	154.8	107.6	43.1	<b>סך כולל</b>
1,512.2	1,482.5	1,384.6	1,035.6	922.4	754.2	554.0	344.5	159.5	מחוז ירושלים
295.2	290.7	277.7	211.4	178.9	145.7	142.3	101.4	44.2	מחוז הצפון
165.8	163.7	156.0	122.8	110.8	96.6	84.4	67.9	16.4	נפת צפת
202.3	199.0	191.7	154.8	142.9	120.2	95.2	83.1	38.2	נפת כנרת
391.9	386.9	370.4	286.5	237.5	194.2	145.1	100.4	50.3	נפת יזרעאל
637.1	626.4	596.9	440.3	369.8	295.2	206.6	136.8	59.6	נפת עכו
38.2	37.2	35.0	26.2	22.1	16.8				נפת גולן
1,084.9	1,069.2	1,025.7	860.9	768.4	673.7	566.5	433.6	209.2	מחוז חיפה
1,868.8	1,851.3	1,811.4	1,701.0	1,623.1	1,447.2	1,260.5	976.0	452.4	נפת חיפה
681.7	667.1	621.9	433.6	344.7	290.3	222.6	164.8	88.6	נפת חדרה
1,492.1	1,460.3	1,368.2	953.2	830.7	668.8	466.7	327.8	100.4	מחוז המרכז
1,219.5	1,199.9	1,122.9	790.8	678.4	547.1	412.3	294.7	108.2	נפת השרון
2,310.3	2,258.0	2,129.3	1,502.3	1,316.0	1,047.5	714.0	480.6	175.6	נפת פתח תקווה
922.5	900.3	826.6	483.6	394.6	351.5	286.0	218.9	14.4	נפת רמלה
1,665.5	1,628.4	1,533.5	1,150.2	1,002.7	782.3	484.0	334.6	109.8	נפת רחובות
7,657.5	7,570.9	7,318.5	6,678.6	6,439.4	5,883.8	5,336.7	4,113.5	1,834.0	מחוז תל אביב
80.8	79.3	75.2	53.0	40.7	33.9	25.1	12.3	1.5	מחוז הדרום
391.7	385.1	367.2	261.3	187.3	160.2	120.3	60.3	5.8	נפת אשקלון
50.4	49.3	46.6	32.4	26.1	21.4	15.7	7.6	1.1	נפת באר שבע

מקור: הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה 2013

אף שנתונים אלה מוצגים בבהירות רבה, הם אינם משקפים את המצב האמיתי. נציין כמה עובדות: ב-2012 נחשבה הולנד, לפחות מבחינה פורמלית, למדינה הצפופה בעולם המערבי, עם כ-403 נפש לקמ"ר; בלגיה נמצאה במקום השני עם כ-364 נפשות לקמ"ר; יפן עם 338 נפשות לקמ"ר, ובישראל כפי שראינו "רק" 357 נפשות לקמ"ר. פורמלית, אלה הנתונים, אלא שבכל המדינות שציינו אין מדבר כמו הנגב התופס כ-60% משטחה של המדינה. אם נחשב את הצפיפות בישראל במקומות שבהם בני אדם מתגוררים, קרי מבאר שבע וצפונה, תהיה הצפיפות בישראל כ-800 נפש לקמ"ר, כלומר המקום הצפוף ביותר בעולם המערבי (בדומה לטייוואן, שאין בה מדבר ו-50 אחוז משטחה אינם מיועדים לצרכי צבא וביטחון, ותרבותה אינה מערבית כבישראל).

יש כמובן מקומות צפופים יותר. בנסיכות מונאקו הצפיפות היא כ-16,983 נפש לקמ"ר, במאקאו 21,825 נפש לקמ"ר, במלטה 1,262 נפש לקמ"ר. העניין הוא שמקומות אלה הם ערי-מדינה ולא

מדינות. התשתיות של ערים אלו אינן בתוכן אלא במדינות העוטפות אותן. כך גם בערים ניו יורק, סאו פאולו וריו דה-ז'אנרו (Population Reference Bureau 2012).

על פי התחזיות, ב-2024 תמנה האוכלוסייה בישראל 9.5 מיליון נפש, וב-2034, 11.1 מיליון נפש (Bystrov and Soffer 2013). מכיוון שכמעט כל תוספת האוכלוסייה תהיה של ערבים ושל חרדים-יהודים, אוכלוסייה זו תהיה ענייה יותר. אלו הן שתי קבוצות אוכלוסייה עניות יחסית ומרובות ילדים. ישראל תזדקק ליותר מערכות תחבורה המונית, למים, לתחנות כוח והולכת חשמל, לגז ולשינוע חומרים מסוכנים ואחרים.

במדינה צפופה נלחמים על כל פיסת שטח ריקה, ומחירי הקרקע מאמירים והולכים. המחסור בקרקע יביא לניצול יתר של האדמות, תוך כדי הזנחת הפיתוח הסביבתי ויצירת ערים שהן "שלמת בטון ומלט" ללא ריאות ירוקות. תרבות "הבית הבודד עם גג הרעפים האדום", הנפוצה בחברה הישראלית איננה מתאימה למדינה צפופה כישראל, וכשצפוף - דוחפים, מלכלכים, מתנהגים בגסות ובאלימות איש לרעהו (סופר 2000). כל זה יגבר שבעתיים במטרופולינים הגדולים תל אביב וחיפה. הצפיפות במטרופולין תל אביב כיום היא 2,291.4 נפש לקמ"ר (טבלה 2), במטרופולין חיפה 1,033.3 נפש לקמ"ר. בשיא מחזיקה בני ברק עם 22,921.2 נפש לקמ"ר, וגלעין תל אביב-יפו עם 8,148.3 נפש לקמ"ר.

מדינה צפופה היא מדינה אלימה, המידרדרת לעולם שלישי. אם מדינת ישראל תמשיך במגמה זו, הנוער החזק ימשיך לעזוב אותה, ונוער יהודי מהתפוצות לא ירצה לחיות בה. די לראות את התוצאות של הצפיפות הגבוהה במצרים, בהודו וכדומה. כדי לאפשר חיים במדינה מערבית כה צפופה כישראל הכרחי אפוא לתכנן טווח ארוך.

### **תהליכי עיור מואצים - האומנם פגיעה בכושר הנשיאה של הארץ?**

ישראל מתקרבת מאוד לגבול כושר הנשיאה שלה. התופעה בולטת בעיקר במישור החוף שמוקדו בעיר תל אביב-יפו. שני שלישים מאוכלוסיית ישראל מתגוררים על קו המים של הים התיכון! עבור חברה מערבית, הזוללת שטחים עד בלי די, זוהי נורת אזהרה! ללא מקום לתשתית לאומית ומרחבים פתוחים, הנחוצים לשם שמירה על איכות החיים של מדינה מערבית, ישראל עלולה להידרדר לדרגה של מדינת עולם שלישי.

בהנחה של "עסקים כרגיל", ישראל העתידית תהיה מושפעת מכמה כיווני התפתחות, על פי תחזיות, הם:

- תוספת אוכלוסייה של כשלושה מיליון בני אדם - בפרק זמן קצר של 20 שנה! אוכלוסייה זו ברובה תהיה ענייה ובלתי מוכנה לאתגרי העולם המפותח.



- המשך תהליכי עיור – בשנת 2014 שיעור העיור בישראל הוא 92 אחוז מכלל האוכלוסייה, וההערכה היא שתגיע ל-100 אחוז לקראת שנת 2050. למעשה כמעט כל תושבי ישראל יתגוררו בערים. עיקר תוספת האוכלוסייה תעבור למישור החוף, שכן בחלופת "עסקים כרגיל" לא יהיה שום מנוף אמיתי למשוך תושבים לשוליים. מדובר בתוספת אוכלוסייה של 3-4 מיליוני בני אדם למישור החוף עד שנת 2035, שיצטרפו לכ-4.5 המיליון המתגוררים שם כיום.

**טבלה 2:** יישובים, אוכלוסייה וצפיפות לקמ"ר לפי מטרופולין (נפשות קמ"ר)

% גידול שנתי % annual growth	צפיפות לקמ"ר Density per sq. km.	אוכלוסייה			יישובים Localities 31 XII 2012	טבעות, גזרות ויישובים נבחרים	
		ערבים Arabs	מזה: יהודים Thereof: Jews	יהודים ואחרים(1) Jews and others(1)			סך הכל Total
1.7	2,291.4	177.7	3,122.2	3,286.5	3,464.1	254	<b>מטרופולין תל אביב</b>
1.4	8,148.3	17.2	378.7	397.3	414.6	1	גלעין (תל אביב-יפו)
1.0	7,504.4	1.3	853.2	902.5	903.7	13	טבעת פנימית
0.8	3,155.9	0.1	130.7	134.4	134.5	4	גזרה צפונית
1.4	11,009.3	0.4	430.2	442.0	442.4	5	גזרה מזרחית
3.0	22,921.2	0.0	167.0	168.7	168.8		מזה: בני ברק
1.2	17,232.3	0.0	54.1	55.7	55.7		גבעתיים
-0.2	9,036.7	0.3	140.9	148.1	148.4		רמת גן
0.7	8,688.0	0.8	292.3	326.1	326.8	4	גזרה דרומית
0.3	15,764.4	0.5	108.4	128.9	129.4		מזה: בת ים
0.9	9,777.5	0.2	172.4	185.1	185.3		חולון
2.0	3,723.6	36.5	991.8	1,046.5	1,083.0	31	טבעת תיכונה
1.8	4,046.4	0.2	206.2	211.6	211.8	6	גזרה צפונית
0.3	4,679.9	0.0	67.8	69.1	69.2		מזה: רעננה
2.0	4,183.3	0.3	267.8	285.0	285.3	8	גזרה מזרחית
1.8	6,000.9	0.2	197.4	213.7	213.9		מזה: פתח תקווה
2.1	3,440.5	36.0	517.8	550.0	586.0	17	גזרה דרומית
1.3	4,005.4	0.2	218.7	235.0	235.1		מזה: ראשון לציון
2.1	1,012.6	122.6	898.6	940.2	1,062.8	209	טבעת חיצונית
1.8	1,143.4	89.1	336.8	352.8	442.0	97	גזרה צפונית
0.3	2,017.4	38.1	0.0	0.0	38.1		מזה: טייבה
1.5	6,615.5	0.4	178.3	191.7	192.2		נתניה
3.1	906.9	33.0	219.5	222.0	254.9	47	גזרה מזרחית
3.4	1,715.6	0.0	81.3	82.9	82.9		מזה: מודיעין - מכבים - רעות
1.9	957.9	0.5	342.2	365.4	365.9	65	גזרה דרומית
1.0	4,658.3	0.2	195.1	214.7	214.9		מזה: אשדוד

מקור: הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה 2013

במילים אחרות, למרות שלל התוכניות והניסיונות המעשיים לפיזור האוכלוסייה לנגב ולגליל, נמשכת המגמה של התרכזות האוכלוסייה במישור החוף, עד כדי כ-80 אחוז מכלל האוכלוסייה היהודית בישראל. כל תוספת אוכלוסייה זו תתגורר בערים הוותיקות, בעיקר בשוליהן, ועד 2020 תזדקק לכ-300,000 דונם, ועד 2030 לעוד 200,000 דונם. כלומר, כל פוטנציאל החקלאות של מישור החוף, כ-500,000 דונם, יוקצה למטרות בינוי. אם נוסיף לכך את העלייה הצפויה ברמת החיים של חלקים בחברה הישראלית, הרי ברור שהצורך למקם תשתיות נוספות – לאנרגיה, לתחבורה, למים, לטיפול באשפה, ביוב, נופש, תעשייה ומסחר – יהיה אתגר מרכזי בשנים הקרובות.

היבט מיוחד של המגמות שהוזכרו לעיל נוגע לתשתיות. מתקנים שהוקמו לפני עשרות שנים נמצאים כיום בסמיכות רבה ליישובים שהוקמו והתרחבו. מגמת המשך גידול האוכלוסייה, בעיקר באזורים המטרופוליניים בישראל, יחד עם הצורך בפיתוח מתקני תשתית חיוניים אך מטרידים מבחינה סביבתית, כמו תעופה, ייצור אנרגיה ומים, טיפול בחומרים מסוכנים ואחרים מביאים לקונפליקט בלתי נמנע בין צורכי הפיתוח האורבני ליישומו בשטח. קונפליקט זה אף מתעצם עם העלאת המודעות וקידום התקינה בכל הקשור להיבטים סביבתיים ולסיכונים לאדם ולסביבה, העלולים להיגרם על ידי מתקני תשתית אלה (בלומנפלד 2003).

עקב כל אלה, אין אפוא מנוס מהגדלת שטחי קרקע באזור החוף ואולי גם "הארכה" של חוף הים החיוני כל כך.

ישראל התברכה בכ-197 ק"מ של חוף ים, מהם 45 ק"מ הם חופים אורבניים, 38 ק"מ מיועדים לפיתוח עירוני, 49 ק"מ נוספים סגורים ומנוצלים לתעשייה, לנמלי ים וצבא, ו-15 ק"מ מתוכננים להקמת כפרי נופש. חשבון זה משאיר כ-50 ק"מ בלבד של חופים פתוחים וטבעיים. החברה הישראלית תתקשה לחיות בסד כזה!

## מהם הצרכים הצפויים בנושאי תשתיות?

### *מתקני אנרגיה*

תחנות כוח: בעתיד הרחוק יהיה צורך באיתור שטחים נוספים, רצוי בקרבת חופי הים, להמשך הקמת תחנות כוח. אם לא תהייה פריצות דרך טכנולוגיות, יוקמו בשנים 2020-2050 תחנות כוח נוספות על בסיס דלק פוסילי וגז טבעי בהספקים של עשרות אלפי MW. צורכי השטח לתחנות הכוח יהיו בסדרי גודל של אלפי דונמים על פי מפתח משוער של כ-0.1 דונם לכל 1 MW הספק מותקן.

מסוף גז"ן (גז טבעי נוזלי LNG): נראה כי הצורך במסוף גז"ן חיוני לייבוא וייתכן שאף לייצוא.

## שדות תעופה

התפתחות התעופה מחד גיסא והעלייה באיכות החיים מאידך גיסא יוצרות מצב של ביקוש עולה לשירותי תעופה וד בבד עם זה נשמעת דרישה לשמירה ולשיפורים בתחומי איכות הסביבה.

**נמל תעופה בינלאומי** – נמל התעופה העיקרי, נתב"ג, אמור לקלוט עד 16 מיליון נוסעים בשנה. על פי תחזיות הנוסעים נראה, כי החל משנת 2020 תזדקק ישראל לנמל תעופה בינלאומי נוסף.

**שדה דב** – למרות החשיבות בקיומו של שדה תעופה מקומי באזור מטרופולין תל אביב, שדה דב הוא כיום מטרד של רעש, זיהום ותנועה. מיקומו ותכנונו המיושן גורמים לבעיה קשה של שימושי קרקע במקום שהוא מהיקרים בארץ. הצורך בפינוי השדה ברור ויתרונותיו רבים. בשדה דב מתקיימת גם פעילות צבאית. עמדת משרד הביטחון היא שהפעילות הצבאית יכולה ככל הנראה להיטמע באתרים אחרים.

## מתקני התפלת מים

בטווח הארוך מסתמן צורך בהמשך הקמת מתקני התפלה למי ים כמקור עיקרי לגישור על הפער בין ההעשרה הטבעית של מקורות המים והתנודות הרב-שנתיות שלהם, לבין מגמת הגידול העקבי בצריכת מים. אם בשנת 2014 היה כושר ההתפלה בישראל כדי 500 מיליוני מ"ק, הצפי הוא שבשנת 2050 יהיה צורך בעוד 845 מיליוני מ"ק מים מותפלים. אתרים נוכחיים של מתקני התפלה יכולים לספק פתרון לכעשר שנים. יש להניח, כי איתור שטחים לתפוקה נוספת יתאפשר גם מעבר לכך, אך ברמת קושי הולכת וגוברת ובהשקעה כספית הולכת וגדלה.

לנוכח כל האמור לעיל, נראה כי הקמת מתקני התפלה על איים מלאכותיים יכולה לבוא בחשבון בטווח הארוך של עשרים שנה או יותר, הן לנוכח הצרכים וצפיפות שימושי הקרקע לאורך הרצועה החופית והן לאור היתרונות שמעצם הקרבה למקור מי הגלם ומוצא מי הרכז, הקרבה למקור האנרגיה – קו הגז הטבעי הימי – והקרבה לריכוזי האוכלוסייה שבמישור החוף.

## מתקני טיפול בשפכים

המדיניות התכנונית, המתבטאת בעיקר בתמ"א 34, מצביעה על המשך השימוש במתקני טיהור השפכים הקיימים תוך כדי שדרוגם והגדלתם כפתרון עד לשנת 2020. מתקני טיהור שפכים מעטים חדשים שהוצעו בתוכנית כבר נמצאים בשלבי תכנון וביצוע (נהריה ועכו).

מתקן שריפת הבוצה במכון טיהור שפכי גוש דן (שפד"ן) יוכל לקלוט גם בוצה ממתקני טיהור שפכים אחרים, אך באופן כללי אפשר כבר כיום לשקול הקמת מתקן ארצי מרכזי או מספר מתקנים אזוריים

לקליטת בוצה ושריפתה. ייתכן שבטווח הארוך של שלושים שנה ויותר יידרשו שטחים נוספים, אך יקשה לאתרם באזור מישור החוף ההולך ומצטופף, ואולי צרכים אלה יפתרו באמצעות טכנולוגיות חדשות וקומפקטיות.

### *נמלי ים*

אם עד לפני עשור הייתה תחושה שתוכנית פיתוח הנמלים נותנת מענה לצורכי המדינה במטענים ימיים לטווח ארוך יחסית (30–40 שנה), הרי בתוך כמה שנים חל מהפך בתחושה ובתחזיות, והצורך בשינויים דרסטיים עלה לסדר היום. מה קרה? עד כה נכנסו לנמלי ישראל (אשדוד או חיפה) אוניות בסדר גודל של 9,000 TEU (מכולות), אולם כיום מצפים שלשוק הבינלאומי ייכנסו אוניות בסדר גודל חדש של 14,000 TEU, כאלה שלנמלי ישראל אין יכולת לקלוט (יש החוזים אוניות בגודל של 18,000 TEU). ברעיון לסמוך על נמלים שכנים שיקלטו אוניות בסדר גודל כזה ומשם יועברו המכולות לישראל באוניות "רגילות" יש סיכון ביטחוני גבוה, מחיר כלכלי גבוה ובעיקר, למעשה אין לישראל נמלים שכנים שיוכלו לתת מענה כזה בתקופה הקרובה (יוון, מצרים, "לבנון" או טורקיה).

המסקנה ברורה – ישראל חייבת להכשיר לעצמה בתוך שש-שבע שנים שני נמלים חדשים, או למעשה תוספת רציפים לנמלים ותיקים שינוהלו בנפרד ואולי ביחד עם ההנהלות הוותיקות. לענייננו, פעם נוספת בא ביקוש דחוף למעט השטח הקיים, אם בכלל. הרחבת הנמלים הקיימים או קידום נמל בחדרה מוכיחים כי יש לצאת אל הים כדי לעמוד באתגרים הניצבים בפני ישראל, ונמלי הים החדשים הם עוד הוכחה לצורך דחוף זה.

בהרחבת הנמלים הוותיקים יש משום נזק נופי קשה. למשל, מפרץ חיפה היפה ייעלם עד 2020 בעקבות נמל חדש. יהיו בעיות קשות עם עורף הנמלים החיוניים לתמיכה לפעילות הספנות. האם זה יהיה על חשבון חיל הים, או אולי על חשבון תשתיות לאומיות אחרות ותושבי רצועת החוף הם שישלמו את המחיר? לכן, האפשרות ליציאה אל הים נראית כפתרון האופטימלי!

### *מתקני פסולת מוצקה*

הפסולת המוצקה בישראל גדלה בהתמדה. גם אם ימומשו הכוונות להפחתה במקור ולמחזור, יידרשו שטחים גדלים והולכים להטמנה. פתרון עתידי אפשרי הוא הקמת משרפות לפסולת ביתית. צורכי השטח להטמנה יגיעו למאות רבות ואף לאלפי דונמים בטווח של עשרות השנים הקרובות. למשרפות פסולת בקיבולת של 1,000 טון פסולת ליום יידרש שטח של עשרות דונמים בלבד. סוגי פסולת מיוחדת – בניין, עודפי עפר, אפר פחם – יכולים לשמש מקורות משניים של חומרי מילוי בהקמת איים מלאכותיים.

## מתקנים צבאיים

הביקוש למתקנים צבאיים יימשך מן הסתם עוד שנים רבות ואף יתעצמו לנוכח הנעשה בזירה הימית והגידול בכלים שצה"ל ידרש להם. אלה כוללים:

- מתקנים בעלי זיקה לים, בעיקר בסיסים ומעגנות של חיל הים
- מתקני תשתית מהסוגים שנכללו לעיל, הנמצאים בשימוש אזרחי וגם בשימוש צבאי – שדות תעופה צבאיים, מתקני אחסון דלק צבאיים, מתקני שידור גדולים
- מתקנים צבאיים מיוחדים בעלי מאפיינים המתאימים למיקום על אי מלאכותי עקב טווח השפעות רחב, כגון מצבורי תחמושת או קרינה
- מתקן ניסויים מרכזי במקום מתקן הניסויים הקיים כיום, המטיל מגבלות רבות על שטחים נרחבים הסמוכים לאזורים מיושבים.

## קרקע חקלאית

האם יש לראות בקרקע חקלאית משאב תשתיתי? נראה שכן – כי זהו משאב חיוני לעצם קיומו של האדם. אם זה לא ברור דיו, נזכיר כי שינויי אקלים ומחסור צפוי במזון מחייבים משנה זהירות על מנת לא לפגוע במשאב מתכלה זה. מדינות רבות הפסיקו לייצא מזון ואוגרים אותו, וטוב תעשה ישראל אם תתייחס לקרקע בזהירות הראוייה. עניין זה כנראה אינו מובן לאנשי הנדל"ן ולאנשי התכנון. ייאמר במפורש: יש לשמור על כל דונם לשימוש חקלאי, וזו עוד סיבה לכך שצריך לצאת אל הים, ואת השטח המתפנה לייעד גם לחקלאות (ברקובסקי וסופר 2013; IPCC 2007). כיום, אל מול הצורך הברור בקרקע חקלאית המציאות טופחת על פנינו ומצביעה על ביקושים גדלים והולכים דוקא לקרקע זו. ב-2014 שטח הקרקעות המתאימות לחקלאות והמוגדרות בתמ"א 35 כקרקע מעובדת במרקמים העירוניים נאמד ב-430,000 דונם. בימים אלה עומד אגף התכנון במשרד הפנים להפוך כ-17,000 דונם לשטחים מבונים. אבל, לאור התחזיות של גידול האוכלוסייה במישור החוף, עד לשנת 2050 תנוצל עד תום כל יתרת השטח החקלאי באזור המרכז ובתל אביב, ואולי עוד קודם לכן. וגם זו סיבה לכך שיש לשקול ברצינות ובדחופות את היציאה אל הים.

## ההיסטוריה של רעיון הקמת איים מלאכותיים בים

בשנים האחרונות העלו גורמים שונים רעיונות להרחבת עתודות הקרקע בישראל על ידי בניית איים מעשה ידי אדם בים, ייבוש שטחים מהים, הקמת איים צפים או איים על כלונסאות. כל אלה בוצעו או מתוכננים לביצוע במקומות שונים בעולם.

הרעיון של הקמת איים מלאכותיים בישראל הועלה עוד בשנות השישים של המאה ה-20 על ידי האדריכל מיכאל בורט בעבודת הגמר שלו בטכניון שכותרתה: "פיתוח איים אורבניים מול ראש

הכרמל" (הפקולטה לארכיטקטורה, 1962–1963)<sup>1</sup> ובשנת 1969 הציג בביאנלה לארכיטקטורה בפריז פרויקט ושמו "מושבת מחקר תת-ימי". בשנת 1990 הוא זכה בפרס בתחרות בינלאומית ביפן על עבודתו Park on the Waves.

בשנים 1994–1995 הוא אירגן ביחד עם גדליה שלף ויורם צימלס כנס ושמו "שלוחות ים ואיים מלאכותיים נוכח חופי ישראל: היבטים תכנוניים, הנדסיים, סביבתיים וכלכליים". הרצאתו של בורט נקראה "פיתוח בסביבה ימית במימי החופים של ישראל – מבט למאה ה-21". בשנים 1996–1995 התחיל לממש את חזונו בעזרת ניסויים בשובר גלים ספוגי, פרי המצאתו בשיתוף עם מיכאל שטיאסני, יואב סרנה, ניתאי דרימר ואחרים והוא ממשיך לנסות ולקדם את הרעיון עם מיכאל קון, הפעם להקמת איים מול חופי תל אביב וחيفا.

בשנות התשעים נכתבו עבודות אחדות בנושא על ידי חוקרים מהטכניון (צימלס, שלף ובעז 1996; שלף וצימלס 1996). במכללה לביטחון נכתבה עבודה על כך (שאשא 1995) ואדריכלים הציגו תוכנית פעולה (לרמן 1995). מיכאל בייט, לשעבר המדען של משרד התשתיות, כתב על האיים המלאכותיים ב-1999. באותה שנה כתבו על האיים חוקרים מאוניברסיטת תל אביב (קרן ושטרן 1999). הנושא שב והועלה בשנות ה-2000 על ידי חוקרים העוסקים בחקר הים התיכון (ניר, דורי ובן-ארי 2001; ניר 2005; סגל 2003). המהנדס הוגו מרום ניסה לקדם את רעיון העתקת שדה דב לים (שליין 1999), נושא שעלה על הפרק פעם נוספת בימים אלה על שולחן הממשלה. למעשה, בשנת 1973 פורסם מכרז להקמת אי מלאכותי לשדה דב, אולם בשל מלחמת יום הכיפורים בוטל המכרז.

במטרה להיערך למתן פתרונות לתחזיות של גידול האוכלוסין בישראל החליטה הממשלה לבחון את ההיתכנות להקמת איים מלאכותיים נוכח חופי ישראל בים התיכון. בשנת 1996 חתם ראש הממשלה דאז, שמעון פרס, על מסמך הצהרת כוונות עם ראש ממשלת הולנד, וים קוק, לשיתוף פעולה ומחקר בנושא הנדסת חופים. למימוש האמור לעיל הוקמו ועדות היגוי בהולנד ובישראל והוקצבו לנושא שני מיליון דולה. גם משרד הפנים טיפל ברעיון ב-2007 ובחן את רגישותם של חופי הארץ לשינויים הרבים הפוגעים בו (משרד הפנים 1999; פפאי 2004). רוזן (2000) אמד את ההשפעות הסביבתיות הצפויות בעקבות הקמת האיים.

בדיקת ההיתכנות נערכה בשנים 1997–2000, ועיקרי מסקנותיה הוגשו לשר התשתיות הלאומיות, כולל דוח ביניים ב-1998, ודוח סופי בפברואר 2000 (המשרד ניסה לקדם את הרעיון כבר בשנת 2000). להלן עיקרי מסקנות הדוח:

1 האישים המוזכרים בסקירה זו הם מדענים בעלי שם ובעלי תארים אקדמיים. בסקירה זו הסתפקנו בציון שמם בלבד.

- קיימת היתכנות סביבתית, טכנולוגית, משפטית וכדאיות כלכלית לבניית איים ימיים.
- התוכניות מתאימות בעיקר לשימושים המטילים מגבלות על סביבתם, כמו מתקני תשתית ושדות תעופה.
- אין די מצאי של חומרי מילוי.
- נדרשת תוכנית מתאר לאיים ולמערכת התחבורה המשרתת אותם.

בעקבות הדוח התקבלה החלטת ממשלה בדבר הקמת איים מלאכותיים בחופי ישראל. בנוסף, התקבלה החלטת קבינט חברתי-כלכלי מיום 3/6/2001 שאישרה את המלצות ועדת המנכ"לים כדלקמן:

- להמשיך לאסוף ולעבד נתונים לשם יצירת התשתית התכנונית הדרושה להקמת איים מלאכותיים.
- לקדם הוראה של המועצה הארצית לתכנון ולבנייה בדבר עריכת סקר וגיבוש מדיניות בכל הנוגע להקמת איים מלאכותיים בחופי ישראל.

ואכן בשנת 2007 פורסם מסמך מדיניות לאיים מלאכותיים לתשתיות, ואלה עיקרי המלצותיו:

- איים מלאכותיים ישמשו למתקני תשתית בלבד.
  - הפרויקט ימומן באמצעות פינוי קרקע מתשתיות באזורי תפוסה.
  - כדאי להקים איים קטנים (מאות דונמים) עבור תשתיות.
  - יוקם אי ראשון כפרויקט חלוץ (פיילוט) ללימוד הנושא.
- אזכור נוסף לאי מלאכותי היה בדוח ועדת האלוף הרצל בודינגר בנושא שדות תעופה בישראל (הוועדה הציבורית לבחינת תוכנית-אב לשדות תעופה בישראל 2009), ובו נכתב:

שדה תעופה על אי מלאכותי ביים התיכון: הוועדה מוצאת כי יש צורך בקידום תכנון עבור שדה תעופה על אי ביים, אך מציינת כי פתרון זה מעלה שלל בעיות, כמו מחיר הפרויקט, חוסר הניסיון הבינלאומי בבניית אי מלאכותי ביים הפתוח, פגיעה בחוף ובמערכותיו. יצוין כי חוף היים הוא נכס לאומי של משאב ההולך ומצטמצם. הוועדה ממליצה להוסיף לתמ"א 15 שדה תעופה על אי מלאכותי ביים התיכון, כשדה תעופה בדרגה 1 ולקדם את התכנון המפורט עבורו בשלבים.

אבן, גרטנר וקהת (2003) העלו רעיון להקמת איים מלאכותיים מול רצועת עזה. ניצול היים להגדלת הרזרבה הקרקעית, הן על ידי ייבוש חלקי חוף, הן על ידי בניית שלוחות ים (מעין חצי אי), הן על ידי הקמת איים מלאכותיים, הוא דבר אפשרי מבחינה טכנולוגית. בעולם הצטבר ניסיון רב בניצול היים לצרכים אלו. גם בישראל נרכש ניסיון מסוים בייבוש היים ושלוחות ים, בעיקר בפרויקט הרחבת

נמל היובל באשדוד (איור 1), שנחנך ב-2005, הכולל הרחבה של 1,150 מ' למזח הראשי ו-1,700 מ' של רציפים חדשים בעומק ים של 15.5 מטרים.



איור 1: נמל היובל - אשדוד (מקור: מנרב אחזקות בע"מ)

הפרויקט של הקמת איים מלאכותיים, על אף היותו עתיר טכנולוגיה ועתיר משאבים, יכול להיות פתרון טוב לשורה של צרכים ובעיות הן מהבחינה הכלכלית הן מהבחינה הסביבתית. ככל שיפחתו עלויות הפיתוח של אי כזה בעקבות פיתוח הטכנולוגיות, וככל שמחירי המקרקעין לאורך החוף ימשיכו לעלות, כך תגדל הכדאיות הכלכלית שבהקמתו.

היבט נוסף של הקמת איים מלאכותיים שיש לבדוק הוא הסוגיה המדינית וסוגיית השלום. מערך אורבני של איים מלאכותיים יסלול את הדרך לדו-קיום בשלום בעזרת פיתוח אזורי תשתית, אזורי תעשייה, שדות תעופה וגם תיירות, אזורי מסחר ואזורי נופש, ובשלב מאוחר יותר גם אזורי מגורים וכדומה. הרעיון של הקמת איים מלאכותיים מול חופי עזה יכול לסייע בפתרון הבעיה של צפיפות האוכלוסייה ולהשתלב בפתרון המחלוקת הטריטוריאלית בין ישראל לפלסטינים. רעיון הקמת האיים מנסה לשבור את הנחת היסוד, שלפיה מחלוקות טריטוריאליות חייבות להיפתר על בסיס העיקרון של "סכום אפס". כלומר, רווח ישראלי מחייב הפסד פלסטיני ולהפך. בניית איים מלאכותיים מול חוף הים התיכון היא חלק מתפיסה אסטרטגית, הרואה את מקורות הקרקע בים כאחד הפתרונות למחסור בקרקע ביבשה ולבעיית צפיפות האוכלוסייה, בצד הישראלי ובצד הפלסטיני (כאחד) (וייס 2014).



## השדרה הכחולה: הצגת טכנולוגיה

מיכאל בורט

### הקדמה

בישראל ניכרת מגמת עלייה מתמדת ודרמטית של ערכי הקרקע לבנייה ושל ערכי הנכסים הבנויים. מבין החלופות לפתרון הבעיה, מימוש האופציה הימית במרחב מימי החופים של ישראל היא חלופה העשויה להקל משמעותית את הלחץ על עתודות הקרקע. חלופה זו יכולה לשמש לפיתוח תשתיות עבור נמלי ים ותעופה, מפעלי תעשייה ואף להתרחבות אורבנית.

הטכנולוגיה המוכרת לבניית איים מלאכותיים מתבססת על שימוש בחומרי מילוי המופקים מן הטבע. מסקנותיה של ועדה הולנדית-ישראלית משותפת (משרד התשתיות הלאומיות 2000) היו שעל ישראל לחתור לתפיסה תכנונית הנמנעת מן השימוש בחומרי המילוי ולהשתמש בטכנולוגיה חלופית הנקראת "fill material free".

להלן מוצגת טכנולוגיה חלופית לבניית איים מלאכותיים המתבססת על שוברי גלים ספוגיים (Modular Permeable Sponge Breakwater) ליצירת מרחב מים מוגנים ועל פלטפורמות מכל (Modular Container Platform) המתפקדות כ"קרקע", תוך כדי ניצול מערך תעלות מים נרחבות העשויות לתפקד כבולבארים ותעלות שיט, מרינות ו"מדשאות כחולות", בהיקף של כ-50% מכלל השטח המפותח.

בבחינה מקצועית מודקדקת על ידי מומחים להנדסה ימית, חלקם מהטכניון בחיפה, נמצא שהפתרונות המוצעים להלן אטרקטיביים מאוד הן מבחינה טכנו-כלכלית, הן מהבחינה הסביבתית. עלויות הקרקע המיוצרות בשיטה זו הן כ-10% ופחות מערך הקרקעות המוצעות במישור החוף כיום. כמו כן, השימוש בטכנולוגיה המוצעת עשוי להיטיב עם המשק הישראלי במובנים רבים.

### הצגת הטכנולוגיה

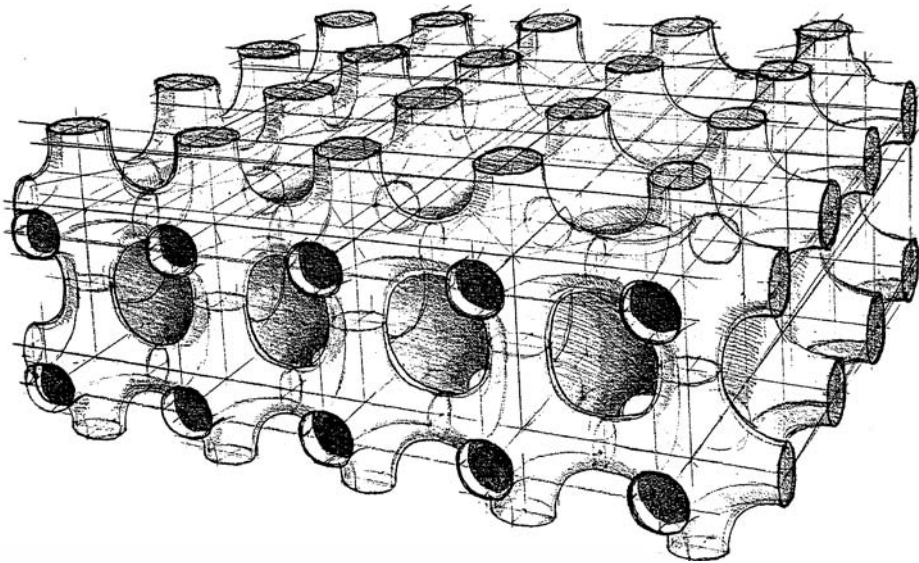
הטכנולוגיה המסורתית בבניית איים מלאכותיים היא שימוש בחומרי מילוי גרופים, כרויים או חצובים מן הטבע. שיטה זו אינה ראויה לאזורנו מהבחינה הסביבתית ואינה מעשית מהבחינה הכלכלית. החלופה המוצעת במסמך זה היא טכנולוגיה עוקפת חומרי מילוי, המתבססת בעיקר על שוברי גלים ספוגיים (איורים 2, 3) ועל פלטפורמות מיכל מודולריות (איור 4). מבנים אלו בנויים מבטון מזוין, ברמת תיעוש גבוהה, ונועדו למצבי תפקוד מגוונים, הן כרכיבים נייחים על קרקעית

הים הן כתומכי עמודים (pile supported) או צפים ומעוגנים כנדרש. הם אמורים לתפקד בעומקים של עשרות מטרים ויותר ונוחים להשטה בדרך הים מן המפעל החופי לאתרי התפקוד הסופיים.

### שוברי גלים ספוגיים

שובר גלים ספוגי (איורים 2, 3) הוא מבנה של קליפות היפרבוליות המשכיות ומחזוריות בנויות בטון מזוין המותאם לעמידות בתנאי הקורוזיה של מי הים. ניתן להגדירו כשובר גלים נושם. הגאומטריה המיוחדת של המבנה מאפשרת ספיגה של כ-80% מהאנרגיה הגלית והחזרה של 10% מהאנרגיה. 10% הנתרים עוברים דרך השובר.

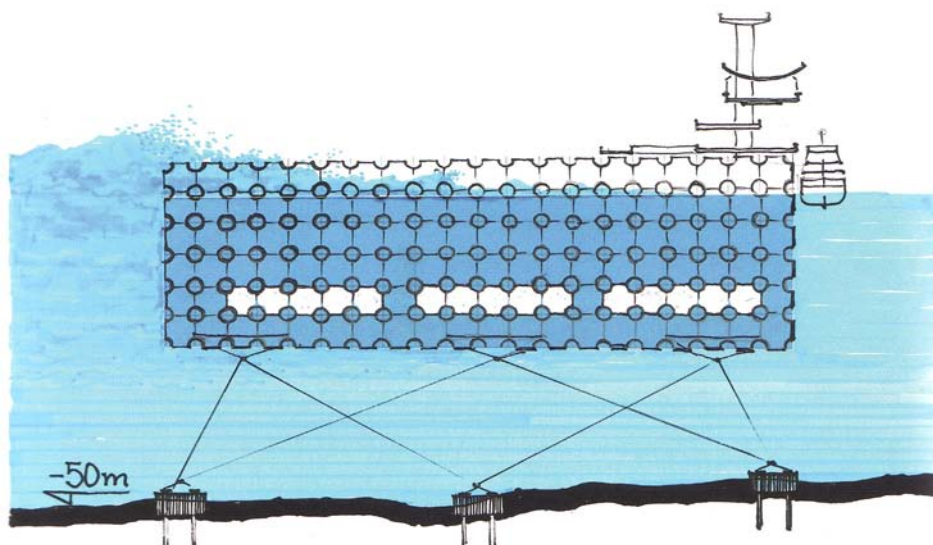
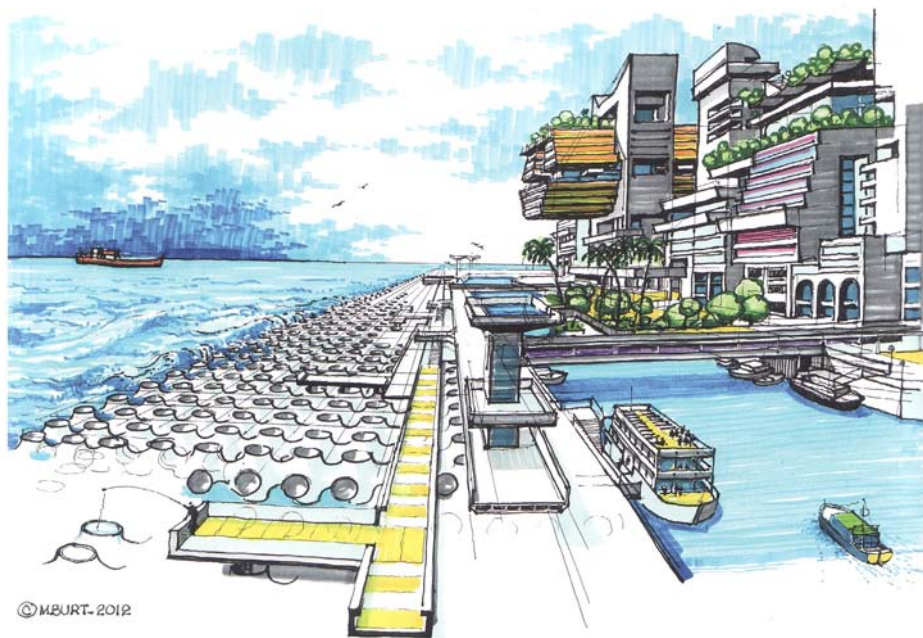
לשם השוואה, תכולת החומר של שובר הגלים הספוגי היא כ-3%-4% מתכולת החומר הדרושה להקמת שובר גלים קונבנציונלי מחומרי מילוי.



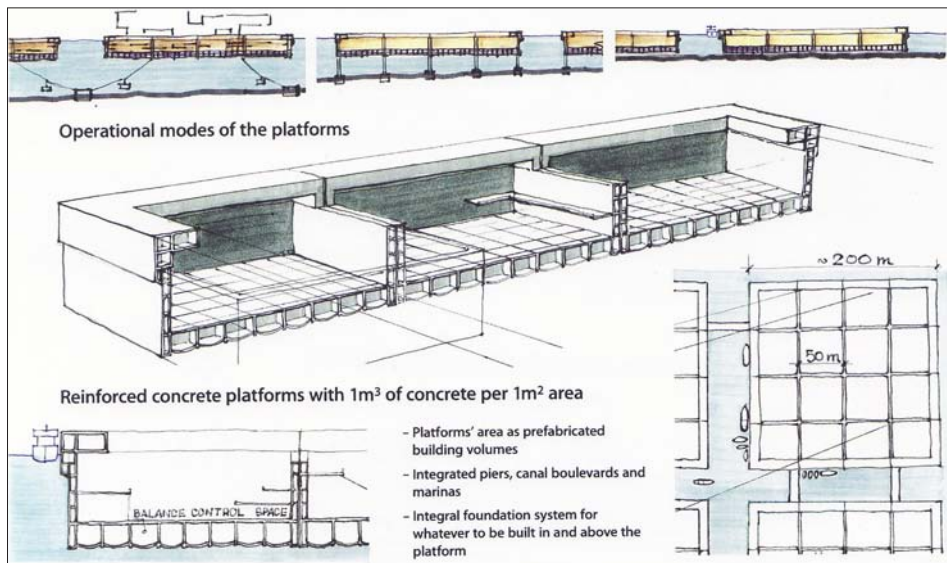
איור 2: מבנה שובר גלים ספוגי

### פלטפורמות מיכל מודולריות

פלטפורמות המיכל (איור 4) הן פלטפורמות כפולות דופן מבטון מזוין בגודל של 2-3 דונם ליחידה. אפשר לחברן לפלטפורמות-על הנפרסות על שטח של 40-80 דונם, עם נפחי פנים שהניצול שלהם מגיע ל-300%-500% משטחם, עם רציפים אינטגרליים של מאות מ"ר ופתרונות ביסוס משולבים לכל מה שעשוי להיבנות בתוכן ומעליהן.



איור 3: שובר גלים ספוגי - חתך



איור 4: מבנה פלטפורמות מיכל

הפלטפורמות ניתנות לצירוף וכך יכולות לייצר שטחים רציפים עם שילוב תעלות שיט (שדרות כחולות) למגוון פעילויות: לתפקד כשטחים ציבוריים פתוחים, כמעגנות ומרווחי בידוד במידה המתחייבת מאופי השירות והפעילות (Hirosihi 2002).

## היתכנות ועלויות

במכון להנדסה ימית של הטכניון נערכה בחינה ניסויית על מודל מוקטן של השובר, במימון משרד התשתיות (1999) ובניהולו של מיכאל שטיאסני, דיקן הפקולטה להנדסה אזרחית דאז. תוצאות הבחינה הוגדרו כיוצאות מן הכלל לגבי תפקודו הפיזי-הידרודינמי של המודל. לשם השלמת הבדיקות והניסויים ולצורך בחינת היבטים טכנולוגיים נדרש אבטיפוס בקנה מידה של 1:1 ומיקומו בתנאי אמת - בתחום העומקים של 15-20 מ'. לכך נדרש סכום של כ-2 מיליון דולר בתקופת זמן קצרה משנה.

בדיקה של עלויות הייצור של רכיבי שוברי הגלים והפלטפורמות במפעל חופי (על קו המים), הובלתם בים ומיקומם-פריסתם באתרי התפקוד, לאחר הכשרת שטח קרקעית ים כפי שיידרש, מראה שהעלות הכוללת במחירים הנכונים לתאריך פרסום זה מגיעה לכדי 1,700,000 ש"ח לדונם, כולל עלויות שובר הגלים וגשרי החיבור בין הפלטפורמות. סכום זה הוא לאין ערוך נמוך מזה של עלויות הייבוש והפיתוח בשיטות הקונבנציונליות המוכרות כיום. עלויות הפיתוח לאי בהיקף של

2,000 דונם ויותר (כולל שטחי שובר הגלים) הם כ-10%-20% מערך הקרקעות המוצעות לבנייה במישור החוף כיום.

אחד היתרונות הבולטים של הטכנולוגיה המוצעת של שוברי הגלים הספוגיים ופלטפורמות המיכל המודולריות הוא העובדה שאפשר לייצר אותם במפעל תעשייתי-חופי, כרכיבים צפים, ולהשיט אותם ואת מרבית תכולתם לאתרי התפקוד הסופיים ובכך להוריד באופן משמעותי מן העומסים ומן השחיקה של תשתיות התחבורה היבשתית.

## ישימות

ניצול האפשרויות המצרפיות (aggregative) של שוברי הגלים הספוגיים ופלטפורמות המיכל עשוי לשרת שורה רחבה של תשתיות קריטיות במרחב הימי (איור 4):

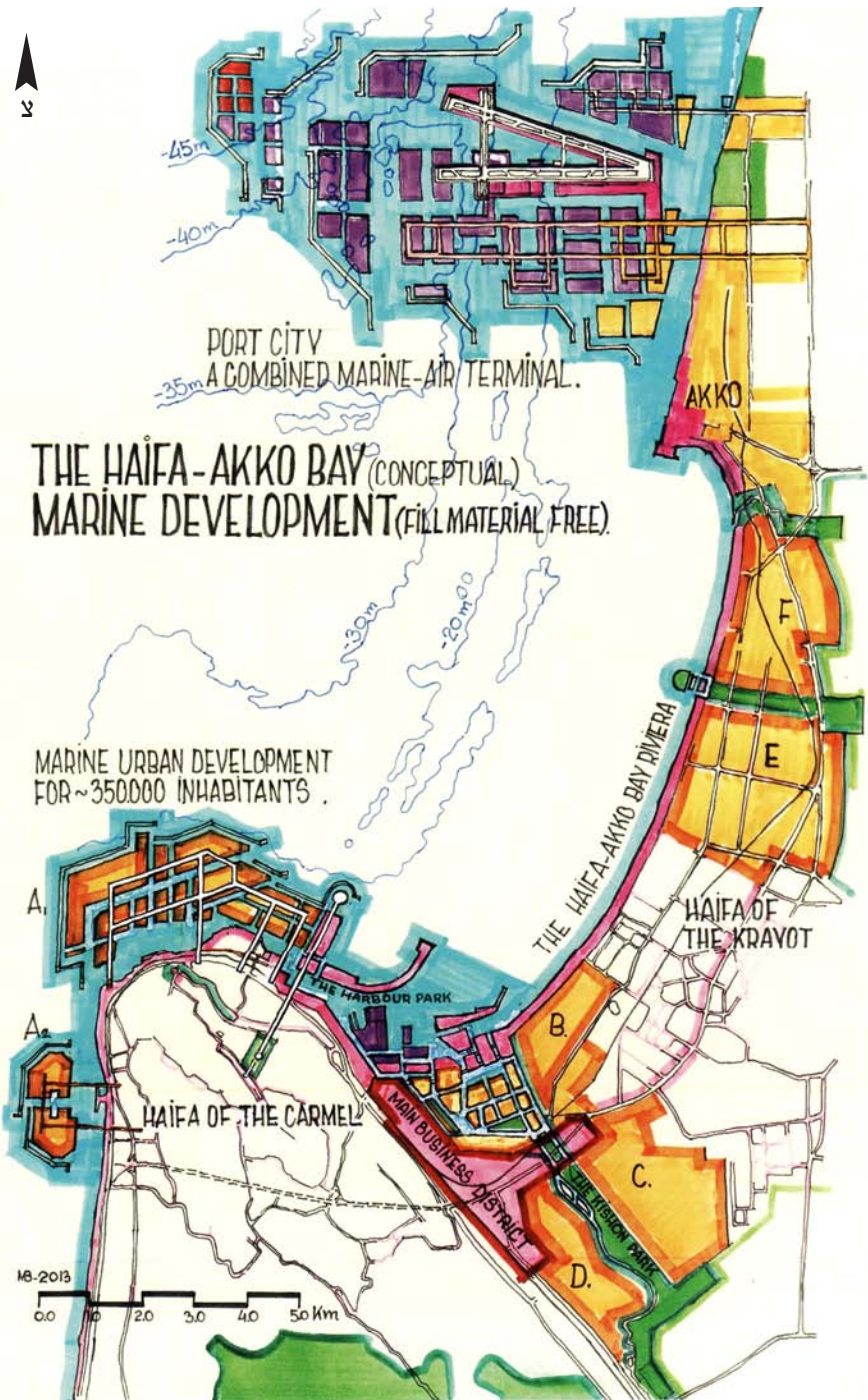
- הרחבת נמלי ים קיימים
- העתקת שדות תעופה
- בניית טרמינל גז והעתקת מפעלי תעשייה
- פיתוח אורבני

### הרחבת נמלי ים קיימים

הרחבת נמלי ישראל הקיימים בחיפה (איור 5), באשדוד ובאשקלון, אל תחום העומקים של 20-35 מ' תאפשר קליטת אוניות אוקייניות וביטול התלות בנמלי שיטעון זרים (יווניים ומצריים). אולם, הרחבה כזאת היא בעייתית עד בלתי מעשית ובלתי אפשרית לפי תפיסות המימוש הקונבנציונליות המבוססות על חומרי מילוי, הן משיקולים כלכליים הן משיקולים סביבתיים: היעדר חומרי מילוי ויצירת מחסום לנדידת החול במעלה החוף צפונה.

הטכנולוגיה החדשה המוצעת של שוברי גלים ספוגיים ופלטפורמות מיכל, הפתורים לציפה, נותנים תשובה הולמת לבעיה זו, שערכה לכלכלה הלאומית מיליארדי דולר לשנה, שלא לדבר על השיקולים הביטחוניים והחיסכון בזמני התובלה אל ישראל וממנה.

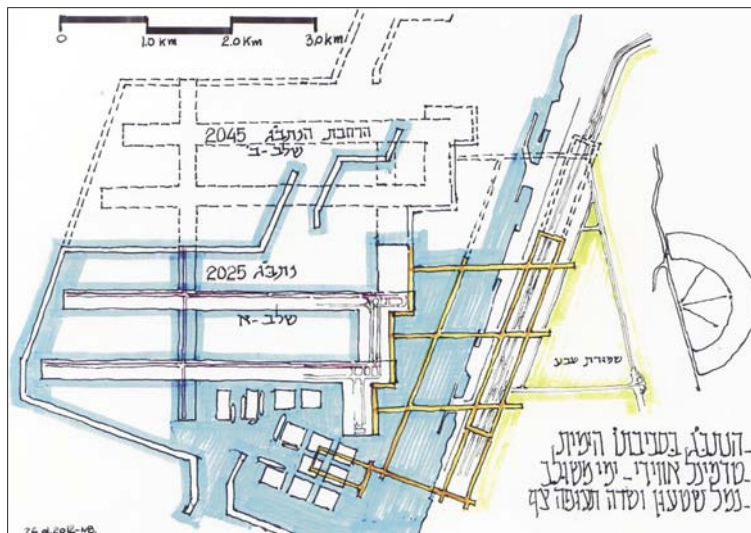
להערכתו של ארנסט פרנקל מהמכון הטכנולוגי של מסצ'וסטס (MIT), שהוא סמכות בינלאומית מוכרת בכל הקשור לטכנולוגיה של ספנות, מתקני חוף ואיים מלאכותיים, בעקבות ההיערכות החדשה לקליטת הגז מן הבארות החדשות בים יבוטל הצורך במסוע הפחם הממוקם מול תחנת הכוח של חדרה, ויהיה אפשר להשתמש בו (לאחר הסבתו והארכתו לתחום העומקים של 30 מ' והגנת המרחב הימי הסמוך על ידי שוברי הגלים הספוגיים כמתואר) כרציף המשרת אוניות אוקייניות מודרניות (עם שוקע של 20-25 מ' ויותר), ולהופכו לנמל שיטעון "כחול-לבן" בהשקעת זמן ומשאבים קטנה יחסית (איור 4).



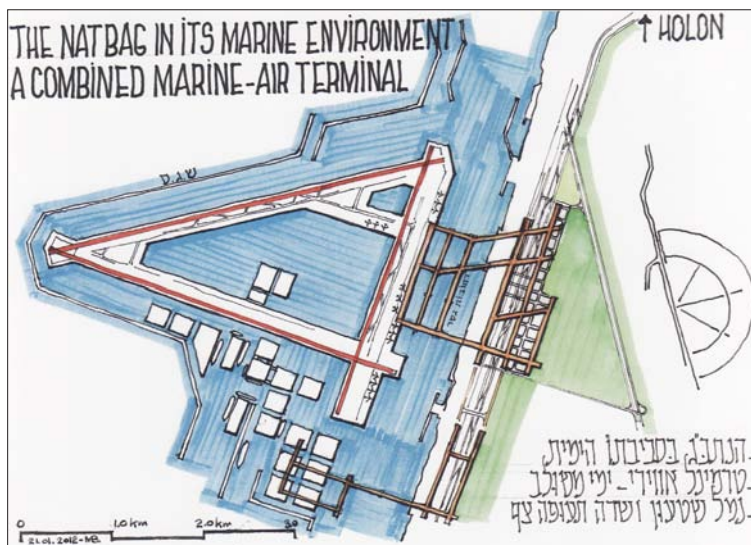
איור 5: תכנון מפרץ חיפה

## העתקת שדות תעופה

העתקת שדות התעופה לים (שדה דב, שדה חיפה ונתב"ג (איורים 6, 7, 8)), מתחייבת מרמת העימות הקיים והמתפתח בין פעילותם והתנהלותם לבין ריכוזי האוכלוסייה הסוגרים עליהם מכל עבר כבר היום. זה רק עניין של זמן עד שהעימות ההולך ומחריף יגיע לרמת פיצוץ.



איור 6: נתבג - מבט על 1

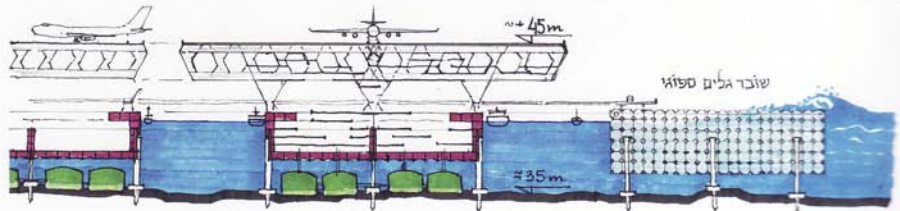
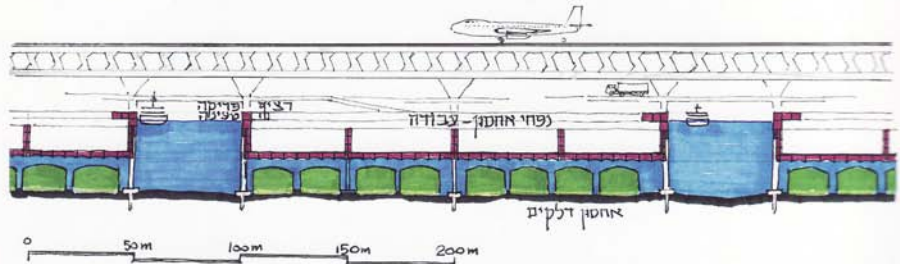
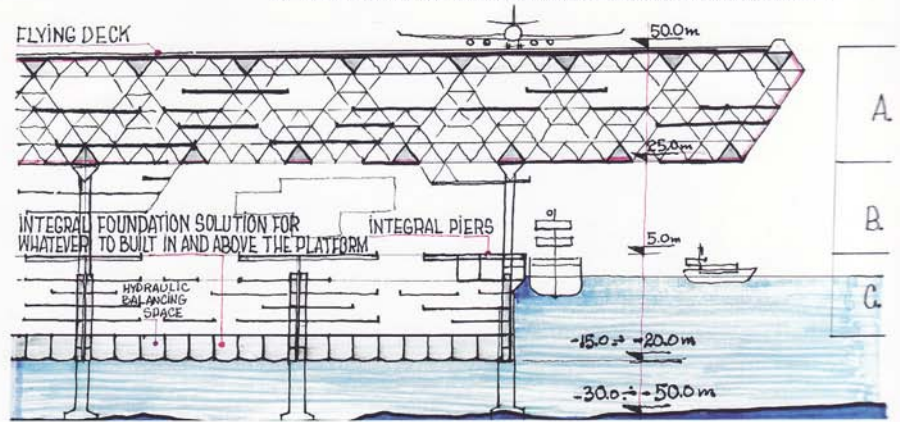


איור 7: נתב"ג - מבט על 2

FLOATING OR PILE-SUPPORTED AIRPORT IN THE MARINE ENVIRONMENT, COMBINING IPL SPACE TRUSS AND CONTAINER PLATFORMS. MIGHT FUNCTION AS A COMBINED MARINE-AIR TERMINAL.

7-LAYER ORTHOGONALLY ORIENTED IPL SPACE TRUSS AS A FLYING DECK PLATFORM

- A. THE LOW DENSITY IPL SPACE TRUSS PROVIDES 6-STORY IN-VOLUME FOR UTILITIES (STORAGE, AIR-PLANE AND OVER ALL MAINTANANCE, ADMINISTRATION)
- B. INTER DECK-TRUSS AND PLATFORM SPACE FOR TERMINAL'S PUBLIC ACTIVITY.
- C. 4-5 STORY OF THE PLATFORMS INTERIOR FOR MULTIFARIOUS USAGE.



איור 8: נתב"ג מבט צד



בין סדרת פלטפורמות מיכל אפשר לחבר באמצעות מסבך פלדה (Infinite Polyhedral Lattice – IPL) עילי רצוף הנושא משטח-מסלול של שדה תעופה בשטח של מאות דונמים ואורך רצוני. הפתרון אמור לתפקד כמערך צף בעומקים של עשרות מטרים, בתחום של מרחב מים מוגנים על ידי שוברי הגלים הספוגיים כמתואר לעיל. מסבך הפלדה – בעל אפקטיביות הנדסית יוצאת דופן, הומצא ופותח על ידי המחבר (מיכאל בורט) לפני יותר מ-40 שנה, נרשם כפטנט באירופה (1989) ולאחר בחינות ואנליזות השוואתיות אינטנסיביות אומץ במסגרת הפיתוח של "ארובות השרב" (תחנות כוח אירו-אלקטריות) בהובלת דן זסלבסקי איש הטכניון, מגדולי המומחים בעולם בתחום האנרגיה והמים), לפתרון מגדל המתנשא לגובה של 1,300 מ'.

את המסבך ואת המסלול הנישא על גבי פלטפורמות המיכל ניתן למקם גבוה יחסית מעל פני המים ולנצל את כל מרחב פני המים, לרבות נפחי פנים הפלטפורמות. פתרון זה עשוי לשמש כטרמינל אווירי-ימי ליבוא ויצוא סחורות ולתנועת נוסעים המשלב את כל התפקודים של אחסון, בקרה, רישוי וטיפול.

### *בניית טרמינל גז והעתקת מפעלי תעשייה*

איים מלאכותיים יכולים לתפקד כטרמינלים ימיים לדלקים ולחומרים מסוכנים (לרבות אחסונים) וכן לגז, לרבות מתקני הנזלה של גז (כפי שנדרש בדחיפות היום). כמו כן, הם יכולים לשמש תשתית "קרקע" לתחנות כוח, מפעלי תעשייה פוגעניים ומזהמים (כמו תעשיות פטרו-כימיות), בתי זיקוק, תעשיות ביטחוניות מסוכנות ועוד (איור 9).

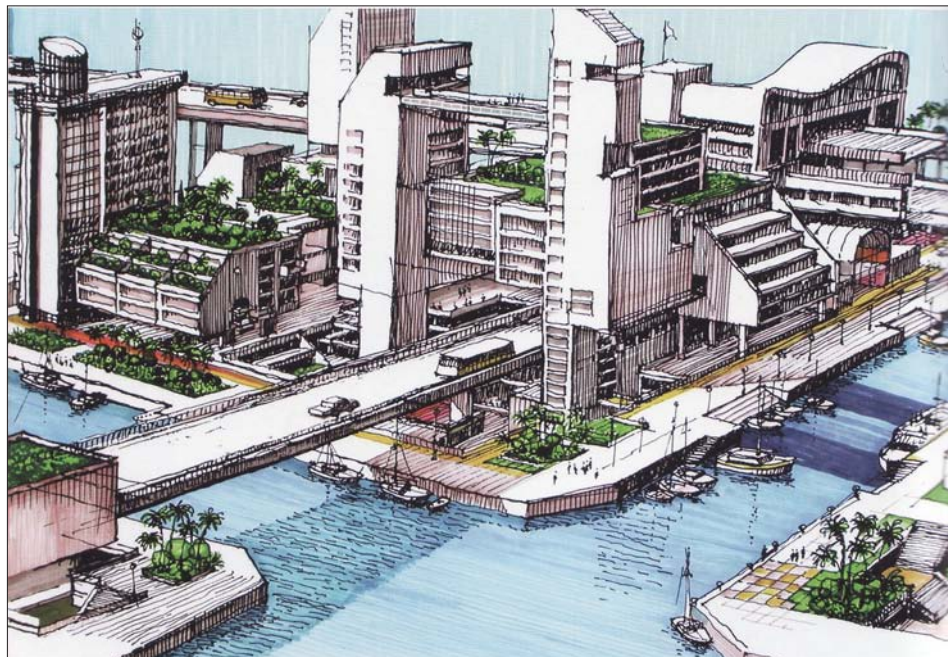
לבניית טרמינלים כאלה אפשר לאמץ רעיון יישומי המתייחס לשילוב מסבכי IPL כפלטפורמה המחברת בין שתי אוניות מצוף שיצאו משירות, או יותר, ליצירת "מגרשי בנייה" של מאות דונמים צפים ואפילו בעלי כושר ניידות לשינוי מיקום כפי שיידרש. בהתייעצויות שקוימו עם ארנסט פרנקל נמצא שדור שלם של מכליות עומד לצאת מן השירות עד 2015, עקב תקינה בינלאומית חדשה, המחייבת מכליות כפולות דופן בלבד. לכן יהיה אפשר לרכוש את "גרואות" המכליות ב-10% ופחות מערכן העכשווי (12-15 מיליון דולר).

טכנולוגיה זו, תוצרת ישראל, עשויה להיות זמינה וכדאית במיוחד, בזכות האפשרות לבצעה מהר, ללא מגבלות ולחץ לוחות הזמנים והעלויות של מספנות בחו"ל. היא דורשת היערכות לוגיסטית מקומית מינימלית יחסית, ואפשר לראות בה פתרון למיקום זמני, עקב הגמישות המובנית ואפשרויות השינוע ושינוי המיקום, ככל שיידרש עקב תוכניות מתאר עתידיות.

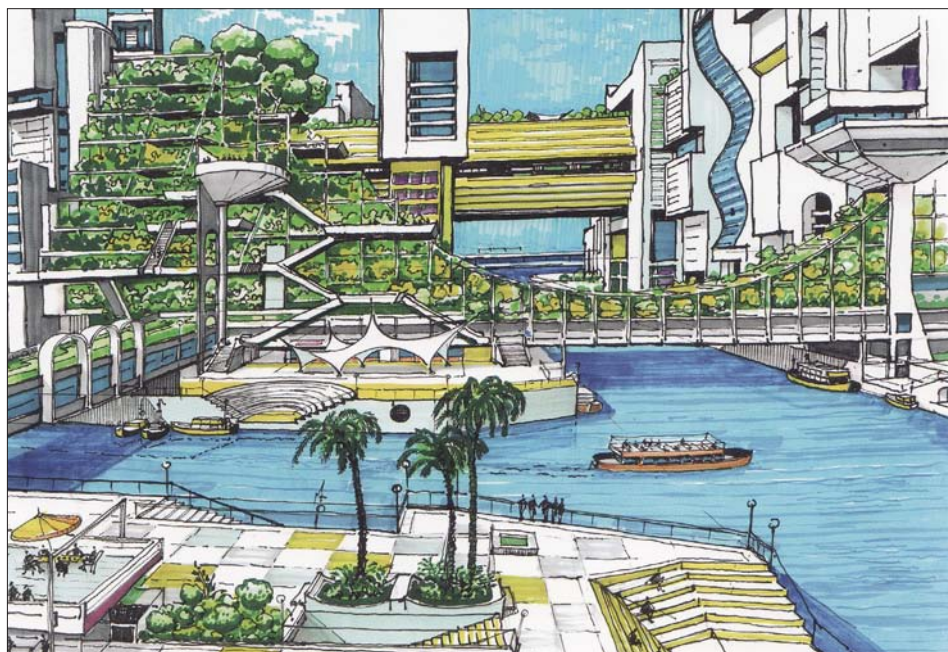




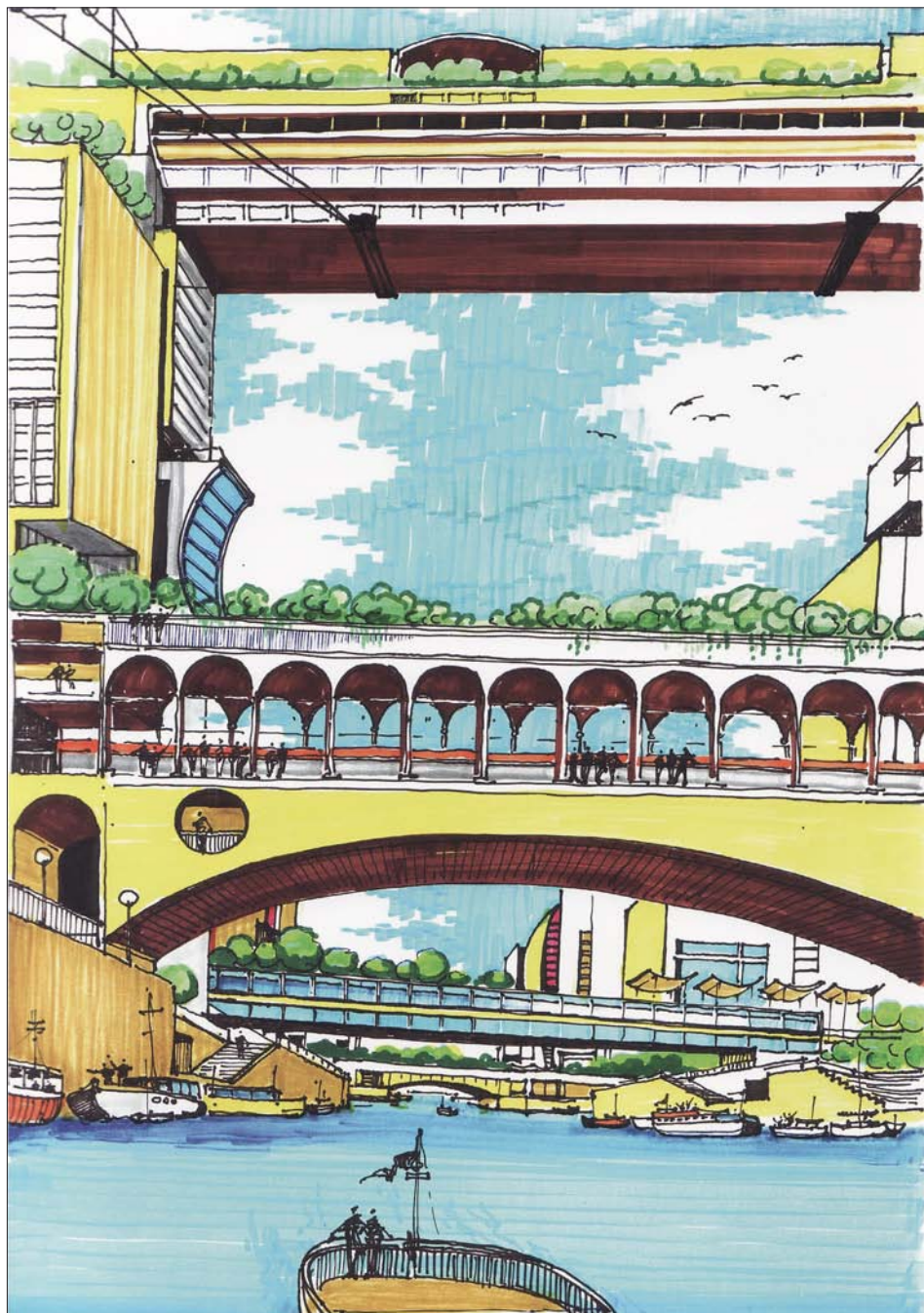
איור 10: חזון השדרה הכחולה



איור 11: תכנון עירוני - ממעוף ציפור

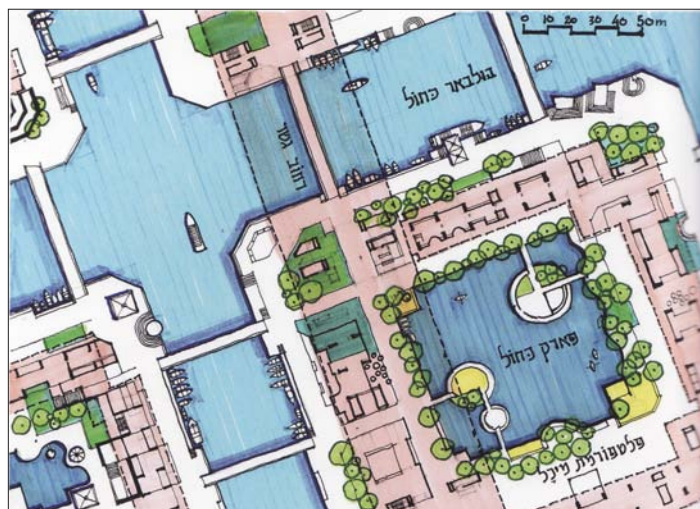


איור 12: תכנון עירוני - מבט צד

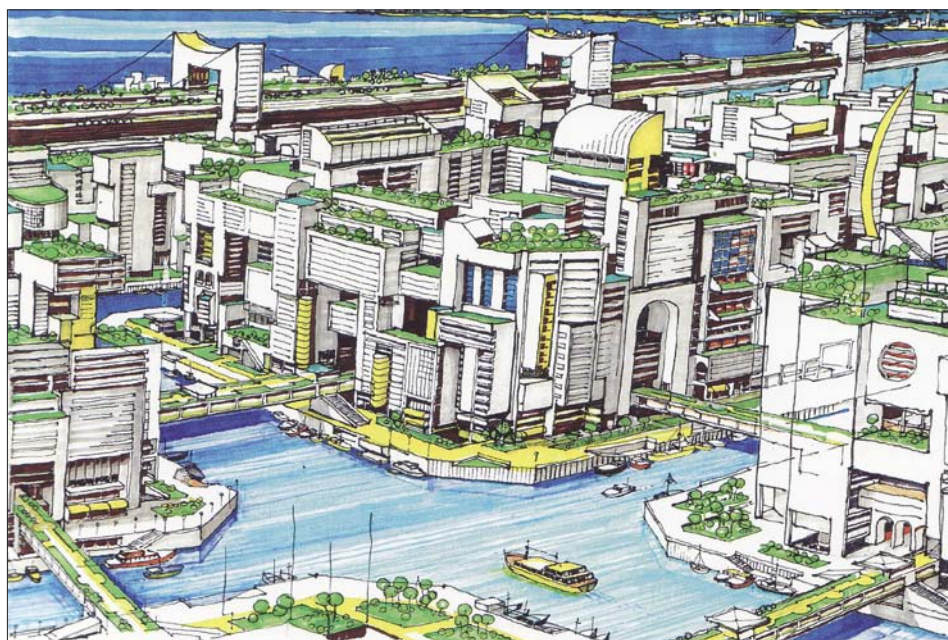


איור 13: תכנון עירוני - מבט צד 2

פיתוח עירוני בסביבה ימית לפי תפיסה זו מתבסס על רקמה של פלטפורמות (בלוקים עירוניים), תעלות שיט ומעגנות ושדרות כחולות (מדשאות כחולות) המלוות ברציפים נרחבים עם ביו-מאסה ירוקה המתפתחת לפארקים אנכיים וטיילות שמים (איורים 14, 15).



איור 14: תכנון עירוני - מבט על

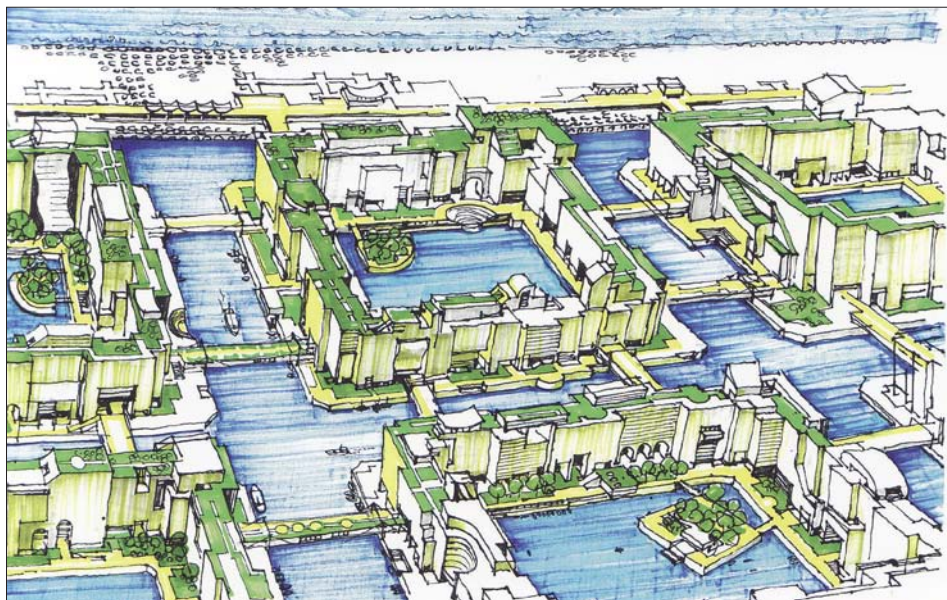


איור 15: תכנון עירוני - מבט מהחוף

ברמות צפיפות של 40,000 נפשות לקמ"ר יידרשו כ-75 קמ"ר של איים מול החזית הימית של ערי החוף. יחד עם 25-30 קמ"ר של איים לתשתיות עדין ניתן יהיה לשמר כ-100 ק"מ מאורכו של החוף במתכונתו הטבעית, כחופי רחצה ושמורות טבע ונוף (איור 16). תפיסת הפיתוח המוצעת, כולה "תוצרת כחול-לבן", עשויה להידרש על ידי גורמי חוץ, עקב המשמעות האוניברסלית שלה, חשיבותה והשימויות שלה.

## האופציה הימית לפלסטין

אחת הנגזרות של האופציה הימית של ישראל עשויה להיות "האופציה הימית לפלסטין", דהיינו פיתוח אורבני ופיתוח תשתיות במרחב מימי החופים של רצועת עזה. עם אוכלוסייה של 1.7 מיליון נפשות ב-2014, וצפי ל-4 מיליון נפשות בתוך 40 השנים הבאות על שטח של 350 קמ"ר בלבד. תמונת העתיד שלהם עגומה וקשה לאין שיעור מזו של ישראל. סיפוח של כ-500 קמ"ר של מרחב מימי החופים ליצירת מרחב תכנון-פיתוח משולב של כ-850 קמ"ר הוא הסיכוי היחיד שלהם להנמיך את הלהבות הצפויות כתוצאה מפיצוץ אוכלוסין ולשמר מידה מסוימת של רווחה, עם חקלאות, משאבי טבע ונוף, כולל אספקת תשתיות חיוניות. הדבר אף יכול להוביל ל"הבנות סביבתיות" וגם לשיתוף פעולה תעשייתי בין שני העמים לצורך מימוש האופציה הימית. יותר מכול, זה עשוי לעזור ולפתח יחסי גומלין ויחסי תלות (הסביבה הימית היא כידוע "מקושרת ביותר") ולשרת את הדו-קיום וההרמוניה האזורית (איור 10).



איור 16: תכנון עירוני - מבט מזרחה

## סיכום ומסקנות

### ארנון סופר

מסמך זה מתמקד בצורך ביציאה אל הים בעזרת הקמת איים מלאכותיים. לנוכח הצפיפות הגדלה במישור החוף והסכנה פן ברגע מסוים תהיה קריסת מערכות, חלופה זו עשויה לתת מענה לצרכים רבים של המשק והחברה של ישראל. עמדנו על המגבלות שיש בישראל למצוא חומרי מילוי להקמת הנמלים, אלא אם כן ניצור חומרי מילוי תוך גרימת נזקים סביבתיים חמורים ביותר.

עבודתו של מיכאל בורט נועדה לתת פתרונות לשורה של שימושי קרקע הנחוצים למדינה בשנים הקרובות שלא יהיה היכן למקמם. חלופה זו, המציעה פתרון חדשני לבניית האיים המלאכותיים, מתבססת על שוברי גלים ספוגיים (Modular Permeable Sponge Breakwater) ועל פלטפורמות מיכל (Modular Container Platform), טכנולוגיות הנותנות מענה למחסור בחומר מילוי ומוזילות את עלות הקמת האיים (לעומת מילויים בחומרים מן החוף).

איים מלאכותיים אלה ישמשו להקמת נמלים חדשים ולהרחבת נמלים קיימים (עניין שהולך ונעשה דחוף, כפי שהבהרנו), להעסקת שדות תעופה זוללי שטחים רבים מן היבשה אל הים, להקמת טרמינלים לטיפול בגז (בעת כתיבת עבודה זו מערכת תכנונית שלמה מחפשת אתר שיהיה בטוח ומקובל על תושבי ישראל), להקמת בתי זיקוק נוספים, לאחסון חומרים מסוכנים ואחרים, להרחבת אזורי התעשייה של ישראל ועוד. אם שלבים אילו יוכחו כמוצלחים, יישקל פיתוח אורבני באיים.

לסיכום נושא זה אי אפשר שלא להצביע על הפתרונות שהצענו בכל הנוגע למצוקת הקרקעות החמורה ביותר ברצועת עזה, שאם לא ימצא לה פתרון נאות, הלחצים יפרצו בסופו של דבר לעבר ישראל. ב-2013 מתגוררים ברצועת עזה 1.7 מיליוני נפשות ובשנת 2024 יתגוררו שם כ-2.5 מיליוני נפשות. הם יהיו זקוקים נואשות לשטחי מחיה שאינם מצויים ברצועה. אין להניח שמצרים תיאות להקצות לרצועה קרקע מצרית בין רפיח לאל עריש ולו גם בתמורה לשטח שישראל תסכים לתת למצרים כפרוזדור בינה לבין ירדן (רעיונות שהעלה בשעתו יהושע בן-אריה). חוף רצועת עזה רדוד יותר מכל מקום אחר בחופי ארץ-ישראל, והיציאה אל הים אפשרית והיא דחופה ביותר ובוודאי לאור הפתרון הטכנולוגי שמציע מיכאל בורט בעבודה זו.

אלא שבכך לא פתרנו את מכלול הבעיות הקשורות בייבוש הים. אורך חופי ישראל 197 ק"מ, מהם 49 ק"מ סגורים לציבור (18 ק"מ תפוסים על ידי תשתיות לאומיות כנמלים, תחנות כוח והתפלה, 31 ק"מ תפוסים על ידי משרד הביטחון-צה"ל), 45 ק"מ הם חופים אורבניים, 38 ק"מ מיועדים לבנייה אורבנית ו-15 ק"מ להקמת כפרי נופש, ורק 50 ק"מ נותרו לחוף טבעי פתוח. שטח קטן זה



מאזים על ידי גופים אינטרסנטיים רבים, ובראשם גופי תיירות המעוניינים בעוד בתי מלון וכפרי נופש, מסעדות ופארקים לשעשועים על החוף. רובם אינם יודעים כי יבוא הרגע שהצפיפות הרבה של מתקני הים על החוף תבריך תיירים משם...

וכמובן, קו החוף קורץ ליזמות פרטית. רבים מתושבי ישראל ויהודי העולם חולמים על "סן פרנסיסקו על המים" של החוף הישראלי. וגם הדייגים זקוקים לחוף, בין מי שזו פרנסתם ובין שהם חובבים בלבד, וכך גם גולשי הגלים, ועוד.

כל הסחר הימי הנכנס ויוצא של ישראל עובר דרך שניים-שלושה נמלים, ובכך נכללת כל האנרגיה המיובאת והחיונית, ואלה חייבים כאמור להתרחב כל הזמן. צורכי הביטחון מחייבים הקצאת שטחים רבים למטרה זו, החייבים להיות צמודים לחוף הים. תגליות הגז בים ואולי גם נפט רק יגבירו את ערנות חיל הים הישראלי וצרכיו ימשיכו לגדול. מדובר בהגנת ישראל ובהכנה לפעולות התקפיות – אם במים הטריטוריאליים ואם במים הכלכליים של ישראל. חיל הים והמשטרה חייבים לספק הגנה למתקנים על החוף (תעשיות, תחנות כוח, ערים) ולאזרחים הגרים לאורך החוף או בים, הגנה שגם היא מחייבת הקצאות של שטחים מתאימים.

יש מי שרוצה לגנוב את חולות הים לצורכי בנייה או נוי, אבל בחופי הים נמצאים גם אתרים ארכאולוגיים והיסטוריים שיש להגן עליהם, ויש בעיות פיזיות שונות המאיימות על הגנת החוף. מול כל אלה ניצבים הגופים הירוקים, המשרד לאיכות הסביבה ומשרד הפנים, המנהלים מלחמה יומיומית להגנת קו חוף רגיש ומבוקש זה.

והנה, מופיעים לפתע רעיונות בדמות א"י ים שישנו את קו אופק הים ממבט מן החוף. התנועה מן האיים ליבשה ולהפך תשנה את שיווי המשקל העדין ממילא בחוף צפוף זה. מה יעשו שינויים אלה לנוף הישראלי ובייחוד לקו האופק הנפלא של הים התיכון? מה הם יעשו לזיהום מי הים? לזרמים? זהו הרי מהלך משנה מערכות ולא עוד איזשהו שינוי קטן ושולי.

כל מי שישנוגר על הרעיון של ייבוש קטעי ים לשם יצירת איים מלאכותיים וכל מי שיתנגד לו – יהיה צודק. אשר למסנגרים, הדברים כבר ברורים. המקטרגים יזכירו כי ענייננו בקו המגע של חוף-ים שהוא חלק מרצועת החוף הישראלית, ולמעשה חלק מהשטחים הפתוחים המעטים שעוד נותרו במדינה. זוהי רצועה שיש בה מגוון ביולוגי עשיר, כי לאורך החופים של ישראל יש 12 איים קטנטנים המשמשים מפלט לעופות ים ולמגוון בעלי חיים נוספים; כל זאת בנוסף לחופי רחצה נפלאים שחשיבותם רבה ביותר לתרבות הפנאי של הישראלי, הנופש, התיירות ואיכות החיים.

אם בקום המדינה היו לכל אזרחי ישראל כ-30 ס"מ של חוף, הרי כיום ב-2014 נותרו לכל אזרח כ-2.5 ס"מ חוף, ולפי התחזית – התהליך עוד נמשך. ואם אין די בכך, באים שינויי האקלים ומכים

בחוף בחזית רחבה של איומים – מעליית פני הים דרך הסופות הקשות, והתוצאות כבר נראות בשטח כמו התמוטטות חופי הכורכר בחופי השרון, ולא רק בו. וכל זאת עוד בטרם דנו באיומים על חוף הים מידי האדם, שכבר עצר את זרימת החולות לאורך חופיו על ידי דורבנים אל תוך הים, הקמת סכר אסואן, הבנייה, גניבת החול, הובלת השפכים! מיהו האחראי לבדוק את השפעת ייבוש הים על כל המערכות הרגישות שציינו?

משרדי ממשלה המעורבים בנושאי חוף הים והים הם: משרד הביטחון, האוצר, התיירות, ביטחון הפנים (משטרה), הבינוי והשיכון, התחבורה, איכות הסביבה, הפנים, החקלאות, התשתיות הלאומיות (ובתוכו גם המכון לחקר הימים והאגמים, לדוגמה), המשפטים, החוץ (עקב אמנות רבות שישראל חתומה עליהן בכל הנוגע לים) ומשרד החינוך (החינוך הימי).

מלבד משרדי הממשלה נמצא גופים קרובים כרשות הנמלים, מינהל מקרקעי ישראל, רשויות מקומיות, הגופים הירוקים, אנשי המגזר הפרטי ובהם תעשיינים, יבואנים, יצואנים, תיירות, קבלנים. למעשה, הרשימה ארוכה וסבוכה אף יותר, שכן בכל משרד ממשלתי ישנם אגפים שונים שחלקם נמצאים בניגודי אינטרסים עם אחרים. מיהו אפוא הגוף שיש לו הסמכות להכתיב מדיניות כזו או אחרת ובמקרה שלנו את "ייבוש הים"? גוף שיהיה מקצועי: א-פוליטי-ענייני. האם אפשר בכלל להקים גוף כזה? בכל הסבך הזה, ובטרם ניגשים לביצוע, יש לתת את הדעת על הפן המשפטי. המערכת המשפטית צריכה להיכנס לתמונה כדי לתת תשובות כמו, מי אחראי לאזור בו יוקמו איי הים? הרי הים שייך לכל אדם בכדור הארץ, למי אם כן שייכים איים אלו? מי אחראי למים הטריטוריאליים והכלכליים? מהו אותו גוף משפטי חדש ששמו אי מלאכותי א' או ב' או ג'? האם נוסף על עשרות החוקים והאמנות שכבר נחקקו בעניין הים יש צורך בחקיקה חדשה? יש לנו חוקים לשמירת הסביבה, המים, החוק למניעת זיהום הים, פקודת הנמלים, פקודת הדיג, חוקי הזיפזיף, חוק העתיקות, חוקי התכנון והבנייה – נראה שהאיים יהיו אתגר לכל חוק ואמנה מאלה שמנינו ושלא מנינו.

המסקנה ברורה: בטרם יוחלט על התחלת מבצע לייבוש קטעים בים, והזמן דוחק מאוד, יהיה צורך להכין גוף לאומי מתאם בין כל הגופים שציינו כאן, גוף שיוכשר משפטית, כדי לקדם את המפעל החדשני הזה, ובה בעת לשמור על חופי הים גם לדורות הבאים.

אין ספק שמהלך דרמטי כמו זה שאנו מציעים יזעזע את כל המערכות שתיארנו כאן. גורמים רבים – כלכליים, לאומיים, פוליטיים ופרטיים – ירוויחו מייבוש הים, ורבים יפסידו בחלקתם הקטנה, אבל נראה לנו שמדינת ישראל תצא נשכרת ממהלך אמיץ זה.

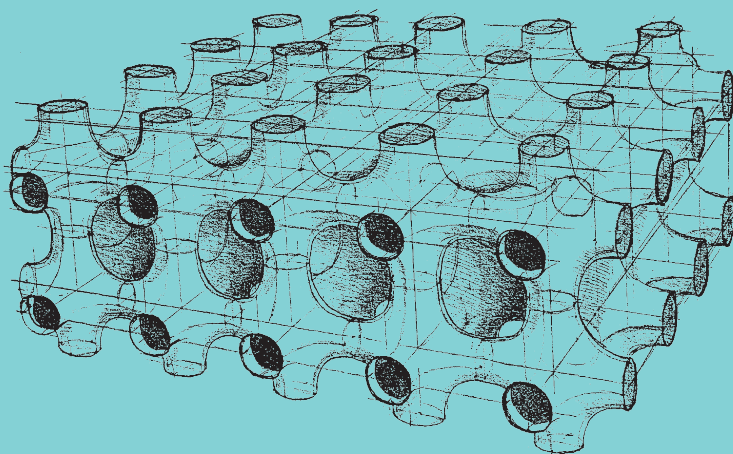
## מקורות

- אבן, ש', ש' גרטנר וד' קהת. 2003. רעיון להקמת איים מלאכותיים מול חופי עזה. *עדכן אסטטגי*, כרך 5(4), 25-22.
- בורט, מ' 1997. תפיסות וטכנולוגיות חדשניות בפיתוח איים מלאכותיים – "ידידותיים לסביבה" מול חופי מדינת ישראל. *מהנדסים, אדריכלים וטכנולוגים*, ספטמבר, 32-37.
- בורט, מ' 2010. האופציה הימית לישראל: חזון השדרה הכחולה. *גלילגא*, 139, 32-40. חברים נוספים שתדמו את חלקם למסמך זה: פרופ' יחיאל רוזנפלד, טכניון, מר מיכאל שוסהיים, טכניון, פרופ' יהודה חיות, אונ' חיפה.
- בייט, מ' 1999. איים מלאכותיים מול חופי ישראל. *קרקע*, 46.
- בלומנפלד, ס' 2003. *מיקום חומרים מסוכנים בישראל חיפה*. קתדרת חייקין לגאואסטרטגיה, אוניברסיטת חיפה.
- בן-גוריון, ד' 1932. *לקראת הים*.
- ברקובסקי, א' וא' סופר. 2013. *גאופוליטיקה ושינויי אקלים במזרח התיכון*. קתדרת חייקין לגאואסטרטגיה, אוניברסיטת חיפה.
- הוועדה הציבורית לבחינת תכנית אב לשדות תעופה בישראל. 2009. *דוח מסכם*. מוגש לסגן ראש הממשלה ושר התחבורה והבטיחות בדרכים שאול מופז.
- הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה. 2011. *שנתון סטטיסטי לישראל שנת 2011*.
- הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה. 2013. *שנתון סטטיסטי לישראל שנת 2013*.
- המשרד להגנת הסביבה, אגף מדיניות סביבתית. 2010. *התמוטטות המצוק בחופי ישראל, דרכים להתמודדות, והמשמעויות הכלכליות, הציבוריות והסביבתיות*. מסמך מדיניות, מדינת ישראל.
- וייס שמואל. 2014. *איים מלאכותיים בחופי ישראל: אבן דרך בהתפתחות מדינת ישראל?* קתדרת חייקין לגאואסטרטגיה, אוניברסיטת חיפה.
- לרמן אדריכלים ומתכנני ערים בע"מ. 1998. *פיתוח במימי חופין – איים בים במטרופולין תל אביב – סקר היתכנות מוקדם*. תל-אביב.
- משרד הפנים, מנהל התכנון, הוועדה למימי חופין. 1999. *מימי החופין של ישראל, מסמך מדיניות*. מדינת ישראל.
- משרד הפנים, מנהל התכנון. 2007. *מסמך מדיניות לאיים מלאכותיים לתשתיות*. דוח מסכם, מדינת ישראל.
- משרד התשתיות הלאומיות. 2000. *איים מלאכותיים נוכח חופי ישראל, בדיקת קדם היתכנות, דוח סופי*. ועדת ההיגוי המשותפת הולנדית-ישראלית, מדינת ישראל: משרד התשתיות הלאומיות, אגף תכנון ופיתוח.

- ניר, י' 2005. איים מלאכותיים מול חופי ישראל: חלום מתוק או חלום בלהות? *קרקע*, 60, 118-130.
- ניר, י', י' דורי וא' בן-ארי. 2001. *איים מלאכותיים מול חופי ישראל, היבטים סביבתיים, תכנוניים ומשפטיים*. תל אביב: אדם טבע ודין, אגודה ישראלית להגנת הסביבה.
- סגל, ק' 2003. *המהפכה בתכנון האיים המלאכותיים*. הכנס הארצי השלישי לבנייה ולתשתיות.
- סופר ארנון. 2000. תהליך הפירוור בישראל - אמרקיניזציה במקום הלא נכון. ג' ברקאי וא' שילר (עורכים), *נופי ארץ ישראל - ספר עזריה אלון*, 94-90, החברה להגנת הטבע תל אביב.
- פפאי ניר (עורך). 2004. חופי ישראל 2004, דוח החברה להגנת הטבע ופורום ארגוני החוף על מצב חופי הים התיכון. *עליית מפלס הים*. דוח מס' 5.
- צימלס, י', ג' שלף וא' בעז. 1996. *איים מלאכותיים נוכח חופי ישראל*. האיגוד הישראלי להנדסה ולמדעי המחצבים.
- קרן, ע' וא' שטרן. 1999. *איים מלאכותיים בחופי ישראל*. תל אביב: אוניברסיטת תל-אביב, הפקולטה לחברה, התכנית לשמאות ומקרקעין.
- רוזן, ד' 2000. *אומדן ההשפעות הסביבתיות הצפויות עקב בניית איים מלאכותיים במימי החופין של ישראל בים התיכון באזור המרכז - התייחסות לתוצאות החקירה במודלים הסדימנטולוגיים*. דוח סדימנטולוגי סופי, דוח חיא"ל מספר H/03/2000, חיפה: חקר ימים ואגמים לישראל.
- שאשא, ש' 1995. *איים מלאכותיים בחופי ישראל*. צה"ל: המכללה לביטחון לאומי.
- שליין, ל' 1999. האי שאפשה. *ביטאון חיל האוויר*, גיליון 125.
- שלף, ג' וי' צימלס. 1996. *הקמת איים מלאכותיים בחופי ישראל תוך שימוש באפר פחם*. חיפה: הטכניון.
- Burt, M. 2013. *The Israel Marine Option – The Blue Avenue Vision*. Haifa: Technion.
- Bystrov, J., and A. Soffer. 2013. *Israel Demography 2013-2030*. Haifa.
- Population Reference Bureau. 2012. Washington.
- Hirosihi, S. 2002. *Mega-Float – Results of Phase – 2 Research*. Ishikawajima-Harima Heavy Industries Co, Tokyo, Japan.
- IPCC. 2007. *Climate Change: Synthesis Report*. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC, Geneva, Switzerland, 104 pp.
- Population Reference Bureau 2012. *The 2012 World Population Data Sheet*.  
<http://www.prb.org/Publications/Datasheets/2012/world-population-data-sheet.aspx>

במסמך הנוכחי אנו מביאים לידיעת הנוגעים בדבר פתרון לאחד הקשיים במימוש רעיון הקמת האיים המלאכותיים בים התיכון, והוא המחסור בחומר מילוי להקמת איים בישראל. למיכאל בורט כותב הפרק על השדרה הכחולה יש רעיון היכול לתת מענה למגבלה זו, והוא מציע להתחיל לנסות את ישימותו.

פרופ' (אמריטוס) מיכאל בורט כיהן כמה מספר פעמים כדיקן הפקולטה לארכיטקטורה בטכניון בחיפה. הוא עוסק ברעיון של הקמת איים מלאכותיים מאז שנות השישים של המאה ה-20. בשנים 1995-1996 התחיל לממש את חזונו בעזרת ניסויים בשובר גלים ספוגי פרי המצאתו, בשיתוף חוקרים נוספים, כפי שמתואר במסמך שלפנינו.



9 789657 437407