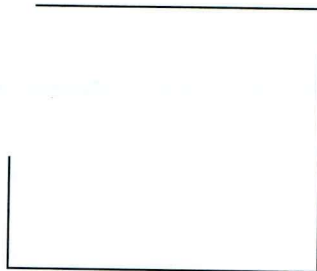




יד לבנים



פרויקט הקדשת עבודה  
סמינריונית למשפחה שכולה

עבודת סמינריון בגאוגרפיה:

השפעת בניית איים מלאכותיים מול חופי  
ישראל

נכתב על-ידי טלי בוסידן

העבודה הוגשה לדר' יהודית לקח

המכללה לחינוך ע"ש דויד ילין

ירושלים, תשס"ו, 2006.

מוקדש למשפחת גאולה  
לזכרו של גאולה אהוד חיים

## משפחת גאולה היקרה

כשנכנסתי לביתכם והקשבתי קשב רב לסיפורים על אהוד, גיליתי  
משפחה רגישה, משפחה אוהבת וצנועה המשמרת את זכר יקרה-  
אהוד - בכל דרך אפשרית.  
לקחתם את השכול צעד קדימה ומנפתם אותו לכיוונים נכונים -  
לכיוונים של זכרו הטוב של אהוד האהוב. לכיוון של יצירה.

עבודה זו , על ייתכנות איים מלאכותיים מול חופי ישראל , היא  
פרי של חשיבה יצירתית ומוכיחה כי על אף הקשיים והמכשולים שיש  
בדרך למטרה- השמיים הם הגבול (ולא קצה היבשה).

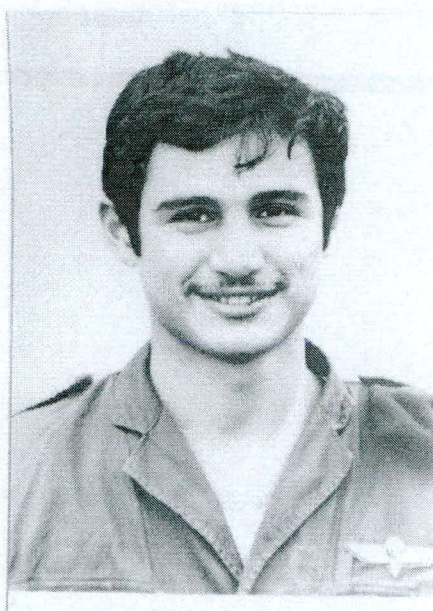
אהוד, בחייו, אהב את הטבע והקדיש שעות רבות לחקירה  
ולטיול בטבע הארץ ישראלי, וגם מבחינתו, בכל מה שנוגע לטבע,  
השמיים הם הגבול.

עבודה זו מוקדשת לזכרו של אהוד .  
המשיכו בדרככם הענווה והיצירתית להנציח את זכר יקרנו- בנכם -  
אהוד.

לכבוד הוא לי לקחת חלק במסע ההנצחה של אהוד ועל כך אני  
מודה לכם.

שלכם  
טלי מילר

## סמ"ר גאולה אהוד חיים ז"ל



בן בת שבע ובן ציון.

נולד בירושלים כ' בכסלו תשכ"ג, (17/12/1962).

אהוד גדל בירושלים. למד שנתיים בבית הספר הממלכתי דתי "מוריה".

לאחר מכן, כאשר המשפחה עברה לשכונת רמת אשכול, הוא סיים את לימודיו

בבית הספר היסודי על שם פרדס. לבגרות המשיך אהוד את לימודיו בבית הספר

התיכון "קריית נוער". בחר במסלול מחשבים והתרכז בלימוד העיוני-דתי של הלימודים במגמת מחשבים.

הוא סיים את לימודיו לימודיו בהצטיינות וזכה לציונים גבוהים בבחינות הבגרות.

לאהוד היו תחביבים שונים: הוא אהב לכתוב על נושאי דת ואמונה, אהב מאוד ספורט, השתתף בטיולים

רבים כחבר בתנועת "בני עקיבא" – יצא לטייל ברכב וברגל להכרת הארץ באזור מדבר יהודה, עין גדי

והנגב, ואף טייל בנחל עמוד ובארבל שבגליל, הוא היה מטפס אל המקומות הגבוהים בחבלים וגולש

מהם במיומנות.

במסגרת בית הספר התיכון השתתף אהוד בפעילות הגדנ"ע. התבודדות בטבע הייתה חביבה עליו מילדותו. הוא התמצא בסיירות ובשדאות עוד מקטנותו. תחום נוסף שבו אהוד אהב לעסוק הוא תחום המוסיקה - פרט על מנדולינה, והשתתף בתזמורת הנוער של עיריית ירושלים כמתופף. לאהוד הייתה חמלה על בעלי חיים והוא טיפל בהם במסירות.

לפני גיוסו לצה"ל בחן אהוד כמה ישיבות הסדר, אך לא היה שלם עם בחירה זו – אהוד היה נחוש בדעתו לתרום למדינה בכל ישותו - לכן, הקדים את מועד גיוסו והצטרף ליחידת הצנחנים. בטירונות ובקורס מ"כים היה אהוד חניך מצטיין ואף הוצע לקצונה. כשפרצה מלחמת לבנון היה הגדוד שלו בפעילות מבצעית בבקעה ואהוד דרש בתוקף להצטרף למלחמה. אכן עד מהרה הצטרף גדודו לקרבות.

בלבנון היה אהוד סמל מחלקה והשתתף בקרבות על מחנות הפלסטינים צור וצידון. להוריו לא סיפר על כך, והדבר נודע להם מפי חבריו רק מאוחר יותר לאחר שנפל.

בספר "טל חיים" שמשפחתו של אהוד הוציאה לזכרו מספרים חבריו, כיצד למרות פציעתו ליטף אהוד את ראשו של חייל שנפצע לידו וזעק מכאבים.

חברו רועי כותב :

"יצא לי להיות בסמיכות לאהוד בזמן המלחמה במערב ביירות. אני מעוניין לספר על מספר דברים שנחרתו בזיכרוני לדמותו של אהוד. בכוח מסוים שניהל קרב קשה עם האויב היו מספר פצועים וביניהם אהוד ואיתן שנפצעו ברגלים וחייל נוסף בשם ביל שהיה פצוע פציעה רצינית ברגלו. אהוד, למרות הפציעה שלו, התעלם מהכאבים והשתדל להרגיע את אותו חייל שזעק מכאבים. הוא כל הזמן ליטף לו את הראש והשתדל להרגיע אותו כדי שהבחור יתאושש מעט, ובכדי להרגיע את שאר החיילים שהדבר לא ישפיע עליהם."

ביום כ"ו באייר תשמ"ג (9.6.1983) נפל אהוד בעת שירותו, כאשר טיפס בחבלים על צוקי נחל הזוויתן שבגולן, אהוד יצא לזויתן בכדי להתאמן ולהכשיר את עצמו להמשך שירותו הצבאי. הוא הובא למנוחת עולמים בהר הרצל בירושלים. הוא הניח אחריו הורים וארבעה אחים ואחיות.

ניקול גרפונקל  
רכזת פרויקט הקדשת עבודות  
מכללת דויד ילין

# השפעות בניית איים מלאכותיים

## מול חופי ישראל

עבודה סמינריונית בגיאוגרפיה

העבודה הוגשה לדר' יהודית לקח

שם הסטודנטית: טלי בוסידן

מספר זהות: 033697129

מסלול: גיל רך.

המכללה לחינוך ע"ש דוד ילין

ירושלים תשס"ד 2004

## ראשי פרקים

3..... מבוא כללי

### פרק ראשון: חוף הים התיכון בישראל.

4..... 1. תצורת החוף.....

6..... 2. התהליכים החופיים בים.....

10..... 3. מבנים ימיים מלאכותיים לאורך החוף.....

### פרק שני: האי המלאכותי.

11..... 1. בניית האי המלאכותי.....

12..... 2. איים מלאכותיים בעולם.....

13..... 3. בניית איים מלאכותיים מול חופי הים התיכון.....

### פרק שלישי: השלכות האיים המלאכותיים על ישראל.

19..... 1. השלכות סביבתיות.....

23..... 2. השלכות נופיות.....

26..... סיכום

28..... בבליוגרפיה

## מבוא

כשחיפשתי נושא לעבודה סמינריונית בגיאוגרפיה, שוטטתי באינטרנט באתרים של איכות הסביבה ונתקלתי במאמר שכותרתו הייתה- "איים מלאכותיים מול חופי ישראל". כותרת זו הייתה תמוהה בעיני שכן לא ממש שמעתי על פרויקט זה לפני-כן ובדמיוני עלתה תמונה של איים פסטורליים הנראים מחופי הים התיכון. כשקראתי מעט יותר על איים אלו המתוכננים, גיליתי שהתמונה לא כל-כך פסטורלית, שהנושא מורכב יותר מכפי הנראה ושישנם תהליכים כה רבים בים שאנשים רבים אינם מודעים להם. הנושא עניין אותי והחלטתי לחקור את הנושא יותר לעומק ולברר כיצד באמת תיראה התמונה מכיוון חופי הארץ.

החלטתי לפתוח את עבודה זו בפרק העוסק בחופי הים התיכון כיום- במאפיינים שלהם ובתהליכים המתרחשים בהם. כמו כן הצגתי בפרק זה את ההפרעות הקיימות כיום בחופים אלו ואת ההפרעות העתידות להגיע בשנים הקרובות.

בפרק השני התייחסתי לאיים מלאכותיים בכלל, שיטות הבנייה הקיימות ואיים מלאכותיים שנבנו בעולם. עוד בפרק זה התייחסתי להיתכנות בניית איים מלאכותיים מול חופי ישראל על פי רשמיה של הועדה שמונתה לבדוק זאת. כמו כן הוספתי את מסקנותיה של הועדה לגבי המשך בדיקת היתכנות האיים.

בפרק השלישי של העבודה דנתי בשאלת המחקר שלי: *"כיצד איים מלאכותיים דוגמת אלו המתוכננים לקום מול חופי ישראל ישפיעו על הסביבה ועל הנוף של חופי הארץ ולמעשה האם באמת כדאי להקים איים כאלו בשלב זה?"*

בפרק זה התייחסתי בעיקר להשפעות הסביבתיות והנופיות של האיים אם כי אין לי ספק כי ישנן השפעות נוספות שכדאי לקחת בחשבון.

## פרק א: קו חוף הים התיכון של מדינת ישראל

### 1.1. תצורת החוף:

חוף הים התיכון של ארץ ישראל הינו חלק מהשקע הלבנטיני באגן המזרחי של הים התיכון, וכן הוא החלק הסופי של החוף הסדימנטרי<sup>1</sup> של הנילוס, המתחיל מערבית לשפך הנילוס (בין רשיד לאלכסנדריה) ומסתיים בחופי עכו.

אורכו של החוף מראש הנקרא ועד רפיח הוא כ-230 קילומטרים (ניר, 1987).

תצורת החוף של ארץ ישראל מאשקלון בדרום ועד לראש הנקרא בצפון היא תצורה של אדן יבשת צר יחסית. כלומר - ברוחב של כ-2 - 4 ½ קילומטרים, משתפלת אל תוך הים רצועה חולית בזוית נמוכה ועומק המים מגיע לכ-30-40 מטרים בלבד בתחום זה.

מקו החוף והלאה קיימות שתי צורות נוף שונות: מאשקלון שבדרום עד למפרץ חיפה קיים מישור חוף מפותח כאשר ממפרץ חיפה והלאה החוף מפורץ יותר ויש בו שלוחות של רכסים (הרטמן, 1996).

לקו החוף של ישראל ישנם שני מאפיינים בולטים. האחד הוא קו חוף קשתי המתאים בצורתו למבנה הגיאולוגי של האזור (רצועת ההרים שממזרחו מתאימה לצורתו וכיוונו של קו החוף).

מאפיין נוסף של קו החוף הוא קו חלק למעט מפרץ חיפה וצפונה לו, ובליטות קטנות ביפו ובעתלית שנוצרו כתוצאה מפעולות טקטוניות<sup>2</sup> ומתהליכי הרבדה (זוהר, 1997). בראש הכרמל ישנה בליטה פנימה מהשלד של חופי ישראל הדרומיים יותר. לבליטה זו יש השפעה על יצירת שפלת החוף על-ידי כך שהיא חוסמת את הסעת החולות הנעים צפונה וגורמת להרבדת החול בשפלה זו. יש לציין כי ככל שמצפינים בקו החוף, כמות החול המצטברת בחוף הולכת וקטנה (ניר, 1987).

בעורפו של חוף הים התיכון של ישראל, ישנם מצוקים המורכבים מסלעי כורכר<sup>3</sup> שגובהם כ-50 מטרים. חלק מרכסי הכורכר הם מקבילים לקו החוף, חלקם נמצאים ממזרח לרכס החופי במישור החוף וישנם אף רכסים הנמצאים ממערב לקו החוף, בעומקי מים שונים, בקרקעית מפתן היבשת. רכסי כורכר אלו נוצרו לאורכם

<sup>1</sup> חוף שלאורכו תנועה וסחיפה של חומרים כמו חול במים.

<sup>2</sup> כוחות פנימיים של כדור הארץ היוצרים תהליכים כגון קימוט ושבירה.

<sup>3</sup> סלע משקע חופי שנוצר על-ידי דיונות חול שהתאבנו לאורך קו המים. הסלע בנוי מגרגירי קוורץ מלוכדים בתמיסות גירניות.

של החופים בתקופות שונות של נסיגה והצפה של הים, והם למעשה דיונות חול שעברו ייצוב וליכוד. ניתן לראות את פיזור גבעות הכורכר הנמצאות לאורך החוף ומזרחית לו בציור 1 (ניר, 1987).



רכסי כורכר המצויים בקרקעית מפתן היבשת נוצרו כתוצאה מחול שעבר ייצוב וליכוד והתאבן בתקופת הפלייסטוקן<sup>4</sup>, כאשר מפלס הים היה נמוך יותר וחלק זה היה יבשה. ב-14,000 השנים האחרונות הייתה עלייה רציפה של הים שגרמה לגידוד רכסי הכורכר ולכיסויהם בחול באזורים רדודים. רכסים אלו הם בולטים מעל לקרקעית הים וחוסמים את בריחת החול מערבה אל הים הפתוח ובעזרתן ובעזרת החול שנסחף מערבה אל הים, נוצרה אותה רצועה חולית ברוחב של כ-2-4.5 ק"מ, המשתפלת אל תוך הים בזווית נמוכה, דבר שלמעשה יוצר את אדן היבשת הצר המאפיין את חופי הים התיכון. (אלמגור וגיל, 1999).

לאורכם של החופים ישנן גם דיונות חול, שנוצרו כתוצאה מסחיפת החולות והצטברותם על החופים, הנקטעות מדי פעם על-ידי מצוקי הכורכר ומצטמצמות ככל שהן מתרחקות צפונה ממקורן אשר במצרים (ניר, 1987).

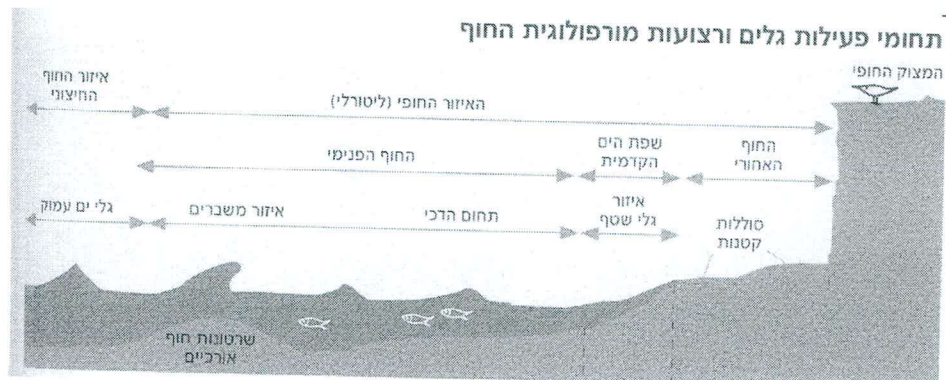
## **1.2. התהליכים החופיים בים:**

חוף הים, בכל מקום בעולם הינו זירה של תהליכים דינמיים שאינם פוסקים. תהליכים אלו נובעים מכמה וכמה אלמנטים כמו גלי הים והזרמים שבו, תצורת

<sup>4</sup> תקופה גיאולוגית שנמשכה כמיליון שנה והסתיימה לפני כ-14,000 שנה (החלק השני של תקופת הרביעון).

החוף, הסדימנט- הסחופת המגיעה אל החוף על כל מרכיביה והימצאות סלעים באזור הימי והיבשתי של החוף. כל אחד מאלמנטים אלו משפיע ומושפע מהאחרים. כמובן שגם ידו של האדם משפיעה במידה ניכרת על תהליכים אלו, משנה אותם ואת תצורת החוף ולעיתים גם גורמת להרס ובליה מואצים יותר (הרטמן, 1996).

בחוף הים התיכון של ישראל קיים אדן יבשת צר, כלומר קיימת רצועה חולית המשתפלת בזוית נמוכה וכך עומק המים 2-4 ק"מ מערבית לחוף אינו עולה על 30-40 מטרים (ציור 2) (אלמגור וגיל, 1999).



**ציור מס' 2:**  
 חתך קו חוף עם  
 אדן יבשת צר.  
 (הרטמן, 1996)

חלק הים העמוק הנקרא אזור החוף החיצוני הוא החלק שאינו נתון להשפעתם של התהליכים החופיים בתוכם הגלים. לעומתו אזור החוף הפנימי, המתחיל בעומק שבין עשרה לעשרים מטרים, הוא בעל שיפוע מתון יחסית, הגלים המגיעים לעומקים אלו נעשים לא יציבים ומתפתחים למשברים, והוא נתון להשפעות התהליכים החופיים המתרחשים בו (הרטמן, 1996).

### הגלים, הזרמים ותנועת החולות:

גלי הים הינם המנוע לתהליכים הפועלים בים. מקורם הוא לרוב בים העמוק- הם נוצרים על-ידי סערות המעבירות אנרגיה- הם נעים בכיוון תנועת הסערה ובתנועה מעגלית ומסוגלים לנוע אלפי קילומטרים במים ולהסיע מים אל החוף. כאשר יש יבשה בדרכם של הגלים או שהקרקעית נמוכה- באזור הים הפנימי, נוצר חיכוך בין הגל לקרקעית ועל-ידי כך מונעים הסדימנטים ממקום למקום. באזורים בעלי כמות גדולה של סדימנטים מתפתחים שרטונים<sup>5</sup> כתוצאה מתהליך שבירת הגלים.

<sup>5</sup> רצועה של חומר לא מגובש כמו חול או חלוקים שהושקע בים. לעיתים השרטון הוא תת ימי ולעיתים הוא בולט מעל פני המים.

לזרמי הים, גם כן תפקיד חשוב בתהליכים אלו. זרמי הפריצה<sup>6</sup> מחדירים מים מועשרים בחמצן אל הים העמוק יותר ומסלקים זיהומים ומזהמים מחוף הים למים העמוקים.

זרם האורך החופי<sup>7</sup> הנע בים התיכון מן הדרום אל הצפון, אחראי על תנועה ופיזור הסדימנטים לאורך החוף, ובעזרתו נעשה גם ניקוז של הנחלים והנהרות הנשפכים אל הים, כלומר הזרם האורכי מסיע את הסחף והסדימנטים שהנחלים מביאים אל פתחיהם.

בחוף הים התיכון, מוסעים על ידי זרם זה חולות קוורץ שמקורם ברמת אתיופיה ובמצרים, מהדלתא של הנילוס דרך חופי סיני וצפונה אל חופי ארץ ישראל (הרטמן, 1996) (ציור 3). ככל שזווית הפגיעה של הגל בחוף היא חדה יותר, עוצמת ההסעה של הסדימנט היא רבה יותר (ניר ואחרים, 2001).



חולות אלו המוסעים על-ידי הזרם הם חולות דקי גרגיר בתחומי הטין (גרגרים שגודלם 4-62 מיקרון) והחרסית (גודלם פחות מ-4 מיקרון) (ניר, 1987). הסעת החול על-ידי זרם זה, נקטעת בים התיכון בראש עכו לאחר שעברה כ- 650 ק"מ ושם חלקו של החול נלכד וחלקו מובל אל קרקעית הים דרך זרמים קרקעיים וקניונים תת מימיים (אלמגור וגיל, 1999).

עד הקמת הסכרים באסואן היה מסיע הנילוס כ- 100 מיליון טון סדימנט בשנה כאשר מתוכם רק כ 2-4 מיליון מ"ק חול בשנה.

מאז סכירתו של הנילוס בשנים 1902 ו- 1965 פחתה כמות הסדימנט שהגיעה מהאזור במידה ניכרת- כיום מסיע הנילוס כמיליון מ"ק חול בשנה (פפאי, 2000).

<sup>6</sup> זרמים הנוצרים כתוצאה מעודפי מים המגיעים אל החוף ובעקבות שיפוע החוף וכוח הכבידה הם חוזרים חזרה אל הים בכיוון ההפוך לגלים- נקראים גם מערבולות.

<sup>7</sup> כאשר הגל אינו מגיע במקביל לחוף והזרם החוזר מהחוף הופך להיות אורכי, כלומר אינו נע בכיוון ההפוך של הגל אלא בזווית אליו.

מבנים ימיים מלאכותיים שהוקמו בארץ כגון מרינות, שוברי גלים, נמלים וכדומה מפריעים גם הם לרציפות בהסעת החול. הם עוצרים חלק גדול מהחול המוסע לאורך החופים על-ידי זרם האורך החופי או מטים אותו לכיוון הים העמוק. נוצר מצב שבו מצידו האחד של המבנה יש הצטברות גדולה של חול ומצידו השני מחסור בחול האמור להמשיך את דרכו צפונה. כתוצאה מכך אזורים הנמצאים בצילם של מבנים כאלו לא מקבלים אספקת חול סדירה והזרמים שעוברים שם מביאים לתהליכים של סחיפה והרס שמתחילים בהצרתו של החוף, היעלמות החול העדין והימצאות יותר סדימנטים גסים כמו חלוקים (הרטמן, 1996; מועלם דורון, 1998). מקרה כזה בשלבים מתקדמים ניתן למצוא צפונית לנמל אשדוד הקיים שם כשלושים שנים, ומקרים בשלביהם הראשונים ניתן לראות באשקלון ובהרצליה שהפיתוח בהם הוא יחסית חדש.

גם באזור החוף היבש, הנקרא שפת הים האחורית, ישנם תהליכים המשפיעים על החוף הנוצרים בעזרת רוח, מי נגר וכדומה. במקרים רבים מסתיימת רצועה זו בדיונות או מצוקים ורוחב הרצועה קובע את מידת ההרס והבליה שתיגרם למצוקים אלו כאשר מגיעים אליה גלי הים. כאשר שפת הים היא עשירה בחול ויוצרת שפת ים אחורית רחבה כמו באשקלון ובאשדוד, מצוקי הכורכר בהם היא מסתיימת לא נפגעים כלל, אך כאשר כמות החול הולכת ונעשית קטנה כמו בחופי השרון, רצועת החוף האחורי מתבטלת ובזמן סערות, נגרם הרס רב ומואץ לבסיסם של מצוקי הכורכר (הרטמן, 1996). גם הגשם והרוח תורמים להרס של מצוקי הכורכר על-ידי סילוק חומר מפני המצוק אל הים (ניר, 1987).

מאזן חול הינו תוצר של חול המגיע אל החוף, פחות החול היוצא ממנו. כאשר המאזן הוא חיובי הרי שמצטבר חול לאורך החוף וכאשר הוא שלילי, הרי שחול נגרע מן החוף. בחופי הים התיכון קיימים מספר פרמטרים המשפיעים על מאזן החול: גריעת חול המתרחשת כתוצאה מסחיפת החול מערבה אל הים העמוק, נישוב החול אל היבשה הגורם ליצירת דיונות חול ומאובדן חול האמור להגיע אל מפרץ חיפה (כתוצאה ממכשולים כמו מבנים ימיים); תוספת חול על-ידי זרם האורך החופי ועל-ידי גידוד מצוק החוף הכורכרי.

כיום אובדן החול בחופי ישראל גדול מקצב הספקתו ועל כן מאזן החול הינו שלילי ונגרם הרס לחופים. מאזן שלילי זה מתבטא בנסיגת קטעי חוף ובסילוק חול מקרקעית הים עליהם מעידים ממצאים ארכיאולוגיים<sup>8</sup> רבים אשר היו מוגנים עד

<sup>8</sup> ממצאים כגון ספינות טבועות וישובים של האדם הפרה-היסטורי שנחשפו מול חופי עתלית, קיסריה ואשקלון.

כה על ידי כיסוי חולי ששימר אותם ונחשפו לאחרונה לאורך החוף (אלמגור וגיל, 1999).

### מפלס הים:

מניתוחים סטטיסטיים שבוצעו במפלס הים התיכון נראה כי ב-2000 השנים האחרונות נשאר מפלס זה באותו הגובה לערך, אך בתקופה זו היו תקופות בהן הייתה תנודה של כ- 50 ס"מ ברום מפלס הים.

מומחים קובעים כי תיתכן עליה במפלס המים במאה הנוכחית בעקבות תופעת החממה- עליה של כ- 20 ס"מ עד שנת 2030 וכ- 70 ס"מ עד 2100. תחזית זו יכולה להשתנות בעקבות שינויים עונתיים, ושינויים של גורמי הסביבה ולא ניתן לחזות באופן מדויק את שינוי מפלס המים (רוזן, 1999).

שינוי במפלס הים עלול לגרום עלול לגרום להרס של החופים, להמלחת מי התהום, ולהצפת אזורי חוף רדודים (רוזן, 1996).

הגורם העיקרי בשינוי מפלס הים כיום הוא הגאות והשפל (הנקראים גם מועדי הים) (רוזן, 1999). משרעת הגאות והשפל של חופי הים התיכון היא בטווח הקטן מ-50 ס"מ (כ-30 ס"מ) שזהו הטווח הנמוך ביותר שקיים (הרטמן, 1996).

לגאות והשפל ישנה מחזוריות חצי יממית, דו שבועית, ירחית ושנתית. בחורף, בזמן סערות, יכול מפלס הים לעלות אף לגובה של מטר אחד בזמן הגאות (רוזן, 1999).

### רוח:

למשטר הרוחות יש השפעה ישירה על התהליכים בים התיכון. משטר זה משפיע על כלי שיט הנעים במרחב הים, וכן על גלי הים והזרמים המצויים באזור המים הרדודים, במרחק של עד כ- 2 ק"מ מהחוף.

מעונת האביב ועד עונת הסתיו נושבת ברצועת החוף הבריזה הנגרמת עקב הפרשי טמפרטורות שבין הים והיבשה. הבריזה נושבת מכיוון הים אל היבשה בשעות היום, כאשר טמפרטורת הקרקע חמה יותר מטמפרטורת הים, ובכיוון ההפוך בשעות הערב עם התקררות הקרקע.

בחורף נשלט משטר הרוחות ע"י מערכות ציקלוניות הנעות ממערב למזרח, דבר הגורם לנשיבת הרוחות נגד כיוון השעון ולמצבים בלתי יציבים. לכן כל שקע קטן באזור, עלול להביא לרוחות חזקות יחסית ובעקבותיהן לגלים גבוהים (רוזן, 1999).

### 1.3. מבנים ימיים מלאכותיים לאורך החוף:

בשנותיה הראשונות של המדינה התבצעה כרייה מאסיבית ובלתי מבוקרת של חול שהשפיעה לרעה על המאזן הטבעי של החול. גם לאחר שנת 1964 שבה הוצא צו איסור פעולות כרייה בחוף הימי והיבשתי, לא חזר המצב לקדמותו ולא תוקן הנזק בשל בנייתם של מבנים חופיים.

בשנת 1963 נבנה נמל אשדוד שנחשב למכשול העיקרי בהסעת החולות ולאחרונה, אושר להרחיב את הנמל ותנאי לכך יהיה שרשות הנמלים תצטרך להסיע חול באופן מלאכותי אל צפונו של הנמל.

המרינה בהרצליה נבנתה בין השנים 1990-1993, יחד עם שלושה שוברי גלים, ועד היום, בעקבות הקמתם הפסידו חופי הרצליה כ-30% מרוחבם, ושוברי הגלים צוברים עוד ועוד חול. גם המרינה באשקלון שבנייתה הסתיימה בשנת 1994 גורמת לשינויים גדולים. מצפון למרינה חלקים ממצוקי הכורכר מתמוטטים, חופים נהרסים ואף דיונות החול נאכלות. מבנים נוספים התורמים לתהליכים אלו הם בריכות הקירור בזיקים, מעגן קצא"א (קו צינור אילת אשקלון), נמל עזה הנמצא בשלבי הקמה, ושוברי הגלים לאורך החופים.

מבנים אלו הוסיפו להפרתו של האיזון וגרמו להוצאתם של מיליוני מ"ק חול מהמערכת החופית (ניר ואחרים, 2001; Rosen, 1997).

הכרייה של שנות החמישים ובנייתם של כ-50 מבנים ימיים מלאכותיים הביאה להרעה במצב חופי הים התיכון בישראל. על פי הערכות התערבות זו במערכת החופית גרמה לאובדן של כ-50 שנות אספקת חול וכך פגעה כמובן פגיעה חמורה במאזן החול לאורך החופים (פפאי, 2000).

סלעי חול וכורכר שהיו בקרקעית נחשפו וזרם החול המגיע כיום מדלתת הנילוס מתעכב ברובו בסביבות נמל אשדוד (ניר ואחרים, 2001).

## פרק ב: האי המלאכותי

### 2.1. בניית אי מלאכותי:

אי מלאכותי הוא אי אשר נבנה באופן מלאכותי על-ידי האדם ואשר מוקף מכל צדדיו בים. הקמת אי מלאכותי מורכבת ודורשת תכנון של שנים רבות. בעולם קיימות מספר שיטות לבנייתם של איים מלאכותיים. שתי שיטות- אי המבוסס על חומרי מילוי ואי הבנוי על כלונסאות הן המקובלות יותר וקיימים איים כאלו בעולם. שתי שיטות נוספות- שכבות משטחים ואיים צפים, טרם נוסו בעולם והן עדיין בתהליכי פיתוח.

השיטה הנפוצה ביותר בעולם לבניית איים מלאכותיים וכן גם הישנה ביותר, היא שיטת המילוי. על-פי שיטה זו, מקימים מקרקעית הים ועד מעל למפלס הים, מסגרת בטון ואבנים תת-מימית שגודלה הוא על-פי היקף האי המתוכנן. לאחר מכן ממלאים טבעת זו בחומרי המילוי המצויים בשטח. חומר המילוי יכול להיות מיובא מהיבשה או חומר שנכרה מקרקעית הים, אך לרוב הוא חומר שכורים אותו בקרקעית הים.

שיטה זו של בניית איים גורמת להפרעה גדולה בים בזמן עבודות ההכנה והבנייה שלהם שכן לאחר שבונים את מסגרת הבטון יש צורך בכריה של חומר מילויי רב מאוד בכדי למלא את תוכן המסגרת וליצור אי יבש. עם זאת, עלות הקמת האיים על-פי שיטה זו תלויה אך ורק בעומק האזור בו בונים את האי. ועל כן, כאשר מדף היבשת הינו רדוד יחסית, עלות בנייה של אי מלאכותי על פי שיטה זו היא הנמוכה ביותר.

שיטה נוספת בה משתמשים בעולם לבניית איים מלאכותיים היא שיטת הכלונסאות. על פי שיטה זו בונים כלונסאות בטון מראש, מחברים אותם אל קרקעית הים ויוצקים מעליהם משטח אשר ישמש כבסיס לאי. שיטה זו מפריעה הרבה פחות למהלכו התקין של הים שכן רוב עבודות הבנייה המתבצעות הן מעל פני המים, ועל כן שיטה כזו היא הרבה יותר ידידותית לסביבה. עלות שיטה זו היא רבה הרבה יותר משיטת המילוי.

ישנן שתי שיטות שלא נוסו עדיין בעולם:

האחת- שיטת המשטחים שעל פיה נבנים ביבשה משטחים שחלקם התחתון אטום למים וחלקם העליון שוקע בהעדר הראשון. משיטים את המשטחים עד למקום הרצוי לבניית האי ולאחר מכן פורצים את החלק האטום למים והמשטח שוקע. מניחים את המשטחים זה על גבי זה וכך יוצרים את תחתית האי.

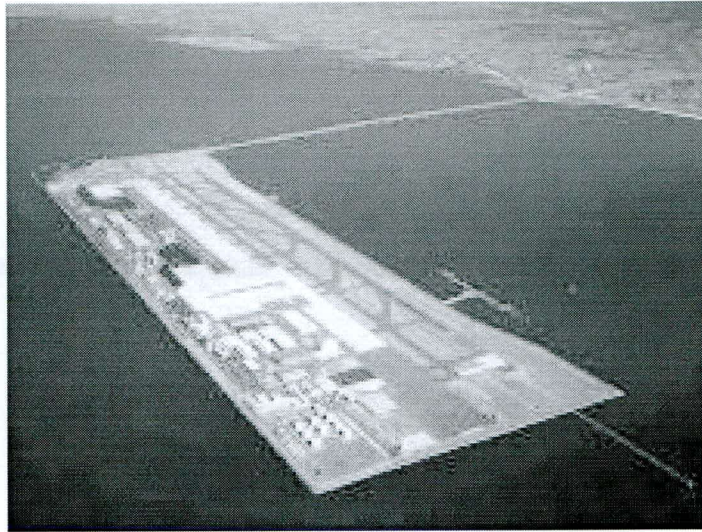
השיטה השנייה שלא נוסתה היא בניית משטח האי ביבשה, הובלתו אל המקום הרצוי. לאחר מכן מעגנים אותו אל הקרקעית על-ידי עוגנים גדולים במיוחד. שיטות אלו אמורות להיות ידירות לסביבה יותר מכל שיטה אחרת כיוון שהן אינן מתערבות במערכת הימית בזמן הקמתם ולאחריה (ניר ואחרים, 2001).

## **2.2. איים מלאכותיים בעולם:**

כיבוש יבשה בים הוא דבר המושך מאוד מדינות שבהן יש צפיפות גדולה של אוכלוסייה או מיעוט בשטחי יבשה, ומספר לא מבוטל של מדינות השתמשו באמצעי זה, בדרכים שונות כדי להרוויח שטחי יבשה. הולנד, ההולכת ושוקעת, הגדילה את שטח היבשה שלה בכ-25% על-ידי בניית פולדרים- קטעים מהים שיובשו והפכו להיות יבשה לכל דבר. גם בלגיה, צרפת סינגפור והונג-קונג השתמשו בשיטה דומה. בישראל, אזור נמל חיפה והעיר התחתית הם שטח שיובש ע"י בניית סוללות ושוברי גלים.

יפן היא הארץ שיש בה את מספר האיים הגדול ביותר. כיום הוא מגיע לכ- 90 איים המופרדים לחלוטין מהיבשה ושטח כל האיים מגיע לכ- 600 קמ"ר. רובם נבנו בשיטת המילוי כאשר חומר המילוי הוא ממוצא יבשתי (שלף, 1997). האי הראשון שנבנה ביפן, הוא האי דשימה נבנה כבר בשנת 1636, גודלו כחצי קמ"ר והוא שימש למעגן אוניות ולמגורי סוחרים לתקופה של כ- 200 שנים. האי הוצף לאחר תקופה זו וכיום יש תוכניות ביפן לשחזר אותו (Yamaguchi, 2002). גם השימושים של האיים ביפן הם הרב-גוניים ביותר בעולם ועליהם נמנים נמלי תעופה, אזורי תעשייה, אזורי מגורים, אזורי תיירות ונופש ואף אתר לסילוק האשפה. האיים פורט איילנד (5.5 קמ"ר) ורוקו איילנד שליד העיר קובה משלבים נמל, מסחר ותעשייה עם מגורים ומבני ציבור. ברעידת האדמה שהייתה באזור זה ב-1995, שמרכזה לא היה רחוק מן האיים, גילו איים אלו עמידות גבוהה יחסית כאשר הפגיעה הייתה סמוכה לקו המים בלבד, ובניינים רבים בלב האי נותרו עומדים ללא פגע (שלף, 1997).

נמל התעופה הבין-לאומי השני בגודלו של יפן (כ-6 קמ"ר), קנסאי (תמונה 1), שנמצא סמוך לאי אוסקה, נבנה גם הוא על אי מלאכותי. בנייתו ארכה כשבע שנים ונסתיימה ב-1994, אך הוא לא נפתח בשל שקיעה לא צפויה של האי. לאחר ניסיונות ומאמצים לתקן את השקיעה הוא נפתח כעבור כשנתיים אך עדיין ממשיך לשקוע במהירות רבה יותר משצפו מתכנניו.



**תמונה מס' 1:**  
קנסאי- נמל התעופה הבין  
לאומי של יפן .  
(מתוך : [www.iadc-dredging.com/projects1.html](http://www.iadc-dredging.com/projects1.html))

כיום יש תכניות לבנות ביפן שדה תעופה גם לצידה המזרחי של יפן ( Yamaguchi, 2002).

בהונג-קונג הסתיימה בנייתו של אי מלאכותי שנשען בחלקו על אי טבעי ומשמש כנמל התעופה הבין-לאומי של הונג-קונג. חומר המילוי ששימש לבניית האי היה ממוצא ימי שהובל ממרחקים גדולים בשל חוסר בחומר מתאים באזורים קרובים יותר. מצב דומה היה בסינגפור וטייוואן שם התבססו האיים על חומר מילוי במדפי היבשת ונכרו במרחקים גדולים מן האיים. בדרום קוריאה הוקם לאחרונה אי מלאכותי שישמש כנמל תעופה. אי זה נשען על שני איים טבעיים קטנים (שלף, 1997).

### **2.3. בניית איים מלאכותיים אל מול חופי ישראל**

כבר בשנת 1932, כתב בן גוריון במאמרו "לקראת הים" על גבולה המערבי של ארץ ישראל, הוא הים :

" 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 היבשת בלבד.

האפשרויות הכלכליות והיישוביות הצפונות בחובה של ארצנו מקומן לא רק ביבשה אלא גם בים. "

בשנת 1932, כתב בן גוריון דברים אלו בעקבות מחסור בקרקע בנסיבות פוליטיות. כיום, דברים אלו עדיין רלוונטיים היות וכיום מדינת ישראל

נמנית בין המדינות המאוכלסות בעולם (באופן יחסי לשטח), ותוספות של משאבי קרקע זמינים הן מצרך נחוץ במדינתנו, על אחת כמה וכמה אם משאבי הקרקע האלו הם באזור מרכז הארץ, שם הצפיפות היא בין הגבוהות בארץ וביקוש שטחי המגורים באזור זה הוא הגדול במדינה (ניר ואחרים, 2001).

פיתוח איים לשימושי קרקע שונים נראה בעיני רבים כפתרון אידיאלי למצב זה- למעשה זוהי יצירת קרקע לבנייה שאינה משנה את קו החוף הטבעי, אינה גוזלת חוף פתוח מהציבור ויוצרת אלמנט נופי בים הפתוח המנותק מהיבשה.

רעיון הקמת איים מלאכותיים לאורך חופי הארץ הינו רעיון נועז המשנה סדרי בראשית ומתמודד באופן ישיר עם מגבלות הטבע הקיים בארצנו. מטרתו היא להרחיב את מפת ההתיישבות העירונית והפעילות הכלכלית (לרמן, 1998).

חלק מרעיון הקמת האיים בא במטרה להקים שדה תעופה שיחליף את שדה דב. שדה התעופה שדה דב ממוקם בצפון תל-אביב, קרוב לחוף, מקום שבו הקרקע מבוקשת ויקרה מאוד וכמו כן הוא גם חוסם את הגישה לחוף. שדה תעופה בלב העיר תל-אביב מהווה מטריד סביבתי- הוא מזהם את הסביבה, גורם לרעש באזור מגורים, לעומס תחבורתי באזור וכן חוסם ויזואלית את הנוף לים. פינוי שדה זה יאפשר פיתוח של האזור, בניית בתי מגורים והוצאת מטריד סביבתי מהאזור (ניר ואחרים, 2001).

### ייתכנות בניית האיים אל מול חופי ישראל:

רעיון הקמת האיים נהגה עוד בשנות ה-30 ע"י בן גוריון אך הוא הועלה כרעיון פרקטי ממש בשנות ה-60 ע"י מהנדס ששמו הוגו מרום שהציע להעביר את שדה התעופה שדה דב וכך לשחרר קרקעות ממקום כל-כך מבוקש. בשנות השבעים הוצא מכרז לבניית האי ובוטל לאחר שחברה הולנדית זכתה בו.

בשנת 1996 מינה שמעון פרס, שר התחבורה דאז, ועדת היגוי ממשלתית במטרה לבדוק את ייתכנות בניית האיים אל מול חופי ישראל. בין חברי הועדה היו נציגים ממשרד התשתיות, מהמשרד לאיכות הסביבה, ממשרד ראש הממשלה, ממנהל מקרקעי ישראל, ממוסד נאמן אשר בטכניון וממנהל התכנון במשרד הפנים. ועדה זו מינתה צוות ישראלי הולנדי לבדיקה מעמיקה של ייתכנות האיים. (ניר ואחרים, 2001).

### הצוות בדק שלושה תרחישים עיקריים:

- הקמת אי מלאכותי מלבני באורך 2900 מ' וברוחב 800 מ', מול חוף תל ברוך ובמרחק 2000 מ' שיוכל לשמש כשדה תעופה (שדה תעופה שיחליף את שדה דב).
- הקמת אי מלאכותי דמוי טיפה בשטח 2000 דונם ובמרחק 1250 מ' מחוף בת-ים. אי זה יוכל לשמש למגורים ולמסחר. צורת הטיפה של האי נועדה למעשה להקטין ככל האפשר את קטע האי העומד בפני הים הפתוח ומחייב הגנה מירבית.
- הקמת שרשרת של 3 איים דמויי טיפה בשטח 2000 דונם כל אחד ובמרחק 1250 מ' מחוף געש.

בשנת 2000 הגיש הצוות את ממצאיו לאחר שבדק ייתכנות סביבתית, טכנולוגית, משפטית וכלכלית (ניר ואחרים, 2001; ועדת היגוי הולנדית ישראלית, 2000). ממצאיו היו שקיימת ייתכנות של כל הסעיפים לעיל לבניית איים מלאכותיים מול חופי ישראל עם מגבלות מסוימות אותן אפרט בהמשך.

#### **ייתכנות משפטית:**

מבחינה משפטית ובמסגרת החוקים הנורמטיביים הבינלאומיים הקיימים כיום בנוגע למים טריטוריאליים, למדינה סמכות ריבונית להקים איים מלאכותיים לכל מטרה ולכרות חומר מילוי מהים בתחום המים הטריטוריאליים שלה ובתנאי שלא יפריעו לנתיבי שיט בינלאומיים.

הים הינו קרקע ציבורית ועל כן כל קרקע שתיושב תהיה שייכת למנהל מקרקעי ישראל.

היות ובניית האיים מתוכננת על שטח המים הטריטוריאליים של ישראל, וכן כריית חומר המילוי מתוכננת לשטח זה, ניתן לתכנן ולהקים איים מלאכותיים ללא כל בעייתיות משפטית (ועדת ההיגוי, 2000).

### ייתכנות סביבתית וטכנולוגית:

בשלושת התרחישים נמצאה ייתכנות סביבתית וטכנולוגית לבניה הן מבחינת חסימת הסעת החול הטבעית והן מבחינת חומר המילוי של האיים העתידיים.

### הסעת החולות:

על-פי נתוני הועדה, האי המלבני שישמש כשדה תעופה יגרום לחסימה של הסעת חולות בהיקף של 40-150 אלף מטר קוב בשנה. האי דמוי הטיפה שיוכל להתאים למגורים ולמסחר יגרום לחסימת חולות בהיקף של 50-200 אלף מ"ק בשנה. שרשרת האיים המתוכננת תגרום לחסימת חולות בהיקף של 40-150 אלף מ"ק בשנה.

כפתרון לחסימת החול הציעה הועדה כי תהיה הסעה מאולצת של החול מדרומו אל צפונו, שעלותה המוערכת היא \$ 5-10 למ"ק, ובסך הכל כ-2 מיליון דולר בשנה.

### הגנה על האי:

אזור המפגש בין האי לים יחייב הקמת מבנים הנדסיים כגון שוברי גלים וקירות ים לשבירת אנרגיית הגלים על מנת להגן על האי מפני הים הפתוח כלומר למנוע חדירת מים ורסס מים אל תוך האי ולהימנע מסכנות הים בזמן סערה. על פי התכנון של ועדת ההיגויי מבנים אלו יהיו חייבים להיות מסיביים וגובהם יהיה כ-2 מטרים מעל פני הים. והם יהיו עשויים גושי סלע או בטון.

### חומר המילוי:

להקמתו של האי המלבני נדרשים כ- 95 מיליון מ"ק של חומר מילוי מתאים ולהקמתו של אי דמוי טיפה נדרשים כ- 71 מיליון מ"ק חומר מילוי מתאים. על פי מחקר אשר בוצע בעומק מים שבין 30-70 מטר, ועל פי קידוחים שנעשו בעומק 12 מטרים מקרקעית מדף היבשת, נמצא חול המכיל יותר מ-10% חומרים דקים כגון סילט וחרסית. חול זה יוכל לשמש כחומר מילוי רק לאחר שטיפה מוקדמת של החומר הדק ולכן השימוש בו נפסל. כתחליף הצביעו מכוני המחקר על כורכר הקיים בים (למעלה ממאה מיליון טון) שיכול לשמש כחומר מילוי, כאשר 40 מיליון מתוכם חשופים, וכ- 75 מיליון טון ניתנים לכרייה בעומק מים שבין 40-50 מטרים. עלות הכרייה היא בין 5 ל-15 דולר למ"ק כורכר בהתאם לעומקו בקרקעית המדף (ועדת ההיגוי, 2000).

## ייתכנות כלכלית:

מטרופולין תל אביב, הכולל את העיר תל-אביב, היא הגלעין, את מחוז תל אביב, שהוא הטבעת הפנימית ואת מחוז המרכז שהוא הטבעת החיצונית, מהווה "מרכז כובד" של הביקוש לשטחי מגורים בארץ כולה.

בעבר פיגר ההיצע של שטחי המגורים אחר הביקוש הגדול- דבר שגרם לעלייה מתמדת במחיר שטחי מגורים בתוך המטרופולין.

על פי בחינה כמותית של הביקוש וההיצע, גידול האוכלוסייה ועל רקע צמיחה הצפויה במשק הלאומי יש לשער כי תופעת עודף הביקוש לשטחי מגורים באזור זה לא תיעלם אף כי ייתכן שהפיגור ילך ויתמתן ואיתו גם עליית המחירים.

בהתאם לכך, כדי שתהיה הצדקה להקמת איים למגורים, צריכים מחירי הקרקע לעלות לרמה מסוימת שתצדיק פרויקט מסוג זה, כלומר שתכסה באופן יחסי את עלות הקמת פרויקט כזה.

על פי הועדה עלותה המוערכת של בניית התשתית לאי שישמש כשדה תעופה היא כ- 1.5 מיליארד דולר (חישוב ממוצע), ועלות הקמת תשתית לאי שישמש למגורים תהיה מעט פחות (כ- 1.2 מיליארד דולר) (ועדת היגוי, 2000).

על פי מסקנותיו של הצוות, לאחר חישובים כלכליים המכילים את כל הגורמים, נראה כי מבחינת ביקוש, ועלויות קרקע באזור המרכז, תהיה הצדקה להקמת אי למגורים ולמסחר מול חופי תל-אביב בשנת 2005, מול חופי מחוז תל-אביב בשנת 2018, ומול חופי מחוז המרכז בשנת 2059. בנוסף, לגבי האי שישמש כשדה תעופה ישנה ייתכנות ליישמו כבר כיום מבחינה כלכלית (בהנחה שהקמתו תשחרר את הקרקע עליו יושב שדה-דב (סדן ולובנטל, 1998).

לאור ממצאיה המובאים לעיל של ועדת ההיגוי ההולנדית-ישראלית (2000) נראה כי ישנה אפשרות להקמת האיים באזורים הנבדקים.

כהמשך לעבודה זו, ממליצה הועדה להמשיך ולבדוק את ההשפעות הסביבתיות הימיות ולהמשיך ולאסוף נתונים סטטיסטיים לפרקי זמן ארוכים. כמו כן ממליצה הועדה להכין תכנית מתאר לאיים ולמערכת התחבורה שתשרת אותם ותקשר אותם לחוף.

כצעדי המשך קבעה הועדה את הצעדים הבאים :

- ביסוס והרחבת בחינת ההשפעות הסביבתיות והימיות לטווח הארוך על ידי איסוף נתונים סטטיסטיים (כגון כמות החול המגיעה אל החוף מדי שנה, כמויות החול בקרקעית, גלים, זרמים, שינויים בקו החוף וכדומה).
- הרחבת בדיקת זמינותם של חומרי המילוי הימיים.
- בחינת הרקע התחבורתי לעומקו.
- הכנת עקרונות **מסמכי מכרז**.

## פרק ג: השלכות האיים המלאכותיים על ישראל

כפי שכתבתי בפרק הקודם, סקר הייתכנות הממשלתי רואה בחיוב את היתכנות האיים המלאכותיים אל מול חופי מטרופולין תל אביב. סקר זה עסק בעיקרו בהיבטים הטכנולוגיים והכלכליים של הקמת האיים ופחות בהיבטים הסביבתיים, הנופיים והמשפטיים שגם להם יש השפעות ניכרות ומשמעותיות על שאלת הקמת איים אלו. בפרק זה אדון בהשלכות אלו על האיים.

### 3.1 השלכות סביבתיות

לבניית אי כמו זה המתוכנן בישראל אין תקדים בעולם. אמנם נבנו איים מלאכותיים רבים בעולם אך לרוב הם נבנו בתוך מפרצים או שטחי מים מוגנים אחרים ולא בים פתוח וסוער כמו במקרה זה. מסיבה זו, קשה לחזות באופן ודאי את השפעותיו של האי אך בנייתם של מבנים ימיים קטנים יותר או איים במים מוגנים יותר יכולים לתת לנו כלים להניח כיצד יתנהג אי כזה ומה תהיינה השפעותיו (אדם, טבע ודין, 2000).

#### **השפעות סדימנטולוגיות:**

על-פי מחקרים שנעשו על גופים מנותקים בתוך הים הקיימים בעולם נמצא כי גוף קשיח שצירו מקביל לקו החוף, אשר אורכו הוא כמחצית או פחות ממרחקו מקו החוף המקורי, השפעתו על החוף ועל התהליכים הפועלים בו תהיה קטנה מאוד ואולי אף מזערית. לעומת זאת, כל הגופים אשר ביחס לאורכם היו קרובים יותר אל קו החוף השפיעו על החוף השפעה בלתי מבוטלת. גופים כאלו צוברים חול במידה רבה, מתערבים באופן ישיר בתהליך הסעת החולות האורך חופית ובמקרים רבים גורמים להיווצרות גוף חולי (אשר בדרך כלל צורתו משולש או טרפז) והוא מכונה בשם "טומבולו". גוף זה מקשר בין הגוף המלאכותי לחוף היס, והוא למעשה עוצר את תהליך הסעת החולות באותו מקום עד אשר החול אשר עולה במעלה הזרם מתחיל לעקוף את הגוף. כאשר עומק המים מגיע לכ- 15-20 מטרים, נדידת החול לא מתקיימת כך שכל שהגוף יהיה גדול יותר ועמוק יותר כך תיחסם יותר הסעת החולות, גם אם החול המוסע יעקוף את הגוף המפריע. במקרה כזה יהיה מחסור רב של חול באזורים הצפוניים לגוף המלאכותי (ניר ואחרים, 2001).

דוגמא למצב כזה ניתן לראות בחוף נתניה שם נוצרה לשון חול ברורה ומובהקת שלמעשה חוסמת את הסעת החולות צפונה משובר הגלים הזה (תמונה 2) (רוזן, 1996).



**תמונה מס' 2:**  
הטומבולו מול חוף  
נתניה (רוזן, 1996).

מודל האי המלאכותי המיועד להיות שדה תעופה, מתוכנן לבנייה בעומק של 25 מטרים, ברוחב של כ- 800 מטרים ובאורך של עד שלושה ק"מ. מרחקו של האי מן החוף יהיה כ- 2.5-2 ק"מ מהחוף (ועדת ההיגוי, 2000). על פי ממדים אלו, אורכו של האי, לא רק שאינו קטן יותר ממחצית מרחקו אלא אף גדול יותר. ניתן להניח שגוף בממדים אלו יתנהג כמו קודמיו הקטנים (שוברי הגלים והמבנים הימיים למיניהם) וישפיע בסדר גודל הרבה יותר גדול על כל המערכת הסביבתית, שתהיה שבירה ורגישה יותר.

מצב כזה ללא ספק יגרום להצטברות חול בין האי לקו החוף, הצטברות שבסופו של דבר תביא ליצירת "טומבולו" ענק שיקשר בניהם. מבנה זה יחסום את כל תנועת החול האורך חופית במרכז מדינת ישראל ויגרום להפסקת נדידת החולות לכל כיוון שהוא, דבר שיביא באופן ישיר להצרה מואצת של החופים שיהיו צפוניים לאי, חופים שכבר כיום, בהשפעת הטבע (מפלס המים עולה ותנועות גלים חזקות מלב הים) ובהשפעת האדם (כרית חול ובניית מבנים ימיים) מצבם אינו טוב והם הולכים והופכים להיות צרים יותר ויותר (ראה פרק א'). הוכחות לחוסר הקיים בחול הם שרידים של עתיקות שחשפו לאחרונה בחופים לאחר שנשמרו מתחת לחול שנים רבות (ניר ואחרים, 2001; מועולס דורון, 1998).

### **הרס מצוקי הכורכר:**

פועל יוצא של מחסור בחול בחופי הארץ והצרת החופים הוא הרס מצוקי הכורכר המפוזרים בחופי הארץ מן הדרום ועד לצפון (כמפורט בפרק א').

מצוקי הכורכר, מאז הגיע הים למפלסו הנוכחי, נמצאים בתהליך הרס תמידי בשל פעילות הטבע- גלים, רוחות וסערות המכרסמים את המצוק, כאשר הקמת המבנים הימיים מזרזת את תהליך זה בכך שמצירה את החופים. הקמת האיים תשפיע באופן מכריע על מצוקים אלו. חסרים בחול במערכת החופים תביא להצרת החוף ולחשיפה רבה יותר של המצוק להתקפות הגלים. למעשה, ככל שרצועות החול תהיה צרה יותר כך יהיה המצוק בסכנת הרס גדולה יותר.

ועדת ההיגוי פתרה את בעיית הסעת החולות על ידי הסעה מלאכותית של החוף מדרום האי לצפון. המודל שבנתה באשר להסעת החולות הינו מודל המתייחס לתנאים הקיימים כיום ואינו כולל השפעות אפשריות של מבנים עתידיים המתוכננים להבנות שישנו גם הם את מאזן החולות. בנוסף, קשה לחזות את ההשפעה של פעולה מלאכותית כזו על המערכת החופית ולא ברור אם הסעה מאולצת כזו של חול תתאים למערכת החופית ואכן תמנע את היווצרות לשון החול והצרתם של החופים הצפוניים לאי (ניר ואחרים, 2001).

#### **חומר המילוי וסיכונים סיסמיים:**

החומר שנבדק תחילה למילוי האי הוא חול המצוי בקרקעית הים. חומר זה נשלל מסיבות כלכליות שכן כדי שישמש כמילוי לאי יש צורך בהשבחה הנדסית שלו ופעולה זו יקרה מאוד כשמדובר בכמויות המיועדות למלא את האי. החומר הנוסף שנבדק הוא הכורכר המצוי על קרקעית הים ושניתן לכרייה בעומק של עד 50 מטרים (ועדת ההיגוי, 2000).

הכורכר הינו חומר מילוי רך והתנהגותו לא נבדקה מתחת למים אלא רק כמצע מתחת לכבישים. עם זאת הניסיון בעולם עם מצע רך מסוג דומה מוכיח כי חומר רך כמילוי עלול להוות סכנה של שקיעות בלתי צפויות כפי שקרה בשדה התעופה "קנסאיי" אשר ביפן שנבנה על אדמת סחף רכה. אי זה החל מבנייתו גילה אי יציבות ושקיעות בלתי צפויות וכמות חומר המילוי שנדרשה הייתה גדולה מאוד מהצפוי. גם כיום מנסים היפנים להתמודד עם שקיעתו המואצת ועם הצפות במרתפי שדה התעופה.

התנהגותו של הכורכר לא נבדקה מתחת למים אלא רק כמצע מתחת לכבישים, דבר שיכול להוות סיכון רב בזמן רעידות אדמה. על-פי מומחים, אזור ישראל הוא מועד לרעידות אדמה ובמקרה של אי מלאכותי, היושב על מצע רך כמו הכורכר, קיימת סכנה גדולה של התנזלות (ליקויפיקציה) לאי. ייווצרו לחצים שיגרמו להתמוטטות

הקרקע, לשקיעה של הסדימנטים ולכניסה של מים אל מצע האי. מקרה כזה ניתן לראות גם באיים המלאכותיים 'רוקו' ו'פורט' אשר ביפן שנבנו על תשתית רכה ורעידת אדמה באזור בשנת 1995 גרמה לנזקים חמורים: מבני הבטון המקיפים את חומר המילוי של האי זזו ונוצרו בהם חללים אליהם נשפך חומר המילוי וגרם לשקיעות באי, לסדקים, לקריסת שוברי גלים ולהצפות של מים ובוצ (ניר ואחרים, 2001).

מקרים אלו ממחישים כי לאדם קשה מאוד לחזות במדויק התנהגות של חומרים במצב מלאכותי וכוחות הפועלים במקרים כאלו, וכי כל תחזיותיהם של צוות ההיגוי עלולות בזמן אמת להראות תמונה אחרת לגמרי מן הצפוי.

### **איכות הסביבה:**

איים מלאכותיים מסוג זה, עם אופן בנייתם, כריית חומר המילוי שלהם והחיים המיועדים בהם, יהוו השפעה שלילית על איכות הסביבה מכמה וכמה בחינות. ראשית כריית חומר המילוי ובניית הבסיס לאי יגרמו להפרעה וכנראה גם לפגיעה גדולה בבתי הגידול הימיים והחופיים של הים התיכון. גם בניית שוברי הגלים המסיביים תהווה הפרעה חמורה לבתי גידול אלה.

לאחר שיוקם האי, אם ישמש כשדה תעופה או אם ישמש כאי למגורים, הוא יגרום לפליטות עשן וחומרים מסוגים שונים המזהמים את האוויר וגורמים לריחות לא טבעיים ולעכירותו של האוויר. כמו כן תהיה בעיה גדולה מאוד של ניקוז ביוב ופסולת עליהן לא נתנה הועדה את הדעת. בעיה זו תשפיע לרעה ובאופן ישיר על איכות הסביבה.

הטומבולו שייווצר בין החוף לאי, יגרום להיווצרות מפרצונים משני צדדיו- הצפוני והדרומי. בשל השקטת אנרגיית הגלים באזור זה, יהוו מפרצונים אלו מלכודת לחומרי זיהום ממקורות טבעיים כגון אצות ובעיקר ממקורות אנושיים כגון פסולת, ביוב וכדומה. הצטברות חומרים אלו שיירקבו תביא לזיהום סביבתי.

כמובן שגם המראה האורבני שיקבל הים שעד היום היה טבעי ושקט יהווה השפעה על איכות הסביבה. אי זה ישווה לנוף מראה עירוני, בתנועה מתמדת, עם רעש מטוסים ו/או מכוניות 24 שעות ביממה.

גם הגשר שיחבר את האי לים, שהוא בלתי נמנע, יחשוף אותו לפליטת עשן ולכלוכים מוצקים מכלי הרכב העוברים בו (ניר ואחרים, 2001).

עניינים נוספים וחשובים עליהם לא נתנה הועדה את הדעת (וגם לא המבקרים) הם עניין אספקת המים אל האי, ועניין הטיפול בביוב שהחיים על האי ייצרו. מן

ההכרח ששתי תשתיות אלו יהיו חייבות לקשר בין האי אל החוף והדבר יהיה כרוך בצינורות שיעברו מתחת לפני המים או בסמוך לכביש הגישה אל האי. תשתיות אלו ישפיעו גם הן על תכנון האי, על הסביבה הימית שתמשיך ותפגע וככל הנראה גם על התושבים שיחיו על האי- בין אם הוא יהיה אי למגורים או בין אם יהיה אי לתעשייה, מסחר או שימש כשדה תעופה. על כן, בבואנו לבחון את השפעות האי על הסביבה, יש לתת את הדעת גם על מערכות אלו ולבדוק כיצד הן תפעלנה ומה בדיוק יהיו השלכותיהן על הסביבה.

### **3.2 השלכות נופיות:**

להקמת אי מלאכותי כמו זה המתוכנן מול חופי ישראל השפעה ניכרת על הנוף מכמה בחינות. אי כזה משנה לחלוטין ולתמיד את קו האופק של הים. הוא משפיע על הנוף הקרוב וכן על הנוף הרחוק בין אם הוא ימש כשדה תעופה ובין אם ימש אי למגורים. לשוברי הגלים שייבנו בסמוך לאי כדי להגן עליו תהיה שפעה ניכרת על הנוף.

הגישה שתהיה לאי, שהיא בלתי נמנעת, תשנה גם היא את פני הנוף לחלוטין ולא משנה כיצד תיבנה. עוד השפעה מכרעת על הנוף תהיה למבנים המשלימים של האי על הנוף- מבנים כדוגמת חנייה על החוף, מבנים שאמורים לשרת את שדה התעופה כמו האנגרים מסופי תחבורה שיוקמו על החוף אזור סחר פטור ממכס וכדומה.

### **השפעת האי על הנוף:**

איים מלאכותיים הם התערבות של האדם בטבע ומעצם היותם כאלו הם משנים אותו לחלוטין. האי המיועד להיות שדה תעופה ייבנה בצורה מלבנית, צורה שלא קיימת בטבע וניתן לראות זאת באיים היפניים הבנויים כך ונראים כמו יצירה מלאכותית לא טבעית (ראה פרק ב).

האי המתוכנן להיות שדה תעופה, שטחו יהיה כ-2300 דונם, שטח שקשה להתעלם ממנו או לפספס אותו. כמו כן רוב חלקי האי יהיו מרוצפים באספלט או חומר כהה אחר, דבר שיבלית את הניגוד בין האי לים וישפיע על הנוף מכל כיוון שמסתכלים. החוף הקרוב לאי יושפע ממנו מבחינה נופית במידה הגדולה ביותר. המטיילים בחוף והדרים באזורו כולל באי המלונות, יהיו הציבור המושפע ביותר, אך גם מבטם של המטיילים ברדיוסים גדולים יותר שייצפו לעבר הים יהיה שונה לחלוטין ובמקום שקט ורוגע הקיים כיום כשאנו מסתכלים לכיוון הים, יהיה המשך של עיר סואנת, רועשת ומזהמת.

השפעה נוספת של האי על הנוף היא הפסקת נדידת החולות הימית ובכך הרס של החופים הצפוניים לאי שיתכן שכבר לא יתאימו עוד להיות חופי רחצה.

### **השפעת הגישה לאי על הנוף:**

גם לגשר, שיהווה את הגישה היחידה לאי (על-ידי כלי רכב), תהיה השפעה גדולה על הנוף.

הגשר שייבנה יהיה מוכרח להיות מוכן לתנועה רבה של כלי רכב ועל כן רמת הבטיחות שלו תצטרך להיות גבוהה מאוד. על פי יעל דורי, אדריכלית נוף, ככל שעולה רמת הבטיחות של אלמנט מסוים, כך יורדת הרמה האסתטית שלו והיכולת לעצב ולשנות.

הגשר שייבנה, כדי שישרת את מטרותיו, יהיה ברוחב של 20 מטרים לפחות ועליו תהיה תנועה בלתי פוסקת של כלי רכב הנכנסים ויוצאים מן האי. למעשה הגשר יהווה מעין המשך ישיר של היבשה ויהפוך את האי לחלק נוסף של הערים הקיימות במקום שיהיה אלמנט מנותק בים.

### **השפעת המבנים המשלימים של האי על הנוף:**

לאי שייבנה, בין אם יהיה שדה תעופה או אי למגורים, יהיה צורך לבנות מבנים המשרתים אותו על החוף הסמוך לו כמו מסוף תחבורה ראשי, חניון. באם יהיה זה שדה תעופה בודאי יוקמו מתקנים מתאימים על החוף כמו אזור סחר פטור ממכס ושירותים נוספים המתאימים לאנשים הנוסעים וחוזרים.

מבנים אלו מוכיחים כי הפגיעה לא תהיה רק בתוך הים, אלא גם על החופים עצמם בכך שיגזלו מן הציבור שטח יקר של חוף לשימושים מסחריים ובכך יקטינו את החוף הפתוח המשרת את הציבור וייצרו עומס רב, רעש ותנועה. איבוד חוף זה הוא חלק ממחיר האי אותו כדאי לקחת בחשבון (ניר ואחרים, 2001).

### **השפעת שוברי הגלים על הנוף:**

על פי בדיקת ההיתכנות דרושים להקמת האי מחסומים אטומים בנויים לשם הגנה על האי מפני סערות וגלים. במקרה זה של האיים, אין מדובר בשוברי הגלים שאנו רגילים לראות כיום אלא בגושי בטון או סלע ענקיים המתנשאים לגובה 15 מטרים ומהווים בעצם קיר בטון בין החוף או בין האי לים (ועדת ההיגוי 2000; ניר ואחרים, 2001). קיר זה הוא מכשול נופי נוסף המצטרף לרשימת המכשולים הנופיים שציינתי עד כה.

לסיכום ניתן לראות שהאיים המתוכננים, יחד עם כל המבנים הנלווים לו מהווים עצם זר ברקע פגיע ועדין כמו הים, והקמתם תשנה לחלוטין את קו האופק הטבעי וכמעט היחיד שנותר. היא תגזול את הים מתושבי הערים וסביבתן ולא תציע חלופות לכך.

## סיכום

כפי שניתן לראות מן הפרק השלישי בעבודה זו, ההשפעות הצפויות של אי מלאכותי מול חופי ישראל על הסביבה הן רבות ומגוונות: הפסקת הסעת החולות בחופי הים התיכון, הרס חופים, הרס מצוקי הכורכר, גזילת חוף לצרכים מסחריים ולשירותים, שינוי הנוף בצורה דרסטית ופגיעה באיכות הסביבה הימית והאנושית כאחד - כל אלו צריכים להדליק לנו, ובעיקר לועדות המחליטות, נורה אדומה לגבי מחירם החומרי והסביבתי של הקמת איים אלו. האם למרות השפעות אלו המחיר עדיין כדאי? האם אין לנו חלופות אחרות ובניית האי היא הכרחית? ואם כבר הוחלט לבנות אי, האם זוהי הדרך הנכונה לבנייתו או שמא ניתן לבנותו בשיטות אחרות ולצמצם את הנזקים?

שאלות אלו מעסיקות אנשי מקצוע רבים ועבור חלקם ובעיקר אלו העוסקים באיכות הסביבה התשובה היא ברורה מאליה - לא כדאי ואף אסור לבנות איים כדוגמת אלו לפני שיש לנו את הכלים והטכנולוגיה המתאימה לבנותם וכן לפני שבדקנו את כל החלופות האפשריות בתוך גבולותיה הטבעיים של הארץ, חלופות שיש להם אמנם יתרונות וחסרונות אך הן אינן משפיעות לרעה באותם ממדים.

חלופות לשדה התעופה שדה דב (אותו מתוכנן להחליף אחד האיים המלאכותיים), נבדקו ע"י ניר (2001) ומוצעות חלופות רבות בניהן העברת שדה התעופה שדה דב לנמל התעופה בן גוריון - אפשרות שתהיה טובה במיוחד אם תוקם רכבת מהירה מנתב"ג לאזור תל-אביב, המתוכננת בימים אלו. הצעה נוספת היא העברת השדה לחולות ראשון לציון או לזיקים אך הצעות אלו גם הן פוגעות בקטעי חוף פתוח ובאקוויפר החוף. חלופה אפשרית נוספת היא שדה התעופה בנבטים שיכול לקדם ולפתח את אזור הנגב ובאר שבע, אף על פי שהיא רחוקה ממרכז הארץ.

ניתן לראות שקיימות חלופות רבות לבניית אי מלאכותי שישמש כשדה תעופה וגם אם הן אינן מושלמות, הן יותר מתאימות, בטיחותיות וידידותיות לסביבה מאשר בניית אי כמו זה המתוכנן.

דבר נוסף שכדאי לציין הוא שאם וכאשר יוחלט לבנות אי מלאכותי מול חופי ישראל עדיף להחליט על שיטת בנייה שתהיה אולי יותר יקרה אך במקביל תהייה גם מעט יותר ידידותית לסביבה כמו בנייה על כלונסאות שגם היא מקובלת בעולם - כך ניתן לחסוך את ההפרעה של בניית האי, כריית חומר המילוי מן המים ואת סכנות השקיעה והשפעת הים על האי. חיסכון כלכלי הינו שיקול זניח בבחירת שיטת הבנייה לאי, שכן השיקולים האחרים הנם מהותיים ויכולים לחסוך טעויות שלא ניתן יהיה אחר-כך לתקן.

אף על פי שכאן דנתי בהשפעות הסביבתיות והנופיות בלבד, יש להניח כי בניית איים מלאכותיים תשפיע גם על תחומים אחרים כמו למשל התחום החברתי. מבחינה זו לדוגמא ייתכן שאיים כאלו למגורים ישרתו רק את המעמד החברתי הגבוה ונתח שלם מן האוכלוסייה לא יוכל ליהנות מיתרונותיו של פרויקט כזה.

בהתאם לכל הנאמר בעבודה זו, אני חושבת שרעיון בניית איים מלאכותיים הינו רעיון שהוא פזיז מדי. מסקנות הועדה שבדקה את ייתכנותם הם לא החלטיות ומציגות בעיות רבות שהאיים יגרמו להם והפתרונות המוצעים לבעיות אלו לא נבדקו באופן יסודי מספיק וכן אינם מעשיים. כל אלו מובילים אותי למסקנה שלא כדאי לבזבז משאבים יקרים בשביל פרויקט כל-כך מעורפל וחסר בסיס, ואת משאבים אלו כדאי "לבזבז" על פרויקטים יותר ידידותיים לסביבה ולציבור.

## בבליוגרפיה

1. אדם טבע ודין. (דצמבר 2000). איים מלאכותיים מול חופי ישראל. 15 באוקטובר 2002.  
< <http://lib.cet.ac.il/Pages/item.asp?item=3102> >
2. אלמגור, ג., גיל, ד. (1999). משאבי חול במפתן היבשתי של ישראל. המכון הגיאולוגי. ירושלים.
3. הרטמן, ד. (1996) התנועה הגדולה- גיאומורפולוגיה של החופים. מתוך: אל עמי, ג. מסע אחר. גיליון 57, עמ' 30-46.
4. ועדת היגוי הולנדית-ישראלית. (2000). איים מלאכותיים נוכח חופי ישראל- בדיקת קדם היתכנות, שלב א' תל-אביב.
5. זוהר, ג. (1997). התנאים הטבעיים של מישור החוף. בתוך: פלג, ר. (1997) מישור החוף- אדם וסביבה לאורך הדורות. הוצאת תל. ירושלים.
6. לרמן, ר. (1998). פיתוח איים-ההיבט התכנוני. תל-אביב.
7. מועלם דורון, ג. (1998). סוף החול. מתוך: אל עמי, גיל. מסע אחר. גיליון מס' 82. עמ' 16-24.
8. ניר, י. (1987). חופי הים התיכון. 29 בנובמבר 2002.  
<[http://www.snunit.k12.il/heb\\_journals/mada/305248.html](http://www.snunit.k12.il/heb_journals/mada/305248.html)>
9. ניר, י. דורי, י. בן-ארי, א. (2001). איים מלאכותיים מול חופי ישראל- היבטים סביבתיים תכנוניים ומשפטיים.  
<[www.yarok.org.il](http://www.yarok.org.il)> 26 באפריל 2003
10. סדן ולובנטל. (1998). ייתכנות כלכלית של איים מלאכותיים מול חופי מטרופולין תל-אביב. תל-אביב.
11. פפאי, נ. (2000). חופי ישראל 2000- דו"ח החברה להגנת הטבע על מצב חופי הים התיכון. החברה להגנת הטבע. תל-אביב.
12. רוזן, ד.ס. (1996). העתיד טמון בחול. מתוך: אל עמי, גיל. מסע אחר. גיליון מס' 57. עמ' 118-130.
13. רוזן, ד.ס. (1999). אפיון המצב הסביבתי והסדימנטולוגי הקיים. חקר ימים ואגמים לישראל. חיפה.

14. שלף, ג. (1997). איים מלאכותיים בעולם הרחב- ניסיון ושיטות בניה. המכון הטכנולוגי לישראל. טכניון- חיפה.

15. Rosen, D.S (1997). Environmental Impacts Due to Construction of Artificial Islands on the Coast of Israel. Israel Oceanographic & Limnological Research. Haifa.

16. Yamaguchi, M. (2002). Officials express confidence in Japan's incredible sinking airport. May 6, 2003.

<[www.nandotimes.com](http://www.nandotimes.com)>