



חקר ימים ואגמים לישראל בע"מ ISRAEL OCEANOGRAPHIC & LIMNOLOGICAL RESEARCH LTD.

תל שקמונה, ת"ד 8030, חיפה 31080 טלפון: 04-8515202 TEL: 04-8511911 פקס: 04-8511911 FAX: 04-8511911

**בחינת מיקום מיטבי להצבת כלובי דגים
במימי החופין של ישראל בים התיכון
דו"ח חיא"ל מס' H37/98**

חיפה, מרץ 1999
ע"י
אינג' דב ס. רוזן, M.Sc.

דו"חות חיא"ל



המכון הלאומי לאוקיאנוגרפיה

חקר ימים ואגמים לישראל בע"מ

תל שקמונה, ת.ד. 8030, חיפה 31080

**בחינת מיקום מיטבי להצבת כלובי דגים
במימי החופין של ישראל בים התיכון
דו"ח תיא"ל מס' H37/98**

חיפה, מרץ 1999

ע"י

אינג' דב ס. רוזן, M.Sc.

מוגש לידי

מר הילל גורדין

המחלקה לדיג ימי וחקלאות ימית

**אגף הדיג וחקלאות המים
משרד החקלאות ופיתוח הכפר**

ת ק צ י ר מ נ ה ל י ם

א. מבוא

- עבודת מחקר זאת בוצעה בהזמנת המחלקה לדיג ימי וחקלאות ימית של אגף הדיג וחקלאות המים במשרד החקלאות ופיתוח הכפר, על מנת לסייע בקביעת מדיניות מיקום אתרים לחוות כלובי דגים לחקלאות ימית במימי החופין של ישראל בים התיכון.
- לצורך ביצוע המחקר נעשה שימוש במידע העדכני ביותר שנצבר בחקר ימים ואגמים לישראל והופעלו תוכנות מחשב מתקדמות לאומדן תנאי הים והכוחות שייחכנו במצבי ים שונים על כלובים הממוקמים במיקומים בעלי עומקי ים שונים ובמצבי טבילה שונים מתחת לפני הים, או מעל פני הים.

ב. ממצאים

- הוכן אקלים עדכני של משטר הרוחות, הגלים, הזרמים ומפלסי הים במימי-החופין של ישראל בים התיכון. לרוב הגורם השולט מבחינת הכוחות הפועלים על מבנה של כלוב לגידול דגים הם הגלים, והזרמים מהווים גורם משני.
- אומדן כוחות הגלים הפועלים על גוף טבול בים (כלוב דגים), המתבטאים במשרעת המהירות האורביטלית ושל התאוצה האורביטלית של חלקיקי המים, בוצע עבור עומקי מים שבין 20 מ' ועד 120 מ', עבור עומקי טבילה שונים מפני המים, והוא מראה ירידה של המהירות והתאוצה ככל שעולה עומק המים באתר הכלוב וככל שעולה עומק הטבילה של הכלוב.

ג. מסקנות והמלצות

- הכרחי להניח כמצבי תכן לכלובים מצבי ים עם תקופות חזרה ממוצעות של עשרות עד מאות שנים (תלוי באורך החיים הכלכלי המתוכנן) על מנת להבטיח סיכון נמוך לאירוע מצבים שלא מכוסים על-ידי התכנון. לכן, כלובי הדגים המיועדים להצבה במימי החופין של ישראל בים התיכון, חייבים להיות מסוגלים לעמוד במצבי ים גבוהים מאד יחסית למצבי הים לתכן שנדרשים לכלובים המוצבים במפרצים סגורים או באזורים מוגנים, שאינם קיימים בחופי ישראל.
- בעומקי מים שמעל 60- מ' ישנה הקטנה ניכרת בעוצמת המהירות והתאוצה האורביטלית של מצבי הגלים השכיחים ואף הנדירים, שנעשת יותר ויותר משמעותית ככל שגדל עומק הטבילה. מאידך, ככל שעומק המים עולה, גדל המרחק מהחוף (ומהנמלים) ולכן יורדת הכדאיות בהצבת הכלובים באזורים מרוחקים מאד מהחוף. בהתחשב בהיבט ההישרדות של הכלוב ושל הדגים שבכלוב וכן בהיבט הכלכלי של מרחק הכלוב מהחוף, מומלץ כי יועדפו כלובי דגים הניתנים לשיקוע בעת סערות וכי חוות כלובי דגים כאלה יוצבו במימי החופין של ישראל בים התיכון בתחום קווי העומק שבין 60- מ' ועד 80- מ'.
- מבחינת ההיבטים הסביבתיים, נדרש להשאיר מרווח של כ- 10 מ' מתחת לכלוב למניעת פגיעה בדגים שבכלוב ע"י פרוק הצואה של הדגים והמזון שלא נאכל ע"י הדגים. בהתחשב בגובה הכלוב במרכזו (בין 10 ל-15 מ' לפחות) העומק המזערי הבא בחשבון בהתחשב בכך הינו כ-25 מ' בקרוב.
- מבחינת היתכנות זיהום מי-הים מחוץ לתחום הכלוב, פיזור הזיהום הנ"ל ע"י הזרמים יהיה בעיקרו במקביל לחוף בכיוון לאורך החוף, באותו קו עומק מעליו מוצב הכלוב, בהשפעת הזרם הגיאוסטרופי. זאת מכיוון שהזרם הגיאוסטרופי באזור החוף שלנו בתחום העומקים הנדון נע רב הזמן צפונה מקביל לקווי העומק. עבור עומקי המים העולים על 35 מ', הזיהום יימצא במרחק של מעל 3 ק"מ מהחוף. דבר זה צפוי להקטין את ריכוזו בגוף מי הים לרמה זניחה כבר במרחקים של מאות מטרים מהכלוב. לפיכך במצב זה לא צפוי זיהום של אזורים המיועדים לרחצה (עד 300 מ' משפת הים).
- רצועת החול הפעילה במערכת ההזנה החופית משתרעת בין קו החוף וקו עומק 30- מ' בקרוב, ובתחום זה תתכן גם בניית איים מלאכותיים. הקמת כלובי דגים בעתיד באזור המוצל של האיים יכולה לאפשר פעילות במקומות עם תנאי ים שקטים יחסית, אך עלולה מאידך לגרום לבעיות סביבתיות מבחינת איכות המים. דבר זה ראוי כי ייבדק בעזרת מודל סביבתי כאשר המצב יהיה אקטואלי. כמו כן, בתחום רצועת החול נשקלת כעת העברת צנרת גז לאורך החוף, אשר גם אם תהיה טמונה בקרקעית לפי המתוכנן, טוב יותר כי לא תהיה בתחום פעילות חקלאות ימית.

תוכן העניינים

1	תקציר מנהלים	
3	רשימת טבלאות	.I
5	רשימת ציורים	.II
8	מבוא	.1
8	אפיון תנאי הסביבה הימית במימי החופין של ישראל	.2
8	כללי	2.1
8	רוחות	2.2
8	כללי	2.2.1
8	משטר הרוחות במימי החופין של ישראל בים התיכון	2.2.2
10	אפיון סטטיסטי של משטר הרוחות במימי החופין של ישראל בים התיכון	2.2.3
13	גלי רוח	2.3
13	מקורות היוצרות הגלים בחוף הים התיכון של ישראל	2.3.1
16	הגדרת מונחים ואפיוני גלים	2.3.2
16	אופייני גלים לטווח זמן קצר ואפיונם למימי החופין של ישראל בים התיכון	2.3.3
19	אופייני גלים לטווח זמן ארוך	2.3.4
19	א. הגדרת מונחים וקשרים סטטיסטיים	
20	ב. מקורות מידע על אופייני הגלים	
20	ג. משטר הגלים לטווח זמן ארוך בחופי ישראל בים התיכון	
23	אופייני גלים למצבים נדירים (קיצוניים)	2.3.5
24	רפרקצית גלים	2.3.6
26	זרמים	2.4
26	זרמים בתוך רצועת המשברים	2.4.1
26	משטר הזרמים במים עמוקים במימי החופין של ישראל בים התיכון	2.4.2
29	מפלסי-ים	2.5
29	כללי	2.5.1
29	אקלים מפלסי ים	2.5.2
30	אפיון קרקעית הים במימי החופין של ישראל בים התיכון (בעומקים שבין 20 עד 120 מ')	2.6
30	בחינת המהירויות והתאוצות המופעלות ע"י הגלים בעומקים שונים בתנאי ים שונים	.3
30	שיטת עריכת האומדן	3.1
32	תוצאות האומדן	3.2
33	דיון בממצאים, מסקנות והמלצות	.4
33	דיון בממצאים	4.1
33	מסקנות	4.2
33	המלצות	4.3
34	מקורות ספרות	.5
37	הבעת תודה	.6

1. רשימת טבלאות

1. שכיחות התפלגות כיוונית שנתית ממוצעת של מהירות הרוח בחוף אשדוד תקופת התצפית: 1992-1995 (20223 תצפיות שעתיות על בסיס ממוצעים כל 10 דקות)
2. התפלגות ההיסטברות הכיוונית השנתית הממוצעת של מהירות הרוח בחוף אשדוד מעל ערך נתון, תקופת התצפית: 1992-1995 (20223 תצפיות שעתיות על בסיס ממוצעים כל 10 דקות)
3. שכיחות התפלגות כיוונית שנתית ממוצעת של מהירות הרוח בים, 2.2 ק"מ מחוף חדרה, בקו עומק 27- מ', תקופת התצפית: 1995-1997 (21952 תצפיות שעתיות על בסיס ממוצעים כל 5 דקות)
4. התפלגות ההיסטברות הכיוונית השנתית הממוצעת של מהירות הרוח בים מעל ערך נתון, 2.2 ק"מ מחוף חדרה, בקו עומק 27- מ', תקופת התצפית: 1995-1997 (21952 תצפיות שעתיות על בסיס ממוצעים כל 5 דקות)
5. שכיחות התפלגות כיוונית שנתית ממוצעת של מהירות הרוח בחוף תל-אביב (שדה דב) תקופת התצפית: 01/1971-10/1997 (58177 תצפיות רגעיות תלת-שעיתיות)
6. התפלגות ההיסטברות הכיוונית השנתית הממוצעת של מהירות הרוח בחוף תל-אביב (שדה דב) מעל ערך נתון, תקופת התצפית: 01/1971-10/1997 (58177 תצפיות רגעיות תלת-שעיתיות)
7. אשדוד-סטטיסטיקת גלים במים עמוקים, שכיחות משותפת (%) של גובה הגל המשמעותי ואזימות כיוון הגלים (04/92-03/98) - קיץ
8. אשדוד-סטטיסטיקת גלים במים עמוקים, שכיחות משותפת (%) של גובה הגל המשמעותי ואזימות כיוון הגלים (04/92-03/98) - חורף
9. אשדוד-סטטיסטיקת גלים במים עמוקים, שכיחות משותפת (%) של גובה הגל המשמעותי ואזימות כיוון הגלים (04/92-03/98) - שנתי
10. אשדוד-סטטיסטיקת גלים במים עמוקים, שכיחות משותפת (%) של גובה הגל המשמעותי וזמן מחזור שיא הספקטרום (04/92-03/98) - קיץ
11. אשדוד-סטטיסטיקת גלים במים עמוקים, שכיחות משותפת (%) של גובה הגל המשמעותי וזמן מחזור שיא הספקטרום (04/92-03/98) - חורף
12. אשדוד-סטטיסטיקת גלים במים עמוקים, שכיחות משותפת (%) של גובה הגל המשמעותי וזמן מחזור שיא הספקטרום (04/92-03/98) - שנתי
13. אשדוד-סטטיסטיקת גלים במים עמוקים, שכיחות משותפת (%) של זמן מחזור שיא הספקטרום ואזימות כיוון הגלים (04/92-03/98) - קיץ
14. אשדוד-סטטיסטיקת גלים במים עמוקים, שכיחות משותפת (%) של זמן מחזור שיא הספקטרום ואזימות כיוון הגלים (04/92-03/98) - חורף
15. אשדוד-סטטיסטיקת גלים במים עמוקים, שכיחות משותפת (%) של זמן מחזור שיא הספקטרום ואזימות כיוון הגלים (04/92-03/98) - שנתי
16. חדרה-סטטיסטיקת גלים במים עמוקים, שכיחות משותפת (%) של גובה הגל המשמעותי ואזימות כיוון הגלים (04/92-03/98) - קיץ
17. חדרה-סטטיסטיקת גלים במים עמוקים, שכיחות משותפת (%) של גובה הגל המשמעותי ואזימות כיוון הגלים (04/92-03/98) - חורף
18. חדרה-סטטיסטיקת גלים במים עמוקים, שכיחות משותפת (%) של גובה הגל המשמעותי ואזימות כיוון הגלים (04/92-03/98) - שנתי
19. חדרה-סטטיסטיקת גלים במים עמוקים, שכיחות משותפת (%) של גובה הגל המשמעותי וזמן מחזור שיא הספקטרום (04/92-03/98) - קיץ
20. חדרה-סטטיסטיקת גלים במים עמוקים, שכיחות משותפת (%) של גובה הגל המשמעותי וזמן מחזור שיא הספקטרום (04/92-03/98) - חורף
21. חדרה-סטטיסטיקת גלים במים עמוקים, שכיחות משותפת (%) של גובה הגל המשמעותי וזמן מחזור שיא הספקטרום (04/92-03/98) - שנתי
22. חדרה-סטטיסטיקת גלים במים עמוקים, שכיחות משותפת (%) של זמן מחזור שיא הספקטרום ואזימות כיוון הגלים (04/92-03/98) - קיץ
23. חדרה-סטטיסטיקת גלים במים עמוקים, שכיחות משותפת (%) של זמן מחזור שיא הספקטרום ואזימות כיוון הגלים (04/92-03/98) - חורף
24. חדרה-סטטיסטיקת גלים במים עמוקים, שכיחות משותפת (%) של זמן מחזור שיא הספקטרום ואזימות כיוון הגלים (04/92-03/98) - שנתי
25. חיפה-סטטיסטיקת גלים במים עמוקים, שכיחות משותפת (%) של גובה הגל המשמעותי ואזימות כיוון הגלים (04/94-02/98) - קיץ
26. חיפה-סטטיסטיקת גלים במים עמוקים, שכיחות משותפת (%) של גובה הגל המשמעותי ואזימות כיוון הגלים

(04/94-02/98) - חורף

27. חיפה-סטטיסטיקת גלים במים עמוקים, שכיחות משותפת (%) של גובה הגל המשמעותי ואזימות כיוון הגלים (04/94-02/98) - שנתי
28. חיפה-סטטיסטיקת גלים במים עמוקים, שכיחות משותפת (%) של גובה הגל המשמעותי וזמן מחזור שיא הספקטרום (04/94-02/98) - קיץ
29. חיפה-סטטיסטיקת גלים במים עמוקים, שכיחות משותפת (%) של גובה הגל המשמעותי וזמן מחזור שיא הספקטרום (04/94-02/98) - חורף
30. חיפה-סטטיסטיקת גלים במים עמוקים, שכיחות משותפת (%) של גובה הגל המשמעותי וזמן מחזור שיא הספקטרום (04/94-02/98) - שנתי
31. חיפה-סטטיסטיקת גלים במים עמוקים, שכיחות משותפת (%) של זמן מחזור שיא הספקטרום ואזימות כיוון הגלים (04/94-02/98) - קיץ
32. חיפה-סטטיסטיקת גלים במים עמוקים, שכיחות משותפת (%) של זמן מחזור שיא הספקטרום ואזימות כיוון הגלים (04/94-02/98) - חורף
33. חיפה-סטטיסטיקת גלים במים עמוקים, שכיחות משותפת (%) של זמן מחזור שיא הספקטרום ואזימות כיוון הגלים (04/94-02/98) - שנתי
34. מספר שנתי ממוצע של סערות ומשכי הזמן הממוצעים של הסערות
35. תקופות חזרה ממוצעות של מצבי ים קיצוניים
36. בחירת תקופות חזרה ממוצעות של גלי תכן לפי רמת סיכון ואורך חיים כלכלי
37. השתנות עומק המים כתלות במרחק מהחוף במקומות שונים לאורך חוף הים התיכון הדרום-מזרחי

II. רשימת ציורים

1. תאור אופייני של מצב אפיק פרסי בקיץ
2. התפלגות הסתברות הכיוונית של הרוחות מעל ערך נתון על בסיס נתוני אשדוד לתקופה 1958-1970
3. התפלגות מקורבת של אנרגיית הגלים בפני הים
4. מסלול תנועת הציקלונים בסערות החורף ושינוי כיוון הגלים הברז-זמני לאורך החוף הישראלי
5. פרוק רישום גלים לגלים בודדים בשיטת חיתוך קו האפס כלפי מעלה
6. השוואה בין ספקטרום JONSWAP וספקטרום Pierson-Moscovitz
- 7א' אקלים הזרמים השנתי הממוצע בקו עומק 27 - מ' מול חדרה ומול אשקלון
- 7ב' תבנית זרימה כללית עקרונית באגן המזרחי של הים התיכון
8. תאור מסלולי חלקיקי המים מהמצב הממוצע, עבור גלים במים עמוקים וגלים במים רדודים או בתחום המעבר
9. התפלגות השכיחות הכיוונית של הרוחות על בסיס נתוני אשדוד לתקופה 03/1992-02/1995
10. התפלגות הסתברות הכיוונית של הרוחות מעל ערך נתון על בסיס נתוני אשדוד לתקופה 03/1992-02/1995
11. התפלגות השכיחות הכיוונית של הרוחות על בסיס נתוני חדרה לתקופה 1995-1997
12. התפלגות הסתברות הכיוונית של הרוחות מעל ערך נתון על בסיס נתוני חדרה לתקופה 1995-1997
13. התפלגות השכיחות הכיוונית של הרוחות על בסיס נתוני תל-אביב לתקופה 1971-1995
14. התפלגות הסתברות הכיוונית של הרוחות מעל ערך נתון על בסיס נתוני תל-אביב לתקופה 1971-1995
15. השוואה בין השכיחות בים בחדרה לעומת השכיחות בחוף בתל-אביב
16. התפלגות כיוונית של השכיחות השנתית הממוצעת באגן המזרחי של הים התיכון
17. התפלגות כיוונית של השכיחות הממוצעת באביב באגן המזרחי של הים התיכון
18. התפלגות כיוונית של השכיחות הממוצעת בקיץ באגן המזרחי של הים התיכון
19. התפלגות כיוונית של השכיחות הממוצעת בסתיו באגן המזרחי של הים התיכון
20. התפלגות כיוונית של השכיחות הממוצעת בחורף באגן המזרחי של הים התיכון
21. התפלגות שכיחות גובה הגל המשמעותי במים עמוקים באשדוד (כל הגלים 04/92-03/98)
22. התפלגות שכיחות זמני מחזור שיא הספקטרום באשדוד, (כל הגלים 04/94-02/98)
23. התפלגות השכיחות הכיוונית של הגלים במים עמוקים באשדוד, (כל הגלים 04/92-03/98)
24. התפלגות שנתית של שכיחות גובה הגל המשמעותי במים עמוקים, השוואה בין השכיחות באשדוד, חדרה וחיפה עבור כל הגלים, (לתקופה 04/92-03/98)
25. התפלגות שנתית של שכיחות זמן מחזור שיא הספקטרום, השוואה בין השכיחות באשדוד, חדרה וחיפה עבור כל הגלים, (לתקופה 04/92-03/98)
26. התפלגות שנתית של שכיחות כיווני הגלים במים עמוקים, השוואה בין השכיחות באשדוד, חדרה וחיפה עבור כל הגלים, (לתקופה 04/92-03/98)
27. התפלגות שנתית של שכיחות כיווני הגלים במים עמוקים, השוואה בין השכיחות באשדוד, חדרה וחיפה עבור גלים בעלי גובה משמעותי מעל 4 מ', (לתקופה 04/92-03/98)
28. הסתברות מצבי ים קיצוניים בחופי ישראל במים עמוקים
29. טופוגרפיה וחתך סכמתי של רכסי הכורכר העיקריים במדף היבשת (מתוך אלמגור, גיל ופרת - 1998)
30. השתנות עומק המים כתלות במרחק מהחוף בחוף הים התיכון הדרום-מזרחי.
31. השוואת שינוי המהירות האורביטלית האופקית כפונקציה של עומק הטבילה, זמן מחזור וגובה הגל (מחושב לעומק 120 מ')
32. השוואת שינוי התאוצה האורביטלית האנכית כפונקציה של עומק הטבילה, זמן מחזור וגובה הגל (מחושב לעומק 120 מ')
- 33א-ב תוצאות הרצה עבור $H=8$ מ', $T=13$ שני, $d=30$ מ', א' (למעלה) -הדפס תוצאות, ב' (למטה) תצוגת מצב נבדק
- 33ג-ד תוצאות הרצה עבור $H=8$ מ', $T=13$ שני, $d=30$ מ', ג' (למעלה) -פרוס מהירות אורביטלית אופקית בעומק 20 מ', ד' (למטה) -פרוס מהירות אורביטלית אנכית בעומק 20 מ',
- 33ה-ו תוצאות הרצה עבור $H=8$ מ', $T=13$ שני, $d=30$ מ', ה' (למעלה) -פרוס תאוצה אורביטלית אופקית בעומק 20 מ', ו' (למטה) -פרוס תאוצה אורביטלית אנכית בעומק 20 מ',
- 33ז-ח תוצאות הרצה עבור $H=8$ מ', $T=13$ שני, $d=30$ מ', ז' (למעלה) -פרוס מהירות אורביטלית אופקית בזמן שיא הגל, ח' (למטה) - פרוס תאוצה אורביטלית אנכית בזמן שיא הגל.
- 34א-ב תוצאות הרצה עבור $H=8$ מ', $T=13$ שני, $d=50$ מ', א' (למעלה) -הדפס תוצאות, ב' (למטה) תצוגת מצב נבדק
- 34ג-ד תוצאות הרצה עבור $H=8$ מ', $T=13$ שני, $d=50$ מ', ג' (למעלה) -פרוס מהירות אורביטלית אופקית בעומק 40 מ', ד' (למטה) -פרוס מהירות אורביטלית אנכית בעומק 40 מ',
- 34ה-ו תוצאות הרצה עבור $H=8$ מ', $T=13$ שני, $d=50$ מ', ה' (למעלה) -פרוס תאוצה אורביטלית אופקית בעומק 40 מ', ו' (למטה) -פרוס תאוצה אורביטלית אנכית בעומק 40 מ',

110מ', ד' (למטה) -פרוס מהירות אורביטלית אנכית בעומק 110מ',
ה42-ו תוצאות הרצה עבור $H=8$ מ', $T=13$ שני, $d=120$ מ', ה' (למעלה) -פרוס תאוצה אורביטלית אופקית בעומק
110מ', ו' (למטה) -פרוס תאוצה אורביטלית אנכית בעומק 110מ',
ה42-ח תוצאות הרצה עבור $H=8$ מ', $T=13$ שני, $d=120$ מ', ז' (למעלה) - פרוס מהירות אורביטלית אופקית בזמן שיא
הגל, ח' (למטה) - פרוס תאוצה אורביטלית אנכית בזמן שיא הגל.
ה43-א-ב תוצאות הרצה עבור $H=14$ מ', $T=13$ שני, $d=120$ מ', א' (למעלה) -הדפס תוצאות, ב' (למטה) תצוגת מצב נבדק
ה43-ג-ד תוצאות הרצה עבור $H=14$ מ', $T=13$ שני, $d=120$ מ', ג' (למעלה) -פרוס מהירות אורביטלית אופקית בעומק
110מ', ד' (למטה) -פרוס מהירות אורביטלית אנכית בעומק 110מ',
ה43-ו תוצאות הרצה עבור $H=14$ מ', $T=13$ שני, $d=120$ מ', ה' (למעלה) -פרוס תאוצה אורביטלית אופקית בעומק
110מ', ו' (למטה) -פרוס תאוצה אורביטלית אנכית בעומק 110מ',
ה43-ח תוצאות הרצה עבור $H=14$ מ', $T=13$ שני, $d=120$ מ', ז' (למעלה) - פרוס מהירות אורביטלית אופקית בזמן שיא
הגל, ח' (למטה) - פרוס תאוצה אורביטלית אנכית בזמן שיא הגל.

1. מבוא

עבודת מחקר זאת בוצעה בהזמנת המחלקה לדיגימיזציה וחקלאות ימית של אגף הדיגימיזציה וחקלאות המים במשרד החקלאות ופיתוח הכפר, על מנת לסייע בקביעת מדיניות מיקום אתרים לחוות כלובי דגים לחקלאות ימית במימי החופין של ישראל בים התיכון.

לצורך ביצוע המחקר נעשה שימוש במידע העדכני ביותר שנצבר בחקר ימים ואגמים לישראל והופעלו תוכנות מחשב מתקדמות לאומדן תנאי הים והכוחות שייכתנו במצבי ים שונים על כלובים הממוקמים במיקומים בעלי עומקי ים שונים ובמצבי טבילה שונים מתחת לפני הים, או מעל פני הים.

העבודה הינה עבודה כללית ללא התייחסות פרטנית לסוג כלוב מסוים, אך במסגרת הדיון בממצאים נבחנו באופן עקרוני היתרונות והחסרונות של משפחות שונות של כלובי דגים.

בפרק 2 להלן מוצג אפיון של תנאי הסביבה הימית במימי החופין של ישראל הרלוונטיים לנשוא המחקר, בפרק 3 נבחנים הכוחות הפועלים על גוף צף או טבול בים המבוטאים ע"י המהירויות של הזרימה ושל התאוצות של חלקיקי המים הפועלים על אותו גוף שלמעשה קובעים את הקושי היחסי של החזקת כלוב במיקום כלשהו. בהתחשב בתנאי הקרקעית ותכונותיה במקומות שונים בתחום מימי החופין של מדף היבשת הרדוד, בפרק 4 מוצג דיון ומובאות מסקנות והמלצות על המיקומים העדיפים להצבת חוות כלובי דגים במימי החופין של ישראל בים התיכון.

תקוותנו כי פרות מחקר זה יתרמו לקידום והאצת פיתוח החקלאות הימית במדינת ישראל, ומוזים למשרד החקלאות על הפקדת מחקר זה לטיפולנו, ובמיוחד למר הילל גורדין, הממונה על החקלאות הימית על עזרתו ושיתוף הפעולה לו זכינו.

2. אפיון תנאי הסביבה הימית במימי החופין של ישראל

2.1 כללי

על מנת לאפשר קביעת המיקום המיטבי להצבת כלובי דגים, הכרחי להכיר את תנאי הסביבה באזור מימי החופין של ישראל בים התיכון. זה דרוש הן לשם הבטחת שרידות הכלובים ותכולתם במצבי ים קיצוניים, והן מבחינת תפעול מיטבי של גידול הדגים בכלובים. בין אלה ניתן להזכיר הצורך בתנאי ים המאפשרים פעילות אנוש ולא רק פעילות הדגים מספיק ימים בשנה, איכות מי ים ומניעת זיהום בחופי רחצה, תכונות קרקעית המתאימים לעגינת כלובים, מטפרטורת מים המעודדת התפתחות הדגים וכד'. בסעיפים הבאים יוצג סיכום עדכני של אפיון הסביבה הימית.

2.2 רוחות

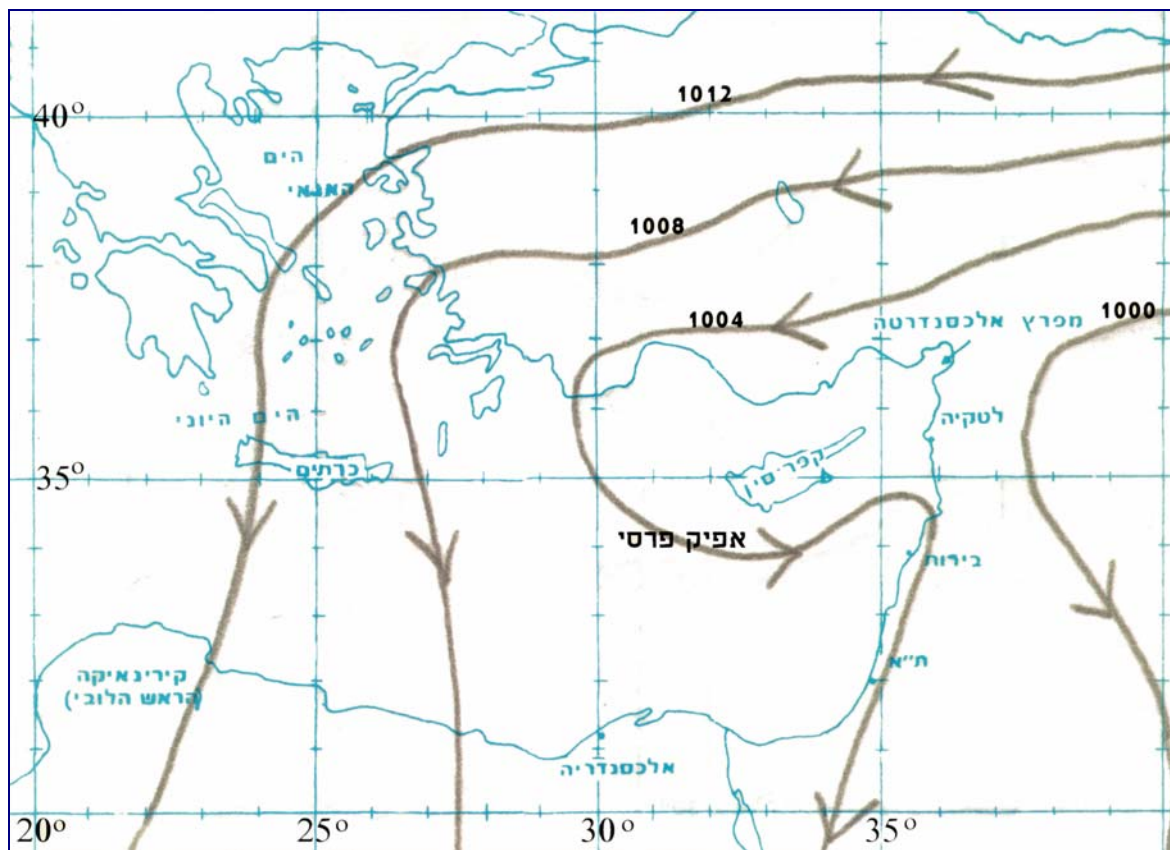
2.2.1 כללי

כאשר מדברים על רוח בהקשר להשפעות הסביבה, הכוונה היא לתנועה אופקית של מסת אוויר, בניגוד לזרמי אוויר המתייחסים לתנועה אנכית של מסת אוויר. הרוח נושבת כאשר נוצר הפרשי לחץ אטמוספרי בין שתי נקודות בעלות גובה זהה. נשיבת הרוח מתרחשת לאורך קווי שווי הלחץ האטמוספרי, הנקראים איזוברים. ככל שגדל הגרדיאנט (הפרש הלחץ בין הנקודות), וככל שהמרחק ביניהם קצר, גדלה מהירות הרוח.

משטר הרוחות מכתוב את האופיינים של גלי הרוח אך גם פועל ישירות על כלי שיט ומשפיע גם על זרמים המתפתחים בעיקר בתחום שמחוץ לרצועת המישברים ותחום המים הרדודים, במרחקים של למעלה מ-2 ק"מ מהחוף.

2.2.2 משטר הרוחות במימי החופין של ישראל בים התיכון

בעונת הקיץ, בעיקר מאמצע יוני עד אמצע ספטמבר, כתוצאה מהחום הגבוה מעל אסיה, נוצר מעל היבשת השקע המונוסוני, שקע עמוק יחסית, הנותר די יציב במשך כל תקופה זאת. מתוך שקע זה נשלחת שלוחה של אפיק הקרוי "אפיק פרסי" העובר דרך פרס, עיראק וסוריה, ממשיך בהקיפו את טורקיה וחוזר דרך קפריסין לישראל ומשם פונה דרומה למצרים ומזרח אפריקה (ראה ציור 1). עקב האפיק הפרסי מתקבלים לחצים נמוכים יותר בדרום טורקיה ואזור קפריסין מאשר בתחום מימי החופין של ישראל בים התיכון, הגורמים להתהוות גרדיאנט עם רוח הנושבת בכיוון מערב בקרוב. תנודות בגרדיאנט זה יכולים לשנות במקצת את עוצמת הרוח (המהירות), שלרוב נמצאת בטווח שבין 5 עד 8 קשר וכן את כיוונה.



ציור מס' 1 - תאור אופייני של מצב אפיק פרסי בקיץ

מאביב עד סתיו נושבת ברצועה הקרובה לחוף בים וביבשה **רוח הבריזה**, שהיא רוח בעלת מהירות בסדר גודל של כ-3 עד 5 קשר, הנגרמת עקב הפרשי טמפרטורה של אזור החוף והים המופיע. כיוון ומהירות הבריזה משתנה במשך היממה כמתואר להלן: בשעות הבוקר הבריזה נושבת אל היבשה עקב התחממות מהירה יותר של היבשה מאשר הים בשעות הבוקר, ונושבת לכיוון הים אחר הצהרים עקב התקררות יותר מהירה של היבשה בשעות הערב והלילה, לעומת טמפרטורת מי הים הנותרת כמעט ללא שינוי בין יום ולילה (שינוי של כמעלה צלסיוס אחת). מכיוון שהגרדיאנט של האפיק הפרסי איננו גבוהה במיוחד, רוח הבריזה הופכת להיות בעלת השפעה משמעותית על משטר הרוחות בתקופה זאת שמשתנה במהלך היממה מבחינת מהירות הרוח וכיוונה.

בשעות הבוקר המאוחרות (9-10) הרוח נושבת מדרום מערב בעוצמה של 5-8 קשר, בשעות הצהריים משנה כיוון למערבית בעוצמה של כ-8-10 קשר, בשעות אחר הצהריים (14-17) הופכת לצפון-מערבית בעוצמת 10-15 קשר, ודועכת לגמרי לקראת הלילה. בלילה צריכה להווצר רוח כלפי היבשה בעלת כיוון כללי מזרחי. ואולם, דבר זה נוגד את המרכיב המערבי של הרוח שנובע מהגרדיאנט של אפיק השקע המונסוני, ובפועל מנטרל אותה לחלוטין או כמעט לחלוטין. לעיתים, בשעות הבוקר המוקדמות בשעות הבוקר המוקדמות (4-6) קורה שכאשר טמפרטורת היבשה נמצאת במינימום, גוברת הרוח הנגרמת ע"י האפיק הפרסי ומתקבלת רוח מזרחית או דרום-מזרחית בעוצמה של 3-5 קשר. יצוין כי בתחילת הקיץ, כאשר מי הים יחסית קרים עדיין והיבשה חמה, מהירות רוח הבריזה גבוהה יותר מאשר באוגוסט, כאשר טמפרטורת מי הים קרובה מאד לטמפרטורה של היבשה.

בעונת החורף מזג האוויר נשלט ע"י מעבר מערכות ציקלוניות הנעות ממערב למזרח, כמסומן בציור 2, בהן כיוון נשיבת הרוחות הינה נגד כיוון השעון במשיק לקווי שוי הלחץ האטמוספרי. מעבר הציקלונים גורם למצבים מאד בלתי יציבים, כשמרבית הרוחות הנושבות נעות בתחום הכיוונים דרום-מערב עד צפון מערב דרך מערב. אורך משב הרוח המרבי הינו בכיוון מערב (ראה ציור 3), ולכן זהו הכיוון ממנו מתקבלים בחוף הישראלי הגלים הגבוהים ביותר. למרות שהשקעים בים התיכון הנם באופן כללי קטנים יחסית לאלה המתפתחים בקווי רוחב צפוניים יותר, עדיין הם מסוגלים להביא להתפתחות רוחות חזקות בקצב מהיר יחסית.

הציקלונים נעים יחסית לאט, ונדרשים לרוב מספר ימים לנוע באגן המזרחי של הים התיכון. לעיתים, הציקלונים נשארים ללא תנועה במשך יום או יומיים באזור קפריסין. במצבים כאלה מתקבלים מצבי רוחות הנושבים מכיוונים מערביים במשך זמן רב יחסית, דבר המחולל התפתחות גלים גבוהים בחוף הישראלי בים התיכון.

הציקלונים עוברים גם בעונת האביב והסתיו, אך באביב עוצמת השקעים יורדת הדרגתית מתנאי חורף לתנאי הקיץ, והפוך בסתיו.

בנוסף למצבים האופייניים שתוארו לעיל צריך להזכיר מספר סוגי רוחות המתפתחים במצבים מיוחדים. המצב הראשון מתרחש לרב באביב ובסתיו ויוצר את רוח השרב. הדבר מתרחש כאשר נוצר שקע שנוע לאורך המדבר הלווי הנע לכיוון מזרח מעל אפריקה. מיד בהגיעו למצרים, מתקבלת ירידה חדה בלחץ האטמוספרי ומתפתחות רוחות מזרחיות בארץ. כתלות בגודל השקע מתקבלות רוחות בעלות מהירות בין 5 עד 10 קשר בשקע רדוד ושל 30 עד 40 קשר בשקע עמוק. לפעמים השקע נע לאחר מכן צפונה, הגורם להתפתחות מהירה של גלים דרום מערביים עד מערביים בעיקר במרכז וצפון חופי הארץ.

מצב אחר של התפתחות רוחות הוא כאשר נוצר אפיק מכיוון ים סוף כלפי מזרח הים התיכון. גם אז מתקבלות רוחות מזרחיות אך יחסית בעלות מהירויות נמוכות יותר.

לבסוף ראוי לציין תופעה שמתרחשת בסוף הסתיו-תחילת החורף כאשר מתפתחות רוחות מזרחיות חזקות יחסית וקרות המגיעות אלינו מהרי הקווקז, עקב התפתחות רמה מעל אוקראינה. הים השחור וטורקיה עם שלוחת אפיק מעל חצי האי-ערב. הרוח המזרחית הנושבת מכונה בשם הערבי "שרקיעה" שמציין את כיוון נשיבתה המזרחי בערבית.

2.2.3 אפיון סטטיסטי של משטר הרוחות במימי החופין של ישראל בים התיכון

בארץ הרוח נמדדה בעבר ע"י השרות המטאורולוגי שמחזיק את בסיס הנתונים של הרוחות, אך גם ע"י מספר גופים כגון חברת החשמל, חקר ימים ואגמים לישראל, חיל האוויר וחיל הים. שלושת האחרונות התרכזו בעיקר במדידות רוח בקרבת שפת הים או בים. סטטיסטיקות של רוח בחוף הים ובים הוכנו ע"י רוזן ווידה (1978) בקשר לתכנון מזח הפריקה בחדרה. נתונים עדכניים לעבודה הנוכחית נתקבלו מהתחנה בנמל אשדוד, מהתחנה בשדה דב בתל-אביב ומהתחנה מס' 80 ברשת העולמית למעקב אחר שינוי במפלס הים המופעלת ע"י היא"ל בקצה המזח לפריקת פחם בחדרה, המצויה 2.2 ק"מ בתוך הים (על קו עומק 27- מ'). כל נתוני הרוח מבוססים על מדידה בגובה סטנדרטי של 10 מ' מעל פני הים. הנתונים מאשדוד וחדרה הם ערכים ממוצעים שעתיים, לעומת אלה משדה דב, הכוללים ערכים תלת שעתיים רגועים. כמו כן, נתונים במימי מזרח הים התיכון נלקחו מתוך Bales et al. (1981).

שכיחות ממוצעת שנתית של מהירות הרוח:

חוף אשדוד (1958-1971)

רוחות קלות (פחות מ-10 קשר\18 קמ"ש)	~81.4% מהזמן
רוחות ערות (בין 11 ל-21 קשר\19 עד 37 קמ"ש)	18.3% מהזמן
רוחות חזקות (בין 22 ל-33 קשר\38 עד 60 קמ"ש)	1.2% מהזמן
רוחות סערה, מעל 33 קשר\60 קמ"ש	פחות מ-0.1% מהזמן

חוף אשדוד (1992-1995)

רוחות קלות (פחות מ-10 קשר\18 קמ"ש)	~84.3% מהזמן
רוחות ערות (בין 11 ל-21 קשר\19 עד 37 קמ"ש)	15.3% מהזמן
רוחות חזקות (בין 22 ל-33 קשר\38 עד 60 קמ"ש)	0.45% מהזמן
רוחות סערה, מעל 33 קשר\60 קמ"ש	פחות מ-0.1% מהזמן

חוף תל-אביב (1971-1997)

רוחות קלות (פחות מ-10 קשר\18 קמ"ש)	~79.6% מהזמן
רוחות ערות (בין 11 ל-21 קשר\19 עד 37 קמ"ש)	18.9% מהזמן
רוחות חזקות (בין 22 ל-33 קשר\38 עד 60 קמ"ש)	0.36% מהזמן
רוחות סערה, מעל 33 קשר\60 קמ"ש	פחות מ-0.1% מהזמן

בים מול חוף חדרה (1995-1997)

רוחות קלות (פחות מ-10 קשר\18 קמ"ש)	~69.8% מהזמן
רוחות ערות (בין 11 ל-21 קשר\19 עד 37 קמ"ש)	28.2% מהזמן
רוחות חזקות (בין 22 ל-33 קשר\38 עד 60 קמ"ש)	1.93% מהזמן
רוחות סערה, מעל 33 קשר\60 קמ"ש	פחות מ-0.1% מהזמן

התפלגות כיוונית שנתית של הרוח

חוף אשדוד (1958-1971)

כ-77% מהרוחות העריות נושבות מהכיוונים מערב עד צפון דרך צפון-מערב.
כ-77% מהרוחות החזקות נושבות מהכיוונים דרום-מערב עד מערב דרך מערב-דרום-מערב.

חוף אשדוד (1992-1995)

כ-52% מהרוחות העריות נושבות מהכיוונים מערב עד צפון דרך צפון-מערב.
כ-49% מהרוחות החזקות נושבות מהכיוונים דרום-מערב עד מערב דרך מערב-דרום-מערב.

חוף תל-אביב (1971-1997)

כ-39% מהרוחות העריות נושבות מהכיוונים מערב עד צפון דרך צפון-מערב.
כ-47% מהרוחות החזקות נושבות מהכיוונים דרום-מערב עד מערב דרך מערב-דרום-מערב.

בים מול חוף חדרה (1995-1997)

כ-30% מהרוחות העריות נושבות מהכיוונים מערב עד צפון דרך צפון-מערב.
כ-16% מהרוחות החזקות נושבות מהכיוונים דרום-מערב עד מערב דרך מערב-דרום-מערב.

התפלגות עונתית על בסיס נתוני אשדוד (1958-1971)

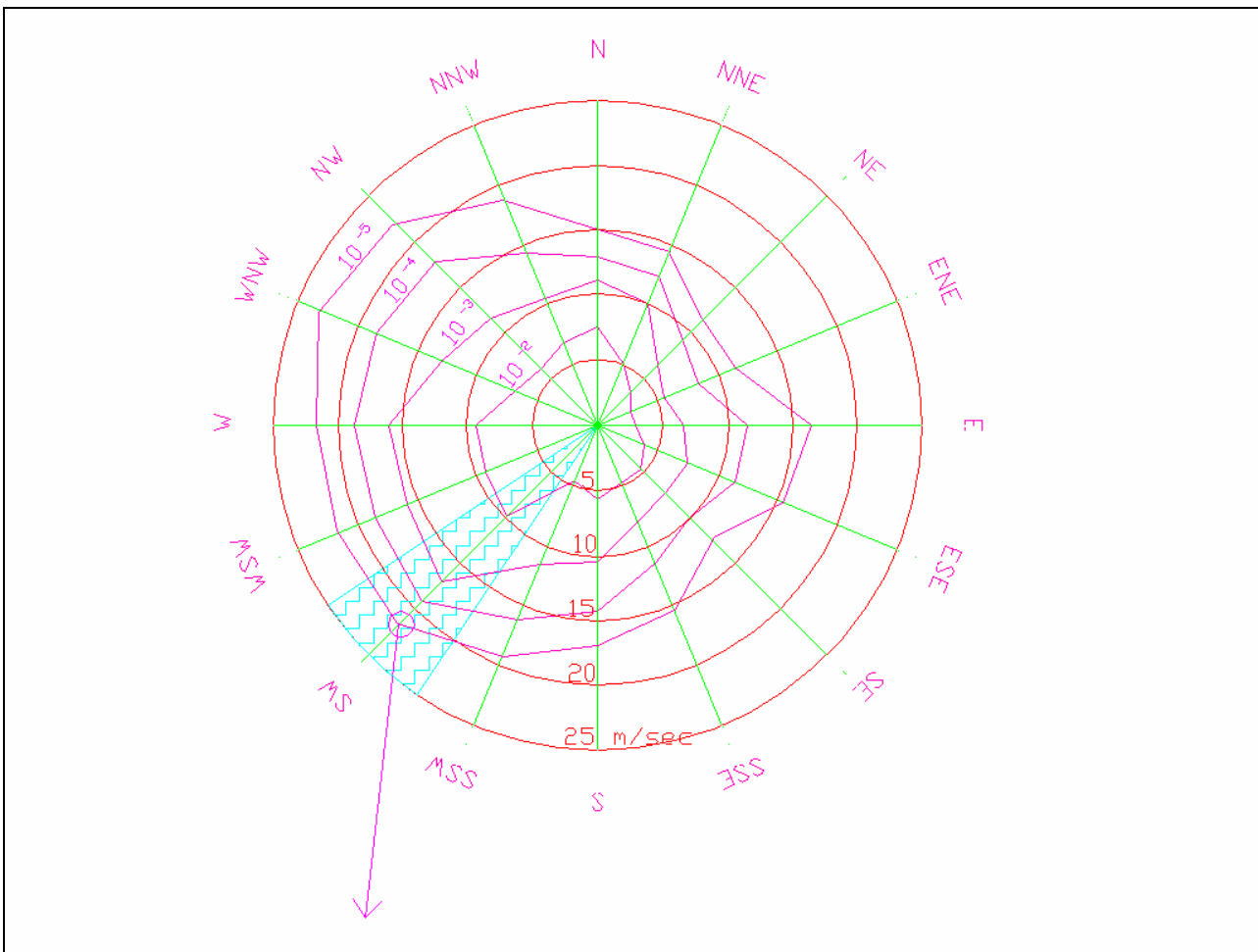
כ-94% מהרוחות העריות מתרחשות בין נובמבר עד מרץ ועד בכל,
כ-60% מהרוחות החזקות מתרחשות בחודשים ינואר ופברואר.

השכיחות השנתית הכיוונית של הרוח בחוף אשדוד לתקופה 1992-1995 מוצגת בטבלה מס' 1 ובטבלה 2 מוצגת ההסתברות הכיוונית של הרוחות על פי אותו בסיס נתונים.

השכיחות השנתית הכיוונית של הרוח בים מול חדרה לתקופה 1995-1997 מוצגת בטבלה מס' 3 ובטבלה 4 מוצגת ההסתברות הכיוונית של הרוחות על פי אותו בסיס נתונים.

השכיחות השנתית הכיוונית של הרוח בחוף תל-אביב (שדה דב) לתקופה 01/1971-10/1997 מוצגת בטבלה מס' 5 ובטבלה 6 מוצגת ההסתברות הכיוונית של הרוחות על פי אותו בסיס נתונים.

התפלגות השכיחות הכיוונית ושל הסתברות הכיוונית מעל ערך נתון של הרוחות מוצגת גם בצורה גרפית כדלקמן:
על בסיס נתוני אשדוד לתקופה 1958-1970 בציר 2 בעמוד הבא, ועבור התקופה 03/1992-02/1995 על סמך נתונים מאשדוד בצירים 9 ו-10, על בסיס נתוני חדרה לתקופה 1995-1997 בצירים 11 ו-12, ועל בסיס נתוני תל-אביב לתקופה 1971-1995 בצירים 13 ו-14. השואה בין השכיחויות בים בחדרה לעומת השכיחויות בחוף בתל-אביב מוצגת בציר 15. על פי אלה ניתן לציין כי אקלים הרוחות בים מצביע על מהירויות רוח גדולות מאלה הנמדדים בחוף, דבר הידוע גם ממחקרים שבוצעו במקומות אחרים בעולם. כמו כן, על בסיס השואה בין אקלים הרוחות בחדרה בים, לבין אלה שנמדדו בחוף באתרים היותר דרומיים, יש לציין כי בתחנה הימית נמדד תחום רחב יותר של כיווני רוחות חזקות. כמו כן, ראוי להזכיר כי הנתונים החדשים מאשדוד ותל-אביב שמכסים התקופה של פברואר 1992 לא מצבעים על שום רוחות בעלי מהירויות קיצוניות. אף על פי כן, ידוע כי בתקופה 4-6 בפברואר 1992 אירעו מצבים עם מהירות רוח מעל 50 קשר.



הערות:

1. הנקודה המסומנת על קו סגול זה מייצגת מהירות רוח ממוצעת שצפוי כי עוצמות רוחות גדולות ממנה תרחשו באחוז הזמן המצוינת ($10E5$ -) מכיוונים בתחום פלח כיווני של 22.5 מעלות, הממורכז בנקודה זאת. עבור הפלח המסומן בצבע תכלת, מהירות הרוח הינה 21.5 מ'שניה.
2. קווי ההסתברות של $P(>V)$ במרווח של 22.5 מעלות נתקבלו מתוך ניתוח כל תצפיות וקטורי הרוח שנמדדו בחוף אשדוד ברום 10 מ' מעל פני הקרקע בתקופה 1958-1970, ותואמו בעזרת התפלגות וויבול.

ציור מס' 2 - סטטיסטיקת מצבי רוחות קיצוניים בחוף אשדוד על בסיס ערכים שעתיים ממוצעים בתקופה 1958-1970

בנוסף למידע על המתרחש בקרבת החוף הישראלי, לשם השלמת המידע הסטטיסטי במימי החופין של ישראל בים התיכון במרחקים גדולים יותר מהחוף, מצורף מידע סטטיסטי של השכיחות הכיוונית השנתית והעונתית הממוצעת באגן המזרחי של הים התיכון המבוסס עבודתם של Bales et al. (1981). מידע זה מוצג בציורים 16 עד 20 המשלבים גם מידע גרפי וגם מידע מספרי-טבולרי. ואולם, יש לשים לב כי המידע ששימש להכנת האפיון הסטטיסטי שם נאסף על פני תא שטח גדול מאוד יחסית לגודל מימי החופין של ישראל, ולכן יכול לשמש רק כאינדיקטור למגמות שתתכנה במרחקים גדולים מהחוף הישראלי.

2.3.1 מקורות היוצרות הגלים בחוף הים התיכון של ישראל

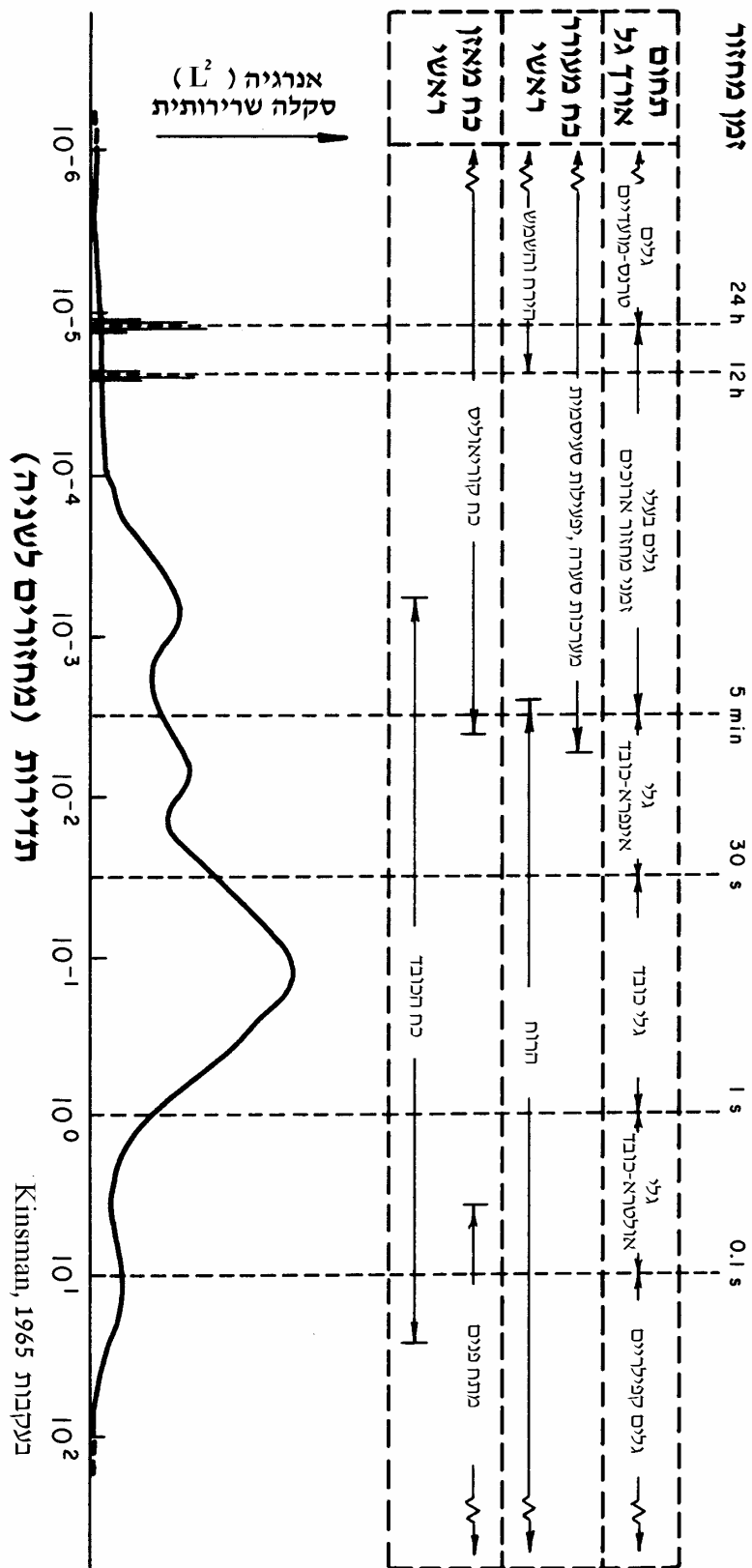
תופעת התפתחות הגלים בפני הים נגרמת ע"י גורמי סביבה שונים. הגלים העיקריים המשפיעים על התהליכים המתרחשים באזור החוף הם גלי הרוח, אך קיימים גלים נוספים בעלי השפעה על המתרחש באזור החוף, כגון גלים מועדי הים, וגלים המתפתחים בעקבות רעידות אדמה (צונמי). בציור מס' 3 מתוארת התפלגות מקורבת של אנרגיית הגלים בפני הים על פי זמן המחזור (המגדיר את אורך הגל), ועל פי סוג הכוח המעורר הראשי והכוח המאזן הראשי.

בהמשך אנו נתייחס בעיקר לגלי רוח התוקפים את אזור החוף של ישראל. גלים אלה מאופיינים ע"י גובה הגל (המדוד בין שפל הגל לשיא הגל), זמן המחזור של הגל (משך הזמן הדרוש למעבר שני שיאים עוקבים של גלים זהים דרך נקודה קבועה), וכיוון ההתקדמות של הגל. המרחק בין שני שיאים של גלים נקרא אורך הגל ומהירות התקדמות הגל (הנקראת חפזות הגל- celerity) מוגדרת ע"י היחס בין אורך הגל וזמן המחזור. כללית ניתן למיין את הגלים לפי מיקום הגלים ביחס למיקום הווצרותם ע"י פעולת נשיבת הרוח על פני המים. כאשר הגלים המתפתחים נעים בתוך אזור היצירה הם נקראים גלי רוח (sea waves) שאופייניהם (זמן המחזור, גובה הגל וכיוון ההתקדמות של הגל) תלויים במשך הזמן של נשיבת הרוחות, בעוצמת הרוחות ובאורך התחום של נשיבת הרוח (fetch), וכיווניהם יהיו בכיווני תנועה בטווח של $\pm 90^\circ$ לכיוון נשיבת הרוח.

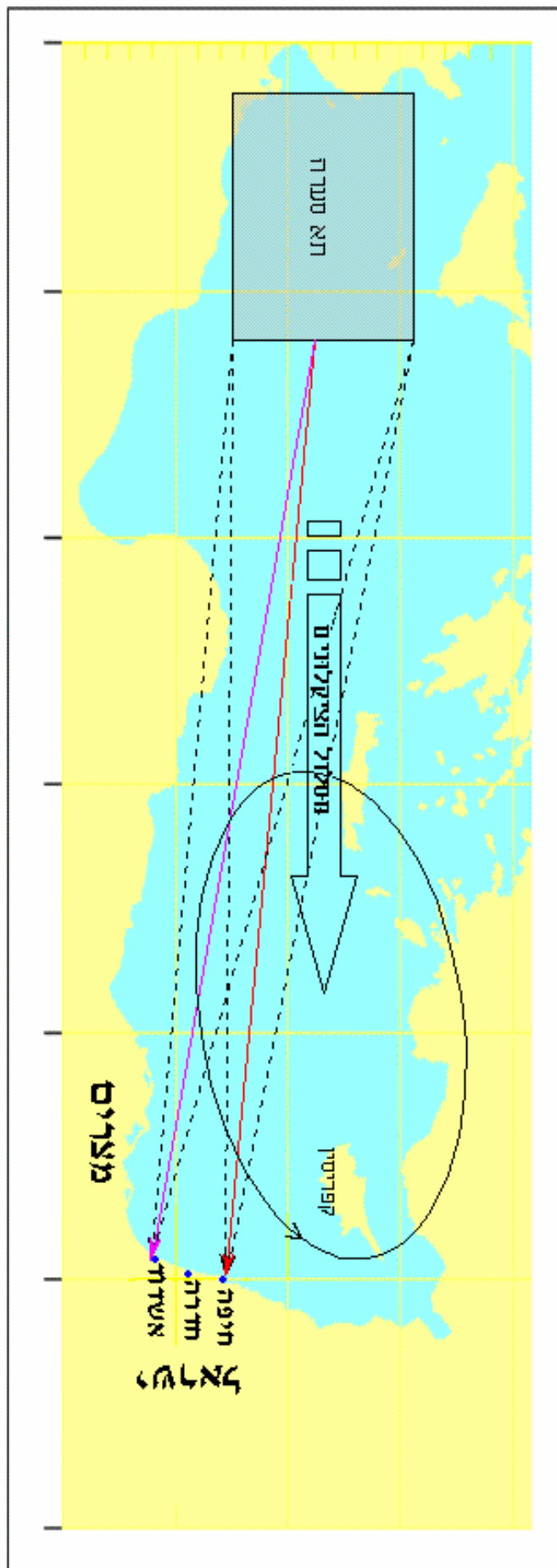
כאשר הגלים מתקדמים אל תחומים שמחוץ לאזור בו נוצרו, מתחילה הפרדה בין הגלים בעלי זמני המחזור השונים. הגלים בעלי זמני המחזור הארוכים יותר נעים במהירות גבוהה יותר מהגלים הקצרים יותר. לכן, במרחק מסוים מאזור היצירה שבו נושבת הרוח, ניתן יהיה להבחין בגלים בעלי חזיתות ארוכים וזמני מחזור ארוכים המתקדמים אל כיוון החופים למרות שאין שם רוחות מקומיות. גלים אלה נקראים גלי גיבוע (swell). הגלים נעים בים לכיוון החופים מבלי לשנות את הערכים של האופייניים שלהם, כל עוד המים עמוקים דיים כך שלא תורגש השפעת הקרקעית. כאשר הגלים מתקרבים לחופים הם מתחילים "להרגיש" את הקרקעית ומאותו רגע מתחילים לשנות את אופייניהם כפי שיתואר מאוחר יותר.

גלי הרוח המגיעים אל החוף הישראלי נוצרים באגן הים התיכון ע"י הרוחות הנושבות. משטר הרוחות מכתוב לכן את האופייניים של גלי הרוח. כפי שלמדנו בפרק הרוח, בעונת החורף מזג האוויר נשלט ע"י מעבר מערכות ציקלוניות הנעות ממערב למזרח, כמסומן בציור 4. במערכות אלה כיוון הרוח הינה נגד כיוון השעון במשיק לקווי האיזוברים. מעבר הציקלונים גורם למצבים מאד בלתי יציבים. כפי שרואים בציור 4, אורך משב הרוח המרבי הינו בכיוון מערב ולכן זה הכיוון ממנו מתקבלים הגלים הגבוהים ביותר. הציקלונים נעים יחסית לאט, ונדרשים לרוב מספר ימים לנוע באגן המזרחי של הים התיכון. לעיתים, הציקלונים נשארים ללא תנועה במשך יום או יומיים באזור קפריסין. במצבים כאלה מתקבלים מצבי רוחות הנושבים מכיוונים מערביים במשך זמן רב יחסית, דבר המחולל התפתחות גלים גבוהים בחוף הישראלי בים התיכון. מעבר הציקלונים מתרחש גם באביב ובסתיו, אך באביב עוצמת השקעים יורדת הדרגתית מתנאי חורף לתנאי הקיץ, והפוך בסתיו.

מכיוון שהגלים שנוצרו בתא סערה מסוים נעים בכיוונים שונים, הגלים המתקרבים למקום מסוים יהיו רק גלים ממרווח כיוונים מסוים. לכן, כפי שמתואר בציור 4, הכיוון הממוצע של הגלים במים עמוקים בקרבת החוף יהיה שונה לאורך החוף.



ציור מס' 3 - התפלגות מקורבת של אנרגיית הגלים בפני הים (מראה את מיון הגלים לפי אורך הגל, הכח המעורר הראשי והכח המאזן הראשי)



ציור 4

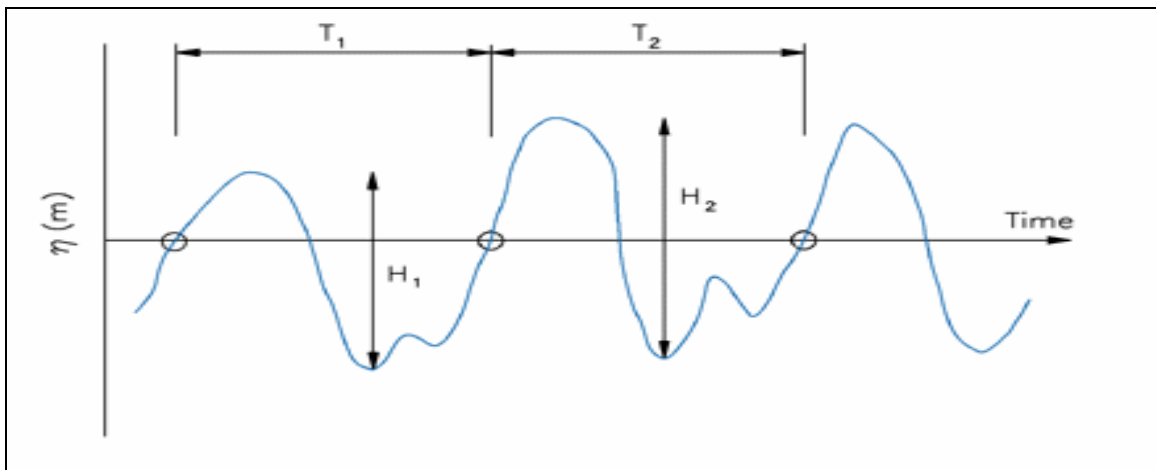
מסלול תנועת הציקלונים בסערות החורף ושינוי כיוון הגלים הבו-זמני לאורך החוף הישראלי

2.3.2 הגדרת מונחים ואפיוני גלים

ניתן לסווג את גלי הרוח לשלוש קבוצות, על פי טווח הזמן בו מעוניינים לבחון את השפעות הגלים: (א) טווח זמן קצר, (ב) טווח זמן ארוך ו-(ג) טווח זמן קיצוני. בטווח הזמן הקצר עוקבים אחר הקשרים בין הגלים השונים המתקיימים במשך זמן קצר, ע"י בחינת הקשרים בין הפרמטרים המאפיינים כל מצב ים בטווח זמן קצר. השתנות פרמטרים אלה במשך ימים, חודשים ושנתית נתונה ע"י אפיון מצב הים לטווח זמן ארוך, והשתנות פרמטרים אלה בטווח זמן של שנים רבות עד מאות (ואפילו אלפי שנים ניתנת ע"י האפיון לטווח זמן קיצוני).

2.3.3 אפיוני גלים לטווח זמן קצר ואפיונם למימי החופין של ישראל בים התיכון

טווח הזמן הקצר מתאר את הקשרים בין גלים שונים במשך זמן קצר (ראה ציור 5) בסדר גודל של דקות עד שעות בודדות, בהם ניתן לראות את מצב הגלים בים (מצב הים) כאילו היה תמידי (quasi-stationary). במצב זה ניתן להתייחס לתכונות הגלים ולקשרים בין הגלים הבודדים. ניתן להראות שבבחינה סטטיסטית דטרמיניסטית, גובה הגלים השונים עוקב אחר פרוס Rayleigh הקושר בין גובהי הגלים השונים על פי הסתברות הופעתם. לפיכך, מספיקה ידיעת ערך גובה הגל הממוצע ומספר הגלים במשך מצב ים תמידי-כביכול על מנת לחשב את גובה הגל בעל הסתברות הופעה כלשהיא. אולם, מקובל להשתמש בגובה גל אחר הקרוי גובה גל משמעותי (significant wave height) המייצג את גובה הגל השקול לגובה ממוצע שליש הגלים הגבוהים במצב ים תמידי כביכול נתון. מקובל לסמן גובה זה בסימון H_s או $H_{1/3}$.



ציור מס' 5 - פרוק רישום גלים לגלים בודדים בשיטת חיתוך קו האפס כלפי מעלה. ערכי זמני המחזור T ושל הגבהים H של הגלים שמזוהים בשיטה זאת מסומנים בציור.

לפי פרוס ראלי, התפלגות גובהי הגלים במצב תמידי כביכול נתונה ע"י הנוסחה:

$$R(H) = 1 - \exp \left(-2 \left(\frac{H}{H_s} \right)^2 \right) \quad [1]$$

כאשר $R(H)$ הינה ההסתברות של אי-התהוות גל העולה על גובה H נתון, ו- H_s הוא גובה הגל המשמעותי. על בסיס פרוס זה ניתן להראות כי עבור מצב ים נתון המאופיין ע"י H_s מסוים, גובה הגל המרבי תלוי ב- H_s ובמספר הגלים N באותו מצב ים תמידי כביכול ונתון בקרוב ע"י הנוסחה:

$$H_{max} = H_s \sqrt{\frac{\ln N}{2}} \quad [2]$$

במציאות פני הים הרגועים אינם מוגדרים על-ידי גל בודד, אלא ע"י תערובת של גלים שונים. פני הים במצב זה יוצרים מצב ים אקראי הניתן לתיאור מקורב ע"י סופרפוזיציה של אינסוף גלים בעלי גבהים אינפיניטסימליים ובעלי זמני מחזור שונים והנעים בכיוונים שונים. לפיכך, דרך אחרת של אפיון מצב ים כלשהו הינה ע"י התיאור הספקטרלי, במישור התדר, בניגוד לתיאור הקודם שהיה במישור הזמן. ספקטרום אנרגיית הגלים מתאר את התפלגות אנרגיית הגלים על פי תדירויות הגלים (התדירות היא אחד חלקי זמן המחזור), וכיווני ההתקדמות של הגלים. מרבית התכונות הסטטיסטיות של פני הים ניתנים לתיאור ע"י ספקטרום הגלים והמומנטים שלו, כאשר המומנט מסדר ה-n שלו נתון ע"י הנוסחה:

$$m_n = \int_0^{\infty} f^n S(\varphi) df \quad [3]$$

צורת ספקטרום הגלים יכולה לשמש לאפיון הגלים. המאפיינים המקובלים הינם גובה הגל המשמעותי (characteristic wave height) שמקובל לסמנו בסימון H_{m0} , וזהה בקרוב טוב מאד לגובה הגל המשמעותי (לא במים רדודים - ראה בהמשך), זמן מחזור שיא הספקטרום (זמן המחזור של הגלים בעלי עיקר האנרגיה באותו מצב ים), וכיוון הממוצע של הגלים. גובה הגל המשמעותי ניתנת לחישוב ע"י הנוסחה:

$$H_s = 4\sqrt{m_0} \quad [4]$$

כאשר m_0 הוא המומנט מסדר 0 של הספקטרום. זמן המחזור הממוצע T_{02} נתון בניתוח ספקטרי בקרוב ע"י הנוסחה:

$$T_{02} = \sqrt{\frac{m_0}{m_2}} \quad [5]$$

קיימות מספר צורות הספקטרליות המקובלות לתיאור גלי הרוח מבחינה אנרגטית, אך שתי הצורות המקובלות ביותר לתיאור גלי הרוח הינם צורת פירוס Pierson-Moscovitz, המקובלת לתיאור מצב של ים מפותח מלא וצורת JONSWAP המאפיינת בעיקר מצבי סערה, בעיקר בקרבת חופים. צורות אלה מוצגות בצירור מס' 6. ספקטרום הגלים $S(f)$ לפי פרוס Pierson-Moscovitz נתון לפי הנוסחה דלהלן:

$$S(f) = \frac{\alpha g^2}{(2\pi)^4 f^5} \exp\left[-0.74\left(\frac{g}{2\pi U}\right)^4 f^{-4}\right] \quad [6]$$

כאשר f הוא תדר הגל, g היא תאוצת הכובד, U מהירות הרוח, ו- α הוא הקבוע של Phillips ושוה ל- 8.1×10^{-3} . ספקטרום הגלים $S(f)$ לפי פרוס JONSWAP נתון לפי הנוסחה דלהלן:

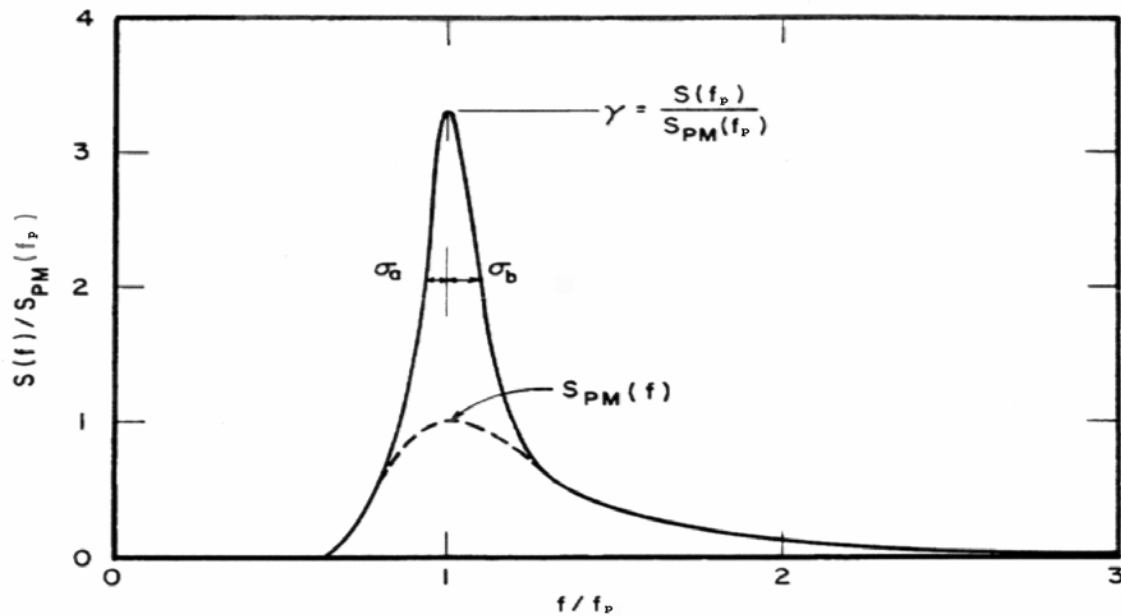
$$S(f) = \frac{\alpha g^2}{(2\pi)^4 f^5} \exp\left[-\frac{5}{4}\left(\frac{f}{f_p}\right)^{-4}\right] \gamma \exp\left[-\frac{(f-f_p)^2}{2\sigma^2 f_p^2}\right] \quad [7]$$

כאשר f_p הוא תדר שיא הספקטרום, α הוא הקבוע של Phillips אך נתון כעת כתלות באורך משב הרוח F ע"י הנוסחה:

$$\alpha = 0.66 \left(\frac{gF}{U^2}\right)^{0.22} \quad [8]$$

γ הוא יחס הערך המרבי של שיא הספקטרום ביחס לשיא הספקטרום בפרוס Pierson-Moscovitz ו- σ מוגדר ע"י:

$$\sigma = \begin{cases} \sigma_a = 0.07 & \text{for } f \leq f_p \\ \sigma_b = 0.09 & \text{for } f > f_p \end{cases} \quad [9]$$



ציור מס' 6 - השוואה בין ספקטרום JONSWAP וספקטרום Pierson-Moscovitz

על פי ניתוחים של מדידות גלים בחופי ישראל באשדוד, חדרה וחיפה, נמצא כי פרוס ראיילי טופס בדרך כלל עבור הגלים שנמדדו ולכן כל עוד המדובר בגלים בתחום מים עמוקים או תחום ביניים ניתן להשתמש בהנחת פרוס ראיילי לתיאור הקשר בין הגלים של מצב ים נתון. כמו כן נמצא כי הצורות הספקטרליות יכולות להיות שונות במידה משמעותית מהצורה בעלת שיא יחיד של פירסון-מוסקוביץ, ובמקרים לא מעטים התקבלו ספקטרה עם יותר משיא אחד, דבר שהצביע על שילוב של יותר ממערכת גלים אחת (למשל גלי רוח מקומיים יחד עם גלי גיבוע או שתי מערכות גלים הנעות בכיוונים ממוצעים שונים). בחינה של ספקטרה בזמן מספר סערות גדולות יחסית הצביע על צורה ספקטרלית הקרובה יותר לצורת JONSWAP, אך עם פרמטר γ קטן יותר. יחד עם זאת, לא קיים ככל הידוע לנו ניתוח סטטיסטי מקיף של אופייני הצורות הספקטרליות בחוף הישראלי בים התיכון על פי רמות אנרגיית הגלים והעונתיות.

כמו כן, עדיין לא בוצע מחקר סטטיסטי לבחינת הספקטרום הכיווני של גלי הים בחוף הישראלי, מאחר שאמצעי המדידה מבוססים על מדידה בנקודה אחת, דבר שלמעשה לא מאפשר תיאור מהימן של הספקטרום הכיווני של הגלים אלא רק את הכיוון העיקרי, הכיוון הממוצע והתחום ממנו מתקרבים הגלים בעלי זמני מחזור שונים. באולם מקובל להשתמש בתיאור ההתפלגות הכיוונית של הגלים בים במים עמוקים בהתבסס על הקשר המתואר בנוסחה הבאה:

$$S(f, \theta) = S(f) \cdot G(f, \theta) \quad [10]$$

כאשר $G(f, \theta)$ הינה פונקציה של הפיזור הכיווני. הצורה המקובלת כיום כמתארת בקרוב טוב את ההתפלגות הכיוונית של הגלים לטווח זמן קצר היא הנוסחה שהוצעה ע"י Mitsuyasu והמוצגת להלן:

$$G(f, \theta) = C(s) \cos^{2s} \left[\frac{1}{2} (\theta - \bar{\theta}) \right] \quad [11]$$

כאשר θ הוא כיוון גל כלשהו ביחס לכיוון הממוצע ו- $\bar{\theta}$ הוא הכיוון הממוצע ושוה לאפס ו- $C(s)$ היא פונקצית נירמול הנתונה ע"י הנוסחה:

$$C(s) = \frac{1}{2\sqrt{\pi}} \cdot \frac{\Gamma(s+1)}{\Gamma(s+0.5)} \quad [12]$$

כאשר Γ היא הפונקציה גאמה.

א. הגדרת מונחים וקשרים סטטיסטיים

לטווח זמן ארוך אקלים הגלים מאופיין ע"י פונקציית ההסתברות המשותפת של הגובה המשמעותי של הגלים, זמן המחזור של שיא הספקטרום או זמן המחזור הממוצע וכיוון הגלים הממוצע או של הגלים בשיא הספקטרום. ניתוחים של מדידות גלים בעולם וגם בחופי ישראל הראו כי ההתפלגות של גובהי הגלים לטווח זמן ארוך ניתן בקרוב טוב ע"י הנחת פרוס Weibull המתואר ע"י הנוסחה הבאה:

$$P(H_s) = 1 - \exp \left[- \left(\frac{H_s - H_o}{H_c - H_o} \right)^\beta \right] \quad [13]$$

כאשר H_c, H_o ו- β הם פרמטרים שנקבעים על בסיס נתוני הגלים באתר כלשהו.

ב. מקורות מידע על אופייני הגלים

בסיס המידע על אופייני הגלים בחוף הישראלי הוא בנק נתוני הגלים שנמדדו בחופי ישראל מאז שנות החמישים המצוי בחקר ימים ואגמים לישראל. עיקר המידע לטווח זמן ארוך מבוסס על מדידות גלים שבוצעו בחוף אשדוד מאז 1958, ובמשך תקופות קצרות יותר בחופי אשקלון, תל-אביב, חדרה וחיפה. כמו כן קיימות סטטיסטיקות של אופייני הגלים כפי שנמדדו מספינות ועובדו ע"י הצי האמריקאי בים התיכון, ששימשו לאימות מידע.

שיטות מדידת אופייני הגלים השתכללו במהלך השנים. עד שנות השישים של המאה, נתוני הגלים התבססו על תצפיות עין של גובה הגל, זמן המחזור וכיוון ההתקרבות.

בין השנים 1958 עד 1971 נמדדו הגלים באשדוד ע"י תצפיות עין בעזרת משקפת וסרגל גובה. המדידה כללה רישום שלוש פעמים ביממה בשעות האור של גובה שיא המישבר המרבי מעל האופק, שנצפה במשך 10 דקות בקרוב. כמו כן נמדד זמן המחזור הממוצע על בסיס ספירת 10 גלים, ונצפה כיוון הגלים ע"י צפייה במשקפת וייחוס לצפון של מצפן דינמי. על בסיס ההנחה כי השיא שנמדד מהווה כ-75% מגובה המישבר המרבי, חושב גובה גל המישבר המרבי, ובהתבסס על הנחות שונות וקשרים אמפיריים שנקבעו במחקרים שפורסמו בספרות חושבו אופייני הגלים במים עמוקים. מובן כי שיטה זאת לא מדויקת, במיוחד בנוגע לכיוון הגלים, אך למרות זאת תכנון מזח הפחם בחדרה התבסס על הנתונים המעובדים על בסיס הנתונים הגולמיים הנ"ל והניסיון מוכיח כי אפיון משטר הגלים היה משביע רצון.

בין 1973 ל-1975 בוצעו מדידות הגלים באשדוד ע"י מדידת גובה הגל המרבי ע"י צפייה למוט אנכי שהוצב באשדוד בקו עומק מים של 12 מ', כאשר זמן המחזור והכיוון נקבעו כמקודם.

בתחילת שנות השבעים פותח מד גלים צף רוכב גלים (waverider) ע"י חברת Datawell, אשר רשם על ניר את שינוי פני הים ואפשר ע"י כך למדוד את גובה וזמן המחזור של הגלים למשך זמן קצר, לרוב במשך 20 דקות אחת לשלוש שעות. מכשיר זה הפך לנפוץ והוצב לראשונה בארץ בחיפה ב-1974 למשך מספר חודשים בקשר לתכנון הרחבת נמל חיפה. ב-1976 הועבר לאשדוד ופעל שם עד 1978 עם הפסקות. ב-1978 הועבר מול חוף חדרה למשך שנה בקשר לתכנון מזח הפחם בחדרה, ומאז 1979 הוצב מול חוף אשדוד בעומק מים של 20 מ' בקרוב, מצפון לנמל. מכשיר זה עדיין לא אפשר למדוד בעזרת מכשור בצורה אמינה את כיוון הגלים, שנקבע בצורה ויזואלית תוך העזרות במשקפת ומצפן. כמו כן עד 1978 כל מדידות הגלים היו על-ידי רישום נייר, דבר שלא אפשר ניתוח מתוחכם של נתוני הגלים לקביעה מדויקת של ערכי הגובה המשמעותי או האופייני ושל זמני המחזור ובחינת הצורות הספקטרליות. החל מ-1978 הגלים נרשמו על סרטים מגנטיים ועובדו במחשב דבר שאפשר לבחון בצורה מהימנה את האופיינים של הגלים לטווח זמן קצר וארוך. באפריל 1992 הוצב מד-גלים כיווני צף במקום מד הגלים הלא כיווני בעומק מים של 24 מ' מצפון לנמל אשדוד, שפועל עד היום.

אתר נוסף שנמדדו בו אופייני הגלים היה חוף תל-אביב, בו בוצעו תצפיות ויזואליות של הגלים בשנות השישים והשבעים למשך תקופות קצרות (שנה בין 1962 ל-1963, ומספר חודשים בתקופה 1971-1972).

אתר נוסף בו בוצע מדידת גלים ויזואלית בייחוס למוט שהוצב בעומק מים של 10 מ' בוצעה גם בחדרה במשך למעלה משנה בין 1974 ו-1975, במקביל למדידות שבוצעו באשדוד. ניתוח שפורסם ב-1977 הצביע על קיום כיווני גלים שונים בו-זמניים במים עמוקים באשדוד וחדרה. מאז 1979 הוחל בביצוע מדידות גלים בעזרת מד גלים צף לא כיווני ליד מזח הפחם בחדרה, כאשר עד 1982 המדידות נרשמו על סרטים מגנטיים ועובדו בצורה מסודרת. מאז ועד סוף שנות השמונים המדידות נרשמו רק על סרטי נייר ורק בתחילת שנות התשעים הוחל ברישום מסודר מחדש של מדידות הגלים על מדיה מגנטית, אך ככל הידוע עד היום נתונים אלה לא מעובדים עיבודים ספקטראליים.

מאז סוף 1991 הציבה חקר ימים ואגמים לישראל תחנת מעקב מתוחכמת בקצה המזרח בחדרה למעקב אחר שינויים במפלס הים לטווח ארוך. ציוד התחנה מאפשר ומוודד בין היתר גם את אופייני הגלים הכיווניים לטווח זמן קצר במשך 17 דקות מדי שעה ברציפות בעזרת מד לחץ מאד מדויק ורגיש בשילוב מד-זרם כיווני ניח. בעזרת ציוד זה מתאפשרת מדידת גלים בעלי זמני מחזור העולים על 20 שניות, תחום בו מדי הגלים הצפים אינם מודדים בגלל בעיות תדירות עצמית. במקביל למידות הנ"ל מתקלים נתונים של מפלס הים הממוצע על פני מחצית דקה, כל הצי דקה ברציפות לאורך השנים, מלבד בעת הפסקות תחזוקה או תקלות. נתונים אלה מספקים מידע מלבד על מפלס הים גם על גלים בתחומי זמני מחזור של דקה ומעלה, אשר לא ניתנים למדידה ע"י מדי הגלים הצפים.

אתר נוסף בו נמדדו אופייני הגלים בצורה אינסטרומנטלית הוא חוף אשקלון. בין 1983 ל-1989 בוצעו מדידות של גלים במים רדודים בעזרת מערכת מדי לחץ CAS שפותחה ע"י מכון Scripps. בין 1992 ל-1994 בוצעו מדידות גלים בעומק מים של 27 מ' מצפון למעגן קצא"א בעזרת מערכת זהה למערכת המוצבת בחדרה.

האתר האחרון בו ישנו מידע אינסטרומנטלי הוא חיפה (למעשה במספר מיקומים). כפי שנאמר מקודם, בשנת 1974 בוצע מדידה במשך חודש או חודשיים של הגלים במפרץ חיפה ובוצעו תצפיות ויזואליות במשך כשנה אחת בסוף שנות השבעים. בין 1982 עד 1991 בוצעו מדידות גלים כיווניות במים רדודים בחוף דדו, אך בגלל ההפסקות עקב פגיעה בציוד ישנם כחמש שנות מדידה של גלים, במקבצים של 34 דקות ארבע פעמים ביממה.

ב-1989 הוצב ע"י רשות הנמלים מד גלים צף לא כיווני בעומק 20 מ' מול חוף דדו-דרום, שהוצא לקראת סוף אותה שנה.

מאז סוף 1993 רשות הנמלים רכשה מד גלים צף כיווני זהה למכשיר מאשדוד ומבצעת מדידות גלים כיווניות בקו עומק 24 מ' מול נמל חיפה, בעזרת המכון לחקר הנדסה ימית, בהקשר לתכנון הרחבת הנמל. כמו כן, בהזמנת רשות הנמלים ובשילוב ציוד רשות הנמלים וציוד חקר ימים ואגמים לישראל (חיא"ל) נמדדים ומעובדים ע"י חיא"ל אופייני הגלים הקצרים (כולל כיוון) והארוכים ליד ראש שובר הגלים של נמל חיפה ובתוך הנמל (ללא כיוון) מאז 1994 ועד היום.

בנוסף לנתונים הנ"ל קיימים עוד נתונים המבוססים על תצפיות עין במשך זמן קצר בנהריה, ושנת מדידה של נתונים בעזרת מד גלים צף לא כיווני מול חוף קטיף ב-1981.

כמו כן, כיום מתחילים להיות זמינים נתוני גלים שנמדדו בעזרת לווניס מאז 1987, אשר מסתבר כמאפשרים אומדן די טוב של גובה הגל המשמעותי ושל זמן המחזור במקרה של גלי גיבוע (זמני מחזור מעל 8 שניות) אך עדיין לא מדייקים במדידת כיוון הגלים.

לאלה, מצטרפת קבוצה חדשה של נתונים המחושבים בעזרת מודלים ספרתיים אזוריים לחיזוי גלים, על בסיס נתוני מפות סינופטיות שנאגרו במרכזי חיזוי מטאורולוגי באנגליה, צרפת וארה"ב.

באפיון משטר הגלים בחוף הים הישראלי לא נעשה שימוש בבסיסי נתונים משני המקורות האחרונים, אלא בעיקר על בסיס נתוני הגלים הכיווניים מחיפה, חדרה ואשדוד מאז אפריל 1992, ולאפיונים מצבי ים קיצוניים גם על הנתונים הישנים יותר מאשדוד וחדרה.

ג. משטר הגלים לטווח זמן ארוך בחופי ישראל בים התיכון

משטר הגלים בחופי ישראל בים התיכון במים עמוקים מוצג בטבלאות שכיחות משותפת בנפרד על בסיס נתוני אשדוד בחלוקה שנתית ועונתית. יצוין כי מאחר ובסיס נתוני הגלים מאשדוד הוא הגדול ביותר הן לנתוני גלים כיווניים וכן לנתונים במשך זמן ארוך, ראוי להשתמש בבסיס נתוני הגלים מאשדוד כל עוד לא משתמשים בכיווני הגלים. השוני בין אזור אשדוד ואזורים צפוניים יותר מתבטא בעיקר בשינוי כיוון כפי שהוסבר מקודם, שהינו כ-10 עד 15 מעלות מערבי יותר ככל שמצפינים בזמן מצבי ים שקטים עד כ-5 מ', וקטן לכדי 3 עד 5 מעלות בזמן סערות חזקות מערביות עם גלים מעל 5 מ' גובה משמעותי בים עמוק. חלק מהנתונים מוצג גם באופן גרפי להמחשה. להלן רשימה של הנתונים המוצגים בטבלאות ובגרפים:

טבלאות

טבלאות שכיחות משותפת של הגובה המשמעותי של הגל כנגד אזימות כיוון הגלים מול אשדוד, עבור התקופה אפריל 1992 עד מרץ 1998 מוצגות כלהלן: בטבלה מס' 7 עבור עונת הקיץ (7 חודשים), בטבלה 8 עבור עונת החורף (5 חודשים) ובטבלה 9 עבור כל השנה.

טבלאות שכיחות משותפת של הגובה המשמעותי של הגל כנגד זמן המחזור של שיא ספקטרום הגלים מול אשדוד עבור התקופה אפריל 1992 עד מרץ 1998 מוצגות כלהלן: בטבלה מס' 10 עבור עונת הקיץ (7 חודשים), בטבלה 11 עבור עונת החורף (5 חודשים) ובטבלה 12 עבור כל השנה.

טבלאות שכיחות משותפת של זמן המחזור של שיא ספקטרום הגלים כנגד אזימות כיוון הגלים מול אשדוד עבור

התקופה אפריל 1992 עד מרץ 1998 מוצגות כלהלן: בטבלה מס' 13 עבור עונת הקיץ (7 חודשים), בטבלה 14 עבור עונת החורף (5 חודשים) ובטבלה 15 עבור כל השנה.

ציורים

על בסיס נתוני אשדוד לתקופה הנ"ל, שכיחות כל גבהי הגלים המשמעותיים מוצגת גרפית בציור 21, שכיחות כל זמני המחזור של השיא הספקטרי מוצגת בציור 22 ושל כל הכיוונים של הגלים בציור 23.

השוואה של שכיחות גובה הגל המשמעותי שנתקבלו מנתוני אשדוד, חדרה וחיפה מוצגת בציור מס' 24.

השוואה של שכיחות זמני המחזור של שיא הספקטרום שנתקבלו מנתוני אשדוד, חדרה וחיפה מוצגת בציור מס' 25.

השוואה של שכיחות כיווני הגלים במים עמוקים שנתקבלו מנתוני אשדוד, חדרה וחיפה, עבור כל הגלים מוצגת בציור מס' 26, ובציור מס' 27 מוצגת השוואה של שכיחות כיווני הגלים בעלי גובה משמעותי במים עמוקים העולה על 4 מ' שנתקבלו מנתוני אשדוד, חדרה וחיפה, עבור כל הגלים. מהממצאים הנ"ל ניתן לראות את שינוי כיוון הגלים לאורך החוף של ישראל בים התיכון.

בהכללה ניתן לומר כי משטר הגלים הבו-זמני לאורך החופים די אחיד מבחינת גובה גל משמעותי וזמן מחזור שיא הספקטרום, כאשר מדובר בגלים מעל 2 מ' גובה משמעותי. במצבי ים שקטים יותר ישנו לעיתים שוני בגלל מצבי רוחות מקומיות. במצבים כאלה יש השפעה ניכרת של הבריזה על כיוון ועוצמת הגלים במשך היממה. תופעה היוצרת שוני דווקא במצבי ים שקטים מתרחשת בסוף הסתיו כאשר באזור מפרץ חיפה נושבות רוחות מזרחיות, תופעה שכמעט שאינה מורגשת במקומות אחרים. בזמן נשיבת הרוחות המזרחיות עולה גובה הגלים ככל שמתרחקים מהחוף. מאידך, בזמן מצבי סערה ישנו גידול קטן בגובה הגל המשמעותי במים עמוקים ככל שמצפינים לאורך החוף הישראלי. מבחינת כיוון הגלים, הרי שהוא משתנה במים עמוקים מדרום לצפון לאורך החוף כמסביר לעיל.

על בסיס המידע הנ"ל ניתן לסכם את הממצאים הבאים:

שכיחות ממוצעת של גלים משמעותיים במים עמוקים מול אשדוד (על בסיס תקופת 1958-1975):

מזמן 50%	מזמן 50%	מזמן 50%	מזמן 50%
מזמן 25%	מזמן 25%	מזמן 25%	מזמן 25%
מזמן 20%	מזמן 20%	מזמן 20%	מזמן 20%
מזמן 5%	מזמן 5%	מזמן 5%	מזמן 5%

שכיחות ממוצעת של גלים משמעותיים במים עמוקים מול אשדוד (על בסיס תקופת 1992-1998):

מזמן 72.4%	מזמן 72.4%	מזמן 72.4%	מזמן 72.4%
מזמן 21.0%	מזמן 21.0%	מזמן 21.0%	מזמן 21.0%
מזמן 5.86%	מזמן 5.86%	מזמן 5.86%	מזמן 5.86%
מזמן ~0.5%	מזמן ~0.5%	מזמן ~0.5%	מזמן ~0.5%

שכיחות ממוצעת של גלים משמעותיים במים עמוקים מול חדרה (על בסיס תקופת 1992-1998):

מזמן ~76.4%	מזמן ~76.4%	מזמן ~76.4%	מזמן ~76.4%
מזמן 17.3%	מזמן 17.3%	מזמן 17.3%	מזמן 17.3%
מזמן ~5.6%	מזמן ~5.6%	מזמן ~5.6%	מזמן ~5.6%
מזמן ~0.6%	מזמן ~0.6%	מזמן ~0.6%	מזמן ~0.6%

שכיחות ממוצעת של גלים משמעותיים במים עמוקים מול חיפה (על בסיס תקופת 1994-1998):

מזמן ~70.9%	מזמן ~70.9%	מזמן ~70.9%	מזמן ~70.9%
מזמן 22.1%	מזמן 22.1%	מזמן 22.1%	מזמן 22.1%
מזמן ~6.4%	מזמן ~6.4%	מזמן ~6.4%	מזמן ~6.4%
מזמן ~0.9%	מזמן ~0.9%	מזמן ~0.9%	מזמן ~0.9%

במצבי ים חזקים עד גבוהים (עד כ-6 מ' גובה משמעותי באשדוד) ישנו גידול אחיד בגובה הגל המשמעותי לאורך החוף מאשקלון עד ראש הנקרה, עקב גידול באורך משב הרוח ושל הסתרת כיווני גלים מסוימים ע"י חופי לוב ומצרים (ראה ציור 4). בסיס הנתונים הכיווניים משנים 04/1992 עד 03/1998 קצר יחסית ובו ארעו מספר קטן של סערות גדולות. לעומת זאת, על בסיס נתוני גלים בתקופה 1958-1975 היו מספר רב יותר של סערות גדולות. שתי הסערות הגדולות ביותר (כנראה) הידועות אירעו ב-13.1.1968 וב-04.2.1992 (האחרונה לא נכללה בסטטיסטיקה הנ"ל), והיו בסדר גודל של כ-7.2 מ' גובה משמעותי במים עמוקים. מכיוון שהמדידות בתקופה הישנה בוצעו בדרך פחות מדויקת, יתכן כי היתה הגזמה באמדתן הסערות הגדולות או לחלופין, יתכן כי אנו עדים לשינוי באקלים הגלים. מכיוון שאין אנו יכולים כרגע לאמת היפותזות אלה בינתיים, מומלץ להשתמש לצורכי תכן בבסיס נתוני הגלים הישן יותר, כדי להימנע מצד הבטוח.

התפלגות כיווני הגלים בשנה ממוצעת:

בכל מצבי הים המתונים, החזקים והגבוהים הגלים מתקרבים מתחום הכיוונים מערב-דרום מערב עד צפון-צפון מערב דרך מערב. הגלים הגבוהים ביותר מתקרבים ממערב, אך התהליך ההתפתחות והדעיכה של הסערות מתרחשת לרוב ע"י התקרבות התחלתית ממערב-דרום מערב התעצמות עם שינוי כיוון ממערב ודעיכה עם שינוי כיוון מצפון-מערב. אלמנט חשוב של אקלים הגלים בחוף הישראלי במים עמוקים היא העובדה כי כיווני הגלים במים עמוקים אינם אחידים בו-זמנית לאורך כל החוף הישראלי, אלא בדרך כלל נמצא שינוי בכיוון הגלים ככל שמתקדמים צפונה לאורך החוף, כאשר הגלים מסתובבים יותר לכיוון מערב מאשר באזורים דרומיים יותר. השינוי בין הכיוון באשדוד וחדרה יכול להיות כ-10 מעלות ובחיפה מגיע עד 15 עד 17 מעלות. ככל שגובה הגלים המשמעותיים במים עמוקים גבוה יותר, השינוי בין האזימוטים של כיווני הגלים לאורך החוף קטן אך נותר סופי (כ-5 מעלות בין אשקלון לנהריה).

זמני מחזור שיא של ספקטרום הגלים

זמני המחזור של שיא הספקטרה של גלי הרוח (המציינים את זמני המחזור בהם מרוכזת עיקר האנרגיה של הגלים) הינם בין 3 ל-15 שניות. בעת מצבי ים גבוהים תחום זמני המחזור של שיא הספקטרה של הגלים הינם בין 10 עד 13

שניות, ובסערות החזקות ביותר זמני מחזור אלה יכולים להיות בין 12 עד 15 שניות. ככל שזמני המחזור גדולים יותר כך גדל אורך הגל האופייני (השווה במים עמוקים בקרוב, מדוד במטרים ל-1.56 כפול ריבוע זמן המחזור). ככל שאורך הגל גדול יותר, השפעתו מתחילה להיות מורגשת בקרקעית מעומק רב יותר, עומק השווה למחצית אורך הגל, שמגדיר את גבול המים העמוקים.

2.3.5 אופייני גלים למצבים נדירים (קיצוניים)

שכיחות הופעתם של מצבי ים קיצוניים נמדדת ע"י תקופת החזרה הממוצעת של מצב ים בעל גובה משמעותי נתון במים עמוקים. קיימות באופן עקרוני שלוש שיטות שונות לאומדן מצבי ים קיצוניים: (א) ע"י שימוש בסדרה רצופה של לפחות 10 שנים של גובהי גל משמעותיים מרביים שנתיים תוך הנחת פונקציות הסתברות של ערכים קיצוניים כגון Asymptote I, Asymptote III או log-normal, (ב) ע"י שימוש בסדרה רצופה במרווחי זמן קבועים לאורך שנים כגון ערכים יומיים מרביים או ערכים תלת-שעתיים של גובה הגל המשמעותי בשילוב מספר האירועים הממוצע השנתי של כל אחד ממצבים אלה, (ג) ע"י שימוש בכל נתוני הגלים בסדרה רציפה של מדידות במרווחי זמן קבועים תוך שימוש בפונקציות הסתברות מצטברת (פרוס אקספוננציאלי, Weibull, log-normal) ע"י ביטוי תקופות הזמן בשנים. כפי שהראו רוזן וקייט (1981) פרוס Gumbel, המהווה מקרה פרטי של פרוס Asymptote I, נותן ערכים שמהווים גבול עליון של תחזיות על-פי פרוסים אחרים.

פרוס Asymptote I מבטא את ההסתברות המצטברת שמצב ים קיצוני המוגדר ע"י גובה גל משמעותי H_s יהיה קטן או שווה לגובה גל משמעותי קיצוני H_s^i ע"י הנוסחה:

$$\Phi(H_s \leq H_s^i) = \exp[-\exp(-y)] \quad [14]$$

כאשר y נקרא המשנתה המוקטן ונתון ע"י הביטוי:

$$y = (H_s^i - a_0)/a_1 \quad [15]$$

והמקדמים a_0 ו- a_1 מתקבלים ע"י התאמה מיטבית לנתונים בעזרת רגרסיה ליניארית ע"י:

$$a_0 = \bar{y} - K a_1 \bar{H}_s \quad a_1 = \sigma_y / \sigma_{H_s} \cdot K \quad [16]$$

כאשר K הוא מקדם הקורלציה של הנתונים.

כאשר לוקחים $K=1$, מקבלים את פרוס Gumbel.

יצוין כי אמינות האומדן של תקופת החזרה של מצבי ים קיצוניים (נדירים) תלויה בראש וראשונה באורך סדרת הזמן הרציפה (מספר השנים הרצופות של נתונים), ובדרך כלל האמינות יורדת כאשר התחזית עולה על פעמיים משך תקופת הנתונים. לכן תחזית לפי פרוס Gumbel מומלץ במקרה של תקופת חזרה ממוצעת במצבים מאד נדירים של מעל 50 שנים.

אומדן קודם של סטטיסטיקת מצבי ים קיצוניים הוצג ע"י רוזן וקייט - 1981 (ראה ציור 28). מאחר ומאז נאספו נתונים נוספים בוצע ניסיון לאומדן חדש, אשר בדיעבד הופסק לאחר שהתברר כי חורים בנתוני הגלים בתקופה שלאחר 1975 אינם מאפשרים בינתיים אומדן טוב יותר. בחיאל פועלים כעת לכיסוי חורי המידע הנ"ל בעזרת נתוני מדידות לווינים וחיזוי לאחור בעזרת מודלים סיפרתיים על בסיס מפות סינופטיות של הסערות בשנים בהן ישנם חורים. בינתיים מוצג להלן אומדן סטטיסטיקת מצבי ים קיצוניים על בסיס הנתונים הישנים מאשדוד. סטטיסטיקה זאת מוגדרת ע"י הערכת תקופת החזרה הממוצעת של מצבי ים שונים המוגדרים על פי גובה הגל המשמעותי המרבי במים עמוקים.

חשיבות תקופת החזרה הממוצעת של מצב ים נובעת מצורכי התכן הבטוח של מבנים ימיים. אם נניח אורך חיים כלכלי של מבנה ימי של 50 שנים, בחירת גל תכן כגל המשמעותי בעל תקופת חזרה ממוצעת של 50 שנה לא תבטיח בטיחות המבנה. זאת מאחר שניתן להוכיח שקיים סיכון (risk) של כ-64% של אירוע גל הגבוה מהגל בעל תקופה חזרה ממוצעת של 50 שנה. על מנת להבטיח כי המבנה בטיחותי, מקובל לתכנן מבנים ימיים באחוז סיכון שלא עולה על 10% ובדרך כלל בין 2% עד 5%. במקרה זה, ניתן לחשב את תקופת החזרה הממוצעת של מצב הים שבו הסיכון לא יעלה על רמת הסיכון הנבחרת על פי הנוסחה דלהלן:

$$R(\text{years}) = \frac{1}{1 - (1 - r)^{1/L}} \quad [17]$$

כאשר R היא תקופת החזרה, r הוא אחוז הסיכון, ו- L הוא אורך החיים הכלכלי של המבנה.

יצוין כי אמינות האומדן של תקופת החזרה של מצבי ים קיצוניים (נדירים) תלויה בראש וראשונה באורך סדרת הזמן הרציפה (מספר השנים הרצופות של נתונים), ובדרך כלל האמינות יורדת כאשר התחזית עולה על פעמיים משך תקופת הנתונים.

שכיחות הופעתם של מצבי ים קיצוניים נמדדת ע"י תקופת החזרה הממוצעת של מצב ים בעל גובה משמעותי נתון במים עמוקים. בטבלאות מס' 35 ו-36 מוצג אומדן של תקופות חזרה ממוצעות למצבי ים שונים, ודוגמאות לגבהי גל תכן על פי רמת הסיכון (נוסחה 17 לעיל), שנאמדו ע"י רוזן על בסיס ניתוח נתוני גלים שנתיים משמעותיים מירביים מאשדוד במשך 25 שנה רצופות.

2.3.6 רפרקציית גלים

כאשר גלי הים המתקרבים לחוף, בשלב מסוים הם מתחילים להרגיש את הקרקעית ואז הם עוברים תהליכים שונים שמשנים את אופניהם. לפי כך, אם ידועים לנו אופייני הגלים במים עמוקים שם הגלים לא מרגישים את הקרקעית, ניתן לקבל אומדן של אופיני הגלים במים רדודים יותר ע"י חישוב השינויים שצפויים להתרחש במצב נתון כלשהו. להלן נציג את תופעת הריפרקציה שהינה התופעה הרלוונטית מבחינת השתנות הגלים במעברם ממים עמוקים למים רדודים.

התקדמות הגל לכיוון החוף מתרחשת תוך שינוי אורך הגל וגובה הגל בהשפעת פעולה משולבת של שתי תופעות הקרויות יחד רפרקציית גלים. התופעה הראשונה היא תופעת הרדידות (shoaling), והתופעה השנייה היא הריפרקציה של הגלים (wave refraction).

השפעת הרדידות מבודדת מהתופעות האחרות כאשר גלים עוברים מעל קרקעית מישורית משופעת וחזיתות הגלים מקבילים לקווי העומק (התקרבות ניצבת לחוף).

אם נניח שקיים גל סינוסואידי המתקדם לכיוון החוף, כל עוד עומק המים גדול מספיק לא מורגשת השפעת הקרקעית. במצב זה של מים עמוקים ניתן להראות בהתאם לתיאוריה הליניארית של הגלים כי מסלולי חלקיקי המים בגל נעים במסלולים מעגליים אנכיים (סגורים בתיאוריה הליניארית וכמעט סגורים בתיאוריות לא ליניאריות). הקוטר של המסלולים הולך וקטן עם העומק, עד כי בעומק השווה למחצית אורך הגל כמעט זניח (כ-5% מהמשרעת שעל פני המים, ראה ציור מס' 8).

לפי כך, נוהגים להגדיר גבול מים עמוקים את המקום בו עומק המים שווה למחצית אורך הגל. אורך הגל במים עמוקים נתון ע"י הנוסחה:

$$L_0 = \frac{g T^2}{2\pi} \quad [18]$$

כאשר T הוא זמן המחזור ו-g תאוצת הכובד. בקרוב במידות מטטריות ניתן לרשום

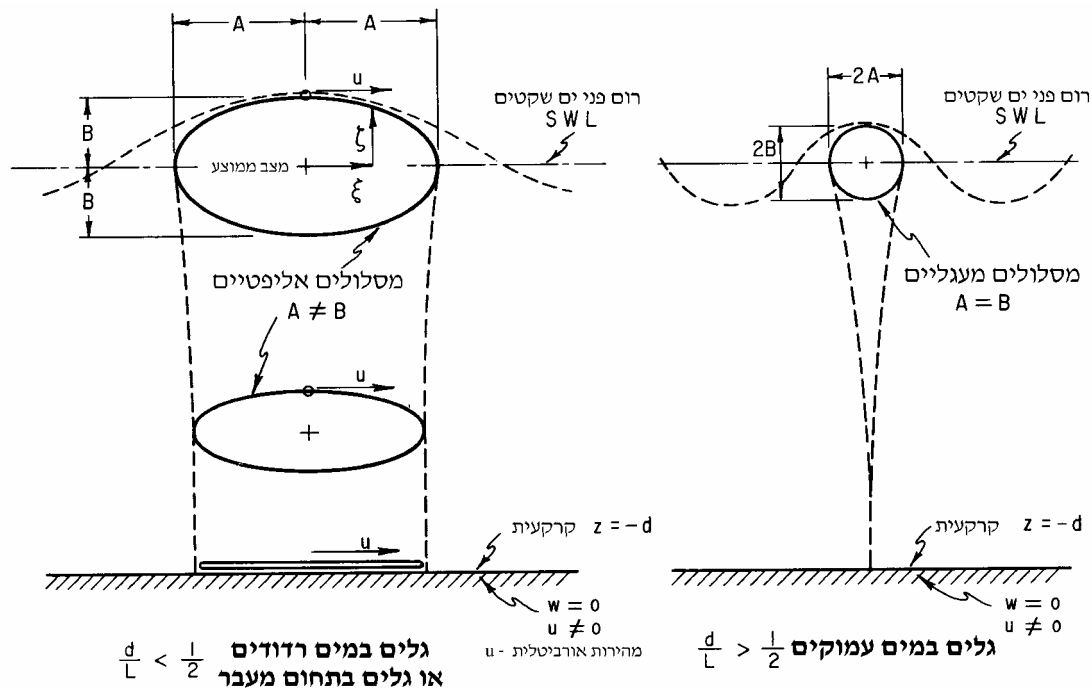
$$L_0 = 1.56 T^2 \quad [18a]$$

מהרגע שהגלים מתחילים להרגיש את הקרקעית, הם מושפעים יותר ויותר ע"י החיכוך עם הקרקעית. במצב זה אורך הגל משתנה כתלות בעומק המים וזמן המחזור של הגל לפי פונקציה היפרבולית ונתון ע"י הביטוי:

$$L = L_0 \tanh\left(\frac{2\pi d}{L}\right) \quad [19]$$

כאשר d הוא עומק המים.

בתהליך זה הגלים מאיטים את מהירותם, מקטינים את אורכם ומשנים את גובהם. צורת מסלולי חלקיקי המים בגל הופכת לאליפטית, וככל שהעומק קטן המסלולים יהיו יותר ויותר פחוסים וליד הקרקעית תתקבל רק תנועה אופקית. בחינה של כיוון התנועה של חלקיקי המים במהלך מחזור גל אחד מראה כי בשיא הגל תנועתם היא בכיוון תנועת הגל ובשפל הגל היא מנוגדת לכיוון התקדמות הגל. ככל שהגל מתקדם למים רדודים יותר, משתנה צורת הגל והופכת אסימטרית, עם הגדלת שיא הגל ופחיסת שפל הגל. תהליך זה הוא תהליך הרדידות.



ציור מס' 8 - תאור מסלולי חלקיקי המים מהמצב הממוצע עבור גלים במים עמוקים וגלים במים רדודים או בתחום מעבר

בהנחה כי אין איבודי אנרגיה ושזמן המחזור של הגל נשמר קבוע כאשר גל מתקדם ממים עמוקים לרדודים, ניתן להראות שהקשר בין גובהי הגל בשני העומקים נתון ע"י הביטוי:

$$H' = H_0 \sqrt{\left(\frac{1}{2n} \cdot \frac{c_0}{c}\right)} = H_0 \cdot K_S \quad [20]$$

כאשר H_0 הוא הגובה במים עמוקים ו- H' הוא הגובה במים רדודים, c היא חפזות הגל במים רדודים במיקום הנדון ו- c_0 היא חפזות הגל במים עמוקים. המקדם K_S נקרא מקדם הרדידות (shoaling coefficient). יש לציין כי אם במים רדודים מאד חפזות הגל משתווה למהירות החבורה, במים עמוקים מהירות החבורה הינה מחצית מחפזות הגל.

כאשר חזיתות הגלים לא מתקרבים ניצב לקווי העומק, כלומר אינם מקבילים להם מתרחשת תופעת הריפרקציה. הריפרקציה מוגדרת כתופעה שבה משתנה כיוון ההתקדמות של הגלים עקב שינוי בחפזות הגל לאורך חזית גלים.

בהתבסס על הנחת שימור אנרגיה בין שני אורטוגונלים (קוים ניצבים לחזיתות הגלים) במעבר ממים עמוקים למים רדודים ובהנחת הפסדים עקב חיכוך עם הקרקעית, ניתן להראות כי גובה הגל H במים רדודים יהיה נתון ע"י:

$$H = H_0 \sqrt{\left(\frac{1}{2n} \cdot \frac{c_0}{c}\right)} \cdot \sqrt{\left(\frac{b_0}{b}\right)} = H_0 \cdot K_S \cdot K_R = H' \cdot K_R \quad [21]$$

כאשר K_R מוגדר כמקדם הרפרקציה ונתון ע"י הביטוי $\sqrt{\left(\frac{b_0}{b}\right)}$

ואולם, כיום כאשר מדברים על רפרקציה גלים מדובר בדרך כלל בשילוב של הרפרקציה והרדידות. כתוצאה מפעולת הריפרקציה לאחר תחום מעבר בו יכול גובה הגל לקטון מעט במצבים מסוימים, עולה גובה הגל, עד למצב בו נוצרת אי-יציבות ומתרחשת שבירת הגלים. עקב תופעת הריפרקציה, חזיתות גלים המתקרבים במים עמוקים אלכסונית לקווי העומק, שואפים להתיישר ולהתקרב למצב כמעט מקביל לקווי העומק.

כפי שניתן להבין, עבור גלים רוח מקומיים עם זמני מחזור קטנים של מספר שניות, אורכי הגל שלהם קטנים, ולכן גם העומק שממנו מתחיל תחום מים עמוקים d_0 עבורם הוא יחסית רדוד ($d_0 \geq 0.78T^2$). לעומתם גלים של סערה, בעלי זמני מחזור מעל 10 שניות, מתחילים להרגיש הקרקעית מוקדם יותר ולכן ניתן לבחון התחום שבו קטנה השפעת הגלים בזמן סערות עקב הרפרקציה.

2.4.1 זרמים בתוך רצועת המשברים

בתוך רצועת המשברים (שלרוב הינה בין קו החוף לקו עומק 5- מ' עד 10- מ' בסערות גדולות) מתקיימת זרימה שמושרת בעיקרה ע"י הגלים ובזמן סערות גם ע"י הרוח. היא מתבטאת בעיקר בקיום זרימה לאורך החוף, על-פי כיוון ההתקרבות של הגלים ועוצמתה תלויה בזווית התקרבות הגלים ביחס לאוריינטציית קו החוף (ככל שהזווית גדולה יותר עולה עוצמת הזרימה לאורך החוף, ובמקרה של גלים ניצבים לחוף נעלמת כמעט לגמרי זרימה זאת ונוצרים זרמים חזקים הקרויים זרמי פריצה, הנעים מקו החוף עד מעבר לגבול רצועת המשברים, שם דועכים במהירות. במצבי ביניים נוכחים בקיום שני סוגי הזרמים הנ"ל.

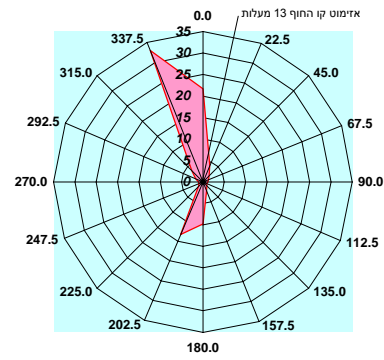
הזרם האורכי משנה עוצמתו בחתך ניצב לחוף, תוך השגת עוצמה מירבית במרחק של כשני שלישי של רוחב רצועת המשברים, מדוד מקו החוף. בזמן סערות עוצמת הזרם המירבית יכולה לעלות על 5 קשר. גם זרמי הפריצה יכולים להשיג עוצמות כאלה, אך הם זרמים צרים ביותר (מטרים בודדים) המופעים מדי מספר עשרות או מאות מטרים בין שני זרמים, לאורך החוף. חשיבותם של זרמים אלה לנושא החקלאות הימית בכלובי דגים בחוף היש התיכון של ישראל שולית מבחינת הפעלת כוחות על כלובי הדגים. מאידך, הם יכולים לתרום להובלת מזהמים וחומר מרחף מקרבת החוף למים עמוקים. למשל, בזמן סערות פברואר 1992 שארעו יחד עם שטפונות בנחלים, נמצא חומר מרחף (כנראה טין וחרסית) ברצועת החוף עד מעבר לקו עומק 27- מ' (מעל 2 ק"מ מהחוף), וכל רצועת המים החופית בתקופה ההיא היתה חומה עקב הכמות הרבה של חומר מרחף.

2.4.2 משטר הזרמים במים עמוקים במימי החופין של ישראל בים התיכון

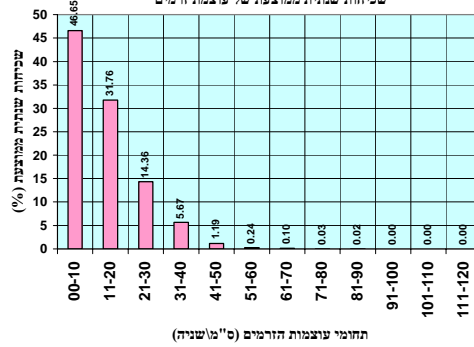
מחוץ לרצועת המשברים של החוף הישראלי, התנועה של הזרימה הכללית, נגרמת בעיקר ע"י הזרם הגיאוסטרופי וע"י הרוח. הזרימה הגיאוסטרופית (הכללית) הינה ציקלונית, בכיוון מנוגד לכיוון השעון (צפונה) רב הזמן (כ-70% מהזמן בשנה) ומקבילה באופן כללי לקו החוף, אך לעיתים היא יכולה לשנות כיוון ולנוע בכיוון הפוך למשך מספר ימים עד שבועות. הזרמים במרבית הזמן הינם חלשים עם מהירויות של כ-5 עד 10 ס"מ/שנייה (0.2 קשר). הפרוס האנכי של מהירות הזרמים בחורף די אחיד, אך המהירות קטנה בכיוון הקרקעית בקיץ.

ניתן לציין גם שינוי של מספר מעלות בכיוון הזרם בקרבת פני המים לעומת כיוון הזרם בקרבת הקרקעית הנתרת כמעט מקבילה לקווי העומק. כמו כן, בפרוס ניצב לחוף, ניתן לציין אזור של המהירות זרימה הכללית די אחיד בטווח קווי העומק 30 עד 100 מ', לאחרי תחום של הגדלת המהירות במספר אחוזים עד מספר עשרות אחוזים (בין קווי עומק 100 מ' עד 150 מ') ולאחר מכן ירידה לערך שקרוב לזה שבין 30 מ' עד 100 מ' בקרוב. בין קו עומק 30-מ' וקו החוף ישנה הקטנה של הזרם הגיאוסטרופי לכיוון החוף, עד כמעט אפס בקו החוף. ואולם, במקרים מסוימים נצפו וגם נמדדו זרמים בעלי מהירות של למעלה מ-2 קשר. מדידות אקראיות באזור עתלית הצביעו על קיום זרמים חזקים יחסית באזור זה, שלא מוכרים באזורים אחרים. תרומת הרוח לעוצמת הזרמים וכיוונם הינה משמעותית ביותר ולרב השלטת. כמו כן, על פי המדידות הקיימות, ניתן לומר כי העוצמות הגדולות של הזרמים נמדדו כמעט תמיד כאשר תנועת הזרם היתה כלפי צפון, במקביל לקווי העומק. בציר 7'א' מוצג אקלים הזרמים השנתי הממוצע בקו עומק 27- מ' מול חדרה ומול אשקלון.

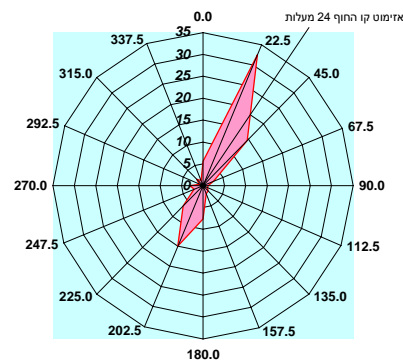
התפלגות כיוונית שנתית ממוצעת מצטברת בחדרה
 קו עומק 27-מ', מ' 12 מתחת פני הים, 1993-1997



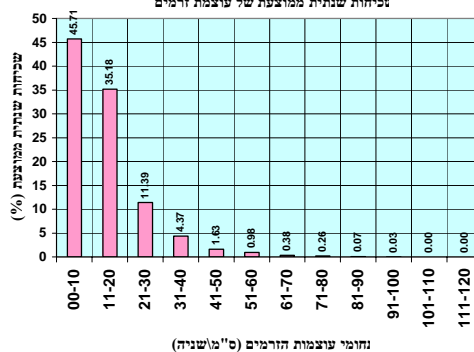
שכיחות שנתית ממוצעת של עוצמת זרמים



התפלגות כיוונית שנתית ממוצעת מצטברת באשקלון
 קו עומק 27-מ', מ' 12 מתחת פני הים, 1992



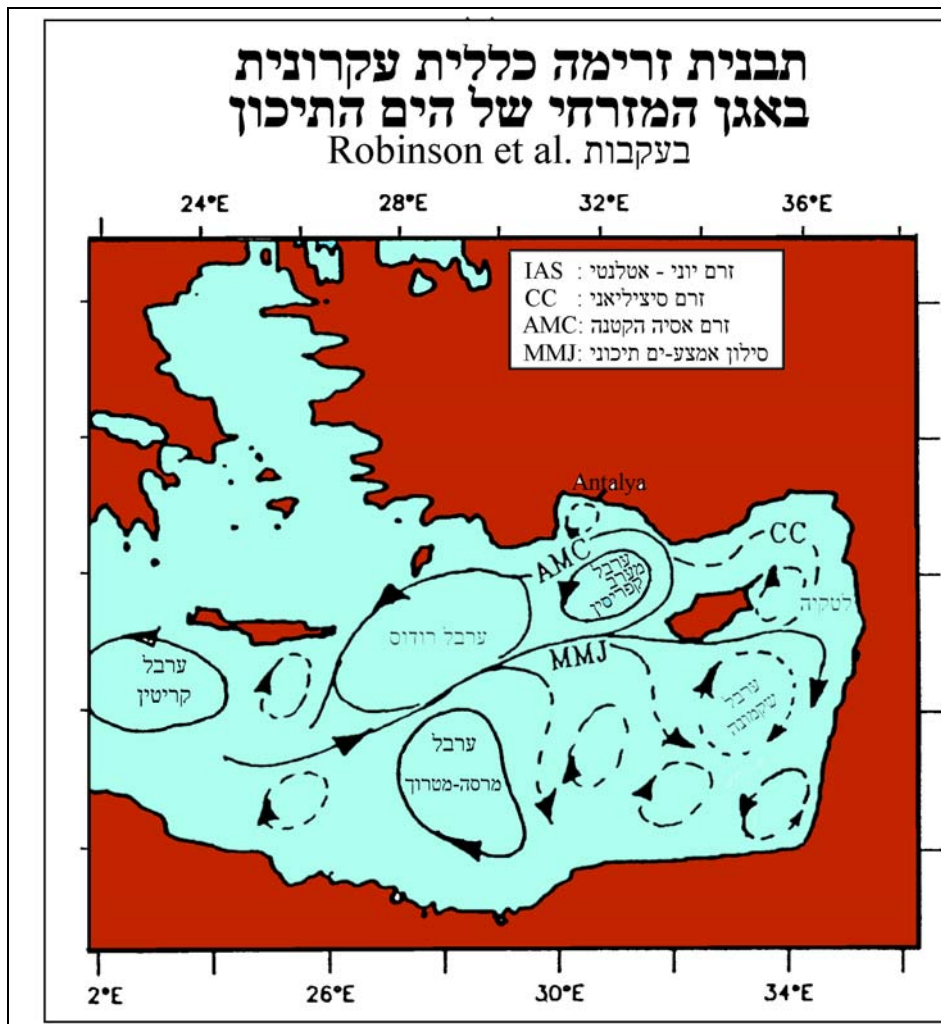
שכיחות שנתית ממוצעת של עוצמת זרמים



ציור 7א' - אקלים הזרמים השנתי הממוצע בקו עומק 27 - מ' מול חדרה ומול אשקלון

ניתן לומר כי עוצמות הזרמים הגבוהות נגרמות בעיקר ע"י נשיבת הרוח על פני המים, והשפעתה מורגשת גם בעומקים של 20 מ' ויותר, אם כי ניכרת הקטנה מסוימת בעוצמת הזרם עם הגדלת העומק.

אופי מערכת הזרימה ומנגנון הזרימה הכללית באגן המזרחי של הים התיכון נחקר ע"י חוקרי היא"ל במסגרת תכניות לאומיות ובינלאומיות שונות ומאז שנות השמונים הושגה הכרה במורכבות אופייה. בשנות השמונים בעקבות המחקרים שבוצעו התברר כי מערכת הזרמים איננה נעה בצורה פשוטה בניגוד לכיוון השעון באגן המזרחי של הים התיכון כפי שסברו קודם בקהיליה המדעית העולמית, אלא שהיא מורכבת הרבה יותר. תאור של הצירקולציה האופיינית באגן המזרח התיכון מוצג בציור 7' להלן.



ציור מס' 7' - תבנית זרימה כללית עקרונית באגן המזרחי של הים התיכון

רום מפלס הים, הפך לעניין מרכזי בעשור האחרון בשל עליית המודעות לתופעת החממה הגורמת להתחממות כדה"א, וכתוצאה מכך גם לתחזית עלייה ברום מפלס פני הים העולמי הממוצע (המפלס האוסטטי).

בישראל נעשו מדידות של גובה המפלס הים עוד מתקופת המנדט הבריטי, אך רק משנת 1965 ניתן למצוא נתונים שעתיים של גובה מפלס שנמדדו בנמל אשדוד ע"י רשות הנמלים. מאז 1992 מבוצע מעקב מסודר אחר מפלס הים ע"י היא"ל בעזרת תחנת מעקב מתחכמת שמוצבת בקצה מזח הפחם בחדרה ומהווה תחנה ראשית ברשת המעקב העולמית אחר מפלס הים.

לנושא החקלאות הימית, חשיבות שינוי מפלס הים הינה משנית אך דרושה להלקח בחשבון בתכנון מערכות הרתיקה של הכלובים ובתכנון הכללי של כלובי דגים. שינויי מפלס הים נגרמים משני סוגי גורמים:

(א) גורמים אסטרונומיים היוצרים את תופעת מועדי-הים (הגאות והשפל) עקב השפעת כוחות המשיכה של גורמי השמים כלפי כדור הארץ.

(ב) גורמים סביבתיים (טמפרטורה, רוח, לחץ אטמוספרי, גלים, זרמים, תנועות קרקע, וכו').

2.5.2 אקלים מפלסי ים

מועדי הים מאופיינים ע"י מחזוריות חצי-יומית ודו-שבועית ועונתית. טווח מועדי הים השכיח משתנה בין כ-0.4 מ' במועדי-ים במולד ובמלא (spring tide) וכ-0.15 מ' במועדי-ים ברבעים (neap tide). מפלסי ים קיצוניים יכולים להתרחש בשילוב עם מצבים מטאורולוגיים קיצוניים. טווח השינויים בין אביב לסתיו במפלס הים הממוצע הינו כ-15 עד 20 ס"מ, כאשר המפלסים הנמוכים מתרחשים באביב (פברואר-מרץ) והמפלסים הגבוהים בסוף הקיץ (אוגוסט-ספטמבר), עם שיא נוסף בנובמבר-דצמבר.

תחזית עליית מפלס הים העולמי הממוצע בהשפעת תופעת החממה הנה של כ-18 ס"מ לשנת 2030 וכ-70 ס"מ לשנת 2100. ואולם, מקובל על מרבית החוקרים בעולם כי השינויים היחסיים המקומיים עלולים להיות שונים מאזור אחד למשנהו על פני כדור הארץ, עקב תנועת היבשות ועקב כוח משיכה לא אחיד על פני כדור הארץ.

ניתוח מדידות מפלס הים על בסיס עונתי ורב שנתי, מראה כי תרומת של הגורמים הסביבתיים למפלס הים בטווחים שמעל לחודש הינה קטנה ביותר, ואילו הגורם האמיתי לשינויים אלו הוא השפעתו של כח המשיכה שמפעילה השמש. מסקנה זו נובעת מהעובדה שסיבובו של כדה"א סביב השמש, הוא הגורם לעונתיות ולכן, הוא גם הגורם לעונתיות במפלס הים.

על סמך ניתוח של 19 שנות נתוני המפלס מאשדוד, בלנק ורוזן (1998) חישבו כי רום פני ים ממוצעים (MSL) הינו 8.1 ס"מ מעל אפס האיזון הארצי, רום פני ים גבוהים (MHW) הינו 23.2 ס"מ מעל אפס האיזון הארצי, ורום פני ים נמוכים (MLW) הינו 6.5 ס"מ מתחת לאפס האיזון הארצי.

אמדן של מפלסי ים קיצוניים על בסיס 30 שנים של מפלסי ים מוצג להלן, מבלי לכלול את השפעת תופעת החממה.

מפלס ים גבוהה [מ']	מפלס ים נמוך [מ']	תקופת חזרה ממוצעת [שנים]
0.64	-0.38	1
1.04	-0.74	50
1.10	-0.87	100

מבנה הקרקעית של מדף היבשת של ישראל מורכב עקרונית מרצועת קרקעית חולית בין קו החוף וקו עומק 30- מ' בקרוב, ומקרקעית בוצית, בעומקים שמעבר לקו 30- מ'. בתחום רצועת הקרקעית החולית ניתן למצוא שלוש קטעי רכסי כורכר שפורצים מתוך הקרקעית, האחד בסביבות קו עומק 30- מ', השני בין קו עומק 10- עד 14- מ' והשלישי בקרבת החוף בעומקים של כ-3 עד 4- מ'. במקומות מסוימים רצועת החול מגיעה עד קו עומק 35- מ' בקרוב. גודל גרגר החול הממוצע על קרקעית הים בעומקים גדולים מ-20 מ' הולך ונהיה דק מאד, ולמעשה תכולת החול בתוך סדימנט הקרקעית הולכת ויורדת. מול בת-ים ידוע על אזור סלעי חשוף נרחב בסביבת קו עומק 30- מ'.

מידע מעודכן על מבנה קרקעית הים בעומקים שבין 25- מ' עד 70- מ' נאסף ע"י חיא"ל ועובד יחד עם המכון הגיאולוגי והמכון הגיאופיזי ב-1998 ע"י עריכת סקר סאיסמי. סקר זה כיסה התחום שבין עתלית וזיקים, ובוצע בעזרת ציוד אקוסטי חדיש ומתוחכם (CHIRP), במסגרת הפרויקט לבדיקת הימצאות חומרי בנייה לאיים מלאכותיים (גוליק ואחרים - 1998).

ממצאי הסקר הראו כי עובי שכבת הקרקעית הבוצית בתחום שמעבר לקו עומק 30- מ' הינו מספר מטרים (5 או יותר) במספר אזורים, שמתחתיה שכבת קרקעית חולית או לפעמים רכסי כורכר קבורים. מצפון לעתלית, רכסי הכורכר נחשפים גם בעומקים גדולים יותר. מידע נוסף על מבנה קרקעית מדף היבשת הרדוד הוצג ע"י אלמגור ואחרים (1998) והוא מובא כאן בציוור 29. השתנות הצדודית במדף היבשת לאורך החוף מוצגת בטבלה מס' 37 ובציוור מס' 30 ועל פיה ניתן לראות את טווח המרחקים לקווי עומק שונים בכל הארץ. למידע הנ"ל יש חשיבות מבחינת היבט חוזק הקרקע לצורכי רתיקה של כלובי דגים ומבחינת עלויות תובלה ימית לצורך תפעול חקלאות ימית.

3. בחינת המהירויות והתאוצות בהשראת הגלים בעומקי מים שונים ובתנאי ים שונים

3.1 שיטת עריכת האומדן

פעילות הכלוב צריכה להיבחן מהיבט תפעול יום-יומי ומבחינת הישרדות במצבי ים קיצוניים. לצורך בחינת השפעת מיקום הצבת כלוב דגים על הכוחות הפועלים עליו, כלומר על סיכויי הישרדות של כלוב הדגים ותכולתו במצבי ים שונים, בוצעו חישובים של המשרעת של המהירות האורביטלית ושל התאוצה האורביטלית של חלקיקי המים בגלים שונים, עבור עומקי מים שבין 20 מ' ועד 120 מ', עבור עומקי טבילה שונים מפני המים. החישובים בוצעו בעזרת מערכת תוכנה ACES (Automated Coastal Engineering System) שפותחה ע"י US Corps of Engineers עבור מצבי ים קיצוניים ונדירים. ניתן לראות במצבי ים אלה מצבי ים לתכן עבור אורכי חיים כלכליים שונים של הכלובים.

הכח המופעל על גוף טבול במים בהשפעת גלים ניתן בקרוב על פי נוסחת Morison כדלקמן:

$$F = C_M \rho \dot{u} V + C_D \frac{1}{2} \rho A u |u| \quad [22]$$

כאשר:

$$C_M$$
 הוא מקדם האינרציה של הגוף הטבול, $C_M = 1 + \frac{M_a}{\rho V}$

M_a היא מסת המיים הנוספת למסת הגוף הטבול עצמו,

ρ היא צפיפות מי הים,

\dot{u} היא התאוצה של חלקיקי המים,

V הוא הנפח של הגוף,

C_D הוא מקדם הגרר של הגוף,

u היא המהירות של חלקיקי המים,

$|u|$ היא עוצמת המהירות של חלקיקי המים,

A הוא שטח היטל הגוף בכיוון ניצב לכיוון הזרימה.

מתוך בחינת הפרמטרים הנכללים בנוסחה, ברור כי עבור גוף בעל גיאומטריה נתונה, הערכים הקובעים את הכוחות ופרוס הכוחות על הגוף הטבול (כלומר המומנטים הפועלים עליו) הם ערכי המהירות האורביטלית ושל התאוצה האורביטלית. אמנם לזרם הכללי גם כן תרומה מסוימת, אך מאחר וראינו כי פרוס הזרם די אחיד בחתך אנכי, ברור כי תרומת הגלים הינה תהיה התרומה הראשית במצבי הישרדות, בקביעת פרוס וגודל הכוחות הפועלים על הגוף הטבול.

כפי שצויין בפרק 2.3.6, אופייני גל המתקדם מתחום מים עמוקים (עומק גדול מחצי אורך הגל) לתחום מים רדודים יותר, משתנים כתלות ב: זמן המחזור של הגל T , גובה הגל H , עומק הקרקעית מפני הים d , ועומק הטבילה z בה אנו מתעניינים, מדוד מפני הים.

על פי התיאוריה הליניארית, מוצגות לשם המחשה להלן נוסחאות רכיבי המהירות והתאוצה האורביטלית האופקיות והאנכיות.

מהירות חלקיק אופקית:

$$u = \frac{\pi H}{T} \cdot \frac{\cosh\left(\frac{2\pi(z+d)}{L}\right)}{\sinh\left(\frac{2\pi}{L}d\right)} \cos(\theta) \quad [22]$$

מהירות חלקיק אנכית:

$$u = \frac{\pi H}{T} \cdot \frac{\sinh\left(\frac{2\pi(z+d)}{L}\right)}{\sinh\left(\frac{2\pi}{L}d\right)} \sin(\theta) \quad [23]$$

תאוצת חלקיק אופקית:

$$\frac{\partial u}{\partial t} = \dot{u} = \frac{2\pi^2 H}{T^2} \cdot \frac{\cosh\left(\frac{2\pi(z+d)}{L}\right)}{\sinh\left(\frac{2\pi}{L}d\right)} \sin(\theta) \quad [24]$$

תאוצת חלקיק אנכית:

$$\frac{\partial w}{\partial t} = \dot{w} = -\frac{2\pi^2 H}{T^2} \cdot \frac{\sinh\left(\frac{2\pi(z+d)}{L}\right)}{\sinh\left(\frac{2\pi}{L}d\right)} \cos(\theta) \quad [25]$$

כאן :

z הוא עומק הטבילה מדוד מפני המים, d הוא עומק המים, L הוא אורך הגל במקום, ו- θ היא זווית הפאזה של הגל.

בפועל, תיאור הגלים על פי התיאוריה הליניארית נמצא כי פחות מדויק מתיאוריות לא ליניאריות. אחת השיטות המקובלות כיום לתיאור מהימן של דינמיקת חלקיקי המים בגלים היא תיאוריה לא ליניארית הקרויה תיאורית הגלים של טורי פורייה. לפי תיאוריה זאת ניתן לחשב ערכים שונים עבור גלים מתקדמים בעלי צורה קבועה על פי קירוב בעזרת טורי פורייה. על פיה ניתן לחשב ערכים הנדסיים שונים כגון רום פני הגל, תכונות אינטגרליות של הגלים ופרמטרים קינמטיים כפונקציה של גובה הגל, זמן המחזור (של גל בודד) עומק המים ואינטרקציה עם זרם אחיד בו-זמני. התיאוריה פותחה ע"י פאנטון (Fenton, 1990)

לצורך עריכת הבחינה בחרנו גלים בעלי זמני מחזור שונים, שייכתנו בסערות החורף במצבי ים קיצוניים.

חושבו ערכי המהירות האורביטלית U והתאוצה האורביטלית \dot{U} וכן ערכים של המהירות והתאוצה האנכית בעומק טבילה של 10 מ' מעל פני קרקעית הים, וכן פרוס המהירות האורביטלית האופקית והתאוצה האנכית בזמן שיא הגל בכל עמודת המים עבור עומק מים של 120 מ'. כמו כן, בכל החישובים הוספנו קיום זרם של 50 ס"מ/שנ', כערך מאפיין עבור מצבי סערה.

מצב מס'	T sec	H M	d עומק הקרקעית M	z עומק הטבילה m
1	13	7	-30	-20
2	13	7	-50	-40
3	13	8	-30	-20
4	13	8	-50	-40
5	13	8	-60	-50
6	13	8	-80	-70
7	13	8	-100	-90
8	13	8	-120	-110
9	13	14	-30	-20
10	13	14	-50	-40
11	13	14	-60	-50
12	13	14	-80	-70
13	13	14	-100	-90
14	13	14	-120	-110
15	9	8	-120	-110
16	11	6	-120	-110
17	11	8	-120	-110
18	11	14	-120	-110
19	15	8	-120	-110
20	15	14	-120	-110
21	17	8	-120	-110
22	17	14	-120	-110

יצוין כי הגבהים שנבחרו הם לצורך השוואה והמחשה בלבד והינם **בקרוב** גובה גל מירבי (8 מ') עבור מצב ים עם תקופת חזרה ממוצעת של לשנה אחת וגובה גל מירבי (14 מ') עבור מצב ים עם תקופת חזרה ממוצעת של 50 שנה. ואולם, אין להסיק מבחירתם כי אלה צריכים להיות גובהי גלי התכן, אלא יש לפעול לפי המידע הנתון בטבלאות 35 ו-36, בהתאם לאורך החיים הכלכלי המתוכנן של המתקן ורמת הסיכון הנבחרת (בדך כלל 5%).

מבחינת ההיבטים הסביבתיים של בריאות, נדרש להשאיר מרווח של כ- 10 מ' מתחת לכלוב למניעת פגיעה בדגים שבכלוב ע"י פרוק הצואה של הדגים והמזון שלא נאכל ע"י הדגים. בהתחשב בגובה כלוב במרכזו (בין 10 ל-15 מ' לפחות) העומק המזערי הבא בחשבון בהתחשב בכך הינו כ-25 מ' בקרוב. לפי כך, החישובים ההשוואתיים בוצעו למיקום הטבילה בוצעו 10 מ' מעל פני הקרקעית, אם כי ברור כי בעומק טבילה נמוך יותר יתקבלו כוחות גדולים יותר.

3.2 תוצאות האומדן

סיכום השואתי של תוצאות החישובים מוצג בצירור מס' 31 עבור המהירות האורביטלית האופקית, ובצירור 32 עבור התאוצה האנכית. בצירורים 33 עד 43 מוצגות דוגמאות של תוצאות שנתקבלו עבור חלק מהמצבים שנבדקו ביתר פרוט, כלומר תוצאות מספריות וגרפיות, שכוללות הן המהירות האופקית והן האנכית, את התאוצה האופקית והאנכית על פני שני מחזורי גל בעומק הטבילה, וכן את פרוס המהירות האופקית והתאוצה האנכית בכל עמודת המים, בזמן שיא הגל.

4. דיון בממצאים, מסקנות והמלצות

4.1 דיון בממצאים

הוכן סיכום מקיף ומעודכן של המידע המטאוקיאוגרפי הרלוונטי לתכנן חוות כלובי דגים במימי החופין של ישראל בים התיכון.

בוצע אמדן של ערכי הפרמטרים המשפיעים על תפקוד ושרידות כלובי דגים בים.

בחנית הממצאים מראה ירידה משמעותית של המהירות והתאוצה ככל שעולה עומק המים החל מעומק של 60 מ' בקרוב, וככל שעולה עומק הטבילה של הכלוב.

מבחינת מיקום קווי עומק של 60- מ' או יותר עמוקים, אלה נמצאים במרחקים שבין 12 ק"מ באזור זיקים ועד 8 ק"מ באזור נהריה, עם מרחק ממוצע של כ-10 ק"מ. השינוי השיפוע הקרקעית מתרחש בדרום בקו עומק 100- מ' אך באזור מרכז וצפון הארץ כבר בקו עומק 80- מ' בקרוב. קו עומק 80- מ' נמצא בזיקים במרחק של כ-15 ק"מ ובנהריה במרחק 12 ק"מ מהחוף.

מבחינת סיכון של זיהום שעלול להגיע מהחוף לאזור כלובי דגים, נראה כי קו עומק 60- מ' מצוי רחוק מספיק מהחוף על מנת שלא יושפע מסיכון כזה. כמו כן, הוא גם רחוק מספיק מהחוף כדי שלא תהיה סכנה של זיהום חופים עקב המצאות הכלובים ושאריות המזון ופליטת הדגים באותו מקום. סביר להניח כי הזרמים באזור זה יוכלו לדלל ולפזר החומר לערכים זניחים מבחינה סביבתית עוד הרבה לפני שתתכן השפעה כלשהיא על החופים או תחום המים הרדודים המשמשים לפעילות רחצה, שחיה או ספורט.

4.2 מסקנות

- הכרחי להניח כמצבי תכן לכלובים מצבי ים עם תקופות חזרה ממוצעות של עשרות עד מאות שנים (תלוי באורך החיים הכלכלי המתוכנן) על מנת להבטיח סיכון נמוך לאירוע מצבים שלא מכוסים על-ידי התכנון. לכן, כלובי הדגים המיועדים להצבה במימי החופין של ישראל בים התיכון, צריכים להיות מסוגלים לעמוד במצבי ים גבוהים מאד יחסית למצבי הים לתכן שנדרשים לכלובים המוצבים במפרצים סגורים או באזורים מוגנים, שאינם קיימים בחופי ישראל.
- בעומקי מים שמעל 60 מ' ישנה הקטנה ניכרת בעוצמת המהירות והתאוצה האורביטלית של מצבי הגלים השכיחים ואף הנדירים, שנעשת יותר ויותר משמעותית ככל שגדל עומק הטבילה. מאידך, ככל שעומק המים עולה, גדל המרחק מהחוף (ומהנמלים) ולכן יורדת הכדאיות בהצבת הכלובים באזורים מרוחקים מאד מהחוף.
- במקרה של כלובים צפים, קו העומק של 60- מ' אינו מהווה קריטריון מבחינת הקטנת כוחות גלים בעת סערות אך מאידך לא ידוע לנו על כלובי גדים צפים שעמדו בהצלחה במצבי ים המתאימים למצבי התכן לחוף הישראלי. כמו כן, מההיבט הסביבתי, עדיין נראה כי קו עומק 60- מ' הוא גבול סביר מבחינת קרבה לחוף למניעת זיהום הכלובים מכיוון החוף או להיפך, כל עוד הדבר לא נבדק ביתר פירוט בעזרת מודל הידרודינמי סביבתי.
- מבחינת היתכנות זיהום מי-הים מחוץ לתחום הכלוב, פיזור הזיהום הנ"ל ע"י הזרמים יהיה בעיקרו במקביל לחוף בכיוון לאורך החוף, באותו קו עומק מעליו מוצב הכלוב, בהשפעת הזרם הגיאוסטרופי. זאת מכיוון שהזרם הגיאוסטרופי באזור החוף שלנו בתחום העומקים הנדון נע רב הזמן צפונה מקביל לקווי העומק. עבור עומקי המים העולים על 35 מ', הזיהום יימצא במרחק של מעל 3 ק"מ מהחוף. דבר זה צפוי להקטין את ריכוזו בגוף מי הים לרמה זניחה כבר במרחקים של מאות מטרים מהכלוב. לפיכך במצב זה לא צפוי זיהום של אזורים המיועדים לרחצה (עד 300 מ' משפת הים).
- רצועת החול הפעילה במערכת ההזנה החופית משתרעת בין קו החוף וקו עומק 30- מ' בקרוב, ובתחום זה תתכן גם בניית איים מלאכותיים. הקמת כלובי דגים בעתיד באזור המוצל של האיים יכולה לאפשר פעילות במקומות עם תנאי ים שקטים יחסית, אך עלולה מאידך לגרום לבעיות סביבתיות מבחינת איכות המים. דבר זה ראוי כי ייבדק בעזרת מודל סביבתי כאשר המצב יהיה אקטואלי. כמו כן, בתחום רצועת החול נשקלת כעת העברת צנרת גז לאורך החוף, אשר גם אם תהיה טמונה בקרקעית לפי המתוכנן, טוב יותר כי לא תהיה בתחום פעילות חקלאות ימית.

4.3 המלצות

- בהתחשב בהיבט ההישרדות של הכלוב ושל הדגים שבכלוב וכן בהיבט הכלכלי של מרחק הכלוב מהחוף ובהיבט מניעת זיהום מהחוף לכלובים וגם להפך, מומלץ כי יועדפו כלובי דגים הניתנים לשיקוע בעת סערות וכי חוות כלובי דגים כאלה יוצבו במימי החופין של ישראל בים התיכון בתחום קווי העומק שבין 60- מ' ועד 80- מ'.
- מומלץ לבחון בעזרת מודל הידרודינמי סביבתי את היתכנות זיהום כלובי דגים מהחוף ושל אזור מי החופים הרדוד ע"י הכלובים כפונקציה של מרחק מהחוף. יתכן כי אז ניתן יהיה לנצל האזור המוצל של איים מלאכותיים עבור כלובי דגים צפים.

- Almagor G., Gill D., and Perath I., (1998), "Marine Sand Resources Offshore Israel", Geological Survey of Israel, Report GSI/25/98.
- Bales S.L., Lee W.T., and Voelker J.M., 1981, "Standardized Wave and Wind Environments for NATO Operational Areas", David W. Taylor Naval Ship Research and Development Center, Report DTNSRDC/SPD-0919-01, July 1981, Maryland, USA.
- Bowman D., Arad D., Rosen D.S., Kit E., Goldbery R., Szlavicz A., (1988), "Flow characteristics along the rip current system under low-energy conditions", *Journal of Marine Geology*, No. 82, pp. 149-167.
- Bowman D., Birkenfield H., Rosen D.S., (1992), "The longshore flow component in low-energy rip channels: The Mediterranean, Israel", *Journal of Marine Geology*, No. 108, pp. 259-274.
- Bowman D., Rosen D. S., Kit E., Arad D., and Szlavicz A., (1988), "Flow characteristics at the rip current neck under low energy conditions", *Journal of Marine Geology*, No. 79, pp. 41-54.
- Bruun P., (1981), "Port Engineering", Gulf Publ.Co., 3rd ed., Houston, USA, 787 pp.
- Carmel, Z., Inman, D.L. and Golik, A., (1985), "Directional wave measurement at Haifa, Israel, and sediment transport along the Nile littoral cell", *Coastal Eng.*, Vol. 9, 21-36.
- Fenton, J. D., (1990), "Nonlinear Wave Theories," *Ocean Engineering Science. The Sea*, Vol. 9, Part A, Edited by Le Mehaute, B., and Hanes, D., John Wiley and Sons, New York, pp. 3-25.
- Fredsoe J., and Deigaard R., (1992), "Mechanics of coastal sediment transport", World Scientific, Singapore.
- Goda, Y., (1975), "Irregular Wave Deformation in the Surf Zone", *Coastal Engineering in Japan*, **18**, 13-26.
- Goda, Y., (1984), "Random Seas and Design of Maritime Structures", University of Tokyo Press, Tokyo, Japan, pp. 41-46.
- Goda, Y., (1988), "On the Methodology of Selecting Design Wave Height," *Proceedings, Twenty-first Coastal Engineering Conference, American Society of Civil Engineers, Costa del Sol-Malaga, Spain*, pp. 899-913.
- Golik A., Gardosh M., Gill D., and Almagor G., (1998), "Artificial Islands Project - Shallow Seismic Survey - Interim Report", IOLR report H31/98, August 1998
- Gringorten, I. I., (1963), "A Plotting Rule for Extreme Probability Paper," *Journal of Geophysical Research*, Vol. 68, No. 3, pp. 813-814.
- Gumbel, E. J., (1958), "Statistics of Extremes", Columbia University Press, New York.
- Hall J. K., Udintsev G.B., and Odinkov Y. Y., 1994, "The Bottom Relief of the Levantine Sea", in Krashennnikov V. A. and Hall J. K. (eds.), *Geological Structure of the Northeastern Mediterranean (Cruise 5 of the Research Vessel 'Akademik Nikolaj Strakhov')*, pp. 5-32., Historical Productions-Hall Ltd., Jerusalem, Israel.
- Headquarters, Department of the Army, (1989), "Water Levels and Wave Heights for Coastal Engineering Design," *Engineer Manual 1110-2-1414*, Washington, DC, Chapter 5, pp. 72-80.
- Hecht A., Pinardi N., and Robinson A.R., 1988, "Currents, Water Masses, Eddies and Jets in the Mediterranean Levantine Basin", *Journal of Physical Oceanography*, Vol. 18, No.10, pp.1320-1353.
- Hughes, S. A., and Borgman, L. E., (1987), "Beta-Rayleigh Distribution for Shallow Water Wave Heights," *Proceedings of the American Society of Civil Engineers Specialty Conference on Coastal Hydrodynamics, American Society of Civil Engineers*, pp. 17-31.
- Iosilevskii, Ya. A., Rosen D.S., Golik A., and Inman D.L., (1993), "Instrumental Evaluation of the Deep Water Directional Wave Climate Along the Mediterranean Coast of

Israel", Proc. 23rd International Conference on Coastal Engineering, Venice, October 1992, ASCE Publ., Vol. 1, Cap. 23, pp. 322-335.

- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), (1996a), "Climate Change 1995: The Science of Climate Change", Houghton, J.T., Meira Filho, L.G., Callander, B.A., Harris, N., Kattenberg, A., and Maskell, K., eds., Cambridge University Press, Cambridge, 572 p.
- IPCC, (1996b), "Climate Change 1995: Impacts, Adaptations and Mitigation of Climate Change: Scientific-Technical Analysis", Watson, R.T., Ziniyowera, M.C., and Moss, R.H., eds., Cambridge University Press, Cambridge, 878 p.
- Lacombe H., 1975, "Aperçus sur l'Apport a l'Océanographie Physique des Recherches Recentes en Mediterranee", Newsletter Coop. Invest. Medit., Vol 7., Special Issue, 25 pp.
- Longuett-Higgins, M.S., (1970), "Longshore currents generated by obliquely incident sea waves", 1, *Journal of Geophysical Research*, 7 Vol. 5, (33), 6778-6789
- Malanotte-Rizzoli P., Robinson A. R., Roether W., Manca B., Bergamasco A., Brenner S., Civitarese G., Georgopoulos D., Haley P. J., Kioroglou S., Kontoyannis H., Kress N., Latif M. A., Leslie W. G., Ozsoy E., Ribera d'Alcala M., Salihoglu I., Sansone E., and Theocharis A., 1996, "Experiment in Eastern Mediterranean Probes Origin of Deep Water Masses", EOS Transactions, Vol. 77, No. 32, Aug. 6, pp.305, 307.
- McDougal, W. G., and R.T. Hudspeth, (1983), "Wave Setup/Set-down and Longshore Current on Non-Planar Beaches", Coastal Engineering, Elsevier Sci. Publ., Vol. 7, 1983, pp. 103-117.
- Migniot C., (1966), "Reading Power station cooling water basin Report on natural phenomena", Laboratoire Centrale d'Hydraulique de France, September 1966, 71pp+18 plates.
- Muir, L. R., and El-Shaarawi, A. H., (1986), "On the Calculation of Extreme Wave Heights: A Review," Ocean Engineering, Vol. 13, No. 1, pp. 93-118.
- Nielsen J. N., 1912, "Hydrography of the Mediterranean and Adjacent Waters" in Report of the Danish Oceanographic Expedition 1908-1910 to the Mediterranean and Adjacent Waters, 1, Copenhagen, pp.72-191.
- Ovchinnikov I. M., and Fedoseyev A. F., 1965, "The Horizontal Circulation of the Water of the Mediterranean Sea during the Summer and Winter Seasons" in Basic Features of the Geological Structure, Hydrological Regime and Biology of the Mediterranean, L.M. Fomin (ed.), Translation by the Institute for Modern Languages of the USN Oceanography Office, pp.185-201.
- Ozsoy E., Hecht A., and Unluata U., 1989, "Circulation and Hydrography of the Levantine Basin. Results of POEM Coordinated Experiments 1985-1986" Progress in Oceanography, Vol. 22, pp. 125-170.
- Petruskas, C., and Aagaard, P. M., (1970), "Extrapolation of Historical Storm Data for Estimating Design Wave Heights," Proceedings, 2nd Offshore Technology Conference, OTC 1190.
- Ports and Railways Authority, Coastal Study Division, Yearly Hydrographic Reports, 1958-1982.
- Rijn L.C., (1989), "Handbook Sediment Transport by Currents and Waves", Delft Hydraulics, Rep. H 461.
- Robinson A. R., Golnaraghi M., Leslie W. G., Artegiani A., Hecht A., Lazzoni E., Michelato A., Sansone E., Theocharis A., and Unluata U., 1991, "The Eastern Mediterranean General Circulation: Features, Structure and Variability", Dynamics of Atmospheres and Oceans, Vol. 15, pp.215-240.
- Robinson A. R., and Golnaraghi M., 1994, "The Physical and Dynamical Oceanography of the Mediterranean Sea", in Malanotte-Rizzoli P. and Robinson A. R. (eds.), Ocean Processes in Climate Dynamics: Global and Mediterranean Examples, pp.255-306, Kluwer Academic Publishers, Netherlands.
- Rosen D. S., (1982), ""Ashdod Port Expansion Project, Wave Disturbance and Seakeeping Model Study, Progress report No. 1, A New Deepwater Wave Climate Evaluation for

- Ashdod", CAMERI, P. N. 100/82, Technion City, Haifa, February 1982, 104 pp. and 4 Appendices, (988 pp).
- Rosen D.S., (1993a), "Offshore Coal Unloading Terminal for Rutenberg Power Station: Fine Directional Distribution of Waves on the Mediterranean Coast of Israel Between 03/1984 – 05/1991 Using Directional Measurements off Haifa and Ashkelon", IOLR, P.N. H8/93, May 1993, Haifa.
 - Rosen D.S., (1993b), " Offshore Coal Unloading Terminal for Rutenberg Power Station, Hadera Wave and Current Monitoring Program. Reporting Period 18/01/93 - 03/03/93" ,, IOLR, P.N. H9/93, May 1993, Haifa.
 - Rosen D.S., (1993c), " Offshore Coal Unloading Terminal for Rutenberg Power Station, Ashkelon Wave and Current Monitoring Program. Reporting Period 21/01/93 - 30/03/93" , IOLR, Rep.No. H17/93, July 1993, Haifa,
 - Rosen D.S., (1993e), "Monitoring of Environmental Conditions Near Marina Herzelia, Wave and Current Assessment Program Based on Hadera Monitoring Station. Reporting Period 11/92 - 02/93", IOLR, P.N. H7/93, May 1993, Haifa.
 - Rosen D.S., (1993f), "Monitoring of Environmental Conditions Near Marina Herzelia, Wave and Current Assessment Program Based on Hadera Monitoring Station. Reporting Period 03/03/93 - 02/06/93" , IOLR, Rep.No. H18/93, July 1993, Haifa.
 - Rosen D.S., (1993g), "Monitoring of Environmental Conditions Near Marina Herzelia, Wave and Current Assessment Program Based on Hadera Monitoring Station. Reporting Period 02/06/93 - 13/09/93" , IOLR, Rep.No. H34/93, October 1993, Haifa.
 - Rosen D.S., (1993h), "Offshore Coal Unloading Terminal for Rutenberg Power Station, Hadera Wave and Current Monitoring Program. Reporting Period 03/03/93 - 02/06/93" , IOLR, Rep.No. H19/93, July 1993, Haifa.
 - Rosen D.S., (1993i), "Offshore Coal Unloading Terminal for Rutenberg Power Station, Hadera Wave and Current Monitoring Program. Reporting Period 02/06/93 - 13/09/93" , IOLR, Rep.No. H33/93, October 1993, Haifa.
 - Rosen D.S., Kit E., (1982), "Evaluation of the Wave Climate at the Mediterranean Coast of Israel", Israel Journal of Earth-Sciences, Vol. 30, No. 4, August 1981, pp. 120-134.
 - Rosen D.S., Vajda M., (1978), "Hadera offshore coal unloading terminal-Wave disturbance model investigation, Progress report No.5 – Hadera wind and wave climate (analysis of field data)", CAMERI, P. N. 32/78, Technion City, Haifa, May 1978, 78 p.
 - Rosen D.S., Vajda M., (1979), "Hadera Offshore Coal Unloading Terminal – Wave Disturbance Model Investigation – Hadera Wind and Wave Climate", CAMERI, P. N. 47/79, Technion City, Haifa, April 1979.
 - Rosen, D.S., (1981), "The sedimentological influences of detached breakwaters", M.Sc. Thesis, Faculty of Civil Engineering, Technion Israel Institute of Technology. (in Hebrew with English summary), July 1981, 236 pp.
 - Rosen D.S., Vajda M., (1982), "Sedimentological influences of detached breakwaters", Proceedings of the 18th International Conference on Coastal Engineering, Capetown, ASCE Publ., Vol. 2, Ch. 116, November 1982, pp. 1930-1949.
 - Rosen D.S., (1997), "Physical aspects of the Mediterranean versus sustainable coastal and marine development", Proc. of International Forum on The Fragility of the Mediterranean Ecosystem, A Conflict of Uses and Resources, , Villanova i la Geltru (Barcellona), Spain, 12-13 March 12-13,1997, 20p.
 - Rosen D.S., (1998), "Assessment of marine environmental impacts due to construction of artificial islands on the coast of Israel, Characterisation of mete-oceanographic climate in the study sector, Progress Report No. 4", IOLR, Rep. H16/98, Haifa, May 1998.
 - Rozentraub Z., 1997, "Current Measurements and Current Profile off the Mediterranean Shelf of Israel Using a Ship-Mounted Accoustic Doppler Current Profiler ", IOLR., (in preparation).
 - Sarpkaya T., and Isaacson M., (1980), "Mechanics of wave forces on offshore structures", Van Nostrand Reinhold Co., N.Y., USA.

- Sauzay G., Gilath Ch., Meltzer M., Courtois G., Frenkel I., Levin A., and Blit S., (1974), "Study of sediment transport on the sea and on the beach at the site of the Hadera power plant", Israel Atomic Energy Commission, 59p.
- Susbielles G., Bratu C., and Cavanie A., (1981), "Vagues et ouvrages petroliers en mer", Editions Technip, Paris, France, pp.501.
- U.S. Army Corps of Engineers, Coastal Engineering Research Center, (1984), "Shore Protection Manual", vol I, II, 2nd ed.
- Vik I., and Houmb O.G., (1977), "Wave statistics at Utsira with special reference to duration and frequency of storms", Div. of Port and Ocean Engineering, Univ. of Trondheim, Norwegian Inst. Of Technology, Trondheim, Norway.
- Wiegel, R.L., (1964), "Oceanographical Engineering", Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey, USA.
- Young I.R., and Holland G.J., 1996, "Atlas of the Oceans: Wind and Wave Climate", Elsevier Science Ltd., Oxford, UK.

6. הבעת תודה

נתוני הגלים לעבודה הנוכחית נאספו ע"י רשות הנמלים והרכבות באופן עצמאי בעבר ובעזרת המכון להנדסה ימית בתחנות מדי הגלים הצפים באשדוד וחיפה בהווה, וכן ע"י חקר ימים ואגמים לישראל בתחנות הגלים באשקלון וחיפה בעבר, ובחדרה וחיפה בהווה. כל הגופים ראויים לתודה על איסוף הנתונים החשובים הללו, אשר יחד יוצרים כיום אחד מבסיסי נתוני הגלים המכובד ביותר בעולם.

תודת המחבר לאינג' לזר רסקין, M.Sc., על עזרתו בהכנת טבלאות השכיחויות של משטר הגלים ובהוצאת הדו"ח.

טבלאות

טבלה מס' 1 - שכיחות התפלגות כיוונית שנתית ממוצעת של מהירות הרוח בחוף אשדוד תקופת התצפית: 1992-1995 (2023 תצפיות שעתיות על בסיס ממוצעים כל 10 דקות)

דרגת בופור	כיוון (°) עצמה (קשר)	0 - 22.5	22.5 - 45	45 - 67.5	67.5 - 90	90 - 112.5	112.5 - 135	135 - 157.5	157.5 - 180	180 - 202.5	202.5 - 225	225 - 247.5	247.5 - 270	270 - 292.5	292.5 - 315	315 - 337.5	337.5 - 360	סה"כ
0	0 – 1	0.11	0.06	0.07	0.07	0.04	0.07	0.09	0.14	0.02	0.04	0.02	0.02	0.02	0.05	0.04	0.03	0.92
1	1 – 3	0.57	0.54	0.45	0.46	0.57	0.83	0.94	0.63	0.39	0.28	0.32	0.37	0.38	0.46	0.47	0.45	8.11
2	3 – 6	1.74	1.54	1.36	1.64	2.05	3.11	8.46	6.35	1.33	0.63	0.71	1.14	1.79	2.22	2.14	1.41	37.60
3	6 – 10	1.43	0.31	0.40	0.78	0.92	0.33	1.77	7.64	1.07	0.87	1.74	3.50	4.48	5.18	4.11	3.14	37.64
4	10 – 16	0.72	0.05	0.04	0.03	0.30	0.06	0.05	0.45	0.61	0.66	1.39	2.16	1.85	1.56	2.04	1.97	13.96
5	16 – 21	0.09	0	0	0	0.03	0	0	0	0.02	0.12	0.27	0.23	0.29	0.13	0.06	0.06	1.32
6	21 – 27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.08	0.18	0.03	0.06	0.04	0	0.02	0.43
7	27 – 33	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.01	0.01	0	0	0	0	0	0.02
8	33 – 40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	40 – 47	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	47 – 55	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	56 – 63	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	63 – 71	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	סה"כ	4.66	2.50	2.32	2.99	3.91	4.39	11.31	15.21	3.44	2.69	4.64	7.45	8.88	9.64	8.87	7.08	100

טבלה מס' 3 - שכיחות התפלגות כיוונית שנתית ממוצעת של מהירות הרוח בים, 2.2 ק"מ מחוף חדרה, בקו עומק 27- מ', תקופת התצפית: 1995-1997 (21952 תצפיות שעתיות על בסיס ממוצעים כל 5 דקות)

דרגת בופור	כיוון (°) עצמה (קשר)	0 - 22.5	22.5 - 45	45 - 67.5	67.5 - 90	90 - 112.5	112.5 - 135	135 - 157.5	157.5 - 180	180 - 202.5	202.5 - 225	225 - 247.5	247.5- 270	270 - 292.5	292.5 - 315	315 - 337.5	337.5 - 360	סה"כ
0	0 – 1	0.01	0.01	0.03	0	0.02	0.01	0	0	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.02	0.20
1	1 – 3	0.26	0.63	0.45	0.26	0.15	0.15	0.14	0.11	0.12	0.18	0.17	0.18	0.17	0.14	0.18	0.10	3.39
2	3 – 6	0.82	5.59	3.27	4.03	1.40	0.69	0.59	0.73	1.36	1.43	1.26	1.45	1.13	0.72	0.38	0.34	25.22
3	6 – 10	1.02	2.16	1.92	7.02	1.66	2.12	0.99	1.79	3.47	4.44	4.31	3.52	2.89	2.21	0.97	0.54	41.03
4	10 – 16	0.42	0.04	0.44	0.67	0.11	2.39	1.42	2.01	2.39	2.67	2.43	1.33	1.40	2.66	1.86	0.77	23.02
5	16 – 21	0	0	0	0.04	0	0.46	0.50	0.45	0.62	0.61	0.62	0.17	0.09	0.25	1.08	0.33	5.22
6	21 – 27	0	0	0	0	0	0.07	0.13	0.25	0.32	0.27	0.28	0.02	0.02	0.03	0.37	0.07	1.84
7	27 – 33	0	0	0	0	0	0	0.02	0.02	0.03	0.01	0	0	0	0	0	0	0.09
8	33 – 40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	40 – 47	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	47 – 55	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	56 – 63	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	63 – 71	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	סה"כ	2.54	8.44	6.10	12.04	3.34	5.89	3.79	5.37	8.32	9.63	9.08	6.69	5.72	6.03	4.85	2.17	100.00

**טבלה מס' 5 - שכיחות התפלגות כיוונית שנתית ממוצעת של מהירות הרוח בחוף תל-אביב (שדה
 (דב) תקופת התצפית: 01/1971-10/1997 (58177 תצפיות רגעיות תלת-שעיתות)**

דרגת בופור	כיוון (°) עצמה (קשר)	0 - 22.5	22.5 - 45	45 - 67.5	67.5 - 90	90 - 112.5	112.5 - 135	135 - 157.5	157.5 - 180	180 - 202.5	202.5 - 225	225 - 247.5	247.5- 270	270 - 292.5	292.5 - 315	315 - 337.5	337.5 - 360	סה"כ
0	0 – 1	0.04	0.04	0.04	0.09	0.03	0.10	0.03	0.02	0.01	0.02	0.01	0.06	0.02	0.03	0.02	0.01	0.58
1	1 – 3	0.86	0.53	0.42	1.39	1.25	1.93	1.01	0.61	0.16	0.28	0.35	0.73	0.36	0.54	0.44	0.23	11.09
2	3 – 6	1.35	1.41	0.93	2.61	2.63	4.42	2.74	1.60	0.47	1.17	1.23	2.41	1.40	1.84	1.49	0.78	28.49
3	6 – 10	1.84	0.91	0.57	1.46	0.78	1.34	1.96	2.18	0.98	2.86	2.83	7.07	3.76	4.83	4.05	2.02	39.47
4	10 – 16	1.11	0.12	0.11	0.24	0.11	0.19	0.28	0.62	0.51	1.44	1.60	2.93	1.25	1.30	2.07	1.72	15.62
5	16 – 21	0.26	0.01	0.01	0.02	0.02	0.01	0.02	0.07	0.11	0.43	0.52	0.83	0.27	0.20	0.14	0.32	3.23
6	21 – 27	0.03	0	0	0.01	0	0	0	0.01	0.02	0.21	0.21	0.33	0.13	0.10	0.03	0.04	1.13
7	27 – 33	0	0	0	0	0	0	0	0	0.01	0.10	0.06	0.10	0.05	0.03	0.01	0.01	0.36
8	33 – 40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.01	0.01	0.01	0	0	0	0	0.04
9	40 – 47	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	47 – 55	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	56 – 63	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	63 – 71	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	סה"כ	5.49	3.02	2.08	5.83	4.84	7.99	6.05	5.11	2.28	6.51	6.83	14.48	7.26	8.86	8.24	5.13	100

טבלה מס' 7 - אשדוד-סטטיסטיקת גלים במים עמוקים
שכיחות משותפת (%) של גובה הגל המשמעותי ואזימות כיוון הגלים (04/92-03/98) - קיץ

Az (deg)	205	215	225	235	245	255	265	275	285	295	305	315	325	335	345	355	סה"כ
Hmo,o (m)																	
0.0 - 0.2	0.244	0.012	0.036	0.024	0.030	0.018	0.036	0.066	0.113	0.173	0.119	0.072	0.072	0.083	0.060	0.107	1.269
0.2 - 0.4			0.101	0.083	0.060	0.030	0.107	0.566	1.061	1.502	0.965	0.703	0.441	0.518	0.596	0.518	7.252
0.4 - 0.6		0.006	0.048	0.036	0.036	0.048	0.286	1.770	3.748	2.902	1.335	0.906	0.721	0.798	0.953	0.655	14.253
0.6 - 0.8		0.006	0.054	0.030	0.030	0.089	0.215	2.640	4.713	2.920	1.317	0.584	0.399	0.566	0.793	0.435	14.790
0.8 - 1.0			0.030	0.024	0.024	0.060	0.185	1.585	3.254	1.960	0.870	0.292	0.161	0.238	0.399	0.286	9.373
1.0 - 1.2			0.030	0.006	0.012	0.048	0.143	0.846	1.925	1.311	0.316	0.125	0.048	0.060	0.203	0.179	5.256
1.2 - 1.4			0.006	0.006	0.012	0.018	0.060	0.465	1.025	0.995	0.256	0.054	0.018	0.048	0.125	0.089	3.176
1.4 - 1.6					0.006	0.018	0.036	0.352	0.590	0.477	0.113	0.024		0.036	0.048	0.030	1.734
1.6 - 1.8					0.006	0.006	0.036	0.173	0.352	0.244	0.030	0.012	0.006	0.006	0.036	0.018	0.930
1.8 - 2.0						0.012	0.018	0.054	0.101	0.095	0.012	0.006	0.012		0.006	0.006	0.322
2.0 - 2.2							0.030	0.083	0.089	0.113	0.048	0.024			0.018	0.006	0.411
2.2 - 2.4						0.012	0.012	0.012	0.048	0.054	0.066	0.024	0.012		0.012	0.006	0.268
2.4 - 2.6						0.006		0.006	0.018	0.066	0.036	0.042	0.018		0.012		0.209
2.6 - 2.8						0.006		0.018	0.012	0.024	0.012	0.006					0.083
2.8 - 3.0								0.012	0.012	0.024	0.006	0.006					0.060
3.0 - 3.2								0.012		0.012	0.006	0.012					0.042
3.2 - 3.4								0.006				0.018					0.024
3.4 - 3.6											0.012	0.018					0.030
3.6 - 3.8								0.006			0.006	0.012	0.006				0.030
3.8 - 4.0								0.006		0.006		0.018	0.018				0.048
4.0 - 4.2											0.006	0.006					0.012
4.2 - 4.4											0.006		0.006				0.012
4.4 - 4.6																	
4.6 - 4.8																	
4.8 - 5.0																	
5.0 - 5.2																	
5.2 - 5.4																	
5.4 - 5.6																	
5.6 - 5.8																	
5.8 - 6.0																	
סה"כ	0.244	0.024	0.310	0.209	0.220	0.375	1.174	8.682	17.054	12.877	5.536	2.973	1.943	2.360	3.271	2.336	59.588

טבלה מס' 8 - אשדוד-סטטיסטיקת גלים במים עמוקים
שכיחות משותפת (%) של גובה הגל המשמעותי ואזימות כיוון הגלים (04/92-03/98) - חורף

Az (deg)	205	215	225	235	245	255	265	275	285	295	305	315	325	335	345	355	סה"כ
Hmo,o (m)																	
0.0 - 0.2	0.186	0.048	0.020	0.020	0.008	0.008		0.105	0.081	0.081	0.093	0.105	0.101	0.081	0.081	0.061	1.075
0.2 - 0.4	0.020	0.032	0.125	0.141	0.057	0.044	0.061	0.440	1.006	0.731	0.360	0.327	0.521	0.962	0.812	0.396	6.033
0.4 - 0.6	0.008	0.020	0.162	0.194	0.101	0.117	0.198	0.857	1.786	1.087	0.683	0.352	0.647	0.966	1.099	0.578	8.842
0.6 - 0.8			0.057	0.085	0.129	0.125	0.113	0.606	1.378	1.059	0.440	0.275	0.234	0.513	0.663	0.299	5.977
0.8 - 1.0	0.008	0.008		0.012	0.073	0.061	0.141	0.582	1.067	0.659	0.267	0.194	0.129	0.230	0.242	0.105	3.779
1.0 - 1.2				0.036	0.069	0.113	0.198	0.634	0.824	0.509	0.174	0.137	0.081	0.085	0.182	0.113	3.152
1.2 - 1.4			0.008	0.032	0.036	0.044	0.141	0.440	0.707	0.335	0.194	0.044	0.048	0.057	0.061	0.048	2.194
1.4 - 1.6				0.012	0.020	0.129	0.125	0.396	0.554	0.497	0.105	0.032	0.048	0.057	0.012	0.008	1.992
1.6 - 1.8				0.008	0.008	0.057	0.101	0.247	0.291	0.299	0.105	0.044	0.036	0.024	0.012		1.229
1.8 - 2.0					0.012	0.012	0.069	0.230	0.275	0.242	0.129	0.024		0.008	0.012	0.008	1.018
2.0 - 2.2					0.012	0.032	0.081	0.174	0.206	0.360	0.057	0.020	0.008	0.008			0.950
2.2 - 2.4					0.008	0.020	0.081	0.194	0.210	0.198	0.069	0.061	0.008				0.845
2.4 - 2.6					0.008	0.024	0.044	0.081	0.206	0.166	0.073	0.012	0.008				0.618
2.6 - 2.8				0.008			0.032	0.069	0.125	0.073	0.036	0.024	0.008				0.372
2.8 - 3.0						0.008	0.044	0.154	0.117	0.073	0.020	0.008	0.008				0.428
3.0 - 3.2							0.057	0.085	0.093	0.044	0.020						0.299
3.2 - 3.4						0.032	0.048	0.113	0.137	0.085	0.024	0.012					0.453
3.4 - 3.6						0.024	0.036	0.101	0.081	0.048	0.036	0.024					0.352
3.6 - 3.8								0.069	0.036	0.061	0.024	0.008					0.198
3.8 - 4.0							0.024	0.069	0.020	0.020	0.008		0.008				0.141
4.0 - 4.2							0.024	0.032	0.036		0.020	0.008					0.117
4.2 - 4.4							0.024	0.032	0.044	0.012	0.008						0.117
4.4 - 4.6							0.008	0.012	0.036	0.020							0.073
4.6 - 4.8							0.012	0.032	0.020								0.061
4.8 - 5.0								0.012	0.024	0.008							0.044
5.0 - 5.2							0.020	0.012									0.032
5.2 - 5.4																	
5.4 - 5.6									0.012	0.008							0.020
5.6 - 5.8																	
5.8 - 6.0																	
סה"כ	0.218	0.105	0.368	0.546	0.533	0.845	1.681	5.775	9.363	6.672	2.938	1.705	1.887	2.990	3.176	1.612	40.412

טבלה מס' 9 - אשדוד-סטטיסטיקת גלים במים עמוקים
שכיחות משותפת (%) של גובה הגל המשמעותי ואזימות כיוון הגלים (04/92-03/98) - שנת

Az (deg)	205	215	225	235	245	255	265	275	285	295	305	315	325	335	345	355	סה"כ
Hmo,o (m)																	
0.0 - 0.2	0.43	0.06	0.06	0.04	0.04	0.02	0.04	0.17	0.19	0.25	0.21	0.18	0.17	0.16	0.14	0.17	2.34
0.2 - 0.4	0.02	0.03	0.22	0.22	0.12	0.07	0.17	1.00	2.07	2.23	1.33	1.03	0.96	1.48	1.41	0.92	13.28
0.4 - 0.6	0.01	0.02	0.21	0.23	0.14	0.17	0.48	2.62	5.53	3.99	2.02	1.26	1.36	1.77	2.05	1.23	23.10
0.6 - 0.8		0.01	0.11	0.12	0.16	0.21	0.33	3.25	6.09	3.98	1.76	0.86	0.63	1.08	1.46	0.73	20.77
0.8 - 1.0	0.01	0.01	0.03	0.04	0.10	0.12	0.33	2.17	4.32	2.62	1.13	0.48	0.29	0.47	0.64	0.39	13.15
1.0 - 1.2			0.03	0.04	0.08	0.16	0.34	1.48	2.75	1.82	0.49	0.26	0.13	0.15	0.38	0.29	8.40
1.2 - 1.4			0.01	0.04	0.05	0.06	0.20	0.91	1.73	1.33	0.45	0.10	0.07	0.11	0.19	0.14	5.37
1.4 - 1.6				0.01	0.02	0.15	0.16	0.75	1.14	0.97	0.22	0.06	0.05	0.09	0.06	0.04	3.73
1.6 - 1.8				0.01	0.01	0.06	0.14	0.42	0.65	0.54	0.14	0.06	0.04	0.03	0.05	0.02	2.16
1.8 - 2.0					0.01	0.02	0.09	0.29	0.37	0.33	0.14	0.03	0.01	0.01	0.02	0.01	1.34
2.0 - 2.2					0.01	0.03	0.11	0.25	0.29	0.47	0.11	0.04	0.01	0.01	0.02	0.01	1.36
2.2 - 2.4					0.01	0.03	0.09	0.20	0.26	0.25	0.14	0.09	0.02		0.01	0.01	1.11
2.4 - 2.6					0.01	0.03	0.04	0.09	0.22	0.24	0.11	0.06	0.02		0.01		0.83
2.6 - 2.8				0.01		0.01	0.03	0.09	0.14	0.10	0.05	0.03	0.01				0.45
2.8 - 3.0						0.01	0.04	0.17	0.13	0.10	0.02	0.01	0.01				0.49
3.0 - 3.2							0.06	0.10	0.09	0.06	0.02	0.01					0.34
3.2 - 3.4						0.03	0.05	0.12	0.14	0.09	0.02	0.03					0.48
3.4 - 3.6						0.02	0.04	0.10	0.08	0.05	0.05	0.04					0.38
3.6 - 3.8								0.07	0.04	0.06	0.03	0.02	0.01				0.23
3.8 - 4.0							0.02	0.07	0.02	0.02	0.01	0.02	0.02				0.19
4.0 - 4.2							0.02	0.03	0.04		0.02	0.01					0.13
4.2 - 4.4							0.02	0.03	0.04	0.01	0.01		0.01				0.13
4.4 - 4.6							0.01	0.01	0.04	0.02							0.07
4.6 - 4.8							0.01	0.03	0.02								0.06
4.8 - 5.0								0.01	0.02	0.01							0.04
5.0 - 5.2							0.02	0.01									0.03
5.2 - 5.4																	
5.4 - 5.6									0.01	0.01							0.02
5.6 - 5.8																	
5.8 - 6.0																	
סה"כ	0.46	0.13	0.68	0.76	0.76	1.22	2.85	14.46	26.42	19.55	8.48	4.68	3.83	5.35	6.44	3.95	100.00

טבלה מס' 10 - אשדוד-סטטיסטיקת גלים במים עמוקים
שכיחות משותפת (%) של גובה הגל המשמעותי וזמן מחזור שיא הספקטרום (04/92-03/98) - קיץ

סה"כ	16.0	15.0	14.0	13.0	12.0	11.0	10.0	9.0	8.0	7.0	6.0	5.0	4.0	3.0	סה"כ
סה"כ	16.0	15.0	14.0	13.0	12.0	11.0	10.0	9.0	8.0	7.0	6.0	5.0	4.0	3.0	סה"כ
סה"כ	16.0	15.0	14.0	13.0	12.0	11.0	10.0	9.0	8.0	7.0	6.0	5.0	4.0	3.0	סה"כ
0.0 - 0.2					0.006	0.012	0.012	0.018	0.060	0.048	0.131	0.346	0.310	0.322	1.269
0.2 - 0.4					0.012	0.018	0.018	0.030	0.119	0.083	1.079	1.972	2.580	1.341	7.252
0.4 - 0.6					0.006	0.024	0.012	0.048	0.161	1.555	4.785	4.070	2.556	1.031	14.253
0.6 - 0.8				0.006	0.018	0.060	0.030	0.089	0.691	4.171	5.589	2.687	1.108	0.340	14.790
0.8 - 1.0						0.012	0.024	0.083	1.341	3.903	2.747	0.882	0.358	0.024	9.373
1.0 - 1.2						0.006	0.018	0.072	1.680	2.163	0.941	0.310	0.054		5.256
1.2 - 1.4						0.012	0.012	0.119	1.549	0.959	0.375	0.131	0.012		3.176
1.4 - 1.6						0.006	0.036	0.215	1.019	0.268	0.173	0.018			1.734
1.6 - 1.8							0.024	0.185	0.506	0.113	0.083	0.018			0.930
1.8 - 2.0							0.012	0.054	0.179	0.030	0.036				0.322
2.0 - 2.2							0.024	0.125	0.137	0.054	0.024				0.411
2.2 - 2.4							0.006	0.054	0.149	0.018	0.024				0.268
2.4 - 2.6							0.012	0.036	0.113	0.036					0.209
2.6 - 2.8							0.012	0.030	0.030		0.006				0.083
2.8 - 3.0							0.012	0.024	0.012	0.006					0.060
3.0 - 3.2							0.018	0.006		0.006					0.042
3.2 - 3.4							0.006	0.006	0.012						0.024
3.4 - 3.6							0.012	0.006	0.006						0.030
3.6 - 3.8							0.012	0.006							0.030
3.8 - 4.0							0.024	0.006	0.006						0.048
4.0 - 4.2								0.006	0.006						0.012
4.2 - 4.4							0.012								0.012
4.4 - 4.6															
4.6 - 4.8															
4.8 - 5.0															
5.0 - 5.2															
5.2 - 5.4															
5.4 - 5.6															
5.6 - 5.8															
5.8 - 6.0															
סה"כ	3.057	6.984	10.434	15.999	13.419	7.770	1.216	0.369	0.286	0.042	0.006				59.588

טבלה מס' 11 - אשדוד-סטטיסטיקת גלים במים עמוקים
שכיחות משותפת (%) של גובה הגל המשמעותי וזמן מחזור שיא הספקטרום (04/92-03/98) - חורף

סה"כ	16.0	15.0	14.0	13.0	12.0	11.0	10.0	9.0	8.0	7.0	6.0	5.0	4.0	3.0	סה"כ
סה"כ	16.0	15.0	14.0	13.0	12.0	11.0	10.0	9.0	8.0	7.0	6.0	5.0	4.0	3.0	סה"כ
סה"כ	16.0	15.0	14.0	13.0	12.0	11.0	10.0	9.0	8.0	7.0	6.0	5.0	4.0	3.0	סה"כ
0.0 - 0.2							0.008	0.012	0.057	0.036	0.141	0.287	0.275	0.255	1.075
0.2 - 0.4				0.008			0.024	0.101	0.461	0.707	1.806	1.099	1.087	0.699	6.033
0.4 - 0.6			0.008	0.012	0.012	0.024	0.073	0.242	0.711	1.487	2.352	1.742	1.451	0.727	8.842
0.6 - 0.8				0.008	0.008	0.073	0.105	0.154	0.602	1.435	1.439	1.378	0.639	0.141	5.977
0.8 - 1.0					0.036	0.129	0.150	0.125	0.707	0.929	0.812	0.634	0.234		3.779
1.0 - 1.2					0.069	0.154	0.105	0.137	0.893	0.566	0.651	0.445	0.105		3.152
1.2 - 1.4			0.008		0.048	0.154	0.081	0.137	0.744	0.384	0.384	0.198	0.024		2.194
1.4 - 1.6					0.032	0.048	0.117	0.154	0.808	0.372	0.315	0.113			1.992
1.6 - 1.8					0.012	0.020	0.032	0.255	0.428	0.299	0.174	0.008			1.229
1.8 - 2.0			0.008		0.020	0.036	0.044	0.222	0.323	0.279	0.061	0.008			1.018
2.0 - 2.2					0.024	0.061	0.061	0.186	0.323	0.198	0.073				0.950
2.2 - 2.4			0.008		0.024	0.044	0.117	0.186	0.230	0.194	0.044				0.845
2.4 - 2.6					0.008	0.057	0.061	0.198	0.182	0.073	0.012				0.618
2.6 - 2.8						0.036	0.093	0.117	0.081	0.024	0.008				0.372
2.8 - 3.0						0.085	0.117	0.081	0.101	0.032					0.428
3.0 - 3.2						0.081	0.057	0.057	0.085	0.012					0.299
3.2 - 3.4						0.105	0.044	0.129	0.137	0.012					0.453
3.4 - 3.6						0.101	0.081	0.081	0.085	0.008					0.352
3.6 - 3.8						0.085	0.061	0.036	0.008						0.198
3.8 - 4.0						0.032	0.012	0.057	0.032	0.008					0.141
4.0 - 4.2						0.036	0.032	0.032	0.008						0.117
4.2 - 4.4						0.032	0.044	0.012	0.044	0.020					0.117
4.4 - 4.6						0.008	0.032			0.008					0.073
4.6 - 4.8						0.036	0.012			0.008					0.061
4.8 - 5.0						0.012	0.020			0.008					0.044
5.0 - 5.2						0.012	0.008	0.008							0.032
5.2 - 5.4															
5.4 - 5.6							0.008								0.020
5.6 - 5.8															
5.8 - 6.0															
סה"כ	1.823	3.815	5.904	8.272	7.052	7.003	2.716	1.592	1.532	0.408	0.267	0.024			40.412

טבלה מס' 12 - אשדוד-סטטיסטיקת גלים במים עמוקים
שכיחות משותפת (%) של גובה הגל המשמעותי וזמן מחזור שיא הספקטרום (04/92-03/98) - שנתי

סה"כ	16.0	15.0	14.0	13.0	12.0	11.0	10.0	9.0	8.0	7.0	6.0	5.0	4.0	3.0	סה"כ
סה"כ	16.0	15.0	14.0	13.0	12.0	11.0	10.0	9.0	8.0	7.0	6.0	5.0	4.0	3.0	סה"כ
Hmo,o (m)	16.0	15.0	14.0	13.0	12.0	11.0	10.0	9.0	8.0	7.0	6.0	5.0	4.0	3.0	Hmo,o (m)
0.0 - 0.2					0.01	0.02	0.02	0.03	0.12	0.09	0.27	0.63	0.58	0.58	2.34
0.2 - 0.4				0.01	0.01	0.04	0.07	0.13	0.58	0.79	2.88	3.07	3.67	2.04	13.28
0.4 - 0.6			0.01	0.01	0.02	0.05	0.09	0.29	0.87	3.05	7.14	5.81	4.01	1.76	23.10
0.6 - 0.8				0.01	0.02	0.14	0.14	0.24	1.29	5.61	7.03	4.06	1.75	0.48	20.77
0.8 - 1.0				0.02	0.04	0.14	0.17	0.20	2.05	4.83	3.56	1.51	0.60	0.02	13.15
1.0 - 1.2				0.02	0.07	0.16	0.12	0.21	2.57	2.73	1.59	0.76	0.16		8.40
1.2 - 1.4			0.01	0.03	0.05	0.17	0.09	0.25	2.29	1.35	0.76	0.33	0.04		5.37
1.4 - 1.6				0.03	0.03	0.06	0.16	0.37	1.82	0.64	0.49	0.13			3.73
1.6 - 1.8				0.01	0.01	0.02	0.06	0.44	0.94	0.41	0.25	0.02			2.16
1.8 - 2.0			0.01	0.02	0.02	0.04	0.06	0.28	0.50	0.31	0.10	0.01			1.34
2.0 - 2.2				0.02	0.02	0.09	0.11	0.31	0.46	0.25	0.10				1.36
2.2 - 2.4			0.01		0.02	0.06	0.12	0.24	0.38	0.21	0.07				1.11
2.4 - 2.6				0.03	0.01	0.07	0.07	0.24	0.29	0.11	0.01				0.83
2.6 - 2.8				0.01		0.04	0.11	0.15	0.11	0.02	0.01				0.45
2.8 - 3.0				0.01		0.09	0.13	0.09	0.12	0.04					0.49
3.0 - 3.2					0.01	0.09	0.07	0.06	0.09	0.02					0.34
3.2 - 3.4					0.02	0.12	0.05	0.14	0.14	0.01					0.48
3.4 - 3.6						0.11	0.09	0.09	0.09						0.38
3.6 - 3.8					0.01	0.10	0.07	0.04	0.01						0.23
3.8 - 4.0					0.01	0.06	0.02	0.06	0.02						0.19
4.0 - 4.2					0.01	0.04	0.04	0.04	0.01						0.13
4.2 - 4.4					0.02	0.03	0.02	0.01	0.01						0.13
4.4 - 4.6					0.01	0.01	0.01	0.03	0.03						0.07
4.6 - 4.8					0.01	0.04	0.01	0.01	0.01						0.06
4.8 - 5.0					0.01	0.01	0.02	0.01	0.01						0.04
5.0 - 5.2					0.01	0.01	0.01	0.01							0.03
5.2 - 5.4															
5.4 - 5.6						0.01									0.02
5.6 - 5.8															
5.8 - 6.0															
סה"כ	4.88	10.80	16.34	24.27	20.47	14.77	3.93	1.97	1.82	0.45	0.27	0.02			100.00

טבלה מס' 13 - אשדוד-סטטיסטיקת גלים במים עמוקים
שכיחות משותפת (%) של זמן מחזור שיא הספקטרום ואזימות כיוון הגלים (04/92-03/98) - קיץ

סה"כ	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0	11.0	12.0	13.0	14.0	15.0	16.0	סה"כ
205	0.042	0.083	0.054		0.036	0.024									0.244
215	0.012	0.006				0.006									0.024
225	0.149	0.107	0.036	0.012		0.006									0.310
235	0.107	0.048	0.042	0.006		0.006									0.209
245	0.095	0.048	0.066	0.012											0.220
255	0.036	0.066	0.113	0.131	0.018	0.006			0.006						0.375
265	0.072	0.083	0.203	0.310	0.232	0.155	0.048	0.030	0.030	0.006					1.174
275	0.072	0.203	0.536	2.741	2.729	1.680	0.405	0.173	0.119	0.024					8.682
285	0.101	0.542	1.651	5.083	5.875	3.337	0.346	0.060	0.048	0.012					17.054
295	0.268	0.870	2.121	4.147	3.212	1.954	0.268	0.012	0.018		0.006				12.877
305	0.232	0.947	1.484	1.525	0.816	0.405	0.095	0.024	0.012						5.536
315	0.310	0.870	0.846	0.477	0.220	0.119	0.042	0.054	0.030						2.973
325	0.304	0.644	0.644	0.197	0.072	0.030	0.012	0.012	0.018						1.943
335	0.512	0.816	0.638	0.304	0.066	0.012									2.360
345	0.387	0.924	1.120	0.715	0.113	0.012									3.271
355	0.358	0.727	0.876	0.334	0.024	0.018									2.336
סה"כ	3.057	6.984	10.434	15.999	13.419	7.770	1.216	0.369	0.286	0.042	0.006				59.588

טבלה מס' 14 - אשדוד-סטטיסטיקת גלים במים עמוקים
שכיחות משותפת (%) של זמן מחזור שיא הספקטרום ואזימות כיוון הגלים (04/92-03/98) - חורף

סה"כ	16.0	15.0	14.0	13.0	12.0	11.0	10.0	9.0	8.0	7.0	6.0	5.0	4.0	3.0	סה"כ
205												0.057	0.081	0.081	0.218
215												0.008	0.008	0.093	0.105
225												0.008	0.069	0.291	0.368
235											0.032	0.069	0.174	0.275	0.546
245										0.032	0.061	0.141	0.206	0.093	0.533
255									0.048	0.069	0.222	0.267	0.182	0.057	0.845
265								0.154	0.287	0.327	0.299	0.210	0.117	0.044	1.681
275							0.570	0.756	1.418	1.018	0.812	0.267	0.101	0.036	5.775
285							0.509	0.966	2.526	2.413	1.451	0.473	0.093	0.048	9.363
295							0.287	0.590	1.847	1.402	1.637	0.477	0.166	0.008	6.672
305							0.081	0.150	0.521	0.546	0.837	0.485	0.162	0.048	2.938
315							0.057	0.069	0.137	0.230	0.594	0.416	0.154	0.036	1.705
325							0.008	0.020	0.057	0.267	0.509	0.647	0.311	0.069	1.887
335							0.008	0.008	0.113	0.404	0.917	0.901	0.525	0.117	2.990
345									0.044	0.311	0.776	0.986	0.820	0.234	3.176
355									0.008	0.036	0.125	0.501	0.651	0.291	1.612
סה"כ							1.592	2.716	7.003	7.052	8.272	5.904	3.815	1.823	40.412

טבלה מס' 15 - אשדוד-סטטיסטיקת גלים במים עמוקים
שכיחות משותפת (%) של זמן מחזור שיא הספקטרום ואזימות כיוון הגלים (04/92-03/98) - שנתי

T(s)	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0	11.0	12.0	13.0	14.0	15.0	16.0	סה"כ
Az(deg)															
205	0.120	0.160	0.110		0.040	0.020									0.460
215	0.110	0.010	0.010			0.010									0.130
225	0.440	0.170	0.040	0.010		0.010									0.680
235	0.380	0.220	0.110	0.040		0.010									0.760
245	0.190	0.250	0.210	0.070	0.030										0.760
255	0.090	0.250	0.380	0.350	0.090	0.060			0.010						1.220
265	0.120	0.200	0.420	0.610	0.560	0.440	0.200	0.110	0.160	0.040	0.010				2.850
275	0.110	0.300	0.800	3.550	3.750	3.100	1.160	0.740	0.620	0.190	0.110	0.010			14.460
285	0.150	0.630	2.120	6.540	8.290	5.860	1.310	0.570	0.620	0.200	0.120	0.010			26.420
295	0.270	1.040	2.600	5.790	4.610	3.800	0.860	0.300	0.230	0.010	0.040	0.010			19.550
305	0.280	1.110	1.970	2.360	1.360	0.920	0.240	0.110	0.120	0.010					8.480
315	0.350	1.020	1.260	1.070	0.450	0.250	0.110	0.110	0.040						4.680
325	0.370	0.960	1.290	0.710	0.340	0.090	0.030	0.020	0.020						3.830
335	0.630	1.350	1.540	1.220	0.470	0.120	0.010	0.010							5.350
345	0.620	1.740	2.110	1.490	0.420	0.060	0.010								6.440
355	0.650	1.380	1.380	0.460	0.060	0.020									3.950
סה"כ	4.880	10.800	16.340	24.270	20.470	14.770	3.930	1.970	1.820	0.450	0.270	0.020			100.000

טבלה מס' 16 - חדרה-סטטיסטיקת גלים במים עמוקים
שכיחות משותפת (%) של גובה הגל המשמעותי ואזימות כיוון הגלים (04/92-03/98) - קיץ

Az(deg)	205	215	225	235	245	255	265	275	285	295	305	315	325	335	345	355	סה"כ
H(m)																	
0.0 - 0.2	0.150	0.035	0.098	0.098	0.322	0.374	0.834	1.329	1.473	1.375	0.880	0.604	0.506	0.478	0.518	0.328	9.395
0.2 - 0.4	0.098	0.017	0.012	0.052	0.144	0.351	0.972	1.812	2.422	1.887	1.041	0.616	0.334	0.334	0.575	0.575	11.236
0.4 - 0.6	0.040	0.023	0.006	0.023	0.098	0.391	0.852	1.950	3.354	2.756	1.064	0.420	0.242	0.196	0.299	0.270	11.973
0.6 - 0.8	0.017		0.012	0.017	0.046	0.109	0.472	1.703	3.026	2.526	0.955	0.403	0.196	0.081	0.109	0.092	9.746
0.8 - 1.0				0.012	0.023	0.063	0.265	0.944	1.807	1.519	0.736	0.322	0.104	0.063	0.035	0.040	5.932
1.0 - 1.2				0.012	0.012	0.040	0.161	0.690	1.174	0.995	0.432	0.092	0.023	0.029	0.040	0.023	3.711
1.2 - 1.4				0.012	0.017	0.063	0.104	0.449	0.673	0.593	0.207	0.075	0.046	0.017	0.017	0.017	2.278
1.4 - 1.6					0.012	0.040	0.075	0.253	0.426	0.316	0.098	0.046	0.017	0.017	0.012	0.017	1.318
1.6 - 1.8						0.029	0.058	0.138	0.288	0.121	0.063	0.023	0.017	0.006	0.006		0.731
1.8 - 2.0					0.012	0.012	0.035	0.092	0.132	0.075	0.023	0.012	0.006	0.006		0.006	0.391
2.0 - 2.2						0.006	0.023	0.052	0.092	0.052	0.029					0.006	0.247
2.2 - 2.4					0.006	0.006	0.017	0.040	0.104	0.023	0.023					0.006	0.213
2.4 - 2.6					0.006	0.012	0.012	0.046	0.075	0.029	0.012					0.006	0.178
2.6 - 2.8						0.012	0.012	0.029	0.029	0.012						0.006	0.086
2.8 - 3.0						0.006	0.012	0.023	0.023	0.012							0.063
3.0 - 3.2							0.006	0.006	0.006								0.012
3.2 - 3.4						0.006	0.006	0.006									0.012
3.4 - 3.6						0.006		0.006									0.012
3.6 - 3.8							0.006										0.006
3.8 - 4.0																	
4.0 - 4.2																	
4.2 - 4.4																	
4.4 - 4.6																	
4.6 - 4.8																	
4.8 - 5.0																	
5.0 - 5.2	0.006																0.006
5.2 - 5.4																	
5.4 - 5.6																	
5.6 - 5.8																	
5.8 - 6.0																	
6.0 - 6.2																	
6.2 - 6.4																	
6.4 - 6.6																	
6.6 - 6.8																	
6.8 - 7.0																	
סה"כ	0.299	0.069	0.121	0.213	0.685	1.507	3.901	9.556	15.080	12.278	5.552	2.601	1.479	1.214	1.605	1.375	57.534

טבלה מס' 17 - חדרה-סטטיסטיקת גלים במים עמוקים
שכיחות משותפת (%) של גובה הגל המשמעותי ואזימות כיוון הגלים (04/92-03/98) - חורף

Az(deg)	205	215	225	235	245	255	265	275	285	295	305	315	325	335	345	355	סה"כ
H(m)																	
0.0 - 0.2	0.102	0.025	0.030	0.059	0.174	0.399	0.595	0.709	0.544	0.505	0.497	0.357	0.344	0.450	0.573	0.420	5.775
0.2 - 0.4	0.093	0.013	0.025	0.055	0.157	0.488	0.960	1.461	1.210	0.892	0.535	0.446	0.395	0.624	0.875	0.718	8.952
0.4 - 0.6	0.025	0.017	0.013	0.047	0.093	0.255	0.713	1.265	1.295	0.938	0.488	0.285	0.157	0.212	0.331	0.187	6.319
0.6 - 0.8	0.004	0.017	0.013	0.021	0.042	0.119	0.437	0.922	0.866	0.713	0.408	0.246	0.098	0.098	0.110	0.021	4.145
0.8 - 1.0	0.004	0.004	0.013	0.017	0.042	0.140	0.391	0.679	0.599	0.535	0.272	0.115	0.059	0.034	0.051	0.008	2.956
1.0 - 1.2	0.004	0.004	0.013	0.030	0.042	0.183	0.501	0.637	0.582	0.352	0.183	0.047	0.042	0.017	0.034	0.004	2.675
1.2 - 1.4			0.017	0.030	0.047	0.229	0.429	0.476	0.374	0.221	0.140	0.051	0.034	0.030	0.021	0.004	2.102
1.4 - 1.6			0.004	0.013	0.030	0.149	0.357	0.357	0.293	0.174	0.059	0.047	0.021	0.030	0.013	0.004	1.554
1.6 - 1.8			0.008	0.030	0.030	0.119	0.310	0.374	0.268	0.161	0.081	0.038	0.017	0.017	0.004	0.004	1.452
1.8 - 2.0			0.004		0.030	0.093	0.174	0.293	0.280	0.119	0.042	0.038	0.004	0.025	0.013	0.008	1.121
2.0 - 2.2			0.004	0.004	0.042	0.093	0.178	0.200	0.183	0.102	0.042	0.013		0.008	0.013	0.004	0.892
2.2 - 2.4				0.008	0.021	0.085	0.153	0.174	0.157	0.102	0.030	0.004	0.004	0.004	0.013		0.760
2.4 - 2.6					0.021	0.076	0.136	0.174	0.187	0.068	0.021	0.008	0.004				0.701
2.6 - 2.8			0.004	0.013	0.042	0.055	0.098	0.115	0.076	0.081	0.008		0.004				0.493
2.8 - 3.0				0.004	0.021	0.085	0.085	0.098	0.089	0.085	0.004	0.004					0.480
3.0 - 3.2				0.008	0.021	0.102	0.085	0.089	0.064	0.021	0.013	0.008	0.004	0.004			0.425
3.2 - 3.4				0.013	0.030	0.068	0.064	0.076	0.064	0.034	0.013	0.004					0.365
3.4 - 3.6				0.004	0.025	0.051	0.059	0.042	0.042	0.030	0.004	0.004					0.268
3.6 - 3.8				0.004	0.025	0.047	0.047	0.051	0.038	0.025	0.004	0.004	0.004	0.004			0.251
3.8 - 4.0				0.008	0.017	0.042	0.021	0.034	0.030	0.017			0.004				0.178
4.0 - 4.2				0.004	0.017	0.013	0.059	0.025	0.021	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004			0.153
4.2 - 4.4					0.013	0.013	0.025	0.008	0.017	0.013	0.013						0.102
4.4 - 4.6				0.004	0.013	0.013	0.021	0.021	0.013	0.004	0.004		0.004				0.098
4.6 - 4.8				0.004	0.004	0.013	0.004	0.017	0.004								0.047
4.8 - 5.0					0.004	0.017	0.013	0.008	0.004	0.004	0.008						0.059
5.0 - 5.2					0.004	0.013	0.004	0.008	0.004								0.038
5.2 - 5.4						0.004	0.004		0.004								0.013
5.4 - 5.6					0.004	0.017		0.013	0.004								0.038
5.6 - 5.8						0.008	0.008	0.004									0.021
5.8 - 6.0						0.004		0.004									0.004
6.0 - 6.2					0.004	0.004											0.004
6.2 - 6.4						0.008		0.004									0.013
6.4 - 6.6																	
6.6 - 6.8					0.004			0.004									0.004
6.8 - 7.0						0.004											0.004
סה"כ	0.234	0.085	0.140	0.382	1.032	3.015	5.937	8.340	7.308	5.202	2.875	1.720	1.202	1.559	2.047	1.389	42.466

טבלה מס' 18 - חדרה-סטטיסטיקת גלים במים עמוקים
שכיחות משותפת (%) של גובה הגל המשמעותי ואזימות כיוון הגלים (04/92-03/98) - שנתי

Az(deg)	205	215	225	235	245	255	265	275	285	295	305	315	325	335	345	355	סה"כ
H(m)																	
0.0 - 0.2	0.250	0.060	0.130	0.150	0.500	0.780	1.430	2.040	2.010	1.880	1.380	0.960	0.850	0.930	1.090	0.750	15.170
0.2 - 0.4	0.190	0.030	0.030	0.110	0.300	0.840	1.930	3.270	3.630	2.780	1.580	1.060	0.730	0.960	1.450	1.290	20.190
0.4 - 0.6	0.070	0.040	0.010	0.070	0.190	0.650	1.560	3.220	4.650	3.700	1.550	0.700	0.400	0.400	0.630	0.460	18.300
0.6 - 0.8	0.020	0.020	0.020	0.040	0.090	0.230	0.910	2.630	3.890	3.240	1.360	0.650	0.290	0.180	0.220	0.110	13.890
0.8 - 1.0	0.001	0.010	0.010	0.030	0.060	0.200	0.650	1.630	2.410	2.050	1.010	0.440	0.160	0.100	0.080	0.050	8.890
1.0 - 1.2	0.001	0.001	0.010	0.040	0.050	0.230	0.660	1.330	1.750	1.350	0.610	0.140	0.070	0.040	0.080	0.030	6.390
1.2 - 1.4			0.020	0.040	0.060	0.290	0.530	0.930	1.040	0.810	0.350	0.130	0.080	0.050	0.030	0.020	4.380
1.4 - 1.6			0.001	0.010	0.040	0.190	0.430	0.610	0.720	0.490	0.160	0.090	0.030	0.040	0.030	0.020	2.870
1.6 - 1.8			0.010	0.030	0.030	0.140	0.370	0.510	0.550	0.280	0.140	0.060	0.030	0.020	0.010	0.001	2.180
1.8 - 2.0			0.001		0.040	0.100	0.210	0.380	0.410	0.190	0.060	0.050	0.010	0.030	0.010	0.010	1.510
2.0 - 2.2			0.001	0.010	0.040	0.100	0.200	0.250	0.270	0.150	0.070	0.010		0.010	0.010	0.010	1.140
2.2 - 2.4				0.010	0.030	0.090	0.170	0.220	0.260	0.130	0.050	0.010	0.010	0.001	0.010	0.001	0.980
2.4 - 2.6					0.030	0.090	0.140	0.220	0.260	0.090	0.030	0.010	0.001			0.001	0.880
2.6 - 2.8			0.001	0.010	0.040	0.060	0.110	0.140	0.100	0.090	0.010		0.010			0.001	0.580
2.8 - 3.0				0.010	0.020	0.090	0.100	0.120	0.110	0.090	0.010	0.001					0.540
3.0 - 3.2				0.010	0.020	0.100	0.090	0.090	0.070	0.020	0.010	0.010	0.001	0.001			0.430
3.2 - 3.4				0.010	0.030	0.070	0.070	0.080	0.060	0.030	0.010	0.001					0.380
3.4 - 3.6				0.010	0.030	0.060	0.060	0.040	0.040	0.030	0.010	0.010					0.270
3.6 - 3.8				0.010	0.030	0.050	0.050	0.050	0.040	0.030	0.001	0.001	0.001	0.001			0.250
3.8 - 4.0				0.010	0.020	0.040	0.020	0.030	0.030	0.020			0.001				0.180
4.0 - 4.2				0.001	0.020	0.010	0.060	0.030	0.020	0.001	0.010	0.001	0.001	0.001			0.150
4.2 - 4.4					0.010	0.010	0.030	0.010	0.020	0.010	0.010						0.100
4.4 - 4.6				0.001	0.010	0.010	0.020	0.020	0.010	0.010	0.001		0.001				0.100
4.6 - 4.8				0.001	0.001	0.010	0.010	0.020	0.010								0.050
4.8 - 5.0					0.010	0.020	0.010	0.010	0.001	0.001	0.010						0.060
5.0 - 5.2	0.001				0.010	0.010	0.001	0.010	0.010								0.040
5.2 - 5.4						0.010	0.010		0.001								0.010
5.4 - 5.6					0.001	0.020		0.010	0.010								0.040
5.6 - 5.8						0.010	0.010	0.001									0.020
5.8 - 6.0						0.001		0.001									0.010
6.0 - 6.2					0.001	0.001											0.010
6.2 - 6.4						0.010		0.001									0.010
6.4 - 6.6																	
6.6 - 6.8					0.001			0.001									0.010
6.8 - 7.0						0.001											
סה"כ	0.530	0.150	0.260	0.600	1.720	4.520	9.840	17.900	22.390	17.480	8.420	4.320	2.680	2.770	3.660	2.760	100.000

טבלה מס' 19 - חדרה-סטטיסטיקת גלים במים עמוקים
שכיחות משותפת (%) של גובה הגל המשמעותי וזמן מחזור שיא הספקטרום (04/92-03/98) - קיץ

T(s)	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0	11.0	12.0	13.0	14.0	15.0	16.0	סה"כ
H(m)															
0.0 - 0.2	0.006	1.726	3.768	2.859	0.541	0.201	0.115	0.029	0.086	0.063	0.006				9.395
0.2 - 0.4		0.725	2.549	6.708	0.909	0.196	0.063	0.023	0.029	0.035	0.006				11.236
0.4 - 0.6		0.178	0.782	7.445	3.044	0.351	0.098	0.052	0.023	0.006					11.973
0.6 - 0.8		0.017	0.190	4.275	4.424	0.748	0.052	0.029	0.012	0.006					9.746
0.8 - 1.0			0.029	1.933	2.779	1.059	0.115	0.017		0.006					5.932
1.0 - 1.2			0.006	0.685	1.703	1.151	0.127	0.035	0.012						3.711
1.2 - 1.4			0.006	0.328	0.742	1.036	0.150	0.023							2.278
1.4 - 1.6				0.127	0.397	0.679	0.109								1.318
1.6 - 1.8				0.063	0.230	0.368	0.069								0.731
1.8 - 2.0				0.029	0.115	0.201	0.046								0.391
2.0 - 2.2				0.006	0.069	0.127	0.052	0.006							0.247
2.2 - 2.4					0.058	0.132	0.029	0.006							0.213
2.4 - 2.6					0.029	0.063	0.086								0.178
2.6 - 2.8				0.006	0.012	0.040	0.035								0.086
2.8 - 3.0					0.006	0.035	0.023	0.006							0.063
3.0 - 3.2							0.012								0.012
3.2 - 3.4					0.006	0.012									0.012
3.4 - 3.6						0.006	0.006								0.012
3.6 - 3.8							0.006								0.006
3.8 - 4.0															
4.0 - 4.2															
4.2 - 4.4															
4.4 - 4.6															
4.6 - 4.8															
4.8 - 5.0															
5.0 - 5.2		0.006													0.006
5.2 - 5.4															
5.4 - 5.6															
5.6 - 5.8															
5.8 - 6.0															
6.0 - 6.2															
6.2 - 6.4															
6.4 - 6.6															
6.6 - 6.8															
6.8 - 7.0															
סה"כ	0.006	2.652	7.324	24.458	15.057	6.392	1.174	0.213	0.155	0.104	0.006				57.534

טבלה מס' 20 - חדרה-סטטיסטיקת גלים במים עמוקים

שכיחות משותפת (%) של גובה הגל המשמעותי וזמן מחזור שיא הספקטרום (04/92-03/98) - חורף

T(s)	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0	11.0	12.0	13.0	14.0	15.0	16.0	סה"כ
H(m)															
0.0 - 0.2		0.340	1.100	3.007	0.964	0.255	0.051	0.013	0.030	0.013	0.004		0.004		5.775
0.2 - 0.4		0.149	1.312	4.416	1.877	0.832	0.251	0.072	0.017	0.004	0.021				8.952
0.4 - 0.6		0.034	0.429	2.828	1.830	0.705	0.352	0.076	0.038	0.013	0.013				6.319
0.6 - 0.8		0.008	0.161	1.614	1.367	0.582	0.204	0.127	0.068	0.008	0.004				4.145
0.8 - 1.0			0.051	0.960	0.888	0.654	0.195	0.072	0.085	0.042	0.013				2.956
1.0 - 1.2			0.004	0.565	0.798	0.726	0.297	0.110	0.093	0.068	0.008				2.675
1.2 - 1.4			0.004	0.399	0.573	0.607	0.310	0.076	0.085	0.042					2.102
1.4 - 1.6				0.246	0.395	0.471	0.263	0.068	0.064	0.038	0.004				1.554
1.6 - 1.8				0.170	0.365	0.446	0.340	0.085	0.021	0.017	0.004				1.452
1.8 - 2.0				0.081	0.276	0.365	0.246	0.093	0.025	0.034	0.004				1.121
2.0 - 2.2				0.021	0.204	0.280	0.238	0.093	0.025	0.025					0.892
2.2 - 2.4				0.021	0.115	0.285	0.238	0.068	0.013	0.021	0.004				0.760
2.4 - 2.6				0.008	0.110	0.217	0.251	0.089	0.013	0.013					0.701
2.6 - 2.8				0.004	0.051	0.136	0.187	0.093	0.013	0.008					0.493
2.8 - 3.0				0.004	0.030	0.093	0.212	0.093	0.034	0.008	0.004				0.480
3.0 - 3.2					0.013	0.093	0.166	0.076	0.059	0.013		0.004			0.425
3.2 - 3.4					0.017	0.064	0.123	0.098	0.055	0.004	0.004				0.365
3.4 - 3.6					0.004	0.042	0.098	0.072	0.042	0.008					0.268
3.6 - 3.8					0.004	0.034	0.123	0.068	0.013	0.008					0.251
3.8 - 4.0					0.004	0.030	0.068	0.047	0.021	0.008					0.178
4.0 - 4.2					0.004	0.008	0.051	0.059	0.025	0.008					0.153
4.2 - 4.4						0.004	0.030	0.042	0.025						0.102
4.4 - 4.6						0.013	0.051	0.025	0.013						0.098
4.6 - 4.8						0.004	0.021	0.013	0.008						0.047
4.8 - 5.0						0.004	0.030	0.021	0.004	0.004					0.059
5.0 - 5.2						0.008	0.013	0.008		0.008					0.038
5.2 - 5.4							0.004	0.004		0.004					0.013
5.4 - 5.6						0.004	0.013	0.013		0.008					0.038
5.6 - 5.8							0.004	0.008		0.004					0.021
5.8 - 6.0										0.004					0.004
6.0 - 6.2								0.004		0.004					0.004
6.2 - 6.4							0.004	0.004		0.004					0.013
6.4 - 6.6															
6.6 - 6.8						0.004				0.004					0.004
6.8 - 7.0							0.004								0.004
סה"כ		0.535	3.062	14.345	9.890	6.964	4.433	1.788	0.896	0.454	0.089	0.004	0.004		42.466

טבלה מס' 21 - חדרה-סטטיסטיקת גלים במים עמוקים
שכיחות משותפת (%) של גובה הגל המשמעותי וזמן מחזור שיא הספקטרום (04/92-03/98) - שנתי

T(s)	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0	11.0	12.0	13.0	14.0	15.0	16.0	סה"כ
H(m)															
0.0 - 0.2	0.010	2.070	4.870	5.870	1.510	0.450	0.160	0.040	0.120	0.070	0.010		0.001		15.170
0.2 - 0.4		0.880	3.860	11.120	2.780	1.030	0.310	0.090	0.040	0.040	0.020				20.190
0.4 - 0.6		0.210	1.210	10.270	4.880	1.060	0.450	0.120	0.060	0.020	0.010				18.300
0.6 - 0.8		0.030	0.350	5.890	5.790	1.330	0.250	0.160	0.080	0.010	0.010				13.890
0.8 - 1.0			0.080	2.890	3.670	1.710	0.310	0.090	0.090	0.040	0.010				8.890
1.0 - 1.2			0.010	1.250	2.500	1.880	0.420	0.150	0.100	0.070	0.010				6.390
1.2 - 1.4			0.010	0.720	1.320	1.640	0.460	0.100	0.090	0.040					4.380
1.4 - 1.6				0.380	0.790	1.150	0.370	0.070	0.060	0.040	0.010				2.870
1.6 - 1.8				0.230	0.600	0.810	0.410	0.080	0.020	0.020	0.001				2.180
1.8 - 2.0				0.110	0.390	0.570	0.290	0.090	0.030	0.030	0.010				1.510
2.0 - 2.2				0.020	0.270	0.400	0.290	0.100	0.030	0.030					1.140
2.2 - 2.4				0.020	0.170	0.410	0.260	0.070	0.010	0.020	0.001				0.980
2.4 - 2.6				0.010	0.140	0.280	0.340	0.090	0.010	0.010					0.880
2.6 - 2.8				0.010	0.060	0.180	0.220	0.090	0.010	0.010					0.580
2.8 - 3.0				0.001	0.030	0.130	0.230	0.100	0.030	0.010	0.001				0.540
3.0 - 3.2					0.010	0.100	0.180	0.080	0.060	0.010		0.001			0.430
3.2 - 3.4					0.020	0.070	0.120	0.100	0.050	0.010	0.001				0.380
3.4 - 3.6					0.010	0.050	0.100	0.070	0.040	0.010					0.270
3.6 - 3.8					0.010	0.030	0.130	0.070	0.010	0.010					0.250
3.8 - 4.0					0.001	0.030	0.070	0.050	0.020	0.010					0.180
4.0 - 4.2					0.001	0.010	0.050	0.060	0.030	0.010					0.150
4.2 - 4.4						0.001	0.030	0.040	0.030						0.100
4.4 - 4.6						0.010	0.050	0.030	0.010						0.100
4.6 - 4.8						0.001	0.020	0.010	0.010						0.050
4.8 - 5.0						0.010	0.030	0.020	0.001	0.001					0.060
5.0 - 5.2		0.001				0.010	0.010	0.010		0.010					0.040
5.2 - 5.4							0.010	0.010		0.001					0.010
5.4 - 5.6						0.010	0.010	0.010		0.010					0.040
5.6 - 5.8							0.010	0.010		0.010					0.020
5.8 - 6.0										0.010					0.010
6.0 - 6.2								0.001		0.001					0.010
6.2 - 6.4							0.010	0.001		0.001					0.010
6.4 - 6.6															
6.6 - 6.8						0.001				0.001					0.010
6.8 - 7.0							0.001								
סה"כ	0.010	3.180	10.390	38.800	24.950	13.360	5.610	2.000	1.050	0.560	0.100	0.001	0.001		100.000

טבלה מס' 22 - חדרה-סטטיסטיקת גלים במים עמוקים
שכיחות משותפת (%) של זמן מחזור שיא הספקטרום ואזימות כיוון הגלים (04/92-03/98) - קיץ

T(s)	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0	11.0	12.0	13.0	14.0	15.0	16.0	סה"כ
Az(deg)															
205		0.092	0.173	0.040	0.006										0.299
215		0.023	0.035	0.012											0.069
225		0.040	0.035	0.035	0.012				0.006	0.006					0.121
235		0.035	0.035	0.109	0.017		0.012		0.006	0.006					0.213
245		0.046	0.115	0.380	0.069	0.046	0.023		0.012	0.006					0.685
255		0.058	0.155	0.765	0.276	0.109	0.092	0.035	0.012	0.017					1.507
265		0.081	0.345	1.795	0.863	0.483	0.196	0.075	0.035	0.035	0.006				3.901
275		0.104	0.696	3.832	3.003	1.461	0.368	0.052	0.029	0.017					9.556
285		0.282	1.036	5.874	5.155	2.313	0.322	0.040	0.040	0.017	0.006				15.080
295		0.299	1.162	5.466	3.751	1.456	0.121	0.012	0.012	0.006					12.278
305		0.253	0.800	2.813	1.260	0.362	0.040		0.012	0.006					5.552
315		0.224	0.639	1.260	0.334	0.132	0.006		0.006	0.006					2.601
325		0.173	0.524	0.639	0.121	0.023	0.006	0.006							1.479
335		0.224	0.449	0.472	0.063	0.006									1.214
345	0.006	0.391	0.593	0.552	0.063		0.006								1.605
355	0.006	0.339	0.535	0.414	0.075	0.006									1.375
סה"כ	0.012	2.652	7.324	24.458	15.057	6.392	1.174	0.213	0.155	0.104	0.006				57.534

טבלה מס' 23 - חדרה-סטטיסטיקת גלים במים עמוקים
שכיחות משותפת (%) של זמן מחזור שיא הספקטרום ואזימות כיוון הגלים (04/92-03/98) - חורף

T(s)	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0	11.0	12.0	13.0	14.0	15.0	16.0	סה"כ
Az(deg)															
205	0.034	0.068	0.123	0.008											0.234
215	0.008	0.030	0.030	0.008	0.004										0.085
225	0.013	0.030	0.072	0.021	0.004										0.140
235	0.017	0.055	0.153	0.064	0.042	0.038	0.004	0.008	0.004						0.382
245	0.008	0.072	0.318	0.242	0.132	0.161	0.051	0.025	0.017	0.004					1.032
255	0.013	0.093	0.786	0.696	0.476	0.416	0.229	0.166	0.110	0.017	0.004	0.004			3.015
265	0.013	0.174	1.198	1.363	1.079	1.040	0.518	0.318	0.191	0.047					5.937
275	0.030	0.200	1.826	1.949	2.242	1.265	0.518	0.195	0.102	0.017					8.340
285	0.017	0.221	2.111	2.047	1.601	0.883	0.310	0.093	0.025	0.004					7.308
295	0.030	0.289	2.038	1.397	0.837	0.408	0.123	0.072	0.004	0.004					5.202
305	0.030	0.272	1.452	0.675	0.289	0.110	0.025	0.017							2.875
315	0.034	0.255	0.930	0.344	0.110	0.034	0.008								1.720
325	0.051	0.255	0.637	0.195	0.038	0.021									1.202
335	0.081	0.280	0.854	0.268	0.042	0.034									1.559
345	0.059	0.399	1.108	0.408	0.059	0.013									2.047
355	0.093	0.374	0.701	0.204	0.004	0.013									1.389
סה"כ	0.535	3.062	14.345	9.890	6.964	4.433	1.788	0.896	0.454	0.089	0.004	0.004			42.466

טבלה מס' 24 - חדרה-סטטיסטיקת גלים במים עמוקים
שכיחות משותפת (%) של זמן מחזור שיא הספקטרום ואזימות כיוון הגלים (04/92-03/98) - שנתי

T(s)	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0	11.0	12.0	13.0	14.0	15.0	16.0	סה"כ
Az(deg)															
205		0.120	0.240	0.160	0.010										0.530
215		0.030	0.060	0.040	0.010	0.010									0.150
225		0.050	0.060	0.110	0.030	0.010			0.001	0.001					0.260
235		0.050	0.090	0.260	0.080	0.040	0.050	0.010	0.010	0.010					0.600
245		0.050	0.180	0.700	0.310	0.180	0.180	0.050	0.040	0.020	0.001				1.720
255		0.070	0.250	1.550	0.970	0.590	0.500	0.260	0.180	0.120	0.020	0.001	0.001		4.520
265		0.090	0.520	2.990	2.220	1.560	1.230	0.590	0.350	0.230	0.050				9.840
275		0.130	0.890	5.660	4.960	3.700	1.630	0.570	0.220	0.120	0.020				17.900
285		0.300	1.250	7.990	7.200	3.910	1.210	0.350	0.130	0.040	0.010				22.390
295		0.330	1.450	7.500	5.150	2.290	0.530	0.130	0.080	0.010	0.001				17.480
305		0.290	1.070	4.270	1.940	0.650	0.150	0.030	0.030	0.010					8.420
315		0.260	0.890	2.190	0.680	0.240	0.040	0.010	0.001	0.001					4.320
325		0.220	0.780	1.280	0.320	0.060	0.030	0.001							2.680
335		0.300	0.730	1.330	0.330	0.050	0.030								2.770
345	0.001	0.450	1.000	1.660	0.470	0.060	0.010								3.660
355	0.001	0.430	0.910	1.120	0.280	0.010	0.010								2.760
סה"כ	0.010	3.180	10.390	38.800	24.950	13.360	5.610	2.000	1.050	0.560	0.100	0.001	0.001		100.000

טבלה מס' 25 - חיפה-סטטיסטיקת גלים במים עמוקים
שכיחות משותפת (%) של גובה הגל המשמעותי ואזימות כיוון הגלים (04/94-02/98) - קיץ

Az(deg)	205	215	225	235	245	255	265	275	285	295	305	315	325	335	345	355	סה"כ
H(m)																	
0.0 - 0.2	0.232			0.035	0.017	0.017	0.029	0.099	0.110	0.046	0.064	0.029	0.029	0.070	0.052	0.070	0.905
0.2 - 0.4	0.568	0.035	0.052	0.052	0.052	0.070	0.290	0.731	1.108	1.148	0.615	0.354	0.226	0.360	0.435	0.557	6.657
0.4 - 0.6	0.476	0.046	0.081	0.064	0.052	0.110	0.661	2.204	3.503	2.093	1.119	0.418	0.406	0.516	0.829	0.974	13.547
0.6 - 0.8	0.354	0.064	0.064	0.029	0.046	0.162	0.696	3.097	4.947	2.366	0.621	0.244	0.273	0.394	0.580	0.765	14.689
0.8 - 1.0	0.070	0.029	0.029	0.052	0.046	0.162	0.458	1.595	3.277	1.902	0.499	0.128	0.099	0.209	0.354	0.441	9.348
1.0 - 1.2		0.029	0.017	0.029	0.035	0.110	0.209	0.823	2.221	1.148	0.232	0.070	0.035	0.064	0.162	0.197	5.376
1.2 - 1.4					0.035	0.093	0.244	0.377	0.986	0.760	0.151	0.046	0.029	0.017	0.116	0.099	2.952
1.4 - 1.6			0.012		0.017	0.017	0.133	0.452	0.742	0.394	0.070	0.052		0.017	0.029	0.046	1.983
1.6 - 1.8			0.012		0.029		0.081	0.197	0.394	0.191	0.035	0.017	0.017	0.017	0.052	0.029	1.073
1.8 - 2.0					0.035	0.012	0.035	0.093	0.145	0.070	0.012	0.012	0.017		0.012		0.435
2.0 - 2.2					0.012	0.029	0.029	0.110	0.128	0.052							0.354
2.2 - 2.4							0.017	0.046	0.046	0.017							0.128
2.4 - 2.6					0.035	0.012	0.012	0.017	0.017		0.012	0.012					0.110
2.6 - 2.8				0.012	0.012	0.012	0.012	0.012		0.012							0.052
2.8 - 3.0					0.012						0.012						0.017
3.0 - 3.2							0.012			0.017							0.029
3.2 - 3.4					0.012			0.046	0.017	0.012	0.012						0.093
3.4 - 3.6					0.012	0.029	0.035	0.029		0.012	0.029						0.133
3.6 - 3.8							0.017		0.029	0.017							0.064
3.8 - 4.0									0.017	0.012							0.029
4.0 - 4.2										0.012	0.012						0.017
4.2 - 4.4																	
4.4 - 4.6																	
4.6 - 4.8																	
4.8 - 5.0																	
5.0 - 5.2																	
5.2 - 5.4																	
5.4 - 5.6																	
5.6 - 5.8																	
5.8 - 6.0																	
סה"כ	1.705	0.197	0.261	0.273	0.452	0.823	2.958	9.916	17.682	10.270	3.485	1.374	1.131	1.670	2.615	3.184	57.991

טבלה מס' 26 - חיפה-סטטיסטיקת גלים במים עמוקים
שכיחות משותפת (%) של גובה הגל המשמעותי ואזימות כיוון הגלים (04/94-02/98) - חורף

Az(deg)	205	215	225	235	245	255	265	275	285	295	305	315	325	335	345	355	סה"כ
H(m)																	
0.0 - 0.2	1.021		0.008				0.008	0.038	0.025	0.017	0.017	0.008	0.038	0.025	0.038	0.008	1.256
0.2 - 0.4	0.756	0.046	0.063	0.088	0.017	0.055	0.424	0.660	0.441	0.370	0.143	0.197	0.281	0.525	0.660	0.504	5.234
0.4 - 0.6	0.802	0.038	0.080	0.080	0.088	0.252	0.895	1.542	1.227	0.613	0.227	0.126	0.344	0.567	0.920	0.849	8.654
0.6 - 0.8	0.416	0.071	0.063	0.134	0.101	0.189	0.769	1.227	1.117	0.399	0.155	0.143	0.126	0.315	0.605	0.794	6.625
0.8 - 1.0	0.080	0.025	0.017	0.055	0.109	0.197	0.597	0.723	0.966	0.315	0.101	0.038	0.055	0.080	0.252	0.361	3.970
1.0 - 1.2	0.025	0.025	0.063	0.038	0.055	0.218	0.576	0.958	0.769	0.218	0.071	0.008	0.055	0.088	0.101	0.080	3.348
1.2 - 1.4	0.008	0.008	0.008	0.055	0.055	0.155	0.487	0.567	0.588	0.218	0.038	0.046	0.038	0.055	0.063	0.025	2.411
1.4 - 1.6		0.017	0.038	0.017	0.046	0.172	0.462	0.449	0.496	0.172	0.055	0.008	0.017	0.008	0.008	0.025	1.995
1.6 - 1.8			0.008	0.008	0.025	0.101	0.298	0.462	0.281	0.088	0.038	0.025	0.017	0.008			1.361
1.8 - 2.0				0.017	0.055	0.088	0.164	0.244	0.290	0.172	0.063	0.008		0.008	0.008		1.117
2.0 - 2.2		0.008			0.025	0.071	0.189	0.260	0.164	0.181	0.025	0.025		0.038	0.008		1.000
2.2 - 2.4				0.008	0.038	0.063	0.101	0.189	0.118	0.126	0.046	0.008	0.008	0.017			0.723
2.4 - 2.6			0.017	0.008	0.025	0.080	0.109	0.164	0.189	0.071	0.008	0.008					0.685
2.6 - 2.8				0.038	0.055	0.063	0.063	0.109	0.101	0.109	0.038						0.567
2.8 - 3.0					0.025	0.025	0.038	0.063	0.101	0.055						0.008	0.315
3.0 - 3.2			0.008		0.017	0.055	0.126	0.080	0.101	0.055							0.441
3.2 - 3.4					0.025	0.063	0.088	0.080	0.164	0.038	0.008						0.470
3.4 - 3.6				0.008	0.025	0.172	0.118	0.071	0.143	0.063							0.605
3.6 - 3.8				0.008	0.025	0.143	0.046	0.046	0.088	0.025							0.386
3.8 - 4.0				0.008	0.046	0.046	0.071		0.025	0.017	0.008						0.227
4.0 - 4.2				0.008	0.017	0.038	0.063	0.008	0.017	0.038							0.189
4.2 - 4.4				0.008		0.008	0.038	0.025	0.038								0.118
4.4 - 4.6			0.008		0.025	0.025	0.025		0.008		0.008						0.109
4.6 - 4.8					0.008	0.038	0.017	0.017				0.008					0.088
4.8 - 5.0	0.008				0.008		0.046										0.063
5.0 - 5.2								0.017									0.017
5.2 - 5.4				0.008								0.008					0.017
5.4 - 5.6						0.008											0.008
5.6 - 5.8																	
5.8 - 6.0																	
סה"כ	3.121	0.244	0.386	0.605	0.928	2.327	5.810	8.003	7.452	3.357	1.054	0.668	0.975	1.743	2.663	2.663	42.009

טבלה מס' 27 - חיפה-סטטיסטיקת גלים במים עמוקים
שכיחות משותפת (%) של גובה הגל המשמעותי ואזימות כיוון הגלים (04/94-02/98) - שנתי

Az(deg)	205	215	225	235	245	255	265	275	285	295	305	315	325	335	345	355	סה"כ
H(m)																	
0.0 - 0.2	1.250		0.010	0.040	0.020	0.020	0.040	0.140	0.140	0.060	0.080	0.040	0.060	0.100	0.090	0.080	2.160
0.2 - 0.4	1.330	0.080	0.120	0.140	0.070	0.130	0.710	1.390	1.550	1.520	0.760	0.550	0.510	0.880	1.090	1.060	11.890
0.4 - 0.6	1.280	0.080	0.160	0.140	0.140	0.360	1.550	3.750	4.730	2.710	1.340	0.540	0.750	1.080	1.750	1.820	22.200
0.6 - 0.8	0.770	0.140	0.130	0.160	0.140	0.350	1.460	4.320	6.060	2.760	0.780	0.390	0.400	0.710	1.180	1.560	21.320
0.8 - 1.0	0.150	0.050	0.050	0.110	0.150	0.360	1.060	2.320	4.240	2.220	0.600	0.160	0.150	0.290	0.600	0.800	13.320
1.0 - 1.2	0.030	0.050	0.080	0.060	0.090	0.320	0.790	1.780	2.990	1.360	0.310	0.080	0.090	0.150	0.260	0.280	8.730
1.2 - 1.4	0.010	0.010	0.010	0.050	0.090	0.240	0.730	0.950	1.570	0.970	0.190	0.090	0.060	0.070	0.180	0.130	5.360
1.4 - 1.6		0.020	0.050	0.020	0.060	0.190	0.600	0.900	1.240	0.570	0.130	0.060	0.020	0.030	0.040	0.070	3.980
1.6 - 1.8			0.020	0.010	0.050	0.100	0.380	0.660	0.680	0.280	0.070	0.050	0.040	0.030	0.050	0.030	2.440
1.8 - 2.0				0.020	0.090	0.100	0.200	0.330	0.430	0.240	0.070	0.020	0.020	0.010	0.020		1.550
2.0 - 2.2		0.010			0.040	0.100	0.220	0.370	0.290	0.230	0.030	0.030		0.040	0.010		1.350
2.2 - 2.4				0.010	0.040	0.060	0.120	0.230	0.160	0.140	0.050	0.010	0.010	0.020			0.850
2.4 - 2.6			0.020	0.010	0.060	0.090	0.120	0.180	0.210	0.070	0.020	0.020					0.790
2.6 - 2.8				0.050	0.060	0.070	0.070	0.120	0.100	0.120	0.040						0.620
2.8 - 3.0					0.040	0.030	0.040	0.060	0.100	0.050	0.010					0.010	0.330
3.0 - 3.2			0.010		0.020	0.050	0.140	0.080	0.100	0.070							0.470
3.2 - 3.4					0.040	0.060	0.090	0.130	0.180	0.050	0.020						0.560
3.4 - 3.6				0.010	0.040	0.200	0.150	0.100	0.140	0.070	0.030						0.740
3.6 - 3.8				0.010	0.030	0.140	0.060	0.050	0.120	0.050							0.450
3.8 - 4.0				0.010	0.050	0.050	0.070		0.050	0.030	0.010						0.250
4.0 - 4.2				0.010	0.020	0.040	0.060	0.010	0.020	0.050	0.010						0.210
4.2 - 4.4				0.010		0.010	0.040	0.030	0.040								0.120
4.4 - 4.6			0.010		0.030	0.030	0.030		0.010		0.010						0.110
4.6 - 4.8					0.010	0.040	0.020	0.020				0.010					0.090
4.8 - 5.0	0.010				0.010		0.050										0.060
5.0 - 5.2								0.020									0.020
5.2 - 5.4				0.010							0.010						0.020
5.4 - 5.6						0.010											0.010
5.6 - 5.8																	
5.8 - 6.0																	
סה"כ	4.830	0.440	0.650	0.880	1.380	3.150	8.770	17.920	25.130	13.630	4.540	2.040	2.100	3.410	5.280	5.850	100.000

טבלה מס' 28 - חיפה-סטטיסטיקת גלים במים עמוקים
שכיחות משותפת (%) של גובה הגל המשמעותי וזמן מחזור שיא הספקטרום (04/94-02/98) - קיץ

T(s)	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0	11.0	12.0	13.0	14.0	15.0	16.0	סה"כ
H(m)															
0.0 - 0.2	0.458	0.116	0.145	0.081	0.017	0.017	0.017	0.017	0.017	0.012					0.905
0.2 - 0.4	1.688	1.902	1.699	1.021	0.174	0.110	0.029	0.017	0.017	0.012					6.657
0.4 - 0.6	1.398	2.349	3.735	4.477	1.270	0.232	0.029		0.046	0.012					13.547
0.6 - 0.8	0.580	1.409	3.004	5.277	3.619	0.632	0.046	0.046	0.070		0.012				14.689
0.8 - 1.0	0.029	0.603	1.055	2.969	3.526	1.050	0.052	0.046	0.017						9.348
1.0 - 1.2		0.093	0.325	1.148	2.482	1.247	0.052	0.012	0.029						5.376
1.2 - 1.4		0.012	0.116	0.441	1.055	1.200	0.081	0.029	0.012	0.012					2.952
1.4 - 1.6			0.029	0.128	0.470	1.166	0.145	0.046	0.012						1.983
1.6 - 1.8			0.017	0.133	0.232	0.522	0.116	0.046							1.073
1.8 - 2.0			0.012	0.046	0.070	0.232	0.052	0.017							0.435
2.0 - 2.2					0.070	0.226	0.035	0.017							0.354
2.2 - 2.4				0.012	0.029	0.064	0.017	0.012							0.128
2.4 - 2.6				0.012	0.012	0.046	0.017	0.012	0.017						0.110
2.6 - 2.8					0.029	0.017		0.012							0.052
2.8 - 3.0						0.017									0.017
3.0 - 3.2						0.012	0.017								0.029
3.2 - 3.4					0.012	0.035	0.012	0.017	0.017						0.093
3.4 - 3.6					0.012	0.017	0.035	0.035	0.035						0.133
3.6 - 3.8						0.029	0.029	0.012							0.064
3.8 - 4.0							0.029								0.029
4.0 - 4.2							0.017								0.017
4.2 - 4.4															
4.4 - 4.6															
4.6 - 4.8															
4.8 - 5.0															
5.0 - 5.2															
5.2 - 5.4															
5.4 - 5.6															
5.6 - 5.8															
5.8 - 6.0															
סה"כ	4.152	6.478	10.137	15.739	13.077	6.866	0.829	0.377	0.290	0.035	0.012				57.991

טבלה מס' 29 - חיפה-סטטיסטיקת גלים במים עמוקים
שכיחות משותפת (%) של גובה הגל המשמעותי וזמן מחזור שיא הספקטרום (04/94-02/98) - חורף

T(s)	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0	11.0	12.0	13.0	14.0	15.0	16.0	סה"כ
H(m)															
0.0 - 0.2	0.991	0.063	0.126	0.017	0.017	0.038									1.256
0.2 - 0.4	1.227	0.920	0.777	1.424	0.433	0.244	0.126	0.025	0.025	0.008	0.017				5.234
0.4 - 0.6	1.227	1.138	1.416	2.462	1.361	0.769	0.164	0.088	0.017		0.008				8.654
0.6 - 0.8	0.576	0.975	1.306	1.353	1.382	0.643	0.181	0.063	0.101	0.025	0.017				6.625
0.8 - 1.0	0.017	0.441	0.714	0.676	1.000	0.613	0.189	0.101	0.181	0.017	0.017				3.970
1.0 - 1.2		0.126	0.407	0.685	0.769	0.895	0.109	0.109	0.118	0.109	0.025				3.348
1.2 - 1.4		0.025	0.126	0.513	0.513	0.786	0.109	0.088	0.155	0.063	0.025				2.411
1.4 - 1.6			0.046	0.378	0.559	0.651	0.189	0.055	0.063	0.055					1.995
1.6 - 1.8			0.017	0.164	0.298	0.559	0.181	0.088	0.046		0.008				1.361
1.8 - 2.0				0.063	0.361	0.416	0.189	0.025	0.063						1.117
2.0 - 2.2				0.046	0.143	0.504	0.197	0.055	0.046	0.008					1.000
2.2 - 2.4				0.038	0.109	0.290	0.189	0.046	0.025	0.017	0.008				0.723
2.4 - 2.6				0.025	0.046	0.227	0.197	0.101	0.071	0.008	0.008				0.685
2.6 - 2.8				0.008	0.080	0.126	0.143	0.155	0.046		0.008				0.567
2.8 - 3.0					0.025	0.118	0.101	0.055	0.008		0.008				0.315
3.0 - 3.2					0.017	0.134	0.109	0.063	0.080	0.025	0.008				0.441
3.2 - 3.4						0.101	0.088	0.109	0.118	0.017	0.025	0.008			0.470
3.4 - 3.6						0.088	0.088	0.134	0.197	0.025	0.055	0.008			0.605
3.6 - 3.8					0.008	0.038	0.101	0.071	0.155	0.008	0.008				0.386
3.8 - 4.0						0.025	0.055	0.063	0.071	0.008					0.227
4.0 - 4.2						0.017	0.080	0.017	0.063	0.008					0.189
4.2 - 4.4								0.046	0.071						0.118
4.4 - 4.6						0.008	0.038	0.025	0.025	0.008					0.109
4.6 - 4.8							0.008	0.017	0.038	0.025					0.088
4.8 - 5.0							0.008	0.017	0.017	0.017					0.063
5.0 - 5.2									0.017						0.017
5.2 - 5.4								0.008	0.008						0.017
5.4 - 5.6									0.008						0.008
5.6 - 5.8															
5.8 - 6.0															
סה"כ	4.041	3.693	4.936	7.860	7.129	7.284	2.844	1.634	1.840	0.470	0.260	0.017			42.009

טבלה מס' 30 - חיפה-סטטיסטיקת גלים במים עמוקים
שכיחות משותפת (%) של גובה הגל המשמעותי וזמן מחזור שיא הספקטרום (04/94-02/98) - שנתי

T(s)	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0	11.0	12.0	13.0	14.0	15.0	16.0	סה"כ
H(m)															
0.0 - 0.2	1.450	0.180	0.270	0.100	0.040	0.050	0.020	0.020	0.020	0.010					2.160
0.2 - 0.4	2.910	2.820	2.470	2.450	0.600	0.350	0.150	0.050	0.050	0.020	0.020				11.890
0.4 - 0.6	2.630	3.480	5.150	6.940	2.640	1.000	0.190	0.090	0.060	0.010	0.010				22.200
0.6 - 0.8	1.160	2.380	4.310	6.630	5.000	1.270	0.230	0.110	0.170	0.030	0.030				21.320
0.8 - 1.0	0.050	1.050	1.770	3.650	4.530	1.660	0.240	0.140	0.200	0.020	0.020				13.320
1.0 - 1.2		0.220	0.730	1.830	3.250	2.140	0.160	0.120	0.140	0.110	0.030				8.730
1.2 - 1.4		0.040	0.240	0.960	1.570	1.990	0.190	0.120	0.160	0.070	0.030				5.360
1.4 - 1.6			0.070	0.510	1.030	1.810	0.330	0.100	0.070	0.050					3.980
1.6 - 1.8			0.040	0.300	0.530	1.080	0.300	0.140	0.050		0.010				2.440
1.8 - 2.0			0.010	0.110	0.430	0.650	0.240	0.050	0.060						1.550
2.0 - 2.2				0.050	0.220	0.730	0.230	0.070	0.050	0.010					1.350
2.2 - 2.4				0.050	0.140	0.350	0.210	0.050	0.030	0.020	0.010				0.850
2.4 - 2.6				0.040	0.050	0.270	0.220	0.110	0.090	0.010	0.010				0.790
2.6 - 2.8				0.010	0.110	0.140	0.140	0.160	0.050		0.010				0.620
2.8 - 3.0					0.030	0.140	0.100	0.050	0.010		0.010				0.330
3.0 - 3.2					0.020	0.140	0.130	0.060	0.080	0.030	0.010				0.470
3.2 - 3.4					0.010	0.140	0.100	0.130	0.140	0.020	0.030	0.010			0.560
3.4 - 3.6					0.010	0.110	0.130	0.170	0.230	0.030	0.050	0.010			0.740
3.6 - 3.8					0.010	0.060	0.130	0.080	0.150	0.010	0.010				0.450
3.8 - 4.0						0.030	0.080	0.060	0.070	0.010					0.250
4.0 - 4.2						0.020	0.100	0.020	0.060	0.010					0.210
4.2 - 4.4								0.050	0.070						0.120
4.4 - 4.6						0.010	0.040	0.030	0.030	0.010					0.110
4.6 - 4.8							0.010	0.020	0.040	0.030					0.090
4.8 - 5.0							0.010	0.020	0.020	0.020					0.060
5.0 - 5.2									0.020						0.020
5.2 - 5.4								0.010	0.010						0.020
5.4 - 5.6									0.010						0.010
5.6 - 5.8															
5.8 - 6.0															
סה"כ	8.190	10.170	15.070	23.600	20.210	14.150	3.670	2.010	2.130	0.510	0.270	0.020			100.000

טבלה מס' 31 - חיפה-סטטיסטיקת גלים במים עמוקים
שכיחות משותפת (%) של זמן מחזור שיא הספקטרום ואזימות כיוון הגלים (04/94-02/98) - קיץ

T(s)	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0	11.0	12.0	13.0	14.0	15.0	16.0	סה"כ
Az(deg)															
205	1.345	0.290	0.046		0.017	0.012									1.705
215	0.070	0.099	0.029												0.197
225	0.093	0.099	0.029	0.035	0.012										0.261
235	0.128	0.064	0.046	0.017		0.012			0.012						0.273
245	0.052	0.052	0.070	0.064	0.110	0.052	0.017	0.017	0.012						0.452
255	0.046	0.081	0.116	0.180	0.128	0.162	0.035	0.029	0.035	0.012					0.823
265	0.081	0.145	0.226	0.847	0.829	0.516	0.128	0.093	0.081	0.017					2.958
275	0.081	0.278	1.218	3.491	2.778	1.577	0.255	0.133	0.093	0.012					9.916
285	0.151	0.684	2.383	5.706	5.358	2.969	0.273	0.099	0.052						17.682
295	0.151	0.922	1.885	3.079	2.859	1.247	0.110	0.012	0.012						10.270
305	0.197	0.678	0.876	0.864	0.597	0.244	0.017				0.012				3.485
315	0.151	0.278	0.505	0.255	0.133	0.046									1.374
325	0.145	0.406	0.342	0.174	0.052	0.012									1.131
335	0.307	0.597	0.470	0.226	0.064	0.012									1.670
345	0.452	0.702	0.968	0.406	0.081	0.012									2.615
355	0.696	1.102	0.928	0.394	0.052	0.012									3.184
סה"כ	4.152	6.478	10.137	15.739	13.077	6.866	0.829	0.377	0.290	0.035	0.012				57.991

טבלה מס' 32 - חיפה-סטטיסטיקת גלים במים עמוקים
שכיחות משותפת (%) של זמן מחזור שיא הספקטרום ואזימות כיוון הגלים (04/94-02/98) - חורף

T(s)	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0	11.0	12.0	13.0	14.0	15.0	16.0	סה"כ
Az(deg)															
205	2.743	0.269	0.038	0.038	0.017	0.008			0.008						3.121
215	0.071	0.126	0.017	0.025											0.244
225	0.101	0.101	0.071	0.080	0.025	0.008									0.386
235	0.126	0.143	0.143	0.025	0.101	0.017	0.017	0.017			0.008				0.605
245	0.038	0.143	0.126	0.218	0.063	0.155	0.071	0.046	0.046	0.017	0.008				0.928
255	0.038	0.101	0.269	0.260	0.315	0.470	0.189	0.164	0.332	0.063	0.118	0.008			2.327
265	0.017	0.134	0.235	0.748	1.063	1.454	0.886	0.487	0.513	0.181	0.088				5.810
275	0.038	0.118	0.386	1.374	1.987	2.445	0.714	0.416	0.416	0.101	0.008	0.008			8.003
285	0.025	0.071	0.496	1.668	2.193	1.668	0.613	0.281	0.323	0.080	0.025				7.452
295	0.038	0.088	0.424	0.949	0.534	0.622	0.315	0.206	0.155	0.025					3.357
305	0.008	0.101	0.218	0.235	0.227	0.189	0.025	0.008	0.046						1.054
315	0.008	0.101	0.218	0.235	0.227	0.189	0.025	0.008	0.046						1.054
325	0.055	0.235	0.307	0.332	0.025	0.008	0.008								0.975
335	0.088	0.323	0.605	0.504	0.126	0.088									1.743
345	0.134	0.622	0.802	0.786	0.235	0.080									2.663
355	0.487	1.012	0.643	0.370	0.126	0.025									2.663
סה"כ	4.041	3.693	4.936	7.860	7.129	7.284	2.844	1.634	1.840	0.470	0.260	0.017			42.009

טבלה מס' 33 - חיפה-סטטיסטיקת גלים במים עמוקים
שכיחות משותפת (%) של זמן מחזור שיא הספקטרום ואזימות כיוון הגלים (04/94-02/98) - שנתי

T(s)	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0	11.0	12.0	13.0	14.0	15.0	16.0	סה"כ
Az(deg)															
205	4.090	0.560	0.080	0.040	0.040	0.020			0.010						4.830
215	0.140	0.230	0.050	0.030											0.440
225	0.190	0.200	0.100	0.120	0.040	0.010									0.650
235	0.250	0.210	0.190	0.050	0.100	0.030	0.020	0.020	0.010		0.010				0.880
245	0.090	0.200	0.200	0.280	0.170	0.210	0.090	0.060	0.050	0.020	0.010				1.380
255	0.080	0.180	0.390	0.440	0.440	0.630	0.230	0.190	0.370	0.070	0.120	0.010			3.150
265	0.100	0.280	0.460	1.600	1.900	1.970	1.010	0.580	0.600	0.200	0.090				8.770
275	0.120	0.400	1.610	4.860	4.760	4.020	0.970	0.550	0.510	0.110	0.010	0.010			17.920
285	0.180	0.760	2.880	7.370	7.550	4.640	0.880	0.380	0.380	0.080	0.030				25.130
295	0.190	1.010	2.310	4.020	3.390	1.870	0.420	0.220	0.160	0.030					13.630
305	0.210	0.780	1.090	1.100	0.820	0.430	0.050	0.010	0.050		0.010				4.540
315	0.190	0.380	0.660	0.500	0.230	0.080		0.010							2.040
325	0.200	0.640	0.650	0.510	0.080	0.020	0.010								2.100
335	0.400	0.920	1.070	0.730	0.190	0.100									3.410
345	0.590	1.330	1.770	1.190	0.320	0.090									5.280
355	1.180	2.110	1.570	0.770	0.180	0.040									5.850
סה"כ	8.190	10.170	15.070	23.600	20.210	14.150	3.670	2.010	2.130	0.510	0.270	0.020			100.000

טבלה מס' 34 - מספר שנתי ממוצע של סערות ומשכי הזמן הממוצעים של הסערות

מצבי ים של סערות העוברים רמת גובה נתונה של גובה ים משמעותי בלבד

מצבי ים בו =< Hmo, [מ']	מספר ממוצע של סערות [-]	משך ממוצע של מצב ים לסערה [שעות]	סטית התקן של משך הסערה [שעות]
0.5	79.34	90.5	127.31
1.0	59.63	39.7	44.15
1.5	33.56	35.2	35.33
2.0	24.90	29.2	29.26
3.0	9.90	24.4	20.00
4.0	5.10	16.2	13.43
5.0	1.25	12.2	9.40
6.0	0.25	5.3	4.76

מצבי ים של סערות העוברים רמת גובה נתונה של גובה ים משמעותי ושל 1 מ' גבוהה יותר

מצבי ים בו =< Hmo, [מ']	מספר ממוצע של סערות [-]	משך ממוצע של מצב ים לסערה [שעות]	סטית התקן של משך הסערה [שעות]
1.0	19.69	78.35	44.29
1.5	12.50	62.77	37.26
2.0	8.94	54.36	30.49
3.0	4.44	39.90	19.22
4.0	1.25	31.99	9.78
5.0	0.25	23.65	12.36

מצבי ים של סערות העוברים רמת גובה נתונה של גובה ים משמעותי ושל 2 מ' גבוהה יותר

מצבי ים בו =< Hmo, [מ']	מספר ממוצע של סערות [-]	משך ממוצע של מצב ים לסערה [שעות]	סטית התקן של משך הסערה [שעות]
1.0	7.94	100.88	51.18
1.5	5.63	79.64	41.04
2.0	4.19	70.28	32.61
3.0	1.19	54.38	20.26
4.0	0.25	40.00	14.59

מצבי ים של סערות העוברים רמת גובה נתונה של גובה ים משמעותי ושל 3 מ' גבוהה יותר

מצבי ים בו =< Hmo, [מ']	מספר ממוצע של סערות [-]	משך ממוצע של מצב ים לסערה [שעות]	סטית התקן של משך הסערה [שעות]
1.0	3.94	119.70	108.77
1.5	2.50	96.91	48.13
2.0	1.19	80.84	28.68
3.0	0.25	68.10	32.83

טבלה מס' 35 - תקופות חזרה ממוצעות של מצבני ים קיצוניים

גובה גל משמעותי במים עמוקים	תקופת חזרה ממוצעת
מטר	שנים
5.15	2
6.15	5
6.25	6
6.80	10
7.15	15
7.40	20
8.20	50
8.70	100
10.15	500

טבלה מס' 36 - בחירת תקופות חזרה ממוצעות של גלי תכן לפי רמת סיכון ואורך חיים כלכלי

אורך חיים כלכלי של מבנה [שנים]									סיכון מוסכם לאירוע גל התכן
100	50	20	15	10	8	6	4	2	אחוזים
תקופת חזרה ממוצעת לשימוש [שנים]									
9,950	4,975	1,990	1,493	995	796	597	398	199	1
4,950	2,475	990	743	495	396	297	198	99	2
1,950	975	390	293	195	156	117	78	39	5
950	475	190	143	95	76	57	38	19	10
616	308	124	93	62	50	37	25	13	15
449	225	90	68	45	36	27	18	9	20
145	73	29	22	15	12	9	6	3	50
98	49	20	15	10	8	6	4	3	64

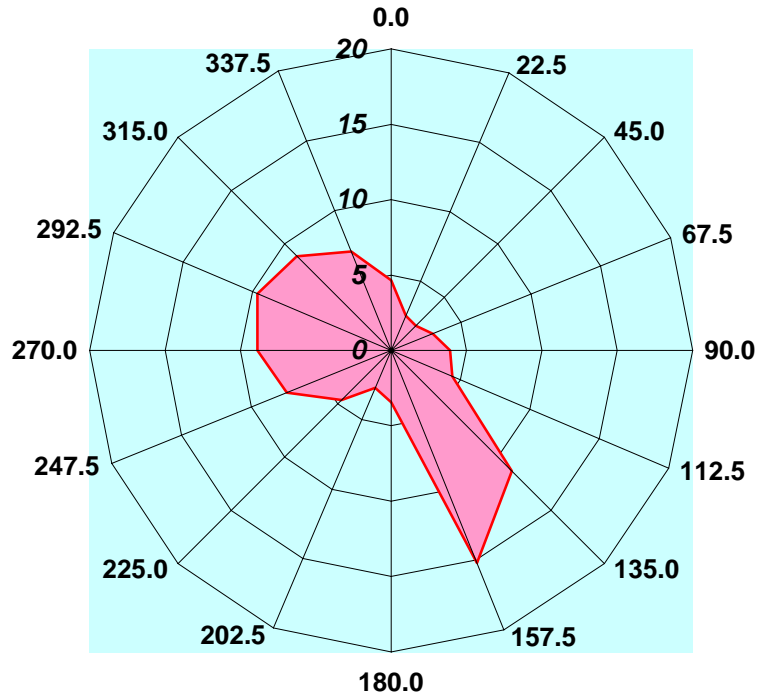
**טבלה מס' 37 - השתנות עומק המים כתלות במרחק מהחוף במקומות
שונים לאורך חוף הים התיכון הדרום-מזרחי**

קו עומק (מ')	-10	-20	-30	-40	-50	-60	-70	-80	-90	-100	-200
מקום	מרחק מקו החוף עד קו העומק המצוין בשורה שמעל, בקילומטרים										
רפיח	0.5	1.9	9.7	12.3	14.2	16.3	19.1	21.3	24.1	24.7	
דיר אל בלך	0.5	1.8	7.6	10.1	12.1	14.4	16.1	18.1	19.6	23.0	24.0
עזה	0.6	1.7	3.4	9.6	11.2	12.8	14.4	16.0	17.2	18.2	22.3
זיקים	0.6	1.7	2.7	8.7	10.7	12.3	14.1	15.4	16.5	17.4	22.1
אשקלון	0.9	1.6	2.9	8.4	10.9	12.6	13.9	15.2	16.3	17.3	22.1
אשדוד ים	0.8	1.5	2.6	8.1	10.6	12.1	13.6	14.8	15.9	17.4	22.1
פלמחים	0.8	1.7	2.7	5.9	9.3	10.5	11.7	12.6	13.2	13.9	15.9
יפו	0.3	0.9	1.6	4.5	8.4	9.8	10.8	11.5	12.5	13.5	17.7
תל ברוך	0.7	1.7	2.7	4.7	9.2	11.1	12.2	12.8	13.6	14.4	19.3
נתניה	0.9	1.6	2.5	4.6	8.1	10.5	11.0	11.7	12.6	13.4	18.5
חדרה	0.7	1.4	2.2	3.4	6.0	8.5	9.6	10.4	11.2	11.7	15.7
נוה ים	1.0	1.8	2.4	3.2	4.4	6.4	8.0	8.8	9.3	9.7	11.2
החותרים	1.1	2.2	2.9	3.8	5.0	6.2	8.0	8.9	9.6	9.9	12.2
חוף הכרמל	0.6	1.9	2.7	3.6	5.0	6.5	7.8	9.0	9.5	9.6	10.7
בת גלים	2.2	2.5	3.6	6.0	10.1	10.2	10.4	10.5	10.6	10.7	10.8
קרית ים	0.7	3.5	10.2	11.7	13.5	15.2	15.8	16.7	17.5	17.7	18.2
עכו צפון	0.8	3.0	3.9	9.9	11.9	12.7	13.2	13.7	14.0	14.2	15.3
נהריה	1.8	2.4	3.4	5.7	6.9	8.2	11.0	11.8	12.6	12.9	14.1
אכזיב	0.9	1.1	1.4	1.8	2.4	3.5	3.6	3.8	3.9	4.0	4.2

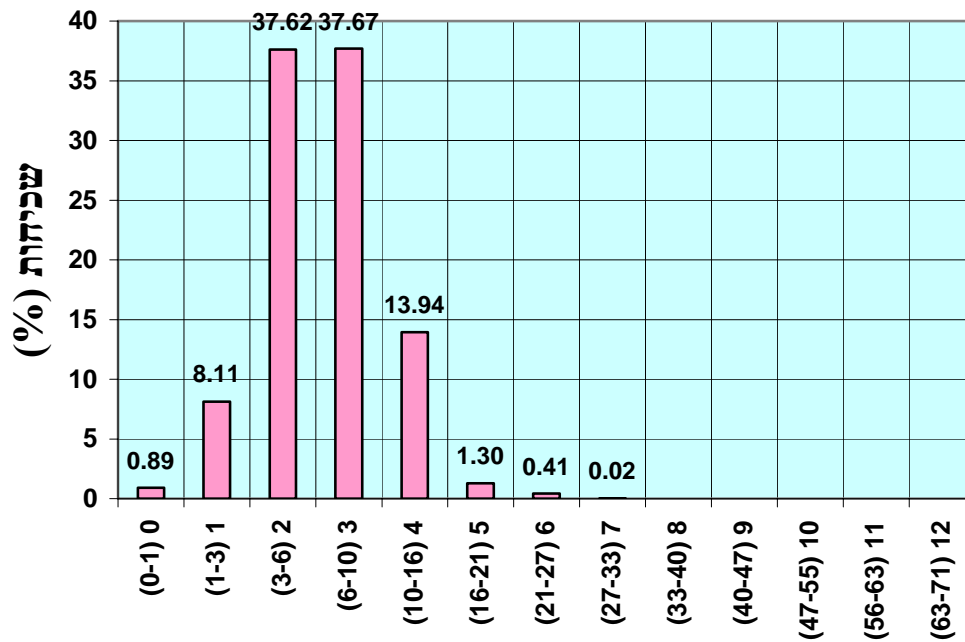
ציורים

סטטיסטיקת רוחות - חוף אשדוד, 02/95 - 03/92

התפלגות כיוונית שנתית ממוצעת של כל הרוחות



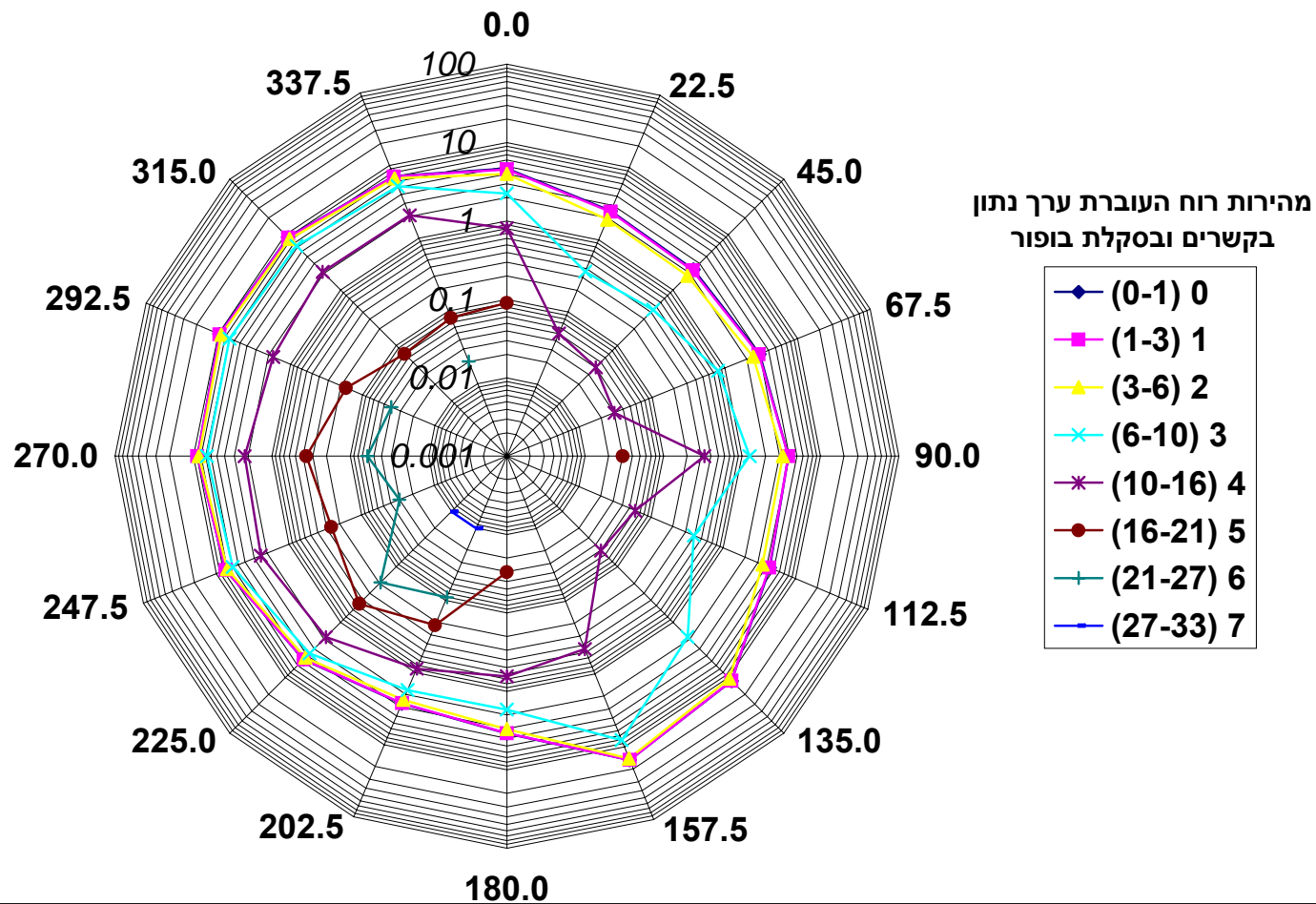
התפלגות השכיחות של מהירות הרוח



מרווח מהירות הרוח בקשרים ובסקלה בופור

סטטיסטיקת רוחות מעל ערך נתון - חוף אשדוד, 02/95- 03/92

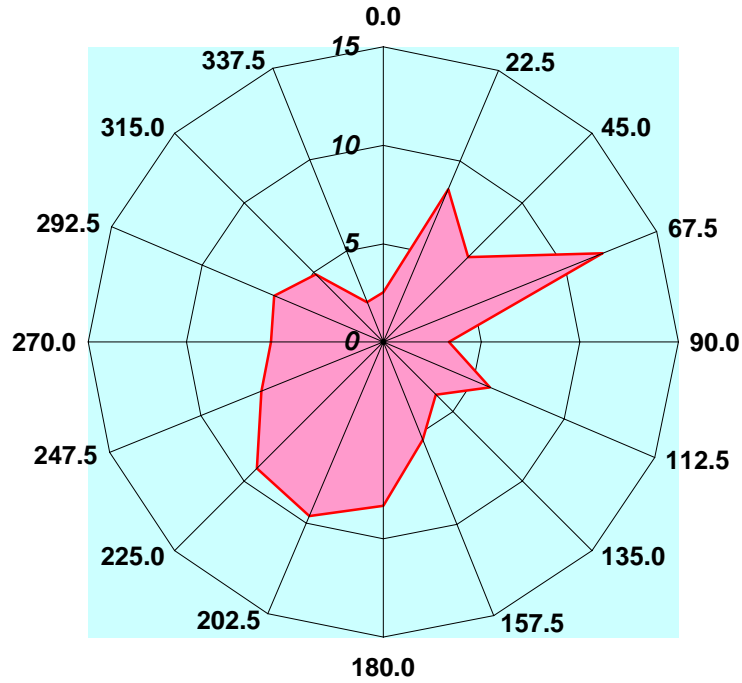
התפלגות כיוונית שנתית ממוצעת של כל הרוחות



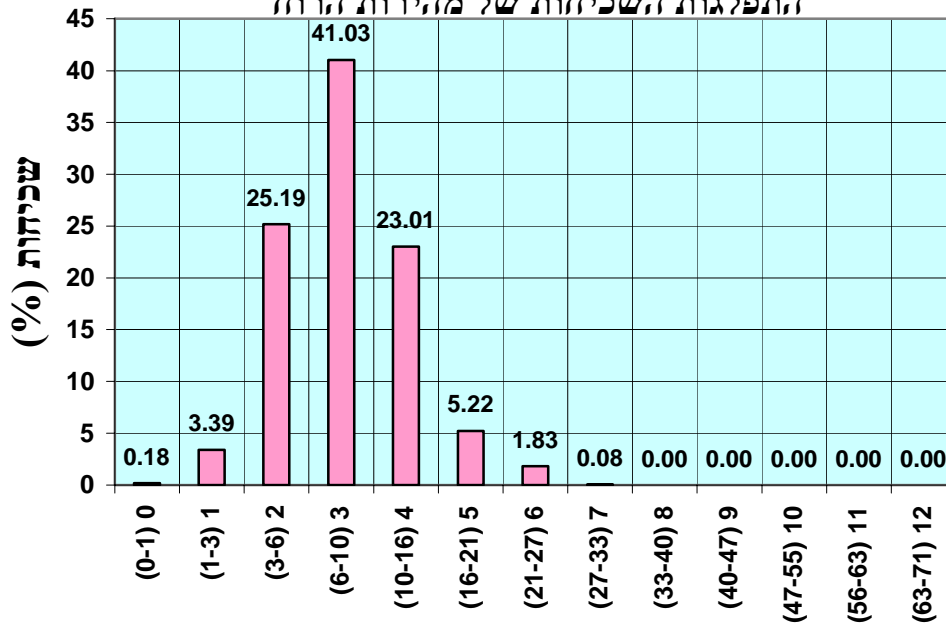
ציור מס' 10

סטטיסטיקת רוחות - קצה מזח הפחם בחדרה, 01/95 - 12/97

התפלגות כיוונית שנתית ממוצעת של כל הרוחות



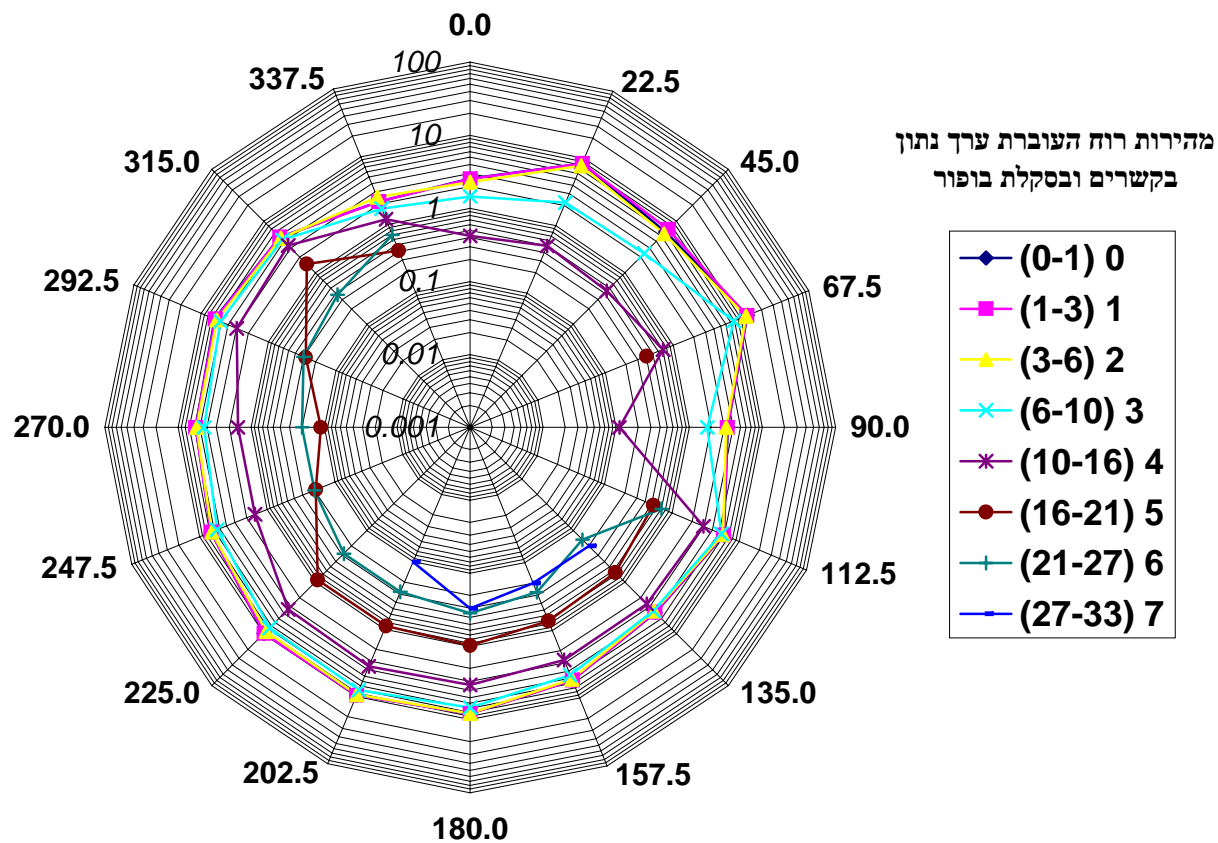
התפלגות השכיחות של מהירות הרוח



מרווח מהירות הרוח בקשרים ובסקלה בופור

הסתברות כיוונית שנתית של התפלגות הופעת רוחות במהירויות מעל ערך נתון

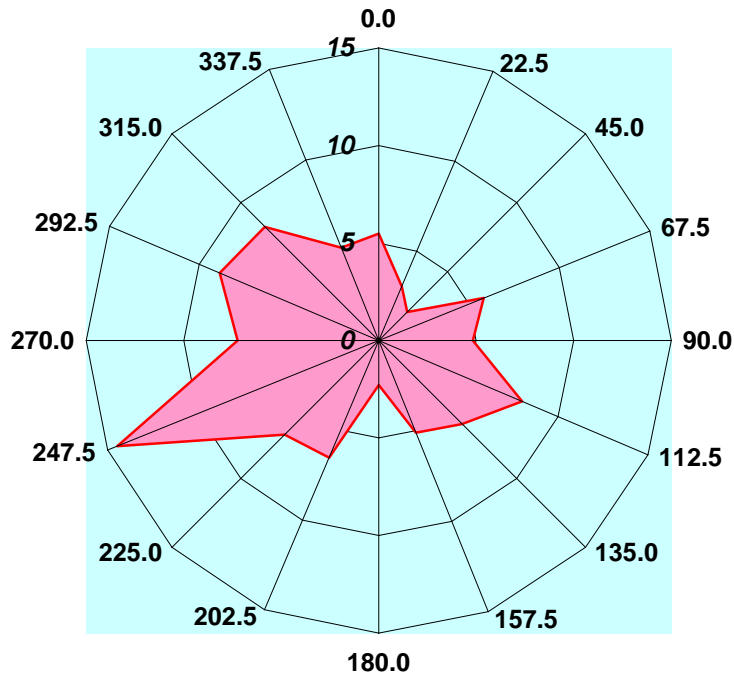
מבוסס על סטטיסטיקת רוחות בקצה מזח הפחם בחדרה בתקופה 01/95 עד 12/97



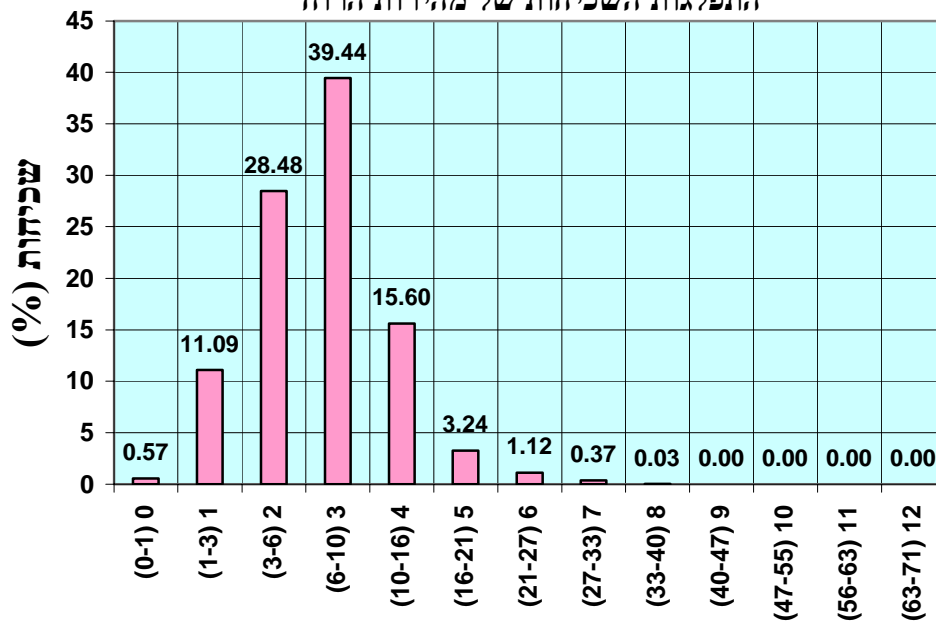
ציור מס' 12

סטטיסטיקת רוחות - שדה דב, 01/71 - 10/97

התפלגות כיוונית שנתית ממוצעת של כל הרוחות



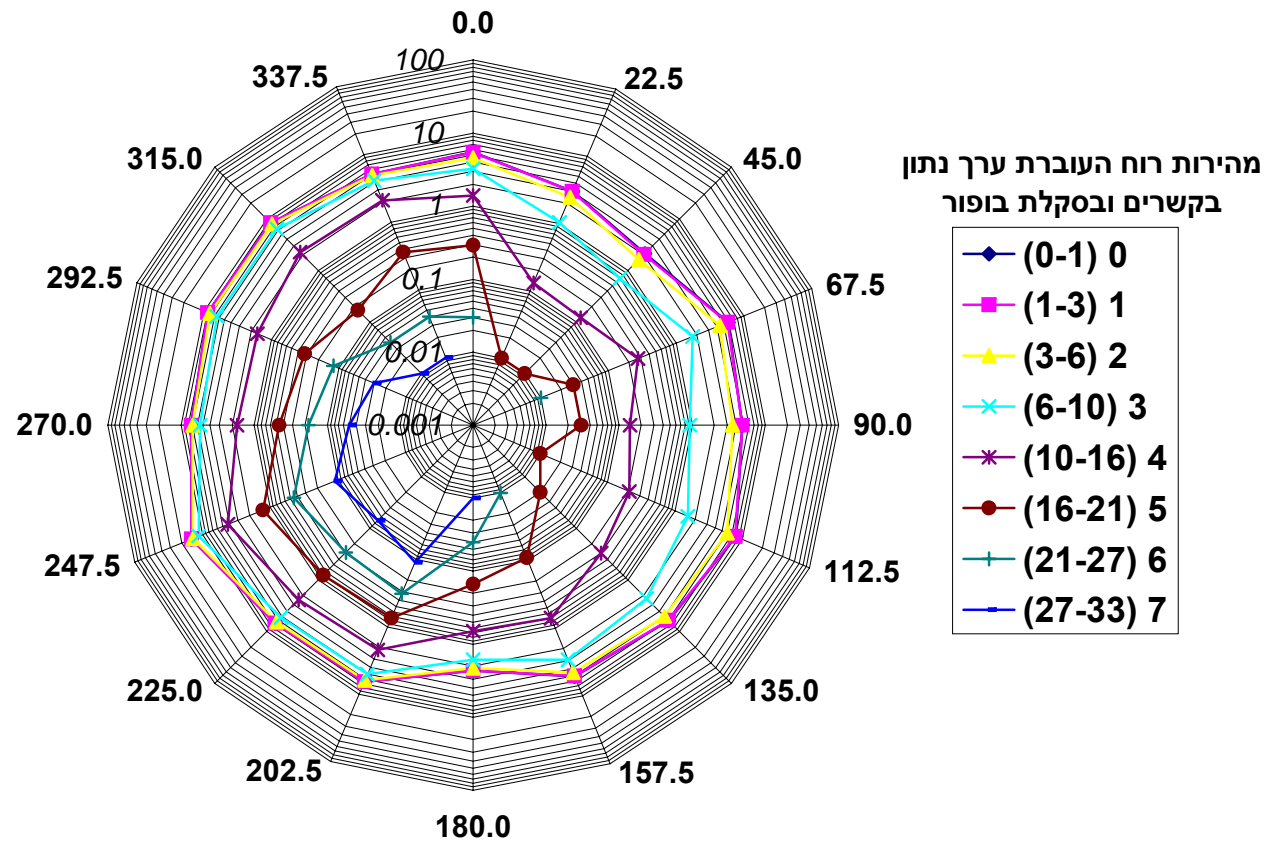
התפלגות השכיחות של מהירות הרוח



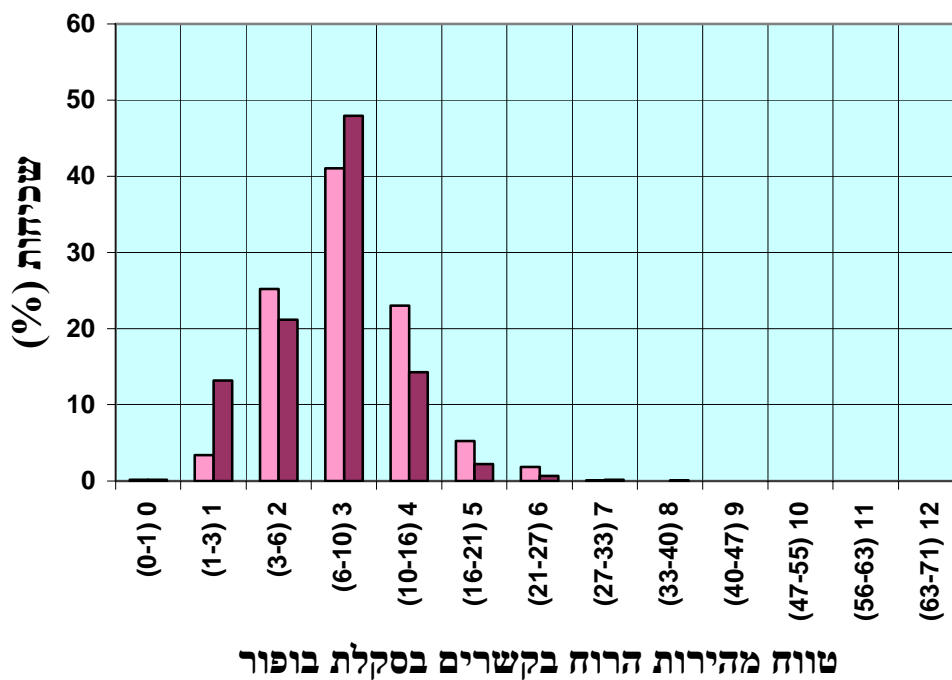
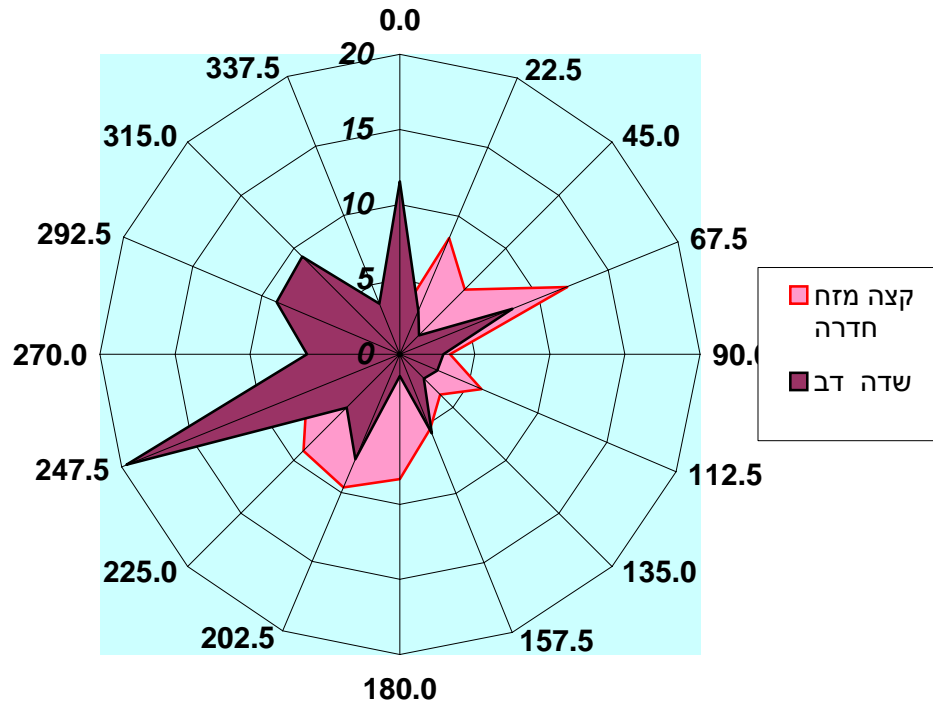
מרווח מהירות הרוח בקשרים ובסקלה בופור

סטטיסטיקת רוחות - שדה דב, 01/71 - 10/97

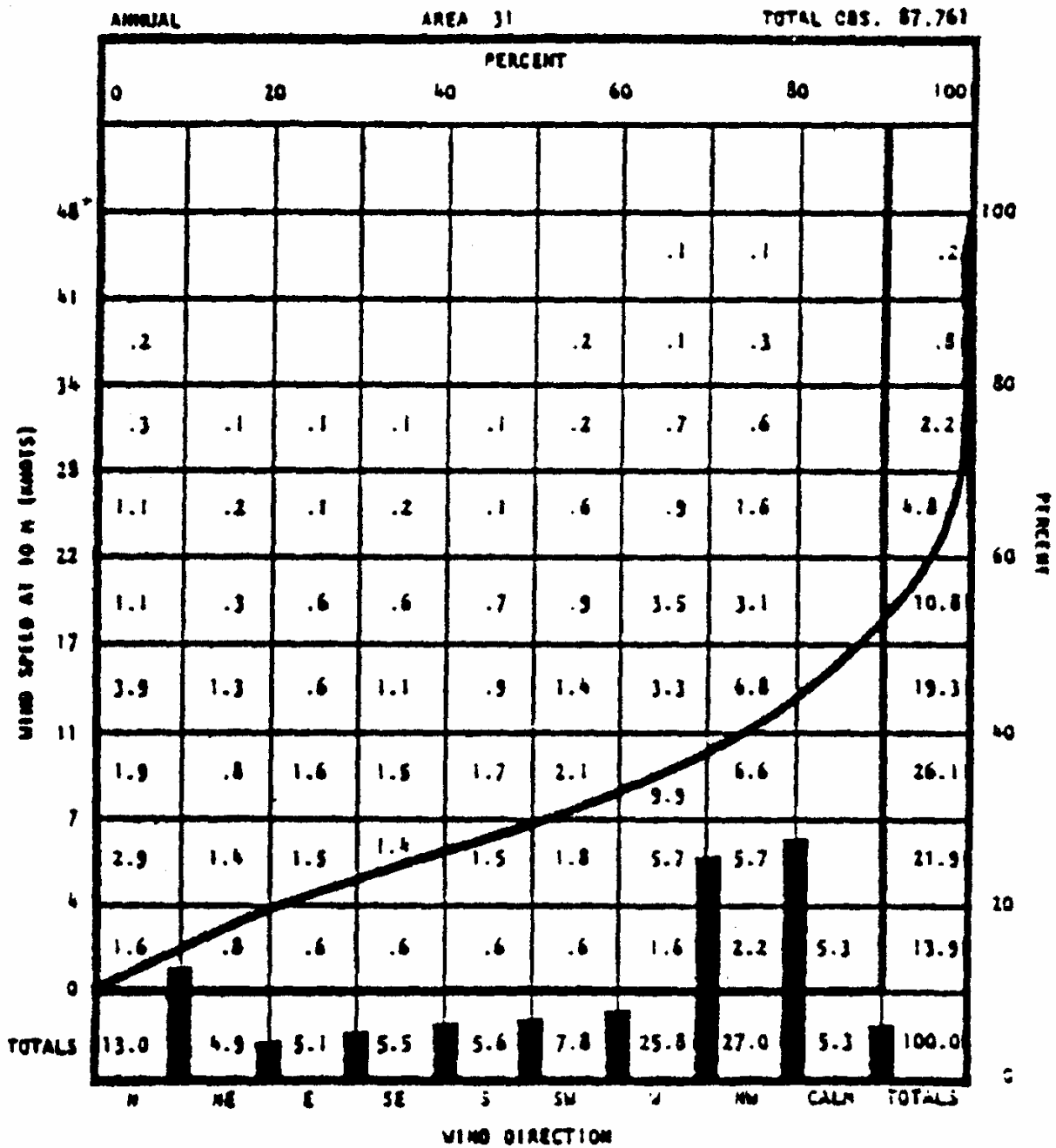
התפלגות כיוונית שנתית ממוצעת של כל הרוחות



התפלגות כיוונית שנתית ממוצעת של כל הרוחות

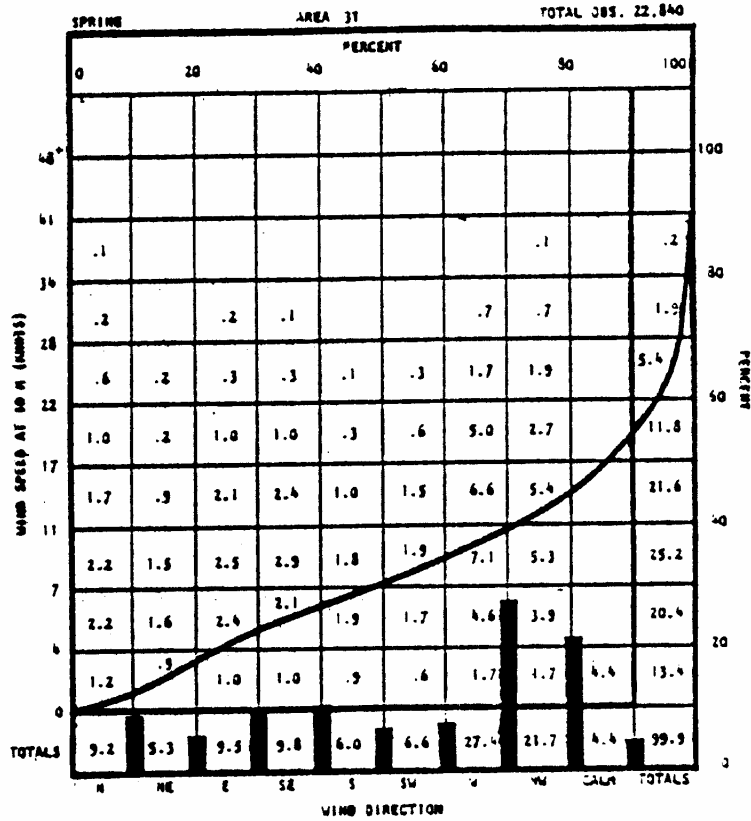


ציור 15 - השוואה בין שכיחויות הרוחות בים בחדרה לעומת שכיחויות הרוחות בחוף בתל-אביב



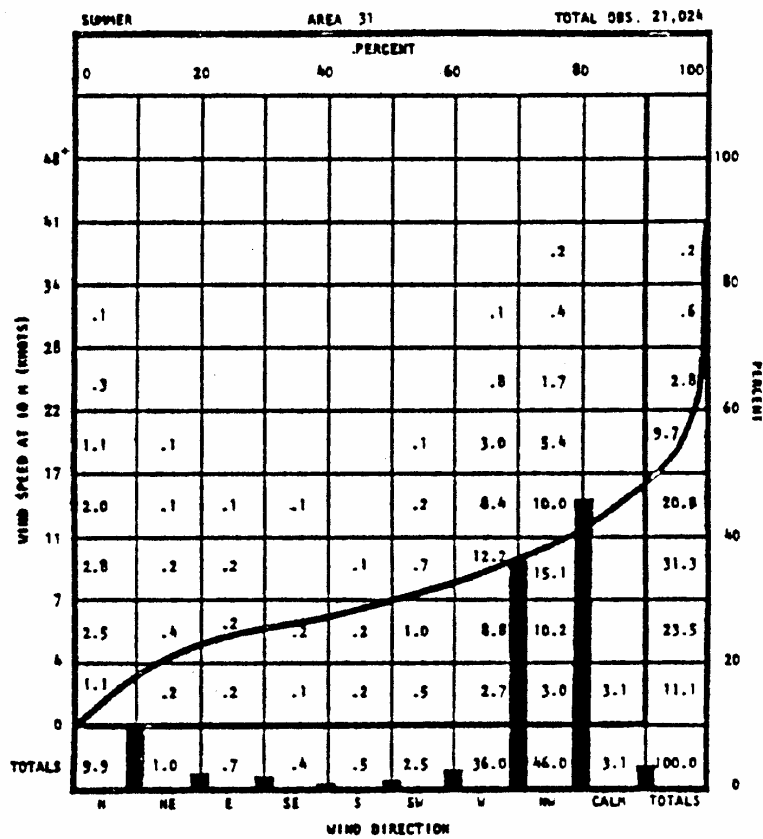
ציור מס' 16

התפלגות כיוונית של השכיחות השנתית הממוצעת באגן המזרחי של הים התיכון



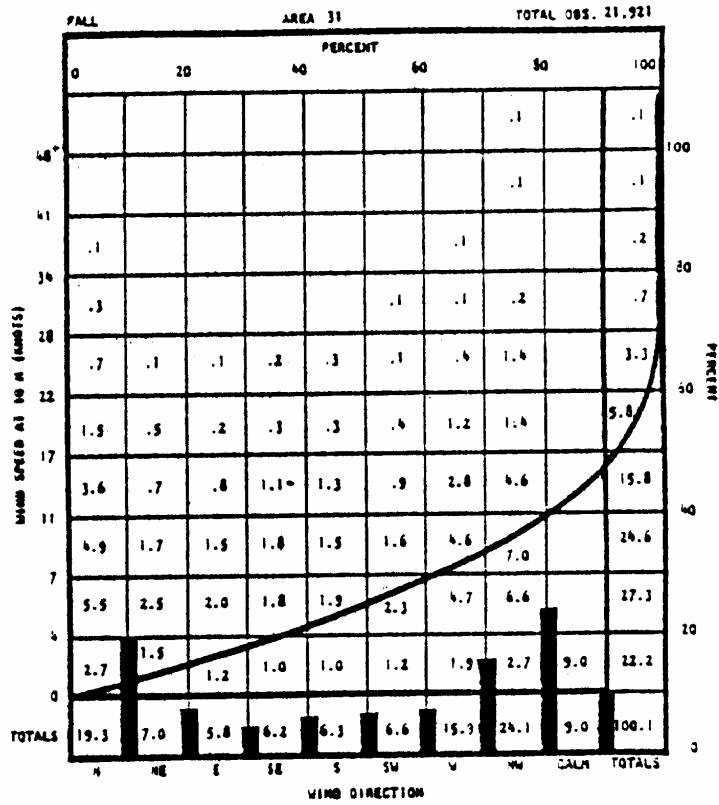
ציור מס' 17

התפלגות כיוונית של השכיחות הממוצעת באביב באגן המזרחי של הים התיכון



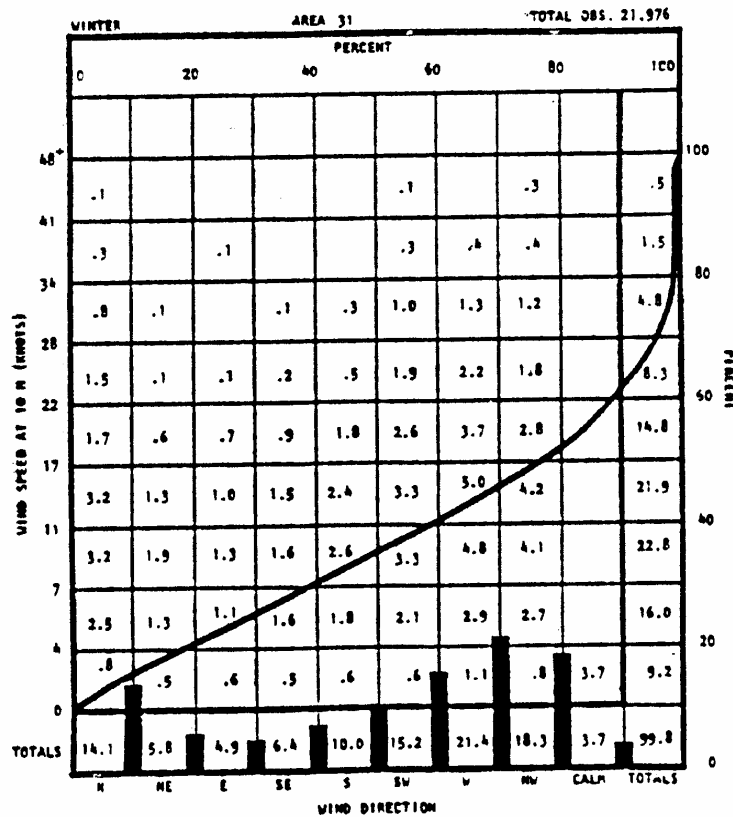
ציור מס' 18

התפלגות כיוונית של השכיחות הממוצעת בקיץ באגן המזרחי של הים התיכון



ציור מס' 19

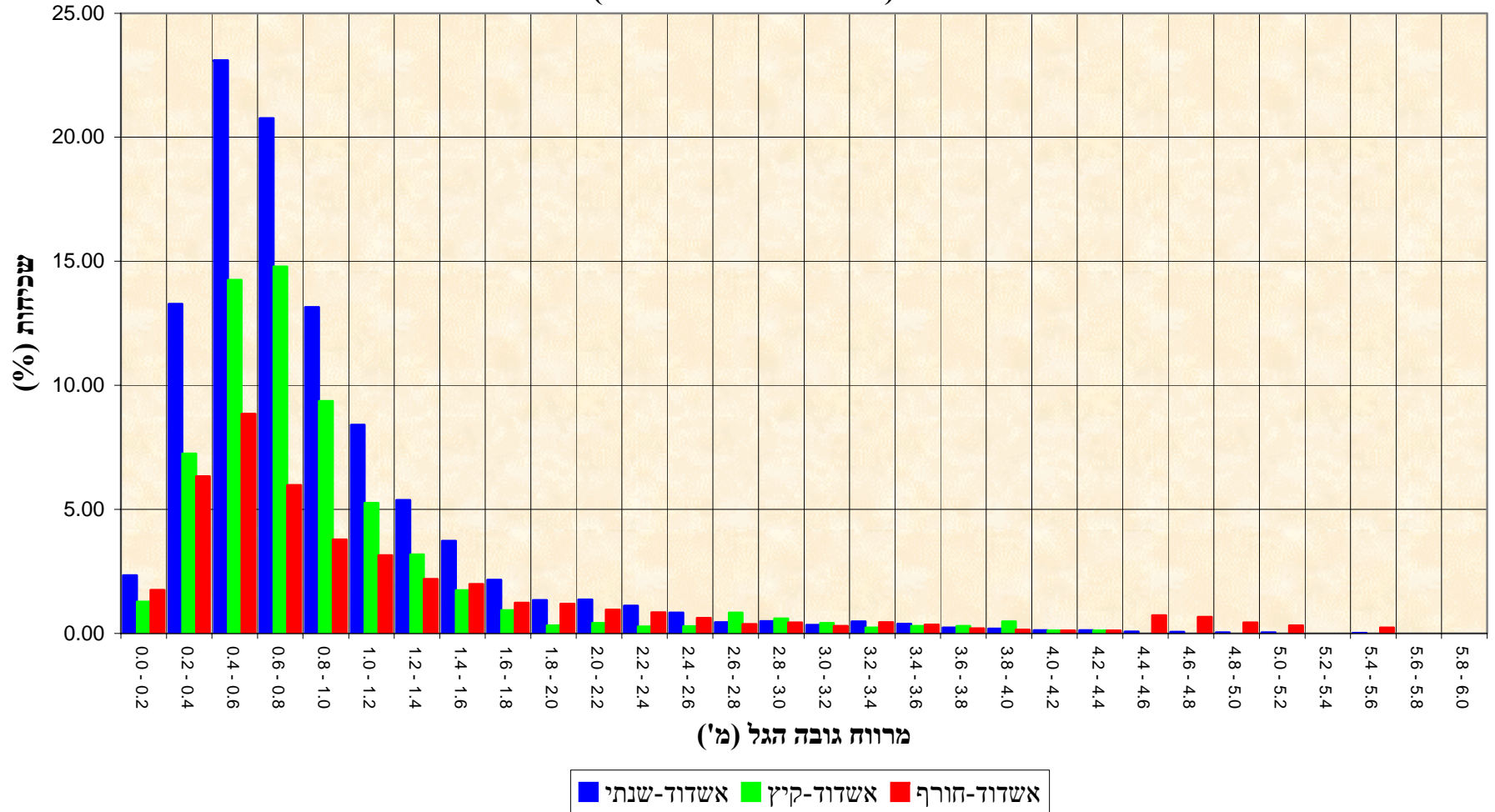
התפלגות כיוונית של השכיחות הממוצעת בסתיו באגן המזרחי של הים התיכון



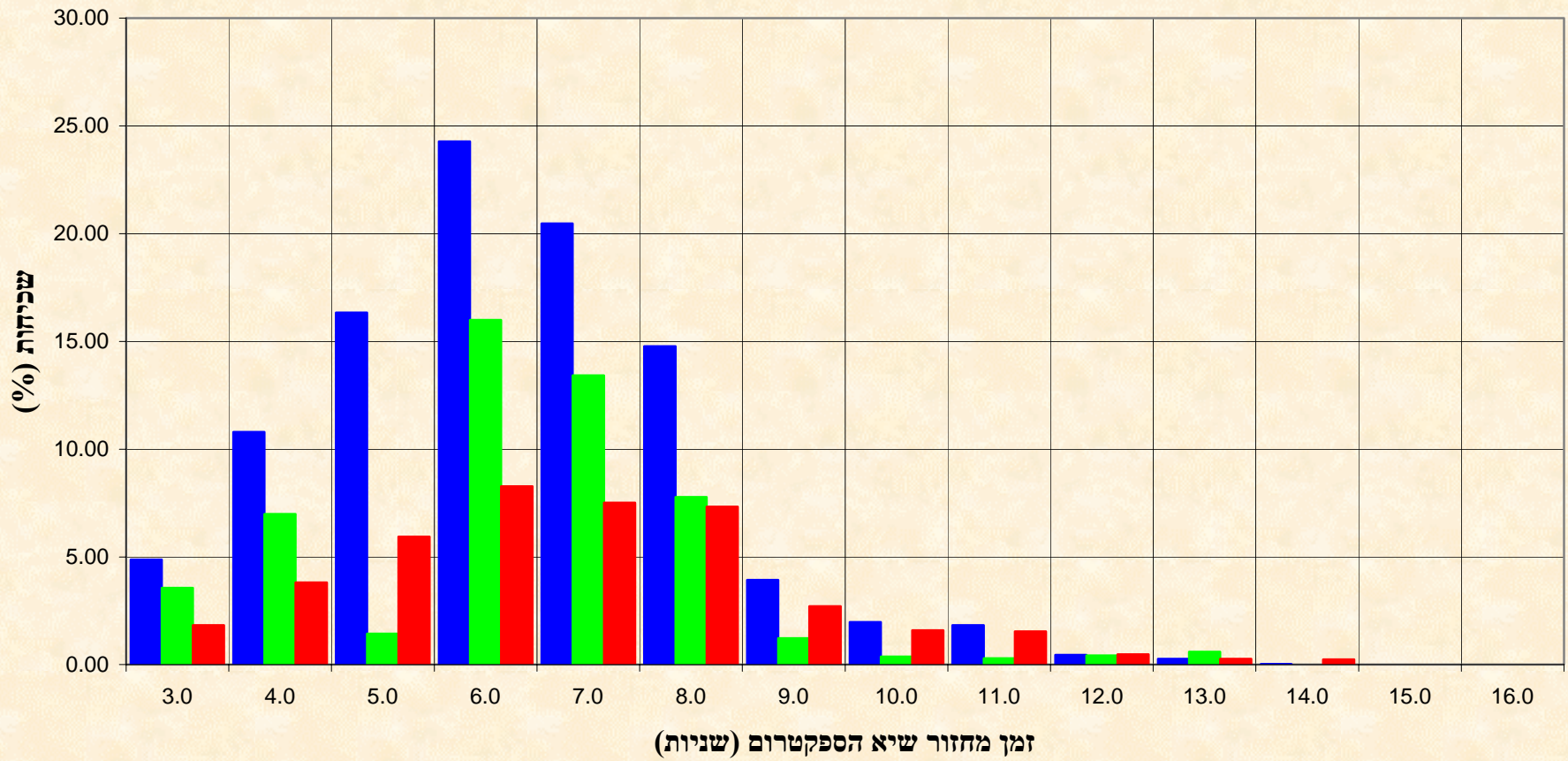
ציור מס' 20

התפלגות כיוונית של השכיחות הממוצעת בחורף באגן המזרחי של הים התיכון

**ציור מס' 21 - התפלגות שכיחות גובה הגל המשמעותי במים עמוקים באשדוד
(כל הגלים 04/92-03/98)**

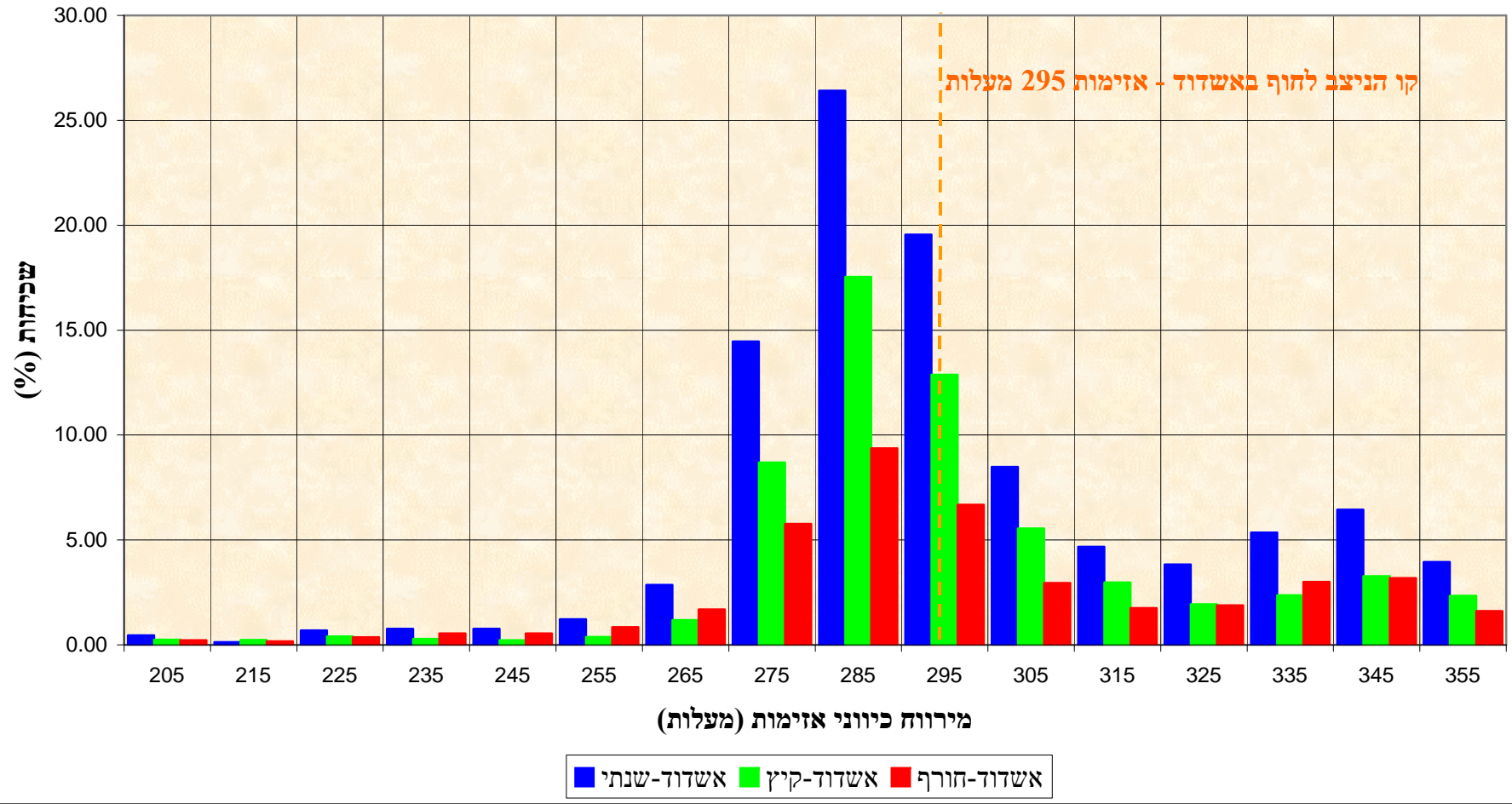


**ציור מס' 22 - התפלגות התפלגות שכיחות זמני מחזור שיא הספקטרום באשדוד
(כל הגלים 04/92-03/98)**

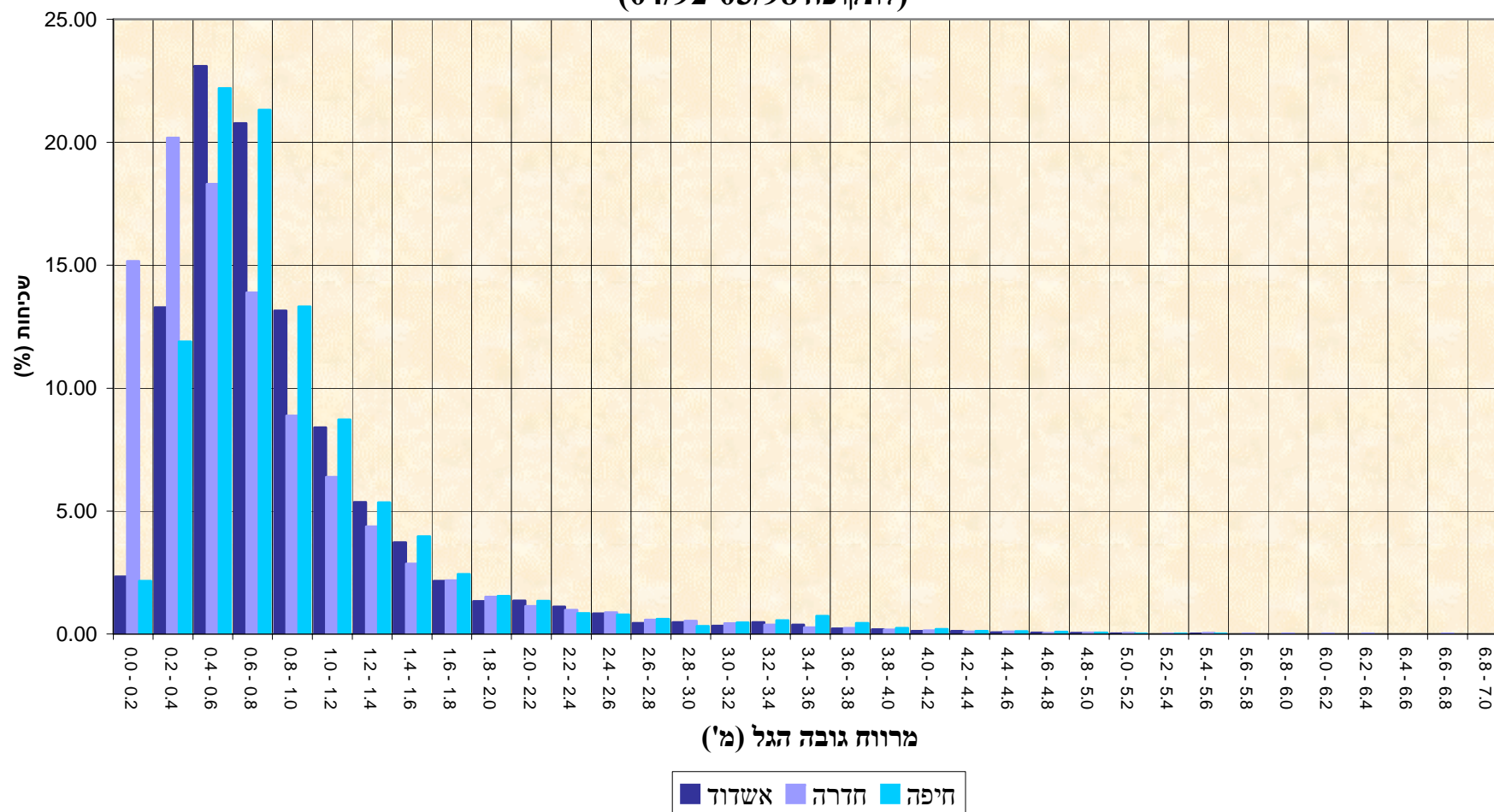


■ אשדוד-שנתי
 ■ אשדוד-קיץ
 ■ אשדוד-חורף

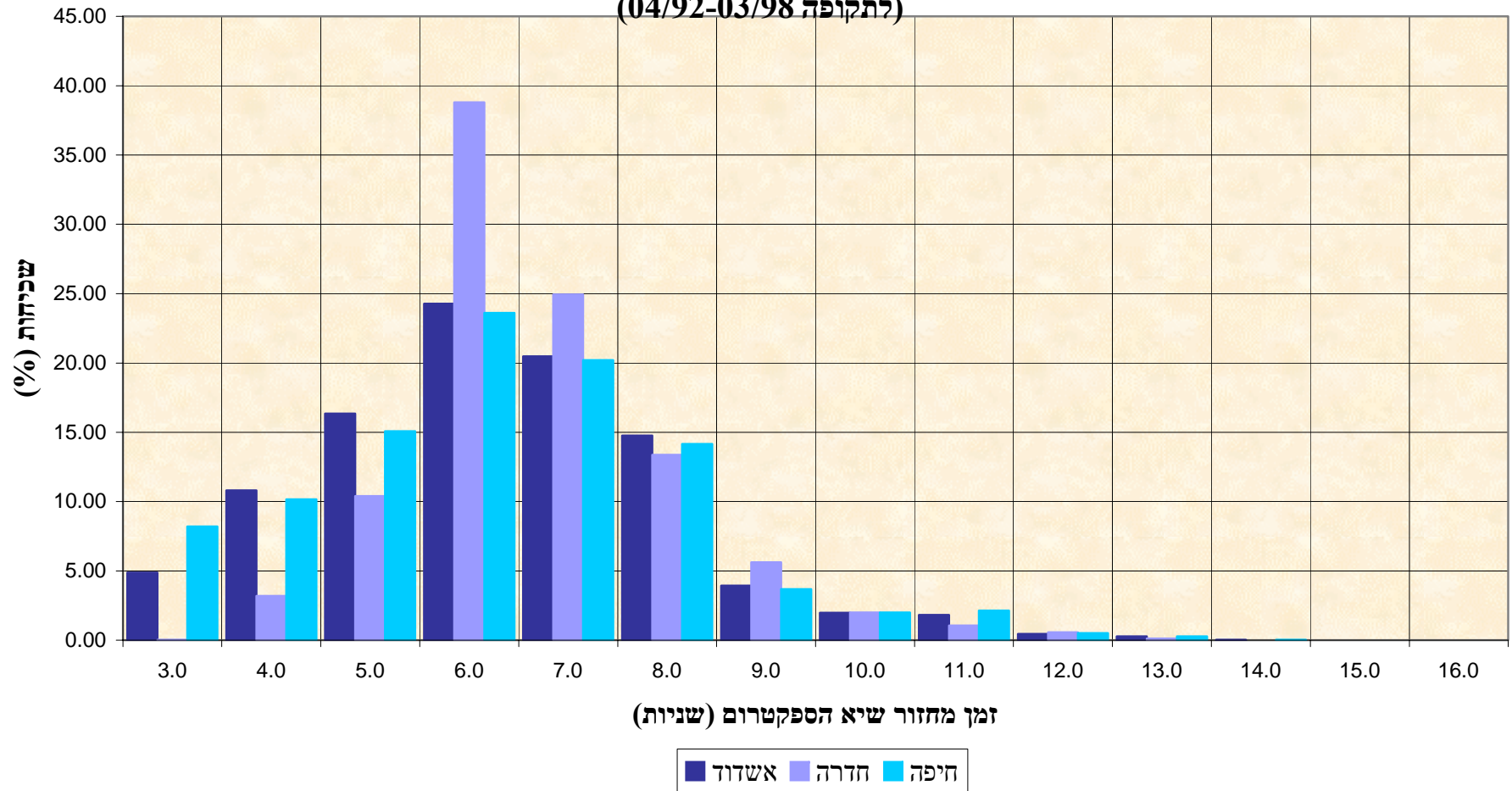
**ציור מס' 23 - התפלגות השכירות הכיוונית של הגלים במים עמוקים באשדוד
(כל הגלים 04/92-03/98)**



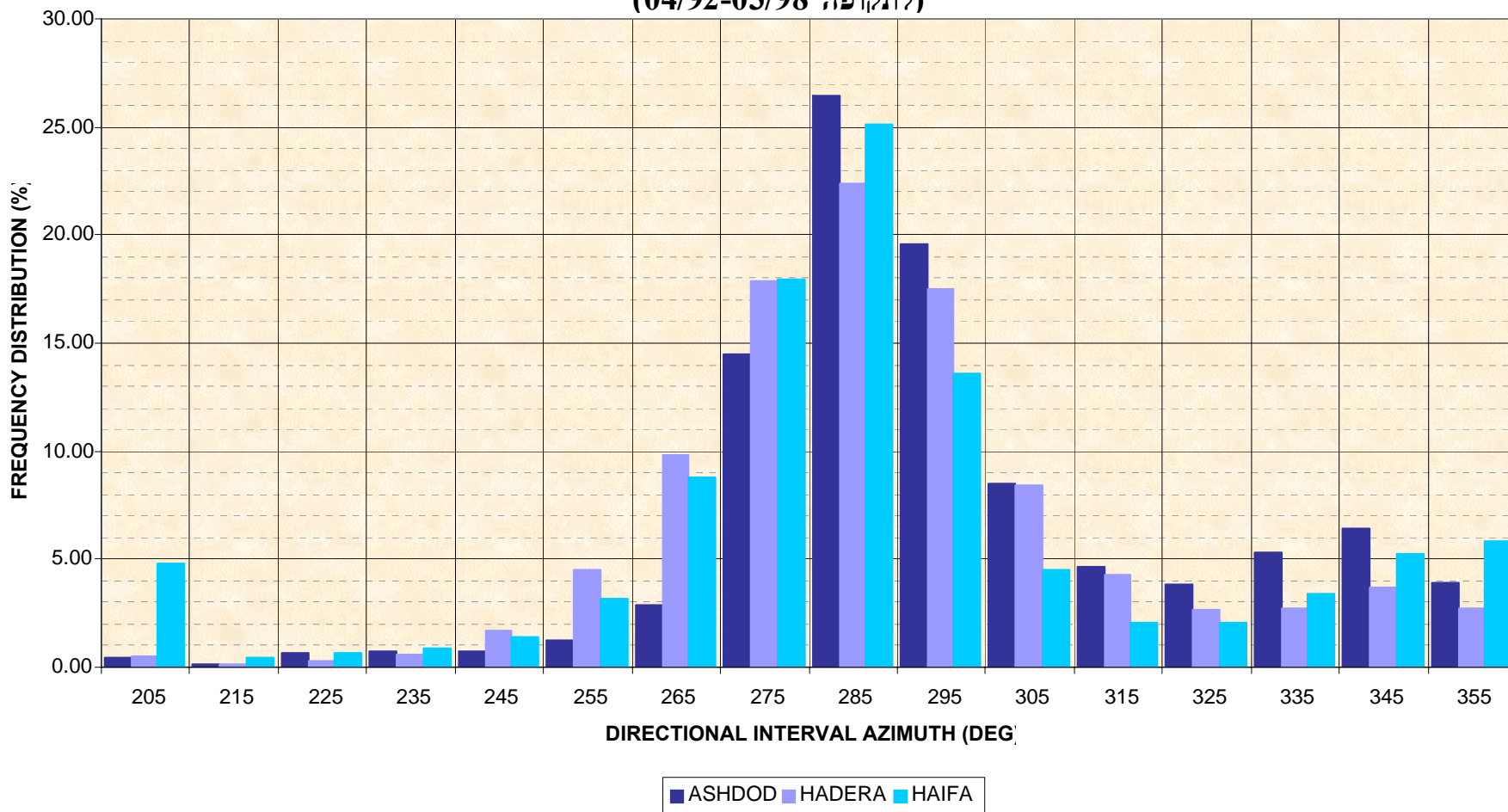
**ציור מס' 24 - התפלגות שנתית של שכיחות גובה הגל המשמעותי במים עמוקים
השוואה בין השכיחות באשדוד, חדרה וחיפה עבור כל הגלים
(לתקופה 04/92-03/98)**



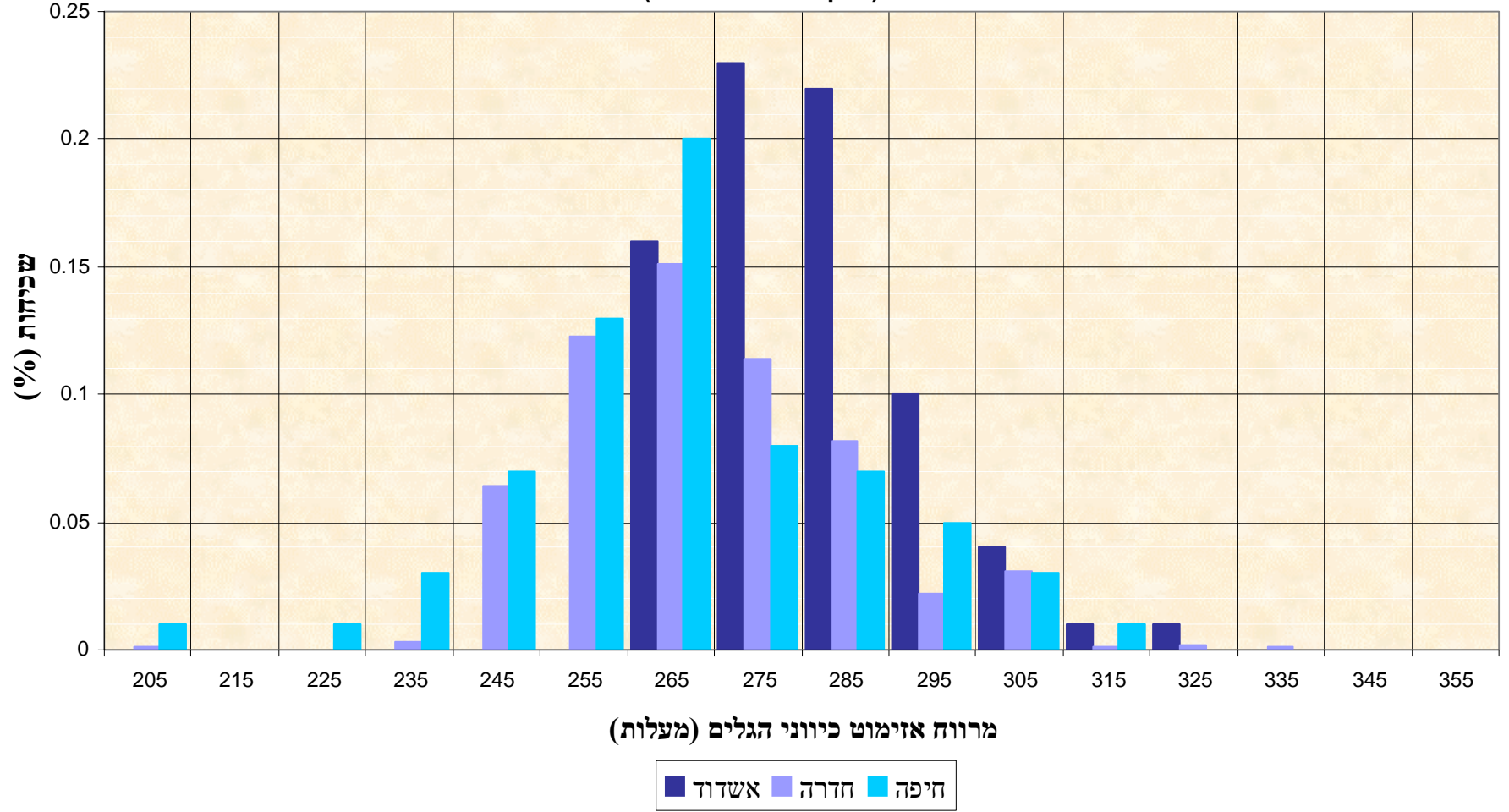
**ציור מס' 25 - התפלגות שנתית של שכיחות זמן מחזור שיא הספקטרום
השואה בין השכיחויות באשדוד, חדרה וחיפה עבור כל הגלים
(לתקופה 04/92-03/98)**

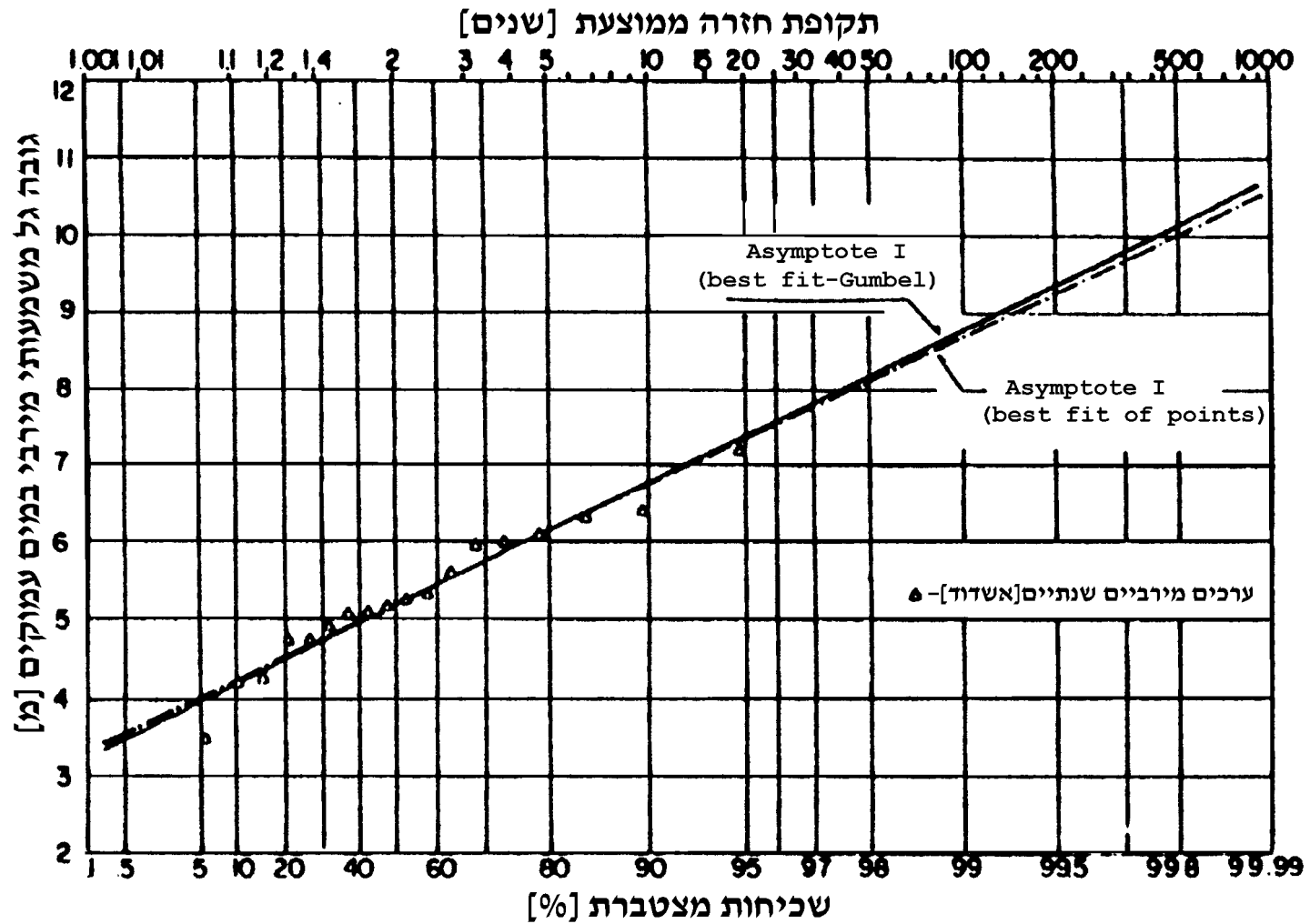


**ציור מס' 26 - התפלגות שנתית של שכיחות כיווני הגלים במים עמוקים
 השואה בין השכיחויות באשדוד, חדרה וחיפה עבור כל הגלים
 (לתקופה 04/92-03/98)**

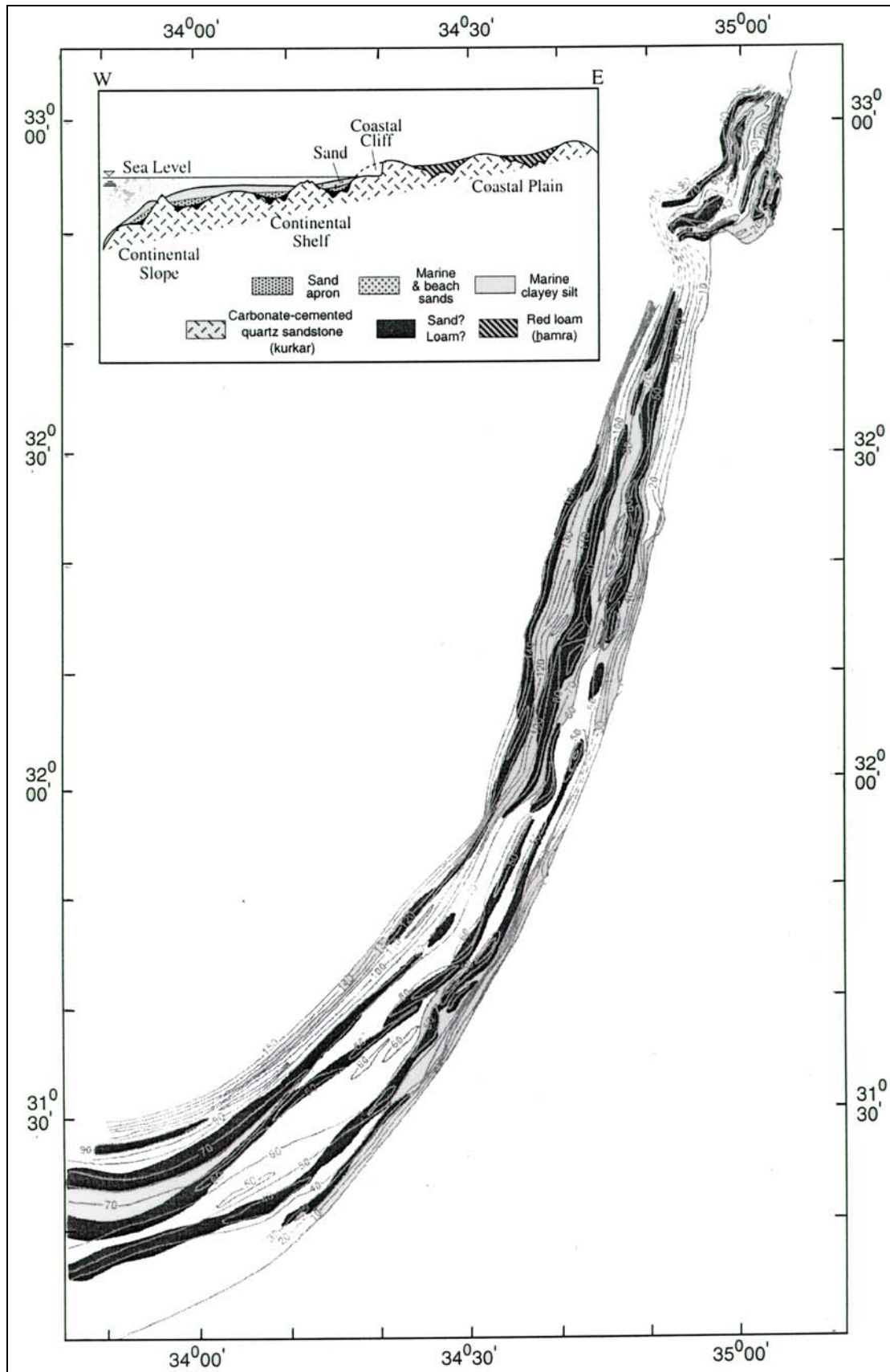


**ציור מס' 27- התפלגות שנתית של שכיחות כיווני הגלים במים עמוקים
 שואה בין השכיחויות באשדוד, חדרה וחיפה עבור גלים בעלי גובה משמעותי מעל 4 מ'
 (לתקופה 04/92-03/98)**



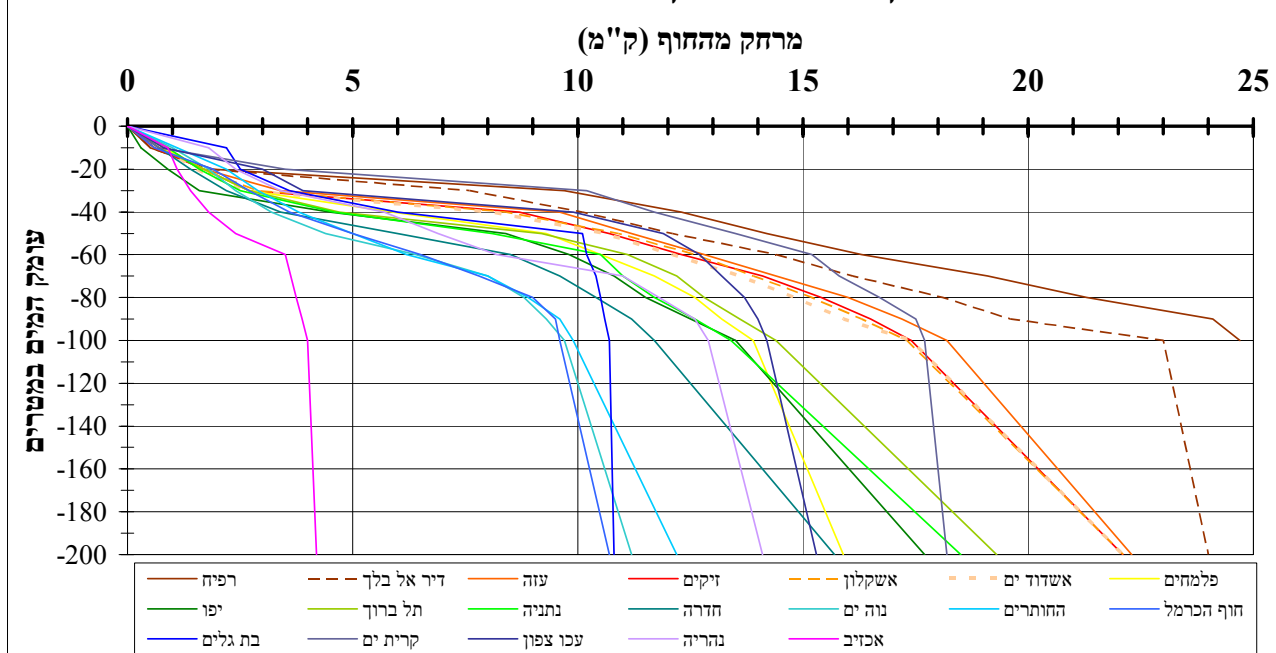


ציור מס' 28 - הסתברות מצבי ים קיצוניים בחופי ישראל במים עמוקים

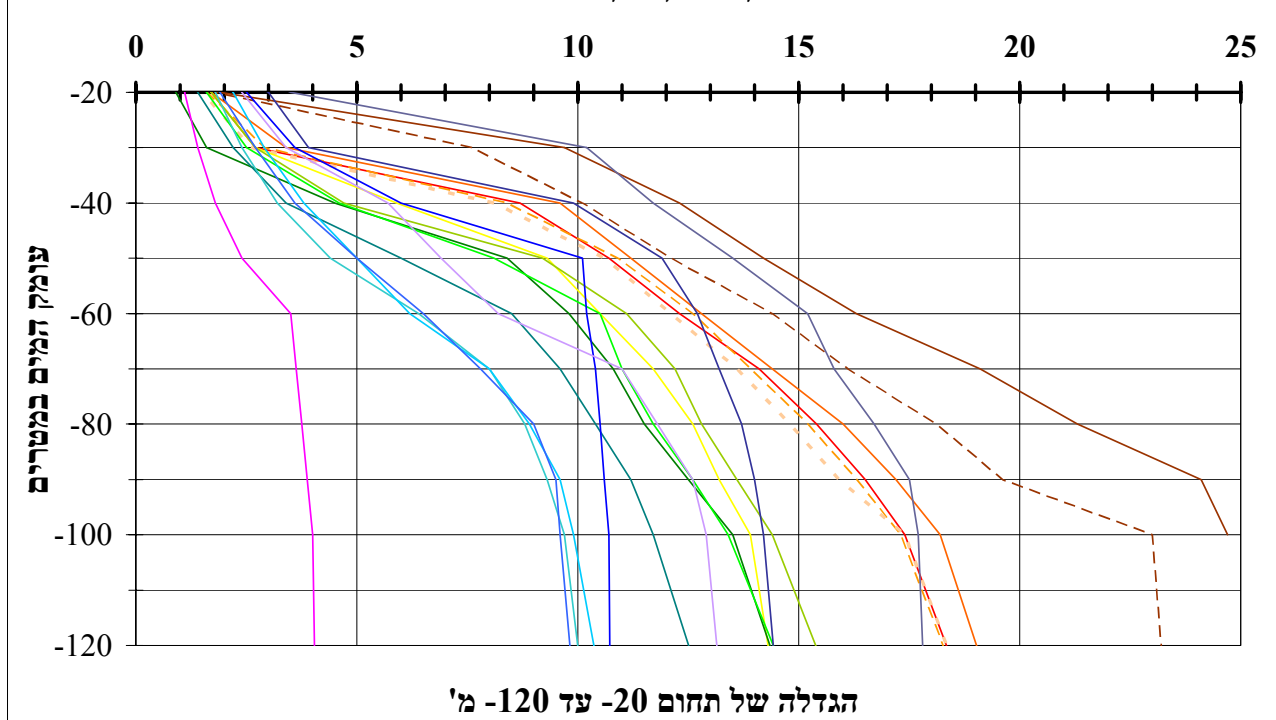


ציור מס' 29 - טופוגרפיה וחתך סכמטי של רכסי הכורכר העקריים במדף היבשת
 (מתוך אלמגור ואחרים, 1998). המחברים מציינים כי מפה זאת לא מלאה והוכנה על
 בסיס מידע אקראי ובלתי מספיק משנות ה-1960 וה-1970, וכי המפה מציגה רק
 אלמנטים עיקריים ומגמותיהם

השתנות עומק המים כתלות במרחק מהחוף בחוף הים התיכון הדרום-מזרחי

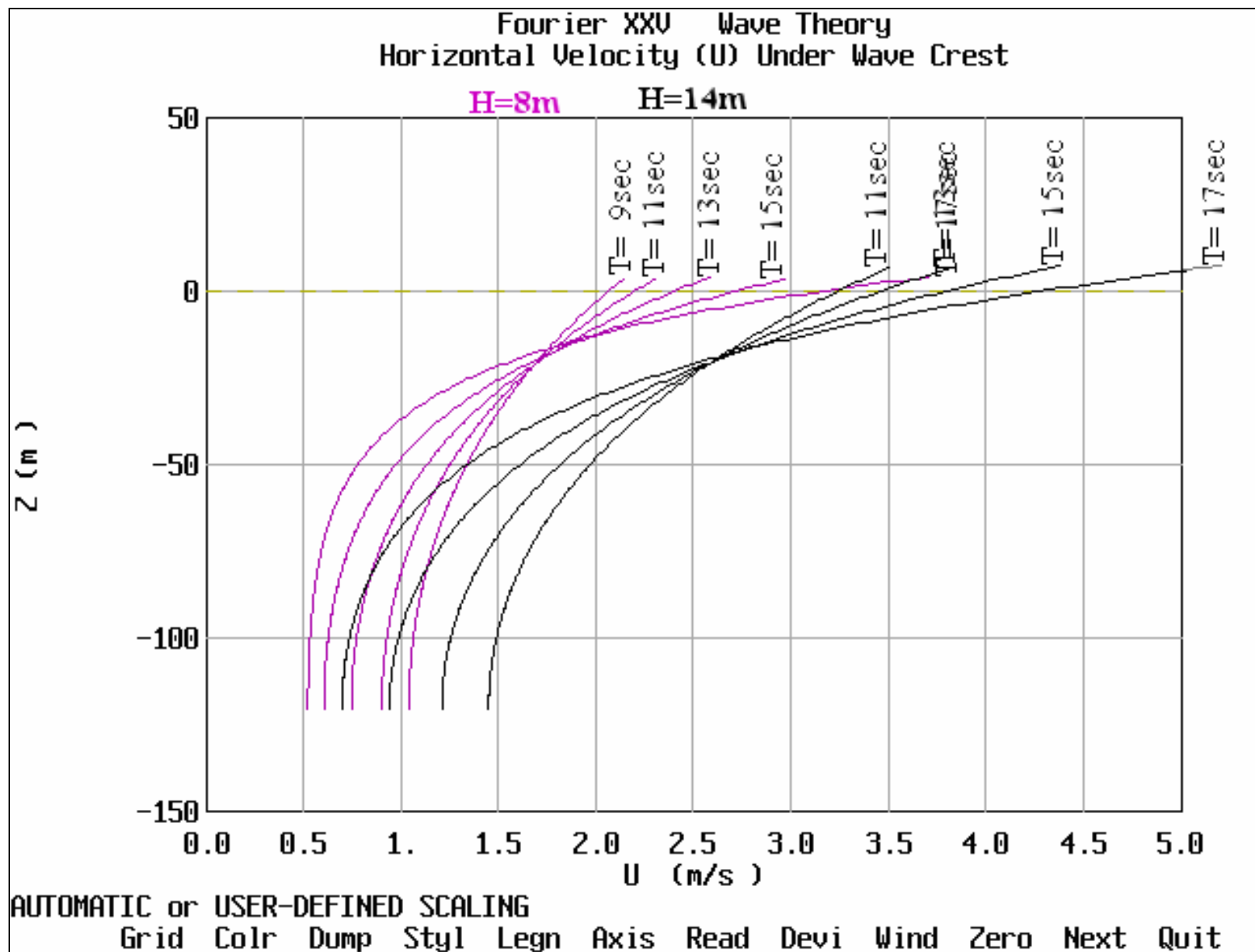


מרחק מהחוף בק"מ



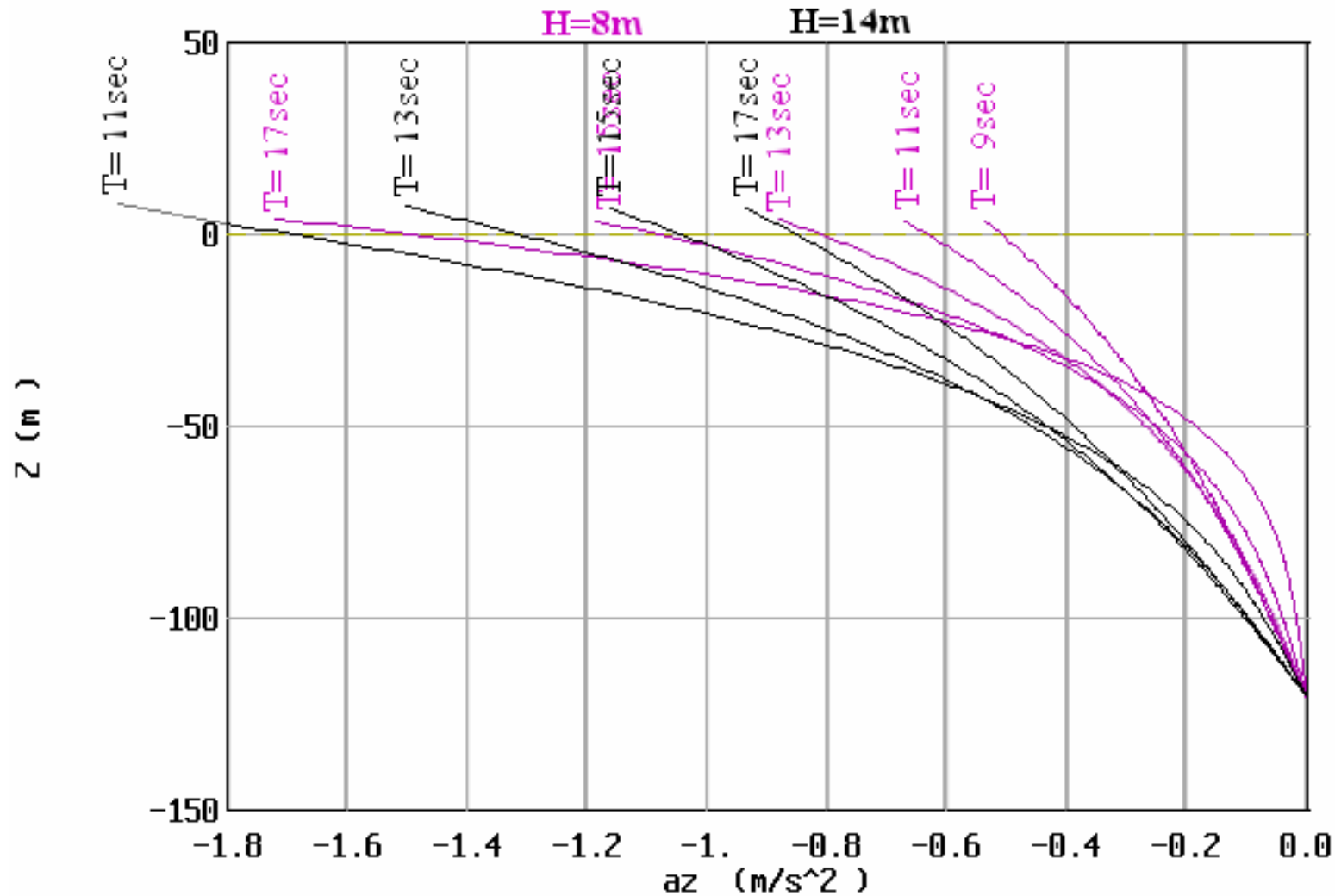
ציור 30 - השתנות עומק המים כתלות במרחק מהחוף בחוף הים התיכון הדרום-מזרחי

ציורים - תוצאות



ציור מס' 31 - השואת שינוי המהירות האורביטלית האופקית כפונקציה של עומק הטבילה, זמן מחזור וגובה הגל (מתושב לעומק 120 מ')

Fourier XXU Wave Theory
 Vertical Acceleration (az) Under Wave Crest



Scal Grid Colr Dump Styl Legn Axis Read Devi Wind Zero Next Quit

ציור מס' 32 - השוואת שינוי התאוצה האורביטלית האנכית כפונקציה של עומק הטבילה, זמן מחזור וגובה הגל (מחושב לעומק 120 מ')

ACES Mode: Single Case Functional Area: Wave Theory

Application: Fourier Series Wave Theory

Wave Height (H): 8.00 m	Celerity: 16.123 m/s
Wave Period (T): 13.00 sec	Wavelength: 209.596 m
Water Depth (d): 30.00 m	Mn Eulerian Fld Vel: 0.500 m/s
Celerity Definitn: Euler	Mn Mass Trnspt Vel: 0.664 m/s
Mean Velocity (u): 0.50 m/s	Mn Vel Rel to Wave: 15.623 m/s
# of terms in Fourier Series: 25	Vol Flux due to Wav: 4.919 m ² /s
# of steps in Wave Hgt ramping: 9	Bernoulli Constant: 122.755 m ² /s ²

Integral Parameters:

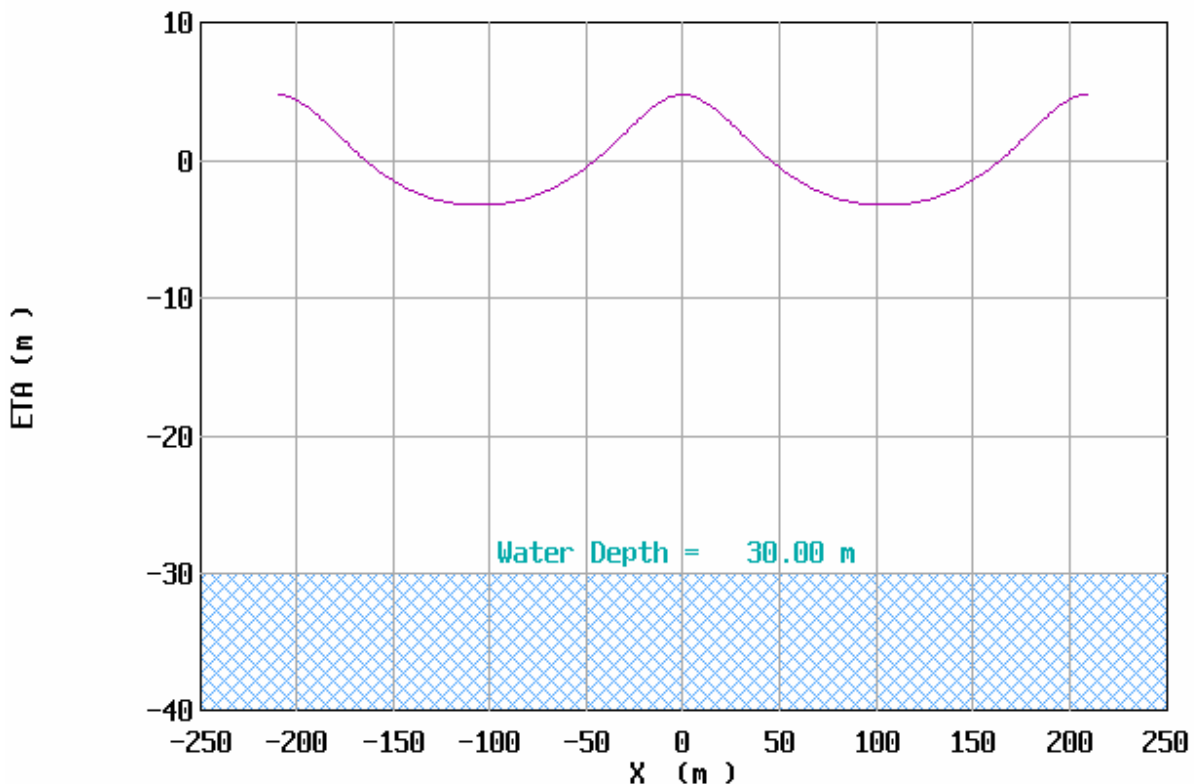
Impulse (I): 0.20419E+05 N-s/m ²
Kinetic Energy (EK): 45757. N-m/m ²
Potential Energy (EP): 38580. N-m/m ²
Energy Density (EK+EP): 84338. N-m/m ²
Mean Square of Bed Vel. (Ub2): 1.6897 m ² /s ²
Radiation Stress (Sxx): 98831. N-m/m ²
Wave Power (Energy Flux) (F): 0.10761E+07 N-m/s-m
Volume Flux (Q): 463.76 m ² /s
Bernoulli Constant (R): 416.92 m ² /s ²

Options:

- F1: New Case
- F2: Print Case
- F5: Additional Results (on Next Screen)
- F10: Exit Application

Percent Complete: 100 %

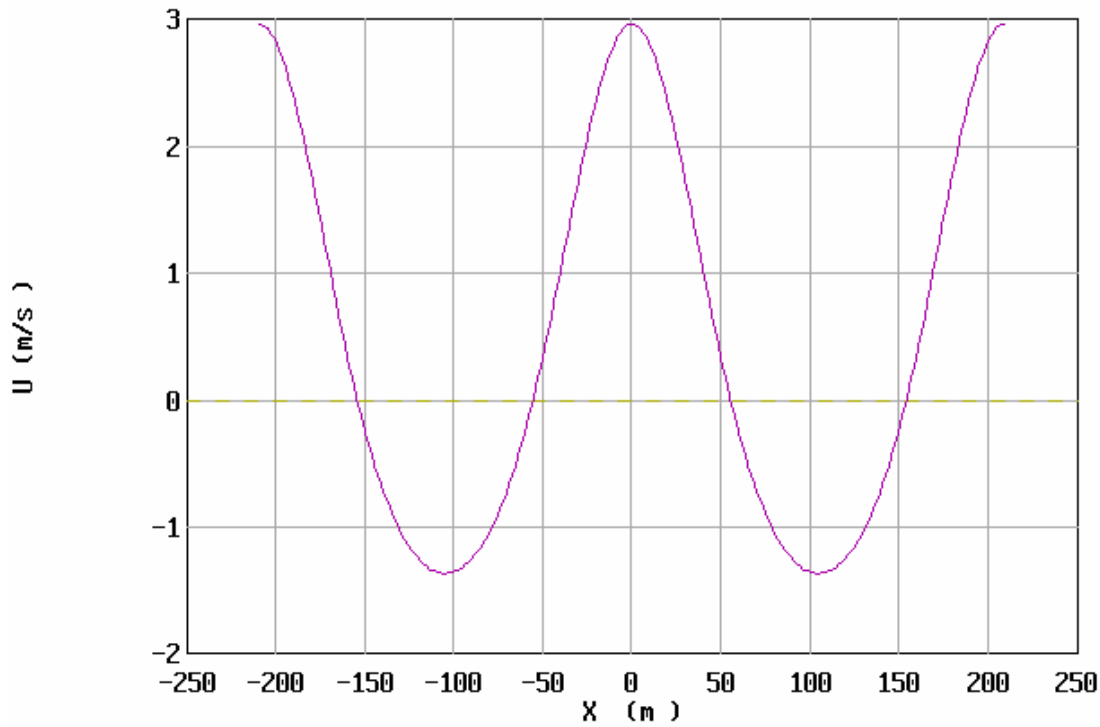
Fourier XXU Wave Theory
Water Surface Elevation



AUTOMATIC or USER-DEFINED SCALING
 Scal Grid Colr Dump Styl Legn Axis Read Devi Wind Zero Next Quit

ציור מס' 33 - תוצאות הרצה עבור H=8 מ', T=13 שני', d=30 מ'
 א' (למעלה) -הדפס תוצאות, ב' (למטה) תצוגת מצב נבדק

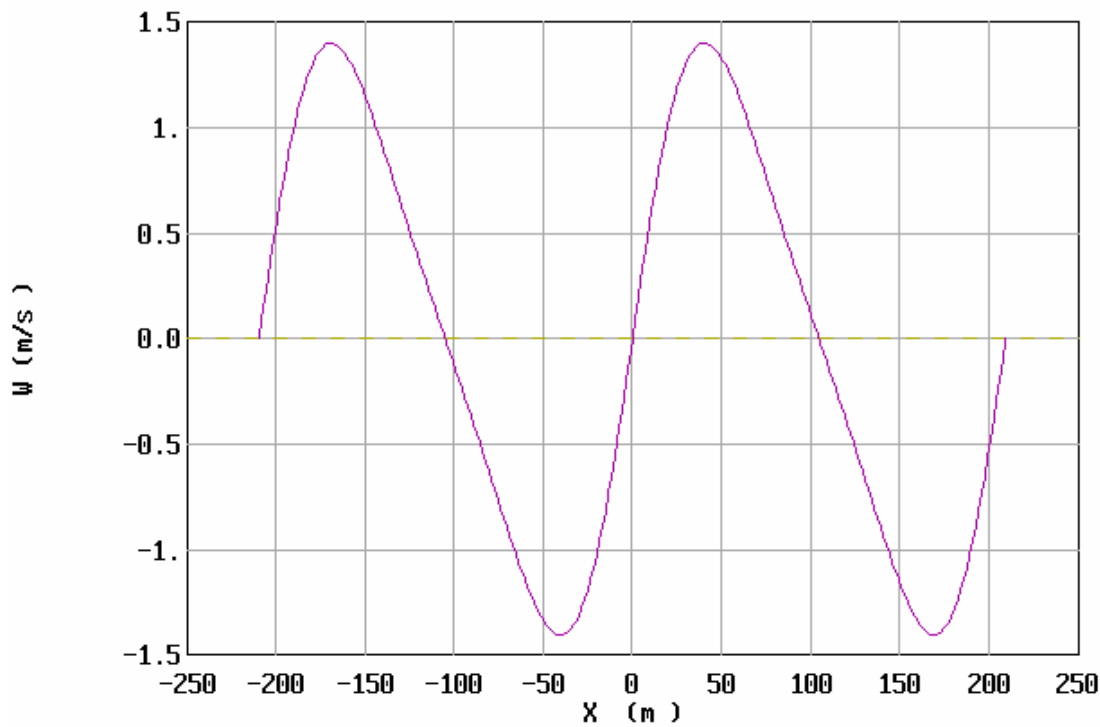
Fourier XXU Wave Theory
Horizontal Velocity (U) at -20.000 m



AUTOMATIC or USER-DEFINED SCALING

Scal Grid Colr Dump Styl Legn Axis Read Devi Wind Zero Next Quit

Fourier XXU Wave Theory
Vertical Velocity (W) at -20.000 m

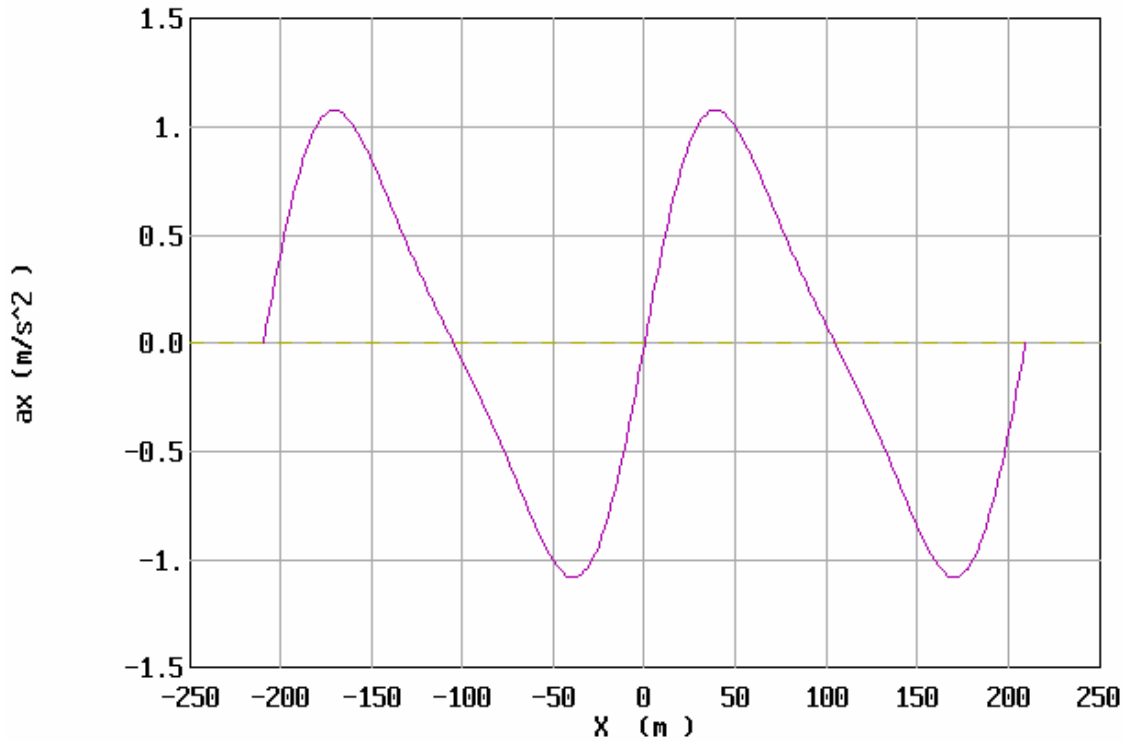


AUTOMATIC or USER-DEFINED SCALING

Scal Grid Colr Dump Styl Legn Axis Read Devi Wind Zero Next Quit

ציור מס' 33 - תוצאות הרצה עבור $H=8$ מ', $T=13$ שני', $d=30$ מ'
 ג' (למעלה) - פרוס מהירות אורביטלית אופקית בעומק 20 מ',
 ד' (למטה) - פרוס מהירות אורביטלית אנכית בעומק 20 מ',

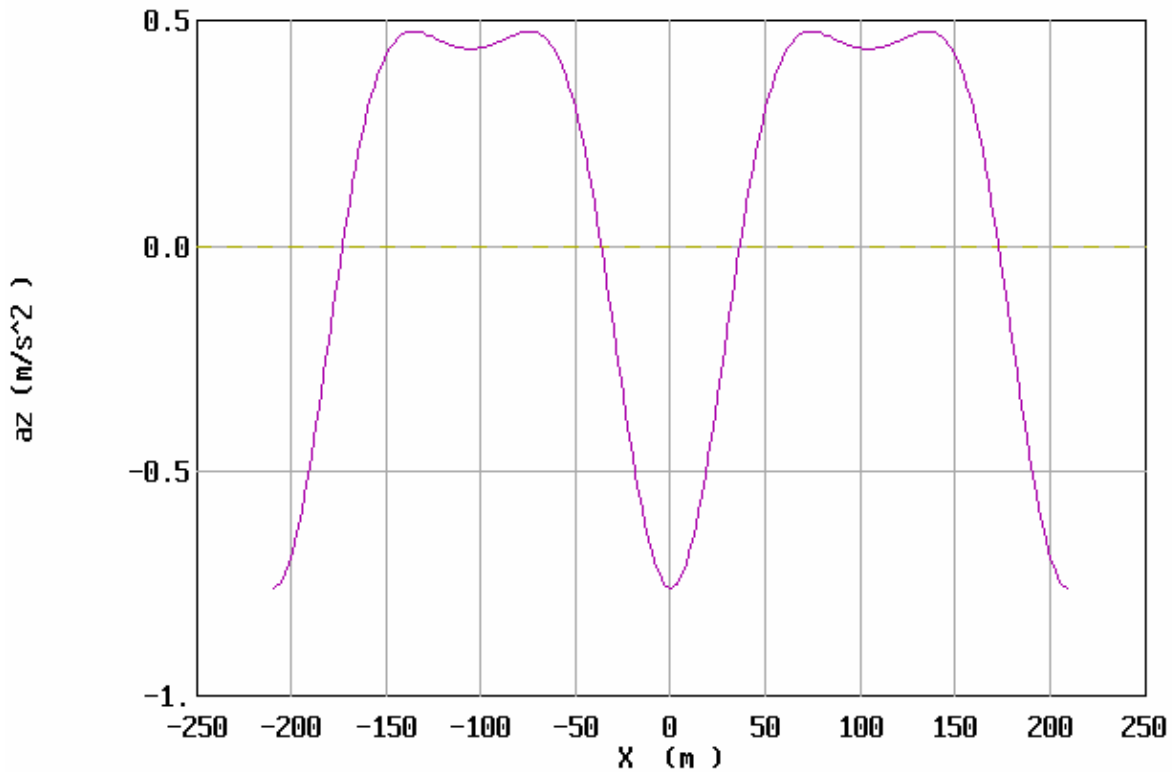
Fourier XXU Wave Theory
Horizontal Acceleration (ax) at -20.000 m



AUTOMATIC or USER-DEFINED SCALING

Scal Grid Colr Dump Styl Legn Axis Read Devi Wind Zero Next Quit

Fourier XXU Wave Theory
Vertical Acceleration (az) at -20.000 m

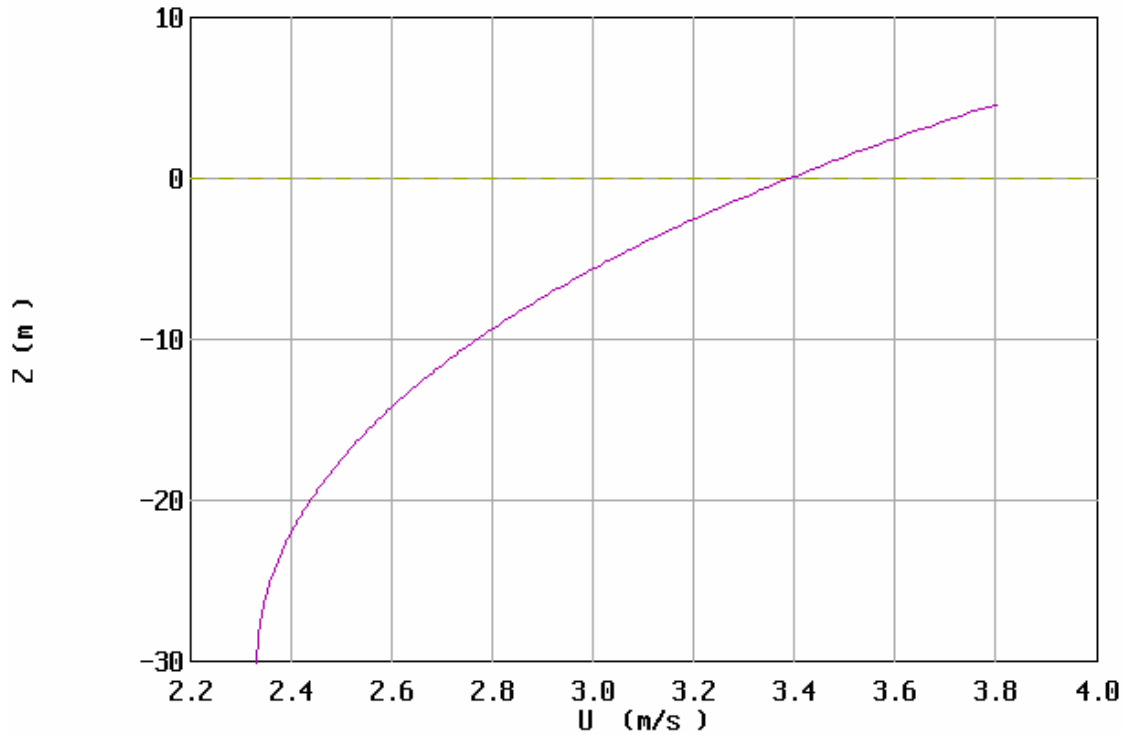


QUIT - Exits the Plotting Program

Scal Grid Colr Dump Styl Legn Axis Read Devi Wind Zero Next Quit

ציור מס' 33 - תוצאות הרצה עבור $H=8$ מ', $T=13$ שני', $d=30$ מ'
 ה' (למעלה) - פרוס תאוצה אורביטלית אופקית בעומק 20 מ',
 ו' (למטה) - פרוס תאוצה אורביטלית אנכית בעומק 20 מ',

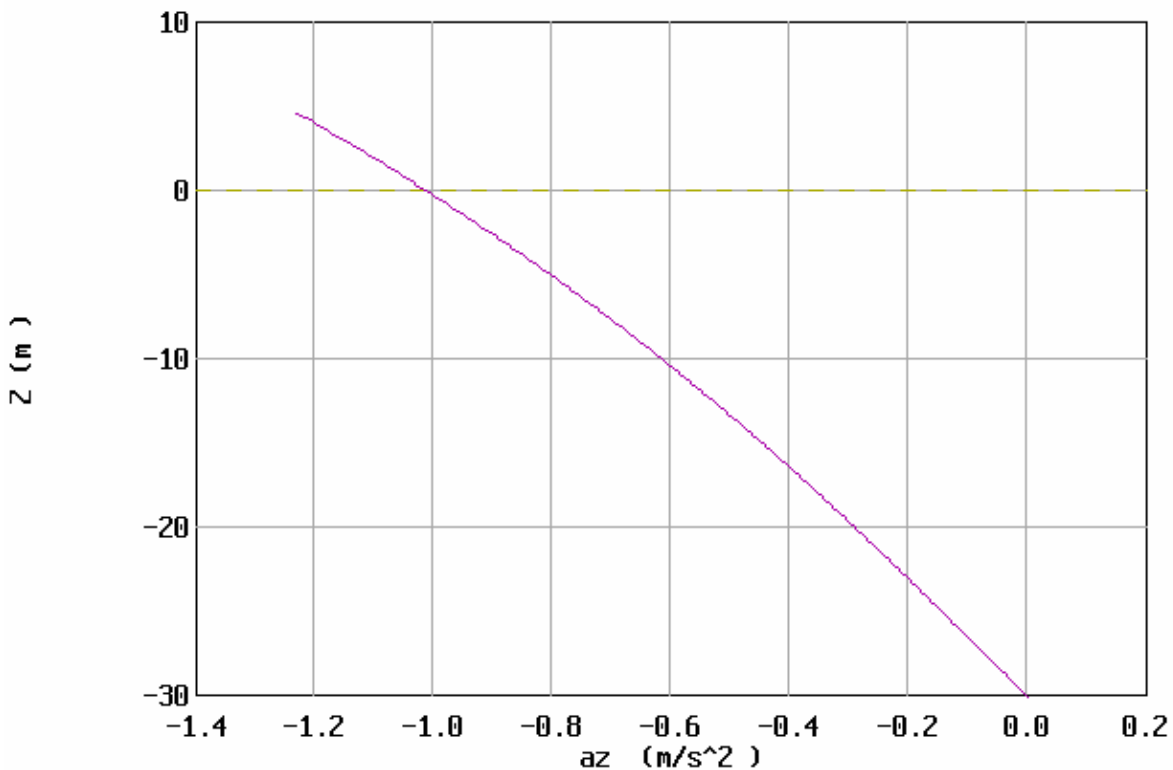
Fourier XXU Wave Theory
Horizontal Velocity (U) Under Wave Crest



AUTOMATIC or USER-DEFINED SCALING

Scal Grid Colr Dump Styl Legn Axis Read Devi Wind Zero Next Quit

Fourier XXU Wave Theory
Vertical Acceleration (az) Under Wave Crest



AUTOMATIC or USER-DEFINED SCALING

Scal Grid Colr Dump Styl Legn Axis Read Devi Wind Zero Next Quit

ציור מס' 33 - תוצאות הרצה עבור $H=8$ מ', $T=13$ שני', $d=30$ מ'
 ז' (למעלה) - פרוס מהירות אורביטלית אופקית בזמן שיא הגל,
 ח' (למטה) - פרוס תאוצה אורביטלית אנכית בזמן שיא הגל.

ACES Mode: Single Case Functional Area: Wave Theory

Application: Fourier Series Wave Theory

Wave Height (H):	8.00 m	Celerity:	18.707 m/s
Wave Period (T):	13.00 sec	Wavelength:	243.187 m
Water Depth (d):	50.00 m	Mn Eulerian Fld Vel:	0.500 m/s
Celerity Definitn:	Euler	Mn Mass Trnspt Vel:	0.586 m/s
Mean Velocity (u):	0.50 m/s	Mn Vel Rel to Wave:	18.207 m/s
# of terms in Fourier Series:	25	Vol Flux due to Wav:	4.292 m ² /s
# of steps in Wave Hgt ramping:	9	Bernoulli Constant:	166.040 m ² /s ²

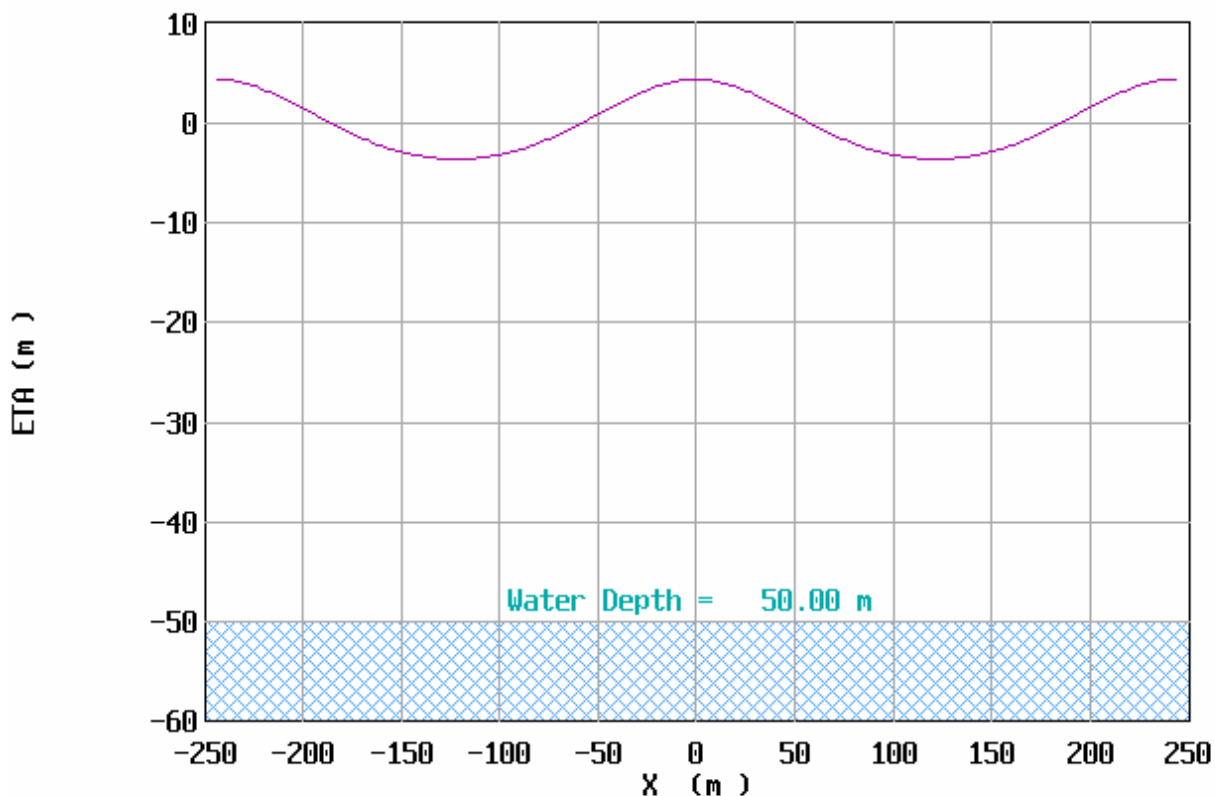
Integral Parameters:

Impulse (I):	0.30027E+05	N-s/m ²
Kinetic Energy (EK):	48655.	N-m/m ²
Potential Energy (EP):	39728.	N-m/m ²
Energy Density (EK+EP):	88384.	N-m/m ²
Mean Square of Bed Vel. (Ub2):	0.84723	m ² /s ²
Radiation Stress (Sxx):	88833.	N-m/m ²
Wave Power (Energy Flux) (F):	0.11013E+07	N-m/s-m
Volume Flux (Q):	906.04	m ² /s
Bernoulli Constant (R):	656.31	m ² /s ²

Options:
 F1: New Case
 F2: Print Case
 F5: Additional Results (on Next Screen)
 F10: Exit Application

Percent Complete: 100 %

**Fourier XXU Wave Theory
Water Surface Elevation**

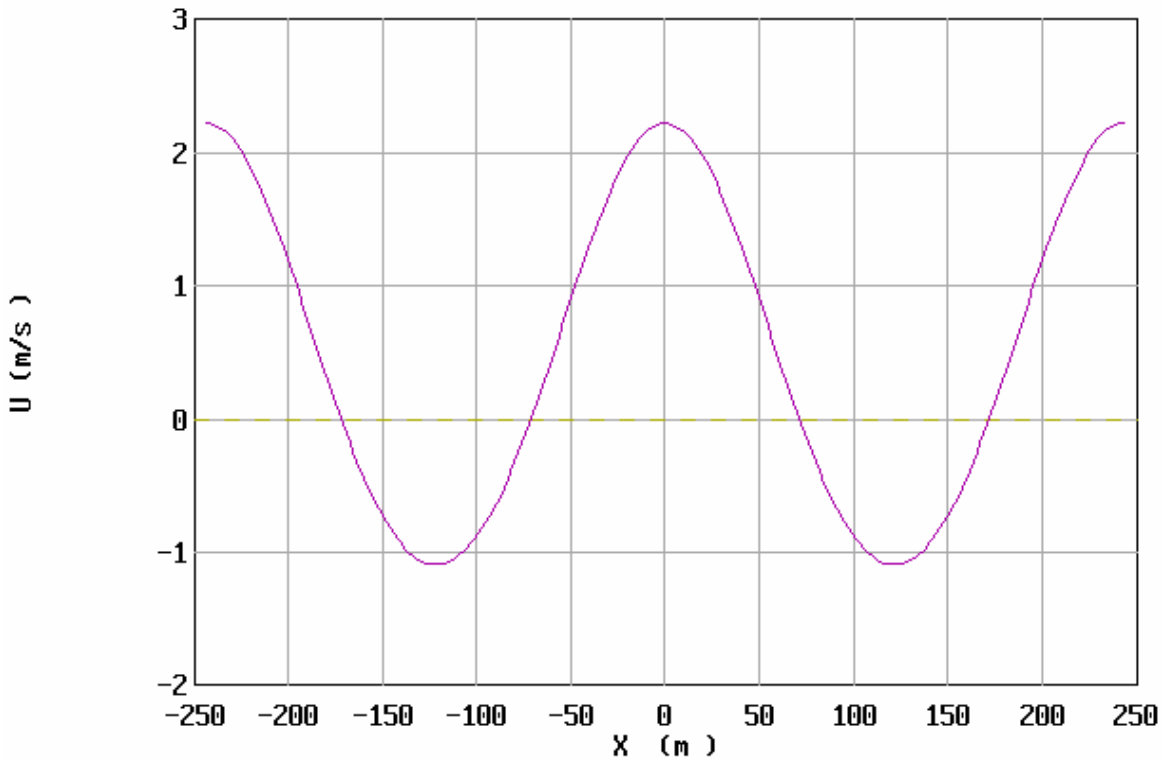


AUTOMATIC or USER-DEFINED SCALING

Scal Grid Colr Dump Styl Legn Axis Read Devi Wind Zero Next Quit

ציור מס' 34 - תוצאות הרצה עבור H=8 מ', T=13 שני', d=50 מ'
 א' (למעלה) -הדפס תוצאות, ב' (למטה) תצוגת מצב נבדק

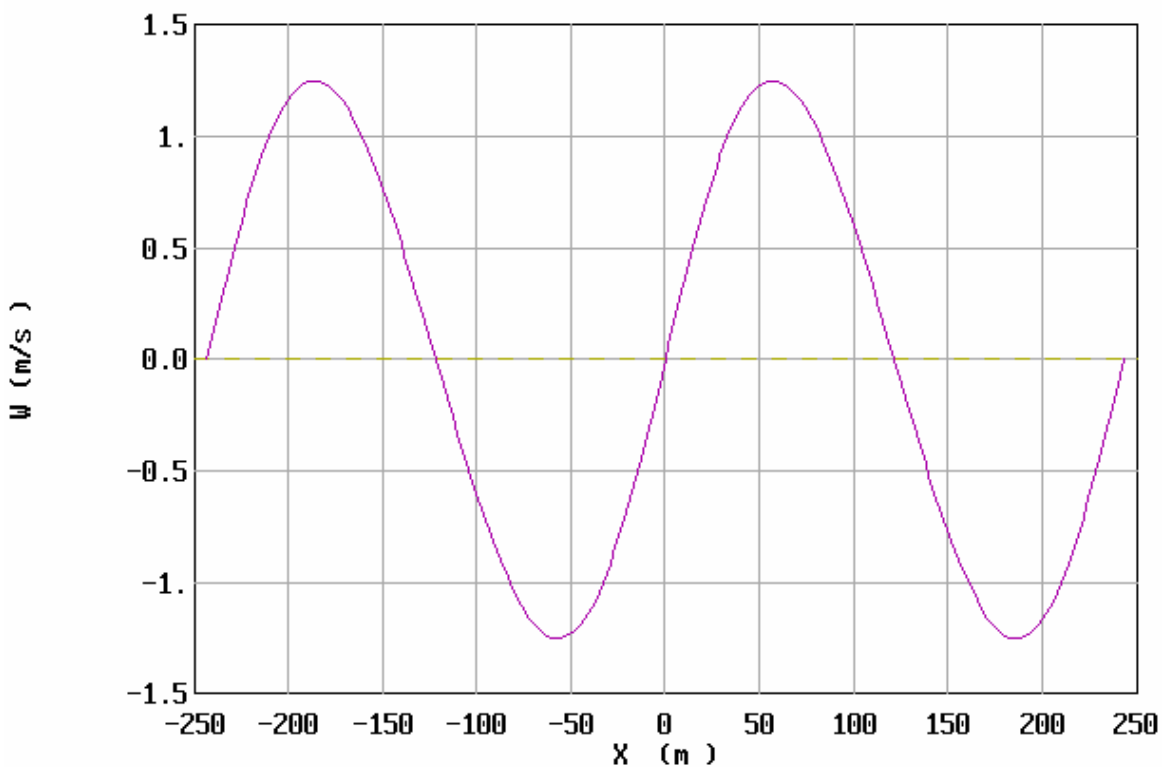
Fourier XXU Wave Theory
Horizontal Velocity (U) at -40.000 m



AUTOMATIC or USER-DEFINED SCALING

Scal Grid Colr Dump Styl Legn Axis Read Devi Wind Zero Next Quit

Fourier XXU Wave Theory
Vertical Velocity (W) at -40.000 m

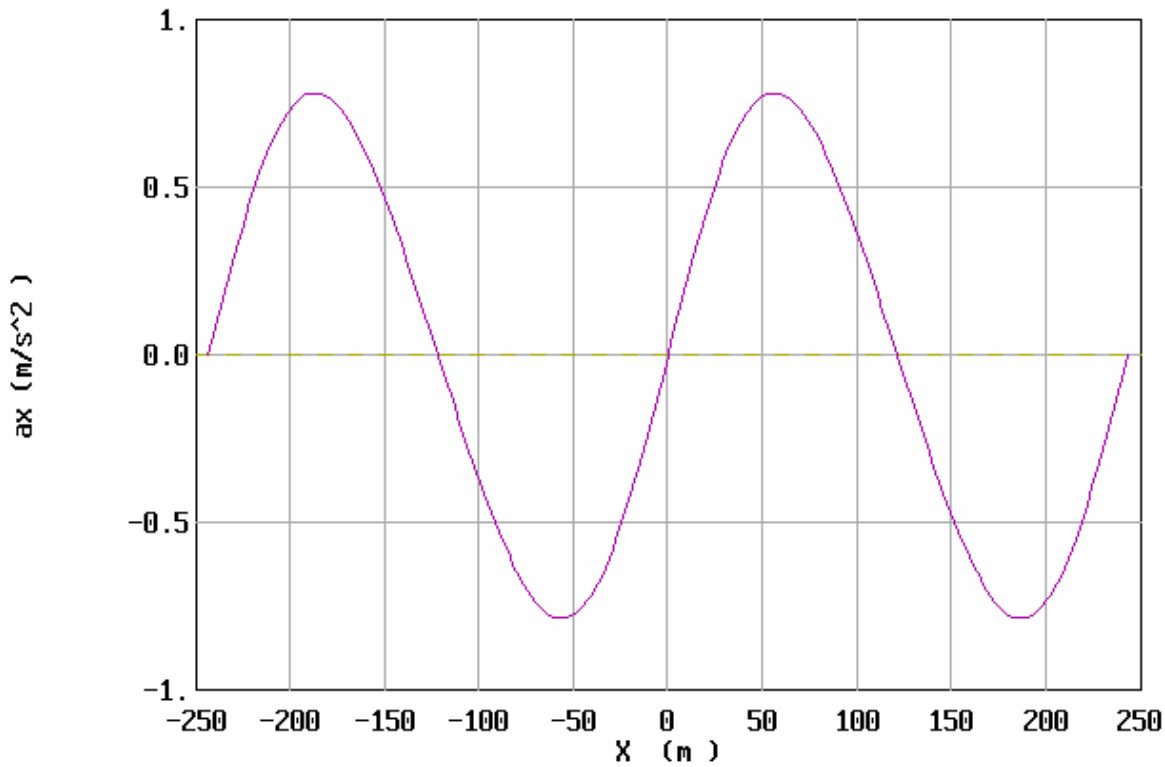


AUTOMATIC or USER-DEFINED SCALING

Scal Grid Colr Dump Styl Legn Axis Read Devi Wind Zero Next Quit

ציור מס' 34 - תוצאות הרצה עבור $H=8$ מ', $T=13$ שני', $d=50$ מ'
 ג' (למעלה) - פרוס מהירות אורביטלית אופקית בעומק 40 מ',
 ד' (למטה) - פרוס מהירות אורביטלית אנכית בעומק 40 מ',

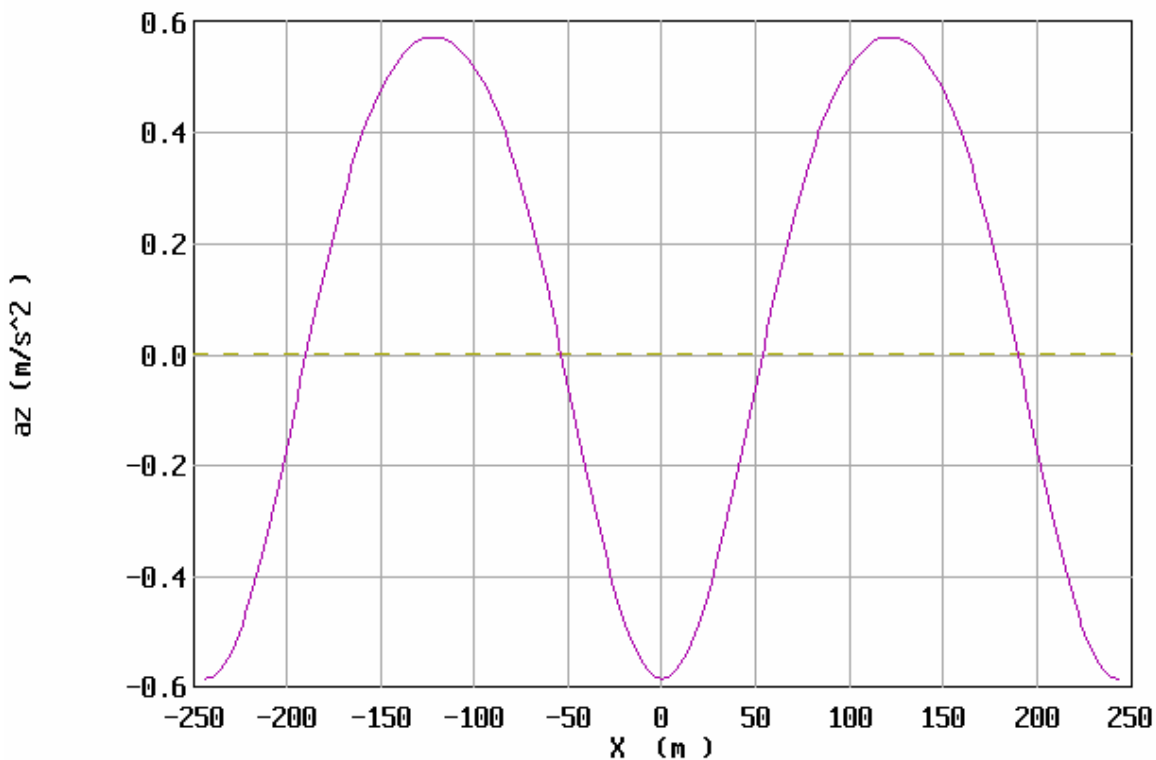
Fourier XXU Wave Theory
Horizontal Acceleration (ax) at -40.000 m



AUTOMATIC or USER-DEFINED SCALING

Scal Grid Colr Dump Styl Legn Axis Read Devi Wind Zero Next Quit

Fourier XXU Wave Theory
Vertical Acceleration (az) at -40.000 m

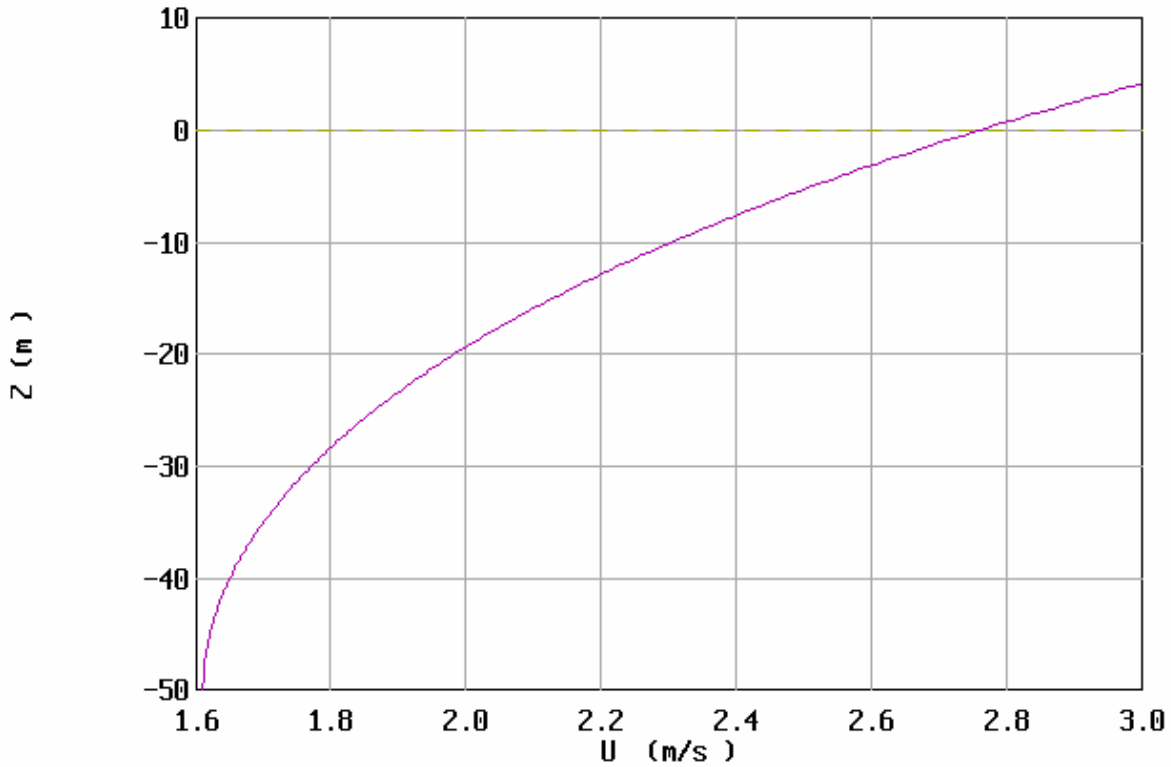


AUTOMATIC or USER-DEFINED SCALING

Scal Grid Colr Dump Styl Legn Axis Read Devi Wind Zero Next Quit

ציור מס' 34 - תוצאות הרצה עבור $H=8$ מ', $T=13$ שני', $d=50$ מ'
 ה' (למעלה) - פרוס תאוצה אורביטלית אופקית בעומק 40 מ',
 ו' (למטה) - פרוס תאוצה אורביטלית אנכית בעומק 40 מ',

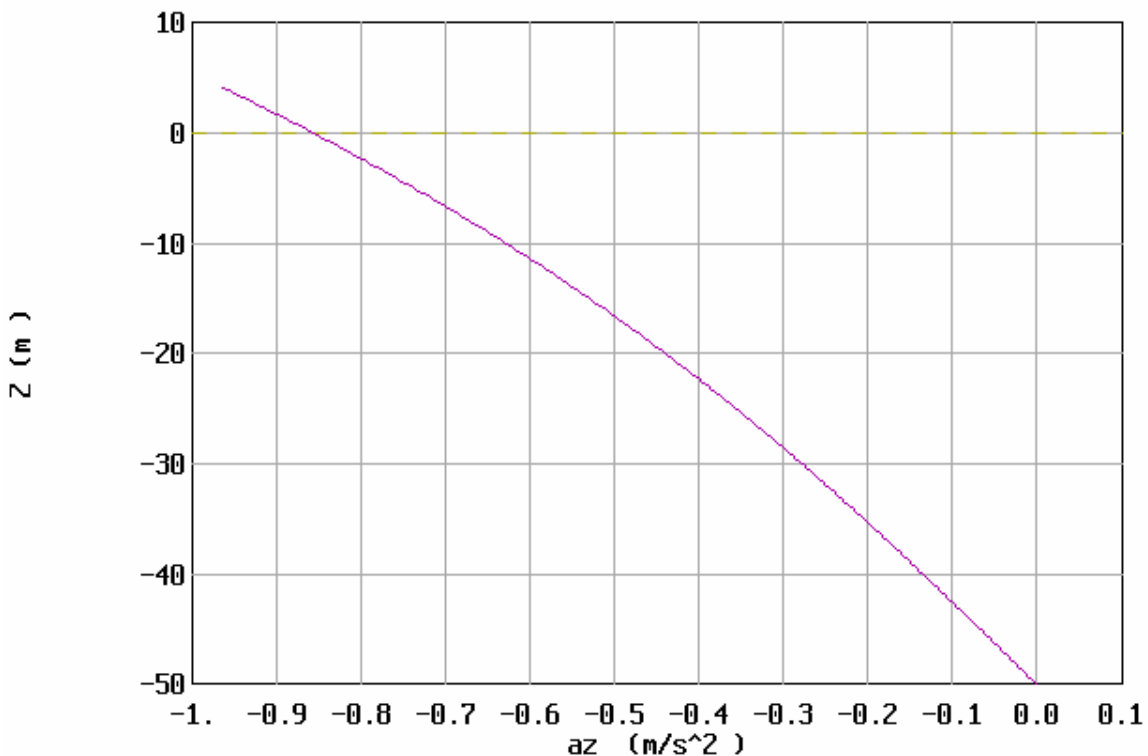
Fourier XXU Wave Theory
Horizontal Velocity (U) Under Wave Crest



AUTOMATIC or USER-DEFINED SCALING

Scal Grid Colr Dump Styl Legn Axis Read Devi Wind Zero Next Quit

Fourier XXU Wave Theory
Vertical Acceleration (az) Under Wave Crest



AUTOMATIC or USER-DEFINED SCALING

Scal Grid Colr Dump Styl Legn Axis Read Devi Wind Zero Next Quit

ציור מס' 34 - תוצאות הרצה עבור $H=8$ מ', $T=13$ שני', $d=50$ מ'
 ז' (למעלה) - פרוס מהירות אורביטלית אופקית בזמן שיא הגל,
 ח' (למטה) - פרוס תאוצה אורביטלית אנכית בזמן שיא הגל.

ACES Mode: Single Case Functional Area: Wave Theory

Application: Fourier Series Wave Theory

Wave Height (H): 14.00 m	Celerity: 19.126 m/s
Wave Period (T): 13.00 sec	Wavelength: 248.635 m
Water Depth (d): 50.00 m	Mn Eulerian Fld Vel: 0.500 m/s
Celerity Definitn: Euler	Mn Mass Trnspt Vel: 0.754 m/s
Mean Velocity (u): 0.50 m/s	Mn Vel Rel to Wave: 18.626 m/s
# of terms in Fourier Series: 25	Vol Flux due to Wav: 12.699 m ² /s
# of steps in Wave Hgt ramping: 9	Bernoulli Constant: 174.345 m ² /s ²

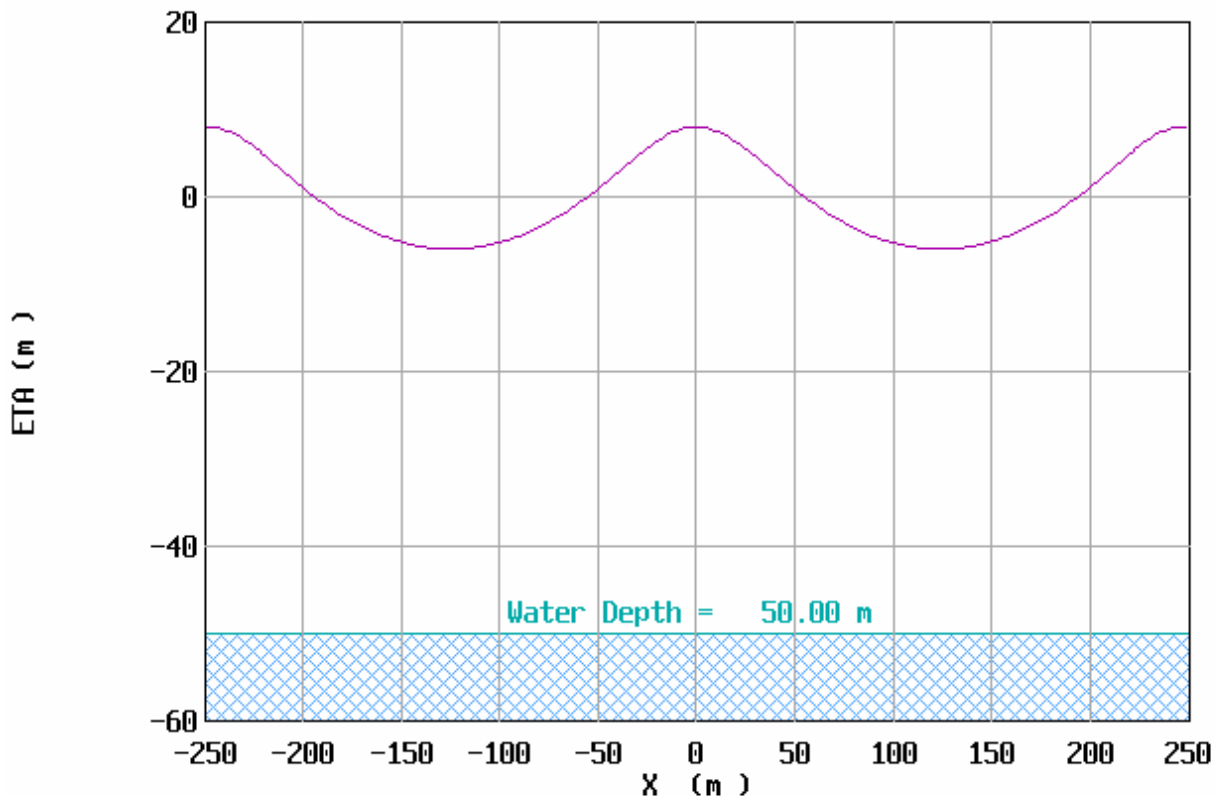
Integral Parameters:

Impulse (I): 0.38645E+05 N-s/m ²
Kinetic Energy (EK): 0.13415E+06 N-m/m ²
Potential Energy (EP): 0.11830E+06 N-m/m ²
Energy Density (EK+EP): 0.25245E+06 N-m/m ²
Mean Square of Bed Vel. (Ub2): 2.0198 m ² /s ²
Radiation Stress (Sxx): 0.24659E+06 N-m/m ²
Wave Power (Energy Flux) (F): 0.34621E+07 N-m/s-m
Volume Flux (Q): 918.59 m ² /s
Bernoulli Constant (R): 664.62 m ² /s ²

Options:

- F1: New Case
- F2: Print Case
- F5: Additional Results (on Next Screen)
- F10: Exit Application

Fourier XXU Wave Theory
Water Surface Elevation

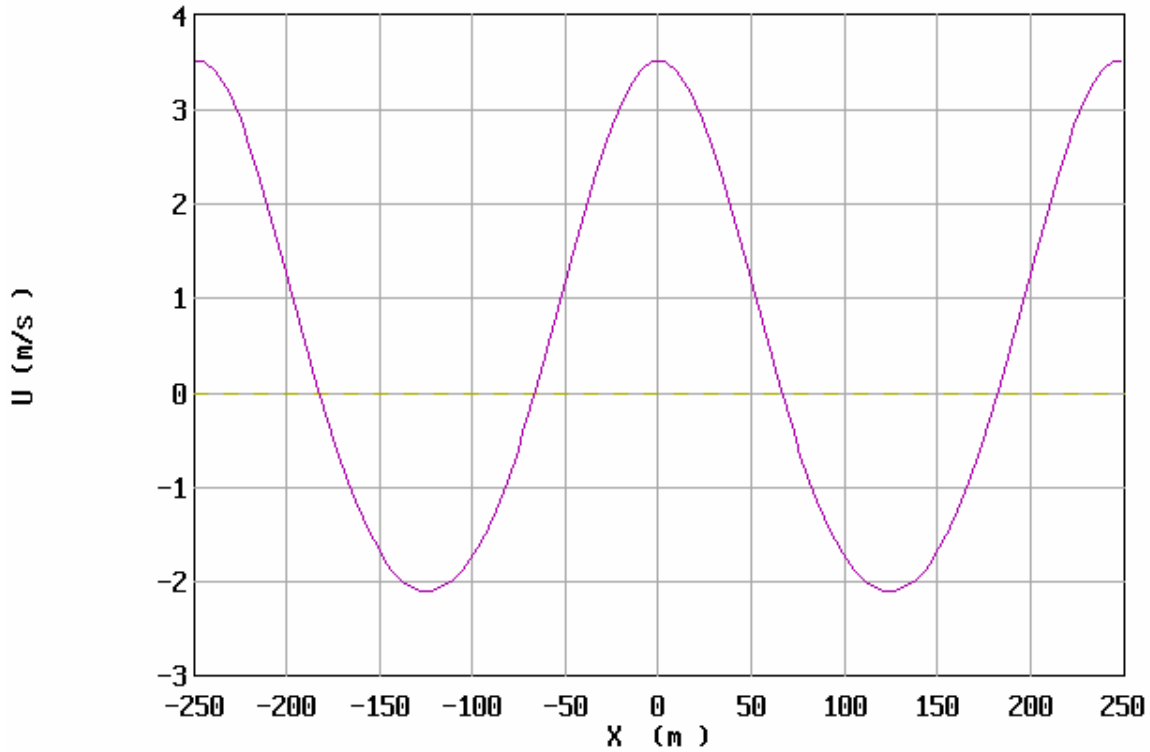


QUIT - Exits the Plotting Program

Scal Grid Colr Dump Styl Legn Axis Read Devi Wind Zero Next **Quit**

ציור מס' 35 - תוצאות הרצה עבור $H=14$ מ', $T=13$ שני', $d=50$ מ'
א' (למעלה) -הדפס תוצאות, ב' (למטה) תצוגת מצב נבדק

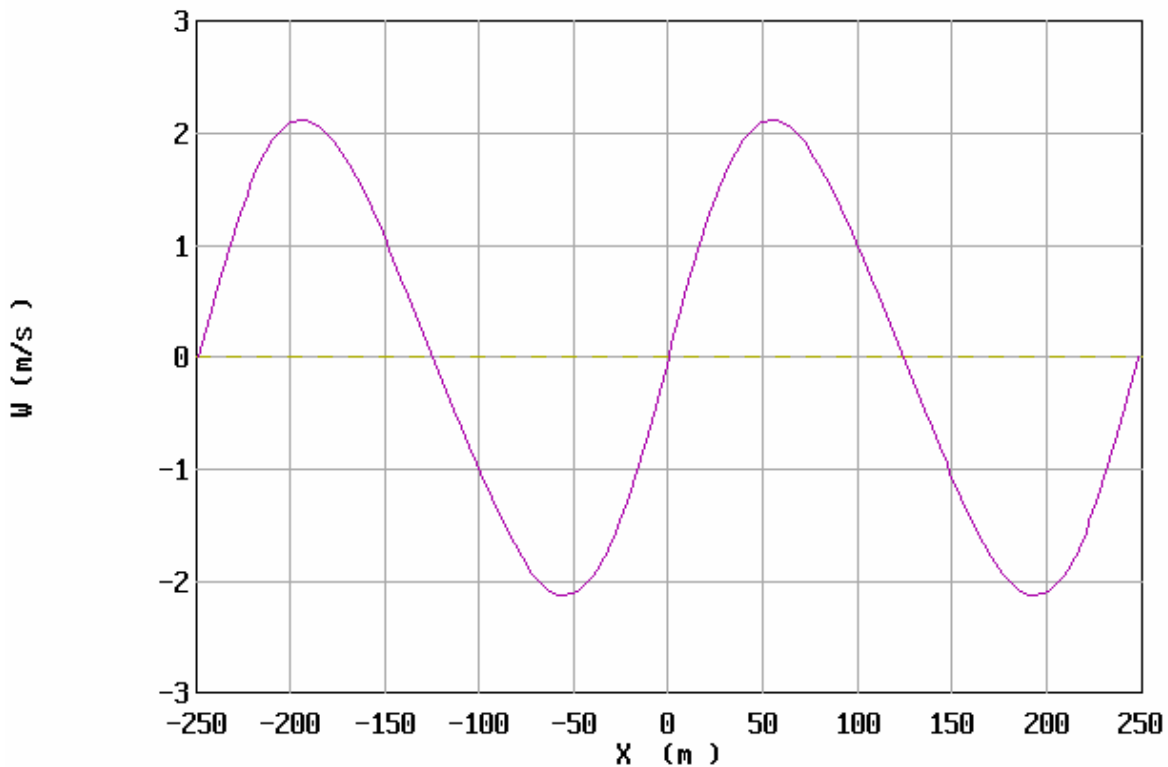
Fourier XXU Wave Theory
Horizontal Velocity (U) at -40.000 m



AUTOMATIC or USER-DEFINED SCALING

Scal Grid Colr Dump Styl Legn Axis Read Devi Wind Zero Next Quit

Fourier XXU Wave Theory
Vertical Velocity (W) at -40.000 m

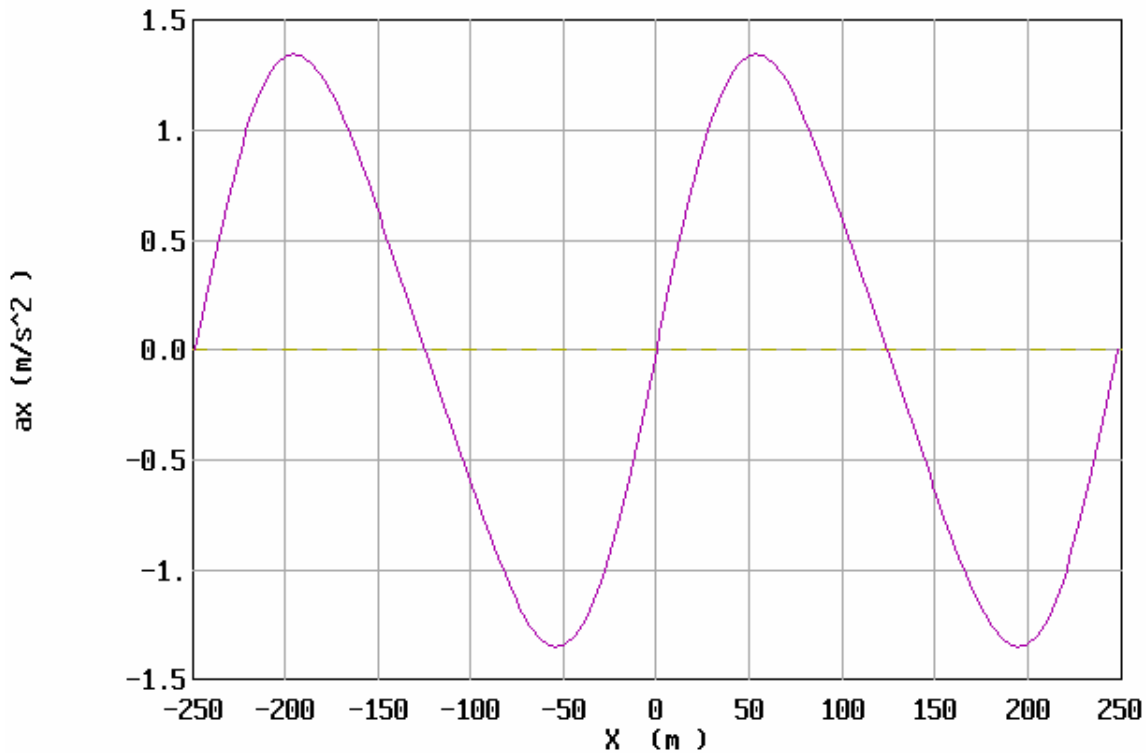


AUTOMATIC or USER-DEFINED SCALING

Scal Grid Colr Dump Styl Legn Axis Read Devi Wind Zero Next Quit

ציור מס' 35 - תוצאות הרצה עבור $H=14$ מ', $T=13$ שני', $d=50$ מ'
 ג' (למעלה) - פרוס מהירות אורביטלית אופקית בעומק 40 מ',
 ד' (למטה) - פרוס מהירות אורביטלית אנכית בעומק 40 מ',

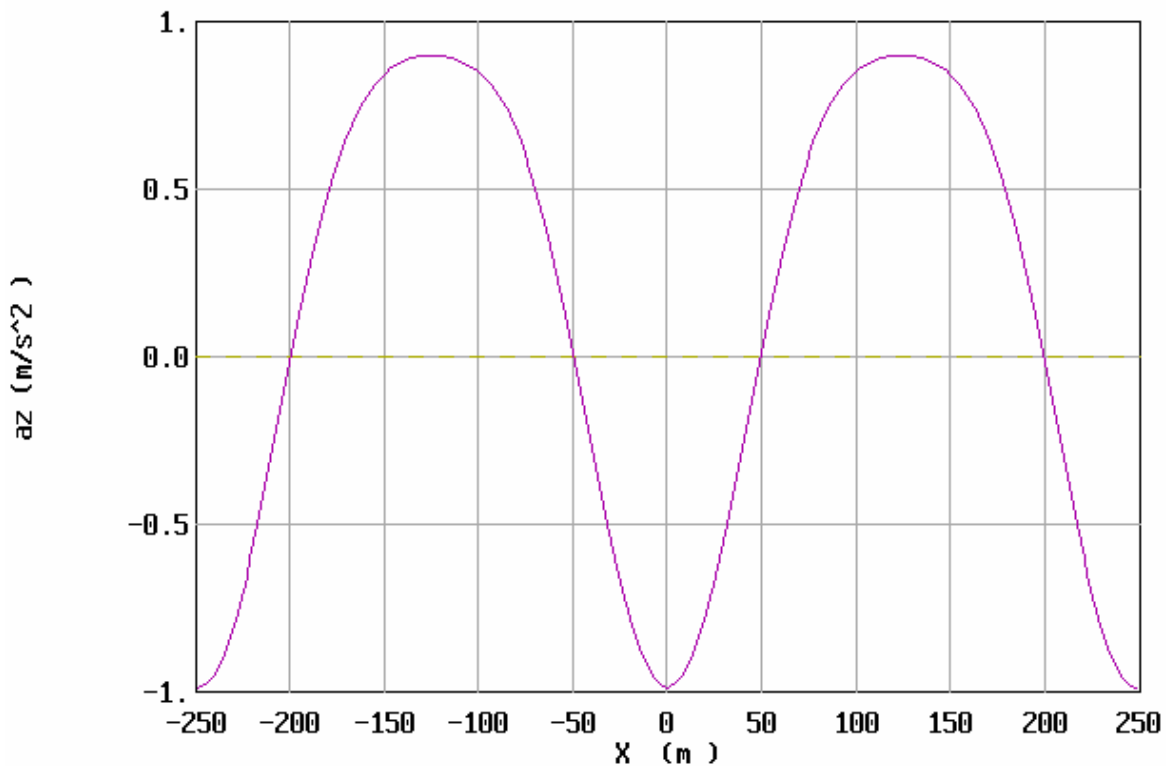
Fourier XXU Wave Theory
Horizontal Acceleration (ax) at -40.000 m



AUTOMATIC or USER-DEFINED SCALING

Scal Grid Colr Dump Styl Legn Axis Read Devi Wind Zero Next Quit

Fourier XXU Wave Theory
Vertical Acceleration (az) at -40.000 m

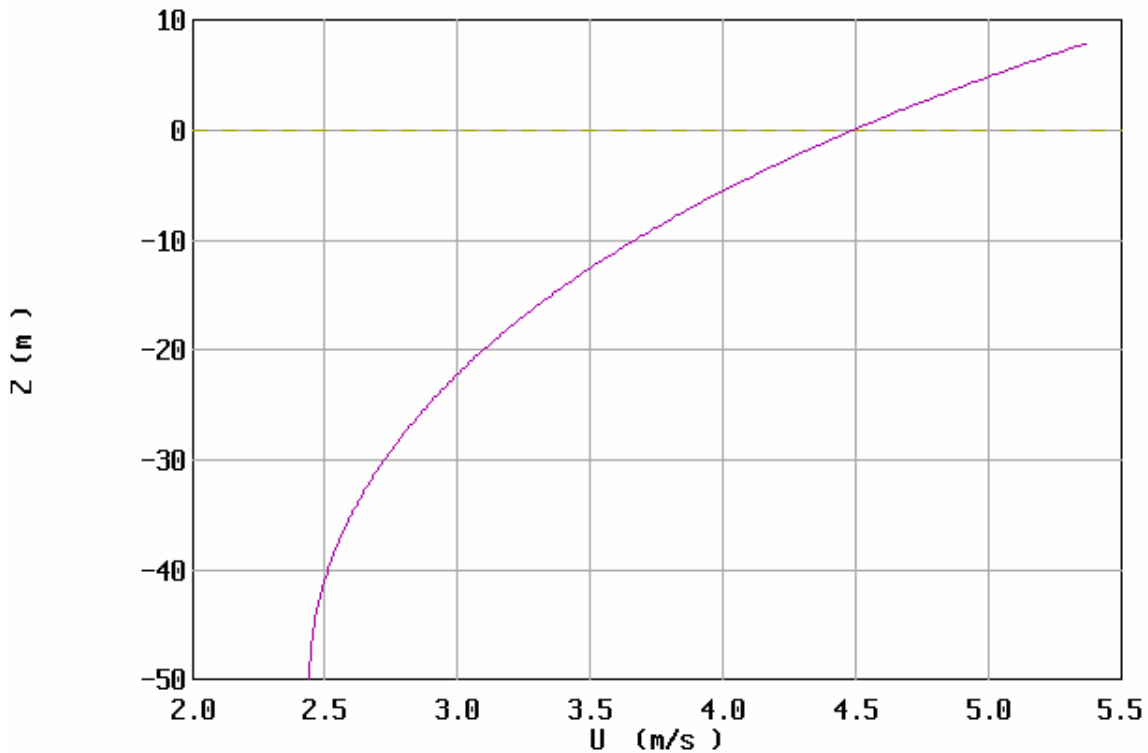


AUTOMATIC or USER-DEFINED SCALING

Scal Grid Colr Dump Styl Legn Axis Read Devi Wind Zero Next Quit

ציור מס' 35 - תוצאות הרצה עבור H=14 מ', T=13 שני', d=50 מ'
 ה' (למעלה) - פרוס תאוצה אורביטלית אופקית בעומק 40 מ',
 ו' (למטה) - פרוס תאוצה אורביטלית אנכית בעומק 40 מ',

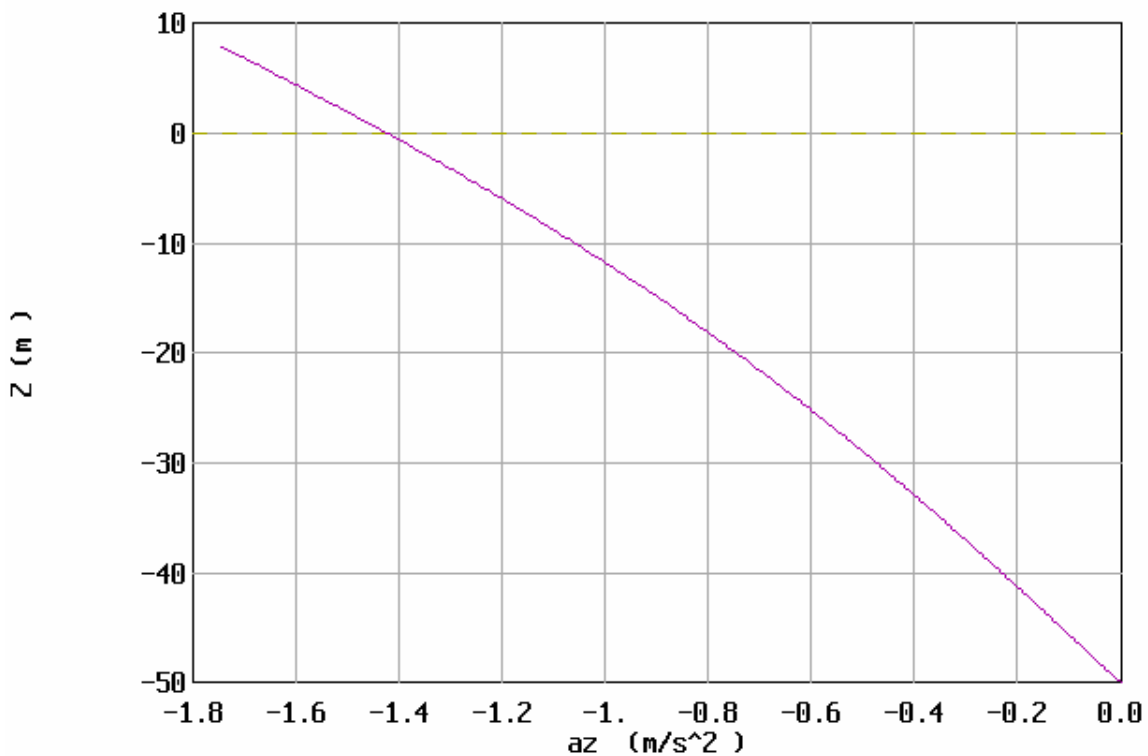
Fourier XXU Wave Theory
Horizontal Velocity (U) Under Wave Crest



AUTOMATIC or USER-DEFINED SCALING

Scal Grid Colr Dump Styl Legn Axis Read Devi Wind Zero Next Quit

Fourier XXU Wave Theory
Vertical Acceleration (az) Under Wave Crest



QUIT - Exits the Plotting Program

Scal Grid Colr Dump Styl Legn Axis Read Devi Wind Zero Next Quit

ציור מס' 35 - תוצאות הרצה עבור $H=14$ מ', $T=13$ שני', $d=50$ מ'
 ז' (למעלה) - פרוס מהירות אורביטלית אופקית בזמן שיא הגל,
 ה' (למטה) - פרוס תאוצה אורביטלית אנכית בזמן שיא הגל.

ACES Mode: Single Case Functional Area: Wave Theory

Application: Fourier Series Wave Theory

Wave Height (H): 8.00 m	Celerity: 19.528 m/s
Wave Period (T): 13.00 sec	Wavelength: 253.858 m
Water Depth (d): 60.00 m	Mn Eulerian Fld Vel: 0.500 m/s
Celerity Definitn: Euler	Mn Mass Trnspt Vel: 0.569 m/s
Mean Velocity (u): 0.50 m/s	Mn Vel Rel to Wave: 19.028 m/s
# of terms in Fourier Series: 25	Vol Flux due to Wav: 4.114 m ² /s
# of steps in Wave Hgt ramping: 9	Bernoulli Constant: 181.219 m ² /s ²

Integral Parameters:

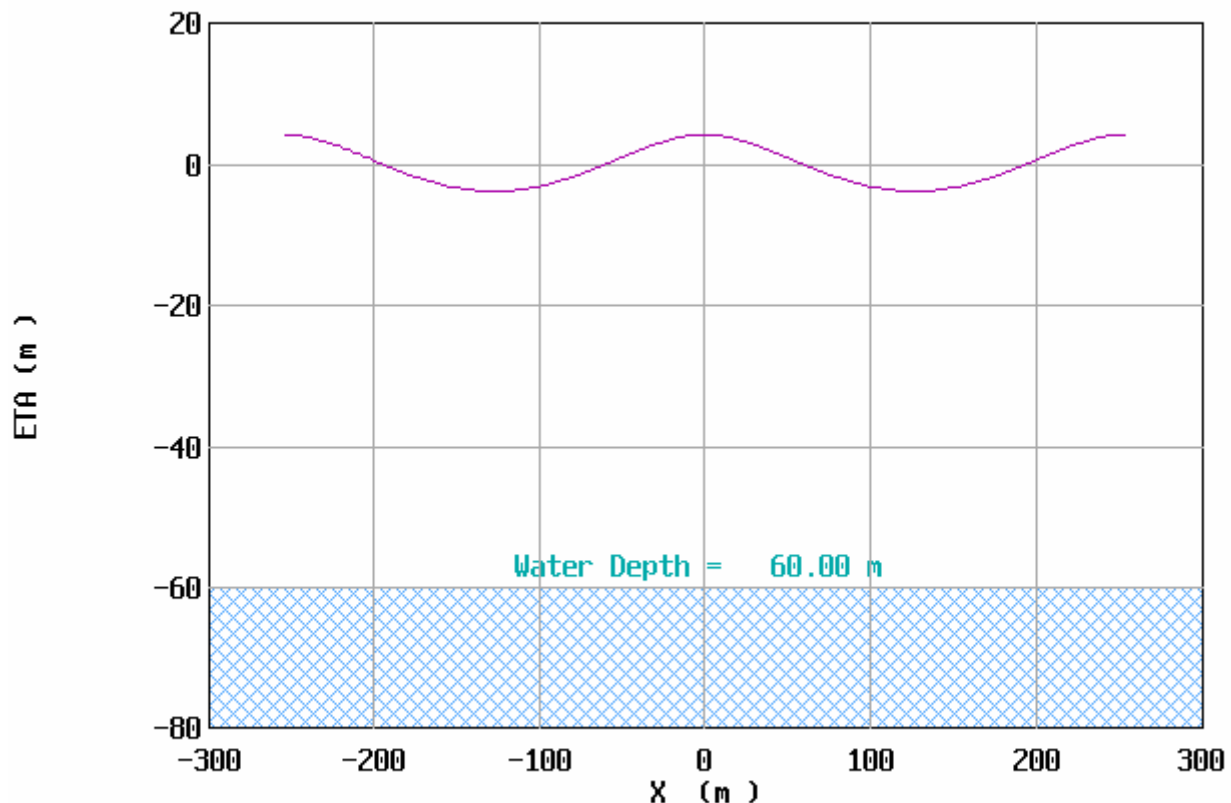
Impulse (I): 0.34969E+05 N-s/m ²
Kinetic Energy (EK): 49914. N-m/m ²
Potential Energy (EP): 39864. N-m/m ²
Energy Density (EK+EP): 89779. N-m/m ²
Mean Square of Bed Vel. (Ub2): 0.64127 m ² /s ²
Radiation Stress (Sxx): 84537. N-m/m ²
Wave Power (Energy Flux) (F): 0.10807E+07 N-m/s-m
Volume Flux (Q): 1137.5 m ² /s
Bernoulli Constant (R): 769.54 m ² /s ²

Options:

- F1: New Case
- F2: Print Case
- F5: Additional Results (on Next Screen)
- F10: Exit Application

Percent Complete: 100 %

Fourier XXU Wave Theory
Water Surface Elevation

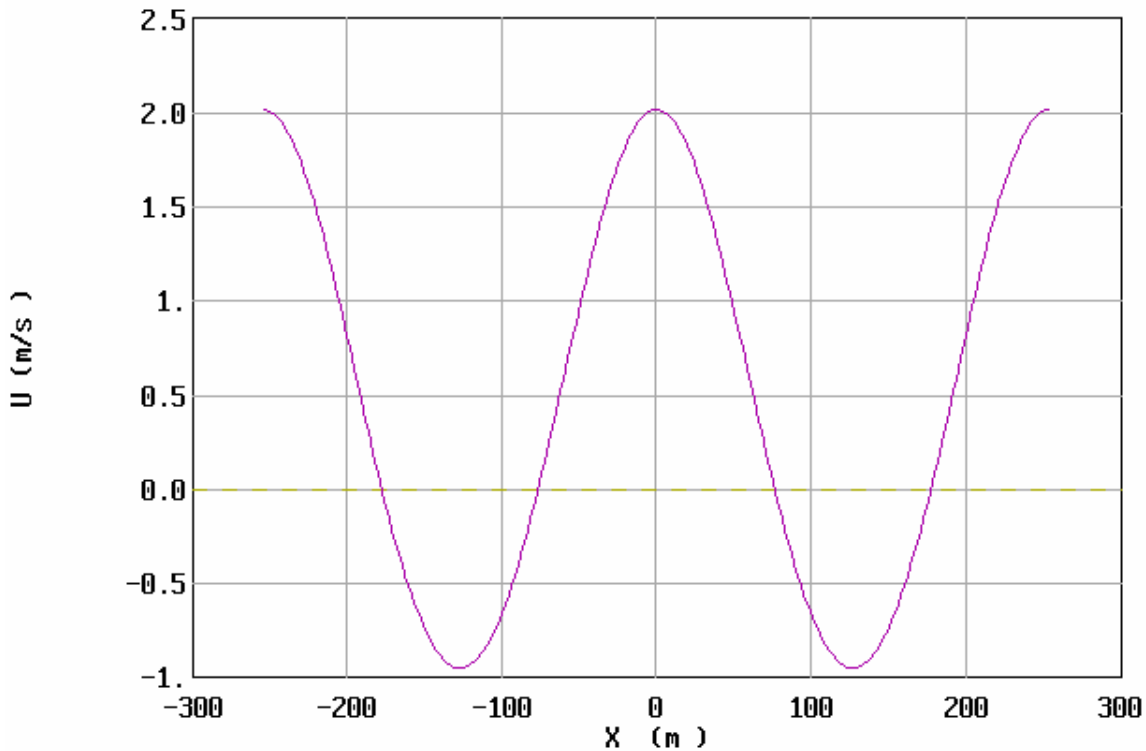


AUTOMATIC or USER-DEFINED SCALING

Scal Grid Colr Dump Styl Legn Axis Read Devi Wind Zero Next Quit

ציור מס' 36 - תוצאות הרצה עבור H=8 מ', T=13 שני', d=60 מ'
א' (למעלה) -הדפס תוצאות, ב' (למטה) תצוגת מצב נבדק

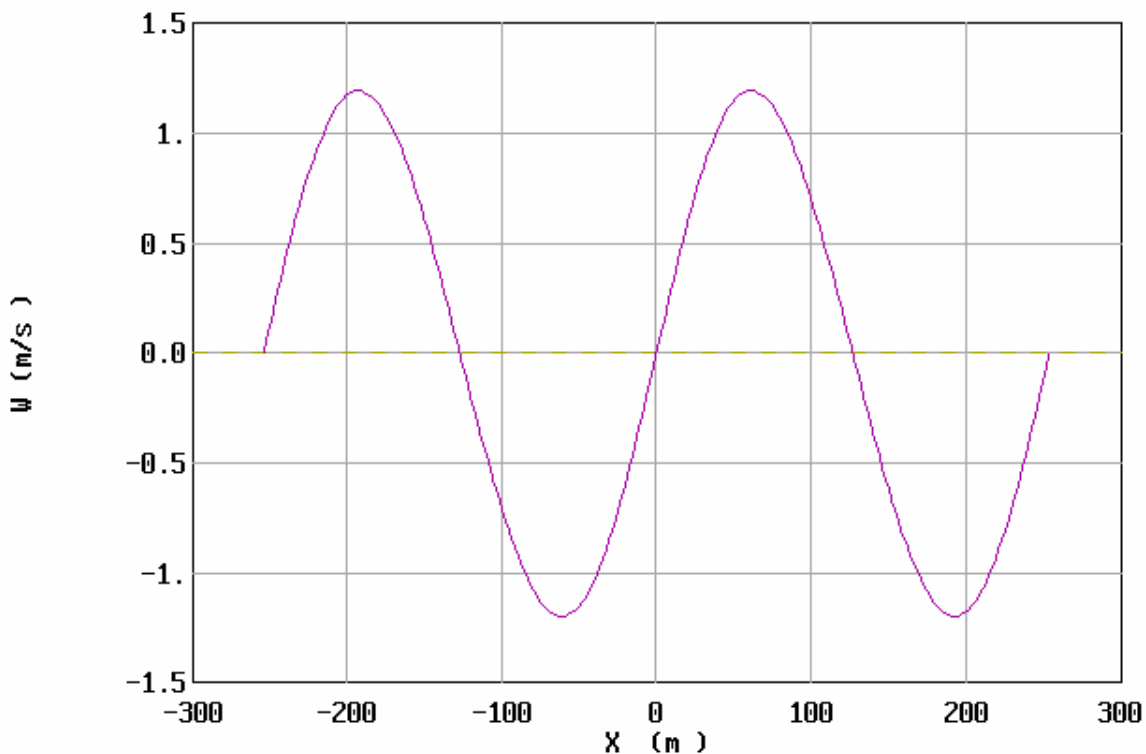
Fourier XXU Wave Theory
Horizontal Velocity (U) at -50.000 m



AUTOMATIC or USER-DEFINED SCALING

Scal Grid Colr Dump Styl Legn Axis Read Devi Wind Zero Next Quit

Fourier XXU Wave Theory
Vertical Velocity (W) at -50.000 m

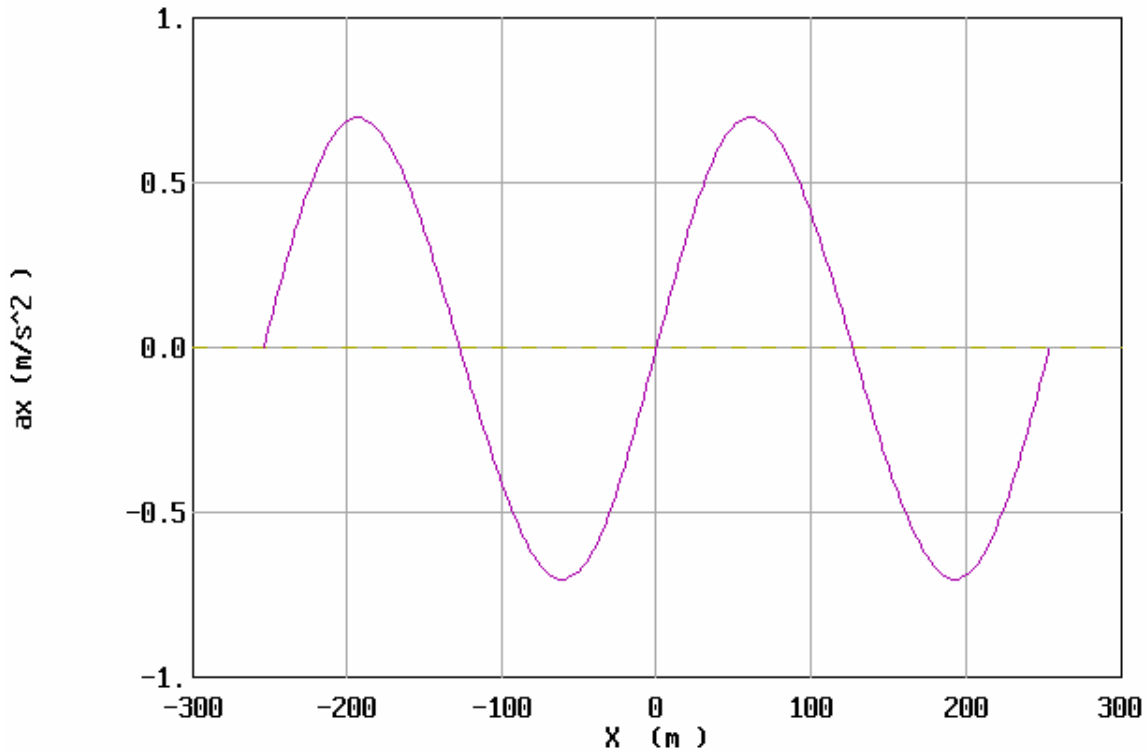


NEXT Plot

Scal Grid Colr Dump Styl Legn Axis Read Devi Wind Zero Next Quit

ציור מס' 36 - תוצאות הרצה עבור $H=8$ מ', $T=13$ שני', $d=60$ מ'
 ג' (למעלה) - פרוס מהירות אורביטלית אופקית בעומק 50 מ',
 ד' (למטה) - פרוס מהירות אורביטלית אנכית בעומק 50 מ',

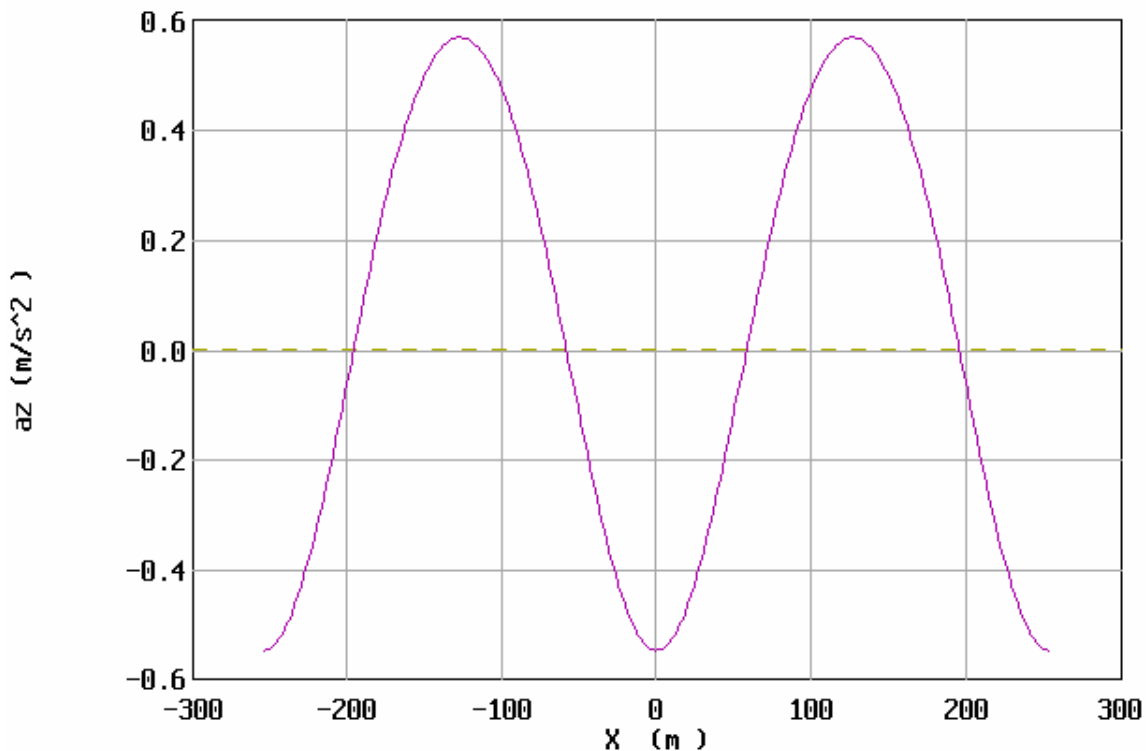
Fourier XXU Wave Theory
Horizontal Acceleration (ax) at -50.000 m



NEXT Plot

Scal Grid Colr Dump Styl Legn Axis Read Devi Wind Zero Next Quit

Fourier XXU Wave Theory
Vertical Acceleration (az) at -50.000 m

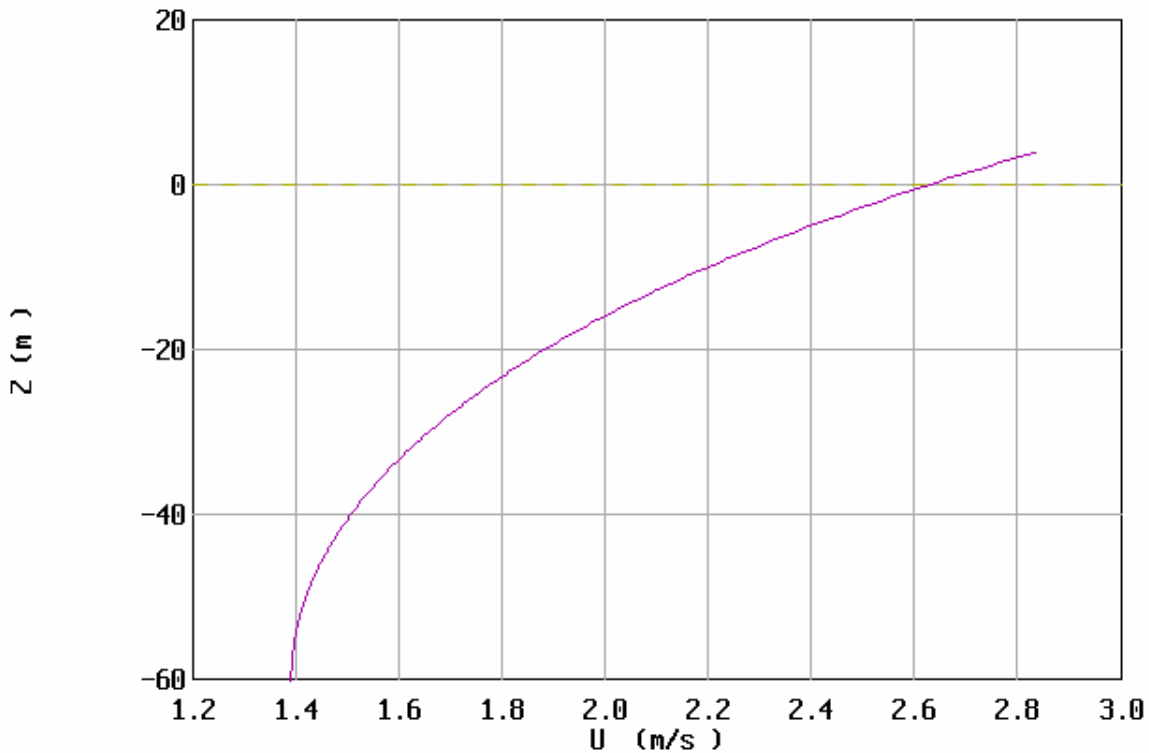


AUTOMATIC or USER-DEFINED SCALING

Scal Grid Colr Dump Styl Legn Axis Read Devi Wind Zero Next Quit

ציור מס' 36 - תוצאות הרצה עבור $H=8$ מ', $T=13$ שני', $d=06$ מ'
 ה' (למעלה) - פרוס תאוצה אורביטלית אופקית בעומק 05 מ',
 ו' (למטה) - פרוס תאוצה אורביטלית אנכית בעומק 05 מ',

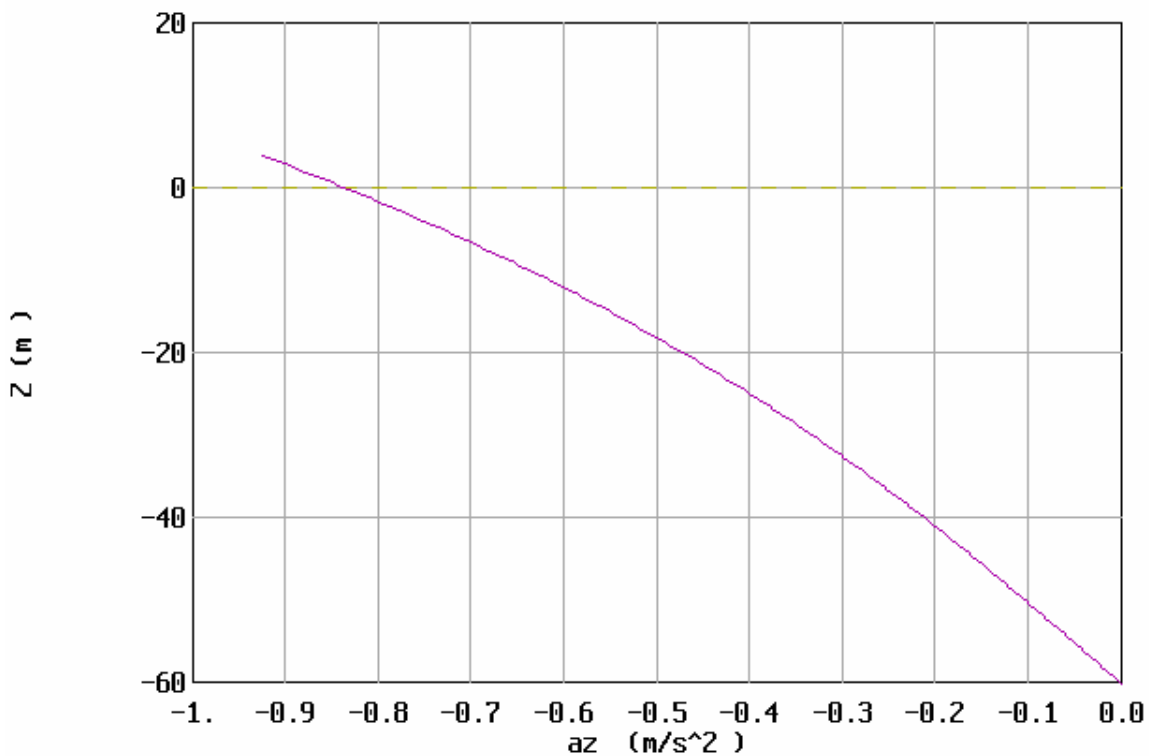
Fourier XXU Wave Theory
Horizontal Velocity (U) Under Wave Crest



AUTOMATIC or USER-DEFINED SCALING

Scal Grid Colr Dump Styl Legn Axis Read Devi Wind Zero Next Quit

Fourier XXU Wave Theory
Vertical Acceleration (az) Under Wave Crest



AUTOMATIC or USER-DEFINED SCALING

Scal Grid Colr Dump Styl Legn Axis Read Devi Wind Zero Next Quit

ציור מס' 36 - תוצאות הרצה עבור $H=8$ מ', $T=13$ שני', $d=60$ מ'
 ז' (למעלה) - פרוס מהירות אורביטלית אופקית בזמן שיא הגל,
 ה' (למטה) - פרוס תאוצה אורביטלית אנכית בזמן שיא הגל.

ACES Mode: Single Case Functional Area: Wave Theory

Application: Fourier Series Wave Theory

Wave Height (H): 14.00 m	Celerity: 19.894 m/s
Wave Period (T): 13.00 sec	Wavelength: 258.625 m
Water Depth (d): 60.00 m	Mn Eulerian Fld Vel: 0.500 m/s
Celerity Definitn: Euler	Mn Mass Trnspt Vel: 0.705 m/s
Mean Velocity (u): 0.50 m/s	Mn Vel Rel to Wave: 19.394 m/s
# of terms in Fourier Series: 25	Vol Flux due to Wav: 12.278 m ² /s
# of steps in Wave Hgt ramping: 9	Bernoulli Constant: 188.661 m ² /s ²

Integral Parameters:

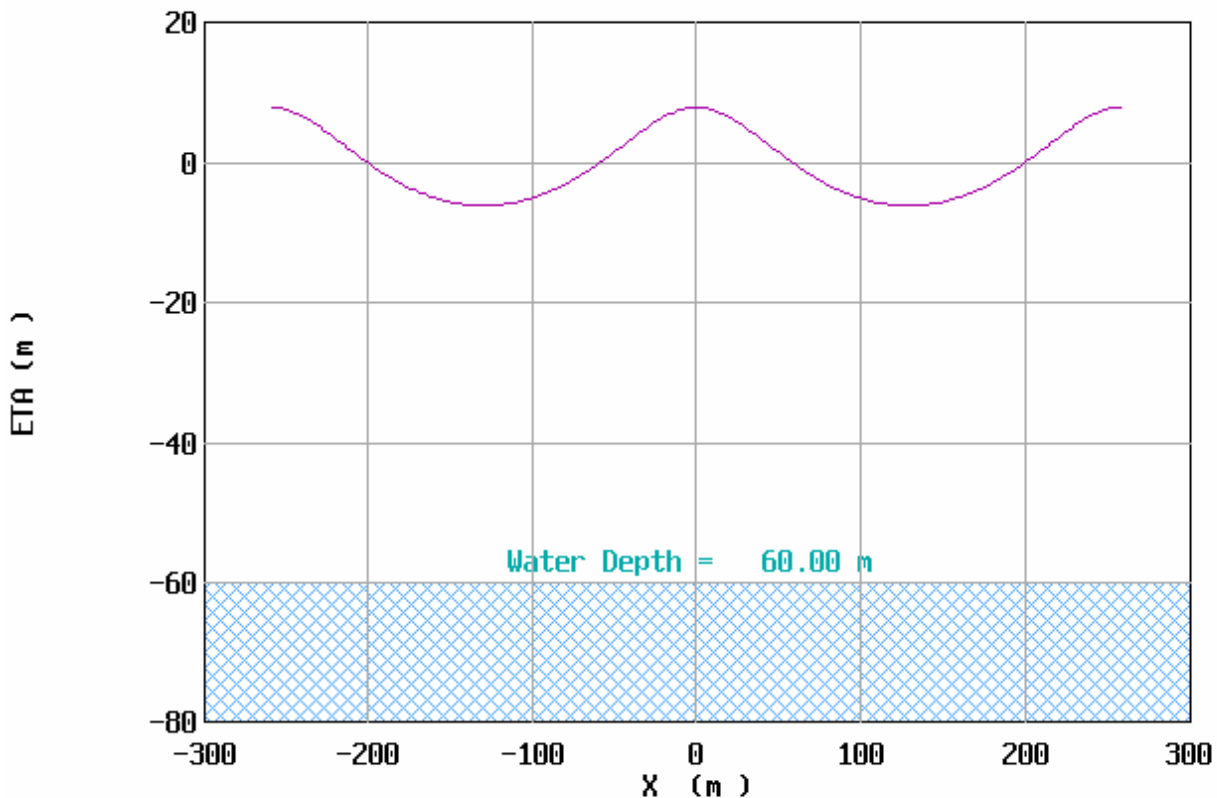
Impulse (I): 0.43339E+05 N-s/m ²
Kinetic Energy (EK): 0.13603E+06 N-m/m ²
Potential Energy (EP): 0.11972E+06 N-m/m ²
Energy Density (EK+EP): 0.25575E+06 N-m/m ²
Mean Square of Bed Vel. (Ub2): 1.4367 m ² /s ²
Radiation Stress (Sxx): 0.22999E+06 N-m/m ²
Wave Power (Energy Flux) (F): 0.34031E+07 N-m/s-m
Volume Flux (Q): 1151.4 m ² /s
Bernoulli Constant (R): 776.99 m ² /s ²

Options:

- F1: New Case
- F2: Print Case
- F5: Additional Results (on Next Screen)
- F10: Exit Application

Percent Complete: 100 %

Fourier XXU Wave Theory
Water Surface Elevation

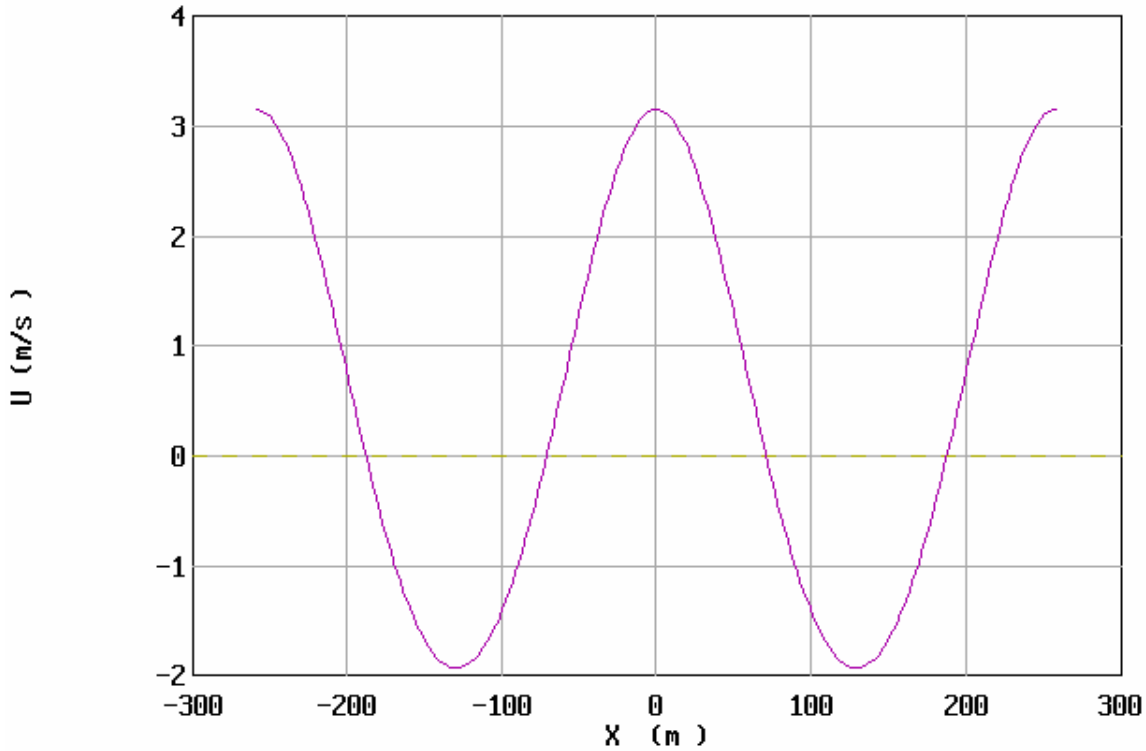


AUTOMATIC or USER-DEFINED SCALING

Scal Grid Colr Dump Styl Legn Axis Read Devi Wind Zero Next Quit

ציור מס' 37 - תוצאות הרצה עבור H=14 מ', T=13 שני', d=60 מ'
א' (למעלה) -הדפס תוצאות, ב' (למטה) תצוגת מצב נבדק

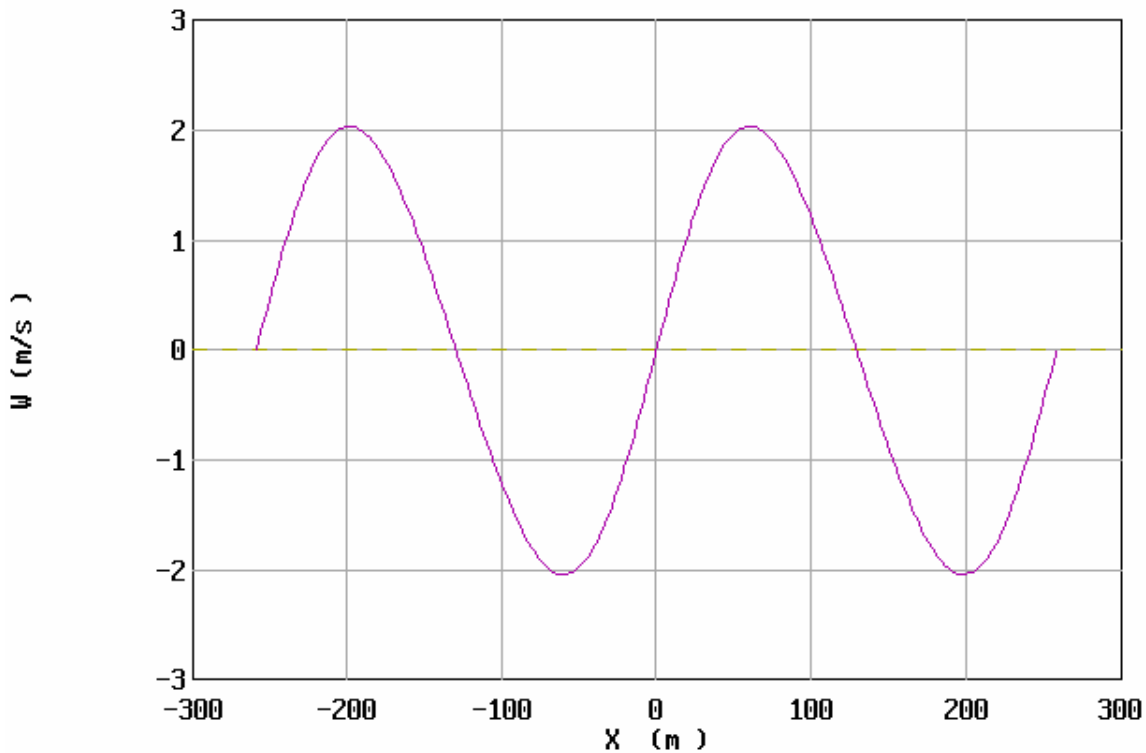
Fourier XXU Wave Theory
Horizontal Velocity (U) at -50.000 m



AUTOMATIC or USER-DEFINED SCALING

Scal Grid Colr Dump Styl Legn Axis Read Devi Wind Zero Next Quit

Fourier XXU Wave Theory
Vertical Velocity (W) at -50.000 m

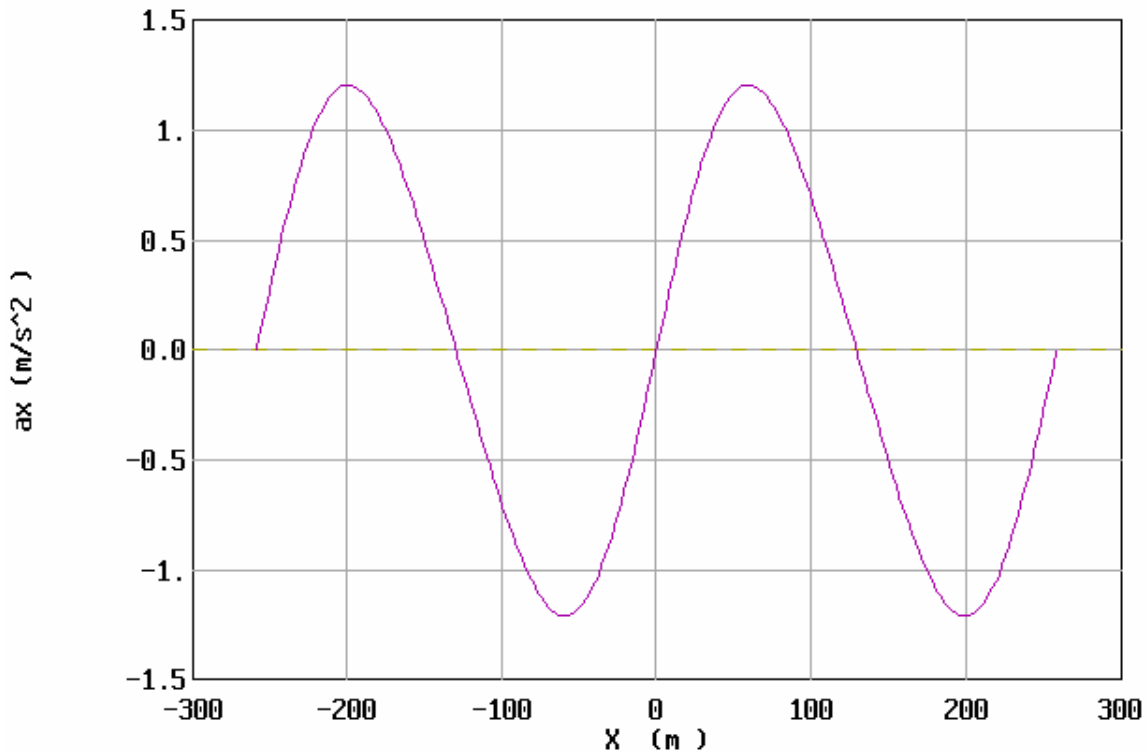


AUTOMATIC or USER-DEFINED SCALING

Scal Grid Colr Dump Styl Legn Axis Read Devi Wind Zero Next Quit

- ציור מס' 37 - תוצאות הרצה עבור $H=14$ מ', $T=13$ שני', $d=60$ מ'
 ג' (למעלה) - פרוס מהירות אורביטלית אופקית בעומק 50 מ',
 ד' (למטה) - פרוס מהירות אורביטלית אנכית בעומק 50 מ',

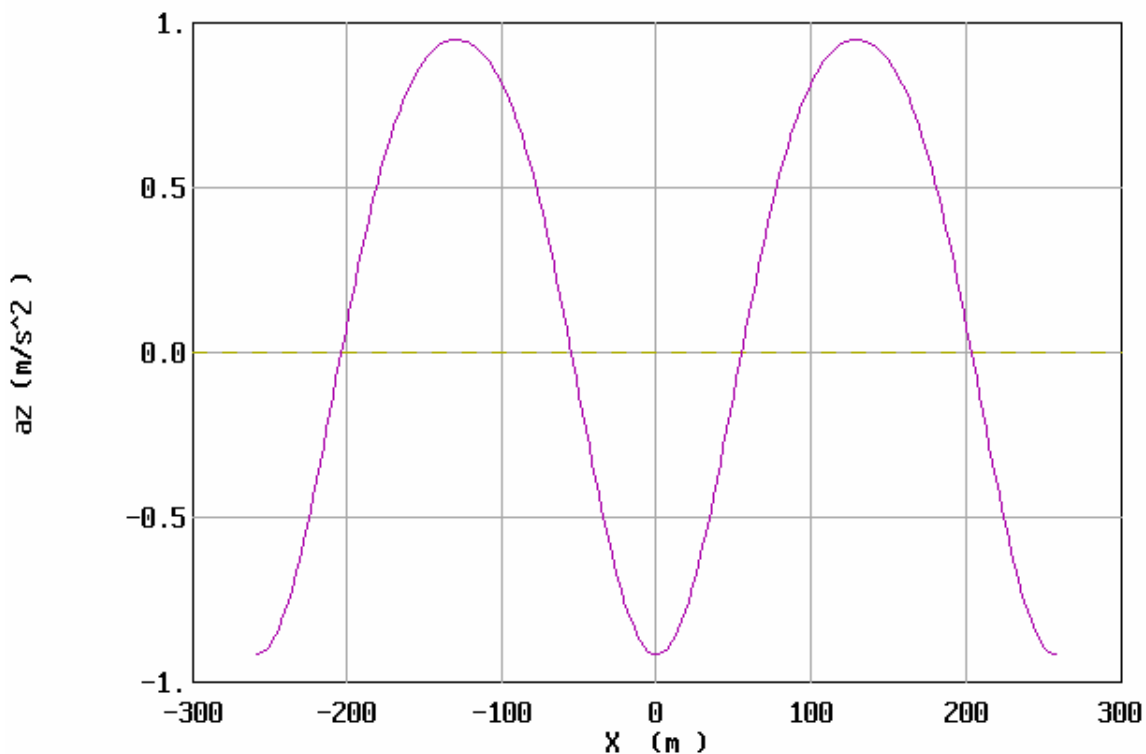
Fourier XXU Wave Theory
Horizontal Acceleration (ax) at -50.000 m



AUTOMATIC or USER-DEFINED SCALING

Scal Grid Colr Dump Styl Legn Axis Read Devi Wind Zero Next Quit

Fourier XXU Wave Theory
Vertical Acceleration (az) at -50.000 m

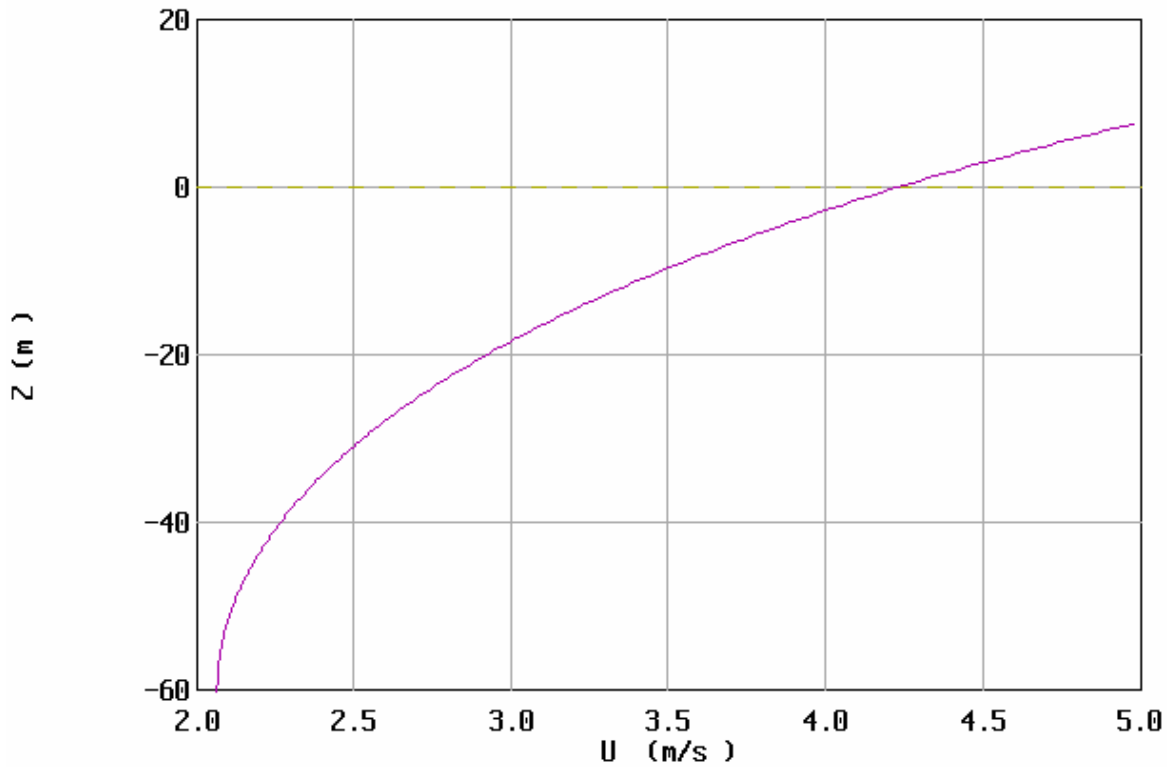


AUTOMATIC or USER-DEFINED SCALING

Scal Grid Colr Dump Styl Legn Axis Read Devi Wind Zero Next Quit

ציור מס' 37 - תוצאות הרצה עבור $H=14$ מ', $T=13$ שני', $d=06$ מ'
 ה' (למעלה) - פרוס תאוצה אורביטלית אופקית בעומק 05 מ',
 ו' (למטה) - פרוס תאוצה אורביטלית אנכית בעומק 05 מ',

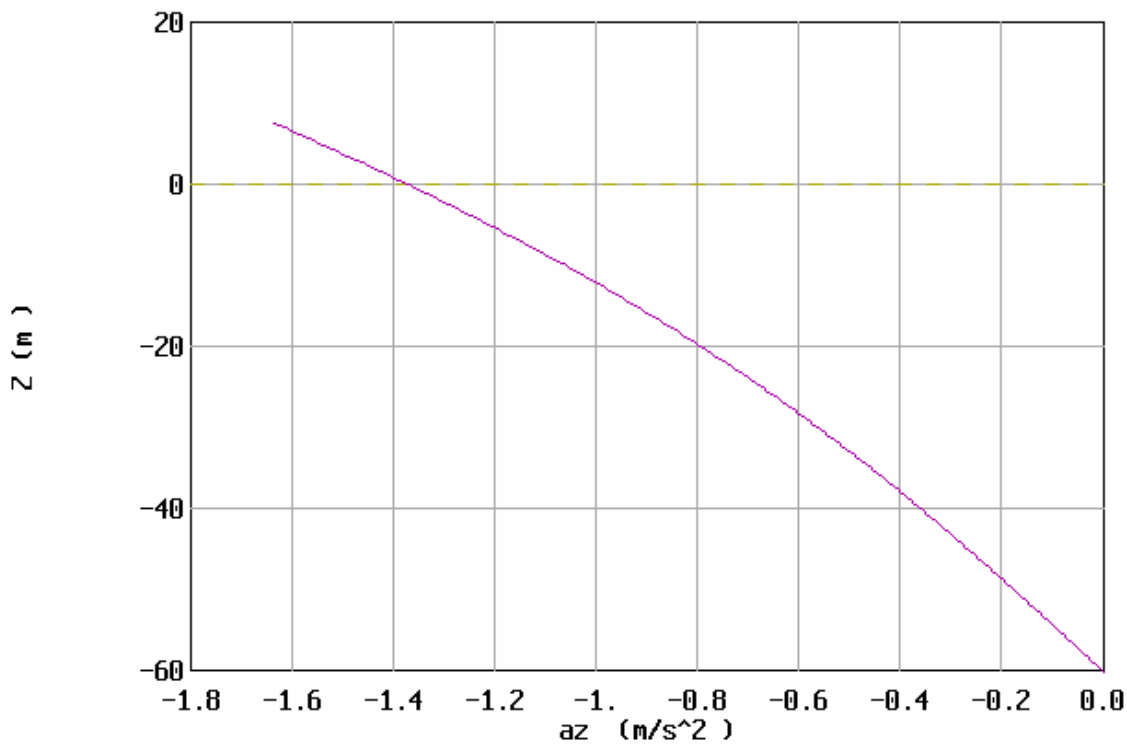
Fourier XXU Wave Theory
Horizontal Velocity (U) Under Wave Crest



AUTOMATIC or USER-DEFINED SCALING

Scal Grid Colr Dump Styl Legn Axis Read Devi Wind Zero Next Quit

Fourier XXU Wave Theory
Vertical Acceleration (az) Under Wave Crest



AUTOMATIC or USER-DEFINED SCALING

Scal Grid Colr Dump Styl Legn Axis Read Devi Wind Zero Next Quit

ציור מס' 37 - תוצאות הרצה עבור $H=14$ מ', $T=13$ שני', $d=60$ מ'
 ז' (למעלה) - פרוס מהירות אורביטלית אופקית בזמן שיא הגל,
 ה' (למטה) - פרוס תאוצה אורביטלית אנכית בזמן שיא הגל.

ACES Mode: Single Case Functional Area: Wave Theory

Application: Fourier Series Wave Theory

Wave Height (H): 8.00 m	Celerity: 20.547 m/s
Wave Period (T): 13.00 sec	Wavelength: 267.105 m
Water Depth (d): 80.00 m	Mn Eulerian Fld Vel: 0.500 m/s
Celerity Definitn: Euler	Mn Mass Trnspt Vel: 0.549 m/s
Mean Velocity (u): 0.50 m/s	Mn Vel Rel to Wave: 20.047 m/s
# of terms in Fourier Series: 25	Vol Flux due to Wav: 3.910 m ² /s
# of steps in Wave Hgt ramping: 9	Bernoulli Constant: 201.017 m ² /s ²

Integral Parameters:

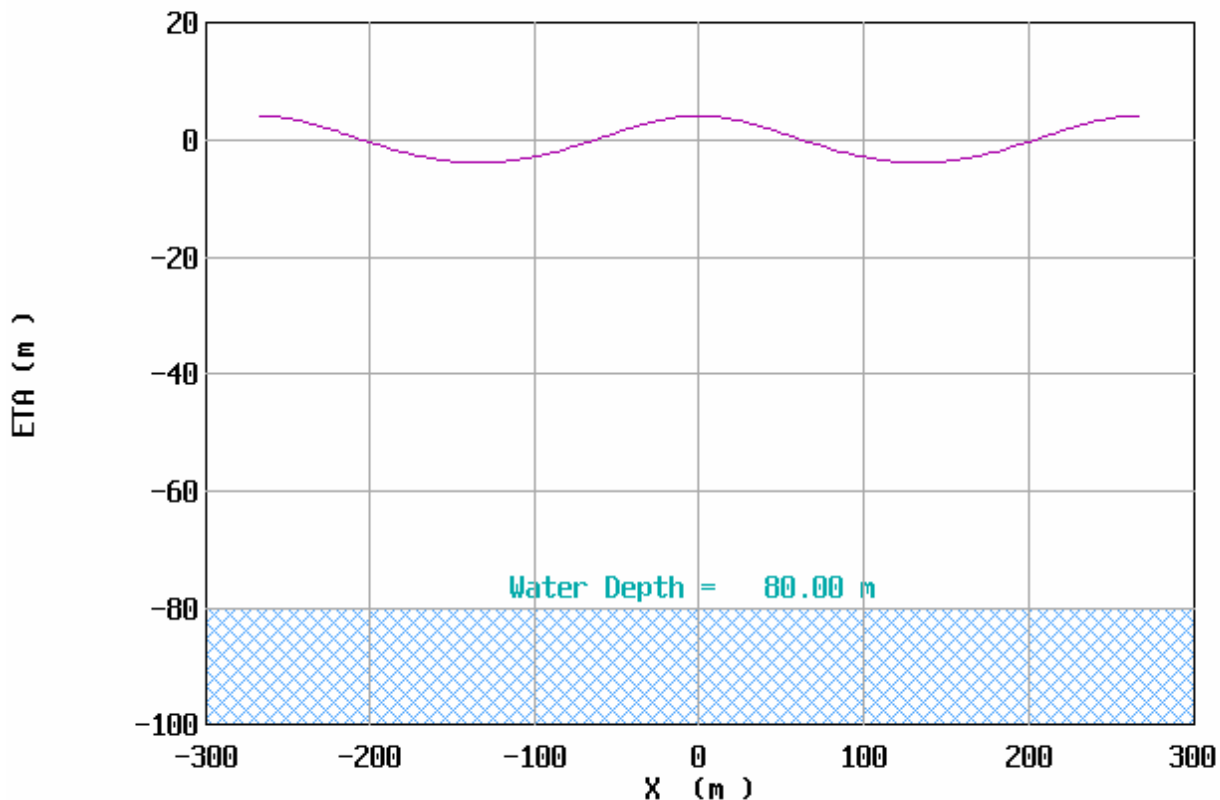
Impulse (I): 0.45011E+05 N-s/m ²
Kinetic Energy (EK): 52426. N-m/m ²
Potential Energy (EP): 39974. N-m/m ²
Energy Density (EK+EP): 92401. N-m/m ²
Mean Square of Bed Vel. (Ub2): 0.41912 m ² /s ²
Radiation Stress (Sxx): 79142. N-m/m ²
Wave Power (Energy Flux) (F): 0.10266E+07 N-m/s-m
Volume Flux (Q): 1599.8 m ² /s
Bernoulli Constant (R): 985.45 m ² /s ²

Options:

- F1: New Case
- F2: Print Case
- F5: Additional Results (on Next Screen)
- F10: Exit Application

Percent Complete: 100 %

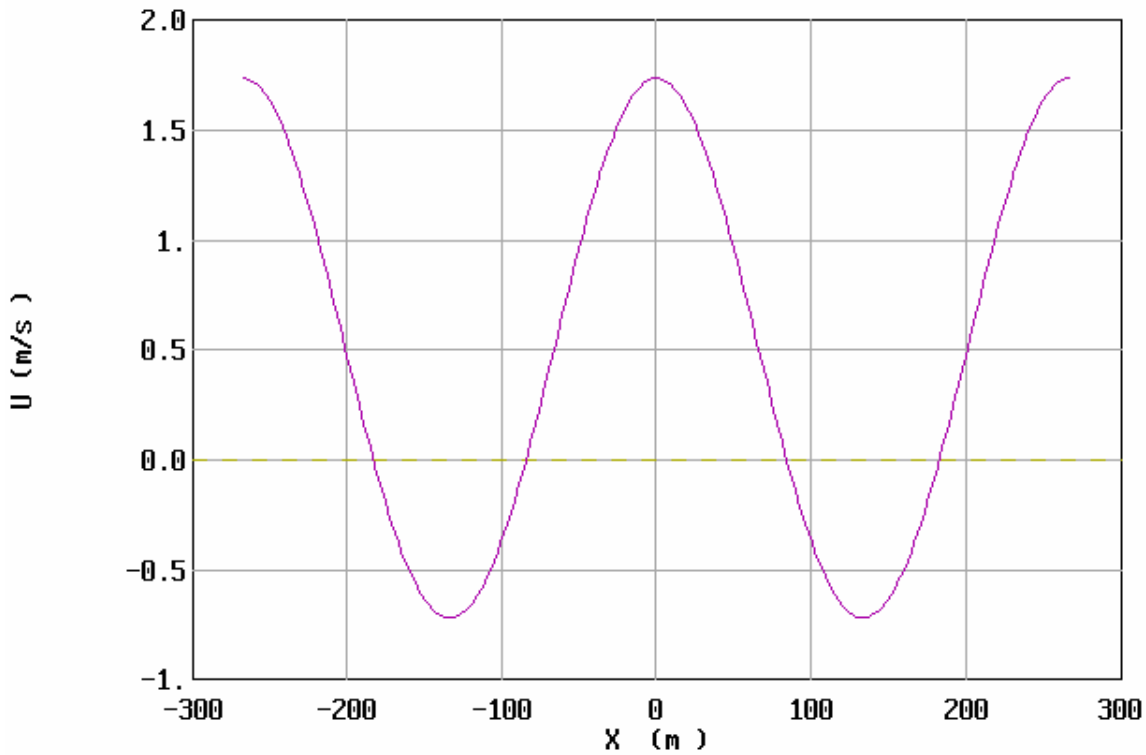
Fourier XXU Wave Theory
Water Surface Elevation



AUTOMATIC or USER-DEFINED SCALING
 Scal Grid Colr Dump Styl Legn Axis Read Devi Wind Zero Next Quit

ציור מס' 38 - תוצאות הרצה עבור H=8 מ', T=13 שני', d=80 מ'
 א' (למעלה) -הדפס תוצאות, ב' (למטה) תצוגת מצב נבדק

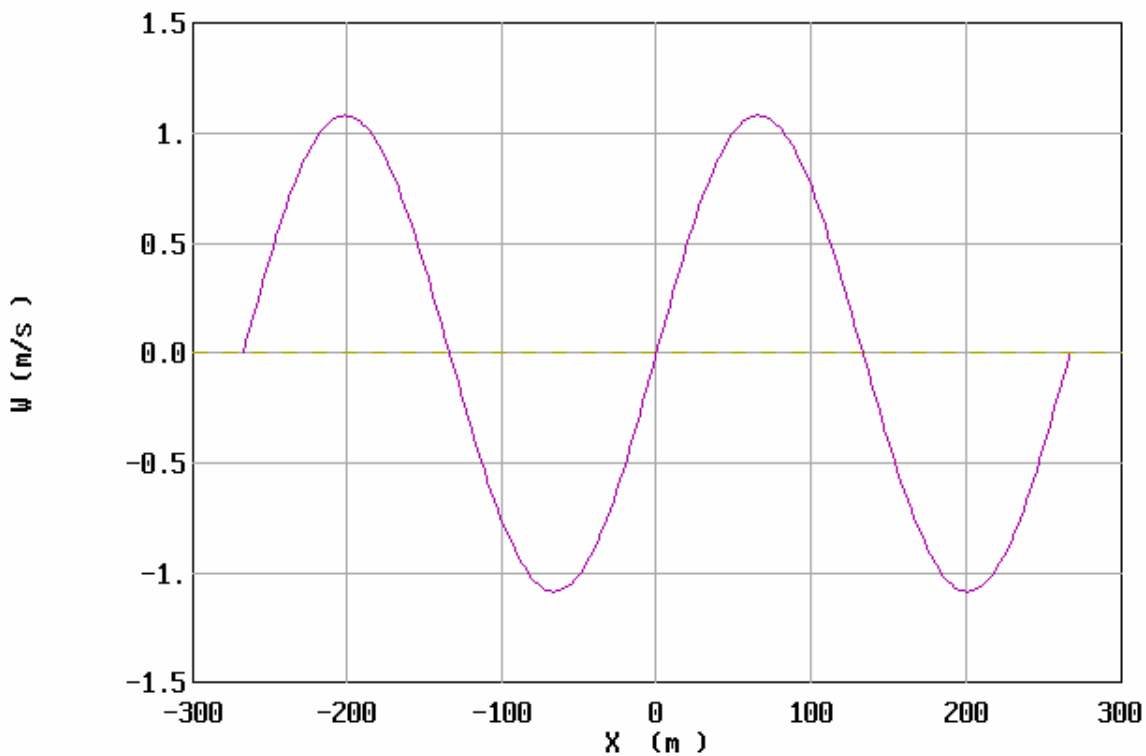
Fourier XXU Wave Theory
Horizontal Velocity (U) at -70.000 m



AUTOMATIC or USER-DEFINED SCALING

Scal Grid Colr Dump Styl Legn Axis Read Devi Wind Zero Next Quit

Fourier XXU Wave Theory
Vertical Velocity (W) at -70.000 m

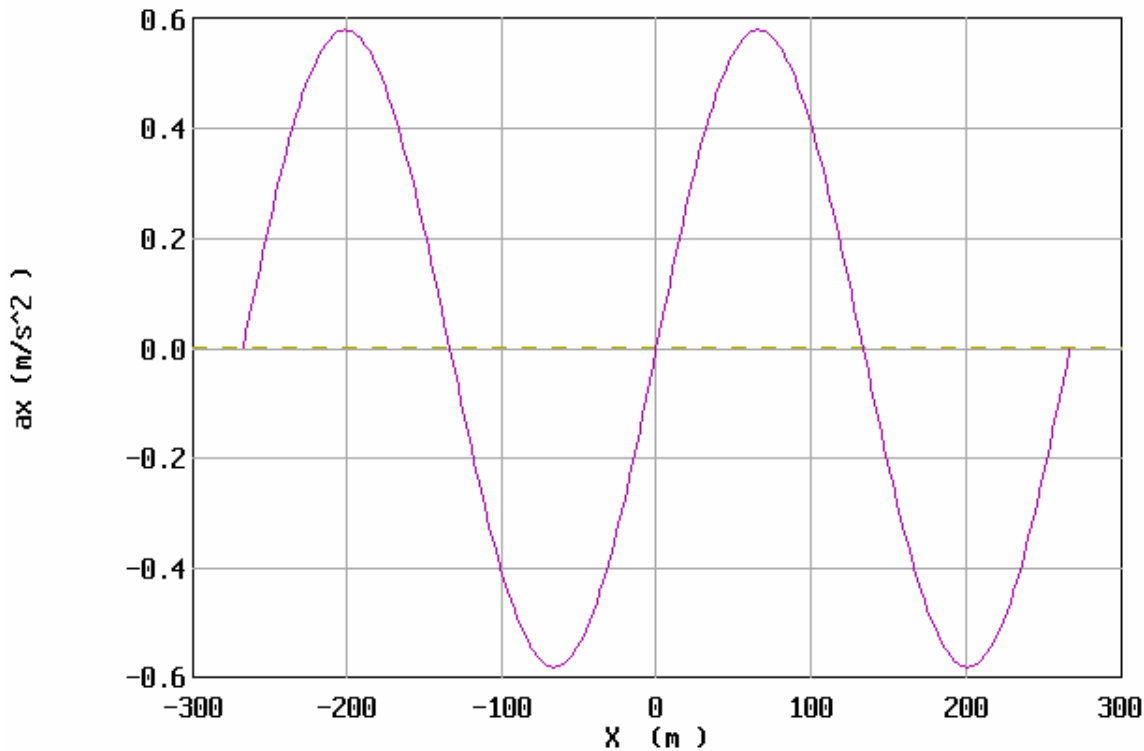


AUTOMATIC or USER-DEFINED SCALING

Scal Grid Colr Dump Styl Legn Axis Read Devi Wind Zero Next Quit

ציור מס' 38 - תוצאות הרצה עבור $H=8$ מ', $T=13$ שני', $d=80$ מ'
 ג' (למעלה) - פרוס מהירות אורביטלית אופקית בעומק 70 מ',
 ד' (למטה) - פרוס מהירות אורביטלית אנכית בעומק 70 מ',

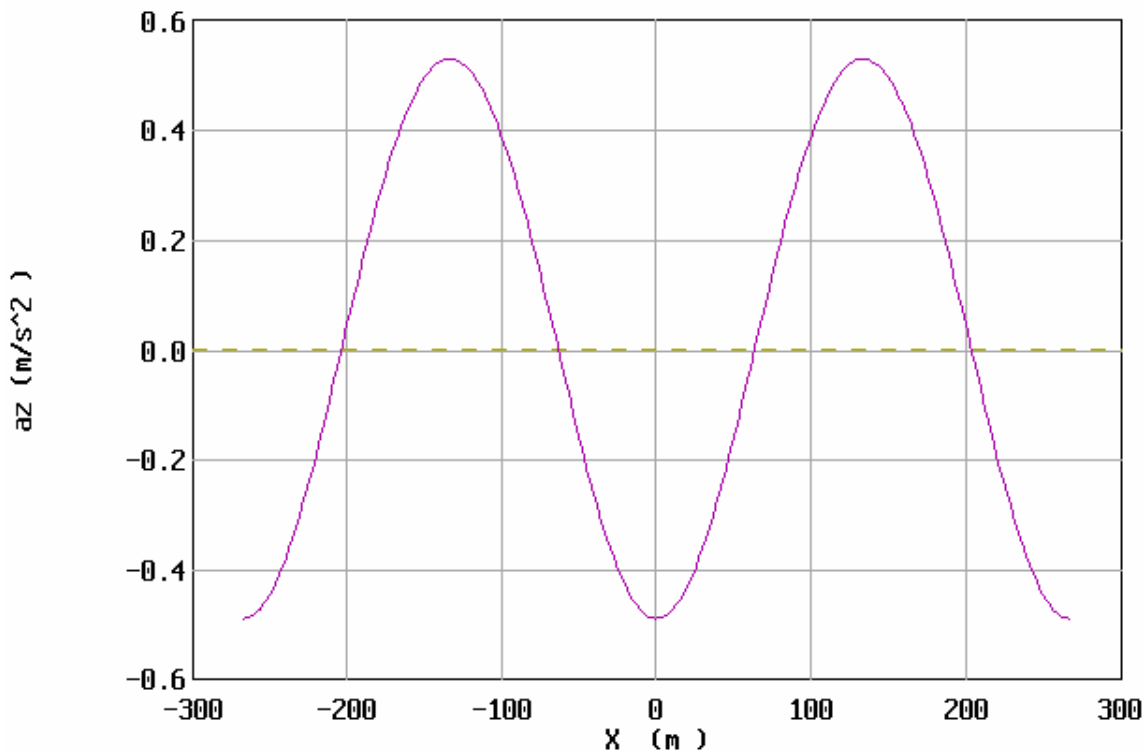
Fourier XXU Wave Theory
Horizontal Acceleration (ax) at -70.000 m



AUTOMATIC or USER-DEFINED SCALING

Scal Grid Colr Dump Styl Legn Axis Read Devi Wind Zero Next Quit

Fourier XXU Wave Theory
Vertical Acceleration (az) at -70.000 m

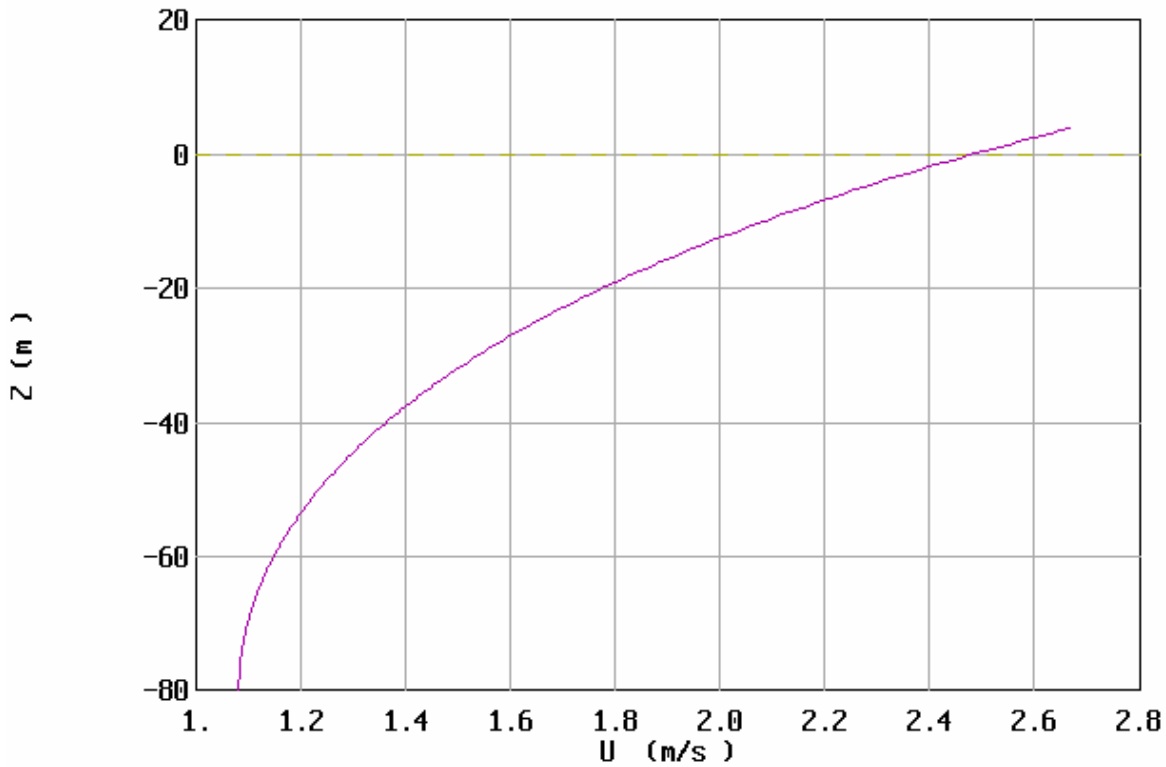


AUTOMATIC or USER-DEFINED SCALING

Scal Grid Colr Dump Styl Legn Axis Read Devi Wind Zero Next Quit

ציור מס' 38 - תוצאות הרצה עבור $H=8$ מ', $T=13$ שני', $d=08$ מ'
 ה' (למעלה) - פרוס תאוצה אורביטלית אופקית בעומק 07 מ',
 ו' (למטה) - פרוס תאוצה אורביטלית אנכית בעומק 70 מ',

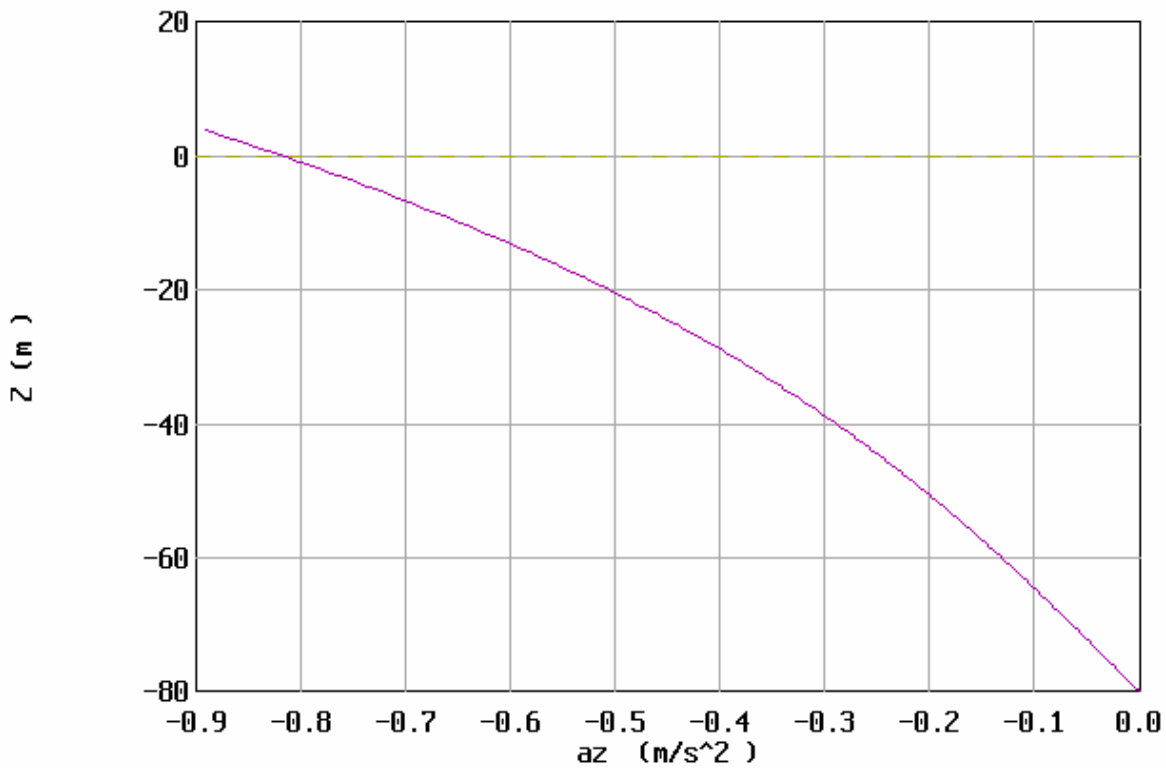
Fourier XXU Wave Theory
Horizontal Velocity (U) Under Wave Crest



AUTOMATIC or USER-DEFINED SCALING

Scal Grid Colr Dump Styl Legn Axis Read Devi Wind Zero Next Quit

Fourier XXU Wave Theory
Vertical Acceleration (az) Under Wave Crest



AUTOMATIC or USER-DEFINED SCALING

Scal Grid Colr Dump Styl Legn Axis Read Devi Wind Zero Next Quit

ציור מס' 38 - תוצאות הרצה עבור $H=8$ מ', $T=13$ שני', $d=80$ מ'
 ז' (למעלה) - פרוס מהירות אורביטלית אופקית בזמן שיא הגל,
 ח' (למטה) - פרוס תאוצה אורביטלית אנכית בזמן שיא הגל.

ACES Mode: Single Case Functional Area: Wave Theory

Application: Fourier Series Wave Theory

Wave Height (H): 14.00 m	Celerity: 20.876 m/s
Wave Period (T): 13.00 sec	Wavelength: 271.393 m
Water Depth (d): 80.00 m	Mn Eulerian Fld Vel: 0.500 m/s
Celerity Definitn: Euler	Mn Mass Trnspt Vel: 0.647 m/s
Mean Velocity (u): 0.50 m/s	Mn Vel Rel to Wave: 20.376 m/s
# of terms in Fourier Series: 25	Vol Flux due to Wav: 11.746 m ² /s
# of steps in Wave Hgt ramping: 9	Bernoulli Constant: 207.862 m ² /s ²

Integral Parameters:

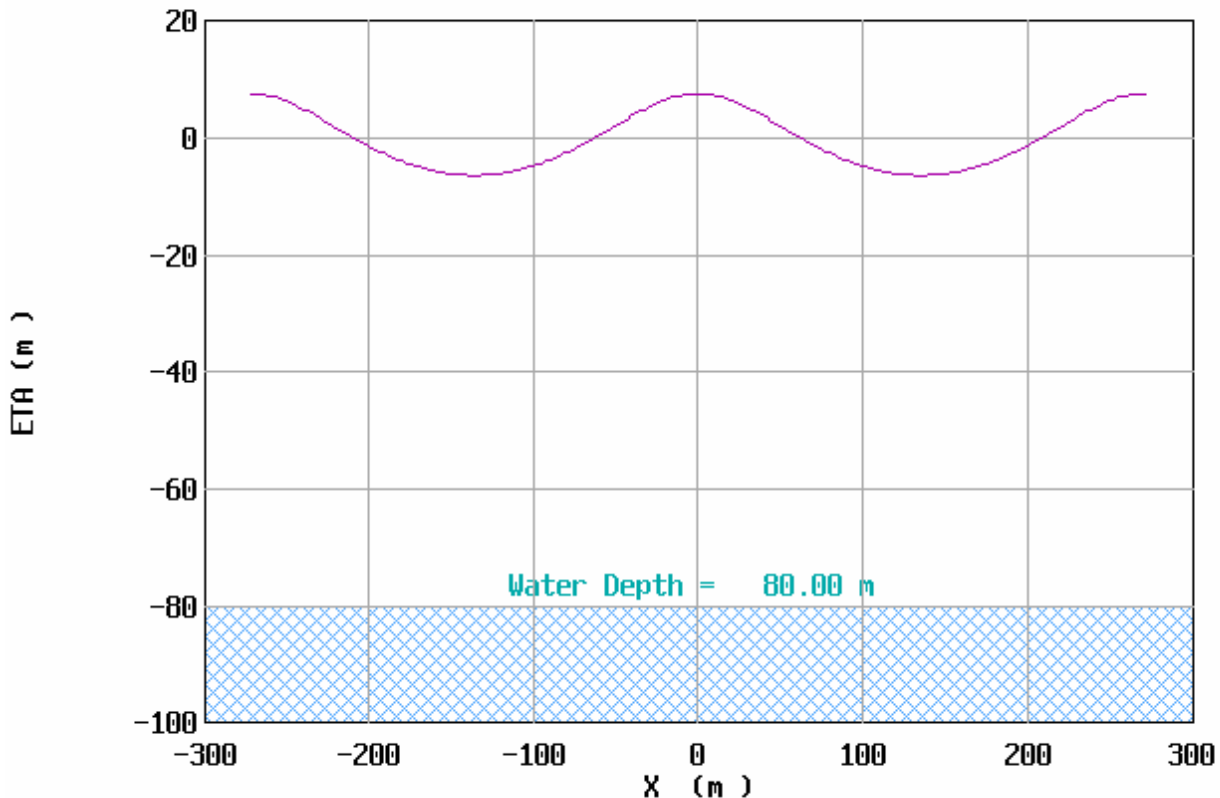
Impulse (I): 0.53044E+05 N-s/m ²
Kinetic Energy (EK): 0.13894E+06 N-m/m ²
Potential Energy (EP): 0.12086E+06 N-m/m ²
Energy Density (EK+EP): 0.25980E+06 N-m/m ²
Mean Square of Bed Vel. (Ub2): 0.77594 m ² /s ²
Radiation Stress (Sxx): 0.20376E+06 N-m/m ²
Wave Power (Energy Flux) (F): 0.32328E+07 N-m/s-m
Volume Flux (Q): 1618.4 m ² /s
Bernoulli Constant (R): 992.29 m ² /s ²

Options:

- F1: New Case
- F2: Print Case
- F5: Additional Results (on Next Screen)
- F10: Exit Application

Percent Complete: 100 %

**Fourier XXU Wave Theory
Water Surface Elevation**

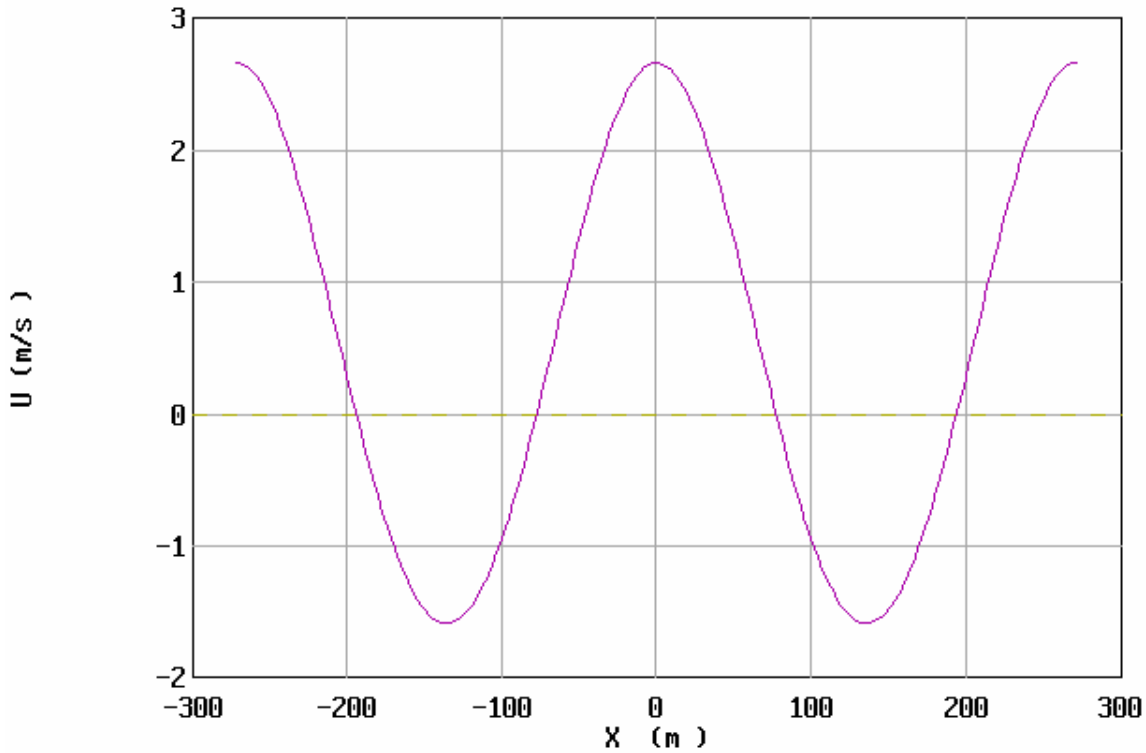


AUTOMATIC or USER-DEFINED SCALING

Scal Grid Colr Dump Styl Legn Axis Read Devi Wind Zero Next Quit

ציור מס' 39 - תוצאות הרצה עבור H=14 מ', T=13 שני', d=80 מ'
א' (למעלה) -הדפס תוצאות, ב' (למטה) תצוגת מצב נבדק

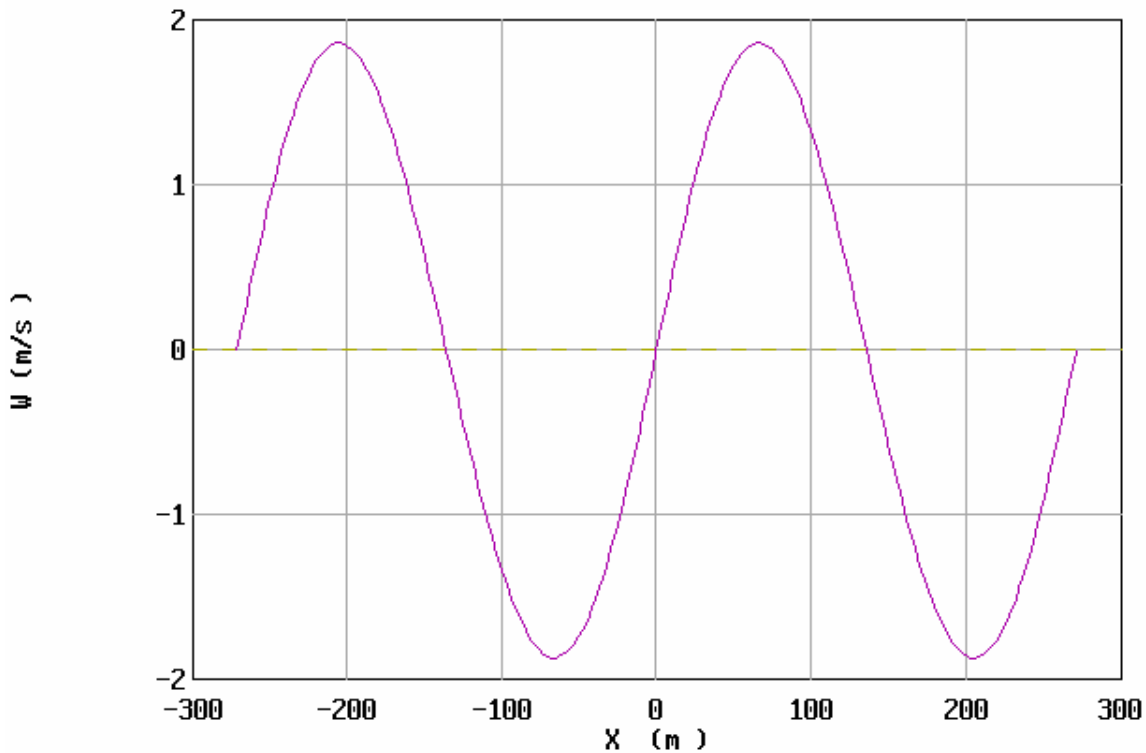
Fourier XXU Wave Theory
Horizontal Velocity (U) at -70.000 m



AUTOMATIC or USER-DEFINED SCALING

Scal Grid Colr Dump Styl Legn Axis Read Devi Wind Zero Next Quit

Fourier XXU Wave Theory
Vertical Velocity (W) at -70.000 m

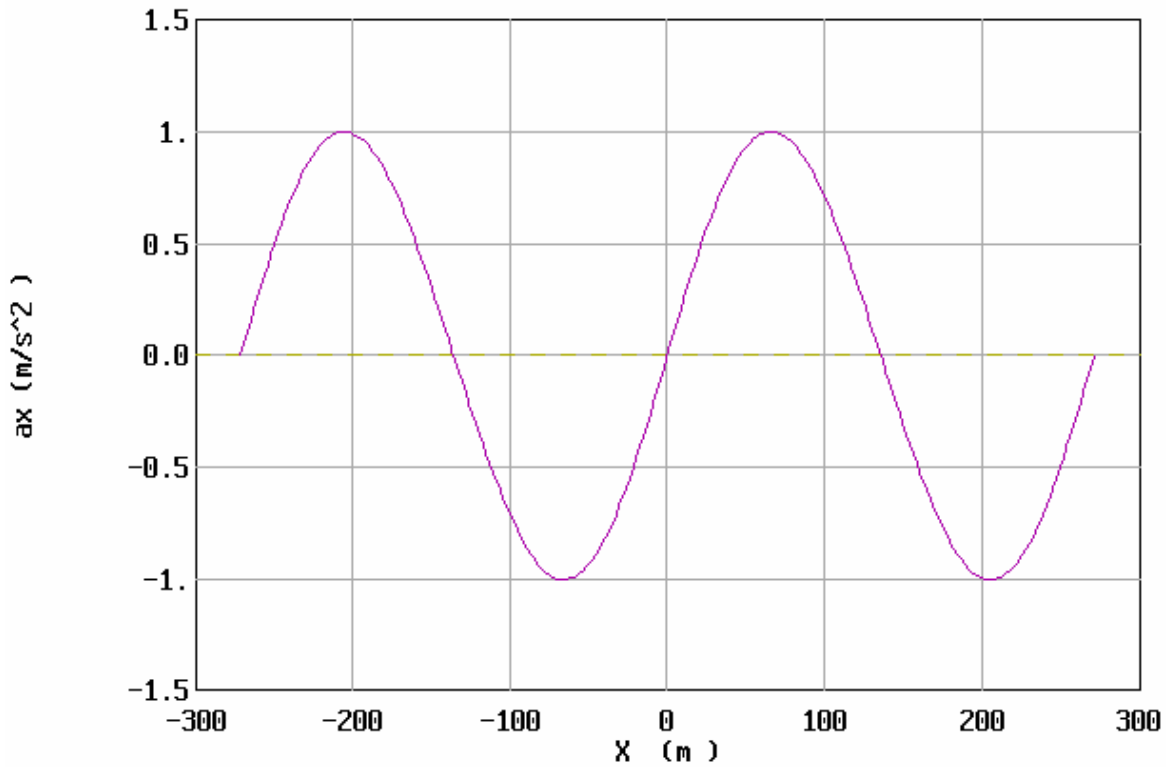


AUTOMATIC or USER-DEFINED SCALING

Scal Grid Colr Dump Styl Legn Axis Read Devi Wind Zero Next Quit

- ציור מס' 39 - תוצאות הרצה עבור $H=14$ מ', $T=13$ שני', $d=80$ מ'
 ג' (למעלה) - פרוס מהירות אורביטלית אופקית בעומק 70 מ',
 ד' (למטה) - פרוס מהירות אורביטלית אנכית בעומק 70 מ',

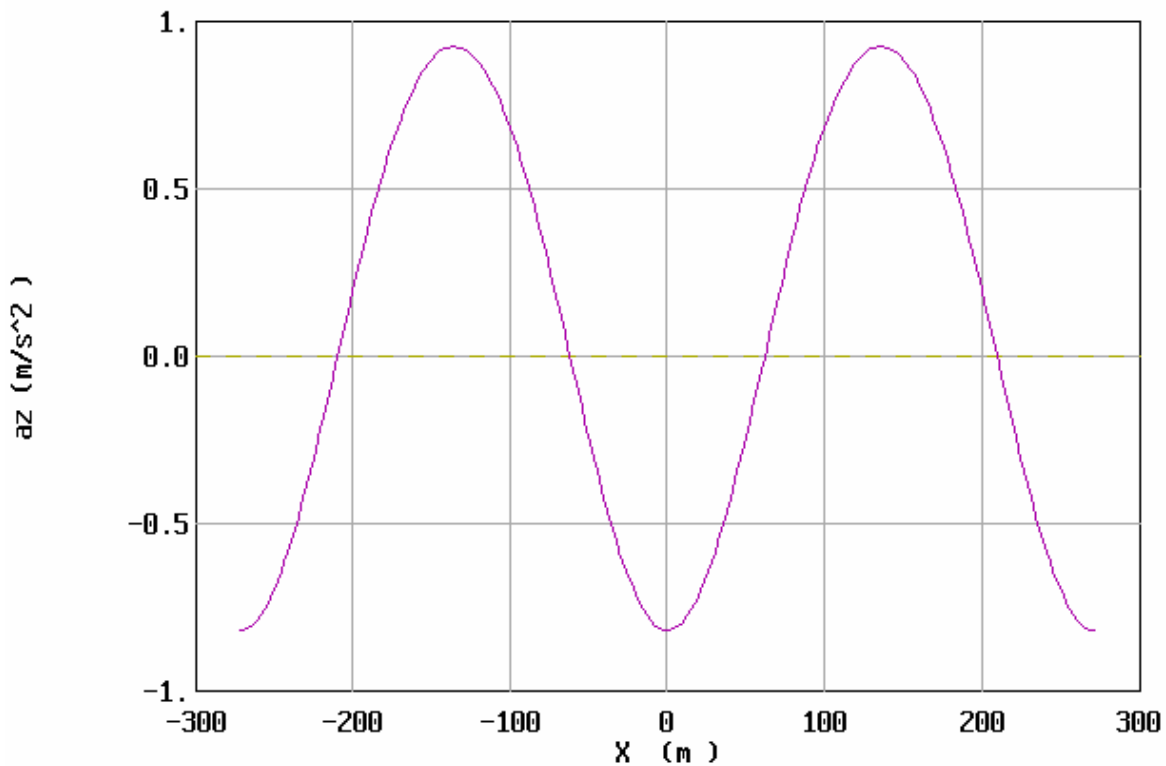
Fourier XXU Wave Theory
Horizontal Acceleration (ax) at -70.000 m



AUTOMATIC or USER-DEFINED SCALING

Scal Grid Colr Dump Styl Legn Axis Read Devi Wind Zero Next Quit

Fourier XXU Wave Theory
Vertical Acceleration (az) at -70.000 m

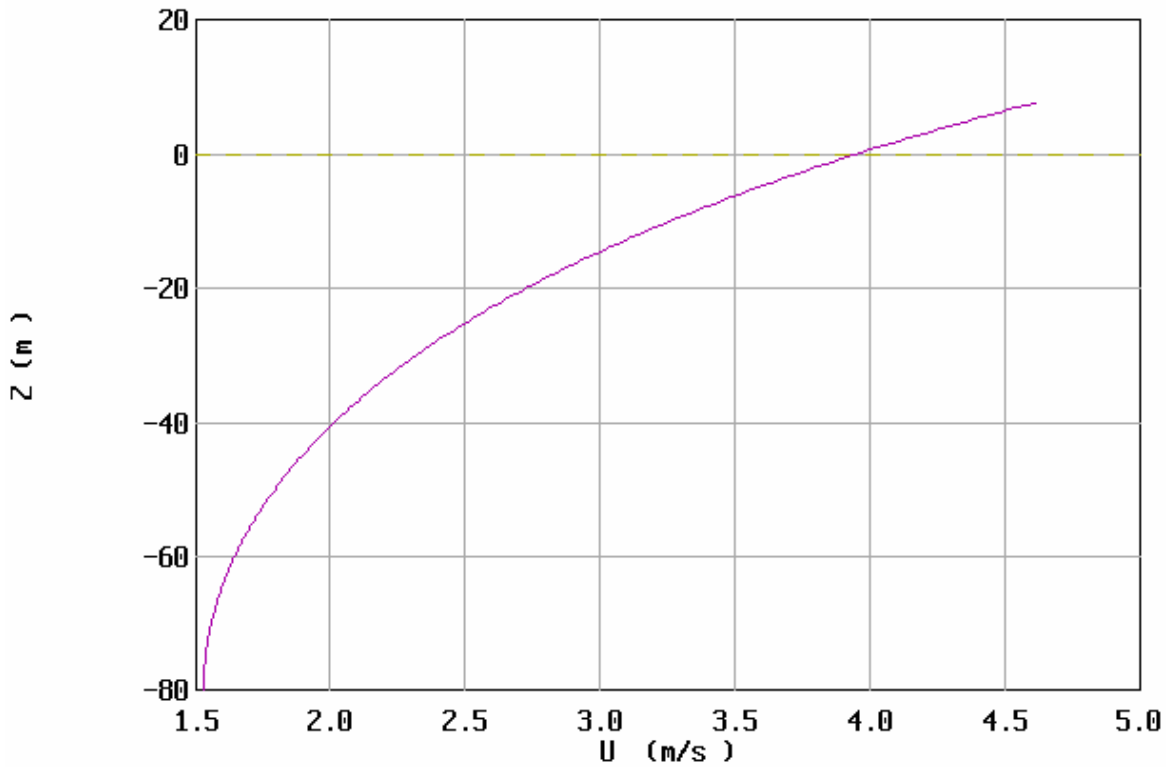


AUTOMATIC or USER-DEFINED SCALING

Scal Grid Colr Dump Styl Legn Axis Read Devi Wind Zero Next Quit

ציור מס' 39 - תוצאות הרצה עבור H=14 מ', T=13 שני', d=08 מ'
ה' (למעלה) - פרוס תאוצה אורביטלית אופקית בעומק 07 מ',
ו' (למטה) - פרוס תאוצה אורביטלית אנכית בעומק 70 מ',

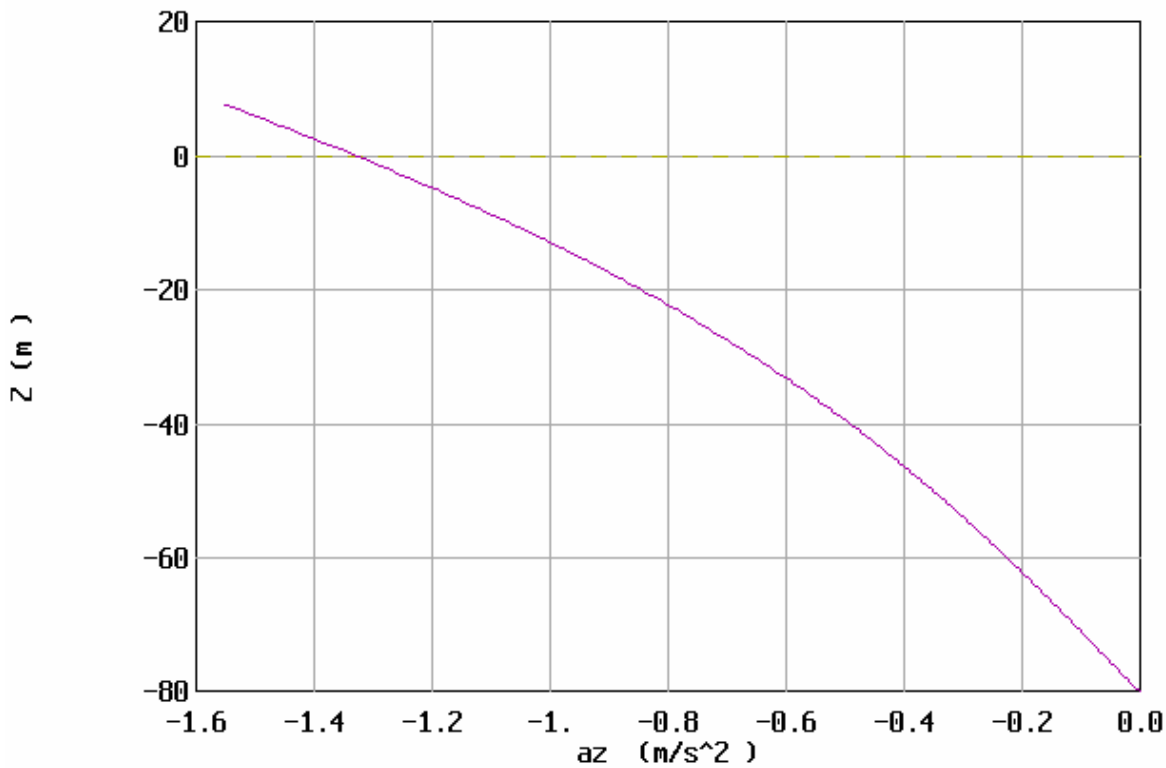
Fourier XXU Wave Theory
Horizontal Velocity (U) Under Wave Crest



AUTOMATIC or USER-DEFINED SCALING

Scal Grid Colr Dump Styl Legn Axis Read Devi Wind Zero Next Quit

Fourier XXU Wave Theory
Vertical Acceleration (az) Under Wave Crest



AUTOMATIC or USER-DEFINED SCALING

Scal Grid Colr Dump Styl Legn Axis Read Devi Wind Zero Next Quit

ציור מס' 39 - תוצאות הרצה עבור $H=14$ מ', $T=13$ שני', $d=80$ מ'
 ז' (למעלה) - פרוס מהירות אורביטלית אופקית בזמן שיא הגל,
 ח' (למטה) - פרוס תאוצה אורביטלית אנכית בזמן שיא הגל.

ACES Mode: Single Case Functional Area: Wave Theory

Application: Fourier Series Wave Theory

Wave Height (H): 8.00 m	Celerity: 21.045 m/s
Wave Period (T): 13.00 sec	Wavelength: 273.585 m
Water Depth (d): 100.00 m	Mn Eulerian Fld Vel: 0.500 m/s
Celerity Definitn: Euler	Mn Mass Trnspt Vel: 0.538 m/s
Mean Velocity (u): 0.50 m/s	Mn Vel Rel to Wave: 20.545 m/s
# of terms in Fourier Series: 25	Vol Flux due to Wav: 3.817 m ² /s
# of steps in Wave Hgt ramping: 9	Bernoulli Constant: 211.085 m ² /s ²

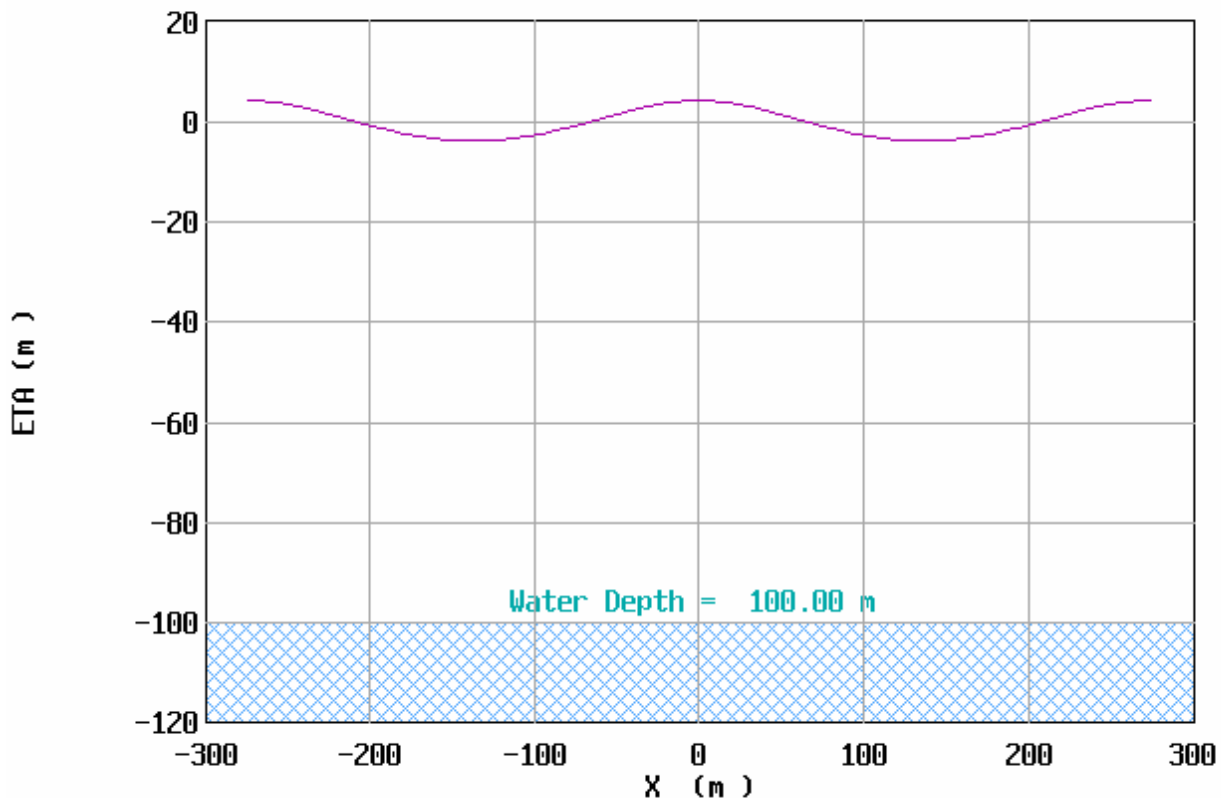
Integral Parameters:

Impulse (I): 0.55167E+05 N-s/m ²
Kinetic Energy (EK): 54959. N-m/m ²
Potential Energy (EP): 40013. N-m/m ²
Energy Density (EK+EP): 94972. N-m/m ²
Mean Square of Bed Vel. (Ub2): 0.32220 m ² /s ²
Radiation Stress (Sxx): 77661. N-m/m ²
Wave Power (Energy Flux) (F): 0.98118E+06 N-m/s-m
Volume Flux (Q): 2050.7 m ² /s
Bernoulli Constant (R): 1191.6 m ² /s ²

Options:
 F1: New Case
 F2: Print Case
 F5: Additional Results (on Next Screen)
 F10: Exit Application

Percent Complete: 100 %

Fourier XXU Wave Theory
 Water Surface Elevation

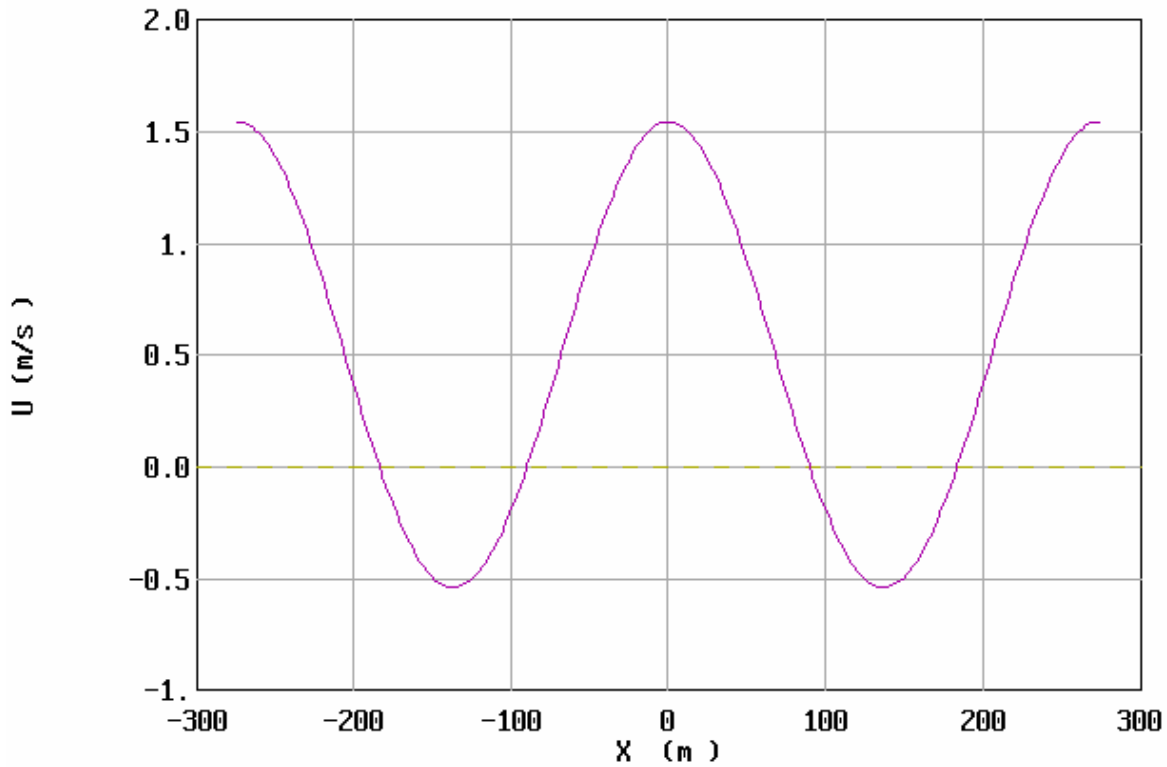


AUTOMATIC or USER-DEFINED SCALING

Scal Grid Colr Dump Styl Legn Axis Read Devi Wind Zero Next Quit

ציור מס' 40 - תוצאות הרצה עבור H=8 מ', T=13 שני', d=100 מ'
 א' (למעלה) -הדפס תוצאות, ב' (למטה) תצוגת מצב נבדק

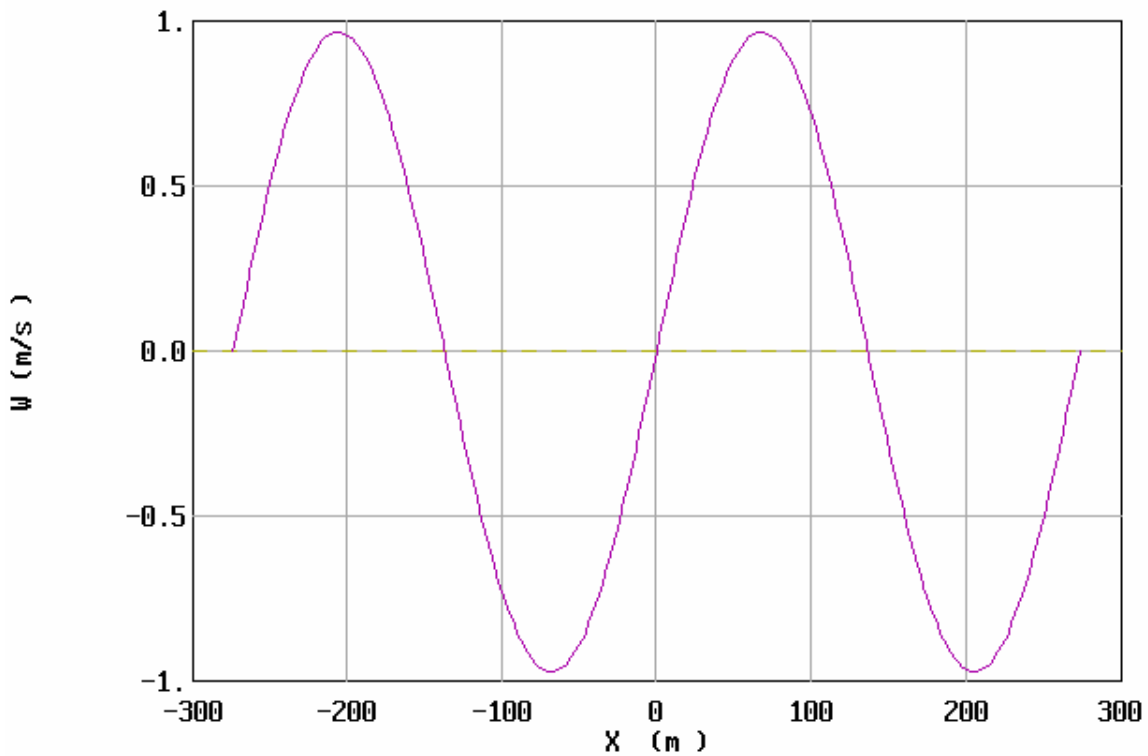
Fourier XXU Wave Theory
Horizontal Velocity (U) at -90.000 m



AUTOMATIC or USER-DEFINED SCALING

Scal Grid Colr Dump Styl Legn Axis Read Devi Wind Zero Next Quit

Fourier XXU Wave Theory
Vertical Velocity (W) at -90.000 m

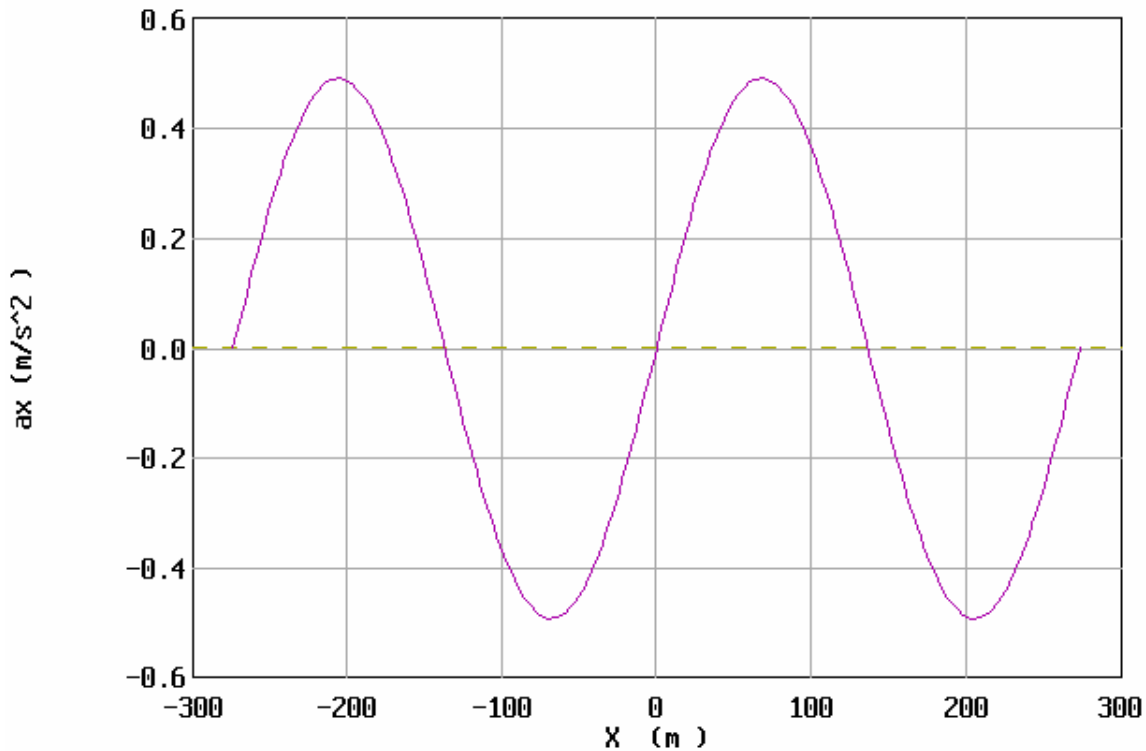


AUTOMATIC or USER-DEFINED SCALING

Scal Grid Colr Dump Styl Legn Axis Read Devi Wind Zero Next Quit

ציור מס' 40 - תוצאות הרצה עבור $H=8$ מ', $T=13$ שני', $d=100$ מ'
 ג' (למעלה) - פרוס מהירות אורביטלית אופקית בעומק 90 מ',
 ד' (למטה) - פרוס מהירות אורביטלית אנכית בעומק 90 מ',

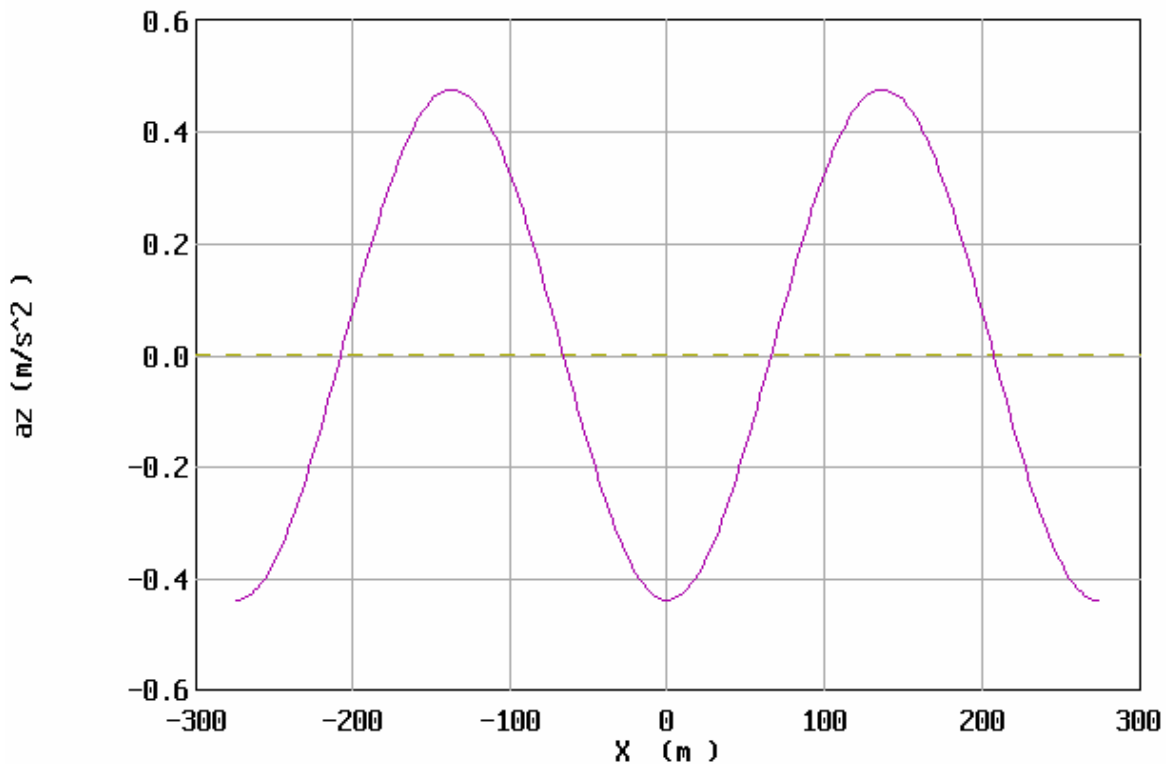
Fourier XXU Wave Theory
Horizontal Acceleration (ax) at -90.000 m



AUTOMATIC or USER-DEFINED SCALING

Scal Grid Colr Dump Styl Legn Axis Read Devi Wind Zero Next Quit

Fourier XXU Wave Theory
Vertical Acceleration (az) at -90.000 m

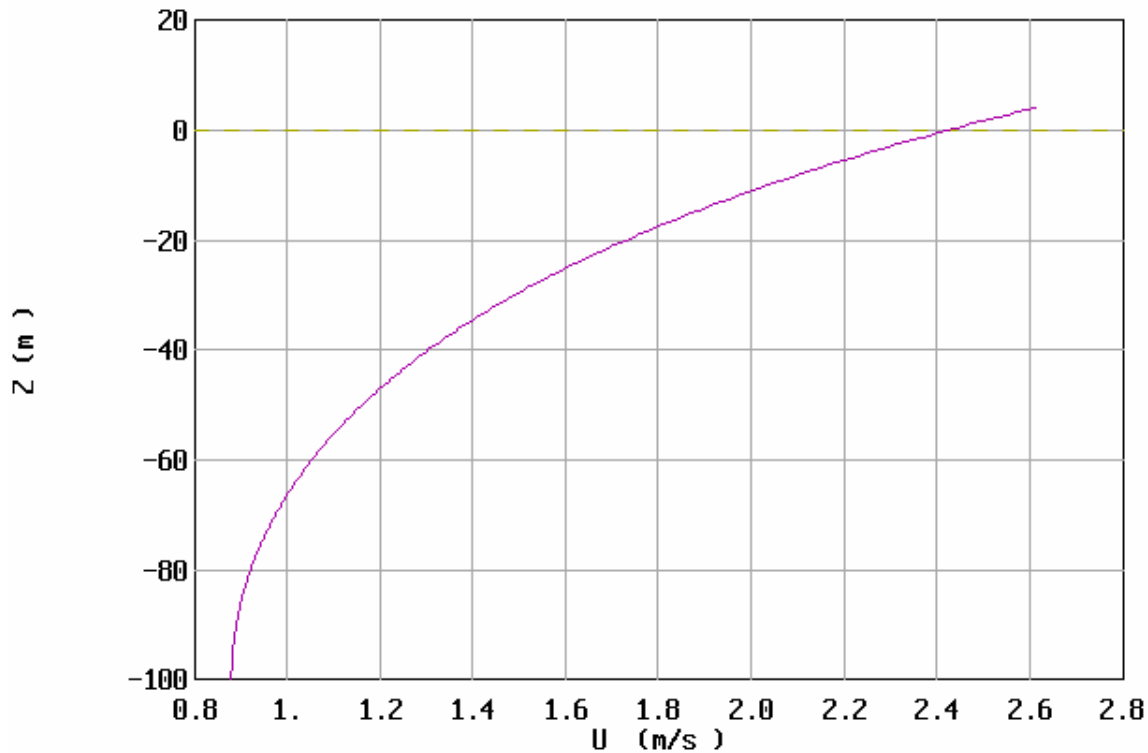


AUTOMATIC or USER-DEFINED SCALING

Scal Grid Colr Dump Styl Legn Axis Read Devi Wind Zero Next Quit

ציור מס' 40 - תוצאות הרצה עבור $H=8$ מ', $T=13$ שני', $d=100$ מ'
 ה' (למעלה) - פרוס תאוצה אורביטלית אופקית בעומק 9 מ',
 ו' (למטה) - פרוס תאוצה אורביטלית אנכית בעומק 90 מ',

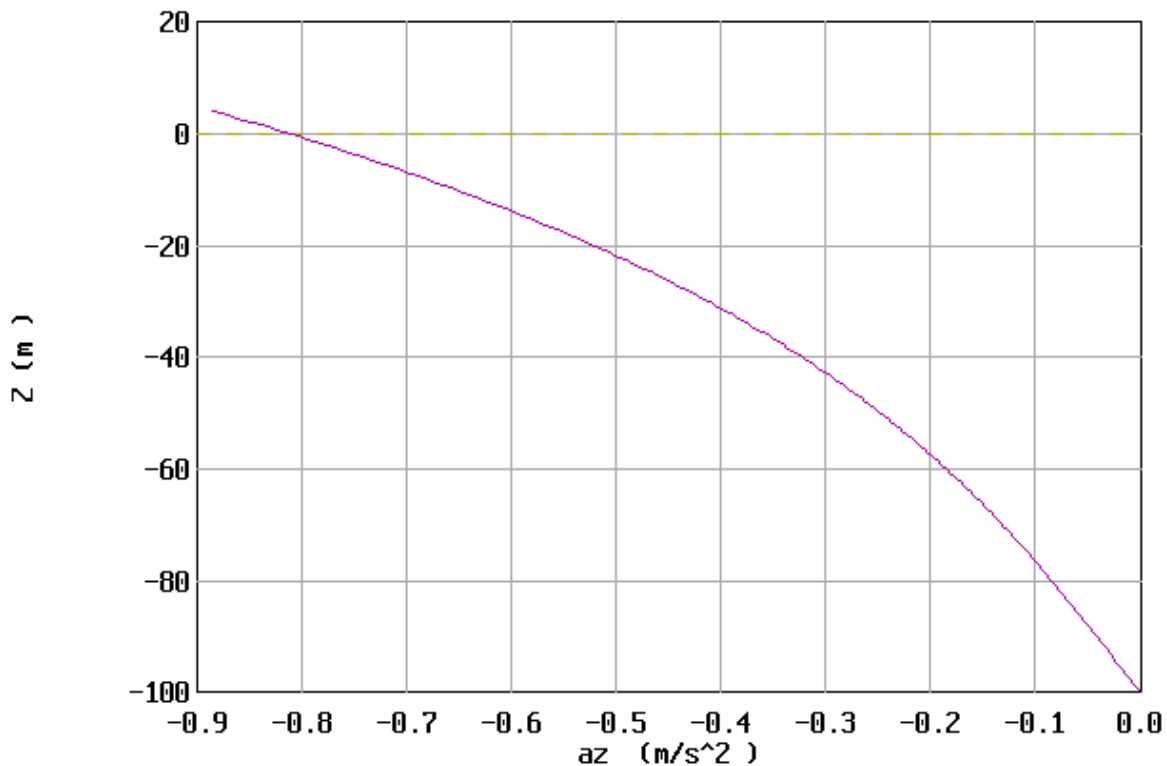
Fourier XXU Wave Theory
Horizontal Velocity (U) Under Wave Crest



AUTOMATIC or USER-DEFINED SCALING

Scal Grid Colr Dump Styl Legn Axis Read Devi Wind Zero Next Quit

Fourier XXU Wave Theory
Vertical Acceleration (az) Under Wave Crest



AUTOMATIC or USER-DEFINED SCALING

Scal Grid Colr Dump Styl Legn Axis Read Devi Wind Zero Next Quit

ציור מס' 40 - תוצאות הרצה עבור $H=8$ מ', $T=13$ שני', $d=100$ מ'
 ז' (למעלה) - פרוס מהירות אורביטלית אופקית בזמן שיא הגל,
 ח' (למטה) - פרוס תאוצה אורביטלית אנכית בזמן שיא הגל.

ACES Mode: Single Case Functional Area: Wave Theory

Application: Fourier Series Wave Theory

Wave Height (H): 14.00 m	Celerity: 21.369 m/s
Wave Period (T): 13.00 sec	Wavelength: 277.793 m
Water Depth (d): 100.00 m	Mn Eulerian Fld Vel: 0.500 m/s
Celerity Definitn: Euler	Mn Mass Trnspt Vel: 0.615 m/s
Mean Velocity (u): 0.50 m/s	Mn Vel Rel to Wave: 20.869 m/s
# of terms in Fourier Series: 25	Vol Flux due to Wav: 11.488 m ² /s
# of steps in Wave Hgt ramping: 9	Bernoulli Constant: 217.866 m ² /s ²

Integral Parameters:

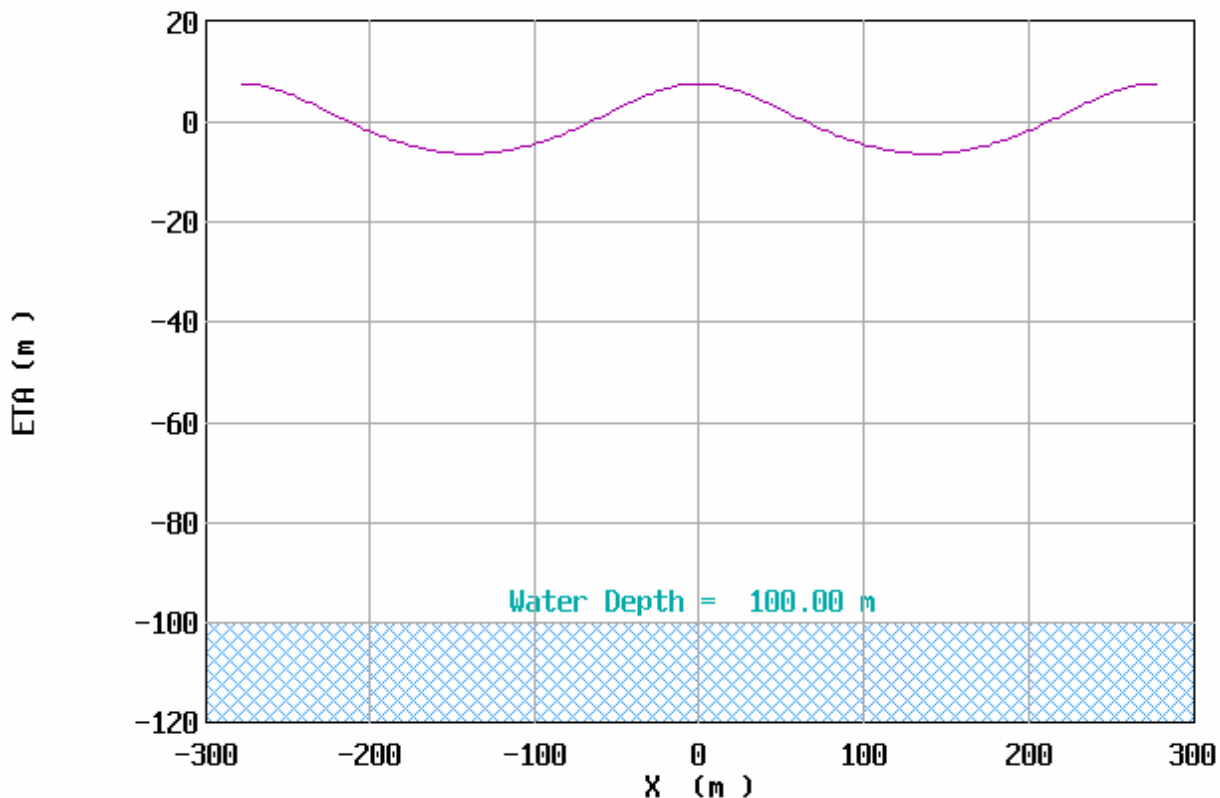
Impulse (I): 0.63030E+05 N-s/m ²
Kinetic Energy (EK): 0.14158E+06 N-m/m ²
Potential Energy (EP): 0.12126E+06 N-m/m ²
Energy Density (EK+EP): 0.26283E+06 N-m/m ²
Mean Square of Bed Vel. (Ub2): 0.47837 m ² /s ²
Radiation Stress (Sxx): 0.18853E+06 N-m/m ²
Wave Power (Energy Flux) (F): 0.30857E+07 N-m/s-m
Volume Flux (Q): 2075.4 m ² /s
Bernoulli Constant (R): 1198.4 m ² /s ²

Options:

- F1: New Case
- F2: Print Case
- F5: Additional Results (on Next Screen)
- F10: Exit Application

Percent Complete: 100 %

**Fourier XXU Wave Theory
Water Surface Elevation**

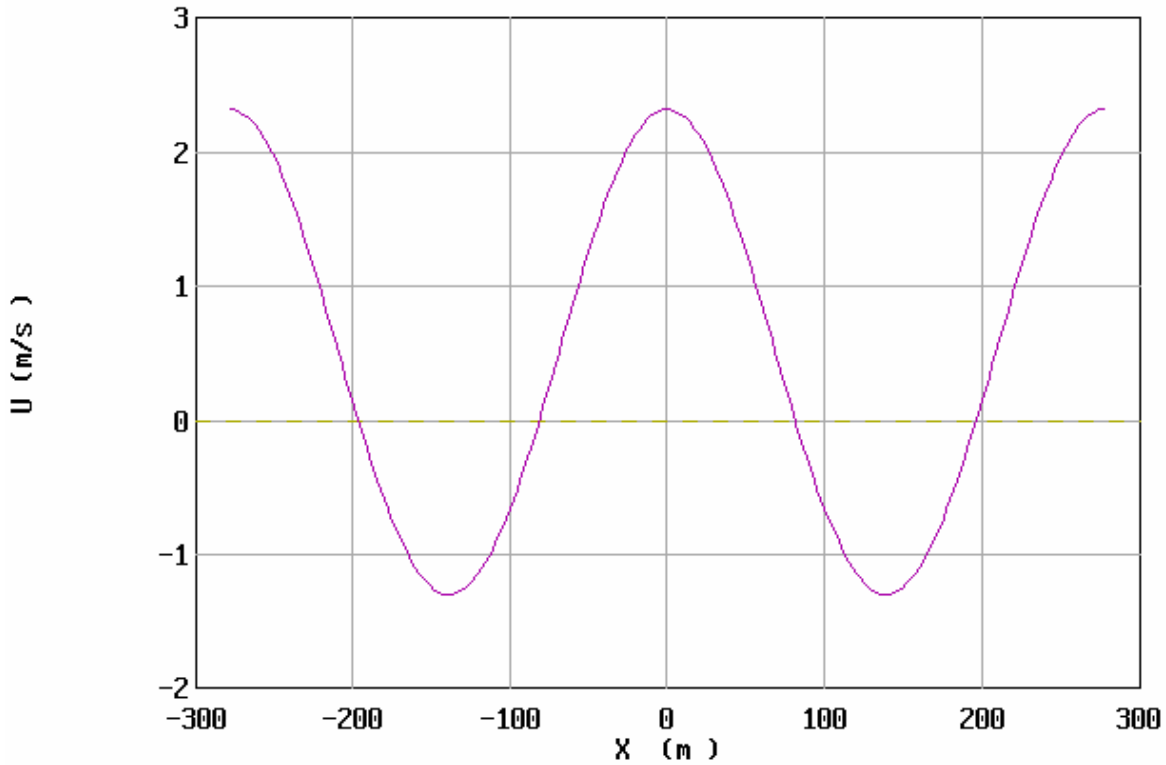


AUTOMATIC or USER-DEFINED SCALING

Scal Grid Colr Dump Styl Legn Axis Read Devi Wind Zero Next Quit

ציור מס' 41 - תוצאות הרצה עבור $H=14$ מ', $T=13$ שני', $d=100$ מ'
א' (למעלה) - הדפס תוצאות, ב' (למטה) תצוגת מצב נבדק

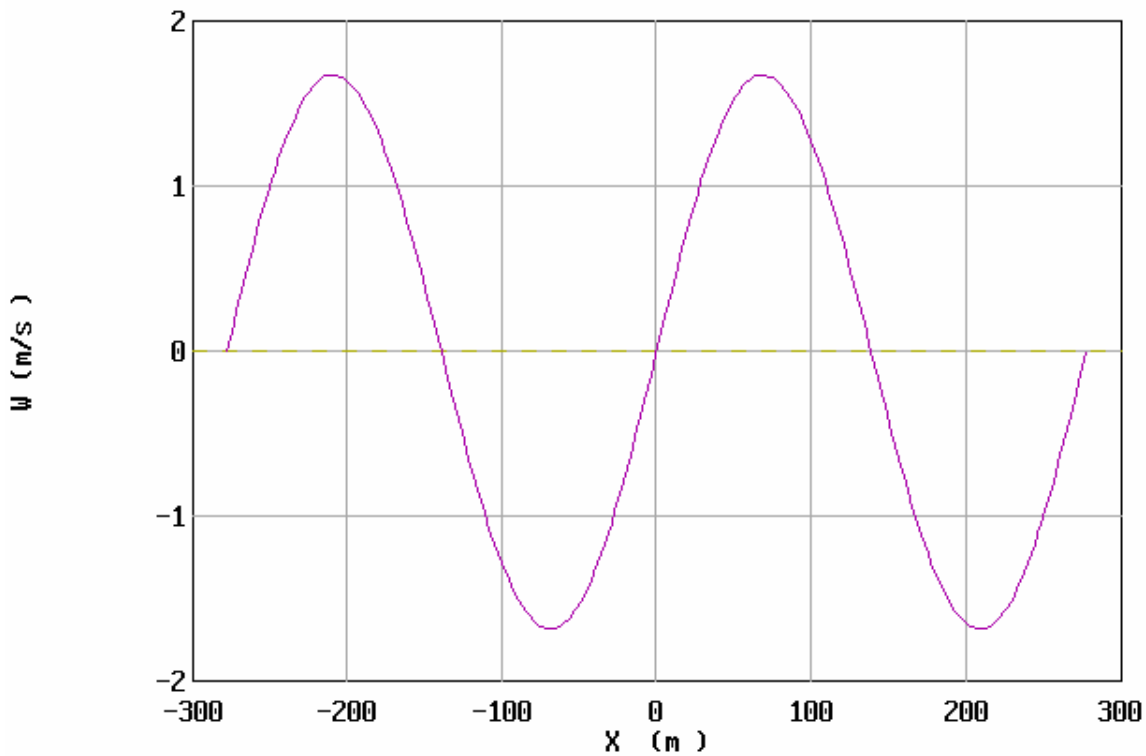
Fourier XXU Wave Theory
Horizontal Velocity (U) at -90.000 m



NEXT Plot

Scal Grid Colr Dump Styl Legn Axis Read Devi Wind Zero **Next** Quit

Fourier XXU Wave Theory
Vertical Velocity (W) at -90.000 m

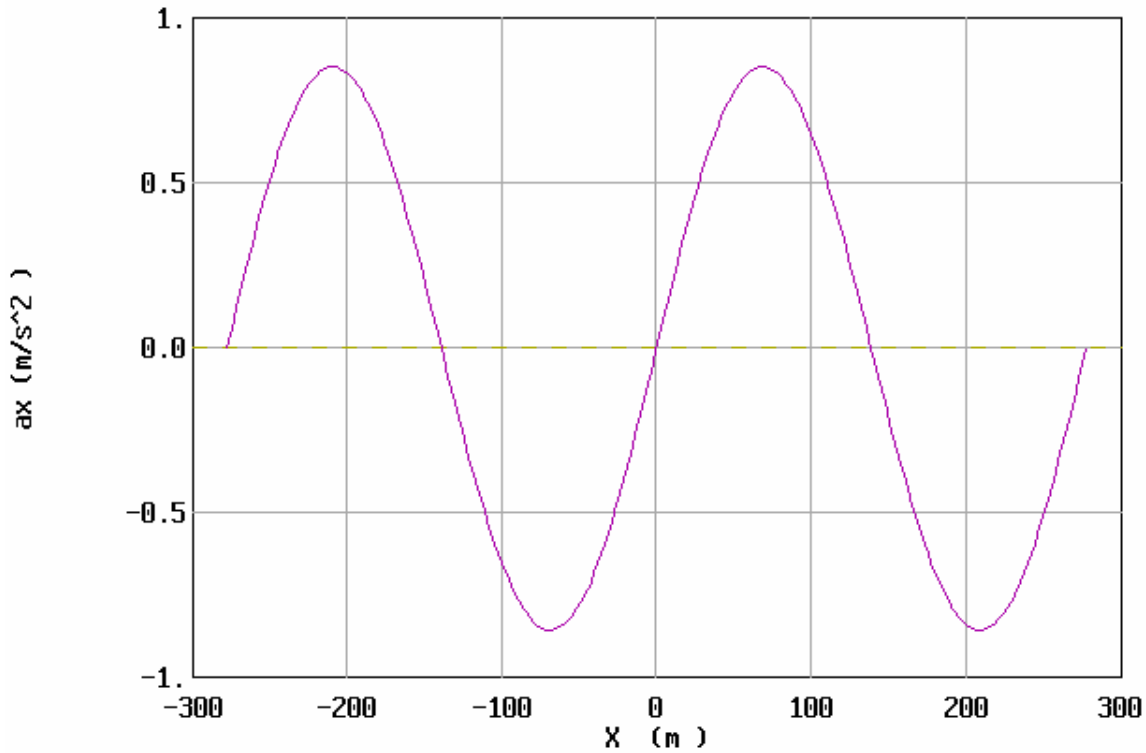


AUTOMATIC or USER-DEFINED SCALING

Scal Grid Colr Dump Styl Legn Axis Read Devi Wind Zero Next Quit

ציור מס' 41 - תוצאות הרצה עבור $H=14$ מ', $T=13$ שני', $d=100$ מ'
 ג' (למעלה) - פרוס מהירות אורביטלית אופקית בעומק 90 מ',
 ד' (למטה) - פרוס מהירות אורביטלית אנכית בעומק 90 מ',

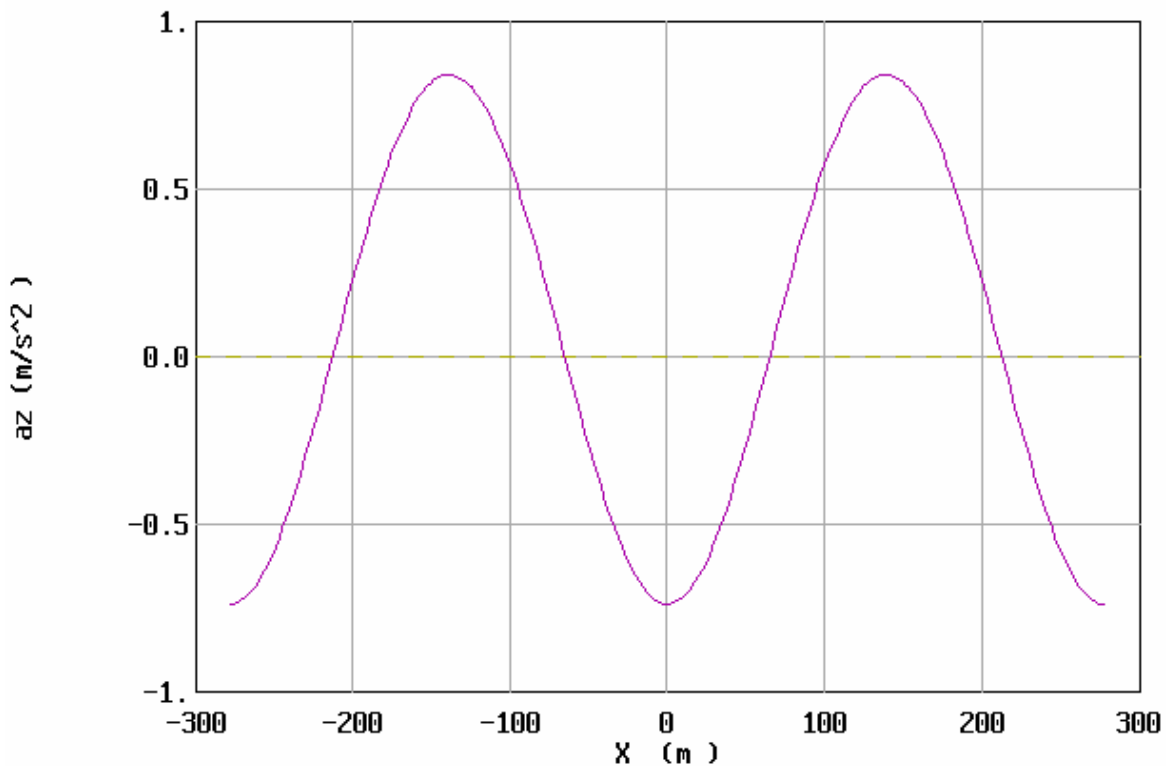
Fourier XXU Wave Theory
Horizontal Acceleration (ax) at -90.000 m



AUTOMATIC or USER-DEFINED SCALING

Scal Grid Colr Dump Styl Legn Axis Read Devi Wind Zero Next Quit

Fourier XXU Wave Theory
Vertical Acceleration (az) at -90.000 m

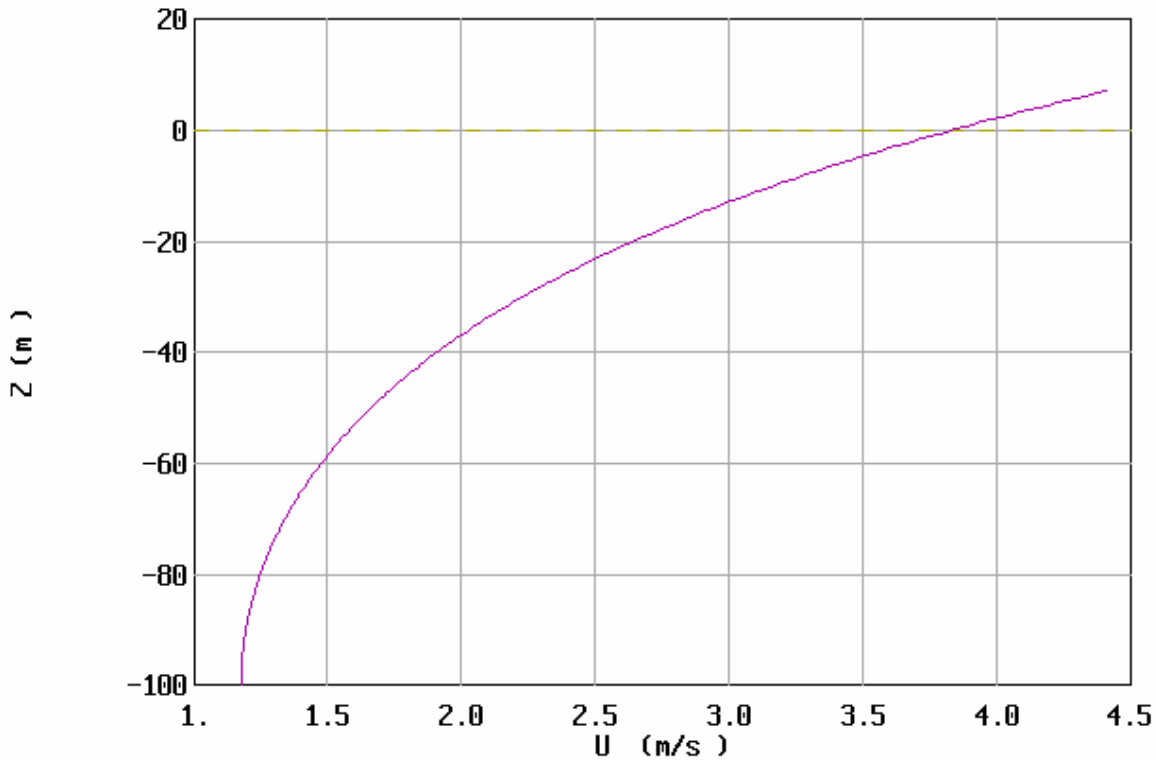


AUTOMATIC or USER-DEFINED SCALING

Scal Grid Colr Dump Styl Legn Axis Read Devi Wind Zero Next Quit

ציור מס' 41 - תוצאות הרצה עבור $H=14$ מ', $T=13$ שני', $d=100$ מ'
 ה' (למעלה) - פרוס תאוצה אורביטלית אופקית בעומק 90 מ',
 ו' (למטה) - פרוס תאוצה אורביטלית אנכית בעומק 90 מ',

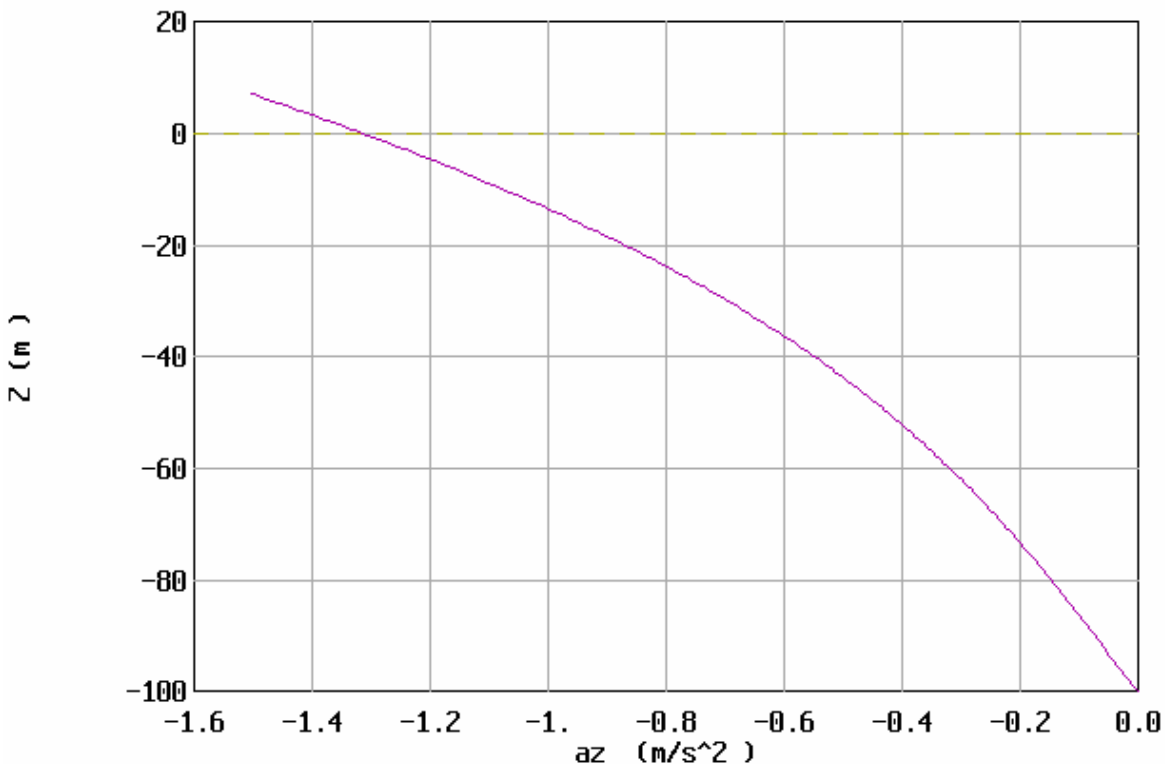
Fourier XXU Wave Theory
Horizontal Velocity (U) Under Wave Crest



AUTOMATIC or USER-DEFINED SCALING

Scal Grid Colr Dump Styl Legn Axis Read Devi Wind Zero Next Quit

Fourier XXU Wave Theory
Vertical Acceleration (az) Under Wave Crest



AUTOMATIC or USER-DEFINED SCALING

Scal Grid Colr Dump Styl Legn Axis Read Devi Wind Zero Next Quit

ציור מס' 41 - תוצאות הרצה עבור $H=14$ מ', $T=13$ שני', $d=100$ מ'
 ז' (למעלה) - פרוס מהירות אורביטלית אופקית בזמן שיא הגל,
 ח' (למטה) - פרוס תאוצה אורביטלית אנכית בזמן שיא הגל.

ACES Mode: Single Case Functional Area: Wave Theory

Application: Fourier Series Wave Theory

Wave Height (H): 8.00 m	Celerity: 21.273 m/s
Wave Period (T): 13.00 sec	Wavelength: 276.543 m
Water Depth (d): 120.00 m	Mn Eulerian Fld Vel: 0.500 m/s
Celerity Definitn: Euler	Mn Mass Trnspt Vel: 0.531 m/s
Mean Velocity (u): 0.50 m/s	Mn Vel Rel to Wave: 20.773 m/s
# of terms in Fourier Series: 25	Vol Flux due to Wav: 3.775 m ² /s
# of steps in Wave Hgt ramping: 9	Bernoulli Constant: 215.764 m ² /s ²

Integral Parameters:

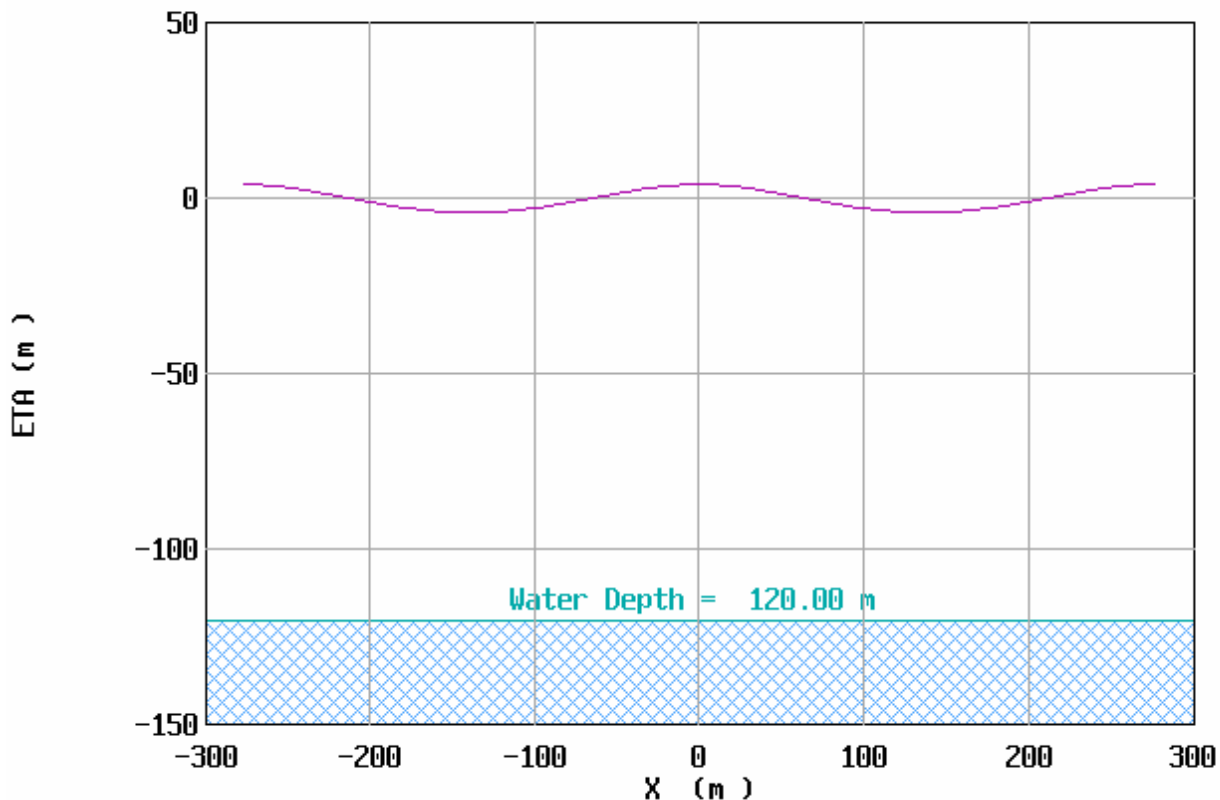
Impulse (I): 0.65375E+05 N-s/m ²
Kinetic Energy (EK): 57508. N-m/m ²
Potential Energy (EP): 40028. N-m/m ²
Energy Density (EK+EP): 97536. N-m/m ²
Mean Square of Bed Vel. (Ub2): 0.28026 m ² /s ²
Radiation Stress (Sxx): 79049. N-m/m ²
Wave Power (Energy Flux) (F): 0.95220E+06 N-m/s-m
Volume Flux (Q): 2488.9 m ² /s
Bernoulli Constant (R): 1392.4 m ² /s ²

Options:

- F1: New Case
- F2: Print Case
- F5: Additional Results (on Next Screen)
- F10: Exit Application

Percent Complete: 100 %

Fourier XXU Wave Theory
Water Surface Elevation

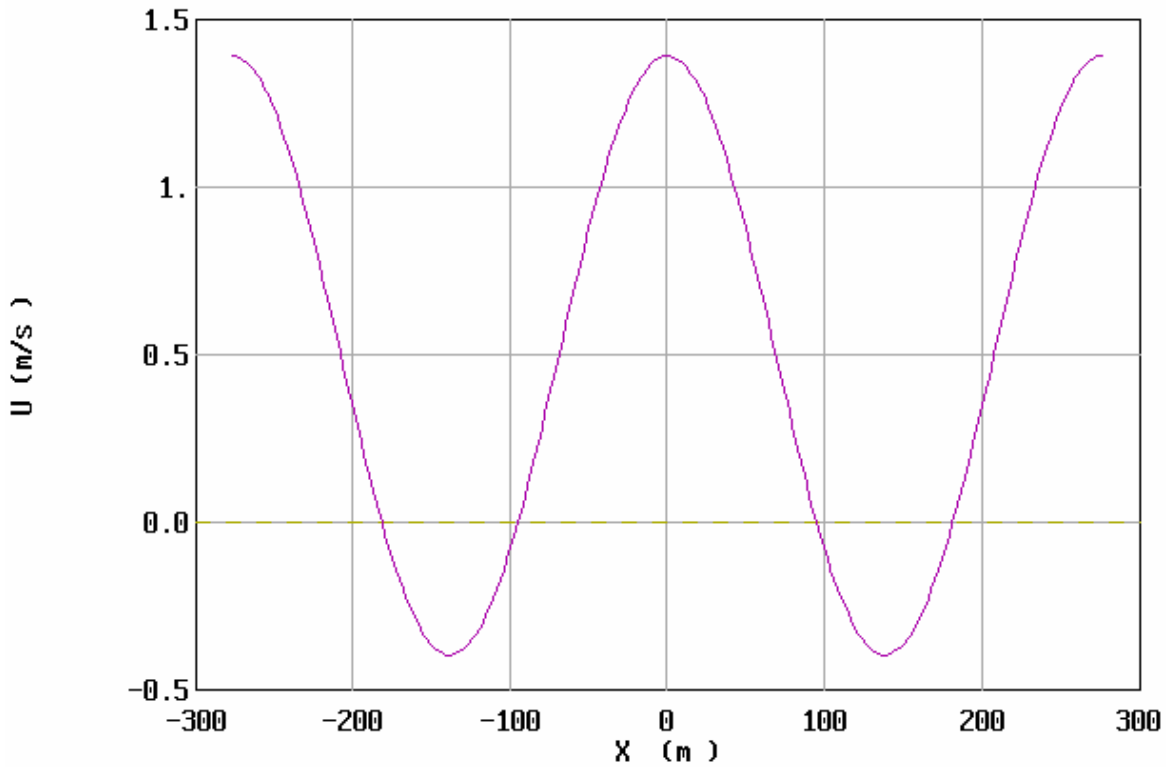


AUTOMATIC or USER-DEFINED SCALING

Scal Grid Colr Dump Styl Legn Axis Read Devi Wind Zero Next Quit

ציור מס' 42 - תוצאות הרצה עבור $H=8$ מ', $T=13$ שני', $d=120$ מ'
א' (למעלה) -הדפס תוצאות, ב' (למטה) תצוגת מצב נבדק

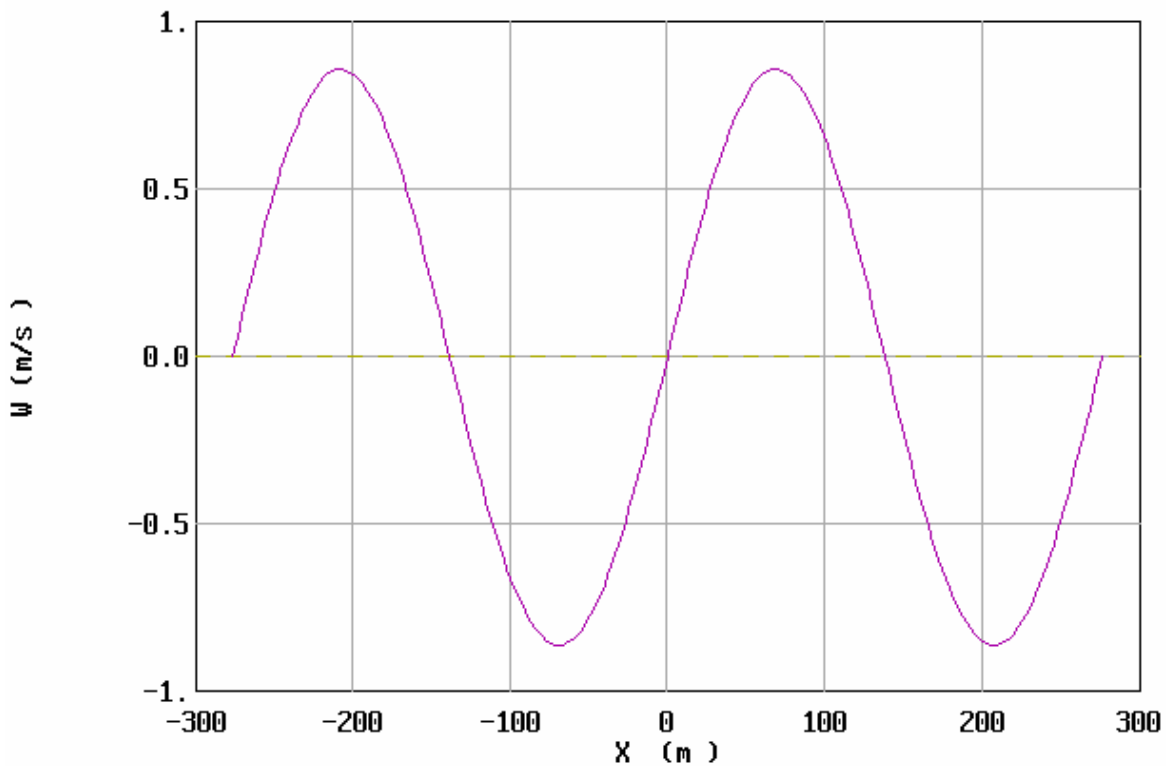
Fourier XXU Wave Theory
Horizontal Velocity (U) at -110.000 m



AUTOMATIC or USER-DEFINED SCALING

Scal Grid Colr Dump Styl Legn Axis Read Devi Wind Zero Next Quit

Fourier XXU Wave Theory
Vertical Velocity (W) at -110.000 m

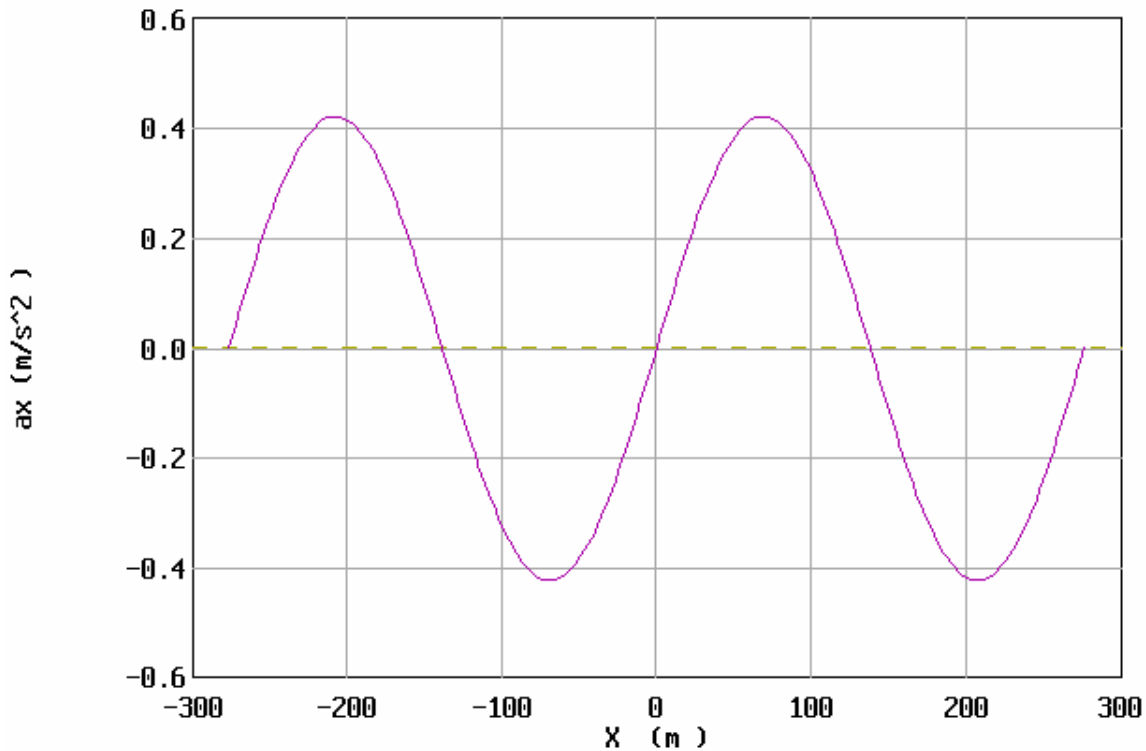


AUTOMATIC or USER-DEFINED SCALING

Scal Grid Colr Dump Styl Legn Axis Read Devi Wind Zero Next Quit

- ציור מס' 42 - תוצאות הרצה עבור $H=8$ מ', $T=13$ שני', $d=120$ מ'
- ג' (למעלה) - פרוס מהירות אורביטלית אופקית בעומק 110 מ',
- ד' (למטה) - פרוס מהירות אורביטלית אנכית בעומק 110 מ',

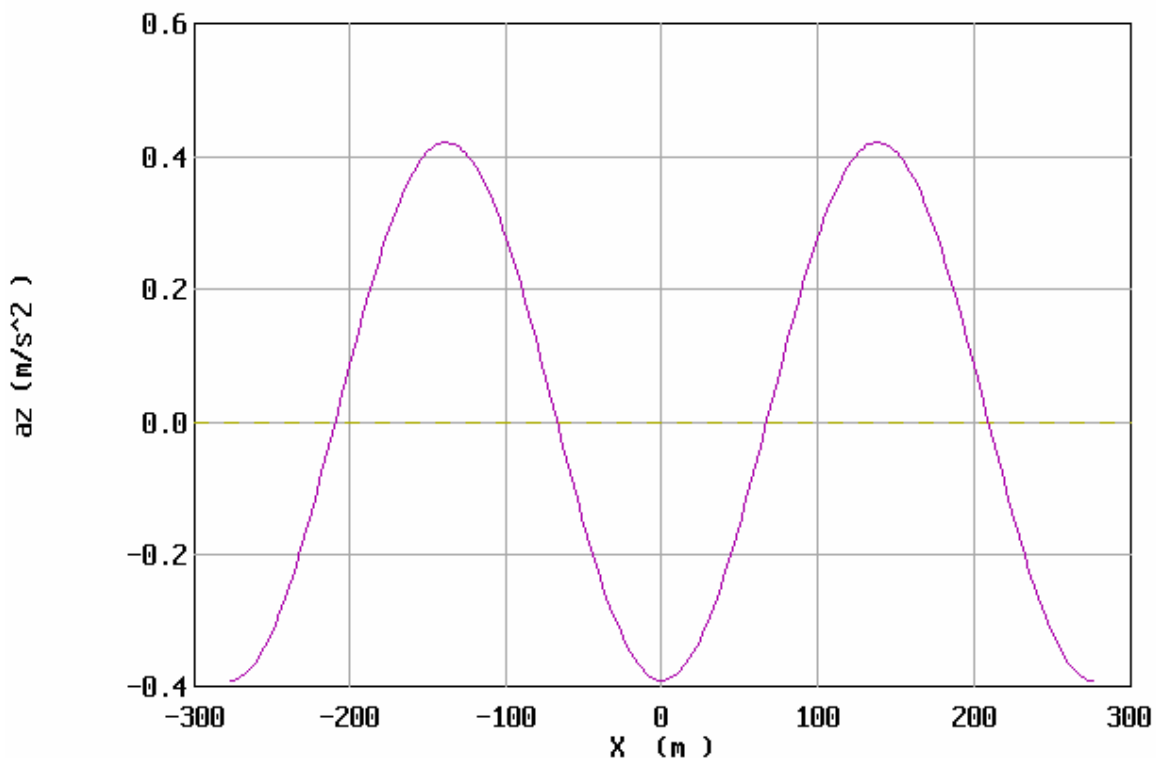
Fourier XXU Wave Theory
Horizontal Acceleration (ax) at -110.000 m



AUTOMATIC or USER-DEFINED SCALING

Scal Grid Colr Dump Styl Legn Axis Read Devi Wind Zero Next Quit

Fourier XXU Wave Theory
Vertical Acceleration (az) at -110.000 m

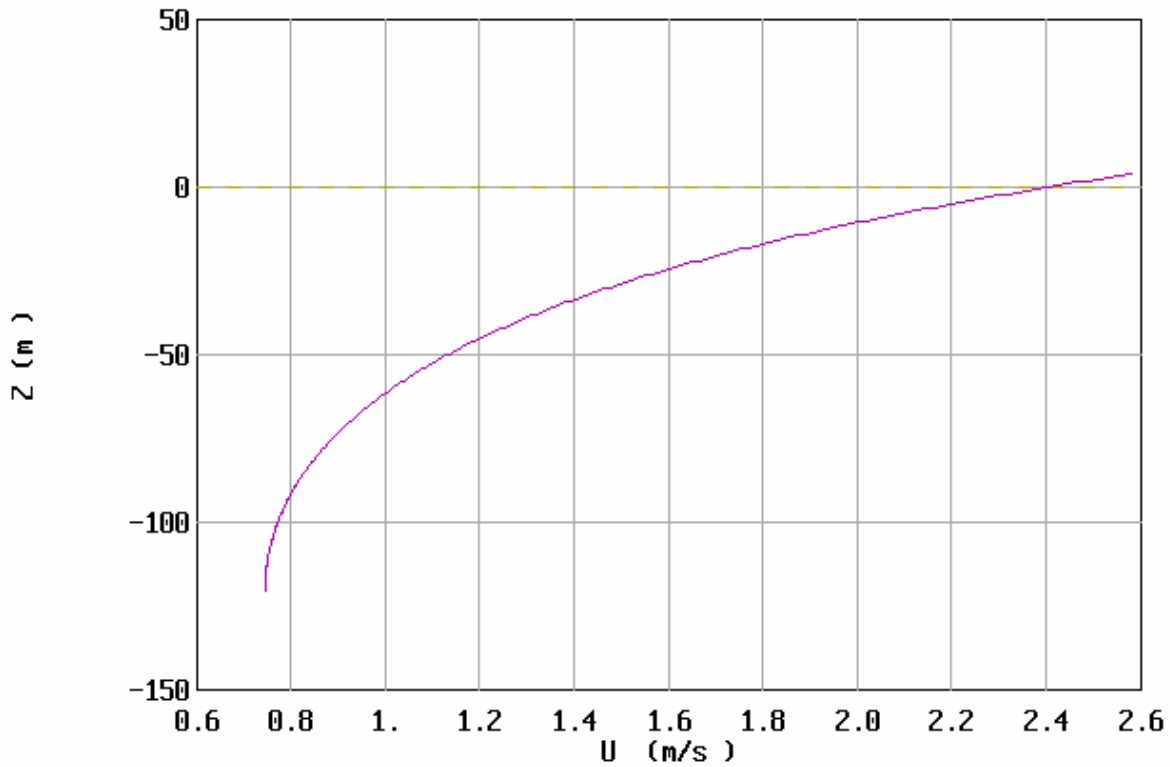


AUTOMATIC or USER-DEFINED SCALING

Scal Grid Colr Dump Styl Legn Axis Read Devi Wind Zero Next Quit

ציור מס' 42 - תוצאות הרצה עבור $H=8$ מ', $T=13$ שני', $d=120$ מ'
 ה' (למעלה) - פרוס תאוצה אורביטלית אופקית בעומק 110 מ',
 ו' (למטה) - פרוס תאוצה אורביטלית אנכית בעומק 110 מ',

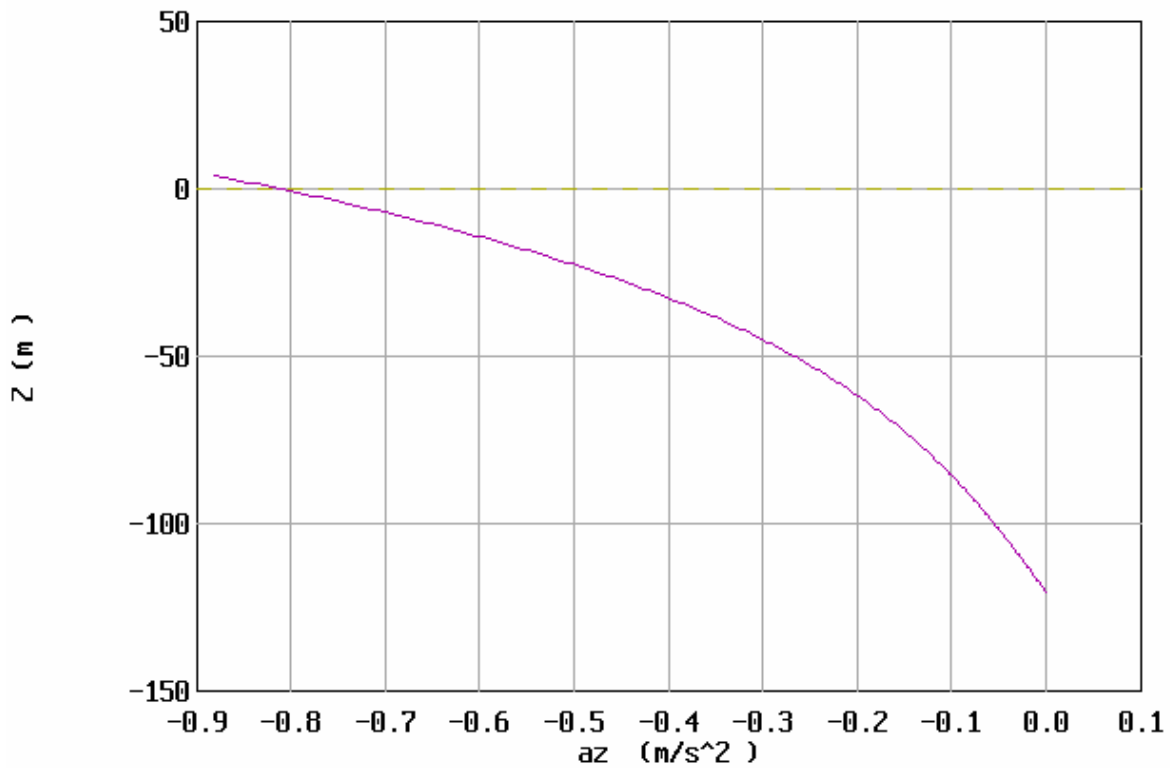
Fourier XXU Wave Theory
Horizontal Velocity (U) Under Wave Crest



AUTOMATIC or USER-DEFINED SCALING

Scal Grid Colr Dump Styl Legn Axis Read Devi Wind Zero Next Quit

Fourier XXU Wave Theory
Vertical Acceleration (az) Under Wave Crest



AUTOMATIC or USER-DEFINED SCALING

Scal Grid Colr Dump Styl Legn Axis Read Devi Wind Zero Next Quit

ציור מס' 42 - תוצאות הרצה עבור $H=8$ מ', $T=13$ שני', $d=120$ מ'
 ז' (למעלה) - פרוס מהירות אורביטלית אופקית בזמן שיא הגל,
 ח' (למטה) - פרוס תאוצה אורביטלית אנכית בזמן שיא הגל.

ACES Mode: Single Case Functional Area: Wave Theory

Application: Fourier Series Wave Theory

Wave Height (H): 14.00 m	Celerity: 21.597 m/s
Wave Period (T): 13.00 sec	Wavelength: 280.767 m
Water Depth (d): 120.00 m	Mn Eulerian Fld Vel: 0.500 m/s
Celerity Definitn: Euler	Mn Mass Trnspt Vel: 0.595 m/s
Mean Velocity (u): 0.50 m/s	Mn Vel Rel to Wave: 21.097 m/s
# of terms in Fourier Series: 25	Vol Flux due to Wav: 11.370 m ² /s
# of steps in Wave Hgt ramping: 9	Bernoulli Constant: 222.600 m ² /s ²

Integral Parameters:

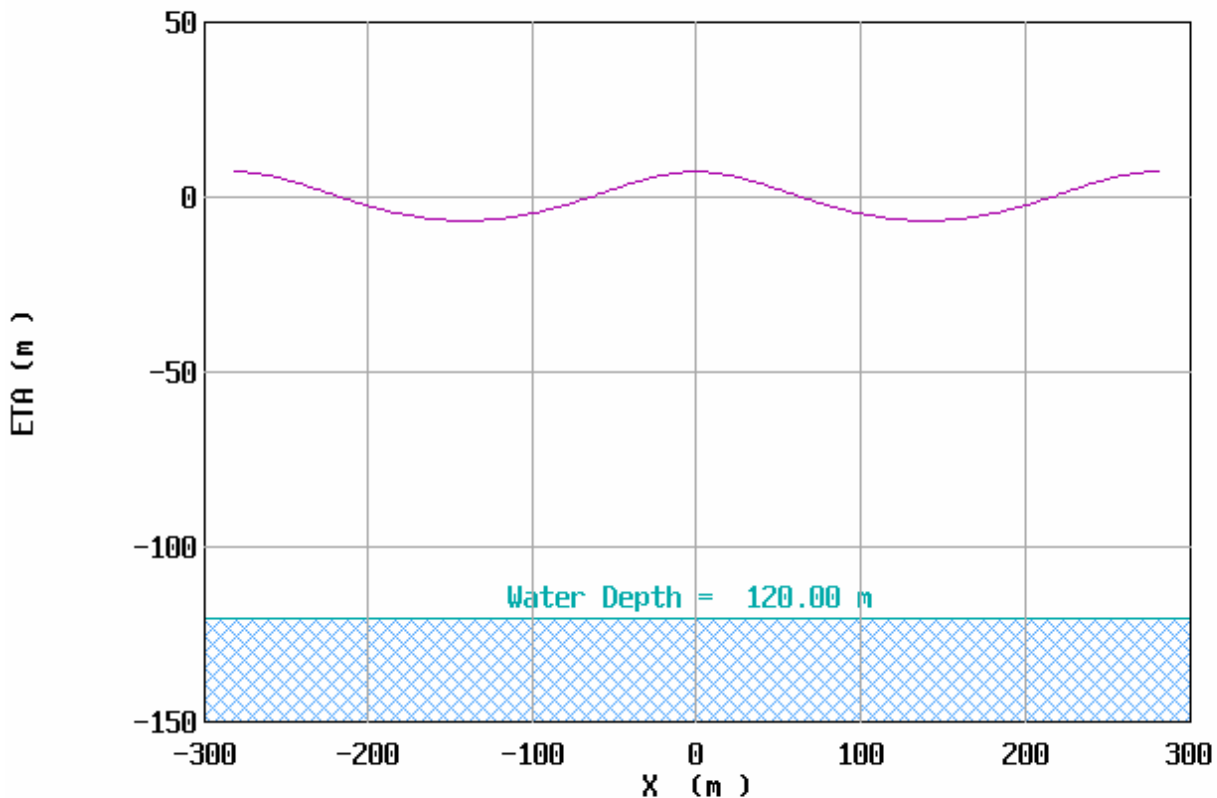
Impulse (I): 0.73161E+05 N-s/m ²
Kinetic Energy (EK): 0.14416E+06 N-m/m ²
Potential Energy (EP): 0.12141E+06 N-m/m ²
Energy Density (EK+EP): 0.26557E+06 N-m/m ²
Mean Square of Bed Vel. (Ub2): 0.34717 m ² /s ²
Radiation Stress (Sxx): 0.18193E+06 N-m/m ²
Wave Power (Energy Flux) (F): 0.29896E+07 N-m/s-m
Volume Flux (Q): 2520.3 m ² /s
Bernoulli Constant (R): 1399.3 m ² /s ²

Options:

- F1: New Case
- F2: Print Case
- F5: Additional Results (on Next Screen)
- F10: Exit Application

Percent Complete: 100 %

Fourier XXU Wave Theory
Water Surface Elevation

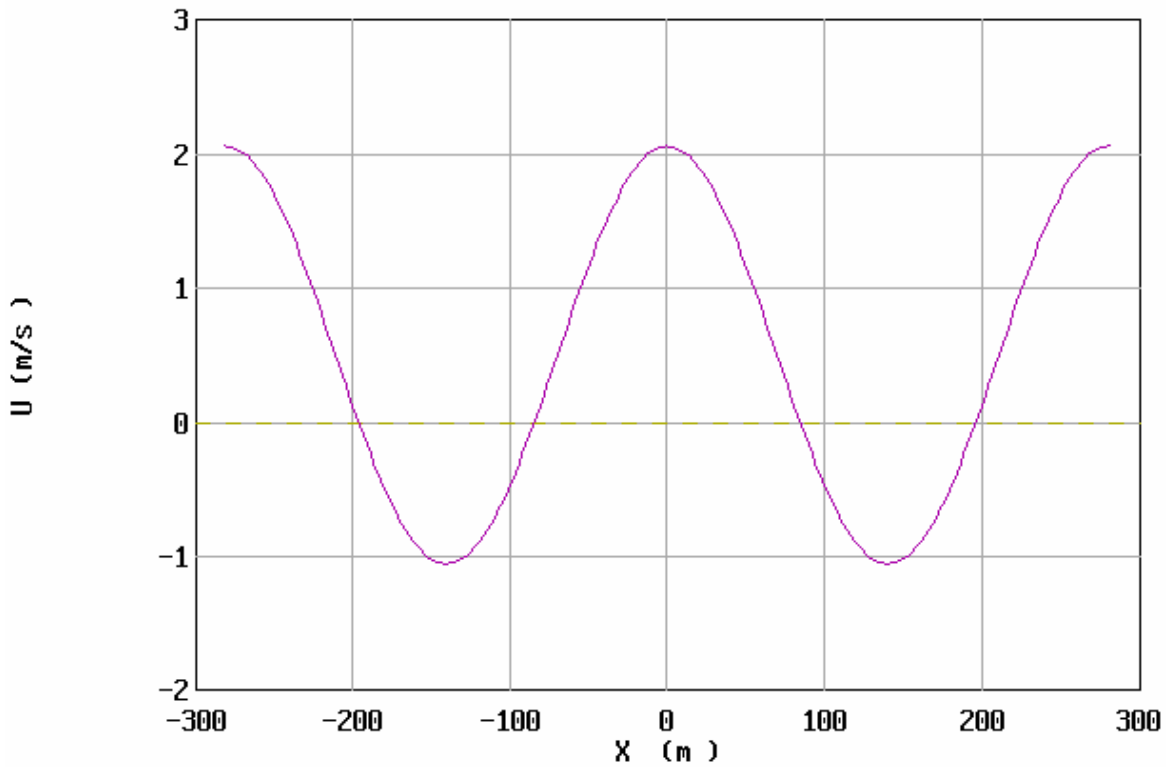


AUTOMATIC or USER-DEFINED SCALING

Scal Grid Colr Dump Styl Legn Axis Read Devi Wind Zero Next Quit

ציור מס' 43 - תוצאות הרצה עבור H=14 מ', T=13 שני', d=120 מ'
א' (למעלה) - הדפס תוצאות, ב' (למטה) תצוגת מצב נבדק

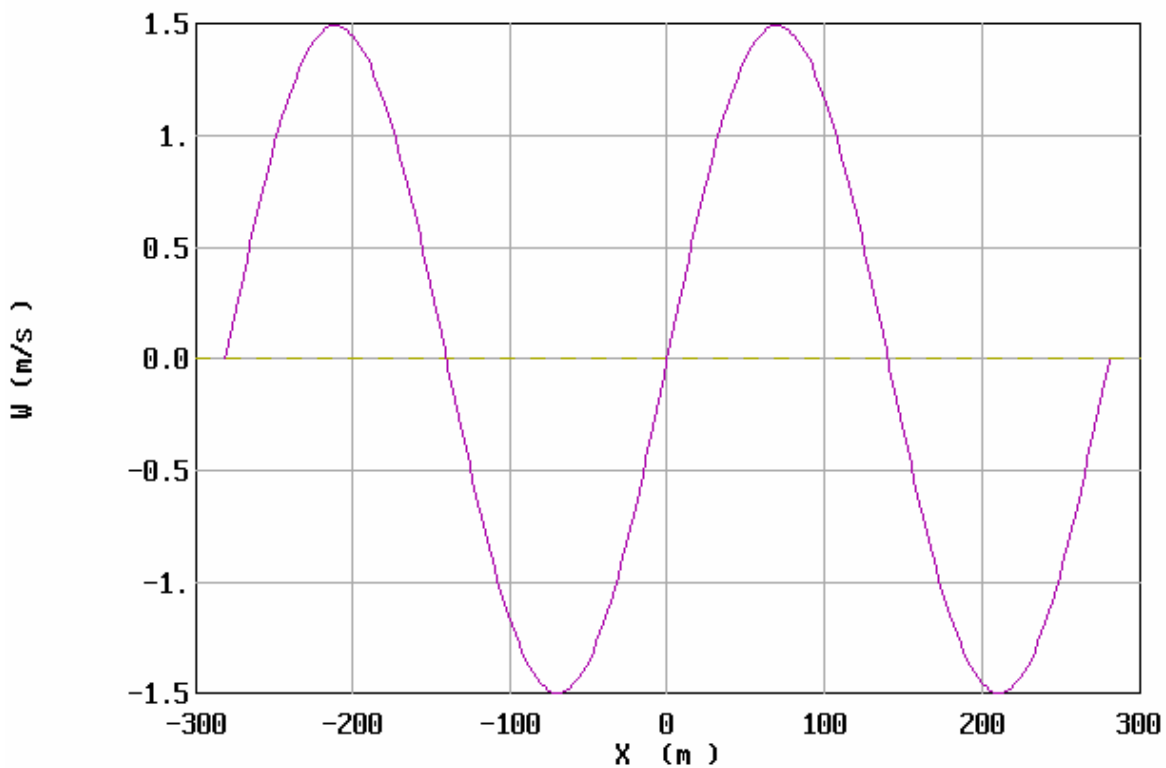
Fourier XXU Wave Theory
Horizontal Velocity (U) at -110.000 m



AUTOMATIC or USER-DEFINED SCALING

Scal Grid Colr Dump Styl Legn Axis Read Devi Wind Zero Next Quit

Fourier XXU Wave Theory
Vertical Velocity (W) at -110.000 m

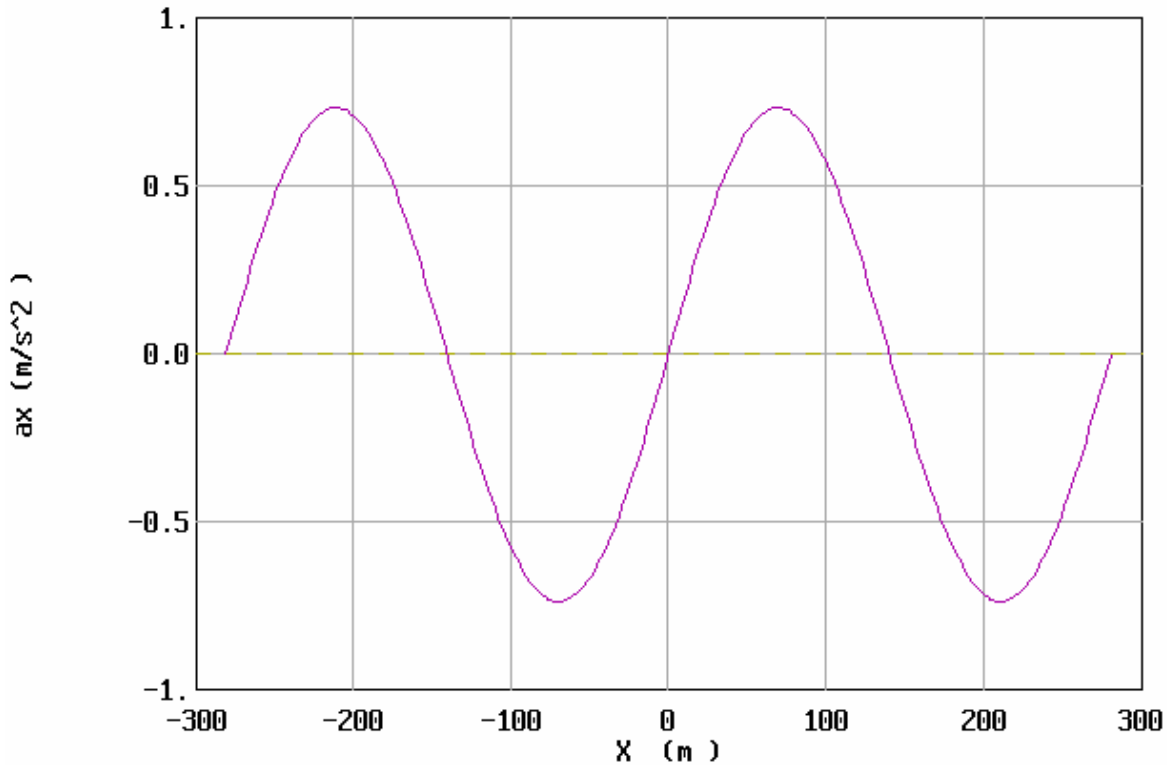


AUTOMATIC or USER-DEFINED SCALING

Scal Grid Colr Dump Styl Legn Axis Read Devi Wind Zero Next Quit

ציור מס' 43 - תוצאות הרצה עבור $H=14$ מ', $T=13$ שני', $d=120$ מ'
 ג' (למעלה) - פרוס מהירות אורביטלית אופקית בעומק 110 מ',
 ד' (למטה) - פרוס מהירות אורביטלית אנכית בעומק 110 מ',

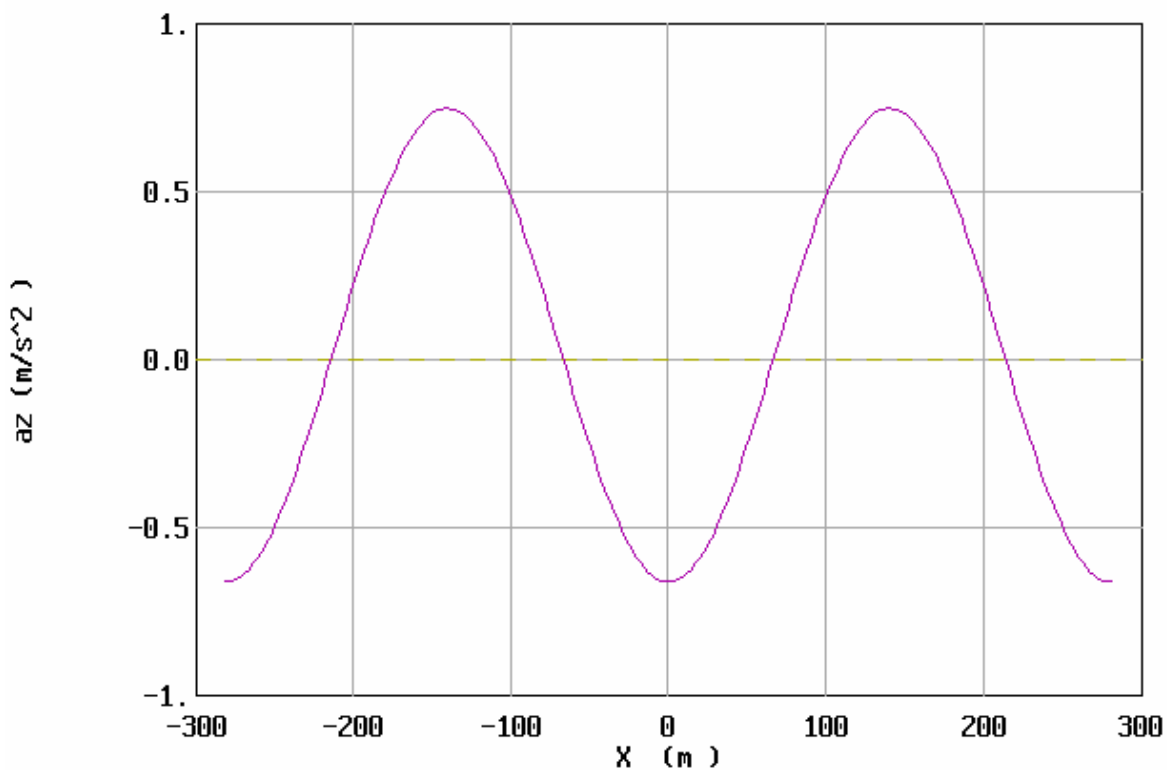
Fourier XXU Wave Theory
Horizontal Acceleration (ax) at -110.000 m



AUTOMATIC or USER-DEFINED SCALING

Scal Grid Colr Dump Styl Legn Axis Read Devi Wind Zero Next Quit

Fourier XXU Wave Theory
Vertical Acceleration (az) at -110.000 m

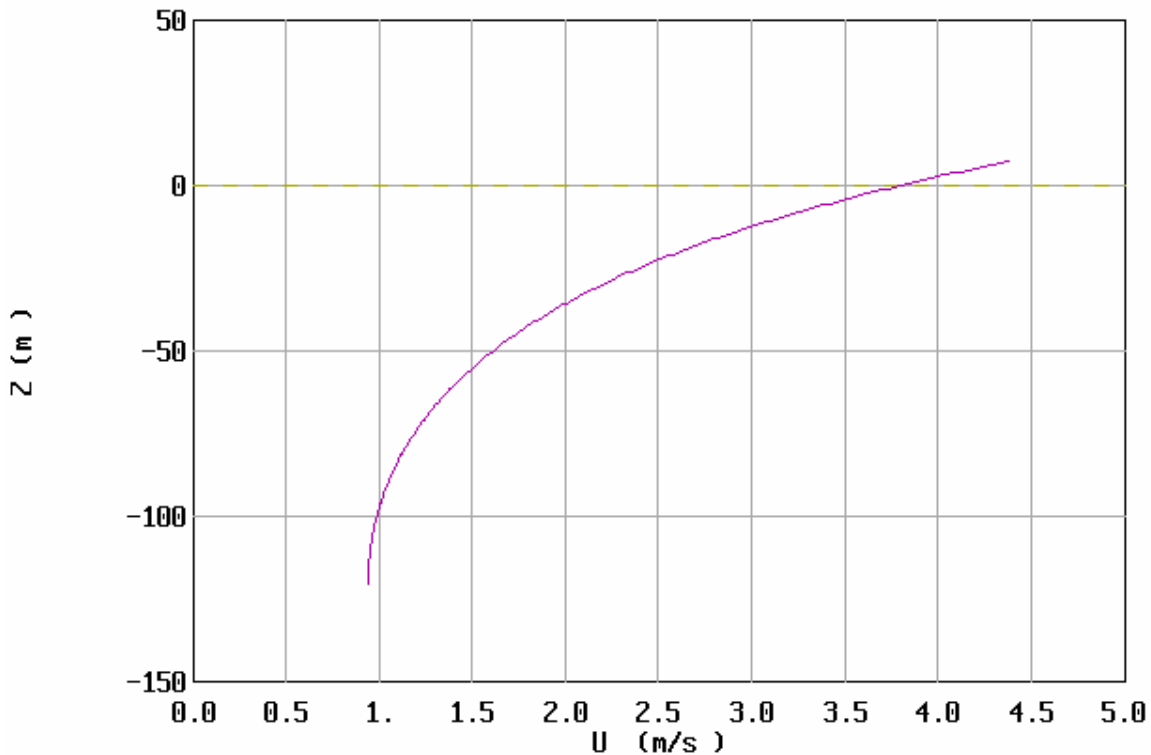


AUTOMATIC or USER-DEFINED SCALING

Scal Grid Colr Dump Styl Legn Axis Read Devi Wind Zero Next Quit

ציור מס' 43 - תוצאות הרצה עבור $H=14$ מ', $T=13$ שני', $d=120$ מ'
 ה' (למעלה) - פרוס תאוצה אורביטלית אופקית בעומק 110 מ',
 ו' (למטה) - פרוס תאוצה אורביטלית אנכית בעומק 110 מ',

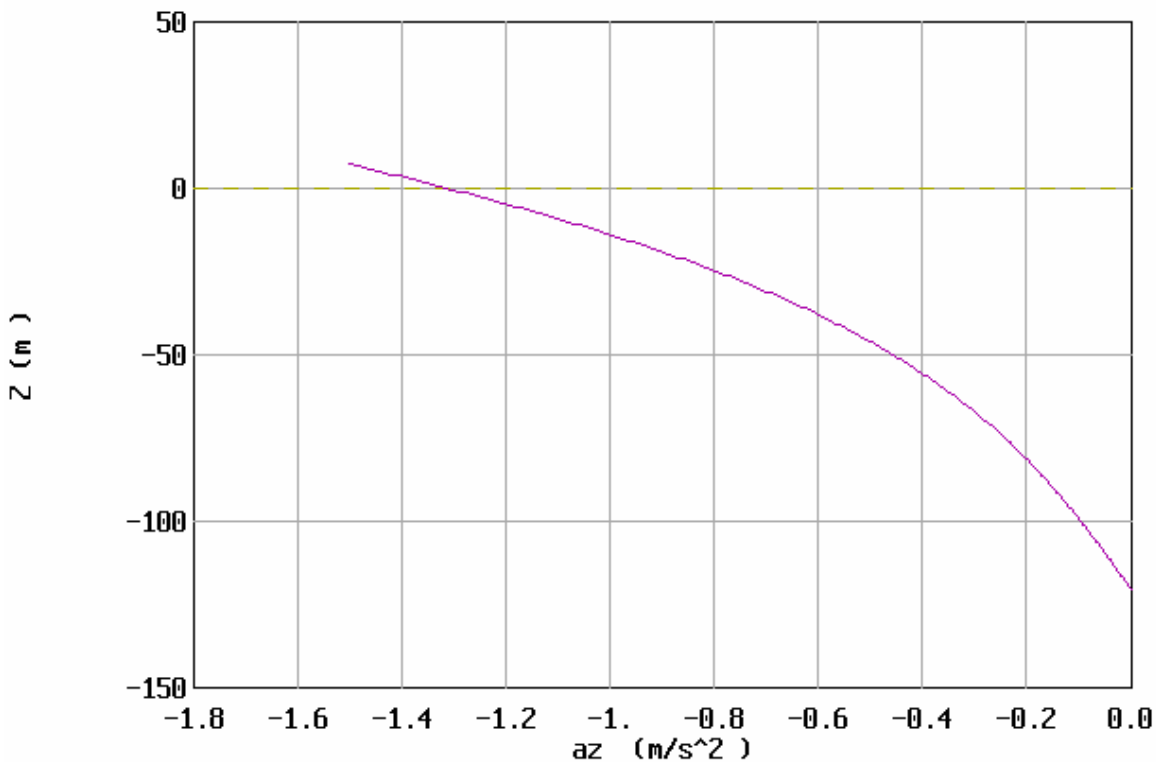
Fourier XXU Wave Theory
Horizontal Velocity (U) Under Wave Crest



AUTOMATIC or USER-DEFINED SCALING

Scal Grid Colr Dump Styl Legn Axis Read Devi Wind Zero Next Quit

Fourier XXU Wave Theory
Vertical Acceleration (az) Under Wave Crest



QUIT - Exits the Plotting Program

Scal Grid Colr Dump Styl Legn Axis Read Devi Wind Zero Next Quit

ציור מס' 43 - תוצאות הרצה עבור $H=14$ מ', $T=13$ שני', $d=120$ מ'
 ז' (למעלה) - פרוס מהירות אורביטלית אופקית בזמן שיא הגל,
 ח' (למטה) - פרוס תאוצה אורביטלית אנכית בזמן שיא הגל.