

13.07.2023

אולם ספדיה, אוניברסיטת חיפה כנס הנדסה ימית: כלי שייט, מבנים וטכנולוגיות ימיות

תכנית הכנס

התכנסות ורישום	09:30 – 10:30
מושב פתיחה מנחה: פרופ' מורל גרופר	
הרצאת פתיחה: פרופ' שאול חורב, ראש המרכז לחקר מדיניות ואסטרטגיה ימית, אוניברסיטת חיפה איים מלאכותיים במרחב הימי של ישראל כמענה לפינוי תשתיות ביבשה	10:30 – 10:45
הרצאת פתיחה: מר איתן צוקר, מנכ"ל מספנות ישראל על הממשק בין המרחב הימי של ישראל לטכנולוגיה והתפתחות התעשייה	10:45 – 11:00
מושב ראשון מנחה: פרופ' ניתאי דרימר	
מר שמוליק שחק, S3E Ship and Mechanical Engineering <i>Comparative Scantling Analysis of a Naval Corvette</i>	11:00 – 11:25
פרופ' מורל גרופר, החוג לטכנולוגיות ימיות, אוניברסיטת חיפה <i>On the catastrophic failure of the Titan submersible</i>	11:25 – 11:50
מר ניר עלמני, מספנות ישראל מרעיון כללי שייט מפליג - פרויקט ה-S45	11:50 – 12:15
סן עשהאל שהם, חיל הים אנליזת הלים למערכת המורכבת על גבי בולמי רעידות ומסת ביניים	12:15 – 12:40
הפסקת צהריים	12:40 – 13:40
מושב שני מנחה: אל"מ יעקב צור, חיל הים	
פרופ' ניתאי דרימר, סגן גיא מונט, הפקולטה להנדסת מכונות, הטכניון הקריסה ההידרוסטטית של חוות דגים עם עגינה נקודתית (SMP) ושיטת אנאליזה למניעתה	13:40 – 14:05
מר אלון בודנר, חברת לייק-א-פיש טכנולוגיות מערכת נשימה לצוללנים המבוססת על הוצאת אוויר מומס מהמים	14:05 – 14:30
ד"ר יואב מתיה, Cornell University, USA <i>Harnessing non-uniform pressure distributions: the next generation of soft robotic actuators</i>	14:30 – 14:55
הפסקה	14:55 – 15:25
מושב שלישי מנחה: מר שירן פרוחין, מספנות ישראל	
מר יוסי חט, יו-סירות הסבת אח"י בת גלים לאוניית המחקר של מדינת ישראל	15:25 – 15:50
מר אורן לוטן, חיל הים תגובת גוף לפיצוץ ת"מ	15:50 – 16:15
רס"ן יגאל מוגילבסקי, חיל הים <i>Boundary layer control by vortex generators</i>	16:15 – 16:40
מר ארטור ינאי, Level Hydrofoils <i>Modern Fly-By-Wire Hydrofoil Vessels</i>	17:05 – 16:40
סיום הכנס	

[לאתר הכנס](#)

תקצירי ההרצאות

Scantling analysis determines the main structure (plating, girders and longitudinal stiffeners) of a ship. The analysis includes calculation of the primary and secondary loads acting on the hull, according to which the scantling is designed using a simplified structural model. The definition of the loads and the simplified structural models are set by Rules which are dictated by Class Rules or another marine standard. The selection of the Rules to be used may be decided by the end user or the designer. Comparative scantling of a new corvette was performed according to two set of Rules, issued by DNV and Lloyds classification societies. The comparison shows that the selection of the Rule significantly impacts the scantling and the resulting structural weight in the order of more than 10%.

מר שמוליק שחק, S3E
Ship and Mechanical
Engineering

*Comparative
Scantling Analysis of
a Naval Corvette*

This lecture aims to provide a preliminary discussion into the catastrophic failure of the Titan submersible, a remarkable underwater vessel designed for deep-sea exploration. The presentation will commence by outlining the chronological sequence of events leading up to the incident. It will then delve into the structural aspects of the submarine, highlighting its key features and design considerations. Furthermore, the lecture will discuss the requirements set forth by various classification societies for submersible vessels and examine how the Titan submersible aligned with these standards. An evaluation of potential factors contributing to the failure will be presented, considering technical, operational, and human-related aspects. By drawing upon a very preliminary analysis, the lecture will explore plausible reasons behind the submersible's failure, encompassing equipment malfunctions and design flaws. The presentation will conclude by summarizing the key findings and discussing implications for future submersible designs and safety measures. This very preliminary examination of the Titan submersible's failure aims to shed some light on the complexities involved in underwater exploration and underscore the importance of thorough evaluation and adherence to safety protocols in such endeavors.

פרופ' מורל גרופר, החוג
לתכנון ולמכניקה ימית,
אוניברסיטת חיפה

*On the catastrophic
failure of the Titan
submersible*

בחיי מהנדס שזורות אין סוף ספירלות תכן, מעטות מהן משלימות לחלוטין מעגל תכנון שלם ומגיעות לכדי מימוש. במספנות ישראל החלו לבחון רעיון של כלי שייט חדש ב- 2016, הפיתוח והתכן החלו ב- 2019 ולאחרונה, לאחר השלמת הבנייה וניסוי הים, כלי השייט הפליג בהצלחה ללקוח במסע מוצלח של 5000 מייל. איך מרעיון, סקיצה ראשונית קורם עור וגידים כלי שייט? מהם השלבים בספירלת התכן? איזה צמתי החלטה יש לאורך חיי פרויקט? מסע הטומן בחובר חזון, רצון, מחשבה יצירתית, כ- 40 מהנדסים ומהנדסות בתחומים שונים וכמה מאות טונות של פלדה וציוד. מספנות ישראל מפתחת ומייצרת כלים מסוגים שונים, ומבצעת בשנים האחרונות פרויקט לתכנון כלי השייט הבא של חיל הים הישראלי, הרשף. בשנה הנוכחית החלה המספנה בפיתוח כ"ש קטן ממשפחת השלדגים.

מר ניר עלמני, מספנות
ישראל
מרעיון לכלי שייט מפליג -
פרויקט ה-S45

בחלק מהספינות מנוע הספינה מחובר באמצעות בולמי רעידות (בל"רים) למסת ביניים על-מנת להפחית את עוצמת ההלם שהמנוע חווה כתוצאה מפיצוץ המתרחש ליד הספינה – מעבר לספינה המתקבלת ע"י חיבור לבל"רים בלבד. עם-זאת, במקרים רבים הבל"רים המחברים את מסת הביניים לגוף אינם נגישים לביצוע תחזוקה ועל-כן נדרש לבצע אנליזה לבחינת ההלמים הפועלים על המנוע כאשר אחד הבל"רים (או יותר) קרוע. האנליזה כוללת העמקה בצורת המידול הנכונה של בל"ר לא לינארי, ושימוש בתוכנת Ansys למציאת התאוצות הפעולות על המנוע בשיטת transient structural תוך התחשבות בדרגות החופש השונות בעקבות קיום מסת ביניים.

סרן עשהאל שהם, חיל
הים
אנליזת הלם למערכת
המורכבת על גבי בולמי
רעידות ומסת ביניים

מחקר זה מציג בעיה מהותית שעשויה להתרחש במערכות כלובים לחקלאות ימית בים פתוח, אשר חגות סביב נקודת עגינה יחידה (SPM - Single Point Mooring) ושיטת תכנון לניתוח ופתרון בעיה זו. מערך SPM של טור כלובים, יעיל מאוד, שכן הוא ממזער את עומס העיגון, על ידי מיסוך הזרם המופעל על הכלובים במורד הזרם, ובכך חוסך עוגנים וקווי עגינה. עם זאת, היפוך מהיר של כיוון הזרם מהווה סיכון לקריסה של טור הכלובים, אם הזרם מפעיל עומס לחיצה לאורך הכלובים בטרם סיבוב של מערכת הכלובים סביב נקודת העגינה. מחקר זה מציג את הרעיון של קריסה הידרוסטטית של מערך כלובים ושיטת תכנון וניתוח לשליטה ביציבות המערכת במצב של היפוך זרם פתאומי. מודל הקריסה הקריטי מכונה קריסה הידרוסטטית כיוון שהמנגנון המייצב בפני הקריסה הוא יציבות הידרוסטטית (כשם שבקריסה מבנית המנגנון המייצב הוא קשיחות המבנה). ראשית, מפותחת שיטה פשוטה להערכה ראשונית לפי עיקרון עבודה וירטואלית. לאחר מכן, מנותח המבנה בקוד אלמנטים סופיים פרמטרי. נחקרת מהירות זרם ההיפוך הקריטית ליציבות המבנה על ידי ניתוח של שני תרחישים מעשיים היפותטיים. מחקר זה מציג כלי תכנון מעשי ותוצאות כגון: שיטת הניתוח, מצבי העמסה מעשיים מפורטים לייצוג התרחישים הקריטיים, האלמנטים המבניים הדרושים (Scantlings) ליציבות המבנה, והנחיות לתכנון מערכת SPM של כלובים העומדים במצבים קריטיים של היפוך הזרם.

פרופ' ניתאי דרימר, סגן
גיא מונטז', הפקולטה
להנדסת מכונות, הטכניון
הקריסה ההידרוסטטית של
חוות דגים עם עגינה
נקודתית (SMP) ושיטת
אנאליזה למניעתה

עבודה זו מתארת מערכת המשתמשת באוויר שמומס במי הים לשם אספקת אוויר לנשימה לאנשים ונמצאים מתחת למים. המערכת יכולה להתאים לצוללות, למגורים תת-ימיים או לצוללים אישיים. רקע: לפי הערכות יש כ-10,000 טריליון דגים בים, כמיליון דגים לכל אדם על היבשה, וכולם זקוקים לחמצן לנשימה. בעוד שבאקווריום מתקינים מבעבע כדי לספק חמצן טרי במים במקום החמצן שנצרך ע"י הדגים, באוקיינוסים ישנה כמות מספקת של חמצן מומס במים (DO). החמצן נכנס לאוקיינוס בעיקר בפני השטח מהאטמוספירה בעזרת רוחות וגלים ומתפשט בדיפוזיה. ריכוז החמצן המומס במים מושפע בעיקר מטמפרטורת המים, ומהמליחות. מבחינת עומק, ריכוז החמצן המומס לא משתנה באופן משמעותי עד לעומק של לפחות 200 מטר. יש כמות אדירה של חמצן מומס במים, ולא כל כך מסובך להפריד אותו מהמים. שיטת ההפרדה מסתמכת על 'חוק הנרי', שאומר שכמות הגז שאפשר להמיס בנוזל נמצא ביחס ישר ללחץ בו הנוזל נמצא (ביותר לחץ אפשר להמיס יותר גז, ולהיפך). מכאן, אם ניקח נוזל עם גזים מומסים בלחץ כלשהו במצב רוויה, ונפחית את הלחץ, אזי ייווצר מצב של רווית-יתר וחלק מהגזים ייצאו מתוך התמיסה. תופעות מוכרות הן פתיחת בקבוק של סודה, ומחלת דקומפרסיה, בה בהפחתת לחצים, חנקן מומס בדם הופך מפאזה נוזלית לגזית ויכול לסתום כלי דם. המערכת תותקן מחוץ לגוף הצוללות. האוויר שמונפק מועבר לחלל הצוות וישולב עם מערכות האוורור הקיימות, כולל ייבוש האוויר וניקוי פחמן דו-חמצני. סטטוס הפרוייקט הוא שנעשה פיתוח, נבנו אבי טיפוס, בוצעו ניסויים, ויש פטנטים רשומים בארה"ב ובאירופה. התקבלה הזמנה מקבוצה איטלקית אשר מפתחת צוללת קטנה לארבעה אנשי צוות. המערכת שלנו תהיה המערכת העיקרית עבור אספקה של אוויר לצוות. עוד מידע באתר החברה: likeafish.biz

מר אלון בודנר, חברת לייק-א-פיש טכנולוגיות מערכת נשימה לצוללנים המבוססת על הוצאת אוויר מומס מהמים

Herein, complex motion in soft, fluid-driven actuators composed of elastomer bladders arranged around a neutral plane and connected by slender tubes is demonstrated. Rather than relying on complex feedback control or multiple inputs, the motion is generated with a single pressure input, leveraging viscous flows within the actuator to produce nonuniform pressure between bladders. Using an accurate predictive model coupling with a large deformation Cosserat rod model and low-Reynolds-number flow, all dominating dynamic interactions, including extension and curvature, are captured with two governing equations. Given insights from this model, five design elements are described and demonstrated in practice. By choosing the relative timescales between the solid, fluid, and input pressure cycles, the tip of the actuator can obtain almost any desired trajectory and can be placed anywhere temporarily within its 2D workspace. Finally, the benefits of viscous-driven soft actuators are showcased in a six-legged untethered robot able to walk 0.05 body lengths per second. The foundation is laid for a new class of morphologically intelligent, soft robotic actuators that enables complex deformations and multifunctionality without explicit drivers; whereby generating nonuniform pressure distributions, their infinite degrees of freedom can be exploited. This latest technological breakthrough has paved the way for a revolutionary shift in mobility strategies, enabling amphibious locomotion through a singular actuator design. This innovative system features a soft, seamless, and closed-system design that boasts exceptional durability, making it ideal for prolonged exposure to marine environments.

ד"ר יואב מתיה, Cornell University, USA

Harnessing non-uniform pressure distributions: the next generation of soft robotic actuators

האוניה "בת – גלים" נרכשה מחיל הים ע"י משרד התשתיות ב 2014 לטובת המכון לחקר ימים ואגמים. בהסכם הרכישה תוכנן שפוץ מורחב במספנות חיל הים כולל בניית תשתיות לקליטת ציוד מדעי חדשני. לפני תחילת העבודה בוצע ניסוי אקוסטי לקביעת מקום למרכיבים התת מימיים בתחתית האוניה. ע"פ תוצאות הניסוי הותקנה גונדולה בתחתית לקליטת רכיבי קצה רטובים של הציוד המדעי. בהרצאה יוצגו :

מר יוסי רוט, יו-סירות הסבת אח"י בת גלים לאוניית המחקר של מדינת ישראל

1. הפעילות ההנדסית של ההסבה.
2. הפעילות הטכנית המספנה.
3. הציוד שהותקן ויכולותיו המדעיות.
4. ניסויי הקבלה.
5. סטאטוס האוניה ברשות הספנות.
6. פעילות מדעית שנעשתה מאז ההסבה

פיצוץ תת מימי הנגרם עקב ייזום חומר נפץ מתחת לפני המים, עלול להוות איום ממשי לכלי שיט ואנשים. התופעה מבוססת על תהליך מורכב של גלי לחץ במים הנגרמים עקב גל ההלם המתהווה בתהליך הניפוץ. זמן קצר אחרי התפתחות גל ההלם מתקבלים גלי לחץ נוספים (אקוסטיים), המיוחסים לתופעת בועת הגזים. מיד בתום התגובה הכימית בחנ"מ עצמו (מהירות התגובה בחנ"מ הינה מסדר גודל של 7-9 ק"מ בשנייה), גל הלם בערכי לחץ של מאות אלפי אטמוספרות מועבר למים ומתפשט בצורה כדורית כלפי חוץ. האנרגיה המועברת למים מתבטאת באנרגיה קינטית של חלקיקי המים+ דחיסת המים ויצירת גל הלם. במים חופשיים גל ההלם דועך לאורך זמן (בדר"כ מקובל כי ערך אסימפטומטי לדעיכה הינו מסדר גודל של 5-7 קבועי דעיכה), והלחץ שואף אסימפטומטית ללחץ ההידרוסטאטי המקומי. יחד עם זאת, בממשק בפני המים או למול מטרה שמצידה הפנימי אוויר יתקבלו אזורים בהם הלחץ נמוך מהלחץ ההידרוסטאטי המקומי ותפתח קוויטציה. התגובה המבנית של פלטפורמה לפיצוץ תת מימי הינה מורכבת ביותר, משום שהינה בחלקה לוקאלית ובחלקה גלובאלית, מותנית בהטרחות טרנזיאנטיות לא ליניאריות ובשילוב של אפקטים מורכבים נוספים כגון החזרה של גל ההלם מהפלטפורמה לכלי השיט, מודלי חומר התלויים בקצבי עיבור, קוויטציה שנוצרת במים וכו'. הבנת המכניזם של התופעות המתוארות מעלה והשפעתם על אפקט הנזק הסופי הנגרם למטרה מהווה אתגר לחוקרים שונים בעולם ומבוססת בצורה מרובה על ניסויים שנועדו לטובת כיוול מודלים אמפיריים. לכאורה ניתן לבצע ניסויים אלו בצורה "מצומצמת ופשוטה", מעל פני המים, ע"י הקניית תנאי שפה של פרופיל הלחץ החיצוני למטרה, הן של גל ההלם והן של לחצי הבועה, אולם ביצוע של ניסויים כאלו אינו מתחשב בדינמיות של התופעה (דהיינו: יצירת כיסי קוויטציה, סילון המים הנוצר, סגירת כיס הקוויטציה על הבועה, שילוב הטרחת שיא הלחץ והטרחת לחצי הבועה) ולכן אינו מייצג נאמנה את אפקט הנזק הסופי הנגרם כתוצאה משילוב התופעות, במיוחד בפיצוצים קרובים. על כן, חשובה ביותר היכולת למדל את התופעה ע"י כלי מחשוב מתקדמים, כתחליף (חלקי ומשלים) לניסויים (יקרים). על כן, הסימולציה מהווה כלי עבודה חשוב בתחום הנדסת הנפיצים התת מימית. העבודה המוצגת מתייחסת למידול תגובת מבנית של גוף טבול לפיצוץ ת"מ באמצעות כלי חישוב וסימולציה תוך השוואת התוצאות לתקן BV הגרמני. הסימולציות בוצעו תוך שימוש בעיקרון הדמיות, כלומר התבססות של מודל "מדומיית" שהינו בדר"כ ורסיה מוקטנת של המטרה האמיתית, שכל מידותיו הוקטנו בצורה ליניארית ע"י פרמטר נתון המוגדר כקבוע המודל (scaling factor) - λ ובנוסף מתבסס על הנחת Hopkinson Scaling שהינו נגזרת של דמיות על בסיס מספר מאך בתוספת ההנחה שקיימת זהות בין חומר הא"ט לחומר המודל וכן כי הניסויים מבוצעים בתווך זהה (מים). מסיכום התוצאות התקבלו התאמות טובות מאוד ביחס להגדרות התקן הגרמני בהיבט הלם מקומי, תאוצה, מהירות ותזוזות, כולל הבנת המנגנון הפיסיקאלי של הפחתת ערכי תאוצות ומהירויות תוך שימור ערכי התזוזות כתלות במשקל ההתקנה, כמוגדר בתקן. תוצרי העבודה יאפשרו הבנת המנגנון הפיזיקאלי להגדרת ערכי ההטרחות בהם נדרש להוכיח ציוד המותקן על פלטפורמה תת מימית, ומתן הקלות שיאפשרו הקלת דרישות תכן ומשקל, כתלות במשקל האמצעי המותקן ותצורות ריתומו לפלטפורמה.

In this engaging lecture, we will delve into the captivating world of water boundary control using vortex generators. We will explore the mechanism by which vortex generators create vortices and examine their profound impact on the boundary layer. By understanding this mechanism, we can uncover the potential gains from boundary layer control, such as the reduction of form drag by delaying flow separation. Throughout the lecture, we will review a series of water tunnel experiments conducted in this field of research. These experiments offer valuable insights into the different options being tested and optimized for water BL using VG of various types. By examining these experiments, we can witness firsthand the transformative effects of vortex generators on hydrodynamic performance. Join us for this enlightening lecture and discover how vortex generators in water boundary control can lead to improved efficiency, reduced drag, and enhanced stability. By the end of the session, you will gain a deeper understanding of the mechanics behind vortex generator-induced vortices, their impact on the boundary layer and immense potential they hold for optimizing water-based systems.

Hydrofoils (סנפיריות) have been extensively studied ever since the implementation of powered marine mobility. Nowadays, hydrofoils seem to be making a comeback after several decades of absence from popular applications and use cases. The most common approach for hydrofoil design and topology is the Multi-Strut variant. In this type of topology, powered foiling watercraft are supported by three or more struts protruding into the water, and fully-submersible wings are in charge of lift creation and stability. Ailerons, distributed along the span of the main wing (canard or conventional), are responsible for roll control, front or rear rudder are responsible for yaw control, and elevators are responsible for pitch (coupled with height) control. On the one hand, this topology is the least demanding one to stabilize among all types of Fully-Submersible types of Hydrofoils, but on the other hand, it carries several disadvantages with it; Level Hydrofoils has pioneered a new ultra-efficient and sea-worthy foil topology able to dramatically outperform existing approaches - by several KPIs. Level's core innovation lies in the "Single-Strut" foiling topology. In this type of configuration, only two actuators and control surfaces are required for full six-degrees-of-freedom stabilization. An Elevator, situated at the rear horizontal wing, is responsible for pitch correction - not unlike conventional configurations. The differentiation, therefore, comes in the manifestation of the rudder - used for **roll control**. In abnormally "tall" foiling watercraft resembling an elongated "inverted pendulum," a distinct dynamic coupling occurs between the roll and yaw of said watercraft. A given rudder deflection at cruising/flying velocity firstly induces a yaw angular velocity but, more importantly, later creates lift across the vertical airfoil-shaped strut/appendage, supporting the watercraft. This lift, occurring underwater, is acting across a large lever arm from the center of gravity (situated at a significant distance above the water line). The horizontal lift generated by the strut is, in fact, the most significant actuator for a "high-flying" type of hydrofoil.

מר ארטור ינאי, Level
Hydrofoils

*Modern Fly-By-Wire
Hydrofoil Vessel*