

הערכה אסטרטגית ימית רבתי לישראל 2020/21

עורך ראשי: פרופ' שאול חורב
ערך והפיק: אהוד גונן




אוניברסיטת חיפה
University of Haifa
جامعة حيفا

HMS


המרכז לחקר מדיניות ואסטרטגיה ימית
Maritime Policy & Strategy Research Center

השפעת שינויי אקלים ואירועי מזג אוויר קיצוניים על ההובלה הימית

סמיון פולינוב

תקציר

לשינוי האקלים יש השפעה מכרעת על מגוון תחומי החיים שכוללים מים, בריאות הציבור, חקלאות, אנרגייה, תשתיות חופיות, כלכלה וביטחון לאומי. באוקיינוסים, שינויי האקלים משפיעים בעיקר על עליית מפלס הים וטמפרטורת הים אשר מובילים לעלייה בשכיחותם של אירועי קיצון בים. כל השינויים הללו משפיעים על ההובלה הימית. תקנות שונות של ארגון הספנות העולמי (IMO), כמו בקרת פליטות מזהמים מאוניות, הוסיפו עלויות תפעול לתעשייה הימית. הפשרת קרחונים בקוטב הצפוני בעקבות שינוי האקלים הופך את האזור הארקטי לים המתאים לשיט, ויוצר נתיבי שיט חדשים דרך האוקיינוס הארקטי. הפשרת הקרח תאפשר גם תנאים להפיק נפט וגז באזור הארקטי. יצוין שתעבורה ימית וקידוחי נפט באזור הארקטי עלולים לגרום לזיהום המערכת האקולוגית הארקטית. שינויים בדפוסי חקלאות עקב שינויי אקלים גם הם עשויים להשפיע על תנועת הספינות בשל שינויים באזורי החקלאות המספקים את התוצרת החקלאית מצד אחד, ושינויים במיקום השווקים מצד שני. על בעלי העניין השונים בתעשייה לנקוט את הצעדים הדרושים להסתגלות, למען הכנה טובה יותר להתמודדות עם המצב החדש. נוסף לכך, על מגזר הספנות לדאוג לפעול בתנאי פליטות מזהמים מינימליות, וזאת כדי לנסות לצמצם את השפעת התעשייה הימית על ההתחממות הגלובלית.

מבוא

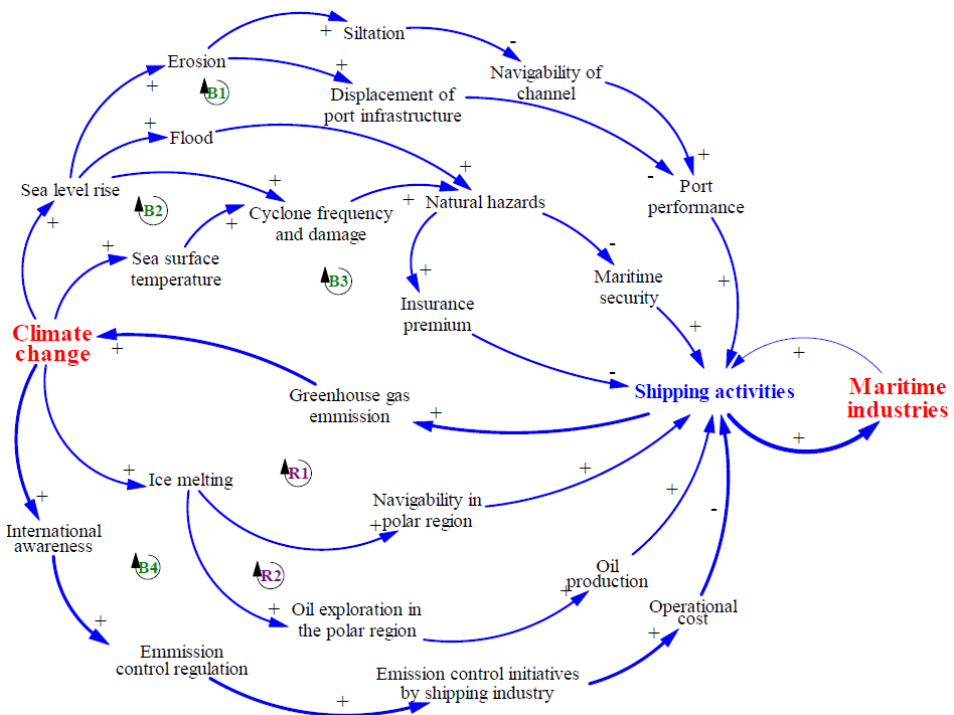
כל בני האדם על פני כדור הארץ תלויים במישרין או בעקיפין באוקיינוס ובקריוספירה (cryosphere). האוקיינוסים מכסים 71% משטח כדור הארץ, ומכילים כ-97% ממימי כדור הארץ. האוקיינוס והקריוספירה תומכים בסביבות חיים טבעיות ייחודיות, וקשורים למרכיבים אחרים של מערכת האקלים באמצעות חילופי המים, אנרגייה ופחמן הגלובליים. קהילות בני אדם הנמצאות בקשר הדוק עם סביבת החוף, איים קטנים, אזורי הקוטב והרים גבוהים, חשופים באופן מיוחד לשינויים החלים באוקיינוסים ובקריוספירה, כגון עליית מפלס פני הים, תנודות קיצוניות במפלס הים והתכווצות הקריוספירה. קהילות אחרות, רחוקות מהחוף, חשופות גם כן לשינויים באוקיינוס, כגון שכיחות אירועי מזג אוויר קיצוניים (IPCC, 2019). אין ספק שאנו חיים היום בתקופה שמתרחשים בה שינויי אקלים משמעותיים, אשר גורמים בין היתר לאירועי טבע קיצוניים ותדירים יותר מבעבר. שינויים אלה משפיעים

מאוד על בריאות בני האדם ויציבות קיומו ברמה המקומית והאזורית בטווחים נרחבים (Cheung et al., 2009; Butchart, 2010). כמו כן, מגזר הספנות, אשר אחראי על הובלה של כ-80% מכל הסחר העולמי, תלוי מאוד בשינויי האקלים ובתנאי מזג אוויר קיצוניים. מכאן שאחד האתגרים העתידיים החשובים ביותר יהיה בתחום הימי. אולם לא ברור באיזו מידה ישפיעו השינויים במערכת האקולוגית הימית על היציבות המדינית והכלכלית עקב העלייה בכמות אירועי האקלים הקיצוניים וביטויים אחרים של שינוי האקלים (Marshall, Hsiang and Edward, 2012). מחקרים אחדים הראו לאחרונה כי הטמפרטורה הכללית של האוקיינוסים עולה בהתמדה (Jones et al., 1999; McMichael et al., 2006). אירועי אקלים קיצוניים והתפרצויות מחלות הקשורות בהם נעשים תדירים יותר ויותר, אוכלוסיות בעלי חיים משנות את מקומן (Hunter, 2003), ומינים פולשניים מתפשטים (Galil, Molnar et al., 2008; 2007) – וזהו רק חלק קטן מהשינויים הגלובליים בעלי השלכות המשמעותיות ביותר. יתרה מזאת, משבר הקורונה השפיע על כל היבטי החיים והעבודה היום-יומיים, והשפיע קשות על כלכלת העולם (Manzanedo and Manning, 2020). נראה שנסיונות אלה האיצו את יישום המטרות והיעדים הקשורים לקיימות הימית במודעות גוברת והולכת (UNCTAD, 2019). מאמר זה מנסה להשיב על שתי שאלות ודילמות מרכזיות: כיצד האקלים משפיע על ההובלה הימית, וכיצד ההובלה הימית משפיעה על שינוי האקלים?

שינוי האקלים ותעשיית הספנות

נראה שנורמת פעילות חדשה הוצבה במגזר הספנות, זו המשקפת את הגידול המתון בכלכלה הגלובלית והמאמצים להתמודד עם השפעת מגזר הספנות על שינויי האקלים וההפך (Kontovas, 2020). צעד חשוב זה הוא תוצאה של הבנת מקבלי ההחלטות, כי שינויי האקלים מהווים בעיה גדולה עבור התעשייה הימית, ושבני האדם תורמים רבות לשינוי זה (Mitchell et al., 2006). עקב מציאות חדשה זאת, אופיינו העשורים האחרונים של התעשייה הימית על ידי שינויים טכנולוגיים וחוקתיים משמעותיים שמטרתם לשפר את התנאים הסביבתיים של האוקיינוס, ולהקטין את השפעת האדם על האוקיינוס (Becker et al., 2018; Joung et al., 2020; Zis and Cullinane, 2020). הכנסת טכנולוגיות חדשות למגזר הספנות כגון מערכות זיהוי אוטומטיות (AIS) שתוכננו במקור כדי למנוע תאונות ימיות (Bye and Almklov, 2019) מאפשרת יישום נרחב בפתרון בעיות סביבה באמצעות ניטור פעילות האוניות (Ferraro et al., 2007, 2009; Fiorini, Capata and Bloisi, 2016). להלן אנו מציגים השפעות אחדות של שינוי האקלים על ההובלה הימית, ובמיוחד על יעילותה וכדאיותה.

ניתוח מעגל היחסים המוצג באיור 1 לעיל מספק תמונה כללית של השפעת שינוי האקלים על פעילות הספנות. מעניין לציין שתופעת שינוי אקלים אחת – הפשרת הקרחונים, תורמת להתפתחות של תעשייה ימית. כל האירועים האקלימיים האחרים, כגון עלייה בטמפרטורת פני הים, עלייה במפלס מי הים ומדיניות שינוי האקלים או תקנות בקרת פליטה – ישפיעו לרעה על פעילות הספנות. יתרה מזאת, אפשר לראות שבאשר פעילות הספנות גדלה, גדלות גם התעשיות הימיות כולן. גידול התעשיות הימיות יתמתן עם הירידה בפעילות הספנות.



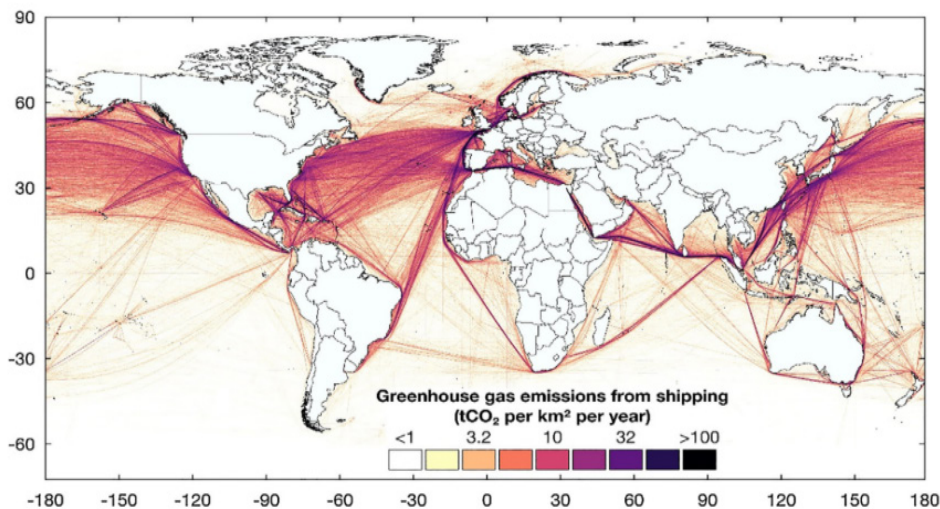
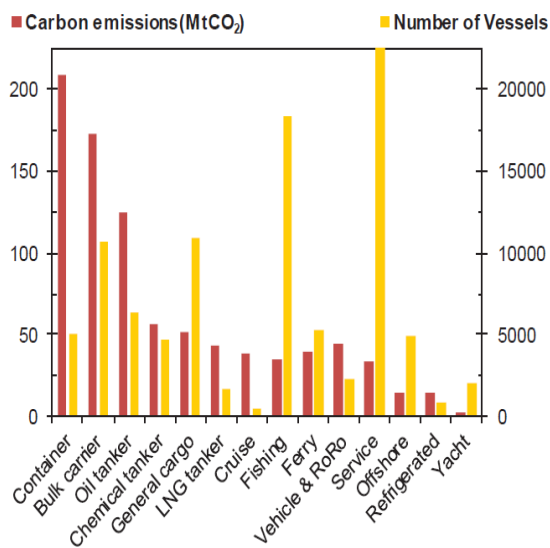
איור 1: מעגל יחסים בין שינויי אקלים, סיכונים טבעיים וספנות¹

הפחתת תכולת הפחמן

כל מגזרי התחבורה נדרשים להפחית את פליטות הפחמן שלהם כדי למנוע את עליית הטמפרטורה הממוצעת הקיימת, שמשמעותה התחממות גלובלית (Bows-Larkin, 2015). פליטות מהספנות הבין-לאומיות היו בממוצע 2.4% מהפליטה הגלובלית השנתית של גזי חממה (GHG) בין השנים 2007–2012, וצפויות לגדול ב-50%–250%, עד שנת

¹ https://commons.wmu.se/cgi/viewcontent.cgi?article=1275&context=all_dissertations

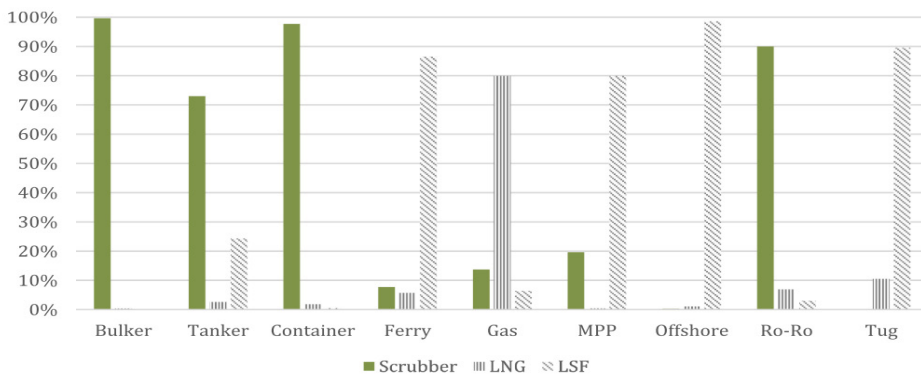
2050, וזאת בתסריט של "עסקים כרגיל". עם זאת, כדי להישאר מתחת לסף עליית הטמפרטורה הממוצעת הגלובלית, העומד על 1.5°C , נדרש מכל המגזרים להגיע ל"נטו-אפס" פליטות עד שנת 2050. הספנות הבין-לאומית יכולה לצמצם באופן משמעותי את פליטת גזי החממה תוך שימוש באמצעים טכניים ותפעוליים קיימים, בעוד הפחתה מלאה של תכולת הפחמן דורשת המשך מחקר ופיתוח, פריסה והטמעה מהירה של טכנולוגיות חדשות (Kachi, Mooldijk and Warnecke, 2019).



איור 2: מספר אוניות ופליטות הפחמן שלהן, לפי קטגוריות (תרשים ימני) ומפה של פיזור מרחבי גלובלי של פליטת גזי חממה מספנות (תרשים ימני) ב-2017 (מקור Balcombe et al., 2019)

כיום יש בעולם כ-52,000 אוניות סוחר העוסקות בהובלה בין־לאומית של סחורות ונוסעים (איור 2). כהשוואה, כוח המנועים המצטבר של כל האוניות האלה הוא גדול יותר מסך תחנות הכוח המופעלות בדלק פוסילי (ממקור מאובנים) באירופה כולה. יש הבדלים גדולים בתוך צי הסוחר העולמי בין אוניות, דלקים שבשימוש, פליטות מזהמים ותחלת תקנות שונות. לכן לא קיים פתרון אחד שמתאים לכל הבעיות של הפחתת תכולת הפחמן בפליטות צי הסוחר העולמי. המקורות העיקריים לפליטת גזי חמה בספנות הם אוניות מכולה, אוניות צובר ומכליות דלק, כיוון שאוניות אלה שטות למרחקים ארוכים יותר כדי להעביר את מטענן. הן שטות בנתיבים בין־לאומיים ובין־יבשתיים, ולא בנתיבים מקומיים או לאורך החופים. הפיזור המרחבי של פליטות אלה המוצג באיור 2 מכסה את מרבית האוקיינוסים והימים בחצי הכדור הצפוני (Balcombe et al., 2019).

במהלך העשורים האחרונים נקט ארגון הספנות הבין־לאומי (IMO) פעילות חקיקתית משמעותית בעניין הפחתת תכולת הפחמן בפליטות אוניות כדי למנוע המשך עלייה בטמפרטורה, ולצמצם את פליטות גזי החממה מאוניות (Joung et al., 2020; Kontovas, 2020). עם זאת, אמצעי מדיניות וחקיקה מהסוג הזה שנועדו לטפל בעלייה בפליטות CO₂ וגזי חממה אחרים, עדיין לא מספקים (Bows-Larkin, 2015).



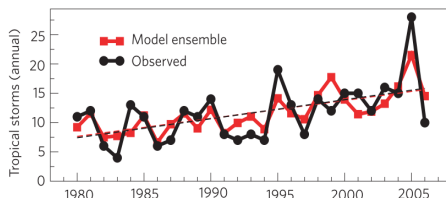
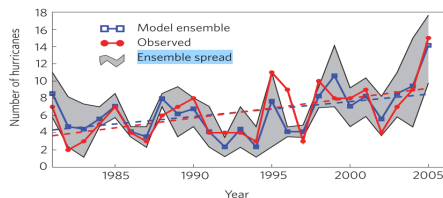
איור 3: התפלגות האוניות שנקטו שלוש שיטות תאימות לפי סוג הצי (Li et al., 2020)

בעיה נוספת היא מורכבות אופי התרומה של הגזים השונים הנפלטים מהאוניות לשינוי האקלים (Kontovas, 2020). נראה שהתקדמות העיקרית בהקטנת ההשפעה של הספנות על שינוי האקלים הושגה באמצעות אימוץ תקנות IMO בעניין הפחתת פליטת גזי חממת מאוניות (במיוחד SO_x).² למרות שגזי SO_x אינו מוגדר כ"גזי חממה", יש לו השפעה מקררת הממלאת תפקיד בשינוי האקלים, וזו משפיעה לרעה על בריאות בני האדם ועל הסביבה

(Zis and Cullinane, 2020). עם הכנסת הגבלות על פליטת הגופרית IMO 2020, עומדות בפני בעלי האוניות שלוש אפשרויות הפחתה בפליטות כדי לעמוד בתקנות: (1) מעבר לדלק דל גופרית (LSF); (2) התקנת סולקן תחמוצת גופרית; (3) מעבר לשימוש בהנעה המבוססת על גז טבעי נוזלי (LNG). איור 3 לעיל מציג בבירור הבדלים משמעותיים בין סוגי הציים כתלות בתגובת מפעילי האוניות להגבלות הגופרית החדשות של IMO 2020. כמעט כל אוניות הצובר, המכולות ואוניות גל־נוע מצוידות בסולקני SOx, בעוד שמרבית הגוררות והמעבורות עברו ל־LSF. מרבית האוניות המונעות בגז ממונעות ב־LNG. תקנות IMO 2020 החדשות, אשר אמורות להקטין את תכולת הגופרית בדלק מ־3.50% ל־0.5% צפויות להביא יתרונות משמעותיים לבריאות האדם, ולמזער את השפעת האדם על שינוי האקלים. בהינתן האצת שינוי האקלים בגלל סילוק ההשפעה המקררת של פליטות SOx, ייתכן שתידרשנה מטרות שאפתניות יותר להפחתת הפחמן (Kontovas, 2020).

השפעת אירועי מזג אוויר קיצוניים על הספנות

היבטים שונים של התעשייה הימית הופכים לרגישים יותר ויותר לאירועי מזג אוויר קיצוניים, במיוחד בשל שינוי האקלים. ברור שכיום אנחנו רואים עלייה במספר אסונות הטבע שתוצאותיהם הרסניות (Knutson et al., 2010). שינויי האקלים משפיעים בעיקר על תדירות אירועי מזג אוויר קיצוניים כגון: סופות, הוריקנים, משטר הגלים, כמו גם פגיעה באזורי החוף עקב עליית מפלס מי הים (Huppert and Sparks, 2006). תוצאות הרוח גורל אלה עלולות להתגבר אם לא תימצאנה דרכים יעילות יותר למזעור ההשלכות של ההתחממות הגלובלית (Mitchell et al., 2006). אירועי מזג אוויר קיצוניים מאתגרים במיוחד כאשר הם פוגעים בו זמנית בארצות רבות, בעוד שהאירועים הגדולים ביותר עלולים להיות אפילו בעלי השפעה גלובלית (Huppert and Sparks, 2006). נדרשים מאמצים מתמשכים כדי לזהות אזורים בסיכון, ולנקוט פעולה ליישום ראיות מדעיות לפני שהאירועים מתרחשים.



איור 4: סימולציה לעומת תצפיות של ציקלון טרופי (צד ימין) ושל הוריקנים בין השנים 1980–2006 (מבוסס על Knutson et al., 2010)

איור 4 לעיל מציג שינויים בכמות השנתית של ציקלונים טרופיים והוריקנים עם תוצאות מנוגדות יחסית. דו־משמעות התוצאות מתבטאת בתנודות בשכיחות ובעוצמת ציקלונים טרופיים בעלי היקף גדול, דבר המסבך באופן ניכר את זיהוי המגמות לטווח ארוך, למרות המגמה הכללית של גידול בכמות הסערות. עבודות נוספות מבוססות על תאוריות ומודלים שונים מראות שההתחממות הנגרמת על ידי גזי חממה שנוצרו בידי בני אדם, יגביר את עוצמתם הממוצעת של ציקלונים טרופיים לכיוון סופות חזקות יותר, עם גידול של 2%–11% עד שנת 2020 (Knutson et al., 2010).

מסקנות

עם התגברות ההכרה בביסיונים של שינויי האקלים והבנתם על ידי הקהילה המדעית, מגזרים פגיעים כגון ספנות, נמלים ושרשראות אספקה מתחילים כעת לשקול את ההשלכות על תשתיותיהם הישנות, ועל היעילות ויכולת ההתאוששות של פעילותם. להלן חלק מהשינויים העיקריים והתוצאות הצפויים להשפיע על תסריט "עסקים כרגיל":

1. צורך בעמידה בתקנות רבות יותר בעניין הובלה ימית, כגון פליטת גזי חממה (Joung et al., 2020).
2. עלייה בעלויות התפעול והעברת המטענים (Curtis, 2009).
3. נתיבי ספנות חדשים, במיוחד ארקטיים (Wright, 2013).
4. סיכונים גדולים יותר לנזקים לתשתיות הנמלים (Hanson et al., 2011; Messner et al., 2013).

מגמות עתידיות והמלצות

- שינויי האקלים והשלכותיו ישפיעו במידה מסוימת על התעשייה הימית, והדרישות לעמידה בתקנות סביבתיות יעלו.
- מגזר הספנות, התלוי במידה רבה בהשפעות השונות של שינויי האקלים, חייב להיות מעוניין להקטין את השפעות שינויי האקלים, כיוון שהיעדר פעולה בהווה יהיה יקר מאוד בעתיד.
- עם ההשפעה הגוברת של שינויי האקלים, נתיבי הספנות הקיימים אינם עוד בטוחים וקלים לניווט כפי שהיו בעבר, ויש לתכנן נתיבים חדשים. שינוי נתיבים עלול להיות לא נוח ביותר, ויקטין את הפרודוקטיביות של הלקוח ושל קו הספנות. זאת מפני שבמקום להמשיך את הפעילות הרגילה, חברות הספנות חייבות להקדיש זמן ומקורות כספיים לתכנון נתיבים. עבור הלקוח תשפיע עליה במשך זמן האספקה על האספקה.

- אוניות אוטונומיות תאפשרנה לבעלי האוניות לערוך בקרה אפקטיבית יותר על תנועת האוניות, לצמצם את צריכת הדלק והפליטות, ובכך לצמצם את תרומת הספנות לשינוי האקלים.
- עבודה בשיתוף פעולה – השפעת האקלים אינה מכירה גבולות, עבודה עם שותפים ללוונטיים תורמת לתוצאות יעילות יותר; בניית יכולת "יתרות אזורית" עשויה לסייע להתאוששות מהירה יותר של נמלים שניזוקו בגלל סופות על ידי גישה למקורות (לדוגמה שינוי נתיב הציוד והמטען) הנמצאים במתקנים קרובים.

מקורות

- Balcombe, P. et al. (2019) 'How to decarbonise international shipping: Options for fuels, technologies and policies', *Energy Conversion and Management*. Elsevier Ltd, pp. 72–88. doi: 10.1016/j.enconman.2018.12.080.
- Becker, A. et al. (2018) 'Implications of climate change for shipping: Ports and supply chains', *Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change*. Wiley-Blackwell. doi: 10.1002/wcc.507.
- Bows-Larkin, A. (2015) 'All adrift: aviation, shipping, and climate change policy', *Climate Policy*. Taylor and Francis Ltd., 15(6), pp. 681–702. doi: 10.1080/14693062.2014.965125.
- Butchart, S. H. M. (2010) 'Global Biodiversity: Indicators of Recent Declines', *Science*, 328(5982), pp. 1164–1168. doi: 10.1126/science.1186777.
- Bye, R. J. and Almklov, P. G. (2019) 'Normalization of maritime accident data using AIS', *Marine Policy*. Elsevier Ltd, 109. doi: 10.1016/j.marpol.2019.103675.
- Cheung, W. W. L. et al. (2009) 'Projecting global marine biodiversity impacts under climate change scenarios', *Fish and Fisheries*, 10(3), pp. 235–251. doi: 10.1111/j.1467-2979.2008.00315.x.
- Curtis, F. (2009) 'Peak globalization: Climate change, oil depletion and global trade', *Ecological Economics*, 69(2), pp. 427–434. doi: 10.1016/j.ecolecon.2009.08.020.
- Ferraro, G. et al. (2007) 'Towards an operational use of space imagery for oil pollution monitoring in the Mediterranean basin: A demonstration in the Adriatic Sea', *Marine Pollution Bulletin*, 54(4), pp. 403–422. doi: 10.1016/j.marpolbul.2006.11.022.
- Ferraro, G. et al. (2009) 'Long term monitoring of oil spills in European seas', *International Journal of Remote Sensing*, 30(3), pp. 627–645. doi: 10.1080/01431160802339464.
- Fiorini, M., Capata, A. and Bloisi, D. D. (2016) 'AIS Data Visualization for Maritime Spatial Planning (MSP)', *International Journal of e-Navigation and Maritime Economy*. Elsevier BV, 5, pp. 45–60. doi: 10.1016/j.enavi.2016.12.004.

- Galil, B. S. (2007) 'Loss or gain? Invasive aliens and biodiversity in the Mediterranean Sea', *Marine Pollution Bulletin*, 55(7–9), pp. 314–322. doi: 10.1016/j.marpolbul.2006.11.008.
- Hanson, S. et al. (2011) 'A global ranking of port cities with high exposure to climate extremes', *Climatic Change*, 104(1), pp. 89–111. doi: 10.1007/s10584-010-9977-4.
- Hunter, P. R. (2003) 'Climate change and waterborne and vector-borne disease', in *Journal of Applied Microbiology Symposium Supplement*. doi: 10.1046/j.1365-2672.94.s1.5.x.
- Huppert, H. E. and Sparks, R. S. J. (2006) 'Extreme natural hazards: Population growth, globalization and environmental change', *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*. Royal Society, 364(1845), pp. 1875–1888. doi: 10.1098/rsta.2006.1803.
- IPCC (2019) *Summary for Policymakers. Climate change 2007: Impacts, adaptation and vulnerability., Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel of Climate Change*. Hamish Pritchard. Available at: <http://www.gtp89.dial.pipex.com/AR4.htm>
- Jones, P. D. et al. (1999) 'Surface air temperature and its changes over the past 150 years', *Reviews of Geophysics*, 37(2), pp. 173–199. doi: 10.1029/1999RG900002.
- Joung, T.-H. et al. (2020) 'The IMO initial strategy for reducing Greenhouse Gas(GHG) emissions, and its follow-up actions towards 2050', *Journal of International Maritime Safety, Environmental Affairs, and Shipping*. Informa UK Limited, 4(1), pp. 1–7. doi: 10.1080/25725084.2019.1707938.
- Kachi, A., Mooldijk, S. and Warnecke, C. (2019) *Carbon pricing options for international maritime emissions*. Available at: <http://newclimate.org/publications>
- Knutson, T. R. et al. (2010) 'Tropical cyclones and climate change', *Nature Geoscience*, pp. 157–163. doi: 10.1038/ngeo779.
- Kontovas, C. A. (2020) 'Integration of air quality and climate change policies in shipping: The case of sulphur emissions regulation', *Marine Policy*. Elsevier Ltd, 113. doi: 10.1016/j.marpol.2020.103815.
- Li, K. et al. (2020) 'Determinants of ship operators' options for compliance with IMO 2020', *Transportation Research Part D: Transport and Environment*. Elsevier Ltd, 86. doi: 10.1016/j.trd.2020.102459.
- Manzanedo, R. D. and Manning, P. (2020) 'COVID-19: Lessons for the climate change emergency', *Science of the Total Environment*. Elsevier B.V., 742. doi: 10.1016/j.scitotenv.2020.140563.
- Marshall, B., Hsiang, S. M. and Edward, M. (2012) 'Climate and conflict', *Earth*, p. 6. doi: 10.1146/annurev-economics-080614-115430.

McMichael, A. J., Woodruff, R. E. and Hales, S. (2006) 'Climate change and human health: Present and future risks', *Lancet*. doi: 10.1016/S0140-6736(06)68079-3.

Messner, S. et al. (2013) 'Climate change and sea level rise impacts at ports and a consistent methodology to evaluate vulnerability and risk', *WIT Transactions on Ecology and the Environment*, 169, pp. 141–153. doi: 10.2495/CP130131.

Mitchell, J. F. B. et al. (2006) 'Extreme events due to human-induced climate change', *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*. Royal Society, 364(1845), pp. 2117–2133. doi: 10.1098/rsta.2006.1816.

Molnar, J. L. et al. (2008) 'Assessing the global threat of invasive species to marine biodiversity', *Frontiers in Ecology and the Environment*, 6(9), pp. 485–492. doi: 10.1890/070064.

UNCTAD (2019) *2019 Review of maritime transport*. Available at: [https://unctad.org/en/Pages/Publications/Review-of-Maritime-Transport-\(Series\).aspx](https://unctad.org/en/Pages/Publications/Review-of-Maritime-Transport-(Series).aspx).

Wright, P. (2013) 'Impacts of climate change on ports and shipping', *MCCIP Science Review 2013*, (November), pp. 263–270. doi: 10.14465/2013.arc28.263-270.

Zis, T. P. V. and Cullinane, K. (2020) 'The desulphurisation of shipping: Past, present and the future under a global cap', *Transportation Research Part D: Transport and Environment*. Elsevier Ltd, 82. doi: 10.1016/j.trd.2020.102316.