Comprehensive Journal of Science
Volume (11), Issue (42), (Sapt, 2026)
ISSN: 3104-6266

مجلة العلوم الشاملة
المجلد (11) العدد 42 سبتمبر 2026
ردمد: 3104-6266

تقدير انبعاثات ثاني أكسيد الكربون المباشرة الناتجة عن استهلاك الوقود في قوارب الصيد بمرسى الوادي – صبراتة، ليبيا

عبد الرحيم الهادي علي شليق [1]*، اخلاص محمد الموشم [2]، طارق أبو القاسم رحومة [3]
جامعة صبراتة / كلية العلوم قسم علم البيئة [1]
المركز الليبي لأبحاث ودراسات المياه والتربة ومكافحة التصحر [2.3]

Estimation of Direct Carbon Dioxide Emissions Resulting from Fuel Consumption by Fishing Boats at Al-Wadi Marina – Sabratha, Libya

Abdelrahim El-Hadi Ali Shaliq [1]*, Ikhlas Mohammed Al-Musham [2], Tareq Abulqasim Rahouma [3]
University of Sabratha / Faculty of Science, Department of Ecology [1]
Libyan Center for Research and Studies on Water, Soil, and Combating Desertification [2, 3]
[1*] Corresponding Author's Email: abdrahiem.shielek@sabu.edu.ly

تاريخ الاستلام: 2026/09/02 –تاريخ المراجعة:2026/09/08– تاريخ القبول: 2026/10/06– تاريخ للنشر: 2026 /11/25

الملخص

تهدف هذه الدراسة إلى تقدير انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون (CO_2) المباشرة الناتجة عن احتراق الوقود المستخدم في محركات قوارب الصيد البحري بمرسى الوادي بمدينة صبراتة، ليبيا، مع مراعاة احتراق البنزين وزيت التزييت المستخدم في المحركات الخارجية ثنائية الأشواط. اعتمدت الدراسة على منهج كمي وصفي تحليلي، واستندت إلى مسح ميداني أُجري بتاريخ 18 يوليو 2026، شمل معاينة سبعة قوارب وإجراء مقابلات مع خمسة صيادين لجمع بيانات الخصائص الفنية والتشغيلية واستهلاك الوقود. وأظهرت إفادات الصيادين اتفاقهم على استهلاك نحو 60 لتراً من البنزين خلال رحلة الصيد الواحدة ذهاباً وإياباً، في حين بلغت نسبة خلط زيت التزييت المبلغ عنها 1 كجم لكل 30 لتراً من البنزين، وبناءً عليها قُدرت كمية الزيت بنحو 2 كجم للرحلة. استُخدمت منهجية تقدير انبعاثات احتراق الوقود وفق إرشادات الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ(IPCC, 2006) ، مع اعتماد نطاق مرجعي لكثافة البنزين يتراوح بين 0.720 و0.775 كجم/لتر. وأظهرت النتائج أن انبعاثات احتراق البنزين تراوحت بين 132.62 و142.75 كجم CO_2 للرحلة، في حين قُدرت انبعاثات احتراق زيت التزييت بنحو 5.89 كجمCO_2 ، ليبلغ إجمالي الانبعاثات المباشرة المقدرة نحو 138.52–148.65 كجم CO_2 للرحلة الواحدة. ويعكس هذا النطاق اختلاف كثافة البنزين المرجعية المستخدمة في الحساب، ولا يمثل مجال ثقة إحصائياً. وتقدم هذه النتائج خط أساس أولياً للانبعاثات المباشرة المرتبطة بالرحلة محل التقدير، مع التأكيد على ضرورة إجراء قياسات ميدانية متكررة لاستهلاك الوقود والزيت، وتوسيع نطاق المسح ليشمل عدداً أكبر من القوارب وفترات تشغيل مختلفة لتحسين دقة التقديرات وإمكانية تعميمها.

الكلمات المفتاحية :انبعاثات ثاني أكسيد الكربون؛ قوارب الصيد؛ احتراق البنزين؛ زيت التزييت؛ المحركات ثنائية الأشواط؛ مرسى الوادي؛ صبراتة.

Abstract

This study aims to estimate direct carbon dioxide (CO_2) emissions resulting from the combustion of fuel used in marine fishing boat engines at Al-Wadi Marina, Sabratha, Libya, considering both gasoline and lubricating oil consumed in two-stroke engines. The study relied on field survey data and fishermen's reports concerning fuel consumption and boat operating practices. Emissions were estimated using the methodology outlined in the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC, 2006) Guidelines. Gasoline consumption was estimated at approximately 60 L per fishing trip, including both the outbound and return journeys. The quantity of lubricating oil was estimated at 2 kg per trip, based on the mixing ratio reported by fishermen (1 kg of oil per 30 L of gasoline). Emissions were calculated using the net calorific values and CO_2 emission factors provided in the IPCC Guidelines, while a reference gasoline density range of 0.720–0.775 kg/L was applied. The results indicated that gasoline combustion generated an estimated 132.62–142.75 kg CO_2 per trip, whereas lubricating oil combustion contributed approximately 5.89 kg CO_2 per trip. Accordingly, the estimated

total direct emissions from both fuel components ranged from 138.52 to 148.65 kg CO_2 per trip. This range reflects the variation in the reference gasoline density values used in the calculations and does not represent a statistical confidence interval or measured differences among boats. The findings highlight the importance of including lubricating oil in direct emission estimates for two-stroke engines in which oil is mixed with gasoline and combusted during operation. These estimates provide a preliminary baseline of direct CO_2 emissions associated with the fishing trip examined. However, further studies involving direct and repeated measurements of gasoline and lubricating oil consumption, a larger number of boats, and different operating periods are required to improve the accuracy and representativeness of the estimates.

Keywords: Carbon dioxide emissions; fishing boats; gasoline combustion; lubricating oil; two-stroke engines; Al-Wadi Marina; Sabratha.

1. المقدمـــــة

يمثل الصيد البحري أحد الأنشطة الاقتصادية والغذائية المهمة في المجتمعات الساحلية، وتعتمد ممارسته باستخدام القوارب الميكانيكية على الوقود اللازم لتشغيل المحركات وإنجاز رحلات الصيد. وينتج عن احتراق الوقود داخل هذه المحركات انبعاث غاز ثاني أكسيد الكربون(CO_2) ، الذي يُعد من غازات الاحتباس الحراري المرتبطة بالأنشطة البشرية. ومن ثم، يرتبط تقدير الانبعاثات المباشرة الناتجة عن قوارب الصيد بمقدار الوقود المستهلك والخصائص الفنية للمحركات وطبيعة تشغيل القوارب.(European Parliament, 2023)

وتبرز أهمية استهلاك الوقود بوصفه أحد المؤشرات الأساسية المرتبطة بالأداء الطاقي والانبعاثات في قطاع الصيد البحري. فقد قدرت دراسة Parker et al. (2018) استهلاك أسطول الصيد التجاري العالمي بنحو 40 مليار لتر من الوقود خلال عام 2011، وارتبط هذا الاستهلاك بانبعاثات قُدرت بنحو 179 مليون طن من مكافئ ثاني أكسيد الكربون(CO_2-eq) ، وفق نطاق التقييم الذي اعتمدته الدراسة. وتعكس هذه الأرقام حجم استهلاك الطاقة في قطاع الصيد البحري، كما تبرز أهمية دراسة الوقود المستخدم والانبعاثات المرتبطة به، مع مراعاة الاختلاف بين الأساطيل من حيث أحجام القوارب وأنواع المحركات وأنماط التشغيل.

وفي السياق المحلي، يمثل مرسى الوادي بمدينة صبراتة أحد مواقع ممارسة نشاط الصيد البحري الساحلي، وتعتمد القوارب محل الدراسة على هياكل مصنوعة من الألياف الزجاجية ومجهزة بمحركات خارجية ثنائية الأشواط تعمل بخليط من البنزين وزيت التزييت. ويُعد استهلاك هذا الخليط مدخلًا أساسيًا لتقدير انبعاثات ثاني أكسيد الكربون المباشرة الناتجة عن تشغيل القوارب، إذ يتأثر مقدار الوقود المستخدم بعدد رحلات الصيد وظروف التشغيل والخصائص الفنية للمحركات.

ويستدعي تقدير هذه الانبعاثات على المستوى المحلي توفير بيانات ميدانية عن القوارب وخصائصها الفنية والتشغيلية، إلى جانب معدلات استهلاك مكونات خليط الوقود. وفي هذا الإطار، تتناول الدراسة قوارب الصيد بمرسى الوادي في مدينة صبراتة، من خلال توثيق خصائصها التشغيلية وتقدير استهلاك البنزين وزيت التزييت، وحساب انبعاثات ثاني أكسيد الكربون المباشرة الناتجة عن احتراقهما، بما يوفر بيانات كمية أولية يمكن الاستفادة منها في فهم استهلاك الطاقة والانبعاثات المرتبطة بنشاط الصيد في منطقة الدراسة.

2.مشكلة الدراسة

يعتمد نشاط الصيد البحري باستخدام القوارب الميكانيكية على الوقود اللازم لتشغيل المحركات وإنجاز رحلات الصيد، وينتج عن احتراق الوقود انبعاث غاز ثاني أكسيد الكربون(CO_2) ، الذي يُعد أحد غازات الاحتباس الحراري. وتتأثر كمية الانبعاثات بمقدار الوقود المستهلك ونوعه والخصائص الفنية للمحركات وطبيعة تشغيل القوارب.

وفي مرسى الوادي بمدينة صبراتة، تستخدم قوارب الصيد محركات خارجية ثنائية الأشواط تعتمد على خليط من البنزين وزيت التزييت. وقد أظهرت بيانات المسح الميداني أن استهلاك البنزين يبلغ نحو 60 لترًا خلال رحلة الصيد الواحدة، في حين أفاد الصيادون بأن نسبة خلط زيت التزييت تبلغ نحو 1 كجم لكل 30 لترًا من البنزين. وتتيح هذه المعلومات تقدير كمية مكوني خليط الوقود المستخدم خلال الرحلة، ومن ثم تقدير انبعاثات ثاني أكسيد الكربون المباشرة الناتجة عن احتراقهما.

وعلى الرغم من أهمية هذه البيانات في فهم الانبعاثات المرتبطة بنشاط الصيد، فإن المعلومات الكمية المحلية المتعلقة باستهلاك الوقود والانبعاثات الناتجة عن تشغيل قوارب الصيد لا تزال محدودة، كما أن اختلاف عدد رحلات الصيد وظروف التشغيل من يوم إلى آخر يجعل تقدير الانبعاثات مرتبطًا بمستوى النشاط الفعلي للقوارب.

ومن هنا تتمثل مشكلة الدراسة في الحاجة إلى تقدير انبعاثات ثاني أكسيد الكربون المباشرة الناتجة عن احتراق البنزين وزيت التزييت المستخدمين في تشغيل قوارب الصيد بمرسى الوادي، بالاستناد إلى بيانات المسح الميداني وإفادات الصيادين والخصائص الفنية والتشغيلية للقوارب التي شملتها الدراسة.
وعليه، تسعى الدراسة إلى الإجابة عن التساؤل الرئيس الآتي:
ما مقدار انبعاثات ثاني أكسيد الكربون المباشرة المقدّرة الناتجة عن احتراق البنزين وزيت التزييت المستخدمين في تشغيل قوارب الصيد بمرسى الوادي بمدينة صبراتة؟

3.أهداف الدراسة

تهدف هذه الدراسة إلى:

1. توثيق الخصائص الفنية والتشغيلية لقوارب الصيد التي شملها المسح الميداني بمرسى الوادي، بما في ذلك أنواع المحركات وقدراتها.
2. تحديد استهلاك البنزين خلال رحلة الصيد الواحدة، وتقدير كمية زيت التزييت المصاحبة اعتمادًا على نسبة الخلط التي أفاد بها الصيادون.
3. تقدير انبعاثات ثاني أكسيد الكربون المباشرة الناتجة عن احتراق البنزين وزيت التزييت، كلٌّ على حدة، ثم تقدير إجمالي الانبعاثات الناتجة عن احتراق مكوني خليط الوقود.
4. مناقشة تقديرات استهلاك الوقود والانبعاثات في ضوء الخصائص الفنية والتشغيلية للقوارب والبيانات المتاحة، ومقارنتها بنتائج الدراسات السابقة ذات الصلة.

4 .أهمية الدراسة

4.1الأهمية العلمية

تسهم الدراسة في توفير بيانات ميدانية أولية عن استهلاك الوقود والانبعاثات المباشرة المرتبطة بتشغيل قوارب الصيد بمرسى الوادي، من خلال تناول مكوني خليط الوقود، وهما البنزين وزيت التزييت. كما تقدم تقديرات كمية يمكن أن تشكل مرجعًا أوليًا للدراسات المستقبلية التي تتناول استهلاك الطاقة والانبعاثات في أنشطة الصيد البحري، ولا سيما في المواقع الساحلية التي تفتقر إلى البيانات التشغيلية الموثقة.

4.2الأهمية البيئية والتطبيقية

توفر نتائج الدراسة مؤشرات تقديرية عن انبعاثات ثاني أكسيد الكربون المباشرة الناتجة عن احتراق الوقود المستخدم في قوارب الصيد التي شملها المسح الميداني. ويمكن الاستفادة من هذه المؤشرات في زيادة الوعي بالجوانب البيئية المرتبطة باستهلاك الوقود، وإبراز أهمية تحسين كفاءة استخدامه، فضلًا عن دعم الحاجة إلى برامج رصد ميداني دورية توفر بيانات أكثر دقة عن الاستهلاك والانبعاثات خلال المواسم المختلفة.

5. الدراسات السابقة

تناولت دراسات علمية متعددة استهلاك الوقود والانبعاثات المرتبطة بتشغيل القوارب والسفن، مع اختلاف أهدافها وطبيعة الأنشطة البحرية التي تناولتها. ففي أستراليا، أجرى (Byrnes and Warnken ,2006) دراسة لتقدير استهلاك الطاقة وانبعاثات غازات الدفيئة المرتبطة بقطاع القوارب السياحية، بالاعتماد على قاعدة بيانات شملت مشغلي القوارب، ومقابلات ميدانية، وعمليات تدقيق مباشرة. وقدرت الدراسة الانبعاثات بنحو 27 كغ من مكافئ ثاني أكسيد الكربون لكل سائح في الرحلة على متن القوارب العاملة بالبنزين، مقابل 61 كغ من مكافئ ثاني أكسيد الكربون للقوارب العاملة بالديزل. وتبرز أهمية هذه الدراسة في توضيح إمكانية تقدير الانبعاثات المرتبطة بتشغيل القوارب الصغيرة اعتمادًا على بيانات النشاط واستهلاك الوقود، مع الإشارة إلى أن نتائجها تخص القوارب السياحية ولا تمثل قوارب الصيد مباشرة.(Byrnes & Warnken, 2006)
وفي دراسة أخرى، بحث (Basurko et al. ,2013) الأداء الطاقي لثلاثة قوارب صيد خلال الفترة 2010–2012، من خلال إجراء تدقيق لاستهلاك الطاقة وتحليل تدفقاتها أثناء التشغيل. وأظهرت النتائج أن استهلاك الطاقة يتأثر بعدة عوامل، من بينها حجم القارب وبنيته، وحالة المحرك وأنماط استخدامه، ونوع معدات الصيد، وطبيعة الرحلات والمسافة إلى مناطق الصيد. وأكدت الدراسة أهمية إجراء تقييمات طاقية تراعي الخصائص التشغيلية لكل قارب، بدلًا من تعميم معدلات استهلاك موحدة على أسطول يضم قوارب مختلفة.(Basurko et al., 2013)
أما في الهند، فقد تناولت دراسة (Devi et al. ,2021) الانبعاثات الكربونية الناتجة عن نشاط سفن الصيد بشباك الجر على الساحل الشمالي الغربي للبلاد، وركزت على العلاقة بين أساليب الصيد واستهلاك الديزل والانبعاثات الناتجة عنه. وأشارت نتائجها إلى اختلاف كفاءة استهلاك الوقود والانبعاثات باختلاف نمط عمليات الصيد، كما أوضحت أن تحسين كفاءة التشغيل وتحديد الجهد الصيدي يمكن أن يساهما في الحد من الانبعاثات. وتفيد هذه الدراسة في إبراز أثر طبيعة النشاط التشغيلي ونمط الصيد في تحديد معدلات استهلاك الوقود والانبعاثات المرتبطة به.(Devi et al., 2021)
وفي سياق تقدير انبعاثات مصايد الأسماك، ناقش (Ziegler et al. ,2019) مدى دقة النماذج التي تعتمد على جهد الصيد لتقدير استهلاك الوقود وانبعاثات ثاني أكسيد الكربون، موضحين أن الاعتماد على افتراضات عامة بشأن ساعات تشغيل المحركات وحجم القوارب قد يؤدي إلى المبالغة في تقدير انبعاثات بعض فئات الأسطول أو التقليل

منها في فئات أخرى. وأبرزت الدراسة أهمية الاستناد إلى بيانات استهلاك الوقود الفعلية، متى كانت متاحة، مع ضرورة توضيح الافتراضات المستخدمة عند اللجوء إلى النماذج التقديرية.(Ziegler et al., 2019)
كما قدم (Byrnes and Dunn ,2020) مراجعة علمية للآثار البيئية المرتبطة بالقوارب والسفن والبنية التحتية للمراسي، تناولت جوانب متعددة تشمل التأثيرات الفيزيائية في الموائل البحرية، والتصريفات التشغيلية والهيدروكربونية، وغيرها من مصادر الضغط البيئي. وتبرز أهمية هذه المراجعة في توضيح تعدد التأثيرات البيئية المرتبطة بالأنشطة البحرية، وعدم اقتصارها على انبعاثات غازات الدفيئة وحدها.(Byrnes & Dunn, 2020)
يتضح من الدراسات السابقة أن استهلاك الوقود والانبعاثات المرتبطة بأنشطة الصيد البحري يتأثران بالخصائص الفنية للقوارب والمحركات، وطبيعة معدات الصيد، وأنماط التشغيل والرحلات البحرية. كما أكدت هذه الدراسات أهمية الاعتماد على بيانات استهلاك الوقود عند تقدير الانبعاثات، مع مراعاة اختلاف أنواع القوارب والمحركات وحدود التقييم البيئي عند مقارنة النتائج.
وفي ضوء ذلك، تتناول الدراسة الحالية حالة ميدانية لقوارب الصيد بمرسى الوادي في مدينة صبراتة، مع التركيز على القوارب المزودة بمحركات خارجية ثنائية الأشواط تعمل بخليط من البنزين وزيت التزييت. وتختلف عن الدراسات المشار إليها في تركيزها على تقدير انبعاثات ثاني أكسيد الكربون المباشرة الناتجة عن احتراق مكوني خليط الوقود، استنادًا إلى بيانات الخصائص الفنية والتشغيلية للقوارب وإفادات الصيادين بشأن استهلاك الوقود ونسبة الخلط. وتبرز أهمية هذا التوجه في توفير بيانات ميدانية أولية عن استهلاك الوقود والانبعاثات المرتبطة بقوارب الصيد الصغيرة في مرسى ساحلي ليبي، بما يسهم في إثراء البيانات المحلية ويدعم إجراء دراسات أكثر شمولًا خلال فترات ومواسم تشغيل مختلفة.

6. منهجية الدراسة

6.1 منطقة الدراسة

أُجريت الدراسة في مرسى الوادي بمدينة صبراتة، الواقعة على الساحل الشمالي الغربي لليبيا والمطلة على البحر الأبيض المتوسط. واقتصر النطاق المكاني للدراسة على قوارب الصيد العاملة في المرسى والمشمولة بالمسح الميداني، دون التوسع إلى مراسٍ أو مواقع إنزال أخرى بالمدينة.

6.2 تصميم الدراسة ونطاقها

اعتمدت الدراسة المنهج الكمي الوصفي التحليلي لتقدير انبعاثات ثاني أكسيد الكربون (CO_2) المباشرة الناتجة عن احتراق خليط البنزين وزيت التزييت المستخدم في تشغيل قوارب الصيد بمرسى الوادي. واستند التقدير إلى بيانات الخصائص الفنية والتشغيلية للقوارب، ومعلومات استهلاك البنزين الواردة في الاستبيان، ونسبة خلط زيت التزييت بالبنزين وفق الإفادات الميدانية.
اقتصر التقييم على انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناتجة عن احتراق مكونات خليط الوقود داخل المحركات، ولم يشمل الانبعاثات غير المباشرة الناتجة عن إنتاج الوقود أو نقله، كما لم يتناول غازي الميثان وأكسيد النيتروز أو دورة الحياة الكاملة لنشاط الصيد.

6.3 جمع البيانات الميدانية

أجريت الزيارة الميدانية إلى مرسى الوادي بمدينة صبراتة بتاريخ 18 يوليو 2026، وشملت معاينة قوارب الصيد الموجودة بالمرسى، وإجراء مقابلات مع خمسة من الصيادين للحصول على بيانات تتعلق بالخصائص الفنية والتشغيلية للقوارب والمحركات المستخدمة، إلى جانب استهلاك الوقود خلال رحلات الصيد.
وأظهرت المعاينة وجود سبعة قوارب صيد بالمرسى وقت إجراء الزيارة، في حين أفاد الصيادون بأن العدد الإجمالي للقوارب التابعة للمرسى يبلغ نحو 12 قارباً. كما أشارت الإفادات الميدانية إلى انخفاض عدد القوارب خلال الفترة الأخيرة، في ظل تزايد الشكاوى المتعلقة بحوادث السرقة.
وفيما يتعلق باستهلاك الوقود، أفاد الصيادون الذين شملتهم المقابلات بمعدل استهلاك متقارب بلغ نحو 60 لتراً من البنزين خلال رحلة الصيد الواحدة ذهاباً وإياباً. كما أفادوا بأن نسبة خلط زيت التزييت تبلغ نحو 1 كجم لكل 30 لتراً من البنزين. وبناءً على هذه النسبة، قُدرت كمية زيت التزييت المصاحبة لاستهلاك البنزين بنحو 2 كجم للرحلة الواحدة.
واعتمدت الدراسة على هذه الإفادات في تحديد كميات الوقود المستخدمة لأغراض الحسابات، دون إجراء قياسات مباشرة لاستهلاك البنزين أو زيت التزييت أثناء الرحلات. كما اقتصرت البيانات على الزيارة الميدانية المشار إليها، ولذلك تعكس النتائج ظروف التشغيل والإفادات المتاحة وقت جمع البيانات، ولا تمثل بالضرورة معدلات الاستهلاك لجميع قوارب المرسى أو خلال فترات تشغيل أخرى.



شكل (1) قوارب الصيد الفيبرجلاس في مرسى الوادي



شكل (2) مرسى الوادي في صبراته

جدول (1): البيانات الفنية والتشغيلية لقوارب الصيد والوقود المستخدم

المتغير	مصدر البيانات	القيمة أو الوصف
نوع القارب	المعاينة الميدانية	قارب صيد مصنوع من الفيبرجلاس
طول القارب	المعاينة الميدانية	7متر
عرض القارب	المعاينة الميدانية	2.5متر
الوزن الإجمالي للقارب	البيانات الميدانية	1100كجم
نوع المحرك	المعاينة الميدانية	محرك خارجي ثنائي الأشواط
عدد المحركات بالقارب	المعاينة الميدانية	محركان
قدرة المحرك	البيانات الفنية	25–40كيلوواط
آلية تشغيل المحرك الثاني	إفادات الصيادين	يُشغّل عند الحاجة إلى قطع مسافات بحرية إضافية
سعة خزان الوقود	البيانات الميدانية	30لترًا للخزان الواحد
نوع الوقود	إفادات الصيادين	البنزين المخلوط بزيت التزييت
استهلاك البنزين للرحلة	إفادات الصيادين	60لترًا ذهابًا وإيابًا
نسبة خلط زيت التزييت	إفادات الصيادين	1كجم لكل 30 لترًا من البنزين
كمية زيت التزييت المقدرة للرحلة	حساب مشتق من نسبة الخلط	2كجم
عدد الرحلات اليومية	إفادات الصيادين	متغير؛ قد يصل إلى ثلاث رحلات في أيام التشغيل

6.4 منهجية تقدير انبعاثات ثاني أكسيد الكربون

اعتمدت الدراسة في تقدير انبعاثات ثاني أكسيد الكربون (CO_2) على منهجية حساب الانبعاثات الناتجة عن احتراق الوقود، وفق المبادئ الواردة في إرشادات الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ (IPCC, 2006). ونظرًا إلى أن القوارب محل الدراسة تستخدم محركات خارجية ثنائية الأشواط تعمل بخليط من البنزين وزيت التزييت، فقد جرى تقدير الانبعاثات الناتجة عن احتراق كل مكوّن بصورة منفصلة، ثم جمع القيمتين لتحديد إجمالي انبعاثات ثاني أكسيد الكربون للرحلة الواحدة.

واستُخدمت القيم الافتراضية للقيمة الحرارية الصافية ومعاملات انبعاث ثاني أكسيد الكربون الواردة في إرشادات (IPCC ,2006)، وذلك في ظل عدم توفر تحاليل مخبرية خاصة بتركيب الوقود والزيت المستخدمين. كما اعتُمدت كمية البنزين المبلغ عنها ميدانيًا، في حين قُدّرت كمية زيت التزييت بالاستناد إلى نسبة الخلط التي أفاد بها الصيادون. وقد أُجريت الحسابات وفق المعادلات الخاصة بكل مكوّن من مكونات خليط الوقود، مع مراعاة توحيد وحدات القياس قبل حساب الانبعاثات الكلية.

6.4.1 تقدير انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناتجة عن احتراق البنزين

يُحسب مقدار البنزين المستهلك باللتر، ثم يُحوّل إلى كتلة باستخدام كثافة البنزين، وبعد ذلك تُحسب الطاقة الناتجة عن احتراقه باستخدام القيمة الحرارية الصافية، وتُقدّر انبعاثات ثاني أكسيد الكربون وفق معامل الانبعاث المعتمد. المعادلات المستخدمة:

$$M_g = V_g \times \rho_g$$

$$E_g = M_g \times NCV_g$$

$$CO_{2,g} = \frac{E_g \times EF_g}{10^6}$$

حيث:

- M_g: كتلة البنزين المستهلك (كجم).
- V_g : حجم البنزين المستهلك (لتر).
- ρ_g : كثافة البنزين (كجم/لتر).
- E_g: الطاقة الناتجة عن احتراق البنزين (ميجا جول).
- NCV_g: القيمة الحرارية الصافية للبنزين (ميجا جول/كجم).
- EF_g: معامل انبعاث ثاني أكسيد الكربون للبنزين)(كجم/CO_2 تيرا جول).
- $CO_{2,g}$: كمية ثاني أكسيد الكربون الناتجة عن احتراق البنزين (كجم)

نظرًا إلى احتمال اختلاف كثافة البنزين باختلاف خصائص الوقود ومصدره، أُجري تحليل حساسية لتحديد أثر تغير الكثافة في تقديرات انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناتجة عن احتراق البنزين. واعتمد التحليل نطاقًا مرجعيًا لكثافة البنزين يتراوح بين 0.720 و0.775 كجم/لتر عند درجة حرارة 15°م، استنادًا إلى المواصفة الأوروبية (EN 228:2012+A1:2017). واختيرت ثلاث قيم ضمن هذا النطاق، تمثل الحد الأدنى (0.720 كجم/لتر)، والقيمة المرجعية الوسطية (0.741 كجم/لتر)، والحد الأعلى (0.775 كجم/لتر)، وذلك لدراسة انعكاس تغير الكثافة على كتلة انبعاثات ثاني أكسيد الكربون المقدرة، مع تثبيت بقية معاملات الحساب.

6.4.2 تقدير انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناتجة عن احتراق زيت التزييت

نظرًا إلى أن زيت التزييت يُضاف إلى البنزين ويُحرق معه داخل محركات ثنائية الأشواط، فقد أُدرج ضمن حسابات انبعاثات الاحتراق المباشر. وتُقدّر كتلته اعتمادًا على نسبة الخلط المبلغ عنها ميدانيًا، ثم تُحسب الطاقة الناتجة عن احتراقه وانبعاثات ثاني أكسيد الكربون وفق المعادلات الآتية:

$$m_o = V_g \times r_o$$

$$E_o = m_o \times NCV_o$$

$$CO_{2,o} = \frac{E_o \times EF_o}{10^6}$$

حيث:

- m_o: كتلة زيت التزييت المستهلك (كجم).
- r_o: نسبة زيت التزييت إلى حجم البنزين (كجم/لتر).
- E_o: الطاقة الناتجة عن احتراق زيت التزييت (ميجا جول).
- NCV_o: القيمة الحرارية الصافية لزيت التزييت (ميجا جول/كجم).
- EF_o: معامل انبعاث ثاني أكسيد الكربون لزيت التزييت (كجم CO_2/تيرا جول).
- $CO_{2,o}$: كمية ثاني أكسيد الكربون الناتجة عن احتراق زيت التزييت (كجم).

حيث تمثل النتيجة كمية الانبعاثات بالكيلوجرام.

6.4.3 إجمالي انبعاثات ثاني أكسيد الكربون

يُحسب إجمالي انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناتجة عن احتراق مكوّني خليط الوقود بجمع الانبعاثات المقدّرة لكل منهما، وفق المعادلة الآتية:

$$CO_{2,total} = CO_{2,g} + CO_{2,o}$$

حيث يمثل $CO_{2,total}$ إجمالي انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناتجة عن احتراق البنزين وزيت التزييت معًا خلال الرحلة الواحدة) كجم.(CO_2)

جدول (2): القيم الحرارية ومعاملات انبعاث ثاني أكسيد الكربون المعتمدة في الحسابات

المعامل	زيت التزييت	البنزين	الوحدة
القيمة الحرارية الصافية(NCV)	40.2	44.3	ميجا جول/كجم
معامل انبعاث ثاني أكسيد الكربون(EF)	73,300	69,300	كجم CO_2/تيرا جول
معامل الأكسدة(OF)	1.00	1.00	—

المصدر : الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ(IPCC, 2006) ، المجلد الثاني: الطاقة، الفصل الأول، والفصل الثالث.

6.4 معالجة البيانات وتحليلها

نُظمت البيانات الميدانية وصُنفت في جداول باستخدام برنامجMicrosoft Excel ، تمهيداً لإجراء الحسابات اللازمة لتقدير انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناتجة عن احتراق البنزين وزيت التزييت. واعتمدت الحسابات على كمية البنزين المبلغ عنها من الصيادين، والبالغة نحو 60 لتراً للرحلة الواحدة ذهاباً وإياباً، في حين قُدرت كمية زيت التزييت المصاحبة استناداً إلى نسبة الخلط المبلغ عنها.

ونظراً إلى اعتماد الدراسة على إفادات الصيادين دون إجراء قياسات مباشرة لاستهلاك الوقود أثناء الرحلات، فقد اقتصر التحليل على تقدير الانبعاثات المرتبطة بكمية الوقود المبلغ عنها، مع استخدام نطاق مرجعي لكثافة البنزين لتوضيح أثر اختلاف هذه الخاصية في النتائج الحسابية. كما روعي عند تفسير النتائج أن البيانات جُمعت خلال زيارة ميدانية واحدة، وأن عدد القوارب التي عوينت وعدد الصيادين الذين تمت مقابلتهم لا يمثلان بالضرورة جميع قوارب المرسى.

7 .النتائج

استناداً إلى المقابلات الميدانية مع خمسة من الصيادين، بلغ استهلاك البنزين المبلغ عنه نحو 60 لتراً خلال رحلة الصيد الواحدة ذهاباً وإياباً، وهي قيمة اتفقت عليها إفادات المشاركين في المقابلات. وبالاستناد إلى نسبة خلط زيت التزييت المبلغ عنها، قُدرت كميته بنحو 2 كجم للرحلة الواحدة. وأظهرت الحسابات أن إجمالي انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناتجة عن احتراق مكوني خليط الوقود يتراوح بين 138.52 و148.65 كجم CO_2 للرحلة الواحدة، تبعاً لقيمة كثافة البنزين المرجعية المستخدمة.

وينبغي تفسير هذه النتائج في ضوء طبيعة البيانات التي استندت إليها الدراسة؛ إذ إن كمية البنزين لم تنتج عن قياسات مباشرة أثناء الرحلات، وإنما استُمدت من إفادات الصيادين، كما أن كمية زيت التزييت قُدرت حسابياً وفق نسبة الخلط المبلغ عنها. وعليه، فإن النتائج تمثل تقديراً أولياً لانبعاثات الرحلة الواحدة وفق مدخلات المسح الميداني، ولا يمكن اعتبارها متوسطاً إحصائياً لاستهلاك جميع قوارب المرسى أو انبعاثاتها.

جدول (3): كميات مكونات خليط الوقود المعتمدة في الحسابات

مكوّن الوقود	أساس التقدير	الكمية المقدرة للرحلة الواحدة
البنزين	إفادات الصيادين	60لترًا
زيت التزييت	نسبة الخلط المبلغ عنها	2كجم

المصدر: بيانات المسح الميداني والحسابات المشتقة منها.

جدول (4): تقدير انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناتجة عن احتراق مكونات خليط الوقود

مكوّن الوقود	الكمية المستهلكة	انبعاثات (CO_2) كجم/رحلة
البنزين	60لترًا	132.62–142.75
زيت التزييت	2كجم	5.89
إجمالي الانبعاثات	—	138.52–148.65

المصدر: نتائج الحسابات بالاستناد إلى معاملات IPCC (2006) ونطاق كثافة البنزين المرجعي.

جدول (5): تغير انبعاثات ثاني أكسيد الكربون تبعًا لكثافة البنزين

كثافة البنزين (كجم/لتر)	انبعاثات البنزين كجم (CO_2)	انبعاثات الزيت كجم(CO_2)	إجمالي الانبعاثات كجم(CO_2)
0.720	132.62	5.89	**138.52**
0.741	136.49	5.89	**142.39**
0.775	142.75	5.89	**148.65**

المصدر: حسابات الدراسة استنادًا إلى نطاق كثافة البنزين المرجعي وفق المواصفة الأوروبية EN 228:2012+A1:2017

تُظهر النتائج أن احتراق البنزين يشكل المساهمة الرئيسة في إجمالي انبعاثات ثاني أكسيد الكربون المقدرة، في حين يضيف احتراق زيت التزييت انبعاثات أخرى ترتبط بتركيبه واحتراقه ضمن خليط الوقود. كما يتضح أن تقدير الانبعاثات يتأثر بقيمة كثافة البنزين المعتمدة؛ إذ أدى تطبيق نطاق الكثافة المرجعي إلى اختلاف في إجمالي الانبعاثات المقدرة للرحلة الواحدة. ويؤكد ذلك ضرورة مراعاة خصائص الوقود عند إجراء تقديرات الانبعاثات القائمة على بيانات الاستهلاك الحجمي.

8.مناقشة النتائج ومقارنتها بالدراسات السابقة

أظهرت نتائج الدراسة أن استهلاك البنزين في رحلة الصيد الواحدة، ذهابًا وإيابًا، بلغ نحو 60 لترًا، في حين قُدرت كمية زيت التزييت المصاحبة بنحو 2 كجم، استنادًا إلى نسبة الخلط التي أفاد بها الصيادون، والبالغة 1 كجم من الزيت لكل 30 لترًا من البنزين. وباستخدام معاملات الانبعاث والقيم الحرارية المعتمدة، قُدرت انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناتجة عن احتراق البنزين وزيت التزييت معًا بنحو 138.52–148.65 كجم CO_2 للرحلة الواحدة. ويعكس هذا المجال اختلاف كثافة البنزين المرجعية المستخدمة في الحساب، ولا يمثل مجال ثقة إحصائيًا أو تباينًا مقاسًا بين القوارب.

وتشير النتائج إلى أن احتراق البنزين يمثل المساهمة الأكبر في إجمالي الانبعاثات المقدرة، مقارنة بزيت التزييت الذي أُضيف إلى الحسابات وفق نسبة الخلط المبلغ عنها. وتنبع أهمية إدراج الزيت من أن المحركات ثنائية الأشواط المستخدمة في القوارب تعتمد على خلط زيت التزييت بالبنزين، بحيث يُحرق المكونان أثناء تشغيل المحرك. ومن ثم، فإن الاقتصار على حساب انبعاثات البنزين وحده لا يعكس كامل انبعاثات الاحتراق المباشر لخليط الوقود المستخدم في هذه المحركات. ومع ذلك، ينبغي تفسير مساهمة الزيت بحذر؛ إذ إن كميته لم تُقَس مباشرة، وإنما

قُدرت من إفادات الصيادين، كما استُخدمت له قيم حرارية ومعاملات انبعاث مرجعية لعدم توفر تحليل خاص بالمنتج المستخدم.
وتتفق هذه النتيجة من حيث أهمية دراسة استهلاك الوقود والخصائص التشغيلية للقوارب مع ما توصلت إليه دراسة (Basurko et al. ,2013)، التي أظهرت، من خلال تدقيق استهلاك الطاقة لثلاثة قوارب صيد، أن استهلاك الطاقة يتأثر بحجم القارب وبنيته، وحالة المحرك ونمط استخدامه، ونوع معدات الصيد، وطبيعة الرحلات والمسافة إلى مناطق الصيد. كما أكدت الدراسة أن تقييم الأداء الطاقي ينبغي أن يكون خاصًا بكل قارب، وأن تعميم معدلات موحدة لا يكون مناسبًا عند اختلاف خصائص القوارب وأنماط تشغيلها. وتدعم هذه النتائج أهمية ربط تقديرات الانبعاثات في مرسى الوادي ببيانات التشغيل الفعلية، بدلًا من الاعتماد على معدلات عامة لا تعكس ظروف القوارب المحلية .
وفي السياق ذاته، تناولت دراسة (Devi et al. ,2021)انبعاثات الكربون المرتبطة بقوارب الجر على الساحل الشمالي الغربي للهند، وأوضحت أهمية أسلوب الصيد ونمط تشغيل القوارب في تفسير اختلاف استهلاك الوقود والانبعاثات. كما أشارت إلى أن قوارب الجر ذات الرحلات اليومية أظهرت كفاءة أعلى مقارنة ببعض مجموعات الجر الأخرى التي شملتها الدراسة. وعلى الرغم من اتفاق الدراستين في تناول العلاقة بين نشاط الصيد واستهلاك الوقود والانبعاثات، فإن اختلاف نوع القوارب والمحركات والوقود المستخدم، فضلًا عن اختلاف نطاق التقييم، لا يسمح بإجراء مقارنة رقمية مباشرة بين نتائج الدراستين .
وعلى مستوى مصايد الصيد صغيرة النطاق في البحر المتوسط، قدمت دراسة (Cavraro et al. ,2023)تقديرًا لانبعاثات ثاني أكسيد الكربون في قوارب الصيد صغيرة النطاق بمنطقة البحر الأدرياتيكي الوسطى والشمالية، وربطت الانبعاثات بكمية المصيد، حيث بلغت كثافة الانبعاثات المقدرة 7.01 كجم CO_2 لكل كيلوجرام من المصيد. وتكتسب هذه الدراسة أهمية في سياق البحث الحالي لقربها الجغرافي وارتباطها بمصايد الصيد صغيرة النطاق، إلا أن المقارنة الكمية بين الدراستين غير ممكنة في الوقت الحالي؛ لأن الدراسة الحالية لم تتضمن بيانات كمية المصيد، كما أن تقديراتها تخص رحلة واحدة ولا تتضمن حساب كثافة الانبعاثات بالنسبة إلى الإنتاج السمكي. ويبرز ذلك أهمية إضافة بيانات المصيد في الدراسات اللاحقة حتى يمكن الانتقال من تقدير كمية الانبعاثات إلى تقييم كفاءة استخدام الوقود بالنسبة إلى الناتج السمكي .
أما دراسة (Greer et al. ,2019)فقد تناولت الاتجاهات العالمية لانبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناتجة عن احتراق الوقود في مصايد الصيد البحرية خلال الفترة 1950–2016، وأظهرت ارتفاع انبعاثات قطاع الصيد صغير النطاق عالميًا من نحو 8 ملايين طن عام 1950 إلى 48 مليون طن عام 2016، مع زيادة كثافة الانبعاثات بالنسبة إلى كمية المصيد. وتؤكد هذه النتائج أهمية إدراج مصايد الصيد صغيرة النطاق ضمن دراسات انبعاثات قطاع الصيد، وعدم قصر الاهتمام على الأساطيل الصناعية الكبيرة. ومع ذلك، فإن اختلاف المستوى المكاني والزمني ووحدة التحليل يمنع مقارنة هذه التقديرات العالمية بالقيم المحسوبة لرحلة الصيد في مرسى الوادي .
وتتفق الدراسة الحالية كذلك مع ما أوضحته دراسة (Parker et al. ,2018) بشأن الدور الأساسي لاستهلاك الوقود في تحديد انبعاثات قطاع الصيد البحري؛ إذ قدرت الدراسة استهلاك أساطيل الصيد العالمية بنحو 40 مليار لتر من الوقود عام 2011، وما ارتبط به من انبعاثات بلغت نحو 179 مليون طن من مكافئ ثاني أكسيد الكربون. غير أن هذه التقديرات تشمل نطاقًا أوسع من غازات الدفيئة وعلى مستوى الأساطيل العالمية، في حين تقتصر الدراسة الحالية على انبعاثات ثاني أكسيد الكربون المباشرة الناتجة عن احتراق البنزين وزيت التزييت في القوارب المشمولة بالمسح. ولذلك تقتصر أوجه الاتفاق على أهمية استهلاك الوقود بوصفه محددًا للانبعاثات، دون إجراء مقارنة كمية مباشرة بين النتائج .
وبوجه عام، توضح نتائج الدراسة أن تقدير انبعاثات قوارب الصيد يتطلب مراعاة كمية الوقود المستهلكة ومكونات الخليط المستخدم وطبيعة التشغيل، إلى جانب الخصائص الفنية للقارب والمحرك. كما أن تفاوت عدد الرحلات اليومية، الذي تراوح وفق الإفادات بين رحلة واحدة وثلاث رحلات، يشير إلى أن تقدير الانبعاثات اليومية يتأثر بمستوى النشاط الفعلي، ولا يمكن تمثيله بقيمة يومية ثابتة دون توفر سجلات تشغيل وقياسات متكررة. وتظل النتائج الحالية تقديرًا ميدانيًا أوليًا ضمن حدود البيانات المتاحة، ولا تمثل إجمالي انبعاثات جميع قوارب مرسى الوادي أو متوسط انبعاثاتها خلال موسم أو سنة كاملة.

9.التوصيات

في ضوء النتائج التي توصلت إليها الدراسة، وفي حدود البيانات الميدانية المتاحة، توصي الدراسة بما يأتي:
1.اعتماد القياس المباشر لاستهلاك الوقود :إجراء قياسات فعلية لكمية البنزين وزيت التزييت المستهلكة خلال رحلات الصيد، بدلًا من الاعتماد على الإفادات التقديرية وحدها، بما يسهم في تحسين دقة حساب الانبعاثات.
2.توثيق استهلاك مكونات خليط الوقود :تسجيل كميات البنزين وزيت التزييت المستخدمة، والتحقق ميدانيًا من نسبة الخلط الفعلية، مع توثيق نوع زيت التزييت وخصائصه الفنية كلما أمكن، لتقليل عدم اليقين في تقدير انبعاثاته.

3.توسيع نطاق المسح الميداني :تكرار جمع البيانات على عدد أكبر من القوارب وخلال فترات ومواسم مختلفة، مع توثيق عدد الرحلات اليومية ومدتها والمسافات المقطوعة، بما يسمح بتكوين قاعدة بيانات أكثر تمثيلًا لأنماط التشغيل في المرسى.
4.استكمال مؤشرات الأداء الطاقي ولانبعاثي :ربط استهلاك الوقود والانبعاثات بساعات تشغيل المحركات وكمية المصيد، بهدف حساب مؤشرات مثل استهلاك الوقود لكل وحدة من المصيد، وانبعاثات ثاني أكسيد الكربون لكل كيلوجرام من الأسماك المصطادة.
5.الاهتمام بكفاءة المحركات وصيانتها :تشجيع الصيادين على إجراء الصيانة الدورية للمحركات، ومراعاة توصيات الشركات المصنعة بشأن نسب خلط الوقود بزيت التزييت، واختيار المحركات الملائمة لطبيعة القارب ونشاط الصيد.
6.توسيع نطاق الدراسات المكانية :إجراء دراسات مماثلة في مرسى طريق المستشفى ومرسى الفنار بمدينة صبراتة، بما يتيح مقارنة أنماط استهلاك الوقود والانبعاثات بين مواقع نشاط الصيد المختلفة في المدينة.
7.تطوير نطاق التقدير البيئي مستقبلًا :دراسة الغازات الأخرى الناتجة عن احتراق الوقود، مثل الميثان وأكسيد النيتروز، عند توفر البيانات والمنهجيات المناسبة، مع الحفاظ على التمييز بين الانبعاثات المباشرة والانبعاثات غير المباشرة المرتبطة بدورة حياة الوقود.

10.الخاتمة

خلصت هذه الدراسة إلى أن تشغيل قوارب الصيد بمرسى الوادي في مدينة صبراتة يرتبط باستهلاك البنزين المخلوط بزيت التزييت، المستخدم في المحركات الخارجية ثنائية الأشواط. واستناداً إلى المسح الميداني الذي أُجري بتاريخ 18 يوليو 2026، وشمل معاينة سبعة قوارب وإجراء مقابلات مع خمسة صيادين، أظهرت الإفادات الميدانية أن استهلاك البنزين يبلغ نحو 60 لتراً خلال رحلة الصيد الواحدة ذهاباً وإياباً، في حين قُدرت كمية زيت التزييت المصاحبة بنحو 2 كجم، استناداً إلى نسبة الخلط المبلغ عنها.
وباستخدام منهجية تقدير انبعاثات احتراق الوقود والقيم الحرارية ومعاملات الانبعاث المرجعية، قُدر إجمالي انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناتجة عن احتراق البنزين وزيت التزييت بنحو 138.52–148.65 كجم CO_2 للرحلة الواحدة. ويعكس هذا المجال أثر اختلاف كثافة البنزين المرجعية المستخدمة في الحسابات، ولا يمثل تبايناً مقاساً بين القوارب أو مجال ثقة إحصائياً.
وتقدم الدراسة تقديراً ميدانياً أولياً للانبعاثات المباشرة الناتجة عن احتراق مكونات خليط الوقود المستخدم في قوارب الصيد بمرسى الوادي، كما توضح أهمية إدراج زيت التزييت ضمن حسابات انبعاثات المحركات ثنائية الأشواط. ومع ذلك، ينبغي تفسير النتائج في ضوء محدودية نطاق المسح، واعتماد تقديرات استهلاك الوقود على إفادات الصيادين دون إجراء قياسات مباشرة أثناء الرحلات، فضلاً عن اقتصار المعاينة على القوارب الموجودة وقت الزيارة. ولذلك لا تمثل القيم المحسوبة إجمالي انبعاثات المرسى أو متوسط انبعاثات أسطوله، وإنما تقديرات مرتبطة بالرحلة الواحدة وفق البيانات المتاحة. وتبرز الحاجة إلى توسيع المسح الميداني وتكرار قياسات استهلاك الوقود والزيت، وتوثيق ساعات تشغيل المحركات والمسافات المقطوعة وكمية المصيد، للوصول إلى تقديرات أكثر دقة وتمثيلاً لنشاط الصيد البحري في المنطقة.

References

1. Basurko, O. C., Gabiña, G., & Uriondo, Z. (2013). Energy performance of fishing vessels and potential savings. *Journal of Cleaner Production, 54*, 30–40. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.05.024
2. Byrnes, T. A., & Dunn, R. J. K. (2020). Boating- and shipping-related environmental impacts and example management measures: A review. *Journal of Marine Science and Engineering, 8*(11), Article 908. https://doi.org/10.3390/jmse8110908
3. Byrnes, T. A., & Warnken, J. (2006). Greenhouse gas emissions from marine tours: A case study of Australian tour boat operators. *Journal of Sustainable Tourism, 14*(3), 255–270. https://doi.org/10.1080/09669580608669058
4. Cavraro, F., Anelli Monti, M., Caccin, A., Fiori, F., Grati, F., Russo, E., Scarcella, G., Vrdoljak, D., Matić-Skoko, S., & Pranovi, F. (2023). Is the small-scale fishery more sustainable in terms of GHG emissions? A case study analysis from the Central Mediterranean Sea. *Marine Policy, 148*, Article 105474. https://doi.org/10.1016/j.marpol.2023.105474
5. Devi, M. S., Xavier, K. A. M., Singh, A. S., Edwin, L., Singh, V. V., & Shenoy, L. (2021). Environmental pressure of active fishing method: A study on carbon emission

by trawlers from north-west Indian coast. *Marine Policy, 127*, Article 104453. https://doi.org/10.1016/j.marpol.2021.104453
6. European Parliament. (2023). *Decarbonising the fishing sector: Energy efficiency measures and alternative energy solutions for fishing vessels*. European Parliamentary Research Service. https://www.europarl.europa.eu/thinktank/en/document/EPRS_STU(2023)740225
7. Greer, K., Zeller, D., Woroniak, J., Coulter, A., Winchester, M., Deng Palomares, M. L., & Pauly, D. (2019). Global trends in carbon dioxide (CO_2) emissions from fuel combustion in marine fisheries from 1950 to 2016. *Marine Policy, 107*, Article 103382. https://doi.org/10.1016/j.marpol.2018.12.001
8. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2006a). *2006 IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories: Volume 2—Energy, Chapter 1: Introduction*. Institute for Global Environmental Strategies (IGES). https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/2_Volume2/V2_1_Ch1_Introduction.pdf
9. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2006b). *2006 IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories: Volume 2—Energy, Chapter 3: Mobile combustion*. Institute for Global Environmental Strategies (IGES). https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/2_Volume2/V2_3_Ch3_Mobile_Combustion.pdf
10. Parker, R. W. R., Blanchard, J. L., Gardner, C., Green, B. S., Hartmann, K., Tyedmers, P. H., & Watson, R. A. (2018). Fuel use and greenhouse gas emissions of world fisheries. *Nature Climate Change, 8*, 333–337. https://doi.org/10.1038/s41558-018-0117-x
11. Ziegler, F., Eigaard, O. R., Parker, R. W. R., Tyedmers, P. H., Hognes, E. S., & Jafarzadeh, S. (2019). Adding perspectives to: "Global trends in carbon dioxide (CO_2) emissions from fuel combustion in marine fisheries from 1950–2016". *Marine Policy, 107*, Article 103488. https://doi.org/10.1016/j.marpol.2019.03.001