

## Study of the Impact of Brake Flaps on Ship Braking and Maneuvering using CFD

Dr. Nawar Abbas\*  
Rahaf Deeb\*\*

(Received 20 / 2 / 2024. Accepted 29 / 4 / 2024)

### □ ABSTRACT □

In this research, brake flaps were installed on the hull of the KVLCC2 ship to investigate their impact on enhancing the braking force of the ship. The aim was to reduce the considerable distances covered by large ships during the stopping process before reaching the final stopping phase. Computational Fluid Dynamics (CFD) methodology was employed with RANS equations and k- $\omega$  SST model to solve the Navier Stocks Equations in Ansys Fluent.

Initially, numerical results were compared with existing experimental data, showing good agreement between the two sets of results. Subsequently, simulations were conducted with one brake flap positioned at various locations on the symmetrical part of the ship's hull, followed by testing with two flaps. The resistance and moments affecting the tanker during navigation were computed at a straight course under different drift angles and speeds. The resistances and moments acting on the ship while sailing were calculated, and the results were studied and analyzed.

**Keywords:** drift angle, KVLCC2, CFD, k –  $\omega$  SST, ANSYS, RANS.

**Copyright**



:Tishreen University journal-Syria, The authors retain the copyright under a CC BY-NC-SA 04

\*Assistant Professor, Marine Engineering Department, Faculty of Mechanical and Electrical Engineering, Tishreen University, Latakia, Syria. Email: [dr.nawarnabilabbas@tishreen.edu.sy](mailto:dr.nawarnabilabbas@tishreen.edu.sy)

\*\* Master Student, Department of Marine Engineering, Faculty of Mechanical and Electrical Engineering, Tishreen University, Latakia, Syria. Email: [rahafdeeb95@gmail.com](mailto:rahafdeeb95@gmail.com)

## دراسة تأثير دفات الكبح الجانبية على فرملة السفينة ومناورتها باستخدام تقنية CFD

د. نوار عباس\*

رهف ديب\*\*

(تاريخ الإيداع 20 / 2 / 2024. قُبِلَ للنشر في 29 / 4 / 2024)

### □ ملخص □

في هذا البحث تم إضافة دفات كبح جانبية على بدن ناقلة نفط KVLCC2 من أجل دراسة تأثيرها على زيادة قوة الكبح للسفينة للتقليل من المسافات الكبيرة التي تقطعها السفن الضخمة اثناء عملية التوقف. تم القيام بهذه الدراسة باستخدام تقنية الـ CFD (Computational fluid dynamic)، حيث تم استخدام طريقة الـ Reynolds (Averaged Navier Stoke) RANS وموديل الاضطراب k- $\omega$  SST لحل معادلات نافيه ستوكس المتوفرة ضمن برنامج الـ ANSYS.

في بادئ الأمر تم معايرة النتائج الرقمية من خلال مقارنتها مع النتائج التجريبية المتوفرة، حيث كان التطابق جيد جدا. بعد ذلك تم إجراء الحسابات بوجود دفة جانبية واحدة في عدد من المواقع بالنسبة للجزء المتناظر من بدن السفينة، وبعدها تم إضافة دفتين وذلك اثناء إبحار السفينة إلى الأمام مباشرة بسرعات وزوايا انحراف مختلفة، المقاومات والعزوم المؤثرة على السفينة اثناء الإبحار تم حسابها وتم دراسة وتحليل النتائج.

**الكلمات المفتاحية:** زاوية الانحراف، السفينة الناقلة KVLCC2، CFD - ميكانيك الموائع الحسابية، k -  $\omega$  SST، برنامج الـ ANSYS، معادلات رينولدز نافيه ستوكس الوسطية.

حقوق النشر : مجلة جامعة تشرين- سورية، يحتفظ المؤلفون بحقوق النشر بموجب الترخيص



CC BY-NC-SA 04

\* مدرس - قسم الهندسة البحرية - جامعة تشرين - كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية - اللاذقية - سورية.

إيميل: [dr.nawarnabilabbas@tishreen.edu.sy](mailto:dr.nawarnabilabbas@tishreen.edu.sy)

\*\* طالبة ماجستير - قسم الهندسة البحرية - جامعة تشرين - كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية - اللاذقية - سورية. إيميل:

[rahafdeeb95@gmail.com](mailto:rahafdeeb95@gmail.com)

**مقدمة:**

كل سفينة بغض النظر عن وظيفتها، باستثناء بعض الطافيات التي لا تملك ذاتية الحركة، يجب أن تكون في وضع يسمح لها بالحفاظ على خط سير معين ووجهة معينة، وأن تستطيع تذليل تأثير الرياح، الأمواج، التيارات المائية وأن تستطيع تغيير خط سيرها وتقوم بمختلف المناورات. هذه الميزة الهامة للسفينة نابعة من وظيفتها كوسيلة نقل، وتدعى إمكانية القيادة والتحكم.

آلية الدفة هي التي تؤمن للسفينة الميزات السابقة من الحفاظ على خط السير إلى تغيير الاتجاه والمناورة. حيث أنه عند الرغبة بتغيير خط سير السفينة لابد من خلق عزم دوران يكون السبب في دوران السفينة لاتجاه معين حول محور عمودي يمر عبر مركز ثقلها. يتم تحقيق ذلك بواسطة الدفة، أو في بعض الأحيان بواسطة ما يسمى الحاقن أو الدفة الاسطوانية، والتي تستخدم إما منفردة أو مع عناصر أخرى من مجموعة الدفع والتوجيه.

في أغلب الأحوال يتم التحكم بالسفينة بواسطة الدفة. أما الحواكن المتحركة فتستخدم في القواطر، وفي بعض الأحيان في سفن النقل بهدف تحسين إمكانية التحكم والمناورة للسفينة. عندما تسير السفينة بخط مستقيم، وحالة هدوء الرياح والبحر وغيرها يغمر جسم السفينة والدفة بشكل متناظر بواسطة تيار الماء القادم، بحيث تتساوى قوة الدفع الناتجة عن الرافص مع مقاومة المياه المؤثرة على السفينة. عند ميلان ريشة الدفة إلى اليمين أو اليسار يؤثر التيار المائي على الدفة كعائق، وينتج ذلك تغيير طبيعة الغمر وتولد قوة على الدفة من جراء ضغط الماء. نقطة تأثير القوة على الدفة تدعى بمركز ضغط الماء على الدفة. القوى المتولدة على الدفة هي الأساس في تغيير مسار السفينة ومناورتها.

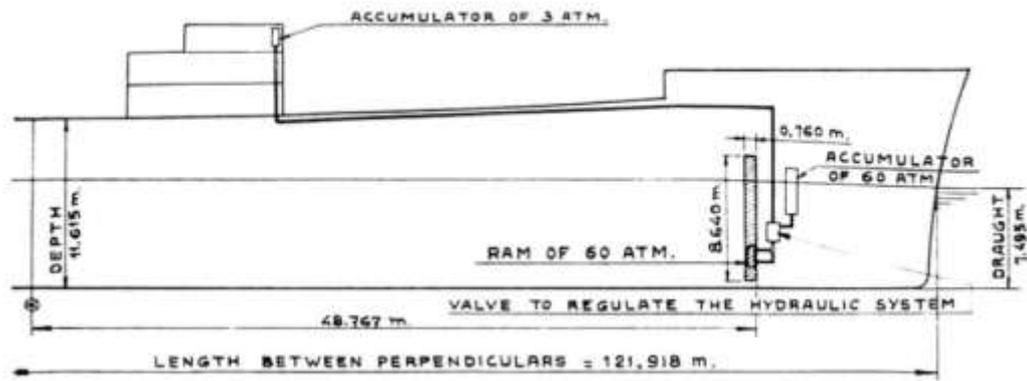
وعليه كما ذكر في الأعلى فإن الدفة هي العنصر الأساسي في الحفاظ على مسار السفينة وتغيير اتجاهها عند العمل في الظروف البحرية المختلفة. أما فيما يخص فرملة السفينة وبالأخص السفن الكبيرة فإن الموضوع يتحول إلى مشكلة كبيرة وغير قابلة للحل في بعض الأحيان. فمثلاً بالنسبة لنافلات النفط التي يصل وزنها إلى 175.000 tons تحتاج إلى طريق طويل كي تتوقف، هذه المسافة تصل لعدة أميال. يعتبر تدوير الرافص في الاتجاه العكسي من أكثر الوسائل المستخدمة لزيادة قوة الكبح المطبقة على السفينة، ولكن بالرغم من ذلك تحتاج السفن الضخمة إلى مسافات طويلة كي تتوقف، مع الأخذ بعين الاعتبار بأن دوران الرافص بشكل عكسي يزيد وبشكل واضح من الإجهادات المطبقة على المحرك وعلى مؤخرة السفينة، كما ويزيد من الاهتزازات في منطقة المؤخرة.

أكثر الطرق الكلاسيكية المتبعة من أجل اختبار السفن وملحقاتها هي الطرق التجريبية، ولكن ومع ازدياد تكلفة أجهزة القياس في التجارب والزمن اللازم لتنفيذ التجربة ومحدودية قنوات الاختبار أصبح الامر صعباً نوعاً ما لذلك يتم حالياً دراسة الجريان رقمياً باستخدام ديناميكا الموائع الحاسوبية (CFD, Computational Fluid Dynamics)، التي تعتبر إحدى فروع ميكانيك الموائع التي تستخدم الطرق العددية والخوارزميات لحل المسائل التي تتضمن جريان الموائع، وتحليل نتائج المحاكاة. يتم استخدام الحواسيب لإجراء ملايين الحسابات اللازمة لمحاكاة التفاعل والتأثير المتبادل بين الموائع والأسطح المختلفة. التحقق الأولي من جودة الـ CFD يكون غالباً بمقارنة نتائج الحسابات الرقمية مع النتائج التجريبية لحالات معروفة، بالإضافة إلى اللجوء إلى التحقق من النتائج العددية باستخدام النظريات الفيزيائية المناسبة للحالة المدروسة.

يعتبر نموذج السفينة الناقلة KVLCC2 من أكثر النماذج استخداماً في حسابات السفن الرقمية، وذلك بسبب توفر الكثير من النتائج التجريبية لهذا النموذج [8]–[1]، وهذا أحد أهم أسباب اختيارنا لهذا النوع من النماذج. وعند البحث في الدراسات السابقة نجد أن الكثير من الباحثين يختارون هذا النموذج وذلك لنفس السبب السابق. الدراسات التي تخص فرملة السفينة قليلة جداً، في عام 1963 وجد الباحث Jaeger أن الطريقة الوحيدة لإيقاف السفينة هي قلب آلية

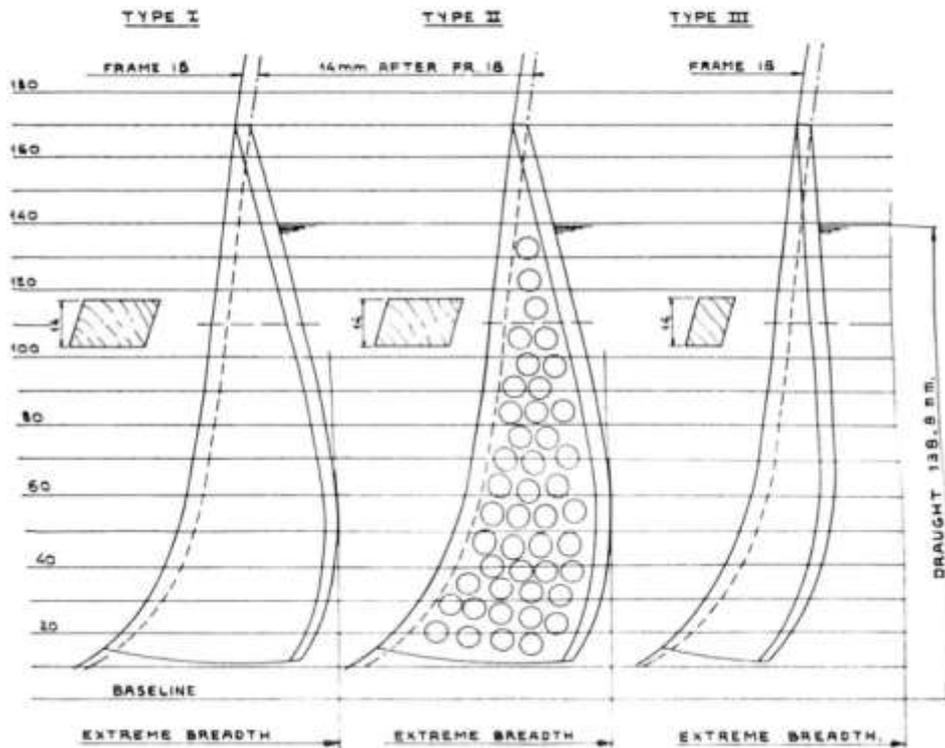
الدفع إلى الخلف حيث بين ضرورة إيجاد وسائل أخرى لزيادة المقاومة الأمامية للسفينة بناء على ذلك أجرى سلسلة اختبارات مستخدما فيها ثلاثة أنواع من الزعانف، انظر الشكل 1:

- النوع 1 يشغل 18.45% من ارتفاع البدن.
  - النوع 2 يماثل النوع الأول ولكن بوجود 45 ثقب بحيث يشغل فعليا 13.10% من ارتفاع البدن.
  - النوع 3 ذو مساحة أقل حيث يشغل 8.96% من ارتفاع البدن.
- بينت النتائج التي تم الحصول عليها من خلال سلسلة الاختبارات، أعطت كمؤشر أولي، أن الزعانف من النوع الثاني كانت الأكثر كفاءة من حيث تقليل الحمل المطبق والتأثير الإيجابي على آلية الكبح [9].



**BRAKEFLAPS OF THE MODEL.**

SCALE: 1:1000



الشكل 1: الدفات التي تم استخدامها ومكان تركيبها على السفينة [9].

في عام 2020 استخدم Zeynep et al. تقنية الـ CFD من أجل دراسة تأثير الدفات البوابية Gate Rudder على أداء السفينة وذلك باستخدام نموذجين مختلفين لسفينة حاويات واحدة. تم استخدام طريقة الـ RANS وموديل الاضطراب  $k - \omega SST$  من أجل حل معادلات نافيه ستوكس. تم مقارنة النتائج الرقمية مع النتائج التجريبية وأبدت توافقاً جيداً جداً. كما بينت النتائج أن السفن المزودة بنظام الـ Gate Rudder تتطلب قوى فرملة أقل بنسبة 17% من السفن المزودة بالنظام التقليدي للدفة وبالتالي هي تحقق توفير كبير في الطاقة [10].

### أهمية البحث وأهدافه:

كما هو واضح من الدراسات المرجعية، فإنه لا يوجد حتى الآن أي دراسة رقمية منشورة حول دراسة تأثير الدفات الجانبية. أغلب الدراسات تتم لدراسة تأثير الدفات التقليدية، وعليه سنقوم في هذا البحث بإضافة دفات كبح جانبية لدراسة تأثيرها على فرملة السفينة وأدائها أثناء المناورة.

### طرائق البحث ومواده:

الطرق والمواد التي تم استخدامها في هذا البحث هي كما يلي:

- برنامج الـ Ansys-Fluent.
- برنامج الـ ICEM من أجل بناء الشبكة الرقمية.
- نموذج السفينة الناقلة المدروسة.

### 1. الأبعاد الهندسية لنموذج السفينة الناقلة KVLCC2 والدفات الجانبية

الأبعاد الهندسية الأساسية الخاصة بالنموذج KVLCC2 مع المقارنة بأبعاد السفينة الأصلية موضحة في كل من الشكل 2 والجدول 1، نسبة التصغير 1/58.



الشكل 2: السفينة الناقلة KVLCC2 التي سيتم دراستها [11].

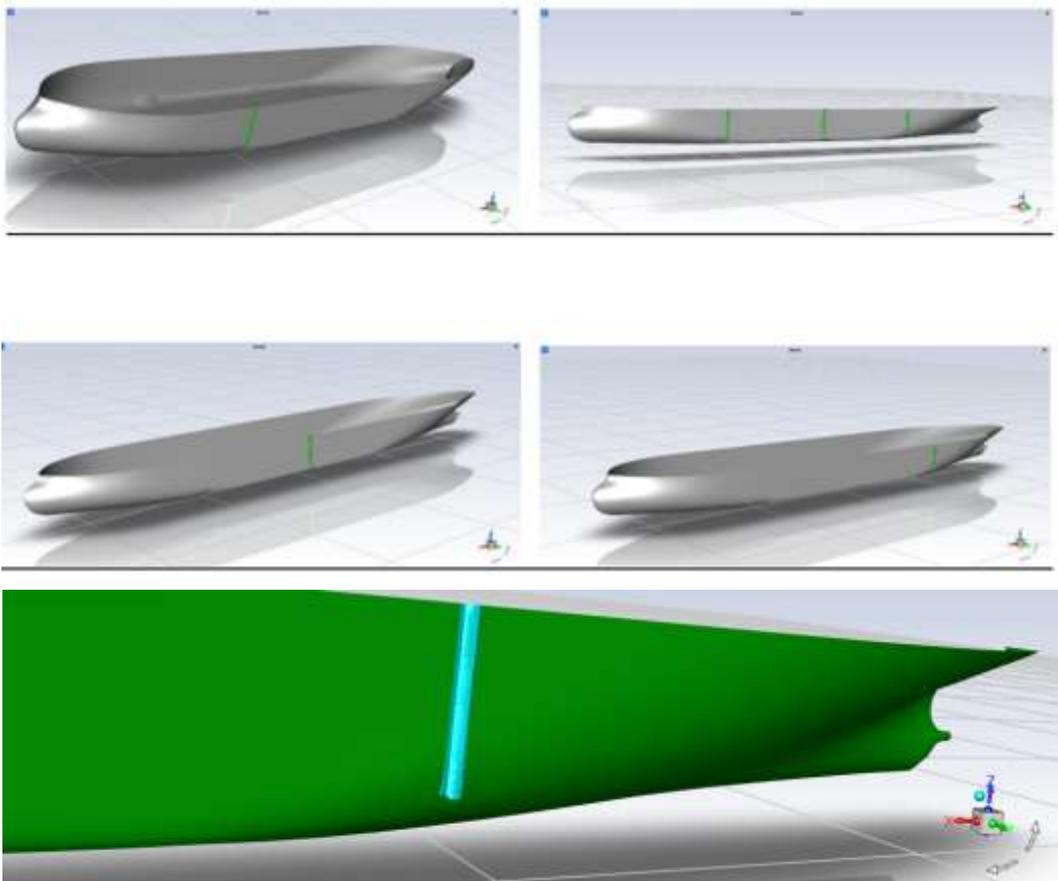
الجدول 1: الأبعاد الأساسية للسفينة الناقلة KVLCC2 ونموذجها [11].

الواحدة	النموذج KVLCC2	السفينة KVLCC2	الرمز	البعد الهندسي
m	5.5172	320	$L_{pp}$	الطول بين العمودين
m	1	58	B	عرض السفينة
m	0.3586	20.8	T	غطاس السفينة
....	0.8098	0.8	$C_b$	معامل امتلاء بدن السفينة
$m^2$	8.8038	27194	$S_w$	مساحة السطح المبلل
$m^3$	1.6023	312622	v	الإزاحة
....	0.1420	0.1420	Fr	رقم فرويد
....	$10^6 \times 5.22$	$10^6 \times 5.22$	Re	رقم رينولدز

وأما بالنسبة للدفات، فقد تم استخدام دفات جانبية على شكل مستطيل بارتفاعين مختلفين، الأول ذو عرض 0.25% من طول السفينة والثاني ذو ارتفاع 0.30% من طول السفينة، ارتفاع الدفة هنا هو بعد الدفة في الاتجاه العمودي على مستوي التناظر. الأبعاد الهندسية للدفات المستخدمة لكل من النموذج والسفينة موضحة في كل من الجدول 2 والشكل 3.

الجدول 2: عرض الدفة المستخدمة في الاتجاه العمودي على مستوي التناظر للسفينة.

	دفة بعرض 0.25% من طول السفينة	دفة بعرض 0.30% من طول السفينة
السفينة	80 cm	96 cm
النموذج	1.3793 cm	1.65516 cm



الشكل 3: مواقع الدفات الجانبية المضافة.

بالنسبة لارتفاع الدفة في الاتجاه الشاقولي، فقد تم وضع الدفة على كامل ارتفاع غاطس السفينة، وهذا موضح في الشكل 3.

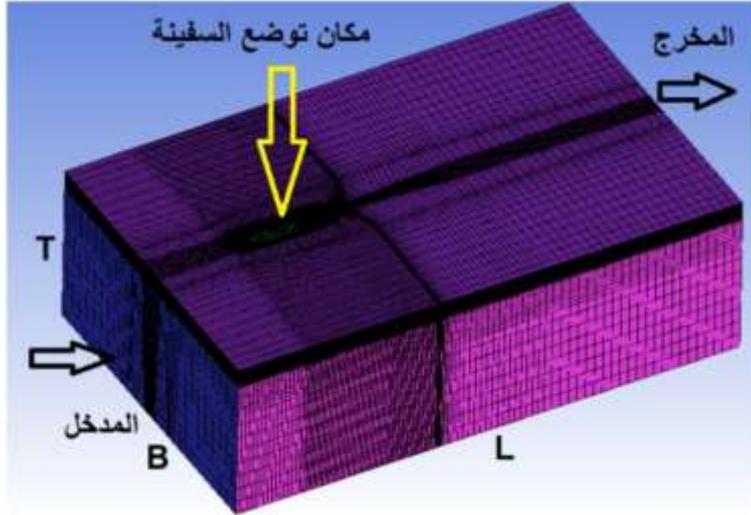
## 2. الشروط الحدية والبيئة الرقمية واعتباراتها

تم وضع السفينة ضمن مجال محدد يمثل قناة الاختبار، انظر الشكل 4، وتم بناء شبكة رقمية منتظمة حول بدن السفينة باستخدام برنامج الـ ICEM، أبعاد هذا المجال الحسابي هي على النحو التالي:

$$L \times B \times T = 4.615L_{pp} \times 2.885L_{pp} \times 1.5L_{pp}$$

حيث  $L$  يمثل طول المجال الحسابي،  $B$  عرضه و  $T$  ارتفاع المجال الحسابي. تم اختيار هذه الأبعاد بالشكل الذي يمنع تأثير حواف وقاع القناة على حقل التدفق، حيث أن حواف القناة وقاعها يجب أن تكون بعيدة بما يكفي عن السفينة

لكيلا تؤثر على حقل التدفق حول البدن. تم في هذه الدراسة استخدام طريقة الـ RANS وموديل الاضطراب  $k - \omega SST$  المتوفرة أصلا ضمن برنامج الـ Ansys-Fluent من أجل حل معادلات نافيه ستوكس.



الشكل 4: الشبكة الرقمية التي تم استخدامها ضمن المجال الحسابي المدروس.

## النتائج والمناقشة:

### 2.1. تقييم دقة النتائج الرقمية

في البداية لابد من تقييم جودة الشبكة الرقمية، المعادلات والموديل الرياضي المستخدم لحل معادلات نافيه ستوكس، ولهذا سيتم مقارنة قيمة المقاومة التي تم الحصول عليها لحالة النموذج بدون أية إضافات مع النتيجة التجريبية المتوفرة. انظر الى الجدول 3.

الجدول 3: مقارنة القيمة الرقمية لمقاومة نموذج السفينة مع القيمة التجريبية

السرعة [ m/s]	Fr	$R_{EFD}$ [N]	$R_{CFD}$ [N]	Error percentage%
1.05	0.142	19.9	18.95	-4.77%

إن التوافق بين النتائج التجريبية والنتائج الرقمية التي حصلنا عليها باستخدام تقنية الـ CFD مرضية جدا حيث أن نسبة الخطأ طفيفة لم تتجاوز 4.77% وذلك من أجل مليون خلية حسابية، مما يدل على دقة النتائج التي يمكن الحصول عليها باستخدام برنامج الـ ANSYS. تم حساب النسبة المئوية للخطأ كما يلي:

$$\text{Error}_{\text{percentage}} = \frac{R_{CFD} - R_{EFD}}{R_{EFD}} \times 100\% \quad (1)$$

حيث أن  $R_{EFD}$  هي القيمة التجريبية للمقاومة.

### 2.2. النتائج الخاصة بالنموذج

#### 2.2.1. دراسة تأثير وجود الدقات على القوة والعزم المؤثرين على النموذج

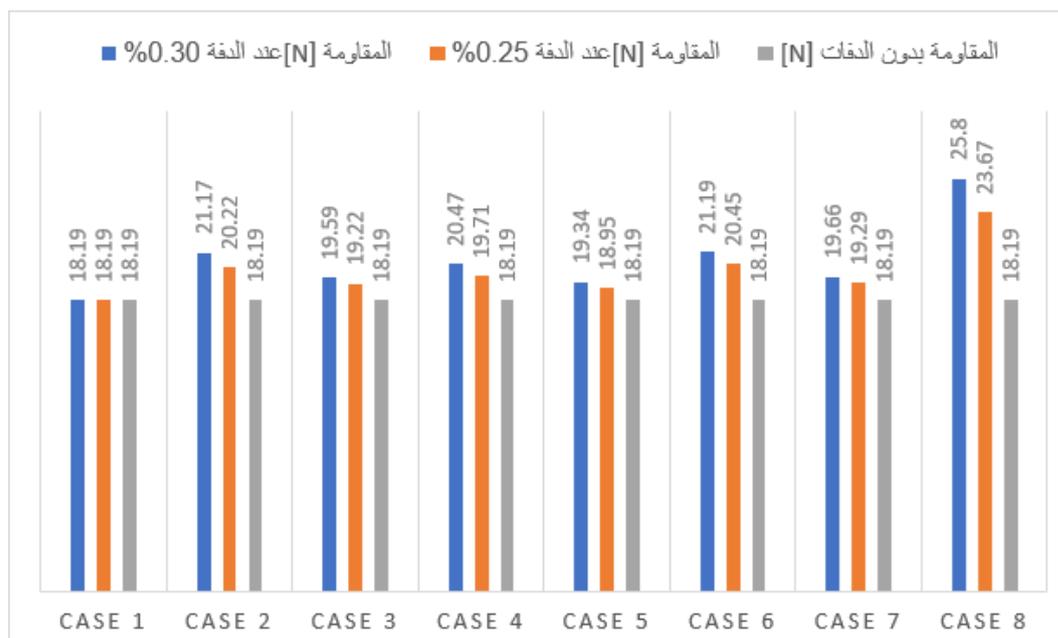
تمت إضافة الدقات بعرض 0.25% و 0.30% من طول النموذج وذلك في مواقع مختلفة منه وبناء على ذلك تمت دراسة المقاومة وعزم الدوران حول المحور الشاقولي المار من مركز ثقل النموذج. تم عرض نتائج المقاومة والعزم

المؤثران على النموذج في كل من الشكل 5 والشكل 6 وذلك عند السرعة الاسمية  $1.05 \text{ m/s}$  الموافقة لرقم فرويد 0.142. مواقع الدفات التي تمت إضافتها موضحة في الشكل 3، وتم توصيف الحالات التي تمت دراستها في الجدول 4.

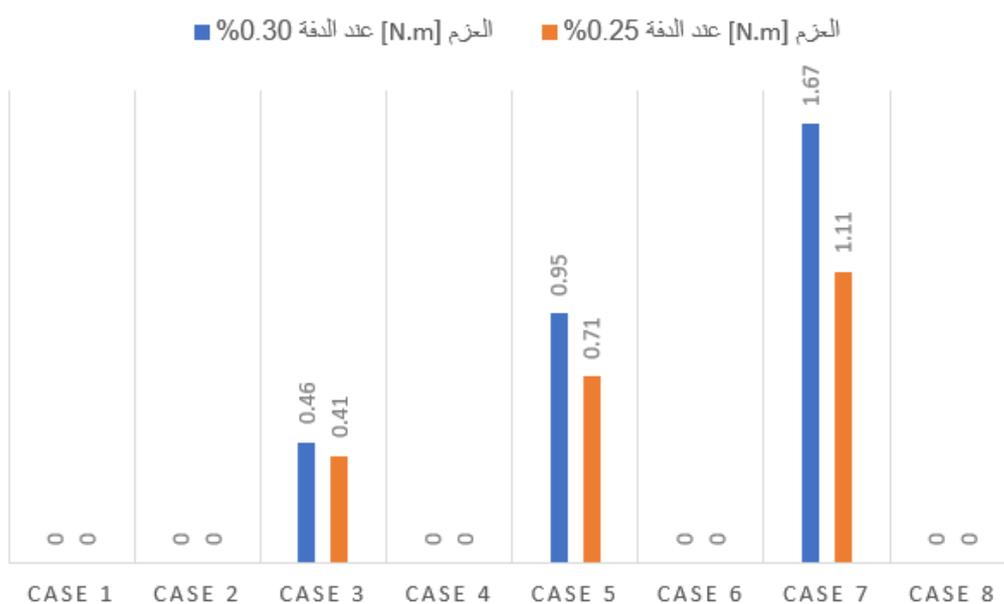
الجدول 4: توصيف الحالات التي تمت دراستها.

اسم الحالة	التوصيف
Case 1	السفينة بدون أية إضافات.
Case 2	السفينة مع دفتين عند بداية الجزء المتوازي (دفة من كل جهة عند بداية الجزء المتوازي من البدن).
Case 3	السفينة مع دفة واحدة من جهة اليسار عند بداية الجزء المتوازي.
Case 4	السفينة مع دفتين عند منتصف الجزء المتوازي (دفة من كل جهة عند منتصف الجزء المتوازي من البدن).
Case 5	السفينة مع دفة واحدة من جهة اليسار عند منتصف الجزء المتوازي.
Case 6	السفينة مع دفتين عند مؤخرة الجزء المتوازي (دفة من كل جهة عند مؤخرة الجزء المتوازي من البدن).
Case 7	السفينة مع دفة واحدة من جهة اليسار عند مؤخرة الجزء المتوازي.
Case 8	السفينة مع كل الدفات (ثلاثة على اليمين وثلاثة على اليسار، عند مقدمة ومنتصف ومؤخرة الجزء المتوازي من البدن)

الشكل 5 والشكل 6 يعرضان قيم المقاومة والعزم المؤثرين على النموذج في كل حالة من الحالات المدروسة، نلاحظ من هذين الشكلين زيادة قيمة المقاومة بعد اضافة الدفات باختلاف ارتفاعها ومواضعها وهذا بدوره يدل على الأهمية التي تقدمها الدفات في زيادة المقاومة وبالتالي زيادة قوة الكبح أثناء عملية إيقاف السفينة مع ملاحظة أن أكبر قيمة لمقاومة السفينة هي في حالة السفينة مع كل الدفات (Case 8) حيث ان مقدار الزيادة في المقاومة هو 30% مقارنة بحالة السفينة بدون دفات، يأتي بعدها وجود الدفتين عند مؤخرة الجزء المتناظر (Case 6). كما ونلاحظ ان وجود دفة واحدة ذات الارتفاع 0.30% من طول السفينة في مؤخرتها (Case 7) يعطي أكبر قيمة للعزم مع زيادة المقاومة بمقدار 6%، وهذا بدوره يساعد السفينة في القيام بعملية المناورة اثناء الترسيف.



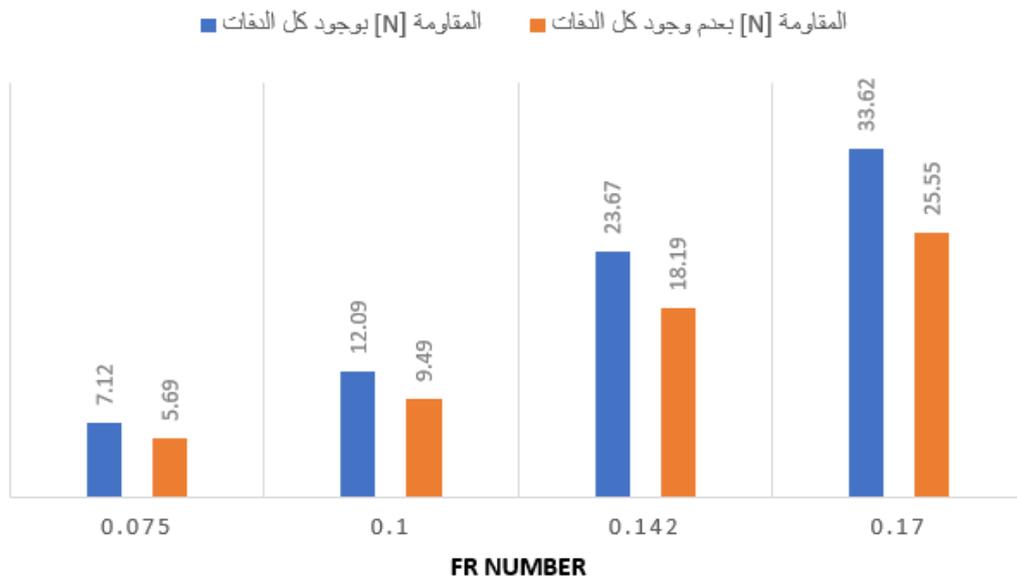
الشكل 5: قيم المقاومة المؤثرة على النموذج عند كل حالة مدروسة مع الدفتين 0.25% و 0.30% من طول النموذج.



الشكل 6: العزم المؤثر على النموذج عند كل حالة مدروسة مع الدفتين 0.25% و 0.30% من طول النموذج.

### 2.2.2. دراسة تأثير السرعة على مقاومة النموذج

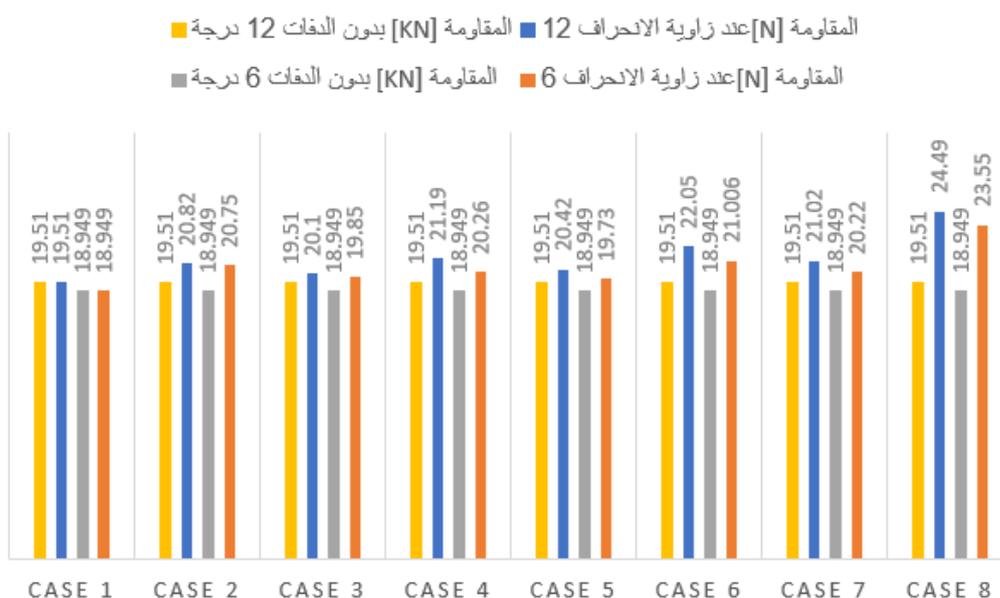
يبين الشكل 7 النتائج الرقمية لمقاومة السفينة عند اضافة الدفعة 0.25% من طول النموذج وعند قيم مختلفة لسرعته وذلك للحالة 1, 8 Case (أي مع وبدون الدفات). كما هو موضح في الشكل أدناه ان أصغر قيمة للسرعة هي 0.56 m/s والمقابلة لرقم فرود 0.075 وأكبر قيمة هي 1.26 m/s حيث تكون قيمة رقم فرود 0.17. من هذا الشكل نلاحظ أن المقاومة الناتجة عن إضافة الدفات الجانبية تزداد مع زيادة السرعة، ولكن بشكل عام زيادة المقاومة الناتجة من إضافة الدفات تتراوح بين الـ 25-32% من مقاومة السفينة بدون دفات.



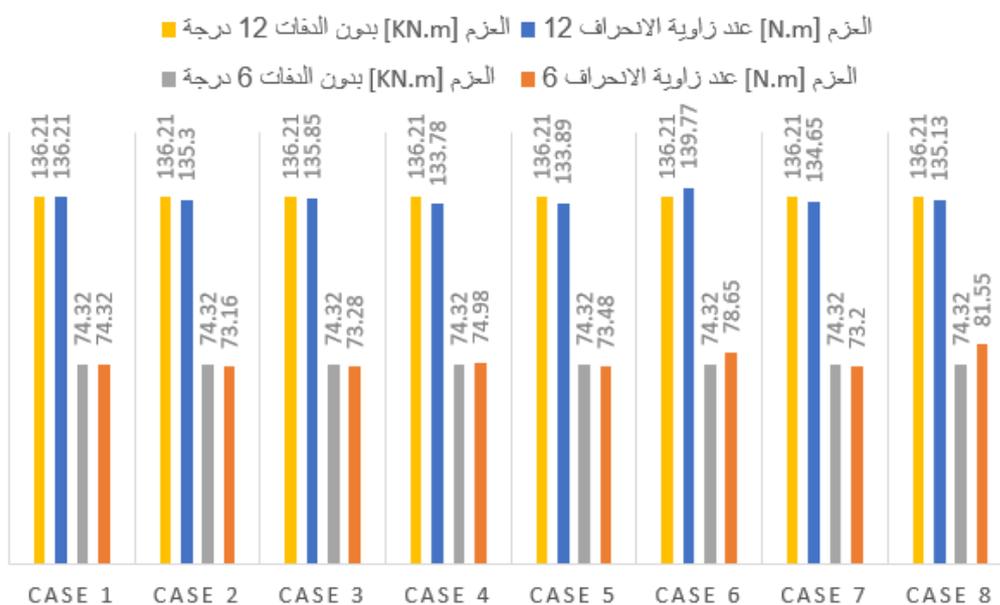
الشكل 7: مقاومة النموذج مع وبدون الدفات ذات الارتفاع 0.25% من طول النموذج عند قيم مختلفة لرقم فرويد.

### 2.2.3. دراسة تأثير زاوية الانحراف على مقاومة النموذج

تم حساب النموذج عند رقم فرويد 0.142 وعند كل حالات الدفات بوجود زاويتي انحراف 6 و 12 درجة. نتائج المقاومة عند اضافة الدفة 0.25% موضحة في الشكل 8. عند مقارنة النتائج في الشكل 8 مع النتائج في الشكل 5 نلاحظ التقارب الكبير في قيم المقاومة الكلية للنموذج بدون ومع وجود زاوية انحراف، وبالتالي فإنه بوجود زوايا الانحراف حتى 12 درجة فإن الدفات تلعب نفس الدور في زيادة المقاومة. وأما بالنسبة لقيمة العزم والموضحة في الشكل 9، نلاحظ وجود تغيير كبير وملحوظ بالعزم مقارنة مع حالة النموذج بدون زاوية انحراف وذلك بسبب التأثير الذي تقدمه زاوية الانحراف على العزم حيث ان زاوية الانحراف 12 اعطت قيمة عزم كبيرة مقارنة بالزاوية 6 والتي تعطي بدورها عزم كبير مقارنة مع حالة النموذج بدون انحراف. ولكن وجود الدفات مع وجود انحراف للنموذج لا يؤثر على العزم كثيرا بنفس المقدار الذي يؤثر به على المقاومة، حيث يمكن ملاحظة أن أكبر زيادة للعزم في حالة الـ 6 درجة هي مع كل الدفات حيث يزداد عزم الدوران بمقدار 9.7% بالمقارنة مع حالة النموذج بدون دفات، وفي حالة الـ 12 درجة نلاحظ أن أكبر زيادة للعزم تتحقق مع وجود الدفتين عند مؤخرة الجزء المتوازي، حيث يزداد العزم بمقدار 2.6%. من خلال النتائج السابقة يمكننا القول إن زيادة زاوية الانحراف يقلل من تأثير الدفات الجانبية على العزم. كما ونلاحظ من هذين الشكلين بأنه في بعض الحالات بوجود الدفات فإن العزم المتولد يكون أقل منه في حالة غياب الدفات، وهذا يعني أن الدفات في بعض الحالات تساعد في التقليل من العزم الناتج وبالتالي من الممكن أن تساعد في تعديل انحراف النموذج الغير مرغوب به.



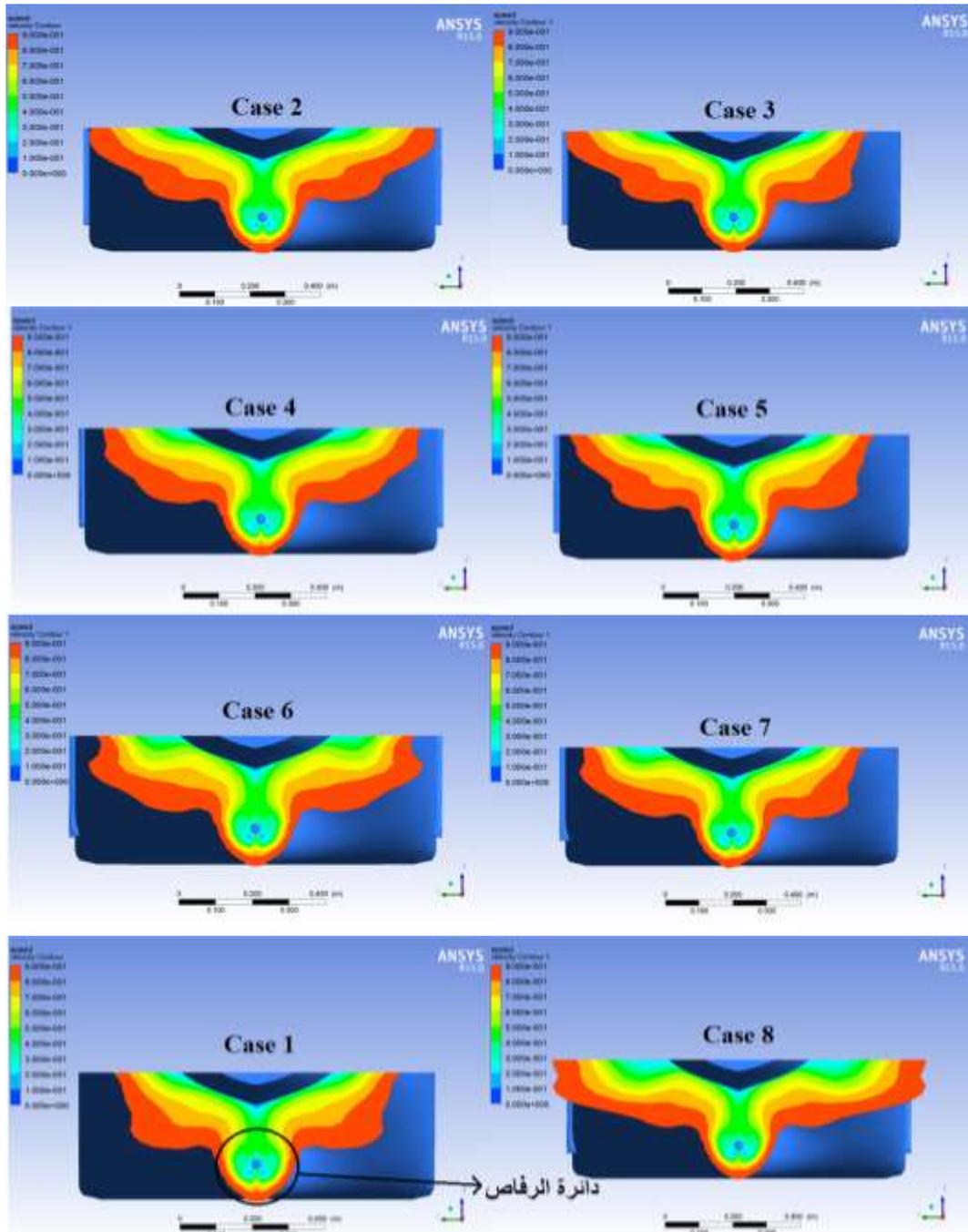
الشكل 8: قيم المقاومة المؤثرة على النموذج عند السرعة 1.05 m/s وبوجود زاويتي انحراف 6 و 12 درجة.



الشكل 9: قيم العزم المؤثرة على النموذج عند السرعة 1.05 m/s وبوجود زاويتي انحراف 6 و 12 درجة.

#### 2.2.4. دراسة تأثير الدقات الجانبية على حقل السرعة في مستوي الرفاص

الشكل 10 يوضح حقل السرعة في مستوي الرفاص عند كل الحالات التي تمت دراستها وذلك من أجل حالة الدقة 0.25% من طول النموذج.

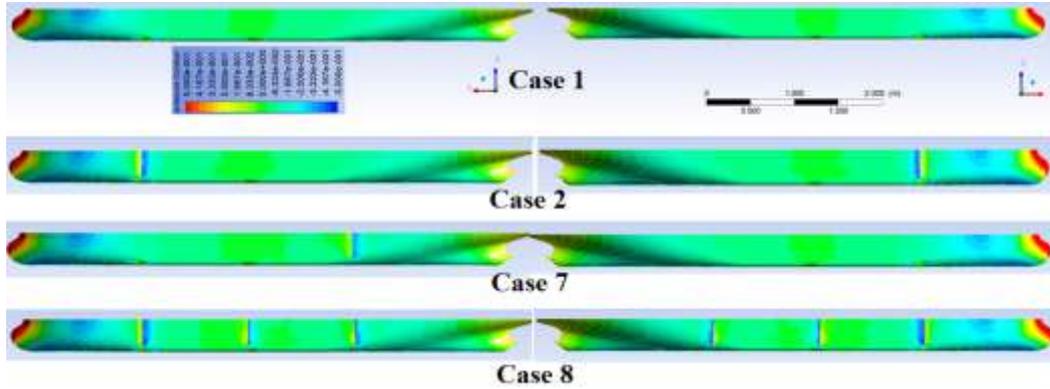


الشكل 10: حقل السرعة في مستوي الرفاص مع كل الحالات المدروسة للنموذج للدفة ذات العرض 0.25% من طول النموذج.

بمقارنة حقل السرعة للسفينة بوجود الدفات في أماكن مختلفة من الجزء المتناظر (Case 2 → Case 8) مع حقل السرعة بدون دفات Case 1 نلاحظ أن أكبر تأثير على حقل السرعة يكون في حالة وجود كل الدفات وهي الحالة Case 8، حيث نلاحظ أن وجود الدفات يؤدي إلى زيادة تأثير المخر على يمين ويسار السفينة، وبالتالي زيادة عرض المخر خلف السفينة. ومن خلال التدقيق في بقية الحالات نلاحظ أن وجود دفة في جهة واحدة فقط يؤدي إلى زيادة عرض المخر خلف السفينة من هذه الجهة فقط، بينما الجهة الأخرى لا تتأثر.

هنا من المهم جدا أن نلاحظ أن أثر المخر ضمن دائرة الرفاص لا يتأثر أبدا في كل الحالات، وهذا يعني بأن أداء الرفاص لن يتأثر بوجود الدقات، وهذا الأمر جدا إيجابي.

### 2.3. دراسة تأثير الدقات الجانبية على حقل الضغط على سطح النموذج



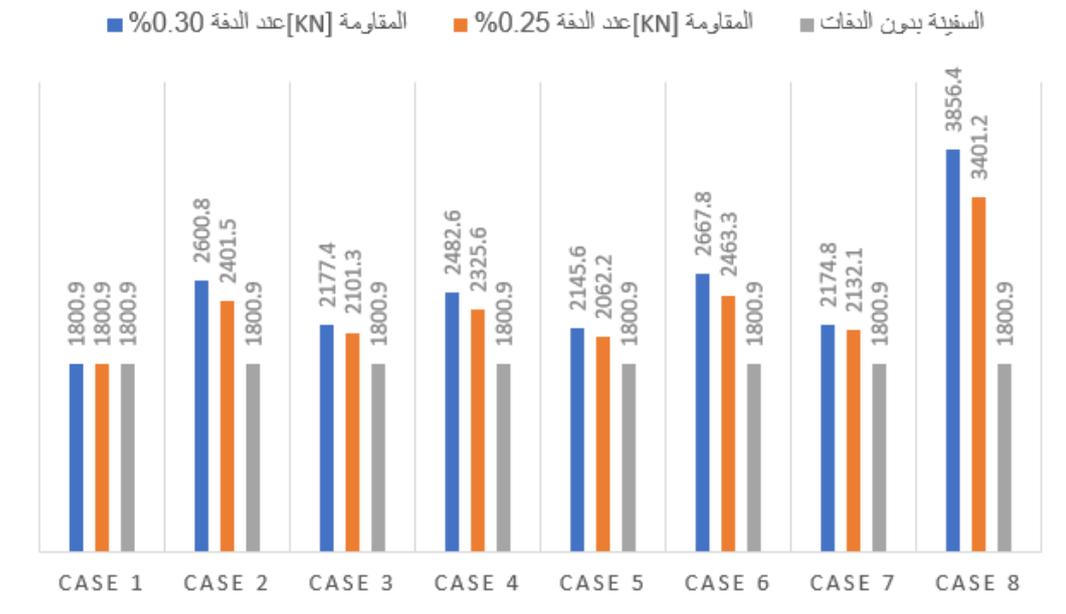
الشكل 11: توزيع معامل الضغط على سطح النموذج في عدد من الحالات المدروسة للدفة ذات الارتفاع 0.25% من طول النموذج.

الشكل 11 يوضح توزيع معامل الضغط على سطح النموذج بوجود الدقات في عدد من الحالات المدروسة وذلك لحالة الدفة ذات الارتفاع 0.25% من طول السفينة. من هذا الشكل نلاحظ أنه بشكل دائم يحدث ارتفاع في الضغط أمام الدقات السبب في هذا هو تباطؤ جزيئات الماء حتى تتوقف عند التصاقها بالدفة، الأمر الذي سيؤدي حتما وفقا لبرنولي إلى زيادة الضغط، بينما يحدث انخفاض في الضغط خلف الدقات نتيجة زيادة سرعة الجزيئات وانفصال الطبقة الحدية عن جانب الدفة مقارنة بحالة عدم وجود الدفة. هذا الاختلاف في الضغط على جانبي كل دفة سيؤدي إلى زيادة مركبة الضغط من المقاومة الكلية الأمر الذي سيؤدي إلى زيادة مقاومة السفينة، وأيضا هذا التغير في حقل الضغط هو السبب الأساسي في نشوء عزم الدوران في حالة دفة واحدة على أحد جانبي السفينة، حيث سيحدث تغير في توزيع الضغط على جانبي السفينة، الأمر الذي يؤدي إلى تشكل قوة عرضية تؤثر على السفينة، وتكون هي السبب في نشوء عزم الدوران.

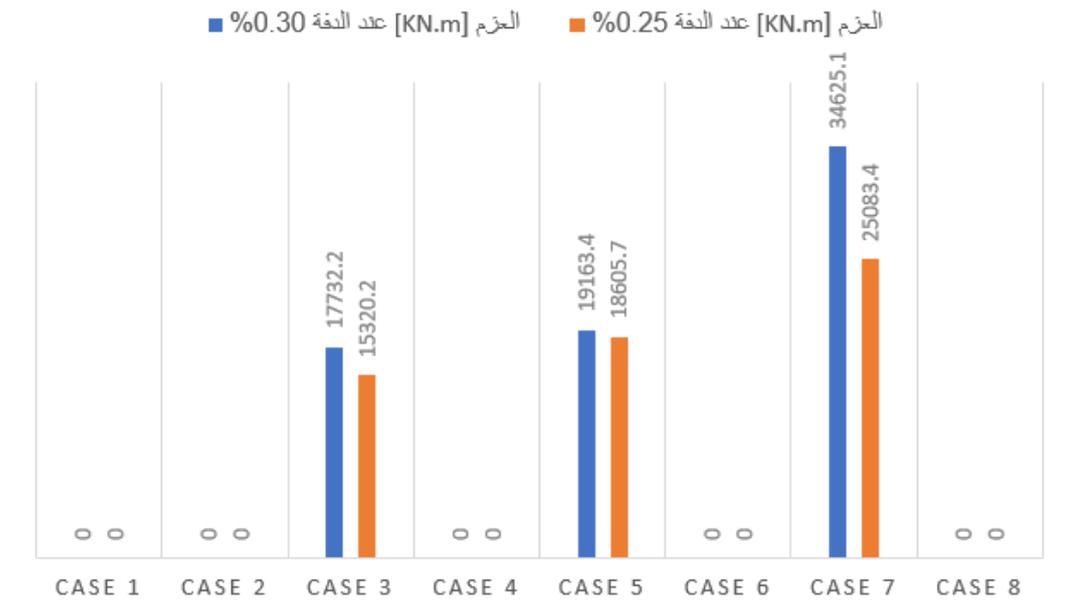
### 2.4. النتائج الخاصة بالسفينة الحقيقية

#### 2.4.1. دراسة تأثير وجود الدقات على القوة والعزم المؤثرين على السفينة الحقيقية

تمت إضافة الدقات بارتفاع 0.25% و 0.30% من طول السفينة الحقيقية وذلك في مواقع مختلفة من السفينة وبناء على ذلك تمت دراسة المقاومة والعزم عند السرعة الاسمية 7.96 m/s الموافقة لرقم فرويد 0.142. الشكل 12 يعرض قيم مقاومة السفينة، والشكل 13 يعرض العزم المؤثر على السفينة في كل الحالات المدروسة.



الشكل 12: قيم المقاومة المؤثرة على السفينة عند كل حالة مدروسة مع الدفتين 0.25% و 0.30% من طول السفينة.



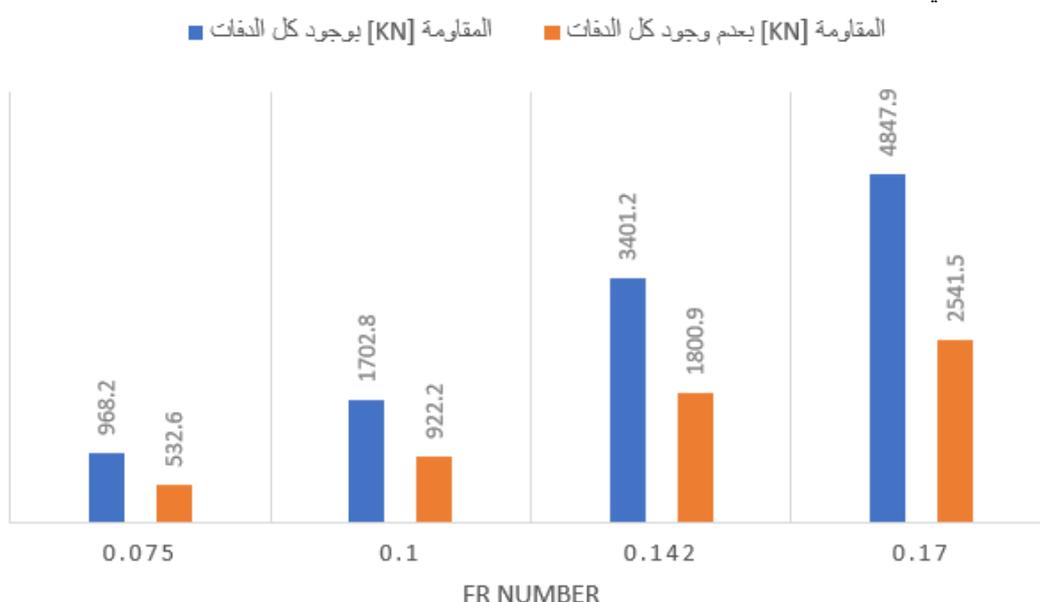
الشكل 13: العزم المؤثر على السفينة عند كل حالة مدروسة مع الدفتين 0.25% و 0.30% من طول السفينة.

من هذين الشكلين يمكننا ملاحظة تشابه سلوك النتائج في حالة السفينة الحقيقية مع النتائج في حالة النموذج، حيث نلاحظ أن أكبر تأثير على مقاومة السفينة يكون في حالة وجود الدفات كلها (Case 8) يليها من حيث التأثير وجود الدفتين في مؤخرة الجزء المتوازي (Case 6). كما نلاحظ أن الدفة ذات الارتفاع 30% من طول السفينة تعطي أداء أفضل من الدفة ذات الارتفاع 25% من طول السفينة، وهذا مشابه تماما لحالة النموذج. وأما بالنسبة للعزم فإننا نلاحظ

أن وجود دفة في مؤخرة الجزء المتوازي (Case 7) يعطي أكبر قيمة للعزم، كما نلاحظ أن الدفة ذات الارتفاع 30% من طول السفينة ذات تأثير أكبر من الدفة ذات الارتفاع 25% من طول السفينة.

#### 2.4.2. دراسة تأثير السرعة على مقاومة السفينة

يبين الشكل 14 النتائج الرقمية لمقاومة السفينة عند اضافة الدفة 0.25% من ارتفاع السفينة وعند قيم مختلفة لسرعة السفينة مع وبدون كامل الدفات (Case 8). كما هو موضح من هذا الشكل إن أصغر قيمة للسرعة هي 4.21 m/s والمقابلة لرقم فرود 0.075 وأكبر قيمة هي 9.53 m/s حيث تكون قيمة رقم فرود 0.17. من هذا الشكل نلاحظ أن المقاومة الناتجة عن إضافة الدفات الجانبية تزداد مع زيادة السرعة بشكل كبير بالنسبة للسفينة الحقيقية مقارنة بالنموذج، ولكن بشكل عام زيادة المقاومة الناتجة من إضافة الدفات تتراوح بين الـ 80-90% من مقاومة السفينة بدون دفات، طبعاً هذا في حالة وجود كل الدفات سوية.

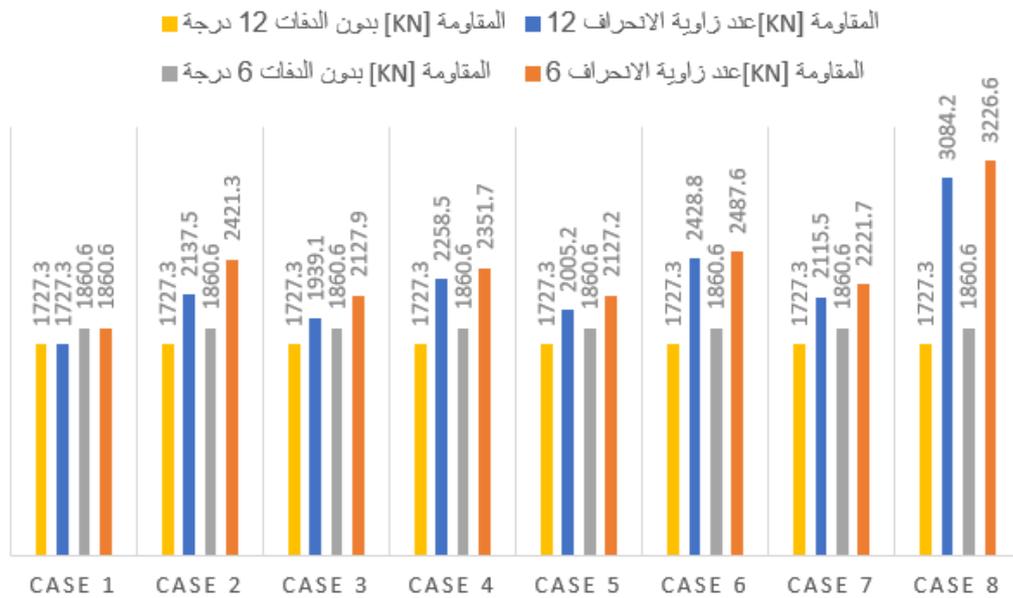


الشكل 14: مقاومة السفينة الحقيقية مع وبدون الدفات عند سرعات مختلفة.

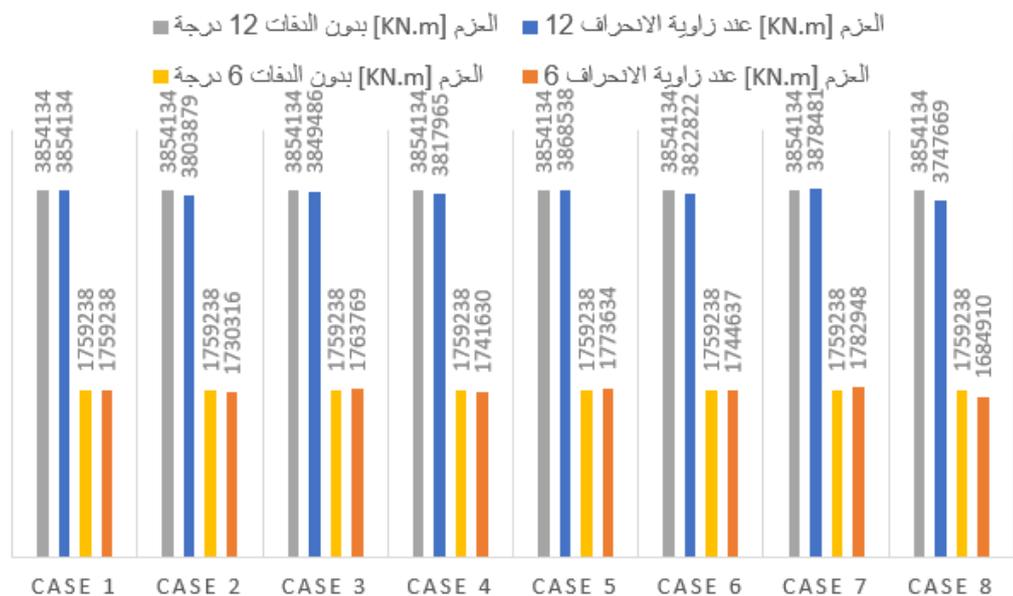
#### 2.4.3. دراسة تأثير زاوية الانحراف على مقاومة السفينة

تم حساب السفينة عند رقم فرود 0.142 وعند كل حالات الدفات بوجود زاويتي انحراف 6 و 12 درجة. نتائج المقاومة والعزم عند اضافة الدفة 0.25% موضحة في كل من الشكل 15 والشكل 16. بمقارنة هذين الشكلين مع كل من الشكل 8 والشكل 9 نلاحظ ن نتائج السفينة الحقيقية تظهر تماماً نفس سلوك نتائج النموذج. حيث أن عند مقارنة النتائج في الشكل 15 مع النتائج في الشكل 12 نلاحظ التقارب الكبير في قيم المقاومة الكلية للسفينة بدون مع وجود زاوية انحراف، وبالتالي فإنه بوجود زوايا الانحراف حتى 12 درجة فإن الدفات تلعب نفس الدور في زيادة المقاومة. وأما بالنسبة لقيمة العزم والموضحة في الشكل 16، نلاحظ وجود تغيير كبير وملحوظ بالعزم مقارنة مع حالة السفينة بدون زاوية انحراف وذلك بسبب التأثير الذي تقدمه زاوية الانحراف على العزم حيث ان زاوية الانحراف 12 أعطت قيمة عزم كبيرة مقارنة بالزاوية 6 والتي تعطي بدورها عزم كبير مقارنة مع حالة السفينة بدون انحراف. ولكن وجود الدفات مع وجود انحراف للسفينة لا يؤثر على العزم كثيراً بنفس المقدار الذي يؤثر به على المقاومة. من خلال

النتائج السابقة يمكننا القول إن زيادة زاوية الانحراف يقلل من تأثير الدفات الجانبية على العزم. كما ونلاحظ من هذين الشكلين (كما في حالة النموذج) بأنه في بعض الحالات بوجود الدفات فإن العزم المتولد يكون أقل منه في حالة غياب الدفات، وهذا يعني أن الدفات في بعض الحالات تساعد في التقليل من العزم الناتج وبالتالي من الممكن أن تساعد في تعديل انحراف السفينة الغير مرغوب به.



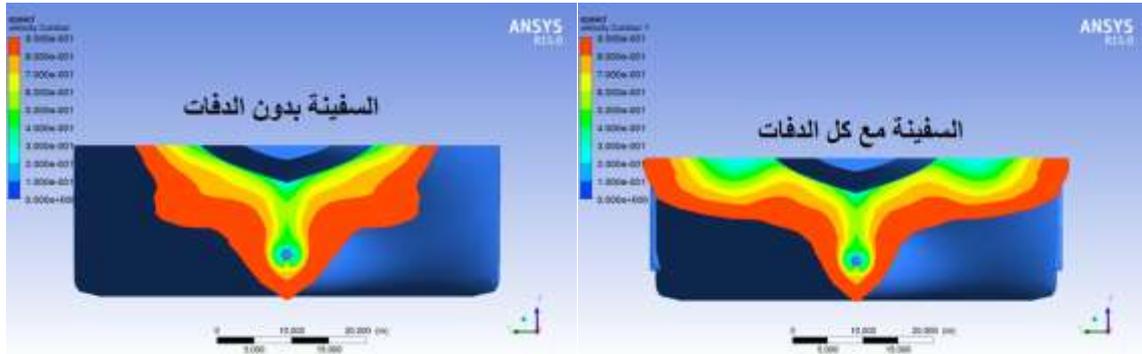
الشكل 15: قيم المقاومة المؤثرة على السفينة عند السرعة  $m/s/7.96$  وبوجود زاويتي انحراف 6 و 12 درجة.



الشكل 16: قيم العزم المؤثر على السفينة عند السرعة  $m/s/7.96$  وبوجود زاويتي انحراف 6 و 12 درجة.

#### 2.4.4. دراسة تأثير الدفات الجانبية على حقل السرعة في مستوى الرفاص

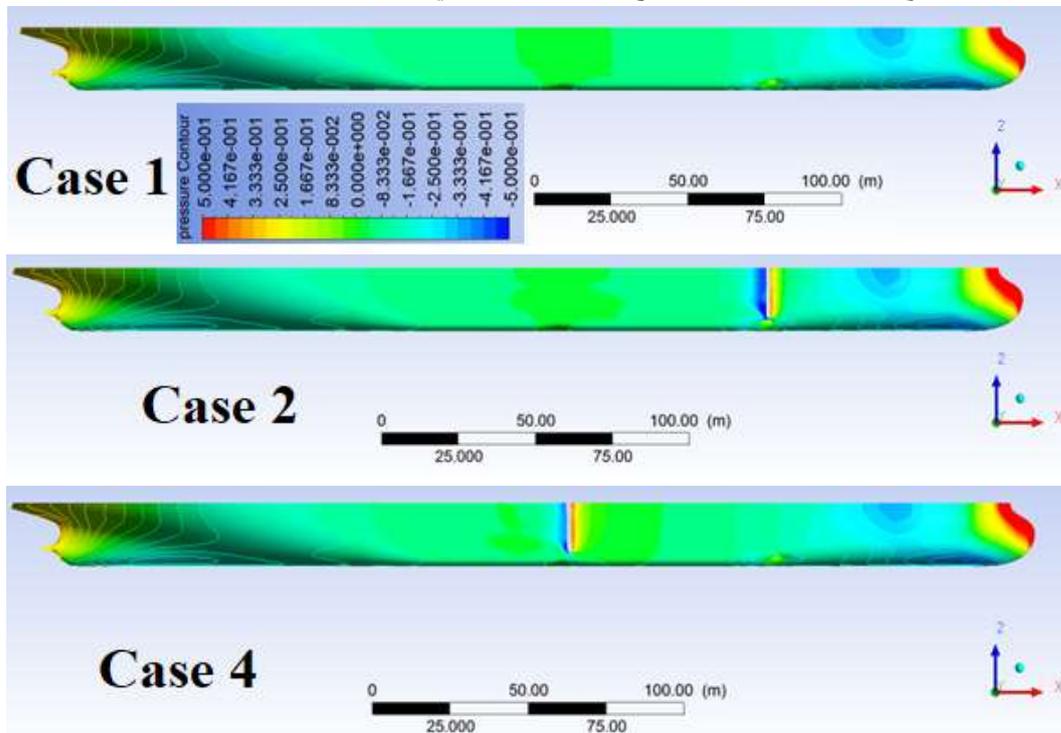
الشكل 17 يعرض حقل السرعة في مستوى الرفاص لحالتي السفينة بدون دفات والسفينة مع كل الدفات، وذلك لحالة الدفة ذات الارتفاع 0.25% من طول السفينة. وبشكل مشابه لحالة النموذج إن وجود الدفات سيؤدي إلى زيادة عرض أثر المخر على جانبي السفينة ولكنه لا يؤثر على حقل السرعة ضمن قرص الرفاص. وبالتالي كما في حالة النموذج فإن وجود الدفات الجانبية في حالة السفينة الحقيقية لن يؤثر على أداء الرفاص.

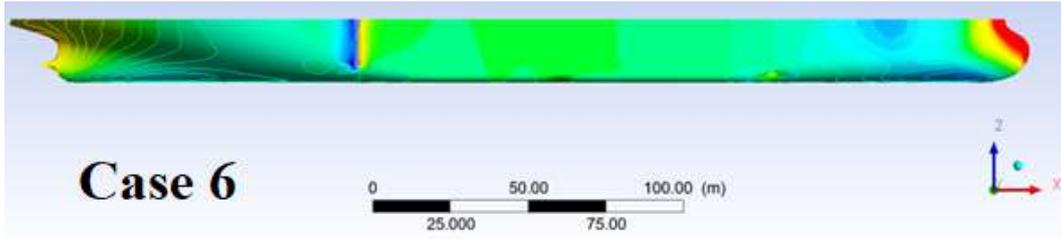


الشكل 17: حقل السرعة في مستوى الرفاص لحالة السفينة بدون الدفات والسفينة مع كل الدفات، وذلك للدفة ذات الارتفاع 0.25% من طول السفينة.

#### 2.4.5. دراسة تأثير الدفات الجانبية على حقل الضغط على سطح السفينة

كما في حقل السرعة فإن حقل الضغط على سطح السفينة يظهر تماماً نفس سلوك حقل الضغط على سطح النموذج. الشكل 18 يعرض توزيع معامل الضغط على سطح السفينة الحقيقية في العديد من الحالات المحسوبة.





الشكل 18: توزيع معامل الضغط على سطح السفينة في عدد من الحالات المدروسة للدفة ذات الارتفاع 0.25% من طول السفينة. يمكن أن نلاحظ من هذا الشكل 18 كيف أن وجود الدفات يغير من توزيع الضغط على سطح السفينة، ودائماً في حال وجود الدفة يكون قبل الدفة منطقة ضغط مرتفع، وبعد الدفة منطقة ضغط منخفض، وهذا تم توضيحه في حالة النموذج أيضاً.

## الاستنتاجات والتوصيات:

### الاستنتاجات

- إن سلوك التدفق في حالة النموذج مشابهة تماماً لسلوك التدفق في حالة السفينة الحقيقية، وبالتالي فإن دراسة النماذج تقدم معلومات صحيحة ودقيقة عن الظواهر التي ستعرض لها السفينة الحقيقية.
- الدفات الجانبية تزيد بشكل واضح من المقاومة المؤثرة على السفينة وبالتالي فإن وجودها يعتبر مفيداً لزيادة قدرة السفينة على الفرملة.
- تأثير الدفات الجانبية على العزم أقل من تأثيرها على المقاومة.
- الدفة الأكبر ذات الارتفاع 0.30% من طول السفينة اعطت نتائج أفضل للعزم والمقاومة مقارنة بالدفة الأخرى.

### التوصيات

- دراسة النماذج تعتبر كافية من أجل التنبؤ بسلوك السفينة الحقيقية.
- عند استخدام الدفات الجانبية يجب أن يؤخذ بعين الاعتبار المعايير التصميمية الإنشائية والاقتصادية في آن واحد.
- في حال تقرر تركيب دفات جانبية للسفينة، فيجب أن تكون قابلة للتحكم بحيث لا يتم إخراجها إلى عندما يكون هناك حاجة لتقليل سرعة السفينة أو تغيير اتجاهها.
- دراسة قيم عرض أخرى للدفات بالنسبة لطول السفينة واختيار الأنسب منها أيضاً.
- إعادة هذه الدراسة على أنواع أخرى للسفن كالسفن السريعة.
- دراسة ميكانيزمات الدفات مثل الدفات ذات الحركة المفصلية والانزلاقية وفق آليات تحريك هيدروليكية أو كهربائية أو ميكانيكية.
- دراسة نفس الدفات عند غواطس مختلفة.

## References

- [1] N. Abbas, N. Kornev, I. Shevchuk, and P. Anschau, "CFD prediction of unsteady forces on marine propellers caused by the wake nonuniformity and nonstationarity," *Ocean Eng.*, 2015, doi: 10.1016/j.oceaneng.2015.06.007.
- [2] N. Abbas and Z. Ali, "CFD Study of the Effect of Surface Roughness on the Resistance of KVLCC2 tanker," *Tishreen Univ. J. Res. Sci. Stud. - Eng. Sci. Ser.*, vol. 44, no. 1, 2022.
- [3] R. Hawa, N. Abbas, and W. Hatem, "Study of the forces affecting the KVLCC2

- tanker and the propeller MP687 using the Verification and Validation procedure and CFD,” *Tishreen Univ. J. Res. Sci. Stud. - Eng. Sci. Ser.*, vol. 45, no. 6, 2023.
- [4] N. Abbas and B. Oderah, “CFD Study of the Bulbous Bow Effect on the Resistance of the Tanker-KVLCC2,” *Tishreen Univ. J. Res. Sci. Stud. - Eng. Sci. Ser.*, vol. 43, no. 4, 2021.
- [5] N. Abbas and N. Al-Aji, “The Influence of Drift Angle on the Flow Field around KVLCC2 Tanker Using CFD,” *Tishreen Univ. J. Res. Sci. Stud. - Eng. Sci. Ser.*, vol. 44, no. 1, 2022.
- [6] N. Kornev, I. Shevchuk, N. Abbas, P. Anschau, and S. Samarbakhsh, “Potential and limitations of scale resolved simulations for ship hydrodynamics applications,” *Sh. Technol. Res.*, vol. 66, no. 2, 2019, doi: 10.1080/09377255.2019.1574965.
- [7] K. Kume, J. Hasegawa, Y. Tsukada, J. Fujisawa, R. Fukasawa, and M. Hinatsu, “Measurements of hydrodynamic forces, surface pressure, and wake for obliquely towed tanker model and uncertainty analysis for CFD validation,” *J. Mar. Sci. Technol.*, vol. 11, no. 2, pp. 65–75, Jun. 2006, doi: 10.1007/s00773-005-0209-y.
- [8] N. Abbas and N. Kornev, “Study of unsteady loadings on the propeller under steady drift and yaw motion using URANS, hybrid (URANS-LES) and LES methods,” *Sh. Technol. Res.*, vol. 63, no. 2, pp. 121–131, May 2016, doi: 10.1080/09377255.2016.1211582.
- [9] H. E. Jaeger, “The braking of large vessels,” *Int. Shipbuild. Prog.*, vol. 10, no. 108, pp. 301–312, Aug. 1963, doi: 10.3233/ISP-1963-1010803.
- [10] Z. Tacar, N. Sasaki, M. Atlar, and E. Korkut, “An investigation into effects of Gate Rudder® system on ship performance as a novel energy-saving and manoeuvring device,” *Ocean Eng.*, 2020, doi: 10.1016/j.oceaneng.2020.108250.
- [11] Simman 2008, “MOERI KVLCC2 Geometry and Conditions, SIMMAN 2008, FORCE Technology.” Accessed: 26-Jun-2021. [Online]. Available: [http://www.simman2008.dk/KVLCC/KVLCC2/kvlcc2\\_geometry.html](http://www.simman2008.dk/KVLCC/KVLCC2/kvlcc2_geometry.html).

