

HAJTÁSLÁNC CSERE HATÁSAINAK VIZSGÁLATA CFD SZIMULÁCIÓK SEGÍTSÉGÉVEL

INVESTIGATION OF THE EFFECTS OF DRIVETRAIN REPLACEMENT USING CFD SIMULATIONS

Lévai Emese, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Gépészmérnöki Kar, BSc hajómérnök, levai.emese@edu.bme.hu.

Dr. Ficzer Péter, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Vasúti Járművek és Járműrendszeranalízis Tanszék adjunktus, ficzer.peter@kjk.bme.hu.

ÖSSZEFOGLALÁS

Kutatásunkban egy konkrét hajó példáján keresztül végeztünk számításokat arra az esetre, amikor a hajtásláncot érintő módosítást végeztek a járművön. A jelen vizsgálatban egy belsőégésű motoros hajtást elektromos hajtásra cserélve vizsgáltuk a módosítás hatásait. Ezen eredményeket felhasználva figyeltük meg, a hajó veszt-e várhatóan a sebességéből, vagy okoz-e stabilitásbeli problémákat a merülésváltozás mértéke.

ABSTRACT

For pleasure craft, the rules for inland waterway use have been stricter in recent years for environmental reasons. In many cases, these restrictions affect the propulsion chain, so that the process of modifying it has become a common practice. In this case, the information on the changes in draught and speed of the vessel after the modification is of great importance to the skipper, and numerical CFD simulation is an excellent tool for this purpose.

1. BEVEZETÉS

A tavi hajózás fellendülésével a kis vízijárművek technikai felszereltsége is fontos részletekkel bővült. Az eredetileg kizárólag a szél által hajtott vitorlás hajók száma egyre nőtt a kikötőkben, így a fennakadások elkerülése végett, valamint a vészeseti manőverezést megkönnyítendő ezek az eszközök másodlagos hajtásként túlnyomó részt már motort is hordoznak [1]. Mindemellert a tisztán motoros üzemű kishajók is elérhetővé váltak a magánszemélyek részére. Összességében ez a motor mennyiség az olyan sekélyvízű tavi élővilágot, mint például amilyen

a Balatoné, több szempontból is terhelte, ráadásul a kibocsátás is jelentősen nőtt [2]. Erre válaszul született a szabályozás, miszerint kedvtelési célú (tehát nem vészüzemi, kikötői manőverezési, stb.) menetben csak elektromos motorral lehet haladni a tavon. Ennek fényében sok hajótulajdonosnak át kellett alakítania az addigi belsőégésű motorban végződő hajtási rendszerét elektromos kivitelűre [3]. Ennek hatása a merülésre és a majdani haladási sebességre hajónként eltérő, de az adatok ismerete fontos a hajótulajdonos számára [4]. Munkánk egy konkrét hajó esetében mutatja be a számítás módszerét.

2. MÓDSZERTAN

2.1. Súly-és merülésszámítás

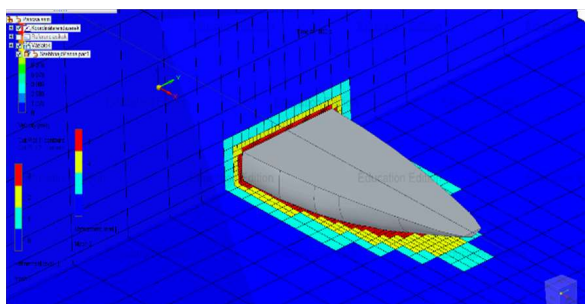
A vizsgált hajó egy 50 m²-es cirkáló, túra kivitelű, tókesúlyos vitorlás. Hossza 13,2 m, tömege 6,8 t. A tervrajzokon és a valós hajón végzett súlysúlyszámítás eredményeit összehasonlítva adódó különbségek, valamint az elektromos és a Diesel motoros hajtáslánc elemeinek tömegének ismerete elegendő volt ahhoz, hogy meghatározzuk, hogy a hajó merülése a Diesel motoros hajtásláncát elektromos kivitelre cserélve 1,68 m-ről 1,7 m-re változik. A számítás Maxsurf Hydromax programmal készült.

2.2. Áramlástan szimuláció

A számítás célja ebben az esetben kettős. Ennek során határozzuk meg a hajótestre haladás közben ható ellenállás-erőt ('x' irányú komponens), illetve a felhajtóerő összetevőt ('z' irányú komponens). A vizsgálatokkal a gyakorlati cél, hogy realizáljuk, azonos motorteljesítmény esetén két különböző

merülési esetben a hajóra mekkora ellenállásérő hat, hiszen ez nagyban befolyásolja a haladási sebességet (hiszen ha a hajó '-x' irányba halad, az ellenállás erő mindig 'x' irányú lesz). A vizsgálatokat a Siemens Solid Edge program FloEFD bővítményével végeztük. Beállításként felvettük a merülést (a súlysámításból adódó 1,68 m és 1,7 m-es értékeket), az áramlás jellegét - test körüli, szabad felszínes - és a határoló közegeket, továbbá azoknak szükséges fizikai tulajdonságait (sűrűség, hőmérséklet, stb.). Külső erőként a kalkuláció része volt a nehézségi erő nagysága és iránya is. Az adott esetben vizsgált rááramlási sebességét is beállítottuk a közegnek, megfelelő (haladási irányval ellentétes) irányban. A hálót lokálisan 3 lépcsős sűrítéssel a testet határoló felületek köré sűrítettük (1. ábra).

1. ábra. hajótest farrésze körül megjelenített lokálisan sűrített háló



Ennek részben az az oka, hogy a hajótesttől távoli, számítás szempontjából nem releváns pontokban az értékek feleslegesen pontos számítása lassítaná a vizsgálatot, részben pedig az, hogy a kritikus helyeken (lemezelés és víz találkozása) a számítás a lehető legpontosabb legyen. A terhelési esetek megválasztását a merülések szabták meg, a választott sebességpontok pedig a hajó jellemző üzemiállapotaihoz rendelhetők (vízkiszorításos üzemi), mely 0,45-ös Freude számig terjed [5]. Az értékeket ebben a tartományban vettük fel.

3. EREDMÉYEK

A futtatás után minden terhelési esetben, mind a hat mérési pontban külön vizsgálat alá vetettük a mérési sorozatot. A konvergencia minden esetben egyértelműen meghatározható volt, azokat az értékeket, melyekhez az iterációkkal az ellenállás konvergált, táblázatosan és grafikonon is ábrázoltuk. Az eredményeket az 1. táblázat és a 2. táblázat, valamint a 2. ábra és a 3. ábra mutatja.

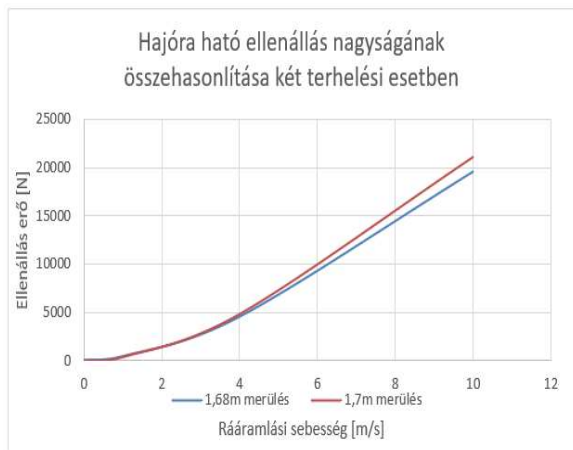
1. táblázat. Túra cirkálóra ható ellenállás értékek különböző mértékű merülések esetén

Túra cirkálóra ható ellenállás értékek		
Rááramlási sebesség [m/s]	Merülés	
	1,68m	1,7m
	Ellenállás erő [N]	
0	0	0
1	103,2	143,78
2	1894,109	1965,89
4	4512,443	4830,331
6	9390,548	9402,159
10	19570,12	21042,41

2. táblázat. Túra cirkálóra ható felhajtóerő értékek különböző mértékű merülések esetén

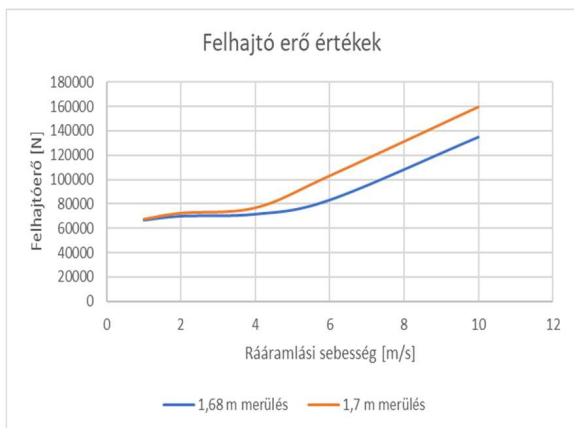
Túra cirkálóra ható felhajtóerő értékek		
Rááramlási sebesség [m/s]	Merülés	
	1,68 m	1,7 m
	Ellenállás erő [N]	
0	0	0
1	67015,1	67225,82
2	70224,4	72199,44
4	71863,34	76551,18
6	83512,27	102980,5
10	135086,4	159640,8

Látható, hogy akár 'x', akár 'z' irányú komponensről legyen is szó, minél nagyobb sebességgel halad a jármű, annál nagyobb lesz mind a testre ható erő, illetve annál nagyobb lesz a grafikonokon a két görbe pontjai között a vertikális irányban mért távolság. Ez azt is jelenti, hogy már kis merülésváltozásoknál is a nagyobb sebességek felé haladva az ellenállás-növekmény egyre jelentősebb, így még egy nagyobb hajónál is érdemes időt fordítani minél könnyebb alkatrészek megválasztására.



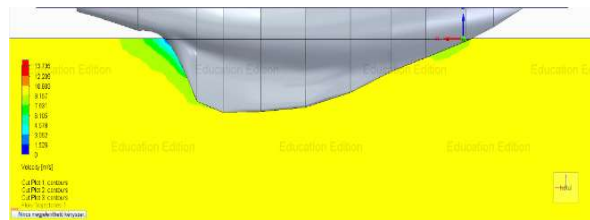
2. ábra. Hajóra ható ellenállás nagyságának összehasonlítása két terhelési esetben

A merülés megváltozásával nem csak a nedvesített felület nagysága - és ezzel az ellenállási erő - nő meg, hanem a nedvesített felület és a vízvonalmetszet alakja is változik. Jelen esetben geometriailag egy szélesebb alakzatot metsz ki a vízfelszín a hajótestből, így az áramképet is vizsgálni kell (4. és 5. ábra).

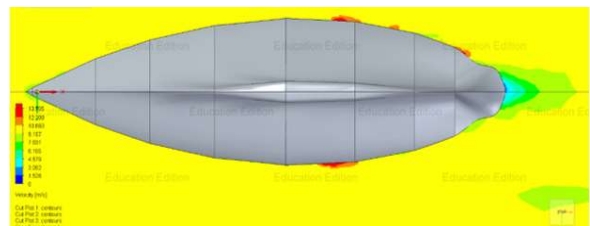


3. ábra. Hajóra ható felhajtóerő nagyságának összehasonlítása két terhelési esetben

Amennyiben a bemerülő alak úgy változik, hogy az áramlás korán leszakadó örvényeket generál a hajótest körül, vagy a legnagyobb szélesség körül túlságosan felgyorsul, az drasztikus sebességcsökkenést eredményez.



4. ábra. Közeg sebessége a hajótest körül (oldalnézet, középvonal síkja)



5. ábra. Közeg sebessége a hajótest körül (felülnézet, vízvonal síkja)

4. ANALÍZIS

Megvizsgálva az eredményeket több megállapítást tehetünk. A várakozásoknak megfelelően nagyobb sebességeknél a hajóra ható ellenállási erő a két merülési esetben igen nagy mértékben eltér, 1,68 m-ről 1,7 m-re növelve a merülést a növekmény 1472 N, azaz centiméteres nagyságrendű merülésváltozás hatása is szignifikáns. Az áramképben ábrázolva a sebességeloszlást a hajó környezetében azt tapasztaljuk, hogy a test legnagyobb szélessége mögött (a far felé) közvetlenül az oldallemez mellett az áramlás lokálisan felgyorsul, majd újra lelassul a kiinduló, első térfélnél tapasztalt sebességre. A hajó körül amellet a felület mellett, ami rááramlási árnyékban van, azaz a hajó melletti gyorsult áramvonalak nem - vagy csak részben érintik, a közeg sebessége jelentősen csökken, a vízvonalterület és a kormánycsapágy tengelyének metszéspontjában és környékén pedig a közeg sebessége közel 0 m/s. Azt látjuk, hogy legnagyobb áramlási sebességnek sem a nagysága (13,7 m/s), sem a helye (főborda mögötti szűkülő ív) nem okoz nagymértékű sebességcsökkenést.

5. KONKLÚZIÓ

Elmondható, hogy azáltal, hogy a belsőégésű motort és az ahhoz tartozó hajtásláncot cseréltük, ennél a hajónál ellenállástöbblet jelentkezik, ez pedig csökkenést okoz a várható haladási

sebességben. A vizsgált hajó egy sorozatgyártott termék, és az osztályában esetlegesen kisebb módosításokkal üzemelő hajók esetén a számítás hasonló motorokkal várhatóan ugyanezt az eredményt adja. Más hajótípusokra a vizsgálati módszertan követése pedig pontos választ ad a 2.2 alfejezetben felmerülő kérdésekre, melyek egy vitorlásversenyt megelőzően például igen fontosak (ekkor ráadásul a motor pusztán csak felesleges ballaszt). Mivel a számításokat vízszintesen úszó vitorlásra végeztük, további tanulmányozás tárgya lehet a megdőlt helyzetű jármű vizsgálata, illetve a gyorsuláskor kiemelkedő hajótest vizsgálata ugyanezen módszerrel. Szintén kérdéseket vehet fel a motoros üzem hatótáv növelése érdekében esetlegesen behelyezett további akkumulátorok többletterhelése, és azok lehetséges elhelyezése miatt kialakuló úszáshelyzet, hiszen ez további merülési opciókat feltételez.

6. IRODALOM

- [1] Zeng, Q., Hekkenberg, R., & Thill, C. (2019). On the viscous resistance of ships sailing in shallow water. *Ocean Engineering*, 190, 106434.
- [2] Angelou, M., & Spyrou, K. J. (2021). Dynamic stability assessment of yacht downwind sailing in regular waves. *Applied Ocean Research*, 111, 102651.
- [3] Nadas Péter: Az EU tagság követelményeihez való közelítés a hajózás, a kikötők és a vízi utak területén, *Közlekedéstudományi szemle*, 1999. (49. évf.) 7. sz. 268-274.
- [4] Zhou, X., Sutulo, S., & Soares, C. G. (2015). Simulation of hydrodynamic interaction forces acting on a ship sailing across a submerged bank or an approach channel. *Ocean Engineering*, 103, 103-113.
- [5] Simongáti Gy, Hargitai L. (2012) 'Kishajók', Budapest: Typotex. ISBN 978-963-279-643-7