

2. A hajótest a hajótest kialakítása

A hajók fő méreteit – vízvonalhosszát, szélességét, a merülési mélységet, valamint a különféle teltségi fokokat – általában minél nagyobb sebességre törekedve alakítják ki, vagy azt tartják szem előtt, hogy az adott maximális sebesség eléréséhez minél kisebb motorteljesítményre legyen szükség. Kisebb méretű hajóknál azonban gyakran előfordul, hogy a fő méreteket kizárólag a rendeltetésnek megfelelő gépi berendezés, felszerelés és utas- vagy teherbefogadóképesség helyszükséglete szerint kell meghatározni, és az optimális hossz- szélesség viszonyoktól el kell tekinteni. Más esetben a kielégítő stabilitási viszonyok biztosítására, vagy éppen gyártási követelmények kielégítésére kell súlyt helyezni.

A szárnyas hajóknál is hasonló a helyzet, ahol a teljesen vízbemerült helyzetben elérhető maximális sebesség – amely amúgy is csak szárnyak nélkül lehet reális érték- háttérbe szorul egyéb speciális követelmények mögött.

A szárnyas hajó teste üzemidejének nagyobb részében a víz színe fölé emelkedve halad tova és tisztán vízkiszorításos úszóműként általában csak álló helyzetben működik. Erős hullámozás miatt a sebességet néha annyira le kell csökkenteni, hogy a hajótest a kedvezőbb hullámállás érdekében részben vagy teljes egészében vízbemerüljön. A kedvező úszási viszonyok biztosítása természetesen ilyen esetekre is célszerű. A C) fejezet 4. pontban látni fogjuk, hogy a hajótest felszín fölé emeléséhez – bár ez a maximálisnál lényegesen kisebb sebességtartományban történik- sokkal nagyobb motorteljesítményre van szükség, mint a szárnyakon haladáshoz. Éppen ezért a szárnyas hajók testét a kiemelkedési szakasz követelményei szerint alakítják ki. Elő kell segítenie a gyors kiemelkedést és ennek minden szakaszában legkedvezőbb ellenállásviszonyokat kell mutatnia. Emellett természetesen kielégítő stabilitással kell rendelkeznie úszó helyzetben, és az átmeneti szakaszban segítenie kell a szárnyak stabilizáló működését. Ezeket a hajótesteket tehát nem egyetlen úszásvonalra tervezik, mint a vízkiszorításos elven működőket, hanem gondosan megvizsgálják a kiemelkedés folyamán elfoglalt valamennyi helyzetet, sőt tekintettel kell lenni a nagy sebesség mellett felcsapó hullámok kellemetlen hatására is.

A kiemelkedési szakasz kívánalmait leginkább siklótest alkalmazásával érik el. Ez a gyors kiemelkedéshez azzal járul hozzá, hogy maga is ébreszt dinamikus felhajtóerőt. Igen fontos, hogy a hajótesten ébredő statikus és dinamikus felhajtóerők összhangban legyenek a szárnyakon keletkező felhajtóerővel és létezésükkel valóban kedvező hatást fejtsenek ki. Ha a test felhajtóereje a kiemelkedés folyamán túlságosan elől érvényesül, a keletkező farnehéz trimm következtében a szárnyak állásszöge megnő. Ez különösen hullámos vízen vezethet kellemetlenül bukácsoló induláshoz, amikor az áramlás különben is hajlamosabb a szárnyakról leválni.

A kiemelkedést megnehezíti, ha a test dinamikus és statikus felhajtóerejének eredője túlságosan hátul, a far közelében hat, és esetleg a hajóorr vízbefürödését okozhatja.

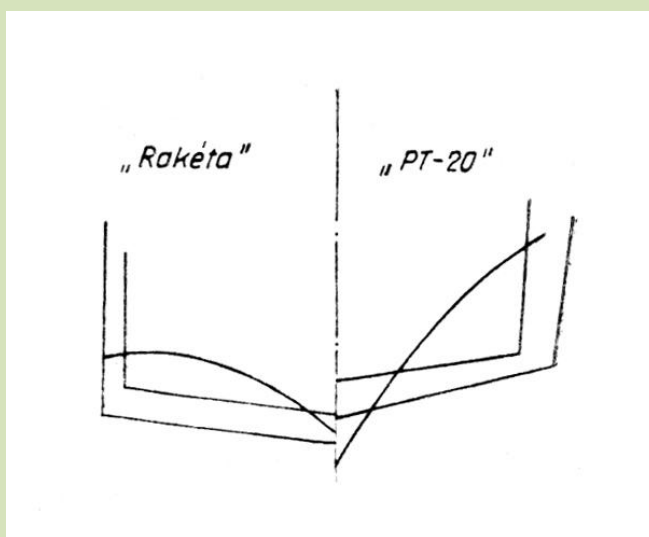
Kellemetlen volna az is, ha a test-felhajtóerő támadáspontja a kiemelkedés folyamán erősen vándorolna.

Közvetlenül elindulás után áramlástechnikailag nincs lényeges különbség a vízkiszorításos és a siklótest között. A siklótest éles szögletei és a fenék esetleges lépcsőzése még a felszín alá merülnek, az oldalfalakat is víz nedvesíti. A kiemelkedés kezdeti szakaszában elért kis sebesség miatt a statikus felhajtóerő alapján működő hajóként különben roppant kedvezőtlen siklóforma még nem okoz nagy ellenállást. A kiemelkedés további menetében már a hajótest geometriai kialakítása is szerephez jut. A megépült hajók legtöbbször V-bordájú testtel találkozunk. A fenék hajlásszögét a hajó feladata és alkalmazási területe szabja meg. Belvízi hajósok a főborda-metszetnél igen kicsiny lehet, pl. a „*Rakéta*” típusnál (**102. ábra**). Tengerparti vagy nyílt tengeri hajóknál azonban nagyobb, 20-30° körüli szögeket találunk, mint általában a Schertel-féle hajóknál. Ennek az az oka, hogy a fenék hajlásszögének növelésével a hullámütések csökkenthetők, és ez az egyre fokozódó sebesség miatt a test szilárdsági igénybevétele szempontjából előnyös. Hátrányos azonban, hogy ezzel egyidejűleg az ellenállás tetemesen nő. A **103. ábrán** Sottorf ilyen irányú kísérleteinek eredményeként az ellenállás százalékos növekedésének és a hullámütések csökkenésének összefüggését látjuk a ζ szög függvényében. Látható, hogy pl. $\zeta = 140^\circ$ -os (tehát 20°-os fenékhajlási) szöggel a hullámütések erejéigény 25%-al csökken, de ez az ellenállás 20%-os megnövekedéséhez vezet. Az alkalmazható fenékhajlásnak tehát a kiemelkedés folyamán rendelkezésre álló tolóerő-felesleg szab határt.

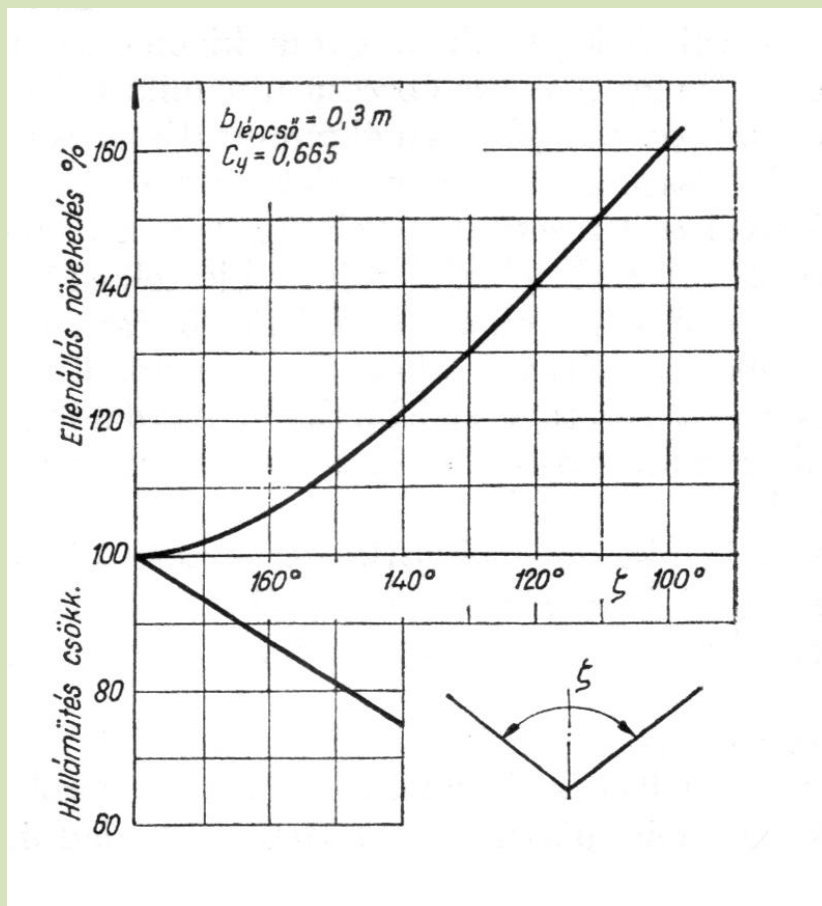
Kedvezőtlen, ha a főborda-keresztmetszetben a fenékvonal egyenes. A siklás közben felcsapó víz elterelésére célszerű enyhe íveléssel visszahajlítani a víz felé (**104. ábra**), azonban ennél erősebb ívelés sem ajánlatos.

A hajótest főborda előtti részére vonatkozóan kedvező, ha a metszetvonalak itt minél hosszabb szakaszon futnak íveletlenül. E szakasz felületének vízszintessel bezárt hajlásszöge 4-6° között optimális.

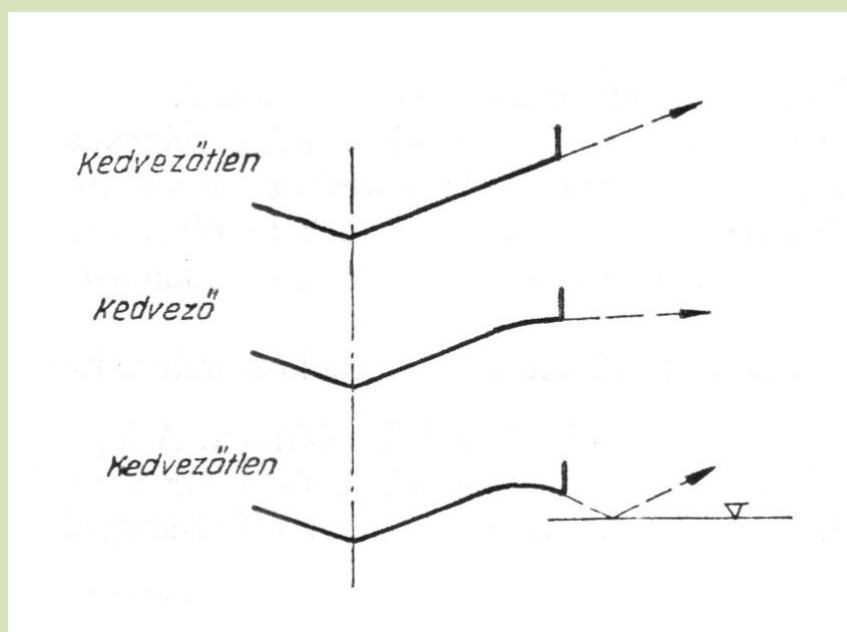
A felület erős íveinél, éles szögleteinél az áramlás hamar leválik. A V-bordájú hajók kimm-éle a fenék lépcsőzésével együtt éppen ezt a célt szolgálja. A siklásba jövő test kimm-éleiről, majd később a kiemelkedés folyamán a fenék lépcsőinél az áramlás leválik, és ezzel a nedvesített felület csökken. Ez aztán a súrlódási ellenállás csökkenéséhez és a további gyorsulás lehetőségéhez vezet. A hullámok felcsapódó vize nem moshatja végig a hajófeneket, mert az útbakerülő lépcsőkön leszakadni kényszerül.



102. ábra.



103. ábra.
A fenék-hajlásszög növelésének hatása



104. ábra.
A fenék-hajlás kialakítása

A megépült hajókon általában egy lépcsőt alkalmaztak. Helyét és állásszögét úgy választják meg, hogy kiemelkedéskor, illetve hullámba merüléskor farnehéz nyomatókat eredményezzenek. A lépcső méreteire vonatkozólag Sottorf kísérletei adnak útbaigazítást. Szerinte a lépcső felhajtóerejének nem szabad túllépnie a

$$c_y = \frac{D}{\gamma \cdot b_1^3} = 0,5$$

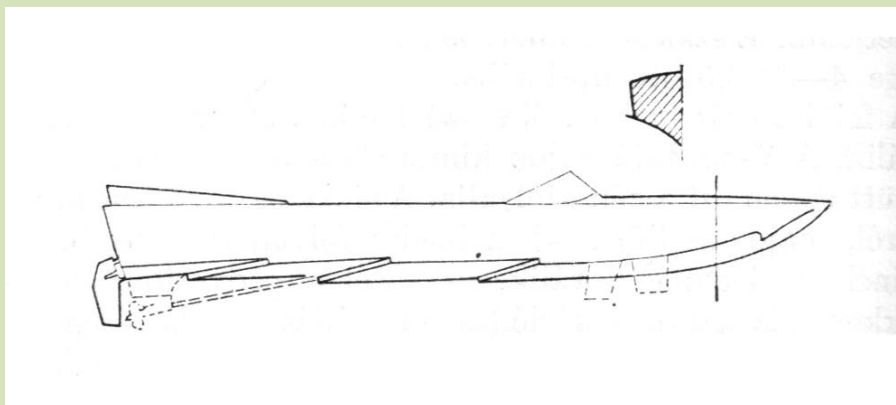
értéket. E képletben D (kp) a hajó súlya, γ (kp/m³) a víz fajsúlya és b_1 (m) a lépcső nedvesített felületének szélessége.

A kis ellenállás szempontjából kedvező az alacsony és enyhén far felé hajló lépcső. Optimális magassági méret $0,04 - 0,05 b_1$.

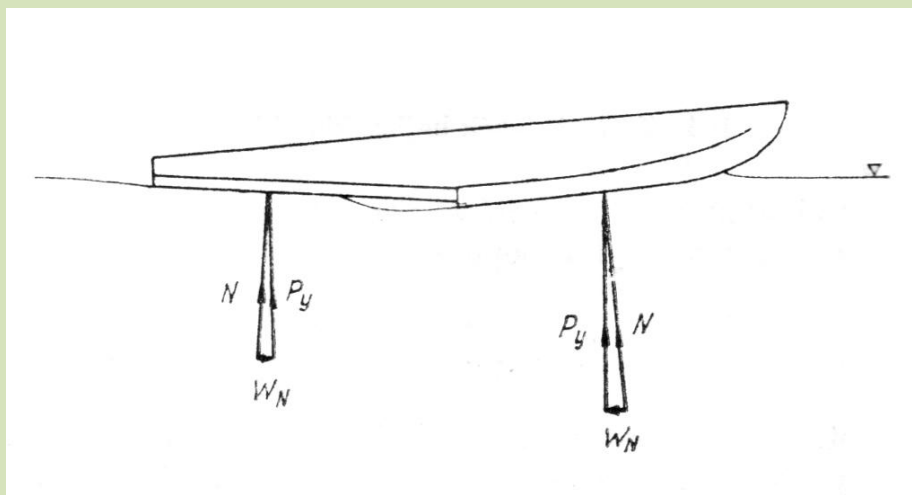
A „*Molnia*” nevű, tengerparton is alkalmazott kis szárnyas motorcsónak csak igen kevésbé emelkedik a vízfelszín fölé, így már viszonylag kis fodrozódás is zavarólag hatna üzemére. Ennek elkerülésére a hajófenéken, sőt a hajótest mellső részén is több lépcsőt alkalmaztak egymás mögött, és a felcsapódó vízzel szemben a kimm-vonal kiperemezésével (**105. ábra**) tették még érzéketlenebbé.

A test farrészének célszerű kialakítása szárnyas hajóknál is fontos. A gerincvonal vízszinteshez viszonyított megfelelő hajtásával érdekes módon lehet befolyásolni az ellenállás nagyságát, és ezzel a víztől való elszakadását megkönnyíteni.

A kiemelkedés folyamán a lépcsőkön már mintegy $\frac{v_{max}}{2}$ sebesség elérése után leválások kezdődnek. A lépcső mögött kialakuló üreg azonban még kicsi, és a far nagyobb része még érintkezik a vízzel. Ha most az erőviszonyokat a **106. ábra** szerint külön-külön vizsgáljuk: a lépcső mögötti fenékrész terhelése közelítőleg azelőtte levőével. A farrész felhúzásával az itt ható normálerő vízszintes összetevője előre irányul, és a mellső részen keletkező W_N ellenállással ellenkező értelemben hat, azaz az összellenállást csökkenti. Ez az ellenálláscsökkenés természetesen csak a fenék megfelelő hajlása esetén jöhet létre. Ha viszont a farrész nincsen kellőképpen felhúzva, kiemelkedés után nagyobb trimmszögeknél újra megközelítheti a felszínt és a lépcsőkről hátracsapódó víz végigmossa a hajófeneket (**107. ábra**). Ezzel a súrlódási ellenállás megnő és végső esetben esetleg a kiemelkedés is meghiúsulhat. A farrész kialakítása tehát igen gondos, mindenre kiterjedő mérlegelést kíván.



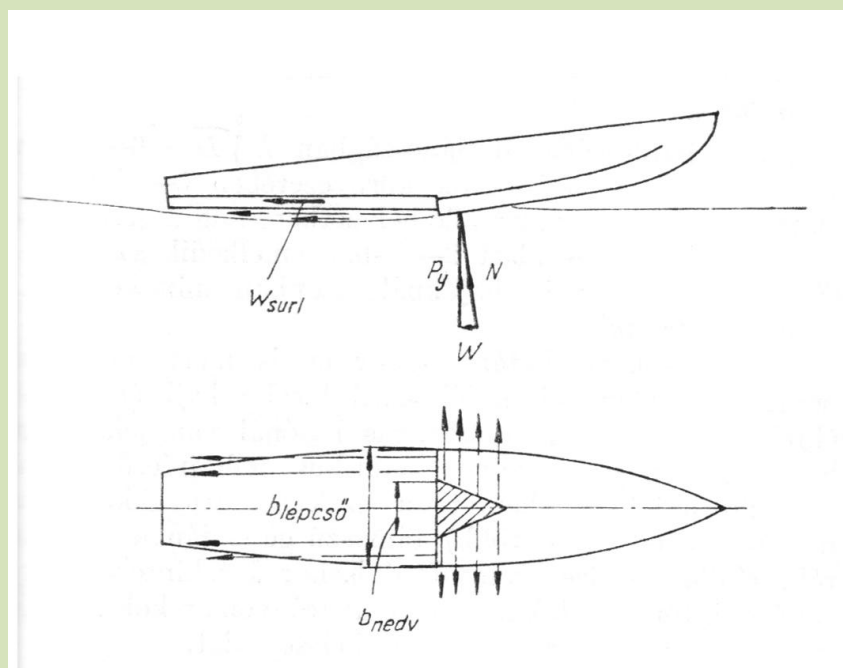
105. ábra.
A „*Molnia*” soklépcsős hajóteste



106. ábra.

A kiemelkedési, valamint hullámjárás viszonyok optimumának elérésére szárnyas hajóknál is célszerű bizonyos teltségi fokok betartása. Büller szerint a főborda teltségének nem szabad túlhaladnia – tengeri vagy tavi hajó esetén- a 0,55-0,65 értéket és az egész hajótest teltsége $\delta = 0,25 - 0,38$ között legyen. Az L/B hossz-szélesség viszony 4,5-5,5 között választható. A megfelelő nagyságú dinamikus felhajtóerő elérésére meglehetősen széles mellső részre van szükség, másrészt ezt a szempontot figyelmen kívül hagyva az a követelmény szabja meg a test szélességét, hogy a víz alatti szárnyak védelmére ne legyen szükség külön berendezésre (lökhárítókra), hanem azok lehetőleg teljes szélességükben a test védelme alatt maradjanak („Rakéta”).

A test karcsúsága általánosságban $L/\sqrt[3]{D} = 6 - 7$ alatt van. A kimm-nél a főborda környezetében $5-6^\circ$ -os szög alatt metszi a vízvonalat álló helyzetben, míg a gerincvonal a hajó mellső része alatt $2-4^\circ$ -ban emelkedik az orr felé (schertel-hajók), más hajóknál azonban mindkettő vízszintes („Rakéta”).



107. ábra.

A főméretek meghatározásához az is mértékadó szempont, hogy rövidebb hajóhosszal kisebb hajlítónyomaték ébred. Ennek éppen a szárnyas hajóknál van jelentősége, ha meggondoljuk, hogy a statikus felhajtóerő alapján működő hajókkal ellentétben ezek a szárnyakkal alátámasztott két- (vagy több) támaszú gerendának tekinthetők. Hullámos vízen, vagy forduláskor a tekintélyes nagyságú hajlítónyomatékhoz még csavarónyomatékok is adódnak a szárnyak egyenlőtlen terhelése miatt.