

---

#### 4.1.4 Vízrebocsátás

A *vízrebocsátás* azt a műveletet jelenti, amikor a hajó súlyát a *gerincblokkokról*, *bakokról*, stb., amelyek az építés során a hajó támasztását szolgálták, a bölcsőre helyezik át, amely a *csúszdák*on nyugszik, majd ezt követően annak segítségével a vízbe csúsztatják. A hagyományos vízrebocsátási eljárásnál a hajót farral előre engedik a vízbe, sok olyan hajógyár épült azonban, ahol a vizet folyópart vagy keskeny csatorna jelenti, ezek kényszerből oldalt bocsátják vízre a hajót. Az orral előre történő vízrebocsátás nagyon ritka, mert a vízkiszorítás és a súly ilyenkor nagyon eltérhet a csúszás kezdeti stádiumában, ami a hajót hossz irányban erősen igénybe veszi, emellett a vizet elérő hajó stabilitása is rosszabb, mint a másik két lehetőségénél.

##### 4.1.4.1 Farral előre történő vízrebocsátás

A *tartóberendezés* kioldásakor, amely a vízrebocsátásig a műveletre előkészített hajót a helyén tartja, a *bölcső* a rajta nyugvó hajóval együtt a csúszdákon a gravitációs erő hatására lecsúszik. Amint a tat eléri a vizet, a jármű súlyát részben a vízkiszorítás felhajtóereje, részben a csúszdák viselik. Ha ez a vízkiszorítás nem elegendő abban a pillanatban, amikor a hajó súlypontja túljutott a csúszdák végén, a hajó lebillenhet a csúszdáról, ami a fenék héjlemezének és a csúszdák végének egyaránt túlzott terhelést ad. Ezt csak úgy lehet megakadályozni, hogy a csúszdákat kellő távolságra továbbvisziki a víz szélétől. Ahol erre nincs lehetőség, ott meg kell erősíteni a csúszdák végét, és kellően alá kell támasztani a fenéken azt a területet, ahol esetleg sérülés fordulhat elő. Az ilyen intézkedések gyakran nagyon költségesek.

Amint a hajó tovább siklik a vízbe, a vízkiszorítás már elegendő ahhoz, hogy megemelje a fart. A jármű ilyenkor a vízrebocsátó bölcső elején levő *támaszok* körül el tud fordulni. Ezek tervezésekor figyelembe kell venni, hogy el tudják viselni az elfordító erőt, a terhelést alaposan el kell osztani, nehogy a kenőanyag kipréseledjön a csúszó felületek közül. Megfelelő bakolásról is kell gondoskodni a hajó eleje táján, hogy az ott keletkező károkat megelőzzék, amikor a far megemelkedik.

##### *A csúszdák építése*

A hagyományos *súlyaterek* viszonylag szilárd kialakításúak ahhoz, hogy az ott épülő hajók súlyát elviseljék. Építés alatt a súly zömét a gerincblokkok viselik, a többi a bakokra jut, illetve, ahol vannak, a *medersori blokkokra*. Azokon a helyeken, ahova valószínűleg kerülni fognak a vízrebocsátásnál megépített csúszdák, elegendő szilárdságú alapozást kell készíteni, mivel vízrebocsátásnál ott megnövekszik a terhelés. A gerincblokkok magasságát úgy kell megválasztani, hogy a talaj felett 1,25-1,5 m magas legyen a gerinc, ami elegendő átjáró helyet biztosít, viszont nem feleslegesen nagyot, ami az alátámasztás anyagszükségletét növelné (ld. 4.1.4.1.1 ábra). Az orrnál olyan magasnak kell elhelyezkednie a gerincnek, hogy lehetővé tegye az *orr bukó mozgását* akkor, amikor a far eléri a vizet, anélkül, hogy felütne. A siklopályák korábban már tapasztalati úton meghatározott ferdeségéhez való illeszkedés érdekében a *gerincnek a vízszinteshez képest legalább 1:20 arányban lejtjenie kell*, ez egyébként attól is függ, mennyire ferde a súlyatér.

A hajónak a vízrebocsátó bölcsőre való áthelyezése során az a legelterjedtebb megoldás, hogy *ékeket* vernek a bölcsőbe. Ez annyira megemeli a hajót, hogy ki lehet venni az építés során alkalmazott gerinc- és medersori blokkokat illetve bakokat. Nagyobb hajóknál az is előfordulhat, hogy szét kell roncsolni a blokkokat az eltávolításhoz, többféle összezsukható blokk van azonban használatban, ami erre megoldást jelent. Egyik ilyen a *homokdoboz*, amely 80-100 mm magasságú homokréteget tartalmaz egy acélkeretben, amely két fatömb között van elhelyezve. Ezt az acél keretet el lehet távolítani, a homok pedig kipereg. A másik ilyen eszköz egy olyan fatömb, amely átlósan el van fűrészelve, és a két fél összezsavarozva. A csavarok kiütésekor a két fél összezsuklik.

### ***Csúszdák és bölcső***

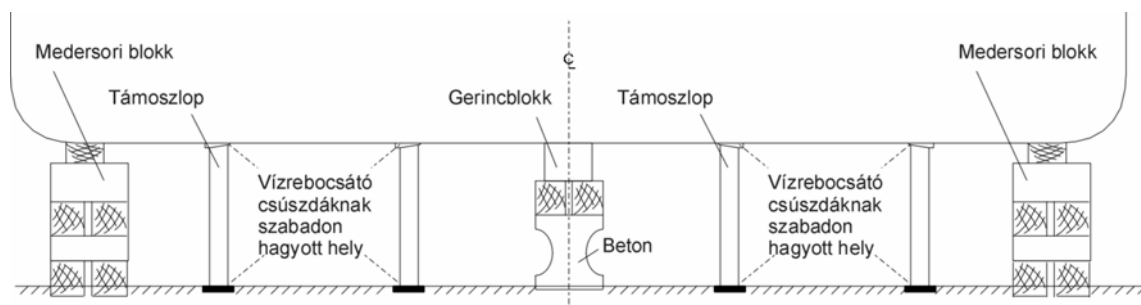
A sólyatérre lefektetett és rögzített *csúszdák* lehetnek egyenesek vagy állhatnak két részből eltérő ferdeséggel a kezdeti és a végszakaszokon. Keresztirányban a felületük általában vízszintes, de lejthetnek egymás felé, hogy a hajófenék ferdeségéhez igazodjanak. A csúszdák vonala általában nem egyenes, hanem kb. 1:400 domborulatú körív. Ez azt jelenti, hogy a csúszdák alsó szakasza meredekebb (kb. 1:16), mint a felső szakasz (kb. 1:25). Ennek előnye az, hogy a csúszdák végét elérő hajónak ugyanolyan út megtétele után nagyobb felhajtóerő áll rendelkezésére, ami csökkenti a terhelést a csúszdák végénél. További előny, hogy a hajó mozgásának lelassítása hamarabb történik meg a nagyobb ellenállás miatt. A csúszdák lejtésének elegendőnek kell lennie ahhoz, hogy a jármű elinduljon a víz felé; ha viszont túl meredek, az orrot túlzottan alá kell bakolni; az indító berendezésen levő terhelés is túl nagy lesz. Ahol a csúszda egyenes, ott a lejtést 1:25 és 1:16 között kell kiválasztani.

Általában két csúszdát fektetnek le, a kettő egymástól olyan távolságra van, ami a hajó szélességének kb. egyharmada. Érdeemes a *bölcsőre* úgy felfektetni a hajót, hogy az hosszmerévítők alá kerüljön, a csúszda pedig lehetőleg a sólya megerősített részén legyen (pl. alapozó cölöpök felett), ezek a szempontok határozzák meg a konkrét esetben a fektetés részleteit. A nagyobb hajókhoz akár négy csúszdát is kell használni, ugyanakkor a holland hajógyárak egyetlen központi csúszdát alkalmaznak vízrebocsátásnál. A *csúszdák szélessége* akkora legyen, hogy a hajó súlyából adódó terhelés a vízrebocsátás során ne lépje túl a 20 tonnát négyzetméterenként.

A csúszdákat *tartóblokkokra* fektetik, és olyan hosszban vezetik be a vízbe, hogy magas vízállásnál (tengeren dagálnál) a víz legalább egy méterrel ellepje. A bölcső *szántaljának* vezetéséhez fém pántot erősítenek fel a csúszdák külső oldalára. Ez a szántalp belső oldalára is felerősíthető, ha azonban a csúszdákon van, az az előnye, hogy a *kenőzsír* szétkenődését is akadályozza. A csúszdák ezen kívül keresztirányban is fel vannak bakolva, hogy az oldalirányú elmozdulást megakadályozzák, és hosszirányban is, hogy ne csússzanak le a hajóval együtt.

A szántalpak, amelyek kb. 80%-át teszik ki a hajó hosszának, alkotják a bölcső alsó részét, a felső rész pedig a tartóblokkokból, ékekből és olyan fatömbökből áll, amelyek a bordák vonalában tökéletesen illeszkednek a hajó profiljához. A nagyon karcsú hajóknál a bölcső mellső vége, amelyet mellső dúcolásnak neveznek, viszonylag magasra felfelé nyúlik, ezért függőleges fadúcolásból van építve, amelyeket fém pántokkal fognak össze. Ez a mellső dúcolás akkor kapja a legnagyobb terhelést, ami akár 20-

25%-a is lehet a teljes hajósúlynak, amikor a vízbeérő far megemelkedik. Ezt tehát úgy tervezik és építik meg, hogy elviselje ezt a terhelést; azonban az ilyen karcsú hajóknál megvan annak is a veszélye, hogy a lefelé irányuló erő kilöki a mellső dúcolást a helyéről, vagyis az orr utat tör magának a dúcoláson át. Ennek megelőzése érdekében a hajó mellső része alatt *keresztirányú feszítőket* húznak át, és ideiglenes csomólemezeket hegesztenek a héjlemezre a dúcolás felső végénél. Ezen kívül kiegészítő *nyereglemezeket* tesznek a hajó mellső része alá, a héjlemez és a nyereglemezek között fapokolással, amelyek a dúcolásnak adják át a terhet, és azokon keresztül a csúszdáknek.



4.1.4.1.1 ábra A hajó építés közbeni alátámasztása a sólyán

Sok korszerű hajónál az orr viszonylag telt, ezért kevés alátámasztásra van szükség a szántalpak mellső vége felett. Ilyen esetekben rövid lemeztámaszokat hegesztenek fel a héjlemez és a terhet viselő vastag lemezek közé, amint a 4.1.4.1.2 ábra mutatja.

A mellső dúcolás tervezésénél nagyobb nyomást kell feltételezni, mint amit a szántalpak és a csúszdák között levő kenőanyag tartósan elviselhetne. Mivel azonban a hajónak az orrreszen való támaszkodása csak rövid ideig tart, a hajó lendülete pedig nagyobb annál, hogy leragadhasson ebben az állapotban, ezért megengedhető ez a nyomásérték.

A bölcső hátsó részén is szükség van jelentős mennyiségű fapokolásra, amit itt is függőleges fadúccokkal és csomólemezekkel oldanak meg, ez alkotja a hátsó dúcolást.

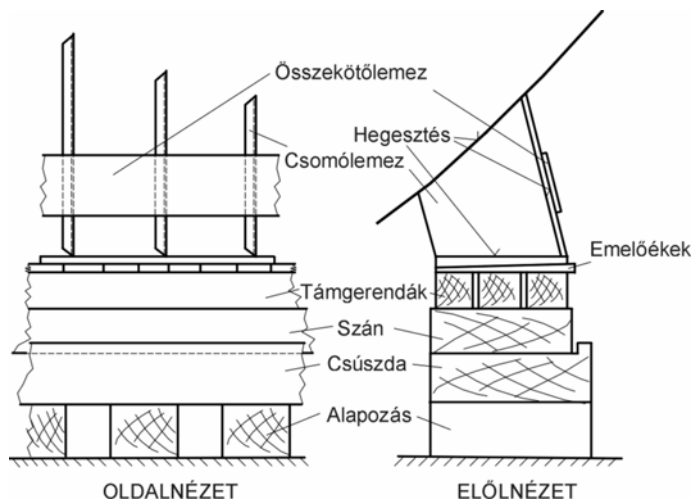
### ***Kenőanyag***

Ahhoz, hogy a hajó csúszni kezdjen az indító berendezés kioldásakor, arra van szükség, hogy a csúszó felületek közötti súrlódási tényezőt csökkenteni lehessen, ezt a *vízrebocsátási kenőanyaggal* oldják meg. A kenőanyagnak azt kell biztosítania, hogy a csúszdának a hajó súlypontja alatt elhelyezkedő pontján nagyobb legyen a lejtés annál az értéknél, amelynél egyensúlyban van a gravitációs gyorsító-erő (a hajó súlyának a csúszda felületével párhuzamos összetevője) és a fékező erő (a hajósúlynak a kenőanyagban uralkodó súrlódási tényezővel való szorzata).

A hajó építésének megkezdése előtt meg kell vizsgálni a kenőzsír súrlódási jellemzőit, mivel a gerinc ferdesége a sólyán erősen függ a később lefektetésre kerülő csúszdák lejtésétől.

A hagyományosan alkalmazott kenőanyag faggyú volt, ezt megoldva a csúszdákra öntötték, hagyták megszilárdulni, majd egy réteg kenőszappannal fedték be. Jelenleg a

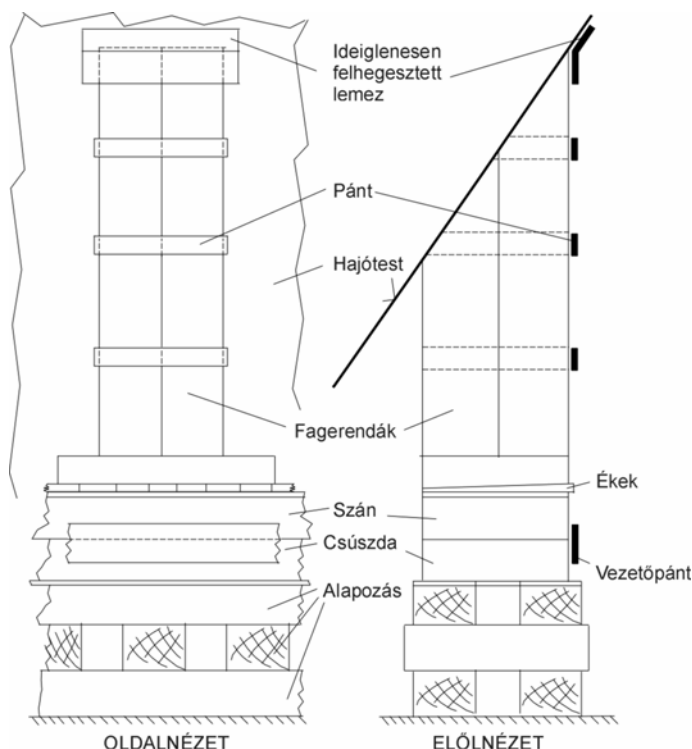
gyakorlat az, hogy ásványi alapú zsírokat kennek a csúszdákra, mivel ezeket a zsírokat alig befolyásolja a hőmérséklet, amellet a vízben nem oldódnak, a csúszdákra viszont jól tapadnak.



4.1.4.1.2 ábra Vízrebocsátó csúszdák – mellső dúcolás telt orrnál

Az ásványi zsírokat kőolajból nyert vízrebocsátási kenőzsírral takarják be. Ennek elég alacsony ahhoz a súrlódási tényezője, hogy a hajó csúszásba jöjjön és a csúszás állandósuljon mindaddig, amíg az alap kenőréteg súrlódási ellenállását a csúszásnál fejlődő hő le nem győzi. Egy alap védőréteg

akadályozza, hogy a kőolaj alapú zsír beivódhasson a csúszdákba. A csúszdáknek meg kell száradniuk alacsony vízállás mellett (tengeri környezetben apály idején), mielőtt a két réteg kenőanyagot felhordják rájuk.



4.1.4.1.3 ábra Vízrebocsátó csúszdák – mellső dúcolás karcsú orrnál

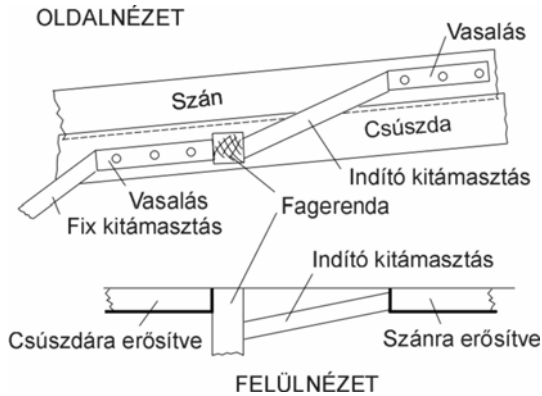
#### **Indító berendezések**

A kisebb hajókat el lehet indítani a csúszdán úgy, hogy kiütnek egy bakot (ld. 4.1.4.1.4 ábra), amely átlósan van elhelyezve a szántalp és a csúszda között. A legtöbb esetben azonban a hajó elindításához indító berendezést használnak. Sok típusuk van, leginkább hidraulikus, mechanikus és elektromechanikus. A mai gyakorlatban az egyidejű kioldáshoz *elektromechanikus indítókat* használnak; a *hidraulikus indító* nehezkesebb

és nem olyan biztonságos.

A 4.1.4.1.5 ábrán bemutatott elektromechanikus indítót általában a hajóközép közelében helyezik el, és a sólyatérben ki van alakítva egy kisebb akna a lezuhanó karok számára.

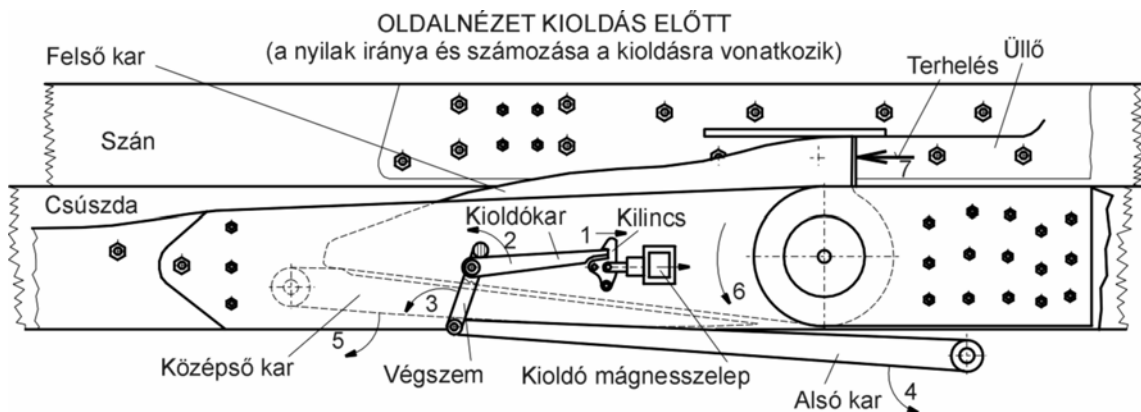
A vízrebocsátásra váró hajó méretétől függően több indítót helyeznek el; annak a 75.000-tonnás tömegáru szállító hajónak az esetében, amelynek vízrebocsátási menetét az alábbiakban láthatjuk, hat indítóra volt szükség.



4.1.4.1.4 ábra Kisebb hajó vízrebocsátásánál használt indító berendezés

Valójában ezek az indító berendezések egyszerű karos rendszerek, amelyek a csúszdákon ható igen nagy terheléseket a *kioldómű* által szolgáltatott kis visszatartó erővel egyenlítik ki. Működési elvüket egy egyszerű mechanikus redukciós-művel lehet szemléltetni. Az indítók egyidejű kioldását mágnes-tekerccsekkel működtetett zárakkal

oldják meg, ezek közös áramkörről kapják a tápot. A kapcsolokon levő feszültség megfordításakor ezek azonnal kioldanak.



4.1.4.1.5 ábra Elektromechanikus indító berendezés nagyobb hajó vízrebocsátásához

### A vízrebocsátás menete

Az alábbiakban a vízrebocsátás folyamatának megértéséhez példaként megadjuk egy 75.000-tonnás tömegáru szállító hajó vízrebocsátásának menetét. A csúszdákat a hajó szekcióinak összeépítésével egyidejűleg hátulról előre építik ki; a csúszdákat bezsírozzák és a bölcsőket aláépítik.

1. Négy nappal a vízrebocsátás előtt a vízrebocsátásnál használt faalátéteket megemelik, azaz beverik az ékeket (4.1.4.1.2 ábra), hogy a hajó az építési blokkokról felemelkedjék. Ezt kb. egy tucat munkás végzi el, akik egy hosszú gerendát használnak arra, hogy az erőt átadják az ékekre, egyidejűleg dolgozva a hajó mindkét oldalán.
2. A vízrebocsátás előtt két nappal eltávolítják a bakokat.

3. A vízrebocsátás délelőttjén mindent eltávolítanak a felső vízszint alatt, és a hajó hátsó részén *fékező bakokat* építenek. Ezek ferde bakok, amelyek szétesnek, amikor a hajó mozogni kezd.
4. Ekkor minden második gerincblokkot eltávolítanak, a járművet hagyják leülni.
5. A gerincblokkok nagy részét egyenletes eloszlásban eltávolítják, már csak kb. húsz blokk marad a hajó alatt.
6. Félórával a vízrebocsátás előtt eltávolítják az utolsó gerincblokkokat is.
7. Kiveszik a medersori blokkokat.
8. A vízrebocsátásra kitűzött időben a hajó teljes súlyát az indító berendezésekre helyezik át.
9. A szponzor kioldja az indító berendezéseket.

Ha a jármű nem indul el a gravitációs erő hatására, az indulást segíteni lehet *hidraulikus indítóhengerekkel*, amelyeket a bölcső felső végéhez helyeznek.

### ***A hajó vízrebocsátás utáni mozgásának megszüntetése***

Sok esetben korlátozott az a vízfelület, ahol a hajó vízrebocsátása történik. Szükség van ezért olyan eszközökre, amelyek a már vízben levő hajó mozgását megszüntetik. Számos ilyen módszer van, ezek egy részét minden vízrebocsátásnál használni kell.

A leggyakoribbak a *húzóláncok*, amelyeket a hajó mindkét oldalán szimmetrikusan helyeznek el. Mindegyik húzólánc patkószerű ívvel rendelkezik, amely a víz felett van, ahogy a hajó mozog a csúszdán lefelé, egyre több lánc bomlik le és fékezi a mozgást.

Ez megakadályozza, hogy a láncban túlzott dinamikus erők ébredjenek, ami mindenképpen bekövetkezne, ha a lánc a hajó mozgási sebességére hirtelen gyorsulna fel. A láncot a hajóhoz erősítő sodronyköteletet a hajó oldalára ideiglenesen felhegesztett lemezekhez kötik, függőleges helyzetüket kötélhurkok biztosítják (ld. 4.1.4.1.6 ábra). Amint a hajó szabadon elindul hátrafelé a víz irányában, ezek a hurkok egymás után elszakadnak, ami szintén segít felemészteni a hajó energiáját.

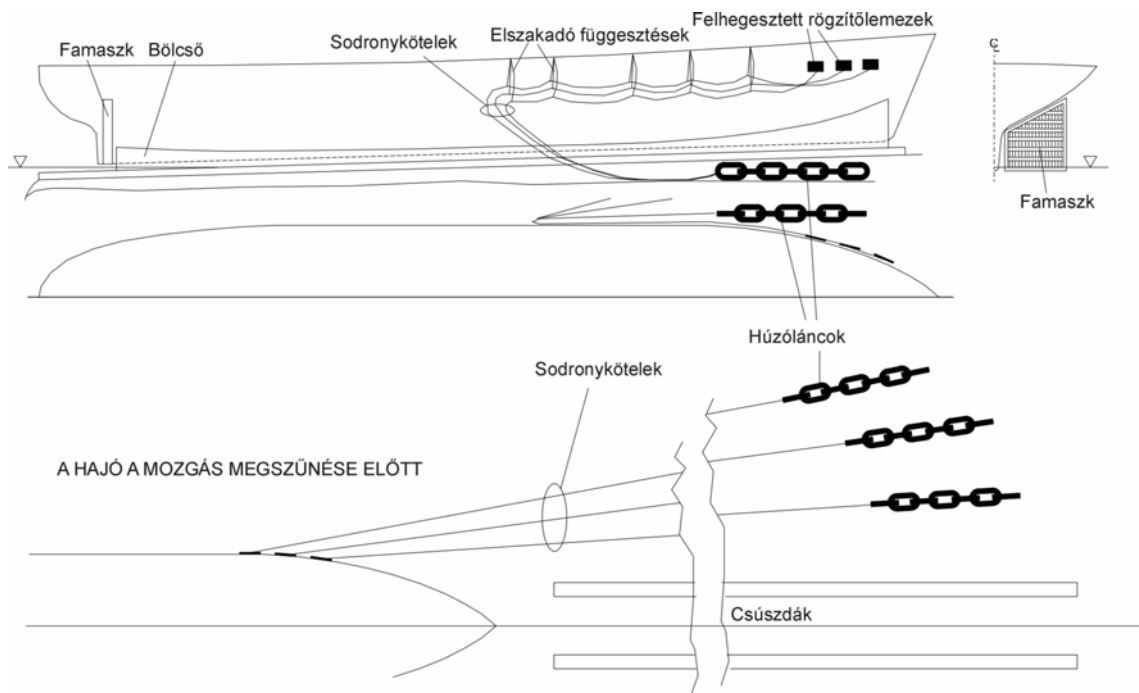
A hajó mozgása ellen ható ellenállást tovább lehet növelni *famaszkok* felszerelésével a hajó farára. A maszkok a lehető legnagyobb méretűre készülnek, és minél mélyebben vannak elhelyezve, hogy a vízben ellenállást fejtsenek ki a hajó mozgásával szemben. Maszkok készülhetnek vízszintes falapokból is, az ellenállást növelik a közöttük hagyott rések.

Olyan is előfordul egyes hajógyárakban, hogy a folyón levő kis hely miatt a hajót el kell fordítani, amint a csúszdát elhagyta. Ebből a célból a sólyatér egyik oldalán húzóláncokat, súlyokat vagy horgonyokat helyeznek el, amelyeket a hajó farához erősítenek adott hosszúságú sodronykötéllal. Amint a jármű elhagyta a csúszdát, a felesleges kötélhosszat bevonják, és a hajó orral a folyó folyása ellen fordul.

### **4.1.4.2 Oldalirányban történő vízrebocsátás**

A hajót akkor bocsátják oldalirányban vízre, ha erősen korlátozott a rendelkezésre álló vízszélesség. Valójában vannak előnyei ennek a módszernek, pl. a gerincnek nem kell ferdének lennie, a bölcső viszonylag egyszerű, illetve az, hogy a csúszdák rövidek lehetnek és nem kell őket teljesen a vízig kiépitni. Ez viszont azt jelenti, hogy

viszonylag hosszú partszakaszt foglal el a sólyán egyetlen építési hely, a hajó pedig az egyik oldalról csak nehezen hozzáférhető az építés ideje alatt.



4.1.4.1.6 ábra A hajó mozgásának megállítása vízrebocsátás után

A csúszdákat a vízre és az azzal párhuzamos gerincre merőlegesen építik ki. A szántalpakat is ennek megfelelően lehet elhelyezni, a rajtuk levő fapokolás alkotja a bölcst, de általában mégis a hajó hossz tengelyével párhuzamosak, így két vagy három csúszdán nyugszanak. A fapokolás alkotja a bölcst ebben az esetben is, két szomszédos szántalpat a pakolás köt össze.

Az oldalirányú vízrebocsátás egyik fő jellemzője a huppanás, ahol a csúszdák nem érik el a vizet; ennek következtében nagy haránt dőlésszög alakulhat ki, amikor a jármű leér a vízre. Emiatt igen pontos stabilitásszámítást kell elvégezni előzetesen, és vízrebocsátás előtt minden nyílást be kell zárni. Az magától értetődik, hogy a konvencionális farral előre történő vízrebocsátás előtt is el kell végezni a stabilitás számítását.

#### 4.1.4.3 Szárazdokkok

A szárazdokk esetében talán a legnagyobb előny az, hogy viszonylag egyszerű a járművet vízben úszóvá tenni (ld. 2.1.3.1 fejezet). Amikor arra szükség van, a dokkot el lehet árasztani és a hajót kiúsztatni. Számításokat kell végezni a stabilitást és a blokkok által adott terhelést illetően, amíg az elárasztás tart, a probléma ugyanaz, mint a hajó dokkolásának megszüntetése, amikor ellenőrzés vagy javítás miatt dokkolni kellett.

Vannak olyan hajógyárak, ahol a szokásos sólyatéri építési helyeket a víz felőli oldalon dokkoló kapukkal le lehet zárni. Ez egyrészt akkor előnyös, ha a hajó farán kell munkákat végezni (pl. propulzió), másrészt a csúszdák kiépítése során. Egyes esetekben ez egyszerűsíti a vízrebocsátást, ha csak a dagálynál nyitják ki a kapukat, amikor a vízrebocsátás megtörténik.

### 4.1.4.4 Hajóemelők

A nagyobb hajókat az építőműhelyből a sólya felső végére ki lehet tolni (2.1.3.1 fejezet), illetve ugyanezt lehet tenni a nagyobb szekciókkal is, ahol azokat összeépítéshez fel lehet emelni, a kisebb kész hajókat hajóemelővel lehet vízrebocsátani. Vágányok vannak kiépítve az építőműhely és a szabadban álló hajóemelő között. Ezek közül a *hajóemelő* rendszerek közül a legismertebb a szabadalommal védett 'Syncrolift', amelyet eredetileg a javításra vagy ellenőrzésre szánt hajók kiemelésére használtak, de ma már sok hajógyár az új hajók vízrebocsátására használja ezeket az emelőket. A hajóemelő alapvetően olyan platformmal rendelkezik, amelyet be lehet engedni a vízbe és a hajót rálehet úsztatni vagy leúsztatni róla. Az emelést mechanikusan vagy hidraulikusan hajtják végre, és a hajó mozgatása hossz- és keresztirányban biztosítva van.