

Lugosi Laura¹

A TMS Waldhof katasztrófájának bemutatása és iparbiztonsági szempontú tanulmányozása

Case study and industrial safety analysis of the TMS Waldhof ship disaster

2011-ben egy 2378 tonna, 96%-os kénsavat szállító, TMS Waldhof-nevű tartályhajó felborult a Rajna egyik veszélyes szakaszán. Az eset rámutat arra, hogy a balesetek iparbiztonsági célú, részletes tanulmányozása nélkülözhetetlen, az elemzések kritikus tanulságokkal szolgálnak a kockázatok csökkentéséhez. A katasztrófhhoz hozzájárult a folyó vízállása, valamint a személyzet által elmulasztott előírások, amelyek végül a balesethez vezettek. Az esettanulmány kitér a vonatkozó hazai és nemzetközi jogszabályokra, a mentés sikerének tényezőire, valamint arra, hogy az eset miként segítheti a katasztrófavédelmi intézkedések fejlesztését. A tapasztalatok alapján felvázolhatók olyan koncepciók, amelyek hozzájárulhatnak a belvízi veszélyes áru szállítás kockázatainak csökkentéséhez és a balesetek megelőzéséhez.

Kulcsszavak: belvízi veszélyes áru szállítás, esettanulmány, Rajna, kénsav, ADN

In 2011, a tanker named TMS Waldhof carrying 2,378 tons of 96% sulfuric acid capsized on a dangerous section of the Rhine. The incident highlights the importance of detailed industrial safety studies of accidents, as the analyses provide critical lessons for reducing risks. The river's water level and the crew's failure to comply with regulations contributed to the disaster, which ultimately led to the accident. The case study discusses the relevant domestic and international legislation, the factors contributing to the success of the rescue, and how the case can help improve disaster management measures. Based on the experience, concepts can be outlined that can contribute to reducing the risks of transporting dangerous goods by inland waterways and preventing accidents.

Keywords: transport of dangerous goods by inland waterways, case study, Rhine, sulphuric acid, AND

¹ Hallgató, Miskolci Egyetem, kriminológia mesterképzési szak, email: lugosilaura@hotmail.com

BEVEZETÉS

A veszélyes anyagok szállítása kockázatot jelent minden ágazat számára, ezért fontos tényező a baleset vizsgálatok szakszerű végrehajtása, dokumentálása, rendszerezése, hogy a jövőbeni bekövetkezésük megakadályozása és kezelése hatékonyabb lehessen a hatóság szempontjából. Feladatai közé tartozik ugyanis az események kivizsgálása és elemzése megfelelő pontossággal és az esetleges hiányosságok feltárása, valamint szükség esetén a jogszabályok módosításának kezdeményezése.²

A belvízi hajózásnak, azon belül is a teherszállításnak van a legfontosabb szerepe Európán belüli felszín feletti szállítmányozásban, egyedül a csővezetékkel történő szállítás hatékonyabb.

Mint minden szállítási módnak, ennek is rengeteg előnyét és hátrányát ismerjük. Előnyei az alacsony költség, mérsékelt szén-dioxid kibocsátás és biztonságosság, valamint csökkenti a tehergépjárművek mennyiségét az úthálózatokon, így ezzel hozzájárul a torlódások megszüntetéséhez is. Egyszerre több ezer tonnányi anyag szállítható vele. Főbb iparágak a profittermelést, működőképességet és fejlődést a konténerek és egyéb rakományegységek alacsony költségének köszönhetik. Egyes iparágak a folyók mellé települése indokolt, mivel termékük nagy mennyiségben szinte csak vízi szállításon keresztül juthat el a piacra. Az építőipar, erdészet, kohászat, bányászat, vegyipar, olajipar – ezek mind szorosan függenek a belvízi szállítástól.

Pozitívként elmondható még, hogy a belvízi utakon rendkívül magas a hajózás biztonsága, ami részben a viszonylag alacsony forgalomsűrűségnek köszönhető. A belvízi forgalomban ritkán fordulnak elő súlyos károkat vagy személyi sérüléseket okozó balesetek.

A belvízi hajózás (specifikusan az áruszállítás – beleértve a veszélyesárut is) hátrányai: Viszonylag nagy beruházást igényel az infrastruktúra fejlesztése - ha ez elmaradott, akkor sajnos a szállítás minősége sem megfelelő. Korlátozott földrajzi terjeszkedés építhető csak ki, ami egyedül a folyók és tavak mentén lehetséges. Az éppen adott hidrometeorológiai viszonyok kifejezett hatása – magas vízállás és vele járó erős áramlatok, valamint az alacsony vízállás és az annak következményeként kialakult hajózhatatlan szakaszok. A forgalmi szolgáltatás minőségi szintje is egy kérdőjeles egyes szakaszokon. Megjegyzendő, hogy a fent említett hátrányok az előnyökhöz hasonlóan is összefüggenek egymással. Mivel a belvízi utak vonalát a földrajzi adottságok határozzák meg, a mellékfolyókat leszámítva az elhelyezésükről fogva

² ALMÁSI 2022

nem kapcsolódnak egymáshoz. Hálózattá alakításukhoz mesterséges csatornák kiépítése szükséges a vízgyűjtőkön keresztül, ami igen költséges.

A német közlekedési minisztérium adatai szerint a csatorna építése körülbelül 13,75 millió euróba kerül kilométerenként. Erre jön még rá az átrakodás költsége más felszíni szállítási módba, melynek kiépítése ismételten hatalmas költséget és rengeteg szervezést igényel. A belvízi utak egyes szektoraiban a hajózás az aktuális időjárási és hidrológiai viszonyok függvénye lehet, amelyeket még viszonylag magas költségek mellett is nagyon nehéz leküzdeni. Mivel nincs alternatíva, komoly közlekedési zavarok léphetnek fel, amelyek csökkentik a belvízi hajózás költséghatékonyságát és megbízhatóságát. A forgalmi szolgáltatás minősége pedig függ a szállítási megbízhatóságtól, sebességtől, a „háztól házig” áruszállítás képességétől, biztonságától, rugalmasságától, elérhetőségtől és energiahatékonyságtól. Az általam vizsgált baleset megtörténtekor magas vízállás volt a Rajnán, mely erős áramlatokat okoz, így lassabban, körültekintőbben kellett közlekedni, mely pedig torlódásokhoz vezet a hajók forgalmában.³

NEMZETKÖZI ÉS HAZAI VONATKOZÓ JOGSZABÁLYOK

A legfontosabb egyezmény, mely vonatkozik a nemzetközi és hazai belvízi veszélyesáruszállításra az ADN. Emellett fontos a MARPOL egyezmény, mely a hajók környezetszennyezésének elkerülése érdekében jött létre és az UNECE, mely a különböző országok közötti szállítás zökkenőmentesen és biztonságosan történő lebonyolítását írja elő. Ezen szabályok mellett Európa adott országaiban és folyóin további kiegészítőszabályzatokat és előírásokat alkalmaznak.

Az én esettanulmányomban bemutatott baleset a Rajnán történt, ahol szintén más, specifikus szabályok is vonatkoznak a nemzetközies mellett: CCNR által kiadott rendeletek, irányelvek, RHeinSchUO, RheinSchPV, RPNR, RVIR.

Magyar vonatkozásban a 2000. évi XLII. törvény a vízi közlekedésről⁴ - a belvízi hajózás biztonsági szabályaival foglalkozik, a 62/2011. (XI. 29.) NFM rendelet⁵ pedig Magyarországon a belvízi veszélyes áruszállítást meghatározza a veszélyes anyagok kezelésének, csomagolásának és jelölésének szabályait, valamint a hajók műszaki követelményeit is. A Belvízi hajózási szabályzat - Duna-irányelvek – a Dunára és más nagyobb magyarországi folyókra vonatkozó szabályozás részletezi a rakomány kezelést, különösen veszélyes anyagok

³ ZORAN RADMILO R. ET. AL. 2007

⁴ 2000. ÉVI XLII. TÖRVÉNY A VÍZIKÖZLEKEDÉSRŐL

⁵ 62/2011. (XI. 29.) NFM RENDELET

szállítása esetén. A magyar jogszabályok harmonizálva vannak a Duna-medence nemzetközi szabályaihoz, valamint az ADN-hez, ezzel megkönnyítve a Magyarországon áthaladó belvízi forgalmat.

Hazai vonatkozás még, hogy a 2012. január 1-jével végbemenő változásokkal a katasztrófavédelem hatáskörébe tartozik a veszélyes áruk vízi és vasúti ellenőrzése is, a közúti mellett. 2012-ben országosan összesen 1995 vízi járművet ellenőriztek, melyből 1199 jármű szállított veszélyes árut, melyből csak 5% volt belföldi.⁶

A RAJNA ÉS A LORELEY – A BALESET HELYSZÍNE

A Rajna folyó Európa egyik fő vízi útja, valamint a legforgalmasabb áruszállítási útvonala. A 15 tagállam teljes belvízi áruszállításának 70%-a ezen a folyón történik. Nagy forgalma és hidrodinamikája miatt (erős és váltakozó áramlások, éles kanyarok, néhol keskeny vonalon hajózható szakaszok), azonban nem a legmegbízhatóbb megoldás a szállításra, így előfordulhatnak elakadások és késések, mégis a legtöbb cég vállalja a kockázatot és ezen szállítási módot választja, mert még így is megéri nekik. Amennyiben szárazság van, a hajózható szélessége és mélysége a folyónak csökken, ezzel feltorlódásokat okozva, főleg a zsilipeknél, ahol az átjutásra várakozási idő jelentősen megnőhet. Ha a vízállás magas, az az erős áramlatok fokozódásával jár, mely ismét problémákhoz vezethet – a folyó veszélyesen és nehezen navigálhatóvá válhat.⁷

Az általam elemzett baleset is a Rajna egy híresen veszélyes szakaszán történt. A Loreley egy 132 méter magas meredek palaszikla a Rajna-szurdok jobb oldalán, a németországi Sankt Goarhausennél. Vízi katasztrófák helyszíne már az első, tizedik századra datálható feljegyzések alapján - rengeteg hajó süllyedt el ezen szakaszon.

VESZÉLYESÁRU-SZÁLLÍTÁS SZABÁLYZÁSAI EURÓPA BELVIZEIN

A szállítás biztonságát úgy biztosíthatjuk, hogy megakadályozzuk az anyag kijutását a tárolóedényből. Ezért a veszélyes áruk szállításának biztonsága elsősorban azon múlik, hogy az anyagot megfelelő módon és megfelelő tárolóedényben helyezük el, így megakadályozva annak kiszabadulását.⁸

⁶ SZAKÁL ET. AL. 2015

⁷ VINKE F. ET. AL. 2022

⁸ KÁTAI-URBÁN ET. AL. 2024

Ahhoz, hogy a hajózás biztonságosságát garantálni tudják az egyre erősödő ipari igénybevétel mellett, létre kellett hozni egy egyezményes szabályzatot, mely kontrollálja a teherszállítást az európai folyókon.

Ez az ADN (Európai megállapodás a veszélyes áruk nemzetközi belvízi szállításáról). Ezen megállapodást 2000. május 26-án kötötték Genfben egy diplomáciai konferencián, az Egyesült Nemzetek Európai Gazdasági Bizottsága (UNECE) és a Rajnai Hajózási Bizottság (CCNR) részvételével. 2008. február 29-én lépett hatályba. Az ADN a következőkből tevődik össze: magából a megállapodásból - ami egy jogi szöveg - és a hozzá csatolt rendeletekből.

Célja a veszélyesáruk belvízi úton történő nemzetközi szállításának magas szintű biztonságának biztosítása, a környezetvédelemhez való hatékony hozzájárulás (balesetek megelőzése és szennyezésvédelem), a veszélyesáruk nemzetközi kereskedelmi sikerének segítése és a szállítási, valamint rakodási műveletek megkönnyítése.

Az ADN mellékletét képező szabályzat a veszélyes anyagokra és tárgyakra vonatkozó rendelkezéseket, a belvízi vagy tartályhajók fedélzetén csomagban és ömlesztve történő szállításukra vonatkozó rendelkezéseket, valamint az ilyen hajók építésére és üzemeltetésére vonatkozó rendelkezéseket tartalmazza. Ezen kívül kitér az ellenőrzésekre, a jóváhagyási bizonyítványok kiadására, a hajóosztályozó társaságok elismerésére, a felügyeletre, valamint a szakértők képzésére és vizsgáztatására vonatkozó követelményekre és eljárásokra.

Számunkra ezen balesetnél a legfontosabb tényező a stabilitási kritériumok betartásának elmulasztása, melyet az ADN 9.3.2. fejezetében találunk meg a „C típusú tartályhajók építési előírásai” alatt, a 9.3.2.13. résztől kezdődő „Stabilitás (általános rendelkezések)” résztől kezdődően.

Az európai folyók teherszállításának szabályozása a 19. századig vezethető vissza, egészen pontosan 1838-ig. Ekkor a Rajnai Hajózási Központi Bizottság (Central Commission for Navigation on the Rhine – CCNR⁹) külön szabályokat dolgozott ki a veszélyesáruk rajnai szállítására (ágyúpor, robbanóanyagok, mérgező és maró anyagok stb.). Az ADN rendelet 1971-ből származik, új változata pedig 1995. január 1-jén lépett hatályba. Ez az új változat mélyreható átalakításon esett át az ADR (közúti) és RID (vasúti) előírásokkal való jobb harmonizáció érdekében. A szerkezetátalakítás 2002-ben befejeződött és az új, átstrukturált változat 2003-ban lépett hatályba. Az ADN egy regionális jogszabály volt, mely a Rajnára vonatkozott és előírásokat tartalmazott a szállítandó áruk csomagolására, a hajók felszerelésére, a szállítmányok dokumentálására és a személyzet képzésére vonatkozóan.¹⁰

⁹ CCNR REGULATIONS

¹⁰ ALEX 2023

2009-ben az váltotta az ADNR-t az ADN, amely kiterjedtebb szabályozást biztosít az egész európai belvízi rendszerre.

HAJÓ ADATOK

A TMS Waldhof a Lehnkering Rhein-Fracht Mannheim-i hajózási társaság, a Lehnkering duisburgi társaság leányvállalata kettős héjazatú tartályhajójának a neve. A 2005-ös módosítások után méretei: 110 méter hosszú és 10,5 méter széles, teljesen megrakva 3,15 méteres merüléssel jellemezhető.¹¹

A hajót 1993-ban építették a Damen hajógyárban Hardinxveldben a zwijndrehti Euomar BV számára. A felépítmény és a meghajtórendszer a hátsó részen van elrendezve, a hajó rozsdamentes acél tartályokkal rendelkezik, középső hosszanti válaszfal nélkül, és „C” típusú savtartályhajónak minősül.

2005-ben a hajót 24 méterrel meghosszabbították, és két további tartályt építettek hozzá. Az átalakítás után a hajónak így hét tankja volt. Az átalakítás után a maximális merülést 2,80 méterről 3,15 méterre emelték, a teherbírása pedig 1517 tonnáról 2426 tonnára nőtt. Az újonnan jóváhagyott bizonyítványban a betöltött anyag megengedett sűrűségét köbméterenként 1,3 tonnában határozták meg, amennyiben a tartályok teljesen meg vannak töltve. Nagyobb sűrűségnél a tartályok feltöltését arányosan csökkenteni kellett, de a szabad felületek befolyását a lehető legalacsonyabb szinten kellett tartani (a TMS Waldhof balesetének egyik okozója a túl nagy szabad felület volt). A hajó hosszirányú stabilitása miatt, amely a tartályok töltöttségi fokának csökkenésével csökkent, a stabilitási vizsgálat a rakomány sűrűségét maximum 1,62 t/m³-re korlátozta, ami öt tartál 80,2 %-os töltöttségi szintjének felel meg, öt teli és két üres tartállyal. A rakomány mennyisége ebben az esetben 2200 tonna, szemben a 2426 tonna teherbírással. A teherbírás még alacsonyabb kihasználásával további, kellően stabil rakományok is lehetségesek lennének, amihez a Germanischer Lloyd (elismert hajóosztályozó társaság) jóváhagyásának feltételéül szabta a rakománykomputer használatát a hajó fedélzetén.

A balesetet követően és a javítások után a hajó 2012. áprilisa óta „Auriga” néven ismét úton van Európa belvizein.

A SZÁLLÍTOTT ANYAG – KÉNSAV (UN 1830)

A kénsav (H₂SO₄) veszélyes anyag, színtelen, szagtalan folyadék. Nagy sűrűségű, olajos állagú, sűrűsége majdnem kétszerese a vízének, 1,83g/cm³. Kétértékű erős ásványi sav. Vízrel

¹¹ WALDHOF (DÁTUM NÉLK.)

korlátlanul elegyedik. Vízrel való elegyítése erősen exoterm, így a tömény kénsavoldat hígításakor mindig a kénsavat öntjük a vízbe vékony sugárban, állandó kevergetés közben. Lúgoldattal közömbösíthető. Erélyes oxidálószer, még a rezes vagy az ezüstöt is képes oxidálni.¹²

A kémiai ipar egyik legfontosabb vegyülete, a legnagyobb mennyiségben előállított anyag. 2001-ben 165 millió tonnát gyártottak belőle. Legnagyobb arányban a műtrágyaipar hasznosítja, de szinte minden vegyipari ágazat alapanyagként használja.

Veszélyesáru szállítás szempontjából a 96%-os kénsav Biztonsági adatlapja (EK) 1907/2006 REACH Rendelet szerint az alábbiakat tartalmazza: GHS alapján a GHS05-ös piktogrammal van felcímkézve, ami maró, korrozív hatású anyagra utal, súlyos égési sérülést, szemkárosodást okozhat.

A BALESET

A TMS Waldhof 2011. január 12-én, 21:30 körül hagyta el a nyugat németországi Ludwigshafen-i kikötőt, hogy elinduljon Antwerpenbe, hogy ott kiürítse a rakományát, amely 2378 tonna 96%-os kénsav volt.

A Rajnán találhatóak radar által monitorozott szakaszok. Ennek eleget téve a TMS Waldhof jelentette rádió érkezését "Wahrschaustrecke" -i szakaszra (Oberwesel és St. Goar közti radar által megfigyelt szakasza) az Oberwesel-i radarállomásnak 2011. január 13-án, 04:32 perckor.

Ezután elhaladt egy tolóhajó mellett, majd 04:41-kor egy tartályhajó mellett, mellyel a Rajna "Betteck" nevű pontján, a 553,4 kilométerénél találkozott. Ezen hajó az áramlás irányában haladt. Majd 04:42-kor, tehát a tartályhajó mellett történő elhaladás után egy perccel, az 553.75 kilométernél a TMS Waldhof a jobb oldalára borult és eltűnt az Oberwesel-i regionális közlekedési központ radarképernyőjéről. A járási parancsnokságon és a radarállomáson dolgozóknak egy ilyen léptékű baleset elképzelhetetlen volt és némi időbe telt, amíg az észlelés után megfelelően besorolták. Ezt követően azonnal leállították a forgalmat és segélyintézkedéseket kezdeményeztek: riadóztatták a vészhelyzeti irányító központ, tűzoltóságot, vízirendőrséget, ügyelet és a WSA Bingen riasztást kapott.

A hajó tehetetlenül és navigálhatatlanul sodródott tovább az oldalán, elhaladt egy áramlás irányában navigáló hajó mellett, majd körülbelül 04:46-kor a Rajna 554,6 kilométerénél összeütközött egy ismét áramlás irányában/felfelé haladó tartályhajóval. Ezek után a TMS Waldhof orrát a sodrás a Rajna bal partja fele kényszerítette, ahol egy kis időre megrekedt, majd

¹² NKP TANANYAGOK

kiszakadt és a folyón keresztben sodródott tovább, óriási veszélyt jelentve az éppen arra haladó hajókra, ugyanis a navigálási útvonalon úszott irányíthatatlanul több ezer tonnányi kénsavval a fedélzetén. Ahogy feljebb részleteztem, a Rajna ezen szakasza fokozottan veszélyes az erős áramlat, éles kanyarok és a nagy forgalom miatt- így rövid időn belül újból két hajó mellett elhaladt, 04:49-kor és 04:50-kor, 04:51-kor, a folyó 555,3 kilométerénél zátonyra futott. Először a tatja szorult be, így az áramlat visszafordította a hajót az oldalfekvésből egyenesbe, majd a sodrás átkényszerítette a navigációs csatorna jobb szélére, ahol aztán végleg megállt, bal oldalára dőlve.¹³

A KATASZTRÓFA ELEMZŐ VIZSGÁLATA

Sajnálatos módon a négy fős személyzetből ketten életüket veszítették – egy főt holtan találtak a hajótestben, a másik személy a mai napig eltűntként van nyilvántartva.

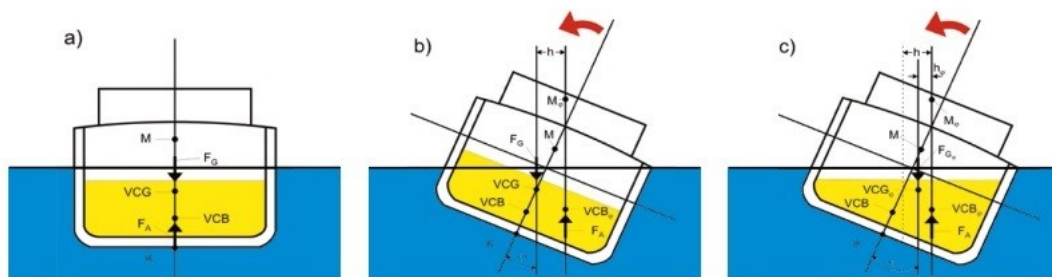
A baleset súlyossága és jelentős következményei miatt a Szövetségi Közlekedési, Építési és Városfejlesztési Minisztérium (BMVBS) úgy döntött, hogy a TMS Waldhof katasztrófáját és annak okait egy interdiszciplináris szakértői csoport vizsgálja ki, a Dél-nyugati Vízi- és Hajózási Igazgatóság vezetésével. Ennek a bizottságnak részeként a Szövetségi Vízügyi Intézet (BAW) hajóvezetési szimulációs szakcsoportját bízták meg azzal, hogy rekonstruálja a baleset közvetlen előzményeit a hajó felborulásáig egy belvízi hajóvezető szimulátoron, és vizsgálja meg azokat a külső hatásokat, amelyek hozzájárulhattak a hajó felborulásához.

Megállapították, hogy a hajó 3,15 méteres merüléssel volt megrakva (maximalizálva volt), és a rakomány egyenletesen eloszlott mind a 7 középső tartályban. A 96%-os koncentrációjú kénsav sűrűsége (1,84 t/m³) miatt az összes tartály körülbelül félig volt megtöltve.

A TMS Waldhof dinamikus modelljének elkészítéséhez szükséges adatokat a baleset következtében már nem lehetett begyűjteni. Emiatt egy hasonló hajó adatait használták fel. Különös figyelmet fordítottak a hosszanti tengely körüli forgás mozgásegyenletének validálására, mivel ez a hajó stabilitását írja le. Ezt a mozgásegyenletet a TMS Waldhof terhelési állapotához igazították, hogy a hajó stabilitásának viselkedését megfelelően modellezzék.

A stabilitás fogalma a hajóépítésben azt jelenti, hogy egy hajó képes fenntartani függőleges úszó helyzetét, vagy adott esetben egy dőlő nyomatékra – azaz egy olyan erőhatásra, amely a hajót hosszanti tengelye mentén megdönti – reagálva saját erejéből vissza tud állni az egyensúlyi úszó helyzetébe.

¹³ INVESTIGATION 2012



1. ábra - Hajó stabilitása: a) Függőleges, zavartalan úszóhelyzet. b) Dőlt úszóhelyzet mozdulatlan rakománnyal. c) Dőlt úszóhelyzet mozgó rakománnyal.¹⁴

A hajó zavartalan, függőleges úszó helyzete következőképpen mutatható be: A hajó alján található a hajófenékpont (K). A középsíkban felette helyezkedik el a merülési középpont (Vertical Centre of Buoyancy – VCB), felette a hajó súlypontja (Vertical Centre of Gravity – VCG), és felette a metacentrum (M), amely a középsík és a szomszédos felhajtóerő irányának metszéspontja. Nincs külső dőlési nyomaték, és a VCB és a VCG a középsíkban helyezkednek el (Lásd: 1. ábra, a.) képe).

Az 1. ábra b.) képen a hajó egy megdőlt úszóhelyzetben látható, a dőlési (statikus) vagy billenési (dinamikus) szöggel (ϕ) ábrázolva. A merülési középpont (VCB) a dőlés következtében az elmerült hajóoldal irányába tolódik el. Feltételezve, hogy a rakomány mozdulatlan (sárga terület), a súlypont (VCG) a hajóban marad. A VCG és a VCB között egy kar (h) keletkezik. A felhajtóerő (FA) és a hajó súlya (FG) egy helyreállító nyomatékot hoznak létre.

Ha a rakomány a hajón belül – mint például a TMS Waldhof esetében, ahol a középső tartályok csak részben vannak feltöltve – szabadon mozoghat, a hajó dőlésekor a rakomány elmozdul (1. ábra, c.) képe), és ezzel a súlypont (VCG ϕ) helyzete az elmerült hajóoldal irányába tolódik el. A helyreállító nyomaték karjának ($h\phi$) mérete csökken. Ha a súlypont (VCG ϕ) helyzete oldalirányban jobban eltolódik, mint a merülési középpont (VCG ϕ), akkor egy dőlési nyomaték keletkezik, és a hajó felborul.

A szimulációhoz a kérdéses szakasz hajózási területét, beleértve a vízállást (Kaub mérőállomásnál: 572 cm), modellezték. Az érintett hajókat a rendelkezésre álló bemeneti adatok alapján modellezték, és a forgatókönyvet a TMS Waldhof felborulásáig rekonstruálták.

¹⁴ BAW 2013

Egy szakértői iroda szerint a Waldhof főmotorja leállt, mielőtt víz került volna a gépházba. Ez felveti a kérdést, hogy meddig működött biztonságosan a motor. Ez döntő fontosságú mind a felborulási folyamat, mind pedig a TMS Waldhof egy esetleges egymás melletti elhaladás vagy ütközés utáni további útvonalának szempontjából.¹⁵

A TMS Waldhof utolsóként az Acropolis nevű áruszállító hajóval találkozott, amelynek következtében a tartályhajónak a „Betteck” kanyarulatban a jobb oldali hajóút-sávot kellett használnia, így kisebb ívben fordult. A szimulációk kimutatták, hogy a hajó a felborulásig manőverezhető volt, a kanyarodás és a kedvezőtlen áramlási viszonyok azonban erős borulási nyomatókot okoztak. A rakomány mozgása tovább rontotta a stabilitást, ami végül a boruláshoz vezetett.

A vizsgálatok szerint az Acropolis megfelelően járt el, a két hajó találkozása nem minősült szabályszegésnek. A bíróság elutasította a Waldhof üzemeltetőinek keresetét, megállapítva, hogy a baleset oka a helytelen rakodás volt: a hét tartály részleges feltöltése, a jobbra dőlő hajótest és a 633 tonnás túlterhelés súlyosan sértette az előírásokat.¹⁶

A baleset következtében a Rajna szakaszát több mint három hétre lezárták, ami több mint 420 hajó vesztelését okozta.

A baleset után a mentőegységek elsődleges szempontja a hajó áramtalanítása volt, hogy amire megérkeznek az úszódaruk, biztonságos körülmények közt kezdhessék meg a mentési munkálatokat. Kettő, a mentéshez használni kívánt úszódaru nem tudta megközelíteni a hajót a magas vízállás miatt, ugyanis nem fértek el egy híd alatt a Rajna Ruhr-vidéki szakaszán. A vizsgálatok során 2011. január 27-én felfedezték, hogy a folyóvíz behatolt a rakománytérbe, így a hajótestben hidrogén keletkezett, melytől robbanásveszély állt fenn. A hidrogént nitrogénnel kiöblítették a tartályokból és folytatták a munkálatokat.

Miután a Rajna vizének behatolása miatti korrózió során keletkezett hidrogént nitrogénnel kiöblítették a tartályokból, február 5-én a legkönnyebben hozzáférhető 7-es tartályból a tömény savat egy tartályhajóra könnyítették. A terv az volt, hogy a többi tartályból a savat a már üres 7-es tartályba pumpálják és onnan kiszivattyúzzák. Az áramlat azonban idővel négy méter közeli mélységet okozott az orr területén, így a hajó biztonságos helyzete már nem tűnt garantáltnak, valamint a túl nagy súlykülönbség a tartályok között a hajótest eldeformálásához vezetett, így a szakértők meghozták a nehéz döntést, hogy a Rajnába engedik a kénsavat, felügyelet alatt.

¹⁵ HEINZELMANN C. (2013):

¹⁶ WALDHOF-HAVARIE 2018

A kiszivattyúzott mennyiség segítségével kiszámolták, hogy milyen ütemben és gyorsasággal engedhetik a folyóba az kénsavat, ezzel megelőzve a halállomány pusztulását és az élővilág nagyobb károsodását. Ezen felül a Rajnát övező települések ivóvizére sem jelentett veszélyt az akció, a kiszivattyúzott mennyiségek gyors felhígulása miatt. A Rajna normál pH értéke 8,0 és 8,1 közt van, a Waldhoftól 200 méterre végzett mérések 6,2-t mutattak, 400 méterre végzettek pedig 7,2-t. Miután leeresztették a folyóba a megadott mennyiséget, 2024 február 13-án 10:00 óra környékén a két első tank kiszivattyúzásával és három úszódaru segítségével visszabillentették a hajót eredeti állásába. A hajót ezután a délutáni órákban vontatták el a hajózási útvonalból és másnap reggel a kikötőbe húzták, így ezzel újra megnyitva a forgalmat.¹⁷

BALESETET KIVÁLTÓ OKOK

A szimulációs vizsgálatok bizonyítják a szabályszegést. Ebben a fejezetben folytatom tovább az baleset okainak bemutatását.

A TMS Waldhof úgy épült és lett felszerelve 1993-ban, hogy az megfeleljen a hajózási törvény és a veszélyesáruk szállítását szabályzó törvények speciális előírásának, amelyek a baleset idején, valamint a hajó építésekor és felújításakor voltak érvényben, tehát ebből a szempontból megfelelt a követelményeknek. A legénység száma és képzettségük szinte is megfelelt a Rajnai Hajók Ellenőrzéséről Szóló Rendelet előírásinak (lásd: Belvízi hajózásra vonatkozó ellenőrzési rendelet, XI. melléklet). A balesetet közvetlenül megelőző útja 2011. január 13-án a magas vízállás, a nagyon erős és rapszodikus áramlás és jelentős forgalom ellenére is megfelelt a Rajnai Rendőrségi Szabályzásnak, így ebben sem volt hiba.¹⁸ A hajó rendelkezett érvényes engedéllyel a 96%-os kénsav szállítására, az ADR tanúsítvány és a hajóosztályozó társaság által kiadott anyagjegyzék alapján (ADNR 2009 - 7.2.2.8.3.).

Viszont a baleset bekövetkezésekor a TMS Waldhof nem felelt meg az ADN 2011-ben és/vagy az ADNR 2003-ban meghatározott stabilitási kritériumainak és nem felelt meg a Rajnai Rendőrségi Rendelet 1.07. cikkének bekezdésében található követelményeinek.¹⁹

A stabilitási dokumentumok alapján, amelyeket a minősítő társaság megvizsgált és jóváhagyott, a TMS Waldhof esetleges sérülés utáni stabilitását csak olyan rakodási körülmények között dokumentálták, amelyek a 1,62 t/m³ sűrűségű rakományra vonatkoznak, legfeljebb 3,11 m merülési mélység mellett.

¹⁷ BUNDESANSTALT FÜR WASSERBAU 2013

¹⁸ ES-TRIN AND INLAND (DÁTUM NÉLK.)

¹⁹ REPORT ON THE OCCURRENCE 2013

A TMS Waldhof gyenge stabilitási körülményeinek okaként az nem megfelelő rakományelosztás tekinthető (azaz a hét tartály részleges feltöltése), amely túlzottan nagy szabad felületeket eredményezett, ezzel csökkentve a stabilitást. Valamint valószínű, hogy a portoldali (bal oldali) részen található volt két lyuk, amelyek miatt az 5-ös ballaszttartályban is volt ballasztvíz, ami tovább súlyosbította a már amúgy is kritikus stabilitási körülményeket.

A „C” típusú tartályhajókra vonatkozó stabilitási kritériumokat az ADN 9.1.3.13. fejezete tartalmazza. Ezen szakasz a hajók stabilitásával kapcsolatos előírásokat taglalja, az ép és lékesedett hajótestekre is kitérve. Az ép hajótest stabilitását különböző kritériumok alapján kell értékelni, beleértve a metacentrumi magasságot, a stabilitási görbét és a visszaállító nyomatékot. A hajó stabilitását különböző terhelési feltételek mellett kell vizsgálni, beleértve a teljesen feltöltött, részben feltöltött és üres állapotokat. Az ép hajótest stabilitásának biztosítása érdekében biztonsági tartalékokat kell beépíteni, amelyek figyelembe veszik a hajó mozgását, a rakomány elmozdulását és a külső erőhatásokat.

A lékesedett hajótest stabilitását különböző lékesedési forgatókönyvek alapján kell értékelni, beleértve a hajó különböző részein bekövetkező lékeket. A lékesedett hajótest stabilitását a vízbetörés szimulációjával kell vizsgálni, figyelembe véve a víz eloszlását és a hajó dőlését. A lékesedett hajótest stabilitásának fenntartása érdekében vészhelyzeti intézkedéseket kell kidolgozni, beleértve a vízszivattyúzást, a lékek lezárását és a rakomány áthelyezését.

Az ADN ezen szabályzásával biztosítja, hogy a hajók stabilitása mind ép, mind lékesedett állapotban megfelelő legyen a biztonságos üzemeltetéshez.²⁰

Az akkori (2011-ben érvényben lévő) vonatkozó szabályokat kigyűjtöttem:

RheinSchPV

- § 1.07: A rakomány nem veszélyeztetheti a stabilitást
- Teherszállító hajók stabilitása

RheinSchUO

- § 3.02: A hajók stabilitásának meg kell felelnie a rendeltetésüknek
- § 15.03: Különleges stabilitási követelmények utasszállító hajókra
- § 17.07: Különleges stabilitási követelmények úszó eszközökre
- 22. fejezet: Különleges stabilitási követelmények teherszállító hajókra
- § 22a.04: Különleges stabilitási követelmények 110 méternél hosszabb járművekre

ADN

²⁰ ADN 2013

➤ 1.2, 9.3: A rakomány számítógépes rakodási műszerekre vonatkozó követelményei

- 8.2.2: A stabilitás a szakértői képzés vizsgájának része
- 9.1.0: Különleges stabilitási követelmények szárazáru-hajókra
- 9.2.0: Különleges stabilitási követelmények tengeri hajókra
- 9.3: Különleges stabilitási követelmények tartályhajókra
- Felszerelés számítógépes rakodási műszerrel

RheinSchPersV

- § 5.03: A stabilitás a szakértői alapképzés része az utasszállító hajózásban
- D7-es melléklet: A stabilitás ismerete a Rajna-patent megszerzésének vizsgaprogramjának része

Ez jól mutatja, hogy a szabályzatok fedik egymást, így ha azok szabályszerűen be vannak tartva, a hajók stabilitása és biztonsága minden szempontból megfelelően biztosított lenne.

BALESET GAZDASÁGI ÉS KÖRNYEZETVÉDELMI KÖVETKEZMÉNYEI

Összesen elmondható, hogy baleset után és a mentési munkálatok közben körülbelül 343 és 523 tonna közötti kénsav szivárgott a Rajnába, 550 tonnát átszivattyúztak egy másik hajóra és 1150-1330 tonnát pedig beleengedtek a folyóba, erősen felügyelt munkálatok mellett.

A környező területet az UNESCO világörökség része és kis mértékben károsodott.

A mentést végző Mammoeth Maritime GmbH rendkívül nehéz és robbanásveszélyes körülmények közt emelte ki a roncsot, 25 szakértő és mérnök bevonásával, darukkal, vontató és tolóhajókkal, csörlőpontonokkal és speciális kénsavhoz megfelelő berendezésekkel.

A NEA (National Environment Agency – Nemzetközi Környezetvédelmi ügynökség) a teljes költséget 50-55 millió euróra becsülte, de ebben nem szerepeltek a mentési költségek, a termelés átállásának költségei, valamint a termelés és fogyasztás negatív hatásainak költségei.

A Waldhof balesetvizsgálatának következtetései új felismerésekhez és szabályozásokhoz vezettek. A Rajnai Hajózási Központi Bizottság (CCNR) módosította a Rajnai Hajózási Rendőrségi Szabályzatot (RPNR) és a Rajnai Hajózási Ellenőrzési Szabályzatot (RVIR). Az RPNR 12. cikkét az új 12.02-es cikkelyre változtatták, amely új figyelmeztető táblák elhelyezését írja elő Oberwesel - St. Goar szakaszán (CCNR, 2013:75).²¹

²¹ PETRA S. (DÁTUM NÉLK.)

Második, és még fontosabb változtatás az RPNR 4.07-es cikkelyéhez hozzáadott 16-os protokoll, amely kötelezi az AIS és ECDIS rendszerek telepítését az RVIR 7.06 cikkelyének megfelelően. 2014. december 1-jétől minden hajónak (néhány kivételtől eltekintve, mint például a kis hajók) rendelkeznie kell AIS és ECDIS rendszerekkel.

Az automatikus azonosító rendszer (AIS) egy automatizált rendszer, amelyet a hajók használnak helyzetük és egyéb információik nyomon követésére. Lehetővé teszi a hajók számára, hogy hatékonyan kommunikáljanak egymással és a hatóságokkal, javítva a navigációs biztonságot és hatékonyságot.

Az ECDIS rendszer (Electronic Chart Display and Information System) egy elektronikus térképmegjelenítő és információs rendszer, amely digitális formában jeleníti meg a hajók navigálásához szükséges információkat. Elérhetők rajta: Elektronikus térképek, pozíció, navigációs információk megjelenítése, figyelmeztetések és riasztások, adatintegráció.

Az ECDIS használata a nagyobb hajók számára kötelezővé vált, mert jelentősen növeli a navigáció biztonságát és hatékonyságát.

Előírták a hosszanti válaszfalak behelyezését a tartályokba, mellyel véleményem szerint akár megelőzhető lett volna a baleset, ugyanis kisebb felülete lett volna a kénsavnak mozogni, így nagy valószínűséggel nem tudott volna felborulni a hajó.

Az Európai Megállapodás a Veszélyes Árucikkek Belvízi Szállításáról (ADN) 2013-ban változott, és egy új követelményt vezetett be egy jóváhagyott számítógépes rakodóeszközzel vonatkozóan, amely 2015 elején lépett hatályba a C típusú tartályhajók esetében. A stabilitási szoftver megfeleléségét csak 2014 közepén érték el, alig több mint 700 hajónál. Az ágazat ezért halasztást kért a követelmények teljesítésére, és az ITC-n belüli vitákat generált.²²

A baleset után módosított ADN kitér a 9.3.1.13.3 pontjában a következőkre: Az 1.16.1.2.5 pont szerinti hajó anyagjegyzékben lévő minden anyag relatív sűrűsége alapján, minden töltési, illetve ürítési állapotra és a végső töltési állapotra igazolni kell²³ a kielégítő ép állapotban való stabilitást. A rakománytartályok, ballaszttartályok és –terek, ívóvíz, valamint szennyvíz tartályok, illetve a hajó üzemeltetéséhez szükséges anyagokat tartalmazó tartályok aktuális terhelési esetnek megfelelő töltési állapota mellett, a hajó minden egyes terhelési állapotára a hajónak meg kell felelnie az ép, illetve a lékesedett stabilitás követelményeinek. Az üzem közbeni közbenső állapotokat is figyelembe kell venni. A kielégítő stabilitást minden műveleti, rakodási és ballasztolási állapotnál a hajót osztályozó elismert hajóosztályozó társaság által jóváhagyott stabilitási útmutatóban kell igazolni.

²² UNECE 2015

²³ KOELMAN H. ET. AL. (2017)

Amennyiben a műveleti, rakodási vagy a ballasztolási állapot előzetes értékelése gyakorlatilag kivitelezhetetlen, úgy a hajót osztályozó elismert hajóosztályozó társaság által jóváhagyott, a stabilitási útmutató tartalmát feldolgozó rakodási műszert kell beépíteni és használni.²⁴

A stabilitási útmutatónak ki kell térnie részletesen a hajó általános leírására, a működés rakodási állapotainak vonatkozó adataira és a ballasztvíz stabilitásra gyakorolt hatásának számításai olyan tájékoztatással, hogy van-e a ballaszttartályban rögzített szintmérő eszköz, vagy menetben a ballaszttartályoknak teljesen telinek vagy üresnek kell lenniük (összes kritérium felsorolva a 9.3.1.13.3. pont alatt).

ADN 2013-as bevezetésével azt is előírják, hogy a stabilitási könyvben a vizsgált rakodási esetek során mindig szerepelnie kell a hajó hosszanti hajlítónyomatékaival és keresztirányú erőivel kapcsolatos információknak is.

A Waldhof stabilitási problémái kérdéseket vetettek fel a hajós személyzet képzésének modernitásával kapcsolatban is. Általánosan elfogadott, hogy a legtöbb baleset emberi hibából ered.²⁵ Például, a rakomány stabilitásának ismerete életmentő tényezőként szerepel a hajóskapitányok képzésében. A német kormány elismerte egy belvízi hajózási balesetek esetét felölelő rendszer fontosságát.²⁶

Amennyiben baleset történik veszélyesáru-szállításnál, a vízi mentés a legnehezebben kivitelezhető a mentőegységek számára. A TMS Waldhof esetében a következők voltak a legfontosabb tényezők katasztrófavédelmi szempontból (mentés megkezdéséhez): a hajóforgalom lehető leggyorsabb felszabadítása, a sav bejutásának megakadályozása a Rajnába (vagy annak legalább moderálása), a biztonságos, robbanásmentes munkakörnyezet teremtése.

Egy nagy káresemény kezelése általában egy összetett hatásrendszer, amely egymást kölcsönösen és néha előre nem látható módon befolyásoló tényezőkből áll.

A vizsgált hajóbaleset súlyos volt, ám nagyobb baj is történhetett volna: szállodahajóval ütközés, robbanás a mentés közben, szivárgás, amely erős termékiáramlással jár, gáznemű/gyúlékony/mérgező vagy robbanásveszélyes rakomány, a hajó teljes terjedelmében a vízszint alá merül, teljesen elzárja a hajózható utat, kedvezőtlen időjárás (például gyúlékony anyag nyáron).

²⁴ ADN 2013

²⁵ STOJANOVIC N. ET. AL. 2023

²⁶ HANS-JOSEF B. ET. AL. 2013

A mentési stratégia legfontosabb elemei közé tartozott egy helyszíni, úszó műveleti központ felállítása, a technikai eszközök mielőbbi helyszínre szállítása, valamint az erős és döntésképes állandó jelenlét biztosítása. Lényeges volt az események folyamatos dokumentálása, noha ez gyenge pontnak bizonyult, ahogy a Waldhof technikai biztosítása is, amely az első héten nem volt megfelelő. Fontos szerepet játszott a válság szervezet gyors működése, a mentésben résztvevők gyakorlata és tapasztalata, továbbá a felelősségi körök gyors meghatározása az önkormányzat, a vízügy, a tűzoltóság, a rendőrség és a politikai vezetés között. A siker szempontjából elengedhetetlen volt a nyílt, intenzív kommunikáció, valamint a hajózás, hajóépítés, rakomány, ADN és jog szakértőinek bevonása.

A mentésben résztvevő szervezeteknek a bevetésmentes időszakban is számos feladatot kell ellátniuk. Ide tartozik a közös alapelvek kidolgozása és egységes adatbázis, információs- és kommunikációs rendszer létrehozása, valamint tervek készítése az eszközök és a személyzet bevetésére, a stáb összetételére, a készenléti szolgálatra, a gázvédelemre és az eszközigényre. Fontos a harmadik felekkel kötött segítségnyújtási megállapodások kidolgozása, a gyakorlatok és képzések rendszeres megtervezése, valamint a más vízi utakon történő baleseteknél való segítségnyújtás és tanácsadás. A feladatok közé tartozik továbbá a riasztási és értesítési tervek kidolgozása és ellenőrzése a tűzoltóságokkal és a katasztrófavédelemmel, baleseti és bevetési forgatókönyvek, illetve kockázatelemzések készítése, valamint az események és zavarok kivizsgálása. Emellett kiemelt jelentőségű a közönségkapcsolatok ápolása, a hálózatépítés és a balesetkezelésben való nemzetközi együttműködés.

A Bingen-i vízügyi és hajózási iroda évente mintegy 120 hajóbalesetet kezel, tapasztalatuk így nagyban hozzájárult a TMS Waldhof mentésének sikeréhez. A baleset ugyan extrém helyzetet teremtett, a hatóságok azonban jól reagáltak. A siker kulcsa a döntéshozók állandó helyszíni jelenléte volt, amely biztosította, hogy a mentés 33 napon át folyamatosan haladhasson. Nem alakult ki vita vagy konfrontáció sem az anyagiakról, sem a személyzetről, mindenki egységesen, szervezeten a mentési munkálatokra összpontosított. A nyilvánosságot átlátható kommunikációval tájékoztatták: napi kétszeri sajtótájékoztatót tartottak és online fórumot indítottak, ahol az érintettek megoszthatták tapasztalataikat és kérdéseiket. A vízi és szárazföldi mentőegységek tiszta felelősségvállalással, összehangolt stratégiával dolgoztak, nem volt felelősségelhárítás. A Rajnán elérhető mentőeszközök és uszályok készen álltak a bevetésre, bár a vízállás akadályokat okozott. Mindezek a tényezők együttesen biztosították, hogy a mentés elővigyázatos, biztonságos és mégis hatékony legyen.

MIT LEHET TANULNI AZ ESETBŐL ÉS FEJLESZTENI A JÖVŐBEN KATASZTRÓFAVÉDELMI SZEMPONTBÓL?

A mentési munkálatok koordináltan és professzionálisan zajlottak, de mindig van lehetőség a fejlődésre. Fontos tanulság, hogy a radarállomás reakcióideje rövidebb lehetne, hiszen a hajó eltűnését észlelve először szinte lehetetlennek tartották a katasztrófa bekövetkezését, ezért késlekedtek.

Javítani szükséges az érintett hatóságok és cégek felelősségének és lehetőségeinek pontosabb ismeretét is, például statisztikák és külön egység felállításával a felelősök és a lehetőségek feltárására.

Elengedhetetlen a veszélyes árut szállító hajók kockázatainak részletesebb elemzése, ami a baleset óta már meg is történt a jog szabályozási és törvényi változtatások során. Fontos szempontnak számíthat továbbá a tüzmelőzési követelmények teljesítésének ellenőrzése is, amely számos műszaki kérdésre terjedhet ki²⁷. E mellett számos közbiztonsági kérdés is felmerülhet a külső kockázatok között, amely főként a robbanásveszélyes anyagok és eszközök felhasználásával idézhetők elő²⁸.

Fejlesztést igényel továbbá az IT háttér munka, több szakember bevonásával a számítógépes feladatokra.

Nagyobb hangsúlyt kell fektetni a vészhelyzeti riasztási gyakorlatokra is, mert ezek gyorsabb reagálást és hatékonyabb problémamegoldást biztosítanak. Fontos a környezetre és a gazdaságra gyakorolt hatások részletesebb elemzése, valamint a mentőeszközök folyamatos korszerűsítése, hogy bármilyen környezeti körülmény között gyorsan meg lehessen közelíteni a bajba jutott hajót. Ide tartozik a daruk és emelők mozgatási lehetőségeinek fejlesztése is, hogy magas vízállás vagy alacsony hidak mellett is bevethetők legyenek.

Természetesen az iparbiztonsági képzés és felkészítés szerepe is kiemelten fontos lehet a veszélyes anyagokkal kapcsolatos közlekedési balesetek megelőzése szempontjából²⁹. Ezen túl figyelembe szükséges venni a közúti, vasúti vagy a légi szállítási tevékenységek esetében alkalmazott veszélyes anyag kárelhárítási műszaki eszközrendszerek területén szerzett iparbiztonsági tapasztalatokat is^{30 31}.

²⁷ MIHÁLY ET. AL. 2019

²⁸ HORVÁTH 2019

²⁹ BLESZITY – KÁTAI-URBÁN. 2014

³⁰ ALMÁSI ET AL. 2023

³¹ BERGER ET AL. 2023

Kiemelt kérdésnek tekinthető továbbá a veszélyes anyagokkal kapcsolatos balesetek által okozott környezeti károk – mint a felszíni vizek baleseti vízszennyezésének – megelőzése is³².

KONCEPCIÓK A BELVÍZI VESZÉLYES ÁRU SZÁLLÍTÁS KOCKÁZATÁNAK CSÖKKENTÉSÉRE

Futurisztikus megoldás lehetne külön navigálható folyosók kialakítása a Rajna szélesebb szakaszain kifejezetten veszélyesáru-szállító hajóknak, valamint a forgalom időbeli szabályozása, például 02:00–06:00 között csak teherszállítók közlekedhetnének. Bár ez kompromisszumot kívánna főleg a szállodahajók részéről, innovatív lépésekre van szükség a balesetek csökkentéséhez.

A realitás talaján maradván is számos fejlesztés lehetséges:

- Modern szoftverek a hajóadatok számítására és a működési állapotok automatizált ellenőrzésére.
- Gyakoribb, alaposabb ellenőrzések, amelyek jelenleg csak ötévente történnek a hajóosztályozó társaságoknál, bár magas költségek és kevés szárazdokk nehezítik.
- Intelligens érzékelők kötelező alkalmazása a hajók és rakomány valós idejű, akár távoli monitorozására; a folyó mentén dedikált irodák figyelhetnék a veszélyesáru-hajókat.
- VR- és szimulációs képzések a személyzetnek, hogy valósághűen gyakorolják a veszélyhelyzeteket.
- Drónok és robotok bevetése ellenőrzésre, karbantartásra és monitorozásra, víz alatti és feletti vizsgálatokhoz, ami költséghatékony és biztonságos.

ÖSSZEFOGLALÁS

Véleményem szerint ez az eset rávilágított arra, hogy mennyire fontos a hajók megfelelő stabilitásának biztosítása, különösen veszélyes anyagok szállítása esetén. Hiába van meg minden engedély és működik (majdnem) minden az előírásoknak megfelelően, ha egy szabály nincs betartva, az ilyen katasztrofális következményekkel járhat.

Ugyanakkor a hajóskapitányok általában is – de főleg a Rajnán veszélyesárut szállítva – rengeteg előírást kell betartania, ami olykor már rutinná válik és a hibázás lehetősége megnövekszik. Viszont a felelősség az mindig az övék. A kormányosok és matrózok mind az ő felügyelete alá tartozik.

³² KÁTAI-URBÁN ET. AL. 2019

Továbbá rámutatott arra is, hogy a szoros nemzetközi együttműködés és a jól szervezett mentési protokollok milyen jelentősek és kritikus szerepet játszanak a hasonló katasztrófák további kezelésében, valamint megelőzésében.

Elmondható az is, hogy az ilyen balesetek bekövetkezésének lehetősége a minimálisra csökkent a TMS Waldhof katasztrófáját követő szabálmódosítások miatt, ugyanis az új, szigorúbb szabályokkal és ellenőrzésekkel szinte lehetetlenné vált a nem megfelelő áru-rakodás.

Irodalomjegyzék

ACCIDENT INVESTIGATION COMMISSION ON THE TMS WALDHOF (2012): Investigation of the tms waldhof accident – interim report Online: https://www.ccr-zkr.org/files/actualitesfocus/focus/20120109_cp_en.pdf

ALEX B. (2023): Exploring European Water Freight With Maps. https://w3.unece.org/Stories/2023/01/inland_waterway_freight/

ALMÁSI, CSABA; CIMER, ZSOLT ; KÁTAI-URBÁN, LAJOS ; VASS, GYULA, 2022: Prevention of Terrorist Attacks during the Transport of Dangerous Goods by Road in Hungary. American Journal of Research Education and Development 2022 (2) 2-10.

ALMÁSI, CSABA; KÁTAI-URBÁN, LAJOS; CIMER, ZSOLT 2023 ABV-felderítő eszközök bemutatása és fejlesztési lehetőségei. Védelem Tudomány 8 : különszám pp. 195-205.

BAW (2013): HAVARIE TMS WALDHOF - PRESSEKONFERENZ. Online: Youtube: <https://www.youtube.com/watch?v=k2vU2qkmCqc>

BERGER, ÁDÁM ET AL. 2024. "Applicability of Design Methodology for the Remediation Bund of Flammable Dangerous Liquid Storage Tanks" Fire 7, no. 7: 246. <https://doi.org/10.3390/fire7070246>

BLESZITY, JÁNOS; KÁTAI-URBÁN, LAJOS, 2014: Подготовка специалистов в области промышленной безопасности в Венгрии. Pozhary i Chrezvychajnye Situacii: Predotvrashenie Likvidacia 11: 2 pp. 53-58.

BUNDESANSTALT FÜR WASSERBAU (HG.) (2013): HAVARIE DES TMS WALDHOF - BERGUNG, ANALYSEN, EINSICHTEN. KOLLOQUIUM DER BAW UND DER UNIVERSITÄT DUISBURG-ESSEN. 9. UND 10. APRIL 2013 IN KARLSRUHE. KARLSRUHE: BUNDESANSTALT FÜR WASSERBAU. (2013). Online: BAW: <https://henry.baw.de/bitstreams/4dc3b05f-4d75-444a-a2e8-f1f866acdc02/download>

EGY VESZÉLYES ANYAG - A KÉNSAV. (DÁTUM NÉLK.). Online: NKP tananyagok:
https://nat2012.nkp.hu/tankonyv/kemia_8/lecke_03_003

ES-TRIN AND INLAND NAVIGATION VESSEL CERTIFICATES. (DÁTUM NÉLK.):
Online: CESNI: <https://www.cesni.eu/en/technical-requirements/>

HANS-JOSEF B. - DETTMANN T. - FIMMEN H. - HABERKAMP H. - KATZ H. -
KRISCHOK F. - ALEXANDER I. (2013): BERICHT ÜBER DEN ABLAUF UND DIE URSACHEN
DER HAVARIE DES. Online:
BAW:<https://izw.baw.de/publikationen/pressekonferenzen/0/Unfalluntersuchungsbericht%20TMS%20Waldhof%20-%20Zusammenfassung.pdf>

HEINZELMANN C. (2013): BAW Aktuelle. Online: https://izw.baw.de/publikationen.php?file=bawaktuell/0/BAWaktuell_01_2013_Web.pdf

HORVÁTH TIBOR 2019. Emergency cases at countering improvised explosive devices, and their potential management. Revista Academiei Fortelor Terestre / Land Forces Academy Review, 94: (2): 95–106.

KÁTAI-URBÁN, MAXIM, TIBOR BÍRÓ, LAJOS KÁTAI-URBÁN, FERENC VARGA, AND ZSOLT CIMER. 2023. "Identification Methodology for Chemical Warehouses Dealing with Flammable Substances Capable of Causing Firewater Pollution" Fire 6, no. 9: 345.
<https://doi.org/10.3390/fire6090345>

KÁTAI-URBÁN, M., HOFFMANN, I., & BÍRÓ, T. (2019). Oltóvíz felfogó és tároló létesítmények tervezése és létesítése német útmutató alapján. Hadmérnök, 14(2), 111–122.
<https://doi.org/10.32567/hm.2019.2.9>

KOELMAN H. - VAN IJKEN E. (2017): PRACTICALITIES OF LOADING INSTRUMENTS FOR INLAND WATERWAY. Online: SARC NL:
<https://www.sarc.nl/resources/uploads/2017/06/Koelman-ISSW.pdf>

MIHÁLY, ISTVÁN, LÁSZLÓ BÉRCZI, BALÁZS BOGNÁR, MAXIM KÁTAI-URBÁN, LEVENTE TÓTH, LAJOS KÁTAI-URBÁN, GYULA VASS, AND FERENC VARGA. 2025. "Experimental Study to Determine the Leakage Area of Single-Leaf Smoke Control Doors in the Design of Pressure Differential Systems" Fire 8, no. 1: 5. <https://doi.org/10.3390/fire8010005>

PETRA S. (DÁTUM NÉLK.): WAHRSCHAU. ONLINE: LORELEY INFO: <http://www.loreley-info.com/eng/rhein-rhine/wahrschau.php>

STOJANOVIC N. - BOŠKOVIĆ B. - PETROVIC M. - ABDULLAH O. I. (2023): The impact of accidents during the transport of dangerous good, on people, the environment, and infrastructure and measures for their reduction: a review. Online: researchgate.net: https://www.researchgate.net/figure/Influential-factors-on-the-occurrence-of-traffic-accidents_fig5_368281958

SZAKÁL BÉLA, CIMER, ZSOLT ; KÁTAI-URBÁN, LAJOS ; VASS, GYULA 2015: Veszélyes anyagokkal kapcsolatos balesetek elleni védekezés I.: módszertani szakkönyv veszélyes anyagok és súlyos baleseteik az iparban és a közlekedésben. Budapest, Korytrade

UNECE WORKING PARTY ON INLAND WATER TRANSPORT. (DÁTUM NÉLK.): Online: UNECE: https://unece.org/fileadmin/DAM/trans/main/sc3/SC3e_flyer.pdf

VINKE F. - VAN KONINGSVELD M. - CORNELIS V. - FEDOR B. - PIETER V. - TIEDO V. (2022): Cascading effects of sustained low water on inland shipping. Online: ScienceDirect: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212096322000079?via%3Dihub>

WALDHOF (DÁTUM NÉLK.) Online: <https://www.xn--strmann-o2aa.de/Binnenschiffe/sites/tanker/w/waldhof.htm>

WALDHOF I. C. (2013): Report on the occurrence and causes of the accident involving the TMS Waldhof on 13 January 2011 on the Central Rhine (553.75 km). Online: wsv.de : https://www.ccr-zkr.org/files/actualitesfocus/focus/Waldhof_Bericht_Zusammenfassung_en.pdf

WALDHOF-HAVARIE: ACROPOLIS TRIFFT KEINE SCHULD. (2018): Online: Binnenschiffahrt Online: <https://binnenschiffahrt-online.de/2018/03/featured/2639/waldhof-havarie-akropolis-trifft-keine-schuld/>

ZORAN RADMILO R. - BRANISLAV D. (2007): The Inland navigation In Europe: basic facts, advantages and disadvantages. Online: Researchgate: https://www.researchgate.net/publication/28199996_The_Inland_navigation_In_Europe_basic_facts_advantages_and_disadvantages

Felhasznált jogi szabályozás

ADNR/ADN (1995 2023).

CCNR REGULATIONS. Online: CCNR: <https://www.ccr-zkr.org/13020500-en.html>

2000. ÉVI XLII. TÖRVÉNY A VÍZIKÖZLEKEDÉSRŐL. Online: Wolters Kluwer:
[https://Net.Jogtar.Hu/Jogszabaly?Docid=A0000042.Tv](https://net.jogtar.hu/jogszabaly?Docid=A0000042.Tv)

62/2011. (XI. 29.) NFM RENDELET. (DÁTUM NÉLK.). Online: Wolters Kluwer:
<https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=A1100062.NFM&txtreferer=A0900077.KHE>