

# Vulkánkitörések hatása a repülésbiztonságra, egy baleset bemutatása

Sokan figyelnek, amikor egy vulkán kitöréséről szólnak a híradások. De vajon hányan gondoltak már bele abba, hogy egy vulkán kitörése milyen nagy veszélyt jelenthet a repülésre? Nos az izlandi Eyjafjallajöküll kitörése és az azt követő légtérzár óta biztosan sokan. 1982-ben egy Boeing 747 típusú repülőgép majdnem lezuhant, mert a pilóták nem kaptak tájékoztatást a rájuk leselkedő veszélyről. A cikk az azóta végrehajtott változtatásokat, a vulkánok működési sajátosságait és az 1982-es esemény lefolyását mintegy iskolapéldát mutatja be.

DOI 10.24228/KTSZ.2018.2.4

**Dr. Becske Loránd – Dr. Sobor Ákos – Mónus Ferenc**

a KBSZ vezetője nyugalmazott hatósági felügyelő nyugalmazott légiforgalmi főpilóta  
e-mail: lorand.becske@nfm.gov.hu, sobor.akor@gmail.com, monus-ferenc@hotmail.com

## 1. BEVEZETÉS

Földünk lakóit, akár embert, akár állatot rettegéssel tölt el a vulkánkitörés és a velejáró kísérőjelenségek – a földrengés, a tengerrengés – elképzelhetetlenül nagy pusztítása, az azt követő esetleg több évig tartó időjárás-változás, globális légszennyezés. A vulkáni tevékenység és hatása, helye és várható időpontja kellő pontossággal korunkban még nem ismerhető fel. A mélyedéseket, homorulatokat kitöltő, abból továbbömlő és lejtős hegyoldalakon néhány métertől esetleg több tíz kilométer óránkénti sebességet elérő lávafolyam inkább a szárazföldi közlekedést veszélyezteti, de általában a repülést nem. A csendes lávafolyások folyamatosan Hawaii szigetén és többnyire a szicíliai Etnán fordulnak elő.

A legtöbb tűzhányó a tengerek partjainál található. Ha a lehajló lemez a kontinens alá bukik, kontinentális szigetív jön létre. Ha az alábukás másik óceáni lemez alá történik, óceáni szigetív alakul ki. Ezért fontos a tengeri mentés lehetőségeit is figyelembe venni, amelynek kézikönyve a IAMSAR doc 9731 Volume III. az ICAO-val együtt kiadott ajánlás [1].

A repülési és a légi forgalmat biztosító műveletek, feladatok elvégzését főként a robbanásos típusú kitörések veszélyeztetik az általuk kibocsájtott hamufelhővel, amelyen a repülőgépek áthaladnak. A légkörbe a légi forgalom útvonalainak felső határáig, 12000-13000 méterig vagy még ennél nagyobb magasságig emelkedhetnek a kitörési oszlopban a magmával a maró gázok, sziklatörmelékek, vulkáni hamu, amelynek mennyisége esetenként köbkilométeres nagyságrendű lehet. A kiáramlás sebessége elérheti a hangsebességet is, az így hamuval, vízgőzzel feltörő gázok gyorsan szétterjedhetnek, és hatalmas területen okozhatnak veszélyt a repülőgépeknek.

1982. június 24-én egy, a British Airways által üzemeltetett Boeing 747 típusú repülőgépnek mind a négy hajtóműve leállt 11 300 m (37 000 láb) repülési magasságon Kuala Lumpur (Malajzia) és Perth (Ausztrália) között. Az esemény vizsgálatakor világossá vált, hogy a hamufelhők lehetnek balesetek, katasztrófák okozói. Ennek hatására az érintett szervezetek levonták a szükséges tanulságokat, és megtették az első lépéseket a repülésbiztonság növelése érdekében. Az esemény részletes lefolyását külön fejezetben mutatjuk be.

## 2. AZ ÚTVONALAK MEGFIGYELÉSE ÉS AZ ALKALMAZANDÓ ICAO KÉZIKÖNYV

### 2.1. Vulkanológiai obszervatóriumok jelentik az első védelmi vonalat [4]

Azokat az információkat, amelyek hatással lehetnek a repülésre, előre megtervezett, kialakított kommunikációs csatornákon keresztül haladéktalanul meg kell küldeni a megállapodásokban rögzített címzetteknek, beleértve a polgári légi közlekedéssel, valamint a meteorológiai kérdésekkel foglalkozó hatóságokat és a repülőgépek pilótáit is. Ez az alapja az ICAO International Airways Volcano Watch (IAVW)-nak, a nemzetközi légi útvonalakon a vulkáni tevékenység megfigyelésének. (ICAO a Nemzetközi Polgári Repülési Szervezetet jelenti.) Sajnos, ugyanakkor - nyilvánvaló okokból - nem lehet megfigyelni a világon minden aktív vulkánt.

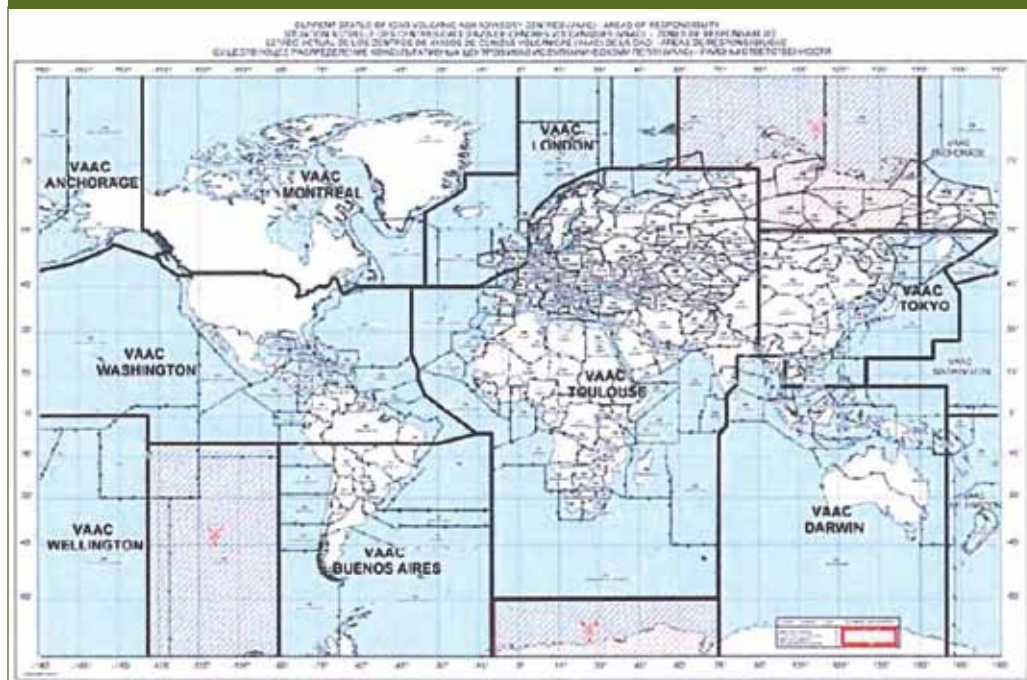
Felismerve a fenyegető veszélyt, az ICAO Légi Navigációs Bizottság abba az irányba mozdult

el, hogy időszakos, segítő iránymutatásokat fejlesszenek ki az egyes államoknak az aktuális, vulkáni hamu terjedéséről szóló információk továbbítására a pilóták számára, és készenléti intézkedéseket dolgozzanak ki azért, hogy a repülőgépek az érintett területeket lehetőség szerint elkerüljék.

1982 után azonban váratlanul, számos robbanásszerű vulkánkitörés történt, például a Mt. Redoubt és a Mt. Spurr Alaszkában 1989-ben és 1992-ben, illetve a Pinatubo a Fülöp-szigeteken és a Hudson 1991-ben Chilében, amelyek mindegyike érintette a légi közlekedést.

A Légi Navigációs Bizottság egyetértett azzal, hogy a vulkáni hamura vonatkozó tájékoztató anyagokat ICAO kézikönyvként, és nem körlevélként kell kiadni. Ez a kézikönyv az ICAO doc 9691, „A vulkáni hamu, radioaktív anyagok és mérgező vegyi felhők kézikönyve” címmel [2]. A repülés előkészítési fázisban a Vulkáni Hamu Szaktanácsadási Központok (VAAC) segítenek az üzemeltetőnek a légi jár-

### 1. ábra: ICAO által kijelölt vulkáni hamuval kapcsolatos tanácsadó központok (VAACs)



művek hosszú távú útvonalainak tervezésénél. A kiadvány tartalmazza a vonatkozó teendőket arra nézve, hogy a Meteorológiai Világszervezettel (WMO) együttműködve kijelöljenek kilenc regionális vulkáni hamu tanácsadó központot, amelyek érzékelik és nyomon követik a vulkáni tevékenységeket.

Mintegy száz olyan robbanásveszélyes vulkánkitörés történt szerte a világon, amely veszélyeztette a légijármű-üzemeltetést. Az IAVW megalakulásával, a technikai vagy eljárási jellegű nehézségek kiküszöbölésével, a tagállamok és nemzetközi szervezetek együttműködésével megoldódott a nemzetközi légi utakon a vulkáni tevékenység figyelése.

A szerződő államoknak állandó és hatékony kommunikációs csatornákat kell fenntartani a különböző megfigyelési források és az érintett körzeti irányító központok (ACC), valamint az MWO felé.

## 2.2. Az ACC által meghozandó intézkedések vulkáni kitörés (eruption) vagy fokozódó tevékenység esetén [3]

A tanácsadó központok fogadják a vulkáni kitörésekről szóló jelentéseket, és kiadják az ASHTAM-ot, a hamufelhőre vonatkozó veszélyt jelző figyelmeztetést a szinkódoknak megfelelően, a NOTAM-ot kiadó hivatalon keresztül. A kiadvány formáját a doc 9766 tartalmazza.

## 2.3. A légi közlekedés vulkán riasztási szinkódjai

Riasztási szinkóddal jelölt vulkáni tevékenységi állapot:

### ZÖLD RIASZTÁS

Vulkán normál helyzetben, nincs (eruptív) kitörési állapot, vagy egy magasabb riasztási szintből adódó változás után; a vulkáni tevékenység megszűnt, és a vulkán visszatért a normális, a kitörésmentes állapotába.

### SÁRGA RIASZTÁS

A vulkán nyugtalanságának tapasztalható jelei felette vannak az ismert háttérszintnek,

vagy egy magasabb riasztási szintből adódó változás után; a vulkáni tevékenység jelentősen csökkent, de továbbra is szigorúan ellenőrizni kell az esetleges újabb növekedést.

### NARANCSSÁRGA RIASZTÁS

Vulkán fokozott nyugtalanságot mutat, növekszik a kitörés valószínűsége. Vulkánkitörés folyamatban van, hamukibocsátás nincs vagy annak mértéke csekély (ha lehetséges megadva a hamu/gáz, gőz magasságot).

### VÖRÖS RIADÓ

Az előrejelzés szerint közvetlenül a küszöbön áll a kitörés vagy folyamatban van. Jelentős hamukibocsátás a légkörbe ([ha lehetséges megadva a hamu/gáz, gőz magasságot]).

## 3. VULKÁNI KITÖRÉS ÉS TEVÉKENYSÉG TÍPUSOK

Strombolian típusú kitörés: ötéves gyakoriságú 100-1000 méter magas, forró felhő kitörés. A szicíliai Stromboli hegységről nevezték el, mérsékelt tevékenységű, lávafolyásos működésű.

Vulcano típusú kitörés: viszonylagosan ritkább kitörésű, Lipari - szigetek Vulcano tagjára jellemző. A hamufelhő eléri a 15 km-es magasságot. Több millió köbméter vulkáni terméket lövell ki.

Vesuvian típusú kitörés: A hamufelhő eléri a 25 km-es magasságot, a leghévesebb robbanásos típus, Pliniusnak is nevezik. Gázfelhői és maradványai a légkörben a földet kétszer is megkerülve évekig fennmaradnak. Ilyen volt a Pompej pusztulását okozó Vezúv, az indonéziai Krakatau és a Tambora kitörése is.

Pelée típusú kitörés: lávadugót, izzó felhőt, lávát és piroklasztot lök ki a kürtőből. A hegyoldalon mindent felégetve legördül.

## 4. A VULKÁNOK TÍPUSAI

### 4.1. A sztratovulkán vagy rétegvulkán

A sztratovulkán vagy rétegvulkán megkeményedett lávát és vulkáni hamut tartalmaz, kúp alakú, magassága meghaladja a 2500 métert.

Az ezeket a vulkánokat kialakító láva nagyon viszkózus, és még azelőtt lehűl, mielőtt nagyon eltávolodna a kitorés helyétől, szilikátokban gazdag, szubdukció hozza létre [5]. Ezt a hivatkozást a vulkánkitörések várható helyeinek a kialakulása miatt is célszerű elolvasni!

## 4.2. A pajzsvulkán

A pajzsvulkán (például a hawaii-i Mauna Loa) kevésbé viszkózus, bázikus (fémekben, főleg magnéziumban és vasban gazdag) lávából alakult ki. Jellemző hely az óceáni szigetív [5].

Az elmúlt húsz év során a legtöbb nagy robbanásos vulkánkitörés problémát okozott a repülésben. A pliniusi kitörések főként azért veszélyesek, mert az utazó magasságba nagy mennyiségű hamufelhőt bocsájtanak ki, de az ennél kisebb indexű kitöréseket sem szabad figyelmen kívül hagyni. A gyengébb füstoszlop is bajt okozhat a fel- és leszálló gépeknek, a kitorés közelében levő repülőtereken. Jó példa erre a Kagoshima repülőtér Japánban, amelynek közelében található a Sakurajima vulkán.

Némely vulkánkúp tengerszinthez mért magassága több ezer méter, és még enyhe kitorés esetén is figyelemre méltó a repülési tevékenység szempontjából. Ilyen a Popocatepetl (5465 m) Mexikóban és az El Misti (5822 m) Peruban. A „Lahar”, egy indonéz kifejezés, amely a hideg vagy meleg víz és sziklatörmelék elegyeként folyik le a vulkán oldalán és (vagy) folyóvölgy lejtőin. Úgy néz ki, mint egy nedves beton tömeg, amely kiterjedt méretű agyag tömböket hordoz, ami lehet több mint 10 méter átmérőjű is, és elég gyorsan folyik ahhoz, hogy az embereket utolérje. Sebességét, méretét, a törmelék összetételét állandóan változtatja.

## 5. VULKANIKUS GÁZOK

A vulkánkitörések különböző gázokat bocsájtanak ki együtt a magmával, beleértve a kén-dioxidot ( $\text{SO}_2$ ) és hidrogén-szulfidot ( $\text{H}_2\text{S}$ ). A kén-dioxid éles, fanyar szaga a frissen gyűjtött gyufára, a hidrogén-szulfidé csatorna bűzre, záptojásra emlékeztet. A kénés gázok szaga csak egy rövid időre érezhető a „szaglási adaptáció”, a hozzászokás miatt (ideiglenes

elvesztési képesség egy adott szagra). A kén-dioxid belégzése még kis koncentrációban is (<5 ppm), okozhat légúti irritációt, különösen az asztmában és a krónikus, légzést akadályozó tüdőbetegségben szenvedőknek. Amikor kén-dioxid gáz egyesül vízzel a légkörben, elsősorban a szulfát aeroszol tagjai közül hígított kénessav keletkezik. A repülő kénsav aeroszolak az ablakokon hajszálrepedéseket okoznak, halványítják, mattítják a külső festést, bizonyos körülmények között napfény visszaverődést, fénytörési jelenségeket hoznak létre, a szulfátok pedig lerakódnak a hajtóműben. A légkörben változó színű (barnás, sárgás, kékesfehér) fátyolfelhőként láthatóvá válik a kénessav aeroszol. A hamu részecskék várhatóan jelen lesznek az aeroszol párában, esetleg kisebb koncentrációban vagy nyomokban.

Az elektromos füst és tűz, valamint a kén-dioxid szaga némileg hasonló. Éppen ezért nagyon fontos, hogy a pilóták minden kétséget kizáróan meggyőződjenek arról, hogy melyiket érzik.

## 6. A VULKÁNI HAMUFELHŐ

A vulkáni hamufelhők súlyos károsodást okozhatnak a légi járművek hajtóművében. A vulkáni hamu rendkívül finom részecskék pora, összetétele vulkánonként változik. Elsősorban szilícium-dioxidból (> 50 százalék), valamint kisebb mennyiségben alumínium-, vas-, kalcium- és nátrium oxidokból áll. A szilícium-dioxid üveges szilikátok formájában alakul ki, és elektronmikroszkóp alatt éles üvegszilánkok láthatók. Nagyon kemény, a keménységi fokát az 5-ös vagy a 6-os szint jellemzi a Mohs skálán. Egy részének keménysége egyenértékű a kvarccal (7-es szint). A vulkáni hamut a kereskedelmi forgalomban is használják, mint súrolószert, de koptató jellege a repülésben nagyon káros hatású, mivel a repülőgép-szerkezeteket, a pilótafülke ablakait és a hajtómű alkatrészeket károsítja.

A vulkáni hamu fontos tulajdonsága a viszonylag alacsony olvadáspont. Mivel túlnyomórészt üveges szilikátok alkotják, amelynek olvadási hőmérséklete ( $1100^\circ\text{C}$ ) alatta van a sugárhajtómű normál tolóerőnél keletkező égőtéri hőfokának ( $1400^\circ\text{C}$ ), a vulkáni hamu megolvad és letapad a hajtómű

forró szakaszában (nagynyomású turbina), a fűvókában, a terelő lapátokon. Ennek hatását is vizsgálni kell, mert potenciálisan lehetséges jelentős hajtómű-károsodás. Továbbá, ez az oka annak az ajánlásnak, hogy ha a pilóták véletlenül érintenek egy vulkáni hamufelhőt, csökkentsék a hajtómű teljesítmény beállításokat amennyire lehetséges az alapjáratú tolóerőre, amikor az üzemi hőmérséklet (600°C) már alatta van a vulkáni hamu olvadási hőmérsékletének. A robbanásveszélyes vulkánkitörés által kilövellt anyagrészek rendkívül sokrétűek, kezdve a finom részecskéktől (<5 µm) a nagy szikláig.

A hamu – elnevezése tefra – a 2-64 milliméterig kilövellt kőzetekkel együtt pedig piroklaszt.

A geológiában az ebből kialakult kőzetek gyűjtőneve piroklasztikus kőzetek. Ide tartozik az agglomerátum, a tufa és a tufit. A tefra szó görög eredetű, jelentése hamu. A piroklaszt szintén görög eredetű, a pyro (jelentése tűz) és klastos (jelentése széttört) szavak összetételéből keletkezett.

Az előbbieket mellett a vulkánkitörés oszlopok vulkáni hamuja vízgőzt, kén-dioxidot, klórt,

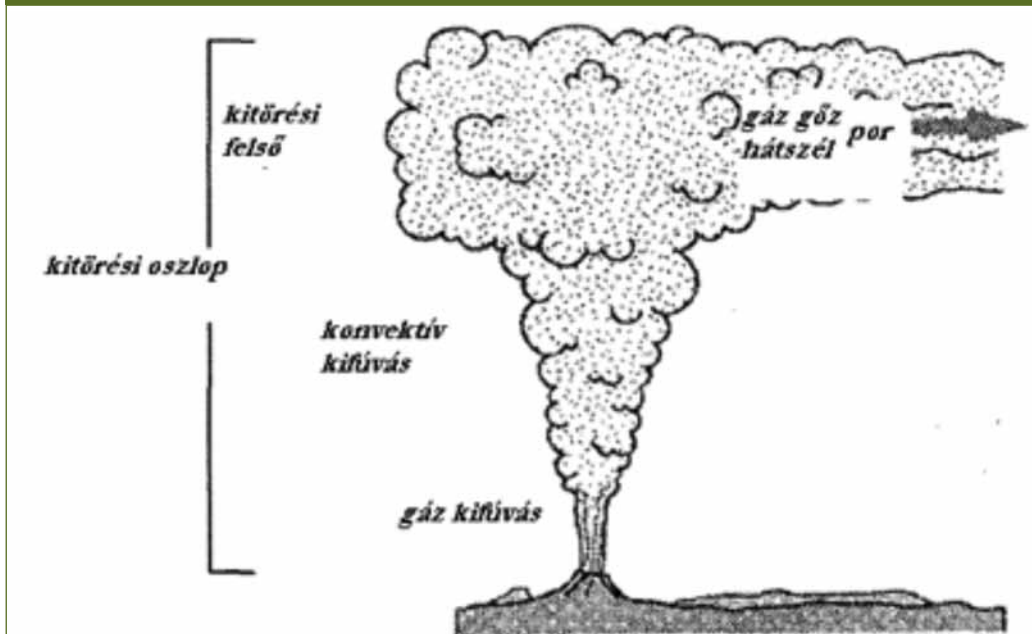
kénhidrogént és nitrogén-oxidokat tartalmaz. A jelentősebb gázneműek a vízgőz, a kén-dioxid és a klór. Ezek az összetevők gáznemű állapotban vannak a vulkáni hamufelhőben. Több vélemény szerint nem okoznak jelentős káros hatásokat a légi járművekben. Miután a kitörés alatt azonban oxidáció és hidratálás is fellép, a kén-dioxid molekulák kénessav (H<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>) cseppekké alakulnak. Az így kapott savas mix erősen maró hatású, károsíthatja a sugárhajtóműveket, bemélyedéseket okoz a szélvédőkben, és magas karbantartási költséget okoz.

A szilikátokat is tartalmazó piroklasztok, mint horzsoló anyagok nagy károkat okoznak a felületeken.

Mohs keménységi skála [2] néhány adata:

|                    |        |
|--------------------|--------|
| zsírkő             | 1      |
| aszfalt            | 1 - 2  |
| üveg (szélvédő)    | 5      |
| kvarc és szilikát  | 7      |
| szénacél           | 7 - 8  |
| csiszolópor        | 7 - 9  |
| szilícium - karbid | 9 - 10 |
| gyémánt            | 10     |

**2. ábra: A kitörés oszlopnak három része vagy tartománya van: gáz kifúvás, konvektív kifúvás és a kitörési felső (mushroom) [2]**



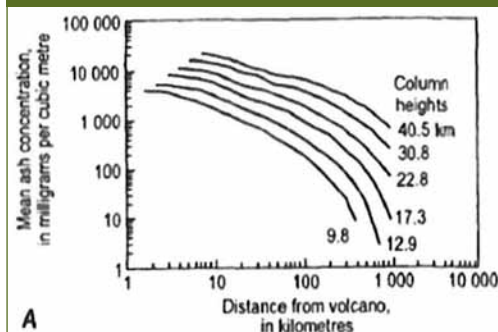
### 3. ábra: Különböző átmérőjű részecskék gravitációs kihullási ideje különböző magasságból Prata szerint (méterben és zárójelben lábban).[2]

| *Magasság<br>$\times 10^3$<br>$\times 10^3$ | r=1.0 $\mu\text{m}$<br>hetek | r=2.0 $\mu\text{m}$<br>napok | r=5.0 $\mu\text{m}$<br>napok | r=10 $\mu\text{m}$<br>napok | r=50 $\mu\text{m}$<br>órák | r=100 $\mu\text{m}$<br>órák |
|---|------------------------------|------------------------------|------------------------------|-----------------------------|----------------------------|-----------------------------|
| 2 (7)                                       | 8                            | 15                           | 2                            | 14                          | 0.6                        | 9                           |
| 5 (16)                                      | 21                           | 37                           | 6                            | 36                          | 1.4                        | 21                          |
| 8 (26)                                      | 34                           | 59                           | 10                           | 57                          | 2.3                        | 34                          |
| 10 (33)                                     | 42                           | 74                           | 12                           | 71                          | 2.9                        | 43                          |
| 12 (39)                                     | 51                           | 89                           | 14                           | 86                          | 3.4                        | 51                          |
| 15 (49)                                     | 64                           | 111                          | 18                           | 107                         | 4.3                        | 64                          |
| 20 (66)                                     | 85                           | 149                          | 24                           | 143                         | 5.7                        | 86                          |

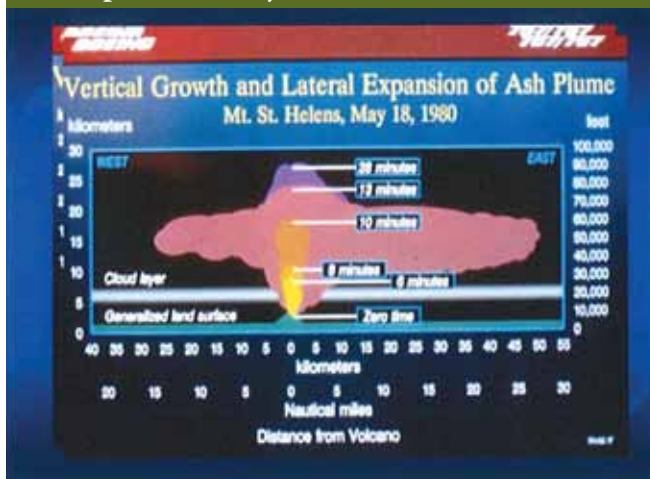
#### 6.1. A hamuszóródás távolsága

A 4. ábra a hamu koncentrációjának ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ) változását mutatja a távolság függvényében, a kitörési oszlop magasság paraméter értékei szerint (I. ICAO doc 9691-An954 Amedment No.1 14/12/07) [2].

#### 4. ábra: A szóródás távolsága



#### 5. ábra: A Csendes-óceán parti Mt. St. Helen kitörési oszlopának szétterjedése



#### 6.2. A vulkáni csóva terjedése időtartam szerint [7]

Az 5. ábrából látható, hogy a 8 és 15 km magasság között 3 perc alatt, 5 kilométerre a kitörési helytől, több mint 45 km távolságba terjed ki a hamufelhő. (Ez több mint 800 km/h terjedési sebességgel számol). Ez a kitörés óriási volt, kb. 40 millió tonna port lökött ki a légkörbe. A robbanás ereje egy 10 megatonnás atombombával volt azonos hatású.

#### 6.3. Vulkanári hamufelhővel kapcsolatba hozható fényjelenségek

A fényjelenségek a repülés számára igen fontosak lehetnek, a vulkáni tevékenység korai felismerési lehetősége miatt.

A fényjelenségekről tájékoztatás jelleggel írunk. Részletesebb ismertetésük a megjelölt forrásunkban megtalálható [8].

#### 6.4. A Nap és a Hold színváltozása

A mikroszkopikus méretű vulkáni hamu részecskéken keletkező fényelhajlás más szögben törí meg a fény spektrumait. Mivel a kék és a sárga, illetve azok keveréke nagyobb mértékben törí meg, a vöröstől a narancssárgáig levők jutnak inkább felénk többszörös szóródás után, mivel nagyon nagy a szemcsék száma. A naplementék, napfelkelték ezért vörö-

sebbnek látszanak. Ez nemcsak a Napra, hanem a Holdra is igaz.

## 6.5. Halo jelenség

A Cirrus felhők jégkristályain törik meg a napfény, és az átlátszó kristály elemeire bontja azt. A napfény körül színes, esetleg fekete gyűrűk alakulnak ki kör alakban. A naptól 22 fokra esetleg egy „melléknap” alakul ki, a Naphoz közeli oldal kékesfehér színt vesz fel.

## 6.6. Koszorújelenség

Akkor alakul ki, ha a Napot vagy a Holdat vékony felhőréteg takarja.

Színes gyűrűk a halo jelenséghez hasonlóan itt is kialakulnak, a spektrum összes színe megjelenik. A Naphoz közeli belső ívek kékes árnyalatúak, a külsők vörösek.

## 6.7. Bishop gyűrű

Koszorújelenséghez hasonló, nem vízcseppeken, hanem porszemeken történik a fényelhajlás.

## 7. A VULKÁNKITÖRÉSEK OSZTÁLYOZÁSA, A 8 FOKÚ VEI INDEX

A kitöréseket három tényező szerint lehet osztályozni [16].

A magnitudót a pirokklasztok teljes mennyisége határozza meg.

A szétszóró képesség a kiszórt anyaggal fedett területtől, főleg a kitérés mozgási energiájától függ.

Az erupciós ráta a kiáramló magma mennyisége másodpercenként ( $m^3/s$ -ban).

Ezek nagy értékei esetén robbanásos kitérésről beszélünk. A kiáramló magma mennyisége lehet nagy, például kiömléses effúzív típus esetén is, de ekkor időben nem gyors.

A VEI elsősorban a fenti tényezőkön alapul, de figyelembe vesz egyéb mennyiségi (kitérés időtartam stb.) és minőségi (leírás, légköri hatás stb.) jellemzőket is.

A történelmi idők legnagyobb kitérése, az indonéziai Tambora 1815-ös kitérése 7-es fokozatú volt, ennél nagyobb kitérés csak a földtörténetből ismert.

## 8. A PILÓTÁK TREVÉKENYSÉGE VULKÁNI HAMU ÉSZLELÉSEKOR

Mivel az elektromos tüzek is párosulhatnak kénes gázokra jellemző szagokkal, így a személyzetnek egy rövid időre, – mivel tűzesetről jelzés nincs – fel kell venni az oxigénálcot,

6. ábra: A 8 fokú VEI index

| VEI | Kitörés típusa           | Leírás            | Kitörési oszlop magassága | A kiszórt törmelékanyag térfogata  | Gyakoriság    | Példa                       | Előfordulás   |
|-----|--------------------------|-------------------|---------------------------|------------------------------------|---------------|-----------------------------|---------------|
| 0   | Hawaii-típus             | effúzív           | < 100 m                   | < 10 000 m <sup>3</sup>            | naponta       | Mauna Loa                   | gyakori       |
| 1   | Hawaii-Stromboli-típus   | enyhe             | 100-1000 m                | > 10 000 m <sup>3</sup>            | naponta       | Stromboli                   | gyakori       |
| 2   | Stromboli-Vulcano-típus  | explozív          | 1-5 km                    | > 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>   | heti          | Galeras (1993)              | 3477          |
| 3   | Volcano-Pelé-típus       | explozív          | 3-15 km                   | <10 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> | évi           | Nevado del Ruiz (1985)      | 868           |
| 4   | Szub-pliniuszi           | katasztrófális    | 10-25 km                  | > 0,1 km                           | ≥ 10 évente   | Soufrière Hills (1995)      | 278           |
| 5   | Pliniuszi                | katasztrófális    | > 25 km                   | > 1 km <sup>3</sup>                | ≥ 50 évente   | Mount St. Helens (1980)     | 84            |
| 6   | Ultra-pliniuszi          | kolosszális       | > 25 km                   | > 10 km <sup>3</sup>               | ≥ 100 évente  | Pinatubo (1991)             | 39            |
| 7   | Ultra-pliniuszi          | szuperkolosszális | > 25 km                   | > 100 km <sup>3</sup>              | ≥ 1000 évente | Tambora (1815)              | 4             |
| 8   | Pliniuszi-ultrapliniuszi | megakolosszális   | > 25 km                   | > 1000 km <sup>3</sup>             | ≥ 1000 évente | Toba (73 000 évvel ezelőtt) | feltételezett |

hogy megszűnjön a szaghoz történő hozzászokás (adaptáció), majd azt levéve a további észlelés esetén már dönteni kell az út további folytatásáról a visszafordulásról.

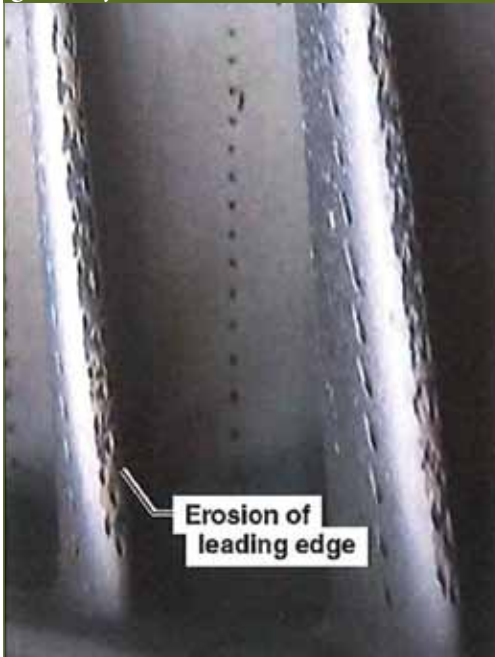
Ilyen körülmények között az ICAO doc 9691 következő eljárásokat ajánlja:

Haladéktalanul csökkenteni kell a tolóerőt, hogy olvadt üvegréteg ne üljön ki a lapátok felületére az alacsonyabb gázhőmérséklet miatt a nagynyomású turbina első lapátsorán. Le kell kapcsolni a tolóerő automatát, hogy minél hamarabb kialakuljon az alapjáratú tolóerő.

A hamufelhő több száz kilométerre is kiterjedhet, ezért a lehető leggyorsabban teljes visszafordulást kell tenni annak elhagyása miatt.

Továbbrepüléssel ezek növelnék a hajtómű károsodását. A károsodás olyan mértéket is felvehet az eltömődések, kompresszor lapátok esetleges profilváltozása miatt, hogy az a hajtómű égőtér kiolvadásával járhat, és nem

**7. ábra: NASA Volcanic Ash v. Jet Engine Fan Blades Erózió a lapátok belépőélén. Hűtőlevegő rések eltömődése, túlmelegedő hajtómű stb. [10]**



beszélve a réműletes Pitot cső eldugulásáról, amikor már nem is tudjuk az indukált sebesség nagyságát leolvasni. Be kell kapcsolni, – ha nem volt bekapcsolva – a hajtómű és szárnyjégtelenítő berendezéseket, kondicionáló berendezéseket, levegő elvétellel javítani a hajtómű instabil működését. Indítani kell a fedélzeti segéd turbinát (APU Auxiliary power unit) az elektromos rendszerek működtetésére, ha több hajtóműves üzemmód kimaradna 100%-ra kell állítani az oxigénmaszkot.

Erős veszély a sebességmérők meghibásodása, amire nagy az esély. Ilyenkor egy elég szűk sebességtartomány között kell vezetni a repülőgépet.

Nagy magasságban az utazósebesség és a nagy sebességű átesési határ között nem jelentős a különbség.

A nagy sebességű átesés akkor alakul ki, amikor a szárnyprofil valamelyik pontján az átesési sebesség eléri a hangsebesség értékét. Ez a jelenség modern szárnyprofiloknál a repülési magassághoz tartozó hangsebesség 80-90% közötti érték. Ha növekszik a sebesség, akkor a profilnak olyan jelentős részén történik leválás, hogy az már a súlyponti helyzetet is befolyásolja. Először rázkódást éreznek a gépen és esetleg a kormányon (az AIRBUS típusoknál az utóbbit nem lehet érzékelni). Az ellenállás is nagymértékben növekszik, ami gyors súlyledést eredményez. A bólintási szög is rohamosan megváltozik, és a pilóták kellő helyzetfelismerés híján tehetetlenek.

Ilyen veszélyes helyzetből egy alkalommal sikerült megmenekülni az 1982-ben történt a B-747 majdnem katasztrófába kerülő kényszerleszállása után.

A sebességmérő Pitot-csővének elzáródási esélyét növeli az, hogy a vulkáni hamu mellett a robbanásos vulkánkitöréskor rengeteg víz kerül a hideg magas légkörbe és ez az elfagyás veszélyét növeli.

Az előzőekben leírt jelenség az Air France 447 sz. járatánál katasztrófát okozott, habár ott nem vulkánkitörés okozta a sebességmérők hibáját.



## 9. A VULKÁNI HAMU HATÁSA A REPÜLŐTEREK ÜZEMELTETÉSÉRE

A hamu lerakódása komoly üzemzavarokat okoz mind a mechanikus működtetésű eszközparkban, mind az elektromos hálózatokban és elektronikus berendezésekben. Csak kellő gondossággal és előrelátással előzhető meg a károsodások. Ugyanez vonatkozik a repülőtéren tartózkodó repülőgépek berendezéseire is.

A hamu veszélyes a repülőtéren parkoló repülőgépekre. Guruló üzemben a taxi utak, állóhelyek, futópályák felületének sűrűlódási együtthatója nagymértékben leromlik. Ezt tetézi az, ha csapadék is együtt jár a hamuszennyezéssel. Az amúgy is leromlott látástávolságot rontja az időközben guruló, le- és felszálló gépek hajtóművei által felvert por, és már egy milliméter ülepedése esetén le kell állítani a repülőtér üzemét.

Az apró szemcsenagyságú por behatolhat a berendezések legkisebb nyílásain is. Vonatkozik ez a jól elzárt területektől kezdve a hangárok karbantartási területeire, az ott elhelyezett alkatrészekre, hűtő, kenő és szűrőrendszerekre, amelyeket sok esetben letisztíthatatlanságuk miatt ki kell cserélni. A csapágyak, a fékek, a mechanikus áttételek gyors kopásnak vannak kitéve a szűrők eltömődése esetén, még ha a por közvetlenül nem is jut oda be. Az eltömődött szűrőberendezésekből leváló szennyezés még fokozza a csiszoló tulajdonságú, pasztaszerű anyag bejutását.

A poros elszennyeződés párával, nedvességgel párosulva jó elektromos vezetőképességű kúszó utakat alakít ki a nagyfeszültségű szigetelőknél, ahol átütések, zárlati állapotok alakulhatnak ki. Ív szikra keletkezhet.

A vulkáni hamu könnyen megköti a nedvességet, ami jelentős súlynövekedéshez vezet. 1991-ben a Fülöp-szigeteken levő Clark US Air Force Base-en a könnyű hamuréteg vízzel keveredett elegye elérte az  $1400 \text{ kg/m}^3$  sűrűséget, beszakította a hangárok, csarnokok tetőszerkezetét, az állóhelyen álló egyik repülőgépen a lerakódás olyan súlypontváltozást okozott, hogy a DC-10-es típusú repülőgép farra billent [9].

## 10. LÉGI MENTÉS, HELIKOPTER ÜZEMELTETÉS

A kevésbé veszélyesnek látszó - kiömléses típusú valamint rétegvulkán - kitöréseknél számítani kell a talaj feletti hirtelen hőmérsékletváltozásra. Tipikus helyei az óceáni hátság szigetei, Hawaii (Kilauea), Magyarországhoz legközelebb az Etna Szicíliában. Az általában óránként 4-100 méter távolságra (ritkább esetben azonban 50 kilométerre) eljutó több száz °C-os lávafolyam még a mentés ideje alatt is, rövid időn belül felismerhetetlenségig megváltoztathatja a környezetet. A nappal sokszor feketének tűnő felülete izzó anyagot takar, igen erős hősugárzással. A helyileg felmelegített levegő viszonylag nagy területen, nagyon gyors függőleges komponensű feláramlást, és ugyanekkor a hőmérsékletkülönbség határfelületén, ahol még nincs izzó lávatarakás leáramlást okoz.

Ha helikopter egy ilyen feláramlásba kerülve leszálláshoz vagy mentőeszköz csörléséhez függésben megáll, a gyors függőleges feláramló levegőmozgás sebessége a rotor által lefelé hajtott levegő sebessége ellen hat, amely a rotor lapátvég körüli örvénylő áramlássá változik át, lecsökkenti vagy meg is szünteti a felhajtó erőt. Ez az úgynevezett „örvénygyűrű” üzemmód, amely lezuhanáshoz vezethet. Ez túl gyors merüléskor is előfordul [10], [12].

A fel- és leszállás módjai különleges óvatosságot igényelnek. A helikopterszerű felszállás a nagyon magas hőmérséklet miatt, különösen a lávafolyásoktól nem nagy távolságban veszélyes. Mindkettőnél fennáll a kockázata annak, hogy belerepül a helikopter a kissebességű veszélyes repülési tartományba.

Ugyanennyire veszélyes a viszonylag lassan, és alacsonyan történő repülésnél a fel- és leáramló sebesség hirtelen egyik irányból a másikba történő megváltozása által okozott szélnyírás.

A legtöbb tűzhányó tengerek partjainál helyezkedik el. Mint korábban említettük, szubdukcionál (litoszféra táblák), ha a lehajló lemez kontinens alá bukik, kontinentális szigetív jön létre. Ha az alábukás másik óceáni

lemez alá történik, óceáni szigetív alakul ki. Ezért fontos a tengeri mentés lehetőségeit is figyelembe venni. Ennek kézikönyve a IAMSAR doc 9731 Volume III. Az ICAO-val együtt kiadott ajánlás.

Helikopter veszélyes repülési tartományai [12], [5].

## 11. EGY BALESET BEMUTATÁSA

A British Airways 009 –es járatának eseménye:

1982. július 24-én, helyi idő szerint 20 óra 09 perckor (12 óra 09 perc GMT) Kuala Lumpur-ból emelkedett a levegőbe a British Airways légitársaság Boeing 747 – 200 típusú, G-BDXH lajstromjelű repülőgépe a nyugat–ausztráliai Perth felé, fedélzetén 248 utassal, valamint 15 fő személyzettel, azaz összesen 263 emberrel.

A Kuala Lumpuri eligazításon, amelyen részt vett a gép hajózó személyzete, Eric Moody kapitány, Roger Greaves elsőtiszt és Barry Townley-Freeman fedélzeti mérnök, semmifé-

le jelentés nem szolgált baljós időjárási viszonyokról, sem az útvonalon, sem a célállomáson.

A személyzet nagy gyakorlattal rendelkezett. Moody kapitány 17 éve repült, és 9000 óra tapasztalattal rendelkezett, az elsőtiszt 13, a fedélzeti mérnök 18 éve repült.

A fedélzeten a hangulat jó volt, a felszállás után a Londonból érkező, több mint egy napja repülő utasok pihenni próbáltak. A személyzet is jó hangulatban volt, az utasok egy része később „boldog zenekar”-hoz hasonlította őket.

Közeledve a Johor Bahru-i VOR irányadóhoz a repülőgép elérte a 37 000 láb (11 280 m) magasságot, majd 0,85 Mach utazósebességre gyorsult. Johor Bahrun elhagyása után a légijármű irányítását Szingapúr vette át, és a BA 009 –es járat engedélyt kapott a B 69-es légifolyosó használatára, amely Jakartán át Perthbe vezetett. Az út – eddig – simának, kellemesnek bizonyult, csak egy furcsa zivatarfelhőt lehetett időnként látni a sötétségben.

8. ábra: A "City of Edinburgh" a British Airways eseményben érintett, Boeing 747-200 típusú repülőgépe [13]



13 óra 33 perckor (GMT) a repülőgép átrepült Jakarta VOR irányadó felett, és innen Halim VOR felé fordult, amely ekkor csupán 77 mérföldre volt tőlük. A repülés ekkor már mintegy másfél órája zajlott.

A repülési körülmények jók voltak, az időjárás-radar tiszta légtérrel jelzett.

A parancsnok ekkor elhagyta a pilótafülkét. A személyzeti mellékhelyiséget zárva találta, így lement az alsó fedélzetre.

Közben, 13 óra 40 perckor (GMT) Greaves elsőtiszt egy szokatlan látványra figyelt fel a szélvédő üvegén, ami homálynak látszott odakinn, a radar azonban továbbra sem jelzett semmilyen zivatartevékenységet. Greaves bekapcsolta a leszállófényeket, hogy ellenőrizze a helyzetet.

A homály nyilvánvalónak tűnt, így elővigyázatosságból bekapcsolták a hajtóművek gyújtását és fűtését. (Amikor a hajtómű „üzemszerűen” dolgozik, az égés önfenntartó, de a túlzott nedvesség leállást okozhat. Ilyenkor a pilóták a gyújtást bekapcsolják, ami szikrájával fenntartja a folyamatos égést. A felhőkben lévő vízcseppek ráfagyhatnak a turbinalapátokra vagy a turbinakúpra. Ebben az esetben a fűtőrendszer bekapcsolása megakadályozza az áthaladó légáram megszakadását, és így az égés megszűnését.)

A leszálló fényoszóró bekapcsolása után egyértelműen látszott, hogy a repülőgép előtt nincsenek felhők.

A szélvédőn keresztül parányi villámok csíkjai villantak fel, amelyet a „Szent Elmo tüze”-ként ismert jelenséggel azonosítottak. Ezzel a jelenséggel korábban már mindkét pilóta találkozott, azonban úgy tudták, hogy az általában zivatarfelhők kísélete kíséri. A radaron azonban továbbra sem látszott semmi. A látható jelekből arra lehetett következtetni, hogy a BA 009-es járat egy erős elektromos tevékenységű zivatarfelhő széléit érintette, azonban sehogyan sem illett a képbe az, hogy a felhő nem jelent meg a radarerNyőn.

Néhány pillanattal később már úgy látszott, mintha az egész repülőgépet fény venné körül, és ezután furcsa szag vált érzékelhetővé, olyan amilyen elektromos kisülésekkel jár együtt. A pilótafülkét pedig fátyolszerű, kékes homály kezdte beborítani.

A kapitány a helyére indult, és közben észlelte, hogy az alsó szint légkondicionáló berendezéséből füst árad kifelé, és megérezte a keserű szagot is. A helyére érve észlelte, hogy a hajtóműveket belülről intenzív fehér fény borítja. A fény sugar mind a négy hajtóműből előreáradt. Közben a kabinban egyre nagyobb lett az aggodalom a füst miatt, különösen akkor, amikor megtudták, hogy a füst már az egész repülőgépen érezhető. Ekkor a fedélzeti mérnök hirtelen fényt pillantott meg a pultján.

Ellenőrizte a hajtóművek fontosabb műszereit, és észlelte, hogy a négyes hajtómű a leállás határán van.

Valami zavarta a levegő áramlását, a hajtómű akadozni kezdett, majd egy óriásit „csuklott” és leállt, miközben a kiáramló gáz hőmérséklete hirtelen megemelkedett. A jelenségre figyelmeztette a személyzet többi tagját, amit a parancsnok „Hajtóműtűz a négyes hajtóműben” válasszal reagált le. Az elsőtiszt és a fedélzeti mérnök végrehajtotta az előírt eljárást, visszahúzták a négyes hajtómű gázkarját, kikapcsolták a tüzelőanyag-ellátást, működtették a tűzoltó rendszert. A repülőgép három hajtóművel nem tudta tartani korábbi magasságát, így a személyzet tagjai elkezdtek átgondolni a tennivalókat, befejezni azonban már nem volt idejük.

A kettes hajtómű ugyanis akadozni kezdett, majd leállt. A kibocsátott gáz hőmérséklete itt is emelkedett. Ezzel szinte egy időben a fedélzeti mérnök ijedten vette észre, hogy a másik két hajtómű is akadozni kezd. Ezután a fedélzeti mérnök szájából elhangzott az a mondat, amely minden pilóta rémálma: „Mindegyik leállt!”

Az utasok ugyan egyelőre még nem tudtak a gondokról, de az ablak mellett ülők úgy láthatták, mintha az egész repülőgép égne, a hajtóművekből pedig a gáz sugar óriási lángokat lőtt ki.

Szerencse volt a szerencsétlenségben, hogy Moody kapitány nem sokkal az esemény előtt teljesítette sikeresen az időszakos szimulátorgyakorlatot, ahol történetesen éppen ezt a feladatot (leszállás álló hajtóművekkel) kellett végrehajtania. Csakhogy ebben az esetben a robotpilóta működött, a műszerek pedig a hajtómű-paramétereiktől eltekintve normálisnak mutattak mindent. A fedélzeti mérnök felkészült a hajtóművek repülés közbeni újraindítására. Ehhez ugyan még túl magasan voltak, a levegő túl ritka volt, de meg kellett próbálni, nem volt más lehetőség.

Eközben az elsőtiszt vészjelzést kísérelt meg leadni, ekkor azonban egy újabb nehézséggel kellett megbirkózniuk. A keletkezett villamos hatás ugyanis zavarta a rádióadást, és nagyon megnehezítette a beszédértést. A forgalmazás a következőképpen zajlott:

„Speedbird 9 (A BA 009 hívőjele) a helyzetünk Halimtól délre 100 mérföld. Mind a négy hajtóművünk leállt. Süllyedünk és elhagytuk a 370-es szintet.

-Jakarta, Speedbird 9 mi a problémájuk?

-Jakarta Speedbird 9 mind a négy hajtóművünk leállt!

-Speedbird 9, jól értettem, hogy leállították a négyes számú hajtóművet?

-Nem Jakarta, Speedbird 9, elvesztettük mind a négy hajtóművünket. Süllyedünk a 350-es szinten.”

Az irányító szolgálat még mindig nem értette a kialakult helyzetet, azonban szerencsére a Garuda Airways egyik repülőgépe is hallotta a BA 009 közleményét, és közbeszólt.

„Jakarta, Garuda 875, Speedbird 9 elvesztette mind a négy hajtóművét, az összes hajtóművét elvesztette, és elhagyta a 370-es szintet”

A kapitány közben folyamatosan süllyesztette a repülőgépet, hogy megállítsa a sebesség csökkenését.

Bár az összes hajtómű leállt, a repülőgép mégis irányítható maradt. Az elektromos energia ellátás ingadozott, de a hármas generátorról biztosított volt.

Azt azonban felismerték, hogy a Jakarta, és köztük lévő, 11 500 láb magas hegyvonulatot működő hajtóművek nélkül nem tudják majd átrepülni. A hegyek többsége vulkán volt, és néhány közülük rendkívül aktív.

A kékes pára elkezdett szétterjedni a kabinban. Az oxigénmaszkok használatát ez ugyan még nem indokolta volna, azonban amikor a nagyobb nyomású levegő kiszivárgott a kabinból a légterbe, már kénytelenek voltak alkalmazni azokat.

Ekkor érte őket a következő hidegzuhany. Azal kezdődött, hogy a fedélzeti mérnök maszkja nem volt a helyére téve, így Townley – Freeman nem érte el azt ülő helyzetben. Abban a szituációban, amikor minden másodperc számított, ki kellett hámozni magát a biztonsági övekből, fel kellett állnia, megfordulnia és így felvenni a maszkot.

Az elsőtiszt esetében még rosszabb volt a helyzet. Greaves maszkjáról ugyanis lejtött a tömlő, az összekötő elemek pedig az ölébe estek, így ő oxigén nélkül maradt a csökkenő légnyomásban.

Ebben az esetben a „normális” eljárás a vész-süllyedés lett volna, azonban a BA 009-es esetében nem volt célszerű elveszteni a rendkívül értékes magasságot, ami időt biztosíthatott a helyzet megoldására.

Moody kapitánynak tehát igen súlyos döntést kellett meghozni, és végülis a gyors süllyedés mellett döntött.

Greaves közben kétségbeesetten küzdött a saját maszkjával, és végülis 20 000 láb magasan (6100 méter) fel tudta venni azt. A repülőgép sebessége ekkor 320 csomó volt, a hajtóművek beindításához azonban le kellett lassítani 270 csomó körüli sebességre. Moody egy újabb problémát észlelt, a sebességmérő műszerek állása között ugyanis nagy, 50 csomós különbség mutatkozott.

Az utastérben a belső magasságmérő mutatója folyamatosan emelkedést jelzett, miközben a repülőgép magassága érezhetően csökkent. 18000 láb magasságon a maszkok önműködően kiestek.

A vészfelhívást, amellyel a személyzet ismertette a maszkok használatát, az utasok nem hallhaták, mivel Graham Skinner légiutaskísérő nem tudta bekapcsolni a hangosbeszélőt. Ekkor előkerített egy megafont, és észak-angliai kiejtést utánozva beleordított: „-Hall engem, mama?”

Ezzel magára vonta az utasok figyelmét, és néhány pillanatra általános derűtséget okozott. Nagy szükség volt erre. Az utastérben már kezdett eluralkodni a félelem. Néhány utas búcsúüzeneteket írt hozzátartozóinak. Egyikük, Charles Capewell, aki fiaival utazott, a következőt írta a szállókártya tokjának borítójára: „Anyjuk. Baj van. A gép zuhan. Mindent megteszek a fiúkért. Szeretünk téged. Sajnálom. Apjuk XXX”

A repülőgép közben folyamatosan veszített magasságából, bár a süllyedés mértéke lassabb volt, mint amire számítottak. (A külső levegő hőmérséklete sokkal magasabb volt a normálnál, és a forró levegő emelő feláramlást hozott létre.) Közben a légköri villamosság csúnya tréfát űzött a repülőgéppel.

A navigációs rendszer össze-vissza, értelmetlenül mutatta a számokat és a jeleket, a VOR mutatói körbe-körbe forogtak, a távolságmérő műszer nem működött. Tekintettel azonban arra, hogy éjszaka volt, nem lehetett semmit látni, így a pilótáknak a műszerekre kellett volna támaszkodniuk.

Moody eldöntötte, hogy tovább repül Jakarta irányába, amíg el nem érik a 12 000 lábas biztonságos magasságot. Ha ez megtörténik, akkor délnek fordul, és megpróbálnak leszállni a tengerre.

A pilóták ugyan ismerték a vízreszállás alapelveit, azonban éjszaka, leszállófények, fékszárnyak és magasságmérő nélkül nagy sebességgel leszállni a hullámszó, cápákkal teli tengerre, az egészen más.

Ilyen körülmények közt a hajtóművek majdnem biztosan letörnek, a repülőgép talán egy rövid ideig úszik még, azonban az erős hullámszóban nehéz feladat lett volna a tutajok kibocsátása.

Moody kapitány érkezettnek látta az időt, hogy néhány mondatot szóljon az utasokhoz.

Szavait az adatrögzítők megőrizték. Ezek a gondolatok minden bizonnyal bekerülnek a repülés történetírásába.

„Hölgyeim és uraim, a kapitányuk beszél. Van egy kis gondunk. Mind a négy hajtóművünk leállt. Megteszünk mindent, hogy újraindítsuk őket. Bízom benne, hogy nem aggódnak túlságosan.”

Rövid szünetet tartott, majd hozzátette:

„A vezető légiutaskísérő azonnal jöjjön a pilótáifülkébe, legyen szíves.”

Az utóbbi közlés nem csak Skinnernek szólt, hanem üzenet volt valamennyi személyzeti tagnak is, hogy készüljenek. Ekkor (13 óra 57 perc GMT) a BA 009 már több mint 12 perce hajtóművek nélkül repült. A repülőgép kiért a homályfelhőből, és tiszta levegőben repült tovább. A táncoló fények letűntek, a hajtóművekből kijövő láng elaludt, és a fedélzeti mérnök felkiáltott.

„A négyes beindult!”

A parancsnok óvatosan előre tolt a gázkart. A hajtómű normálisan működött. A négyes volt az első hajtómű, amit leállítottak, így nyilván ez károsodott a legkevésbé.

A szükséges, elektromos, pneumatikus, és hidraulikus rendszereket már ezzel az egy hajtóművel is életre lehetett kelteni, sőt a repülőgép süllyedését is sikerült csökkenteni, az azonban még így is 300 láb (90 méter) volt percenként. 12 másodperc múlva Townley-Freeman fedélzeti mérnök ismét felkiáltott:

„A hármas gyújtani kezd!”

Nemsokára ez a hajtómű is életre kelt, és a kettő együtt már elég volt a süllyedés megállításához. A repülőgép így már képes volt a biztonságos, 12 000 lábas (3660 méter) magasság megtartására. Így már át tudtak repülni a hegyek felett.

Közben beindult a másik két hajtómű is, és mind a négy normálisan működött.

A parancsnok megkönnyebbülve a következő szavakat intézte az utasokhoz:

*„Hölgyeim és uraim, úgy tűnik, túl vagyunk a nehézségeken, és sikerült valamennyi hajtóművet működésbe hozni. Jakarta felé fordulunk, és előreláthatólag 15 perc múlva leszállunk.”*

Jött azonban az újabb hidegzuhany. Ismét az előbbi homályban találták magukat. Szent Elmo tüze megint ott táncolt a szélvédőn, fejhallgatójuk megint recsegni kezdett. Moody visszahúzta a gázkarokat, és lenyomta a gép orrát, hogy visszاسüllyedjenek a még biztonságos 12 000 lábra.

Újabb rémálom következett. Hirtelen, óriási robajjal, erősen rázni kezdett a kettes hajtómű. A személyzet kénytelen volt leállítani. Ezt a korábbiakat is figyelembe véve nyilvánvalóan nem tették szívesen, de nem volt más választásuk.

Időközben átrepültek Halim repülőtér fölött (a leszálláshoz túlságosan magasan voltak) és a tenger felett megfordulva irányba vették Jakarta repülőtérét. Ez ugyan eltért a kijelölt megközelítési eljárástól, de a célnak tökéletesen megfelelt.

Jött az újabb övön aluli ütés. A leszálláshoz szükséges paraméterek közül az irányítás csak a futópálya irányvezetését tudta megadni. A látás szerinti siklópálya rendszer fényei (VASIS) működtek ugyan, azt azonban a pilóták a párás levegő, valamint a sérült szélvédők miatt nem látták. Bekapcsolták a leszállófényeket, de a lámpák búrái homályosak voltak, alig

adtak valami fényt. A futópálya fényei homályosan, de látszottak.

Moody talált a szélvédőn egy olyan helyet, amelyen át viszonylag tisztán látta a VASI lámpáit, ehhez azonban előre kellett görnyedni. Így viszont nem látta a műszereket. Ezek adatait Greaves elsőtiszt folyamatosan diktálta neki. Végül azonban három hajtóművel, korlátozott látási viszonyok között, nehezen leolvasható műszerekkel, siklópálya-jelzés nélkül, 14 óra 10 perckor (GMT) leszálltak.

A vészhelyzet 25 percig tartott, ebből 13 percet repültek hajtóművek nélkül.

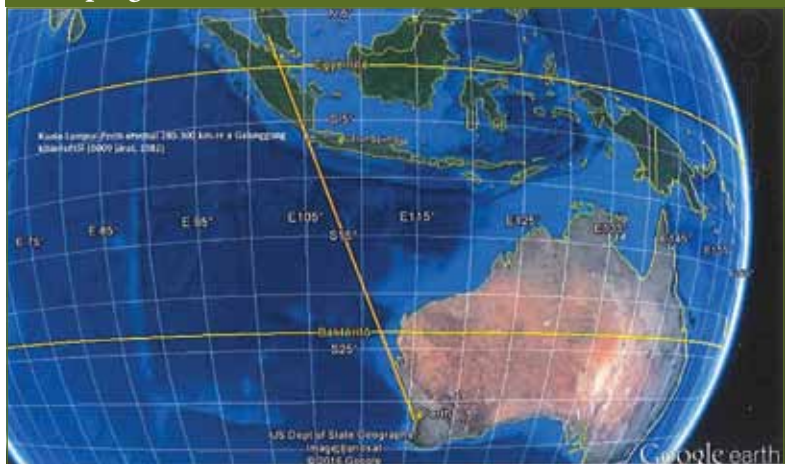
Nem volt kétséges, hogy komoly bajban voltak, de hogy azt mi okozta, azt akkor még nem tudták.

Már a repülőgépen próbálták összegezni a tapasztaltakat. Azt látták, hogy a fedélzetet mindenütt fekete por borította. Barry Townlye-Freeman fedélzeti mérnök végigsimította az ujjait valamin, és megdörzsölte a kezére ragadt kormos, kénes szagú port. *„Azt hiszem, ez vulkáni hamu lehet”* – mondta.

Senki nem hitt neki. Pedig neki volt igaza.

Június 24-én este ugyanis a Mont Galunggung nevű vulkán, amely Java déli partjánál feküdt,

**9. ábra: A BA 009-es járat tervezett útvonala, kb. 280-300 km távolságra a Galunggung vulkántól (Forrás: Internet, google earth program )**



Jakartától kb. 160 kilométerre, óriási erővel kitört. A vulkán hatalmas hamufelhőt, és szemcsés anyagot lövellt a levegőbe, 8 mérföld (13 km) magasra. A kitörés hatalmas vulkanikus vihart kavart, vastag, forró kénes gázzal, ami erős villamos tevékenységgel járt.

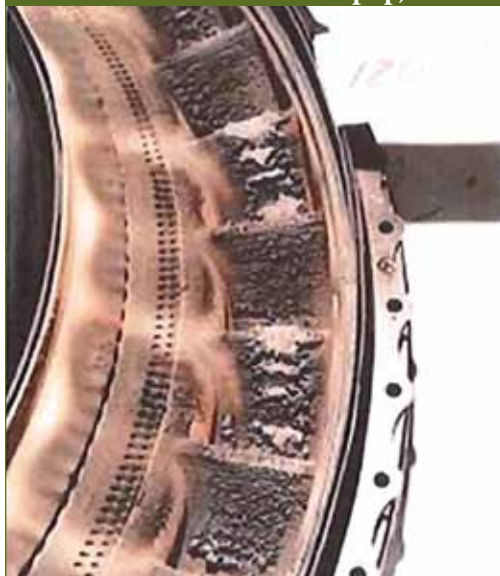
A kitöréssel kapcsolatban semmiféle figyelmeztetést nem adtak a légi közlekedés résztvevői számára.

Így a 25-30 csomós észak - keleti szél a felhőt a BA 009-es útjába sodorta.

Amikor a repülőgép nagy sebességgel belerpült a forró, szemcsés felhőbe, az elhomályosította a szélvédőket, lámpabúrákat. Bekerült a Pitot – csövekbe, megzavarva ezzel a sebességmérő műszereket.

Megsérültek a hajtóműgondolák, szívótorkok, és a hajtóművek ventilátorai is. A kompresszorokon eróziót okozott. A hajtóművekben vastag vulkáni hamu lerakódásokat találtak, ami megszakíthatta a levegőáramlást, és ezáltal a hajtóművek kihagyását, leállítását okozta.

**10. ábra: A kettes hajtómű [14]  
(Forrás: internet SACS home Hazard aviation, Hazard to aviation of volcanic eruption Image: Eric Moody, <http://sacs.aeronomie.be/aviation.php>)**



Amikor a magasság csökkenése miatt alacsonyabb, tiszta levegőbe értek, a legkevésbé sérült, négyes hajtómű beindult, majd sorra a többi is. Ezután azonban ismét emelkedtek, és 15 000 láb (4570 méter) visszakérültek a hamufelhőbe. A kettes hajtómű ismét felmondta a szolgálatot.

Miután az utasok elhagyták a fedélzetet, a személyzet tagjai megpróbálták keveset pihenni a repülőgép első osztályú kabinjában, erre azonban végül nem nagyon volt lehetőségük, ugyanis Londonból egymás után érkeztek a megkeresések, kérdések.

Ekkor egy váratlan látogató lépett a fedélzetre, a francia UTA légitársaság egyik pilótája személyében, aki sokat repült ebben a körzetben. A kolléga meghallgatta a történeteket. Neki egyáltalán nem volt rejtélyes ami történt. Ő maga is átélt valami hasonlót 2-3 napja. Nem jelentette sehol, hogy mit tapasztalt. Miért tette volna? Egyrészt semmi nem kötelezte rá, másrészt ez a jelenség egyáltalán nem volt szokatlan. A Galunggung-hegynek ez volt a kilencedik kitörése 1982-ben.

Mindeközben (erről a BA 009 személyzete nem tudott) Sydneyben egy ausztrál hajózási személyzet éppen útra készült. A rendelkezésükre álló információk szerint jó repülőidőt várhattak arra az éjszakára, a műholdas felvételeken azonban valami szokatlant vettek észre. A felvételeken egy fehér, kúp alakú képződményre figyeltek fel, amelyet senki nem tudott azonosítani. A hivatásos meteorológus is csak annyit tudott mondani, hogy valami hiba lehet a képen. Nos ez a „hiba” volt az, amely kis híján a BA 009-es járat elvesztéséhez vezetett.

Másnap Moody kapitány és a személyzet napali fényben is szemügyre vette a repülőgépet, és megdöbbenett őket a látvány. A repülőgép úgy nézett ki, mintha homokkal fújták volna tisztára, de a festék lekopása mellett mély karcolódások is látszottak rajta. A pilótafülke ablakai és a fényszórók búrái használhatatlanná, átláthatatlanná váltak, fényt gyakorlatilag nem, illetve alig eresztettek át. A legtöbb kárt a hajtóművek szenvedték el.

Ekkor derült ki, hogy a Rolls - Royce gyár egyik mérnöke már napok óta Jakartában tartózkodott azért, hogy megvizsgálja egy Caravelle típusú repülőgép hajtóművén a hamu okozta eróziót. A gépről mintha lemaródott volna a festék ugyanabban a körzetben, egy héttel korábban.

Június 24-én este több erőteljes kitörés rázta meg a vidéket. Ezek során 22 falu elpusztult, de szerencsére „csak” 27 ember lelte halálát, miközben mintegy 35 000-nek el kellett menekülnie lakóhelyéről. Arra azonban senki nem gondolt, hogy a körzetben a légtérrel le kellene zárni, és figyelmeztetni kellene az éppen e körzet felé közeledő BA 009-est. 19 nappal az esemény után ugyanebben a körzetben, csak ellenkező irányból repült egy másik Boeing 747-es, a Singapore Airlines repülőgépe.

Amikor a személyzet arra lett figyelmes, hogy a hajtóművek túlmelegedtek és a műszerek kezdenek furcsán viselkedni, azonnal leállították a hajtóműveket, megfordultak, és biztonságos magasságra süllyedtek anélkül, hogy a hajtóművek károsodtak volna. Később ketőt újra be tudtak indítani, és biztonságosan leszálltak. Pontosan tudták, hogy mi történt velük. De vajon honnan?

A válasz igencsak meglepő. Onnan, hogy az egyik szingapúri pilóta egy repülés újságban olvasott a BA 009-es eseményéről. Ugyanis őket sem figyelmeztette senki. Pedig a BA 009-es eseménye után egy rövid időre légtérzárat rendeltek el a környéken, azonban azt hamar, még a Singapore Airlines eseménye előtt visszavonták. A vizsgálat során fény derült arra is, hogy nem sokkal korábban, április 5-én a Garuda Airlines egyik DC-9 típusú gépe is találkozott hamufelhővel.

11.ábra: A BA 009 –es járat pilótái... ..és a Galunggung vulkán (forrás: internet: flightpodcast.com) [15]



A BA 009-es járat válságkezelése később oktatási anyag lett.

## FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] IAMSAR doc 9731 Volume III. Az ICAO-val együtt kiadott ajánlás.(International Aeronautical and Maritime Search And Rescue manual, International Civil Aviation Organisation, jelentésük: Nemzetközi Légiközlekedési és Tengerhajózási Kutatás és Mentés kézikönyve, a Nemzetközi Polgári Repülési Szervezettel )
- [2] ICAO doc 9691 „A vulkáni hamu, radioaktív anyagok és mérgező vegyi felhők kézikönyve”
- [3] ICAO által kijelölt vulkáni hamuval kapcsolatos tanácsadó központok (VAACs) doc 9766
- [4] VA ADVISORY VAAC:LONDON Volcano:Grimsvotn 2011.05.21/ 19:00 Z
- [5] <http://fold1.ftt.uni-miskolc.hu/~foldshe/foldal06.htm> Földtani alapok Bevezetés az általános, szerkezeti és történeti földtanba, Dr. Hartai Éva e.d. Földtan-Teletani Tanszék
- [6] Impacts of Volcanic Ash on Airline Operations, by Leonard J. Salinas, United Airlines Flight Dispatch, Chicago,



- Illinois, USA; and Daniel Watt, The 2nd International Conference on Volcanic Ash and Aviation Safety, June 21-24, 2004
- [7] Dr. Juhász Árpád, Katasztrófák évtizede (Medicina kka. 1992.)
- [8] Stépán Réka, A vulkánkitörések légkörre gyakorolt hatásai és magyarországi észlelésükTambora 1815-ös kitörése, Szakdolgozat ELTE TTK Földrajz- Földtudományi tsz. Témavezető: dr. Karátson Gergely e. docens
- [9] Jet Engine Meets Volcanic Ash This British Airways engine experienced a run in with a volcanic ash plume in 1982.
- [10] NASA Volcanic Ash v. Jet Engine Fan Blades Erózió a lapátok belépőjén.
- [11] Proceedings of the First International Symposium on Volcanic Ash and Aviation Safety held in Seattle, Washington, in July 1991
- [12] Bera József – Pokorádi László: Helikopterzaj elmélete és gyakorlata, Campus Kiadó Debrecen 2010. Internet, google earth
- [13] Stephen Barlay: Légikatasztrófák,
- [14] Stanley Stewart: Vészhelyzet a repülőgép fedélzetén,
- [15] [www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org) , Richard Silagi - [http://www.airliners.net/photo/British-Airways/Boeing-747-](http://www.airliners.net/photo/British-Airways/Boeing-747)
- [16] internet SACS home Hazard aviation, Hazard to aviation of volcanic eruption Image: Eric Moody, <http://sacs.aeronomie.be/aviation.php>
- [17] [iflightpodcast.com](http://iflightpodcast.com)
- [18] <http://hu.wikipedia.org/wiki/Vulkánkitörés>



## The impact of volcanic eruptions on airspace safety – The presentation of an accident

Many people take notice when there are news reports about volcano eruptions. But how many people have considered what a great threat a volcanic eruption could pose to aviation? Well, surely many, since the extensive media coverage of the eruption of Iceland's Eyjafjallajökull and the airspace block that followed. In 1982, a Boeing 747 aircraft nearly crashed because the pilots were not informed of the dangers ahead of them. This article presents the changes made since then, the specific features of volcanic action, and the course of the 1982 event as an object lesson.



## Auswirkungen von vulkanausbrüchen auf die flugsicherheit – Vorstellun eines unfalls

Viele Menschen horchen auf, wenn es Berichte über Vulkanausbrüche gibt. Aber wie viele Leute haben überlegt, welche große Gefahr ein Vulkanausbruch für die Luftfahrt darstellen könnte? Nun, sicherlich viele, denn die Medien berichteten ausführlich über den Ausbruch des isländischen Eyjafjallajökull und über die darauf folgende Blockierung des Luftraums. Im Jahr 1982 stürzte ein Flugzeug des Typs Boeing 747 beinahe ab, weil die Piloten nicht über die vor ihnen liegenden Gefahren informiert wurden. Indem Artikel es werden die seither getroffenen Veränderungen, die spezifischen Merkmale vulkanischen Geschehens und der Verlauf des Ereignisses von 1982 als Schulbeispiele vorgestellt.

# K T E