

FELHŐATLASZ ITTHON ÉS A NAGYVILÁGBAN CLOUD ATLASES IN HUNGARY AND IN THE WORLD

Kolláth Kornél, Simon André, Fejes Edina, Pátkai Zsolt

Országos Meteorológiai Szolgálat, 1024 Budapest, Kitaibel Pál utca 1.,
kollath.k@met.hu, simon.a@met.hu, fejes.e@met.hu, patkai.zs@met.hu

Összefoglalás. A Meteorológiai Világszervezet 2017-ben „Ismerjük meg a felhőket” tűzte ki a Világnap céljául. Ez nemcsak egy elvi célkitűzés volt, hanem március 23-ára időzítette a WMO az új on-line felhőatlasz megjelenését is. Az Országos Meteorológia Szolgálat is méltóképpen készült az ünnepre, mert ezen a napon került bemutatásra az OMSZ által kiadott új magyar felhőatlasz. Az új kiadványok (WMO, OMSZ) bemutatása mellett röviden összefoglaljuk a felhőatlaszok rövid történetét, s értékeliük a felhőosztályozás nemzetközi gyakorlatát, egyúttal összefoglalva a WMO által bevezetett al típusokat, kiegészítő alakzatokat.

Abstract. The World Meteorological Organization's theme for the World Meteorological Day was 'Understanding Clouds' in 2017. It was not only a conceptual objective, but WMO timed at 23 March the appearance of a new on-line cloud atlas too. The Hungarian Meteorological Service prepared for the holiday worthily, because it was presented on this day the new Hungarian cloud atlas issued by the Service. Beside the presentation of new publications (WMO, OMSZ) it was shortly summarized the history of the cloud atlases. The international practice of the cloud classification was evaluated and the categories introduced by WMO were summarized.

Az elmúlt egy-két évtized ugrásszerű változást hozott a felhők dokumentálásának lehetőségeiben. Önkéntes észlelői csoportok nap mint nap osztják meg egymással és a szakemberekkel a felhőkről, égbolton megfigyelhető jelenségekről készült fotókat. Hazánkban több száz webkamera, égbolt kamera működik, melyek felvételeit böngészhetjük. Emellett a műholdakról is 5 percenként állnak rendelkezésre digitális képek. Megfelelő osztályozás, kategóriákba, jellegzetes típusokba sorolás nélkül könnyen elveszhetnének az információk, azaz a „képek” sűrűjében. A felhők osztályozása így igen fontos része nemcsak az operatív észlelői és előrejelző gyakorlatnak, hanem a felhőkkel kapcsolatos kutatómunkának is. Az első felhő-osztályozási kísérlet a francia természettudós, Jean-Baptiste Lamarck nevéhez fűződik (*Lamarck*, 1802). Az osztályozása azonban szélesebb körben nem terjedt el. Nem sokkal utána megjelentek *Howard* (1803a; 1803b) munkái, amelyek az első igazi felhőatlasznak tekinthetők – nemzetközi porondon is népszerűvé, elfogadottá vált, sőt mind a mai napig használjuk az ott lefektetett alapfogalmakat.

Luke Howard (1772-1864), a mai is használatos felhőosztályozás megalkotója (*Baranka*, 2016) korában a dokumentálás lehetőségei a felhők saját szemünkkel történő megfigyelésére és szabadkézi rajzok készítésére korlátozódott. A felhők megörökítése tehát nem csak „egy kattintás” volt, a rajzok készítése sokkal elmélyültebb megfigyelést kívánt. A legendás amatőr meteorológus talán ekközben jött rá, hogy legtöbbször három alapvető „esetvonalas” kombinálódik az égen úszó felhőkön: a pelyhes, szálás Cirrus, a réteges Stratus és a gomolyos Cumulus. A vegyész, gyógyszerész szakmájú Howard-nak teljesen természetes volt, hogy latin neveket ad a különböző felhőformációknak, hisz – különösen a fogalmak elnevezését illetően – a latin egyfajta közvetítő nyelv volt a tudományban.

Nemzetközi felhőatlaszok. Howard után a nemzetközi felhőatlaszok első jelentős lépcsőfokának egy 1896-os kiadású kiadvány számít (*Hildebrandsson et al.*, 1896). A 28 színes fotóval illusztrált könyv a pár évvel azelőtt Münchenben megtartott Nemzetközi Meteorológiai Kongresszus (International Meteorological Congress – IMC) ajánlásainak megfelelően készült és tartalmazta a

hét fajtából álló, kibővített Howard-féle felhőosztályozási rendszert. A Nemzetközi Meteorológiai Szervezet Felhőtanulmányi Bizottsága megbízásából, a norvég Jacob Bjerknes, Tor Bergeron és más neves szakemberek munkája alapján 1930-ban kiadták a „Kis felhőkönyv”-et, mely a sürgönnyel küldő észlelők számára nyújtott nagy segítséget. A kiadvány magyar változata 1941-ben jelent meg „Felhőkönyv” néven (*OMFI*, 1941). A Meteorológiai Világszervezet megalakulását (1950) követően, 1956-ban kiadott egy új felhőatlaszt, amit 1975-ben átdolgoztak. Ebben az atlaszban már 10 önálló felhőfaj szerepelt. A WMO felhőosztályozási kézikönyvének magyar fordítása 1968-ban jelent meg (*Balogh*, 1968). A 2017-es új online verziót megelőző utolsó kiadás az 1987-es volt, melyet már 161 színes és 35 fekete-fehér jó minőségű felvétel illusztrált, de a nevezéktanban nem hozott változást.

Külföldön a WMO kiadásain kívül is megjelent néhány figyelemreméltó publikáció, amiből az OMSZ felhőatlasz szerkesztése közben is ötletet merítettünk. A MetOffice könyve (*Hamblyn*, 2008) ahhoz a kevés felhőatlaszhoz tartozik, amit nemzeti meteorológiai szolgálatok adtak ki, vagy közvetlenül támogattak. Az atlaszok többségét magánkiadók jegyzik, akik többnyire nem meteorológusok, hanem lelkes amatőrök. Főleg az interneten megtekinthető gyűjtemények ilyenek. A magasabb színvonalú könyvek közé sorolható például *Dunlop* (2003) atlasza, és a mai napig egyedinek és igen színvonalasnak tartott a cseh csillagász, Antonín Bečvář felhőatlasza (*Bečvář and Šimák*, 1953), amely a magas hegyek felett alakuló felhőzetre összpontosított. Egy alternatív felhőosztályozást *Scorer* (1963) is javasolt, ami főleg dinamikus szempontokon alapult. A felhők dinamikájával *Houze* (1994) és *Scorer* (1997) részletesen is foglalkozott. *Schaefer and Day* (1998) művükben több különleges, szokatlan jelenségekre is magyarázatot adott. Bár a felhők kutatásának története már több mint 200 évre nyúlik vissza, a *leírás* mégsem teljes, hiszen még mindig több felhőtípusra vagy járulékos alakzatra vonatkozóan hiányzik a megfelelő, biztos magyarázat. Ennek egyik prózai oka az, hogy viszonylag kevés olyan közvetlen mérés lelhető fel, ami részletesen, finom felbontásban mutatja a felhők szerkezetét és a környezetében történő

áramlás dinamikáját. A XX. század hetvenes éveitől előrelépést hozott a numerikus modellek használata. Ezek segítségével vált lehetővé a *mammatus* felhő eredetének kutatása (Kanak et al., 2008) vagy a hosszan tartó kondenzsíkok fejlődésének vizsgálata (Lewellen and Lewellen, 2001). Fontos kiemelni, hogy az ilyen felhőszimulációk számítási szempontból rendkívül igényesek (a térbeli felbontás néhány tized méter és az időlépcső néhány tized vagy néhány század másodperc) és többnyire részletesebb mikrofizikai parametrizációkkal dolgoznak, mint a jelenlegi operatív modellek.

Felhőosztályozás alapelvei, problémái. A hagyomá-

kombináció már csak a típusnál szerepel (*Altostratus* és *Cirrocumulus stratiformis*). Az ehhez hasonló „fúrcsaságok” esetenként azzal magyarázhatók, hogy a logika szerint egyenrangú felhőformációk a valóságban igen eltérő gyakoriságúak, így a hierarchia magasabb fokán összevonásra kerülhetnek. Ez utóbbi esetben az *Altostratus* fajban az elkülönülő gomolyokból, illetve a réteges gomolyokból álló formáció összevonásra került.

Ugyanakkor találkozunk az irodalomban olyan felhőosztályozással, ahol az *Altostratus* mellett élnek (Day, 2003) az *Altostratuscumulus* kifejezéssel is. Az altípusok a szerkezeti elemek nagyobb térbeli elrendeződése és a

1. táblázat: Az WMO felhőosztályozási rendszere (WMO, 2017), * jelzi az új fogalmat.

Faj	Típusok	Altípusok	Kiegészítő alakzatok és járulékos felhők	Transzformáció és különleges felhők	
				Genitus	Mutatus
	(gyakoriság szerinti sorrend)				
Cirrus (Ci)	fibratus, uncinus, spissatus, castellanus, floccus	intortus, radiatus, vertebratus, duplicatus	mamma, *fluctus	Cirrocumulus, Altostratus, Cumulonimbus, *Homo	Cirrostratus, *Homo
Cirrocumulus (Cc)	stratiformis, lenticularis, castellanus, floccus	undulatus, lacunosus	virga, mamma, *cavum	-	Cirrus, Cirrostratus, Altostratus, Cumulus, *Homo
Cirrostratus (Cs)	fibratus, nebulosus	duplicatus, undulatus	-	Cirrocumulus, Cumulonimbus	Cirrus, Cirrocumulus, Altostratus, *Homo
Altostratus (As)	-	translucidus, opacus, duplicatus, undulatus, radiatus	virga, praecipitatio, pannus, mamma	Altostratus, Cumulonimbus	Cirrocumulus, Altostratus, Nimbostratus, Stratocumulus
Nimbostratus (Ns)	-	-	praecipitatio, virga, pannus	Cumulus, Cumulonimbus	Cirrocumulus, Altostratus, Stratocumulus
Stratocumulus (Sc)	stratiformis, lenticularis, castellanus, floccus, *volutus	translucidus, perlucidus, opacus, duplicatus, undulatus, radiatus, lacunosus	virga, mamma, praecipitatio, *fluctus, *asperitas, *cavum	Altostratus, Nimbostratus, Cumulus, Cumulonimbus	Altostratus, Nimbostratus, Stratus
Stratus (St)	nebulosus, fractus	opacus, translucidus, undulatus	praecipitatio, fluctus	Nimbostratus, Cumulus, Cumulonimbus, *Homo, *Silva, *Cataracta	Stratocumulus
Cumulus (Cu)	humilis, mediocris, congestus, fractus	radiatus	virga, praecipitatio, pileus, velum, arcus, pannus, *fluctus, tuba	Altostratus, Stratocumulus, Flamma, *Homo, *Cataracta	Stratocumulus, Stratus
Cumulonimbus (Cb)	calvus, capillatus	-	praecipitatio, virga, pannus, incus, mamma, pileus, velum, arcus, *murus, *cauda, *flumen, tuba	Altostratus, Nimbostratus, Strato-cumulus, Cumulus, *Flamma, *Homo	Cumulus

nyos felhőosztályozás a magasság, vertikális kiterjedés és a Howard-tól származó *Cirrus*, *Stratus*, *Cumulus* formák kombinációi szerinti 10 felhőfajt különít el. A fajokat – a *Nimbostratus*, *Altostratus* kivételével – a finomszerkezet, illetve a gomolyos felhők esetén azok fejlődési stádiuma szerint típusokba soroljuk, így összesen 29 faj-típust párról beszélhetünk. A felhőosztályozás hierarchiájának már e legfelső szintjén is megütközhetünk az osztályozás logikáján. Csak egy példát említve az alacsony szintű felhőknél már a faj szinten elkülönül a tisztán gomolyos *Cumulus*, a tisztán réteges *Stratus* és a kettő kombinációja, a *Stratocumulus*. Középmagas és magasszintű felhőknél a *Stratocumulus*-nak megfelelő

felhő optikai tulajdonságai, azok átlátszósága szerint kapcsolódhatnak a felhőtípusokhoz, de ezúttal egy felhőhöz több altípus is szerepelhet egyszerre. A járulékos felhők, kiegészítő alakzatok a felhő fő tömegéhez kapcsolódó kisebb kiterjedésű felhőrészek, vagy strukturális, finomszerkezeti elemek. A WMO legújabb rendszere szerinti felhőosztályozást az 1. táblázatban foglaltuk össze. Teljesen külön kategóriát képviselnek a sztratoszféra és a mezoszféra felhői, melyeknek külön osztályozása van, melyek ismertetésétől itt eltekintünk.

A felhőosztályozás alapjainak lefektetésekor a felhők szerkezetének és dinamikájának ismerete nagyon korlátozott volt. Sok új típust vagy alakzatot csupán a vizuális

megjelenése miatt hoztak létre. Jó példa erre a *radiatus* altípus, mely általában csak a perspektíva miatt kelti a sugaras, egy pont felől kiinduló elrendeződés benyomását, valójában párhuzamos hullámfelhőkről (*undulatus*) vagy felhőutcákról van szó. A felhők magassági szintek szerinti osztályozása is problémás, mivel gyakran inkább a hőmérséklet a meghatározó, melynek azonban erős évi menete van a mérsékelt övben és a sarkvidékeken. A környező hőmérséklet jelentősen befolyásolja a felhő összetételét, halmazállapotát. Ebből is adódik, hogy az egyes felhőfajok és típusok között átfedések vannak, illetve nagyon nehezen különíthetők el egymástól. Gyakori probléma a magasabb *Alto cumulatus* és a *Cirrocumulatus* elkülönítése, melyet az ajánlások szerint vizuálisan a szerkezeti elemek nagysága szerint tehetünk meg.

Az ellentmondások feloldására megoldást adhat a morfológiai, megjelenés szerinti tipizálás mellett egy légkördinamikán, felhőfizikán alapuló osztályozás. Joggal tehetjük fel a kérdést, vajon erre eddig miért nem került sor? Az egyik ok az lehet, hogy a gyakorlatban még mindig kevés az információ, azaz közvetlenül a felhőben mért konkrét adat a vizuálisan azonosítható felhőkről. Bár a műholdas információk alapján lehetőség van a felhők halmazállapotára, felhőtető hőmérsékletére következtetni, a képek felbontása (a legjobb esetben néhány száz méter) még mindig jóval a vizuális észlelés felbontása alatt marad, a fényképek felbontásához képest. Ráadásul több felhőreteg esetén az alacsonyabb szintű felhőzet műholdról gyakran nem is látható. Hasonló korlátozásokról beszélhetünk más távérzékelési információk (radar, rádiószonda, lidar) esetén

2. táblázat: Az WMO felhőosztályozási rendszerében szereplő új elnevezések

új felhőtípus	magyar elnevezés	leírás	Milyen felhőfajhoz kapcsolódhat?
volutus	görgőfelhő	Hosszú, hengeres, más felhőktől elkülönülten megjelenő felhőképződmény	Sc, Ac
új kiegészítő alakzatok	magyar elnevezés	leírás	Milyen felhőfajhoz kapcsolódhat?
cavum	lyukfelhő	Ovális, esetenként hosszú csatornaszerű lyuk a felhőzetben, közepén szálas szerkezetű hullósávval.	Sc, Ac, Cc
fluctus	Kelvin-Helmholtz felhő	Hullámtaréj-szerűen fodrozódó alakzat a felhőzet tetején.	Cu, St, Sc, Ac, Cc
asperitas	szabálytalan hullámok	A háborgó tenger hullámaira emlékeztető szabálytalan, kaotikus elrendeződést mutató struktúra a felhőzet alján.	Sc, Ac
murus	falfelhő	A zivatarfelhők, leggyakrabban szupercellák alján lefelé kitüremkedő, alacsonyabb alappal rendelkező felhőképződmény.	Cb
cauda	farokfelhő	A szupercellás zivatarok falfelhőjéhez a csapadék felől csatlakozó, kötélszerűen elkeskenyedő felhő.	Cb
új kísérő felhő	magyar elnevezés	leírás	Milyen felhőfajhoz kapcsolódhat?
flumen	beáramlási sáv, hódfarok	Szupercellás zivatarnál a beáramlási régió és az előoldali csapadék határán, a pszeudo-melegfront mentén elhelyezkedő felhősáv.	Cb
különleges felhők	magyar elnevezés	leírás	Milyen felhőfajhoz kapcsolódhat?
flammagenitus	füstgomolyfelhő	Vegetációtűzek, illetve egyéb tüzesetek fölött kialakuló felhők	Cu, Cb
homogenitus, homomutatus	emberi tevékenység során kialakuló felhők	A tartósan megmaradó kondenzcsikok nyomán kialakuló felhők. A kémények, erőművek hűtőtornyai fölött kialakuló felhők.	Cu, Ci, Cs
cataractagenitus	vízeselek felhői	Vízeselek közelében, a vízpermet párolgása során kialakuló felhők	Cu, St
silvagenitus	párolgó erdő	Csapadékhullás után az erdők párolgása miatt kialakuló felhő	Cu, St

Ugyanakkor számos példa mutatja, hogy a magasszintű felhőzet is néha nagyobb szerkezeti elemekből állhat, így alacsonyabbnak tűnik. Ráadásul a nagy magasságban lévő, de még -35, -40 °C foknál magasabb hőmérsékletű cirrocumulatus felhők gyakran tisztán túlhűlt vízcseppekből állnak. A hivatalos atlaszokban gyakran kevésbé logikus módon kimaradtak egyes felhőtípusok. Például miért nem szerepel a *Cirrocumulatus* felhőfajnál a *duplicatus* altípus, amikor más magasszintű felhőknél (*Cirrus*, *Cirrostratus*) vagy az *Alto cumulatus* fajnál ismerünk ilyet? Ugyanakkor a *Nimbostratus* típus mellett is szerepel a *virga* járulékos alakzat, holott a *Nimbostratus* alig képzelhető el talajt elérő csapadék nélkül. Sajnos az új WMO atlasza sem hozott megoldásokat ezekre a problémás kérdésekre és ellentmondásokra.

is, még ha hasznos támpontot is biztosíthatnak a felhőfaj/típus meghatározását illetően. A másik ok az lehet, hogy a meteorológiai állomások észlelői nem férnek hozzá mindenhol megfelelő műhold- vagy numerikus modell adatokhoz és információkhoz, melyek alapján pontosabban meg lehetne határozni felhőket. A hiányosságok ellenére a XIX. században alapított felhőosztályozás egyszerű, könnyen megtanulható és a kommunikációban hasznos, így valószínű, hogy még sokáig használatban marad.

A Meteorológiai Világszervezet új online felhőatlasza. 2017. március 23-án megnyílt a www.wmocloudatlas.org weboldal. A több éves előkészület fontos részét képezte a regisztrált felhasználók által feltöltött fotók, videók és a kapcsolódó anyagok (helyzetleírások, meteorológiai infor-

mációk, térképek) összegyűjtése, katalogizálása. Erre a célra egy igen részletesen kidolgozott adatbázist hoztak létre a kapcsolódó feltöltő felülettel (WMO Image Submission Site), mely természetesen továbbra is működik. Az atlaszban nem csak felhők szerepelnek, hanem más meteorológiai jelenségek is helyet kapnak, tehát a légköri víz-, por- és fényjelenségek, illetve az elektromos jelenségek. A felhő elnevezésekben több változás is történt. Az elkülönülten megjelenő görgőfelhő neve *volutus* (gördülő). A régi besorolásban ugyanez a jelenség szerepelhetett peremfelhőként (*arcus*), mint kísérőfelhőként is, ugyanakkor más esetekben, *Alto cumulus volutus* nem volt külön neve. Az altípusokban nem történt változás, viszont a járulékos alakzatok között több új elnevezés szerepel, melyeket eddig önálló nevekként illeltek. A angol irodalomban *fallstreak hole* vagy *hole punch*, magyarul lyukfelhőként ismert felhő hivatalos neve *cavum* (lyuk) lett. A Kelvin-Helmholtz hullámok *fluctus* nevet kaptak. A szupercellás zivatarfelhők járulékos alakzatai a falfelhő (*murus*), illetve a farkfelhő (*cauda*). A legnagyobb érdeklődést új nevet kapott felhőformáció az *asperitas* váltott ki. Új kísérő felhő a szupercellák beáramlási felhője a *flumen*, magyarul hódfarok. Több, különleges módon kialakuló felhőnek is új nevet adtak. A részleteket lásd a 2. táblázatban. Az újonnan elnevezett felhők közül néhány példát láthatunk a hátsó borító.

Asperitas – a legnagyobb érdeklődést kiváltó új felhőalakzat. Az *asperitas* járulékos alakzatnál alkalmanként egészen drámai hatást keltő, szabálytalan, kaotikus hullámos struktúra figyelhető meg a felhők alján, így néha „armageddon felhő”-nek is „becézik”. A felhőzet ugyanis a háborgó tenger feje tetejére állított hullámaira emlékeztet. A járulékos alakzatnak tekintett forma hivatalos latin elnevezése az *asperitas* (érdesség, durvaság), de korábban több helyen *asperatus* névvel illették. A felhőstruktúra kialakulásának körülményei és fizikai háttere teljes egészében még nem ismert, de megállapítható, hogy általában alacsony felhőalap mellett, instabil légköri körülmények között és szélnyírás jelenlétében alakul ki az *asperitas* jelleg. A ritka felhőformáció a többi hullámfelhőtől való elkülönítését és elnevezését az angol székhelyű *Cloud Appreciation Society* javasolta.

Felhőkről mindenkinek, az Országos Meteorológiai Szolgálat új felhőatlasza. Könyvajánló. Ki ne emlékezne a Búvár Zsebkönyvek sorozat Felhők című könyvecskéjére, amit Koppány György és Csomor Mihály meteorológusok (Koppány, 1983) készítettek, s amely sokakat indított el a felhők megismerésének útján. A szerzők célul tűzték ki, hogy egy hasonlóan széles célközönséget elérni képes kiadványt állítsanak össze. A Felhőatlasz tartalmát a megelőző évek során szisztematikusan gyűjtött és rendszerezett fotók alapozták meg. A könyv elején az olvasó betekintést nyerhet a meteorológiai, felhőfizikai alapismeretekbe, s e tudással felvértezve olvashat részletesen a felhőosztályozásról. A könyv számos helyen közöl egyszerűbb sémákat, magyarázó ábrákat, melyek egy-egy a felhőalakzat mögöttes fizikai okaira vilá-

gítanak rá. Külön fejezet foglalkozik a légköroptikai jelenségekkel, illetve a különleges körülmények között kialakuló felhőkkel. A könyv szöszedetében 86 kapcsolódó fogalmat részletesen ismertetünk. A 300 oldalas könyv több, mint egy népszerűsítő kiadvány, hisz a hivatásos és önkéntes észlelőknek szakmai referenciaként is szolgálhat. A Felhőatlasz a természettudományos oktatás, középiskolai szakkörök kiváló segédeszköze is lehet. Az atlasz kép és ismeretanyaga ösztönözheti, motiválhatja az olvasót saját észlelések elkezdéséhez, jelenségek dokumentálására, mely első lépés lehet a kapcsolódó fizikai folyamatok megértéséhez.

Irodalom

- Balogh, Z., 1968: Nemzetközi felhőosztályozás. OMSZ, Budapest.
- Baranka, Gy., 2016: Történelmi Arcképek: Luke Howard. *Légkör* 61, 183.
- Bečvář, A. and Šimák, B., 1953: Atlas horských mraků, Přírodovědecké vydavatelství. pp. 248
- Day, J. A., 2003: The book of clouds, New York, Silver lining books. pp.208
- Dunlop, S., 2003: The Weather Identification Handbook. Lyons Press. pp. 192
- Hamblyn, R., 2008: The Cloud Book. David & Charles, pp. 160
- Hildebrandsson, H., Riggenbach, A. and Teisserenc de Bort, L., 1896: Atlas International des Nuages. Comité Météorologique Internationale. pp. 31
- Houze, R. A., 1994: Cloud dynamics. Academic Press, pp. 573
- Howard, L., 1803a: On the modification of clouds. *Phil. Mag.* 16, 97–107.
- Howard, L., 1803b: On the modification of clouds. *Phil. Mag.* 17, 344–357.
- Kanak, K. M., Straka, J. M. and Schultz, D. M., 2008: Numerical simulation of mammatus. *J. Atmos. Sci.*, 65, 1606–1621.
- Kolláth, K., Simon, A., Pátkai, Zs., Fejes, E., Horváth, Á., Kiss, M., Németh, M., Fehér, B. és Szabó, D., 2017: Felhőatlasz. Országos Meteorológiai Szolgálat, Budapest. pp. 312
- Koppány Gy., 1983: Felhők. Búvár zsebkönyvek. Móra. pp. 63
- Lamarck, J. B., 1802: Sur la forme des nuages. *Annuaire Météorologique pour l'an XI de la Republic Francois.* 3, 149–164.
- Lewellen, D.C. and Lewellen, W.S., 2001: The Effects of Aircraft Wake Dynamics on Contrail Development. *J. Atmos. Sci.*, 58, 390–406.
- OMFI, 1941: Felhőkönnyv. A nemzetközi felhőkönnyv kis magyar kiadása. M. Kir. Orsz. Meteorológiai és Földmágneségi Intézet kisebb kiadványai. pp. 130
- Schaefer, V. J. and Day, J. A., 1998: A Field Guide to the Atmosphere. Houghton Mifflin, pp. 384
- Scorer, R. S., 1963: Cloud nomenclature, *Q.J.R. Meteor. Soc.*, 89, 248–253.
- Scorer, R. S., 1997: Dynamics of Meteorology and Climate. John Wiley & sons, 686 pp.
- WMO, 1975: International Cloud Atlas. Vol. I. Manual on the observations of clouds and other meteors. *World Meteorological Organization*, Geneva, Switzerland. pp. 155
- WMO, 1987: International Cloud Atlas. Volume II. *World Meteorological Organization*, Geneva, Switzerland. pp. 212
- WMO, 2017: The International Cloud Atlas. Meteorológiai Világszervezet online felhőatlasza, www.wmocloudatlas.org