

Galántai Zoltán

A csapkodószárnyas repülőgépek története



Dr. Galántai Zoltán

A csapkodószárnyas repülőgépek története

TARTALOM

Bevezetés: célok és módszerek

I. Az antikvitás repülési hagyományai

Daidalosz: a kezdetek

Arkhitasz fagalamlja és a háromféle valóság

Simon mágus

Repülő állatok, rangsor, arisztotelészi fizika

II. Toronyugrók és teológusok

Arabiai történetek

Szerzetesek és szárnytollak

A levegő angyalai és a létezők nagy láncolata

A madarak teológiája

Az arisztotelészi fizika és a repülő hajók

Kiegészítés: a madarak kettős természete

III. Leonardo: a nagy madár elmélete

Madárrepülés, élet, matematika

A repülés és a sűrűbb légrétegek elmélete

Az igazi (?) kísérlet: a nagy madár

Kiegészítés: Leonardo és „találmányai” és a rajzok szerepe

2. Kiegészítés: rajzok, tervrajzok, szabadalmak

IV. A mechanikus madár első elmélete

Önjelölt madáremberek

Madárrepülés, forma, inherens könnyűség

A mechanikus madár

Wilkins, Hooke és a repülés művészete

A démonok, a gyakorlás szerepe és repülő szekér

Sárkányok és kísérletek

Kiegészítés: madárvontatású járművek

2. Kiegészítés: „érvek” a repülés ellen

3. Kiegészítés: méretek és modellek

V. Tervek és kudarcok

Swedenborg, a misztikus: egy papíron maradt elképzelés

Bibliai repülőszervezetek

Repülés, inherens könnyűség és úszás: Meerwein és a XVIII. sz.-i elméletek

Erők, madarak, teoretikusok

Szerencsés kudarcok

Kiegészítés: a repülés lehetőségei és következményei

2. Kiegészítés: „tonikus” és vitorlázórepülés

3. Kiegészítés: antigravitáció és repülés

VI. Az ornitopterek fénykora

Cayley, Walker és az áramvonalas test problémája

Cayley, Degen és az izomerejű repülés

Wenham és az állítólagos siklórepülés

Fényképek és elméletek

Légcsavar, ornitopter, lebegő kerék

Kerékpár-hasonlat és Lilienthal: lépés, ugrás, siklórepülés

Kiegészítés: sétálás, repülés és lebegő kerék

2. Kiegészítés: az élőlények repülése

VII. Az izomerejű repülés és a bionika

Ornitopterek, biciklik, izomerejű repülés

Pteroszauruszok, entomopterek, bionika

Kiegészítés: Alphonse Berget és a repülés értelmezései

2. Kiegészítés: a bionika szerepének eltúlzása

Felhasznált irodalom

Bevezetés: célok és módszerek

A csapkodószárnyas repülőgépek fejlődését általában vagy mint a tulajdonképpeni „igazi”, motorral és propellerrel felszerelt gépek előfutárait szokták tárgyalni – ennek megfelelően meglehetősen elnagyoltan és legfeljebb érintőlegesen – pl. a Csanádi – Nagyvárad – Winkler szerzőhármas által megjelentetett, címe szerint a magyar repülés történetét tárgyaló könyv gyakorlatilag egyetlen oldalt szán a témának. De példaként említhető Vajda Pál nagy magyar feltalálókat tárgyaló műve is, melyben hosszabban foglalkozik ugyan Svachulay Sándor repüléstörténeti jelentőségével, ám egyszer sem említi, hogy Svachulay élete végéig egyik fő célkitűzésének tartotta egy működőképes, izomerejű ornitopter megépítését. Természetesen a külföldi szakirodalomban is ugyanez a helyzet, legyen szó bár Gibbs-Smith-nek a repülőgépek kialakulásáról írott művéről vagy Wissmann összefoglaló munkájáról. Elvégre ma az izomerejű, propelleres gépek sikeresebbek az ornitoptereknél, így az utóbbiak kevésbé tűnnek érdekesnek. Jó példa erre pl. Reay, akinek a csapkodószárnyas repülőgépekkel kapcsolatos áttekintése már csak azért sem tekinthető teljesnek, mert számára az volt a fontos, hogy izomerejű megoldásról van-e szó.

A fentebbiekből következően a téma gyakorlatilag feldolgozatlan, és a kevés, repüléstörténetekben fellelhető adat legnagyobb részéről is kimutatható, hogy egy másik műből való kritikátlan átvétel. Természetesen a tárgyi ellentmondások is szép számmal fordulnak elő: Clive Hart a *The Prehistory of Flight*-ban Burattini repülő szerkezetével kapcsolatban nyolc szárnyról tesz említést, Wissmann viszont csak 6-ról tud. Ebben az esetben feltételezhető, hogy Hartnak van igaza, lévén könyve kimagaslóan megbízható és részletgazdag, két pontatlan forrás összevetésekor viszont olykor nehéz – ha nem egyenesen lehetetlen – döntésre jutni. Persze a hiányos adatközlések is gyakoriak: Lewis például a Frost-féle ornitoptereknél az egyik esetben a szárnyfeszítávolságot, a másikban a tömeget adja meg, ami lehetetlenné teszi a két gép adatainak összehasonlítását.

Pedig a téma nem csak a kuriozitás szintjén érdekes: az újabb felfogás szerint nem tartható fenn az a nézet, mely szerint „a technikai fejlődés egész története egy rendezett vagy racionális utat követ” – ugyanúgy meg kell vizsgálni a jelenleg „sikertelennek” minősülő megoldások történetét és fejlődését is, mint a sikertörténeteket (a „zsákutcák” figyelmen kívül hagyása természetesen nem csupán a repüléstörténetre jellemző: Pinch és Bijker szerint a 25 kötetes *Technology and Culture* c. műben mindössze 9 cikk foglalkozott a technika „vakvágányaival”).

Ez a könyv a manapság inkább „sikertelennek” mint „sikeresnek” tekintett csapkodószárnyas repülőgépek történetét próbálja meg felvázolni a forráskritika hangsúlyozott alkalmazásával, illetve – bizonyos szempontból internalista megközelítésben (persze a sikeresség vagy sikertelenség megítélés kérdése, és az utóbbi tíz évben ismét kezd megélni a csapkodószárnyas repülés iránti érdeklődés). A téma tárgyalása alapvetően történeti, nem pedig mérnöki szempontú, és a cél az egyes korok ornitopter kísérletei mögött álló elméletek feltárása (mint amilyen a repülés és az úszás párhuzamba állítása vagy a „világkép mechanizációjának” szerepe a XVII – XVIII. sz-i madárrepülési elméletekkel kapcsolatban). Az elsődleges cél ennek megfelelően nem egy minden részletre és adatra kiterjedő mű létrehozása volt (erre egyébként terjedelmi okokból sem lehetne vállalkozni), hanem a hozzáférhető források (beleértve természetesen nem csak a nyomtatott forrásokat, hanem a Szabadalmi Társaság anyagait is) és szekunder irodalmak alapján egy olyan kép kialakítása, ami az eddigieknél árnyaltabban mutatja be ezt a területet. Ennek megfelelően nem feladata a dolgozatnak választ adni arra a kérdésre, hogy lehetséges-e működőképes ornitoptert építeni, ennek eldöntése ugyanis a témával nem történeti aspektusból foglalkozó szakemberekre vár.

I. Az antikvitás repülési hagyományai

Daidalosz: a kezdetek

„Azokban a régi korokban – írja John Wilkins (1614-1672), a XVII. sz. nagy műveltségű egyházi férfiúja a ‘Mathematical Magic’ lapjain – szokás volt [a görögök között] egyes hasznos találmányok első megvalósítóit számos istenük közé emelni. Daidaloszt, aki olyan híres volt különböző mechanikai találmányairól (különösen a hajók vitorlájáról), nem helyezték ugyan az égbe, de amennyire csak tudták, közel helyezték hozzá, azt állítván, hogy magasan repült a levegőben, noha gyors hajón utazott – miként Diodórosz ismerteti a fikció alapjául szolgáló történeti igazságot.”¹

Diodórosz (Kr. u. I. sz.) mellett természetesen mások is képviselik ezt az álláspontot: a Kr. u. II. sz.-ban élt Pauszaniasz² is a vitorla feltalálóját látja Daidaloszban, és mint a továbbiakban kiderül majd, egyáltalán nem véletlen, hogy egyesek elképzeléseiben éppen a vitorlás hajók kerülnek kapcsolatba a repüléssel. Ez azonban mindenképpen a kisebbségi álláspont. Akkor már sokkal inkább az általános elképzeléseket követi Ovidius (Kr. e. 43 – Kr. u. 17) vélekedése, aki szerint az ügyes kezű ezermestert úgy kell elképzelnünk, amint

*„Tollat sűrű rendbe rakosgat...
majd középütt szállal, köti lentebb össze viasszal.
és az egész toll-sort kicsikét görbére konyítja,
Mint a valódi madár szárnyát”.*³

Apollodórosz (Kr. u. 140 k.) ‘Mitológiá’-jában ugyan enyv a ragasztóanyag, de ez olyan csekély különbség, hogy szinte említeni sem érdemes (még akkor sem, ha Ikarosznak ezek szerint arra is figyelnie kellett volna, hogy ne repüljön „a tenger közelében se, mert a párás levegőben szintén leválhatnak” a szárnyai⁴). A lényeg mindkét esetben az, hogy Daidalosznak és Ikarosznak valódi madártollakból készült, a mesterséges madárszárnyai vannak.

Lukianosz (Kr. u. 120-180) még tovább megy, amikor félig komolykodva arról beszél, hogy nagyot mondó hőse, Menipposz (más néven Ikaromenipposz) ennél is egyszerűbb megoldást talált: levágta egy keselyű jobb és egy sas bal szárnyát. „Ezeket – jelenti ki a hetvenkedő görög – átkötöttem és erős szíjakkal a vállamhoz rögzítettem, a nagy evezőtollak csúcsaihoz a kezemnek fogantyút készítettem”⁵. Ez persze biztonságosabb módszer, mint Ikaroszé, mivel a kötések nem olvadhatnak meg a Nap hőjétől – és még egyértelműbbé válik az is, hogy valójában miről van szó. Hogy Menipposz azért tud repülni, mert mintegy átruházódik rá a sas- és a keselyűszárny repülési képessége: hiszen pusztán a fizikai érintkezés és birtoklás révén megszerzi a madarak egyéb tulajdonságait is. Amikor például a Holdon állva figyelemmel akarja követni a földi eseményeket, elég sasszárnyával sebesen csapkodnia, és ráháramlik a sas éles látása is⁶.

Daidalosz és Ikarosz története azért persze nyilvánvalóan több egy korai, repülési elméletnek nemigen nevezhető elképzelés illusztrációjánál. Nem nehéz feltételeznünk, hogy a felfelé

¹ Wilkins, John: Mathematical Magic, p. 198.

² Ld. Cohen, John: Human Robots, p. 17.

³ Ovidius: Átváltozások, p. 216-217

⁴ Apollodórosz: Mitológia, K. I., 12.

⁵ Lukianosz: Ikaromenipposz, 10.

⁶ Lukianosz: Ikaromenipposz, 14.

törekvés szimbóluma is – a középkori kommentátorok mindenesetre az arisztotelészi fizika fogalmi keretét némiképp kitágítva úgy vélik majd, hogy a levegő felső zónája olyan átmeneti régió az esendő földi és a nyugalom honaként ábrázolt örökkévaló égi között, ami a benne uralkodó hőség miatt lehet veszélyes a repülő emberre. Valamint azért, mert „számúzi a könnyeket... misztikus fénnel ragyog benne a tiszta levegő”, ahogy a misztikus Alanus de Insulis (1183 k.) fogalmaz⁷, és éppen a mi világunktól való különbözősége miatt ide felemelkedni nem csupán fizikai, de spirituális veszéllyel is jár.

A repülésnek egészen a kezdetektől nagyon sokáig létezni fog még egy olyan „szellemi” oldala is, ami a konkrét kísérleteken és nagy ritkán felbukkanó, hézagos és nehezen vagy sehogy sem értelmezhető technikai leírásokon túl alapvető szerepet játszik. És ennek megfelelően nagyon nehéz vagy gyakorta egyenesen lehetetlen megtisztítani a leírásokat a rájuk rakódó feltételezésektől és mindattól, amit egy-egy esetleg valóban létező szerkezetbe a későbbi korok látnak bele.

Arkhisz fagalambja és a háromféle valóság

Ennek az állításnak az alátámasztására talán a tarentumi görög filozófus, Arkhisz (Kr. e. 428-347) „fagalambja” a legjobb példa. Nem mintha nem tűnnének fel amúgy is különös, a repüléssel kapcsolatos utalások a legváratlanabb helyeken (Aiszkülosznál – csak hogy egyetlen példát említsünk – a kar szárnyas székéren száll alá a leláncolt Prométheuszhoz, Okeánosz pedig sasparipán lovagol⁸). Ám sokak számára Arkhisz gépezete tűnik csak eléggé kézzelfoghatónak és reálisan létezőnek ahhoz, hogy megpróbálják értelmezni. Az időben hozzá legközelebbi forrás, a Kr. u. II. (!) sz-i Gellius egy „galambutánzatról” beszél, ami „repült; valami röperő ugyanis annyira emelte, s a bezárt és elrejtett levegő annyira mozgásba hozta”⁹. Ha valaki nem maguknak a repülő szerkezeteknek, hanem a velük kapcsolatos tévelygéseknek és hipotéziseknek a történetét akarná megírni, keresve sem találna jobb anyagot ennél a fagalambnál. Egyesek szerint ugyanis a levegőbe felfüggesztett, csigán átvett súllyal stabilizált figurát kell elképzelnünk¹⁰; mások a sikló gép előfutárát látják benne (elvégre Szakkarából is előkerült egy szilkomorfa-figura, amely Kr. e 300 körül készült, és akár repülőmodellként is értelmezhető¹¹); vagy a legkorábbi léghajó lett volna (elvégre említés történik az üreges testben „elrejtett levegőről”¹²). De elképzelhető az is, hogy a Heron-féle madáramatára emlékeztetett, és a „beléje rejtett levegő” a Heron-féle megoldáshoz hasonlóan automatikát hozta működésbe¹³. Talán énekelt és mozgatta a szárnyait is (és a hiányos forrásokra támaszkodó későbbi szerzőket ez vezette félre), repülésről viszont minden valószínűség szerint szó sem volt eredetileg. A felsorolást lehetne folytatni: olyan is akad, aki a tarentumi filozófus rejtélyes gépezetében a kínai sárkány első európai megjelenését ünnepli¹⁴ (noha az mai ismereteink szerint az csak a középkor folyamán jutott el Európába¹⁵). Ebben a zűrzavarban persze nincsen semmi meglepő. Sok esetben nem csupán bonyolult, de gyakorlatilag lehetetlen is éles különbséget tenni az „igazi valóság” meg

⁷ Idézi Hart, Clive: *The Prehistory of Flight*, p. 17.

⁸ Aiszkülosz: *Leláncolt Prométheusz*, 126-135.

⁹ Gellius: *Attikai éjszakák*, p. 18.

¹⁰ Cohen, i. m., p. 83.

¹¹ Simóné Avarosy Éva: *Suhanó famadarak*, p. 6.

¹² Laufer, Berthold: *The Prehistory of Aviation*, p. 64-

¹³ Hero, Alexandrinus: *The Pneumatics of --*, p. 29.

¹⁴ Whitehouse: *The early birds*, p. 6-7.

¹⁵ Wissmann: *A repülés története*, p. 169.

a történet lejegyzőjének fejében élő „valóság” között. Körülbelül ugyanaz a helyzet itt is, mint a neves XX. Sz-i történész, S. Piggott szerint a régészetben, ahol egy pillanatig sem szabad összekeverni a háromféle múltat: a valóban létezett, ám számunkra nem hozzáférhető és teljességében soha nem rekonstruálható valahai eseményeket az általunk ismerttel (pontosabban valamilyennek megismerttel), illetve a „vágyott múlttal”, ami tökéletesen alátámasztaná elképzeléseinket...¹⁶

Simon mágus

Valószínűleg ezek a különböző „valóságok” keverednek az első, számos kutató által hitelesnek tartott „európai repülési kísérlet”-ről szóló híradásokban is. Simon mágus a hagyományok szerint Kr. u. 67-ben Nero (Kr. u. 54-68) szeme láttára zúzta volna halálra magát: „Az egyik műsorszám Icarusa, mihelyt felszállt – írja Suetonius (Kr. u. 69-122 után) kb. 50 (!) évvel az események után –, nyomban lezuhant Nero heverője mellett, még a vére is ráfröccsent a császárra.”¹⁷ Egy keresztény forrás (az Acta Petri et Pauli) azt véli tudni, hogy Simon egy fa tetejéről elrugaszkodva és szárnyaival csapkodva haladt előre, ám amikor a Nero villája melletti szent úthoz ért, a nyakát szegte (talán az út szentsége volt rá ilyen hatással)¹⁸. Suetonius hozzáteszi, hogy a mágus halálának háttérül szolgáló ünnepélyen „a tengervízben tengeri szörnyetegek úszkáltak”, és „A fegyvertáncok közben – sokan legalábbis látni vélték – egy bika igazában meghágta az üsző alakú faalkotmányba zárt Pasiphaét.”¹⁹ Tehát mintha csak a Daidalossal kapcsolatos hagyományok elevenednének meg – akár az utólagos bele-magyarázások folytán, akár (és jelen esetben ez látszik valószínűbbnek) a császár szórazkodtatását szolgáló, tudatos rendezés következtében. Ekkor leginkább véres látványossággal lehet dolgunk. Amikor tehát H. G. Schulze és W. Stiasny az 1930-as években az „első emberi erővel történő repülést” akarják benne felfedezni²⁰, minden bizonnyal hibásan okoskodnak: feltételezik ugyanis, hogy Simon mágus a siklórepülés távolságának növelésére csapkodott a kezével. Ez azonban legfeljebb akkor lett volna lehetséges, ha a szerkezet eleve úgy épül, hogy alkalmas legyen rá: ha nagy és merev hordfelülethez kicsiny, előrehajtásra szolgáló csapkodószárnyak csatlakoznak. Abban a korban viszont teljesen elképzelhetetlen, hogy valaki szétválassa az előre-, illetve felhajtóerőt termelő mechanizmust, és még nagyon sokáig elképzelhetetlen is marad. Hiszen az ókor repüléssel kapcsolatos elméletei egyszerűen nem alkalmasak az olyan kérdés felvetésére, melyre a válasz ez a megoldás lenne.

Repülő állatok, rangsor, arisztotelészi fizika

Ekkoriban ugyanis leginkább az a probléma foglalkoztatja az gondolkodókat, hogy mi a repülő élőlények helye a többihez viszonyítva, nem pedig az, hogy képes-e az ember repülni (és ha igen, akkor technikailag hogyan). A madarakkal kapcsolatos vizsgálódásokat ráadásul az is bonyolítja, hogy az állatok közül leginkább őket azonosítják az isteniséggel szépségük, énekük, valamint amiatt, hogy fel tudtak repülni a magasba, az ég felé. Platón (Kr. e. 428-427 – 348-347) úgy fogalmaz – és ez a gondolat némiképp módosult formában majd a kereszténység idején is tovább él –, hogy „A szárny természetes ereje a súlyosat is a magasba emeli, oda, ahol az istenek nemzetsége lakozik, mert a testszerű dolgok közül a szárny az,

¹⁶ Piggott, S.: The Druids, p. 11. Idézi: Albury, Randall W. and Corones, Anthony (Compiled by --): Myth, Megalyth and Cosmos p. 12.

¹⁷ Suetonius: Nero, p. 198.

¹⁸ Schulze - Stiasny: Flug durch Muskelkraft, p. 17.

¹⁹ Suetonius, i. m., p. 197-198.

²⁰ Schulze, Hans-Georg - Stiasny, Willy: i. m., p. 17.

aminek a legtöbb része van az isteniben”; helyüket illetően pedig azt mondja, hogy „Négyen vannak: egyik az istenek égi nemzedéke, a másik szárnyas és a levegőben él, a harmadik a vízi, a negyedik a gyalogjáró, szárazföldi fajta.”²¹

Az arisztotelészi fizikában nem ilyen egyszerű és nyilvánvaló az állatok felosztása. A Sztagirita (Kr. e. 384 – 322) egy helyütt arról beszél, hogy a növényeket a földhöz, a vízi állatokat a vízhez, a szárazföldi állatokat a levegőhöz lehet hozzárendelni – a negyedik elemmel, a tűzzel kapcsolatban viszont nem tesz ilyen egyértelmű kijelentést. Míg az egyik művében arról olvashatunk, hogy „a tűz nem teremt állatokat, és nem találunk semmilyen élő dolgot..., ami tűz hatása alatt álló anyagban formálódna”, addig másutt határozottan állítja, hogy „Cipruson... egy állat a tűzben keletkezik... és elpusztul, ha valaki kiveszi a tűzből”²².

Nem véletlen, hogy a fentebbi felosztásban nem a madaraknak jut a levegő: a Filozófus szerint ugyanis „nincsen olyan lény, ami úgy lenne képes repülni, ahogy a hal úszik” – a hálnak soha nem kell abbahagynia az úszást, a madaraknak viszont előbb-utóbb leszállnak a földre, mert meg kell pihenniük. Ennek megfelelően lábuk is van, sőt, ha azt eltávolítjuk, nem is képesek a levegőbe emelkedni²³.

Noha kétség sem fér hozzá, hogy Arisztotelész minden idők legnagyobb tekintélyű filozófusa, ez mégis azok közé az esetek közé tartozik, amikor nem fogadták el általánosan a véleményét. A legtöbben nem csupán abban hittek, hogy igenis vannak lábatlan madarak (például a sarlósfecské vagy a paradicsommadár, aminek göndör farktollai szolgálnának kapaszkodásra²⁴), hanem abban is, hogy ezek egész életüket a levegőben töltik, és csak haláluk után hullanak le a földre (és a hím sarlósfecské például a hátán költi ki a tojásokat). Buffon (1707-1788) maga is úgy tartja egészen az 1770-es évekig, hogy a paradicsommadarak soha nem szállnak le, és ugyanúgy a levegőhöz tartoznak, mint a halak a vízhez, tehát addig „maradnak a levegőben, amíg csak lélegeznek, akár csak a hal a vízben.”²⁵

A francia természettudós által használt hal-madár párhuzamba állítás példaértékű: az ókortól kezdve ugyanis hosszú időn keresztül leginkább az úszáshoz hasonlítják a repülést. Meglehetősen ironikus módon ez a gondolat is Arisztotelésznél jelenik meg először: a Sztagirita számos hasonlóságot fedezett fel „a halak és a madarak között mozgásszervüket illetően. A madarak szárnya testük felső részén van – jelenti ki-, és hasonlóképpen van két pektoriális uszonya a halaknak; továbbá: a madaraknak szárnyaik mellett lábuk van testük alsó részén; hasonlóképpen, a legtöbb hálnak két uszonya van teste alsó részén, a pektoriális uszonyok mellett. A madaraknak is van farka, és a halaknak farkuszonya”²⁶. Tovább lépve pedig gyakran hasonlítja a rovarok és madarak repülését a hajózáshoz, mondván, hogy „A szárnyas teremtményeknél a farok arra szolgál, hogy mint a hajó kormánylapátja, irányban tartsa őket”²⁷, és a leggyorsabb madarak mellcsontja olyan hegyes, „mint egy gyors építésű hajó orra”²⁸, hogy könnyebben hasítsa a levegőt.

Az elkövetkezendő évszázadokban ennek az általa felkarolt – bár nem feltétlenül tőle származó – gondolatnak is nagy visszhangja lesz. Annál kevésbé fognak viszont figyelmet

²¹ Platón: Phaidrosz, 246, d-e

²² Arisztotelész: *Historia animalium*, 552b.

²³ Arisztotelész, i. m., 487b 22,

²⁴ Freedman: 2000 Years, p. 158.

²⁵ Idézi: Hart, i. m., p. 41-42.

²⁶ Arisztotelész: *De motu animalium*, 714b

²⁷ Arisztotelész: *De motu animalium*, 710a

²⁸ Arisztotelész: *De motu animalium*, 710a

szentelni az emberi repülés lehetetlenségét tárgyaló fejtegetéseinek, melyek szerint „a madár nem egyenesedhet fel úgy, mint az ember. Mivel ez [a szárny] hordja a testét, a szárnyak hasznosak neki; de ha felegyenesedett lenne, ezek ugyanolyan kellene, hogy legyenek a számára, mint a képeken látható Cupidók szárnyai... [ez] a forma se nem emberi, sem pedig valami hasonló létét nem teszi lehetővé”, még hozzá azért nem, mert noha az ember „Sanguineous, [ha szárnyai volnának, akkor] több mint négy ponton mozogna: meg azért sem, mert a szárnyak haszontalanok lennének természetes mozgásakor. És a természet semmit nem tesz a saját természete ellenére.”²⁹ Ebben a rendszerben tehát Arisztotelész elképzelése szerint már csak azért sem lehetséges az emberi repülés és a láb nélküli madár, mert minden élőlény nem több és nem kevesebb, mint négy ponton mozog.

C. Plinius Secundus (Kr. u. 23-79) nem élt ilyen feltételezésekkel és ‘Természethistóriá’-jában egyáltalán nem foglalkozik az emberi repülés kérdésével – nála jelenik meg viszont a madárszárny mozgásának első leírása: „a szárny nagyobb része összezsugorodik, és a csapás után... a levegő által előre mozog: ez [a levegő] összeszorul a szárnyak között, [és a madarak] felfelé, lefelé, vízszintesen vagy előre csapnak.”³⁰ Plinius gondol arra is, hogy foglalkozni kellene a levegőnek a repülésben betöltött szerepének vizsgálatával. És ugyanez jut Lucretius (Kr. u. I. az.) eszébe is: ‘A természetről’ lapjain az olvasható, hogy bizonyos helyeken azért zuhannak le a madarak, mert nincsen levegő közöttük és a föld között³¹ – Plutarkhosz szerint viszont a lezuhanás oka az erős „lökéshullám” lehet, nem pedig a vákuum³².

És ezzel témánk szempontjából gyakorlatilag ki is merítettük a görög-római ókort. Ha lettek volna is próbálkozók, az elméletek hiányában legfeljebb egyszerű „megfigyelések” alapján akarhatták volna utánózni a madarakat: „ha számos fajta látható belőlük ugyanabban az időpontban – összegzi Plinius kortársai tanácsalanságát –, akkor azt lehetne gondolni, hogy nem is ugyanabban az elemben mozognak.”³³ Hiszen látszólag mindegyikük annyira más-képpen repül.

²⁹ Arisztotelész: *De incessu animalium*, 710b

³⁰ Plinius: *Historia Naturalis*, X., LIV

³¹ Lucretius: *A természetről*, VI., 824-832

³² Plutarkhosz: *Pompeius*, 25.

³³ Plinius: *i.m.*, X., LIV.

II. Toronyugrók és teológusok

Arábiai történetek

A hagyományok szerint a Spanyolország bölcsének is nevezett csillagász és ezermester, Abu'l Quásim Abbás Ibn Firnás valamikor 875 körül tollakból szárnyat készítve magának leugrik egy toronyból, majd rövid repülés után súlyosan megsérül. „Testét tollakkal fedte be – olvasható a legkorábbi, ám még így is 600 (!) évvel későbbi beszámolóban –, hátára két szárnyat kötött... számottevő távolságot repült be, mintha csak madár lett volna... [de] nem tudta..., hogy a madár leszálláskor mindig a farkára esik, és így farokkal nem is szerelte fel magát.”³⁴

A X. sz.-ban a szintén arab Ibn al-Faqih építene tornyot Perzsiában I. Shapurnak, és amikor a király nem akarja szabadon engedni, a toronyból repülve szökik meg³⁵. Természetesen nem kizárt, hogy van a történetnek valamiféle valóságalapja (miként az sem teljesen lehetetlen, hogy Ibn Firnás valóban végrehajtott katasztrófális zuhanással véget érő kísérletet), de legalábbis al-Faqih esetében nehéz nem észrevenni a Daidaloszra utaló párhuzamokat: az építkezést (a labirintus és a torony); az építőmestert fogságban tartó uralkodót (Minosz és Shapur); valamint a légi úton történő menekülést. Ráadásul tudható az is, hogy egy történet szerint egy bizonyos Rodrigo Aleman, aki kérkedve jelenti ki, hogy a spanyolországi Plasencia katedrálisát Isten sem tudná jobban felépíteni, mint ő, és akit büntetésül bezárnak a toronyba, szintén szárnyakat készít magának – de lezuhan, és szörnyet hal³⁶. Mondhatni, a klasszikus szabályoknak megfelelően fejeződik be a mese: a „rossz” elnyeri méltó büntetését (míg a „jó”, al-Faqih kiszabadul). Feltehetően az sem véletlen, hogy éppen építészek a két utóbbi történet szereplői, hiszen egy arab forrás említi a neves építész és szobrászt, Fattust is, aki – mintegy „foglalkozásának emblémájaként” – szárnyakat visel³⁷.

Szerzetesek és szárnytollak

A XIV. sz-i krónikák szerint Ibn Firnás brit hasonmása, a csillagászatban és mechanikában hozzá hasonlóan jártas Oliver (vagy Eilmer) of Malmesbury a kolostor tornyából ugrik le hatalmas szárnyakkal felszerelve 1060 körül, hogy aztán lezuhanjon és összetörje magát. „Zuhanását a fark szükségességének tulajdonította, ami a madaraknak van, és amit elfelejtett felszerelni” – állítják forrásaink³⁸, vagyis a hasonlóságok közte és arab „elődje” között tényleg szembeszökőek. Sejtethető hát, hogy mennyire megbízhatóak a repüléséről szóló, amúgy is jóval későbbi feljegyzések...

Az első, a kortársak által is említett, tehát többé-kevésbé hitelesnek tekinthető próbálkozásra mindenesetre csak 1161-ben, Bizáncban kerül sor, ahol Nikétász Akominátosz beszámolója szerint „egy bizonyos Agareus... azzal kérkedett, hogy átrepüli a versenypályát. Fönt állt a toronyban... De ahogy át akart siklani a levegőn, még szerencsétlenebbül járt, mint Ikarosz az égben. Mert testsúlya, amely a föld felé törekedett, akadályozta őt, így aztán le is zuhant, és kiadta a lelkét”.³⁹ Vagyis a baleset magyarázatában az ikaroszi hagyományra való utaláson túl a jelek szerint szerepet kap Arisztotelész elmélete is, melynek értelmében minden test arra

³⁴ Idézi: Wissmann, i.m., p. 29.

³⁵ Laufer, i.m., p. 66.

³⁶ Reay.: The History of Man-powered Flight, p. 7.

³⁷ Laufer: i.m., p. 66.

³⁸ Idézi: Reay, i.m., p. 6.

³⁹ Idézi: Wissmann, i.m., p. 31.

törekszik, hogy visszatérjen a saját természetes helyére – jelen esetben a leginkább „fölelemű”-ként jellemezhető emberi test a földhöz.

Nikétász Akominátosz leírása nem csak azért rendkívüli, mert ebben az időszakban a latin alapműveltségű Európában igencsak keveseknek jutott volna eszébe a Sztagírta elképzeléseire hivatkozni, hanem azért is, mert őt követően megint repüléstörténeti interregnum következik. Gyakorlatilag nincsenek értékelhető adatok, és leginkább csak olyanok nevét lehet megemlíteni, mint amilyen Hatton Turner is, aki valamivel Roger Bacon (kb. 1220-1292) után, a kor művészeinek és filozófusainak felfogásával összhangban azt sugallja *Astra Castra* című művében, hogy a gyerekeket kis koruktól kezdve tanulva a szárnyak használatát, biztosan bele fognak jönni a repülésbe⁴⁰ (amúgy ezt John Wilkins is az egyik lehetséges megoldásnak tartja, akárcsak Jean Jacques Rousseau 1742-es, ‘Le nouveau Dédale’ című könyvében, ahol azt fejtegeti, hogy mindig a föld közelében maradva kell megtanulni a repülést, miként a fiatal sirály is teszi, és csak utána szabad sasként a magasba emelkedni⁴¹).

Vagy ott van Griffolino d’Arezzo, akit egyes repüléstörténészek szerint azért égetnek meg a XIII. sz.-ban, mert azt ígéri Alberto da Sienának, hogy megtanítja repülni⁴² (Danténál viszont – ennek a koncepciónak ellentmondva – fémhamisításért kerül pokolra⁴³). Vagy lehetne Giovanni Battista Dantival (1477-1517) is példálózni: ő valamikor 1490 után mutatna be repülési kísérletet. „leugrott egy toronyból – áll egy feltehetően 1740-es kiadású, rendszerint késői keletkezése ellenére is hitelesnek tekintett könyvben –, és... jó nagy zajt keltve sikeresen átrepülte a piacteret... de... eltört egy fém alkatrész a bal szárnyában, és rázuhant a Maria delle Virgine templom tetejére”.⁴⁴

Mások arra hivatkozva nevezik „szájhagyományon alapuló kitaláció”-nak az egészet, hogy Danti egyetlen sornyi feljegyzést sem hagyott hátra a balul végződött próbálkozásról⁴⁵, de valójában talán nem is annyira az a fontos most a számunkra, hogy végül is sor került-e erre a kísérletre (vagy – ismét más forrásokkal összhangban – az umbriai Trasimeno tó átrepülésére⁴⁶), hanem az, hogy milyen nagy mértékben megbízhatatlanok és ellentmondásosak az információk még ezen korszakkal kapcsolatban is. Hogy rendszerint legfeljebb annyit lehet csak kideríteni egy konkrét eseményről, hogy milyen megfontolás, hagyomány, „fizikai” elmélet lappang (vagy lappanghat) egy-egy történet mögött.

Ott van példának okáért annak a Dantinhoz hasonlóan szintén itáliai származású Giovanni Daimannak az esete, aki, miután a skót udvar „fizikusa” lesz, 1507-ben kijelenti, hogy madártollakból készített szárnyával előbb fog Franciaországba megérkezni, mint a vele azonos időben induló követség tagjai. Állítólag Bladud királyt akarja felülmúlni teljesítményével (ez a legendás uralkodó Geoffrey of Mommouth 1147-es (!), általában a téma forrásértéküként kezelt, *Historia Regnum Britanniae* című műve szerint Kr. e. 860 körül, tehát majdnem 2000 évvel a krónikáíró előtt zúgta volna halálra magát). Daiman a Stirling Castle tornyából leugorva viszonylag szerencsésen megússza a dolgot: a trágyadombra esik, és eltöri a lábát⁴⁷ – és azzal magyarázza a kudarcot, hogy a szárnyakba belekeveredett néhány tyúktoll is,

⁴⁰ Reay, i.m., p. 16.

⁴¹ Wissmann, i.m., p. 47.

⁴² Wissmann, i.m., p. 32.

⁴³ Dante: *Isteni színjáték*, p. 584-585.

⁴⁴ idézi: Reay, i.m., p. 17. Feltehetően Giacinto Vinciolli: *Miscell. di varie operette* című, 1740-es művéből származik a részlet. Vö.: Wissmann, i.m., p. 33.

⁴⁵ Wissmann, i.m., p. 33-34.

⁴⁶ Laufer, i.m., p. 67.

⁴⁷ Reay, i.m., p. 5.

amik aztán nem arra éreztek természetes hajlamot, hogy a magasba emelkedjenek, hanem arra, hogy visszatérjenek a szérúskertbe. Ez az érvelés pedig annál is meggyőzőbb lehet a kortársak számára, mert a XVI. sz. elején még általánosan elterjedt az a vélekedés, hogy a tollpárnákon nem lehet jól aludni (és meghosszabbítják a haláltusát is), mivel visszatartják a lelket a földön⁴⁸.

A levegő angyalai és a létezők nagy láncolata

Ebből a megközelítésből ugyan nem a madarak (és különösen nem a tyúkok) tartoznak a levegő szférájához, de azért a középkori gondolkodás benépesíti ezt a tartományt is. Már Platón feltételezi, hogy a daimónok (mint amilyen Erósz is) közvetítő szerepet töltenek be ember és isten között, hiszen a helyzetük is köztes⁴⁹. Innét lép tovább Lucius Apuleius (kb.Kr. u. 124-170), amikor 'De Deo Socratis' című könyvében arról beszél, hogy az igazi légi élőlények a Holdig terjedő szférában találhatók meg: afféle szellemek és angyalok, akik semmilyen formában nem függenek a földtől, és testük egyensúlyban van a könnyűség és a nehézség között (miként a felhők is)⁵⁰. Alexandriai Philón (kb. Kr. e. 20-15 – Kr. u. 45-50) egyébként már bő másfél száz évvel előtte úgy fogalmaz, hogy „az Univerzumot mindenütt ki kell, hogy töltsen az élet, és az elsődleges elemi felosztások mindegyike tartalmazza az élet [valamely] formáját, ami... illeszkedik hozzá... És miként a többi elemnek, a levegőnek [is] élőlényekkel benépesítettnek kell lennie, noha a számunkra láthatatlanok, mivel maga a levegő sem érzékelhető érzékszerveinkkel.”⁵¹

Paracelsus (1493-1541) pedig már a reneszánsz idején a négy elemnek megfelelő felosztásban a nimfákat a vízhez, a szilfeket a levegőhöz, a törpéket a földhöz és a szalamandrákat a tűzhöz rendeli hozzá, és a szilfekkel való párhuzamok alapján (vagyis az alapján, hogy a mi környezetünk is sokkal inkább a levegő, mint bármelyik másik elem) akár azt is elképzelhetőnek tartja, hogy egy nap majd az ember is repülhet⁵².

Egy rövid kitérő erejéig érdemes megemlíteni, hogy Paracelsus elképzelései egy átfogóbb koncepcióba illeszkednek bele: a középkor folyamán általánosan elfogadott „bőség elve” azt mondja ki, hogy a végtelen teremtetőerő manifesztációinak is végtelen számúnak kell lennie. Nicolaus Cusanus (1401-1464) például ez alapján állította 1440-ben, hogy az ég minden régiójában találhatók élőlények⁵³ (és már Apuleius is az üres természet gondolatát elutasítva tételezte fel, hogy nem csupán szalamandráknak, vagyis tűzben élő teremtményeknek kell létezniük, de igazi légi teremtményeknek is). Ebben a rendszerben a levegő lakói szellemibbnek számítanak az embernél és anyagibbnek az istennél (mivel térbelileg is közbülső helyet foglalnak el a föld és az ég között). Az V. sz-i Fulgenius püspök szerint ez a köztesség testük anyagában is megnyilvánul: az angyalok éterből vannak, a bukott angyalok viszont az alacsonyabb rendű levegőből, és még majd ezer évvel később is hallani olyan vélekedést, hogy az éter az, amiből „az angyalok nyerik az alakjukat. Ez az éter olyan megdöbbenően ragyogó, hogy nincsen bűnös, aki büntetlenül rápillanthatna: ezért ájulnak el azok, akik előtt megjelennek az angyalok.”⁵⁴

⁴⁸ Laufer, i.m., p. 68.

⁴⁹ Platón: Lakoma, 202d-e.

⁵⁰ Hart, i.m., p. 33-34

⁵¹ Philo: On the Giants, II, 7-9.

⁵² Hart, i.m., p. 35.

⁵³ Loveloy, A Great Chain of Being, p. 114.

⁵⁴ Idézi: Hart, i.m., p. 38-39.

A madarak teológiája

Természetesen a madarak repülésének megítélése sem független a teológiai megfontolásoktól. A neoplatonista Iambicus már i. sz. 300 körül arról értekezik, hogy a madarak repülésében az istenek akarata nyilvánul meg⁵⁵, a középkori keresztény gondolkodóknak pedig még azt is figyelembe kell venniük a különböző magyarázatoknál, hogy a Biblia egyik helye értelmezhető úgy, mintha a madarak a vízből származnának („Legyenek a vizek hemzsegők megszámlálhatatlan élőlénytől és szálljanak a madarak a föld fölött”⁵⁶), ami egyébként áttételesen Arisztotelész tanaival is összhangban van, hiszen a madarak azok szerint sem tisztán „légi állatok”. (Az eredetkutatásban amúgy akár Platónig is vissza lehet nyúlni, aki egy helyütt arról beszél, hogy „az úszó fajtának egyik változata szárnyas, a másik pedig csak vízben él”⁵⁷).

A feltételezett „vízi eredet” pedig – ismét csak az arisztotelészi felfogással összhangban – arra készteti a kommentátorokat, hogy hasonlóságokat mutassanak ki az úszás és repülés között. Szent Ambróziusz (339-397) a IV. sz.-ban már részletesen kidolgozza a hasonlatot: „úgy tűnik – írja –, hogy a madarak kapcsolatban vannak a halak fajtájával, mivel mindegyikük olyan elemben szokott előfordulni, ami alkalmas az úszásra. A másik, amiben [a madarak és a halak] egyaránt osztoznak, az az, hogy a repülés művészete az úszás egy válfaja. Ahogy a hal úszás közben a vízben hatol keresztül, a madár ugyanúgy ‘hasítja’ a levegőt, ha gyorsan repül. Mindketten fel vannak szerelve farokkal és a ‘szárnyak evezőmozgásával’... A madár... úgy használja a szárnyait a levegőben, mintha vízben úszna; úgy, ahogy valaki a karjait használná [úszáshoz]... mindkettejük származási helye a víz.”⁵⁸

Ugyanezt a gondolatmenetet követve mutat rá az Ambróziuszt személyesen is ismerő Augustinus (354-430) a ‘Genezis’ alapján, a madarak és a halak közeli kapcsolatát alátámasztandó, hogy a madarak nem a levegő felsőbb, hanem az alsóbb, valójában nagyon finom víznek tekinthető régiójából származnak⁵⁹.

Az arisztotelészi fizika és a repülő hajók

A levegő és a víz, illetve a repülés és az úszás gondolatának összefonódására utal az a középkori történet is, mely szerint a 800 körül élt Agobard püspöknek kell kimentenie a feldühödött tömeg kezéből azokat, akiket varázslóként akarnak kivégezni egy légi utazást követően⁶⁰. Természetesen hiba volna feltételezni, hogy valamiféle mai értelemben vett léghajókísérletről van szó: az elméleti háttér nemhogy ekkor, de még az 1200-as években sem alkalmas a felhajtóerő értelmezésére. A XIII. sz.-ban viszont már ott van az arisztotelészi „természetes helyek” elmélete, mely szerint „a természet törvénye az, hogy a föld és az egyéb testek a megfelelő helyükön kell maradjanak, ahonnet csak kényszerítve lehet elmozdítani őket”⁶¹, illetve ahová a természetes mozgás révén visszatérni törekszenek. A tűz azért emelkedik felfelé, mert ott van a természetes helye – a földnek viszont legalul kell elhelyezkednie⁶².

⁵⁵ Hart, i.m., p. 57.

⁵⁶ Genezis, 1:22.

⁵⁷ Platón: Szofista, 220b

⁵⁸ Idézi Hart, i.m., p. 44-45.

⁵⁹ Hart, i.m., p. 45.

⁶⁰ Hart, i.m., p. 186.

⁶¹ Arisztotelész, Physica., 253b, 30-35.

⁶² Arisztotelész: De caleo 300b 5-10.

Valószínű, hogy egy már régebben is meglévő, mindenféle „tudományos háttérrel” nélkülöző, mitikus, a levegőben úszó hajókról szóló hagyomány kap alakot és válik „tudományossá” az az európai hagyományban az arisztotelészi elméletébe való beépüléskor. Ez a folyamat Roger Bacon idejére feltehetően lejárászik, és lejárulását az is segíti, hogy a kor gondolkodása párhuzamokat vél felfedezni az óceán és a levegőóceán, illetve a bennük élő teremtmények: a madarak és a halak között.

Ezért írhatja azt Bacon, hogy az atmoszférának van egy bizonyos „sűrűsége”, ami ugyanúgy meg tudja tartani a járműveket a felszínén, mint a víz a hajót. „Ennek nagy, üreges glóbusznak kell lennie... Ez meg kell legyen töltve éteri levegővel vagy folyékony tűzzel, és akkor egy magas pontról a levegőbe emelkedhet, ahol úgy fog úszni, mint egy hajó a vízen.”⁶³

Mint már az eddigiekből is kiderülhetett, hiba lenne a mai léghajó előfutárát keresni ezekben a szavakban: Bacon – természetesen – korának gondolkodója, és ennek megfelelően nem függetlenítheti magát a kortársi „tudományos” elképzelésektől: elhiszi például, hogy bizonyos etióp bölcsek sárkányháton repülnek⁶⁴. És ha az Agobard-féle történetet nem ismeri is, minden bizonnyal hallott arról, amit Gervasius of Tilbury jegyez fel időben viszonylag közel hozzá, 1211 körül. Eszerint a hívők egy istentisztelet után a templomból kitódulva egy sírkőbe akadt horgonyra lesznek figyelmesek, majd a „mennyei hajóhoz” rögzített kötélen lemászó „mennyei hajósra”, aki, amikor rátámadnak, megfullad, mert túlságosan hosszú időt kell a földfelszínen töltenie, és nem tudja belélegezni az alsó, sűrűbb levegőt (az elbeszélés egy variánsa szerint a horgonykötélbe kapaszkodva aláereszkedő férfi úgy mozgatja a kezét és a lábait, mint a bűvárok, akik a víz felhajtóereje ellen küzdenek)⁶⁵.

A XIV. sz.-ban Nicolaus Oresmus (1325-1382) már egyenesen arról beszél, hogy „Egy nehéz anyagból készült hajó afféle nehéz dolgokkal megtöltve, mint amilyen egy vagy több ember, minden probléma nélkül és olyan természetesen maradhat meg a levegőelem szferikus és konvex felszínén, miként egy hajó a Szajján.” Lennének azért technikai meg nem technikai jellegű problémák is (pl. nem lehet tudni, hogy nem fog-e felgyulladni vagy nem fogja-e megzavarni az Univerzum egyensúlyát a repülő szerkezet), de Oresmusnak nincsen kétsége afelől, hogy egy napon lehet majd ilyen hajókat építeni⁶⁶.

Albertus Saxonius pedig nagyjából ugyanekkor tömören és érthetően összefoglalja az egész elképzelés mögött álló „fizikai” elméletet: „A tűz sokkal finomabb, ritkább és könnyebb, mint a levegő, ezért úgy viszonyul a levegőhöz, mint a levegő a vízhez. Mármint a levegő sokkal finomabb, ritkább és könnyebb, mint a víz, tehát ugyanez igaz a tűzre a levegővel kapcsolatban. Ebből következik az, amit valóban ki lehet mutatni a relatív súlyok tudománya révén: az, hogy a tűzzel határos felső levegő ugyanúgy hajózható, mint a levegővel határos víz. Ennélfogva egy, a levegő felszínén lévő, ám nem levegővel, hanem tűzzel megtöltött hajó nem fog lesülyedni a levegőbe; de amint megtelik vele, elsülyed. És ugyanígy, ha egy hajó inkább levegővel, mint vízzel van megtöltve, úszni fog a vízen, és nem süllyed el, de ha megtelik vízzel, elmerül.”⁶⁷

A repülő hajók koncepciója némiképp megváltozott formában egészen az 1700-as évek végéig fennmarad. Joseph Galien dominikánus atya abból az ókori elképzelésből indul ki, amit Seneca úgy fogalmazott meg annak idején, hogy mivel minden folyadékban is alulra

⁶³ Idézi: Valentine - Tomlinson: *Travels in Space*, p. 3.

⁶⁴ Idézi: Laufer: i.m., p. 69.

⁶⁵ Hart, i.m., p. 187-188.

⁶⁶ Hart, i.m., p. 188-189.

⁶⁷ Idézi: Hart, i.m., p. 188.

szállnak le a legnehezebb összetevők⁶⁸, annak is igaznak kell lennie, hogy „Minél közelebb van a levegő a földhöz, annál sűrűbb”.

A tudós pap 1745-ben és 1757-ben megjelent könyvének tanúbizonysága szerint a tűz szférájának létét elvetve arra a következtetésre jut, hogy a levegő egymástól elkülönülő rétegei úgy válnak el egymástól, mint a víz meg az olaj, és a rétegek egymáshoz viszonyított aránya alapján meg lehet tervezni egy hegymagasságú, Noé bárkájánál tízszer nagyobb, négymillió ember szállítására alkalmas repülő hajót⁶⁹.

Az sem véletlen tehát, hogy számos korai léghajónak (a sok európai nyelvben meglévő „léghajó” elnevezésen túl) valóban hajó- vagy csónak alakja van, és hogy Étienne Montgolfier (1745-1799) még szabályos evezőket is tervez hőlégballonjához. Bízvást állítható, hogy még a XVIII. sz. embere is közvetlennek érezheti a kapcsolatot az ilyesfajta, valójában az arisztotelészi fizikán alapuló „repülés” és a hajózás között (noha legalább az 1600-as évek óta nem arisztotelészi értelemben vett elemnek tekintették a levegőt, hanem inkább egyszerű szubsztanciának, amiben ugyanúgy fel lehet oldani a dolgokat, mint a vízben, és még a Montgolfier-fivérek kortársai sem tettek különbséget a kémiai (hidrogén-) és fizikai (meleg levegő) alapú felhajtóerő között, hanem úgy gondolták, hogy a levegőt ugyanúgy lehet „meleggel” keverni, mint hidrogénnel⁷⁰).

Mint látható, az egész középkoron, sőt, még az újkor első századain is végigvonul a repülő hajó eszméje, ami azért is fontos a számunkra, mert bizonyos mértékig hozzászoktathatta az embereket a repülés gondolatához. Hasonlóképpen nem szabad persze elfelejtkezni a Daidalosz-mondának az európai „toronyugrókra” gyakorolt hatásáról sem, és végül feltehetően szerepet játszott az is, hogy az angyalokat (meg az ördögöket is) szárnyakkal ábrázolták – mintegy afféle, a levegőhöz tartozó szárnyas teremtményeket.

Kiegészítés: a madarak kettős természete

„A felhők vízből vannak – állapítja meg Augustinus –, erről akárki meggyőződhet, ha köd lepte hegyoldalon sétál.”⁷¹ Másutt pedig azt írja, hogy „A szárnyasok nemeit – igéd nyomán hozták elő őket a vizek – a föld nem igényli, hiszen valamennyit a vizek fölébe parancsoltad.”⁷² Vagyis kézenfekvő magyarázat kínálkozik a madarak eredetére és repülési képességeire vonatkozóan...

Eriugena (810-877) a 800-as években inkább eredeti, mint a kor teológiájával összhangban lévő módon és a kettős természetet, a két helyre tartozást aláhúzva már arról beszél, hogy egyes állatok természete évente kétszer megváltozik: vannak, amik fél évig a vízben élnek, és fél évig a levegőben, mint a vízityúk (vagy ott van a tintahal, ami „vitorlája” révén tartozna a levegő birodalmához is)⁷³. És még ennél is különösebb Andrew Marwell reneszánsz-kori állatértelmezése, mely szerint a jégmadár az éjszaka és a nappal határán repülve részesül a fényből és a sötétből; a jóból és a rosszból; a fentből és a lentből⁷⁴.

⁶⁸ Seneca: *Naturales Quaestiones*, IVb, 10. 1.

⁶⁹ Hart: *Prehistory*, p. 190-191.

⁷⁰ Gillispie, Charles Coulston: *The Montgolfier Brothers*, p. 16-17.

⁷¹ Idézi: Hart, i.m., p. 45.

⁷² Augustinus: *Vallomások*, p. 450.

⁷³ Hart, i.m., p.46.

⁷⁴ Hart, i.m. p. 48.

Eközben viszont kevés figyelmet kapott a repülő hal, ami pedig elvileg összekötő kapocsként szolgálhatott volna a madarak és a halak között. Arisztotelész csak a repülése közben hallható hang kapcsán említi⁷⁵, és Cardano számára is legfeljebb annyiban érdekesek, hogy milyen távolságot tudnak egyszerre repülni⁷⁶.

Szimbolikus jelentőségű viszont a sirály Aquinói Szent Tamás 'Summa theologiae'-jában, mivel „egyaránt repül a levegőben és úszik a vízben”. Tamás számára egyébként a szemlélődés szárnyain való spirituális repülés Isten megpillantásának módja, nyilvánvalóan nem rokonszenvezik hát azzal a gondolattal, hogy az ember egy napon a szó fizikai értelmében is repülhet majd. Nem egy helyen jelenti ki a számára alapvető fontosságú Arisztotelésszel összhangban, hogy ez egyszerűen lehetetlen, mivel „Ha az ember repülhetne, akkor lennének szárnyai”⁷⁷.

Végezetül érdemes megemlíteni Lambert Daneau kálvinista teológust is az 1500-as évekből, aki elveti azt az elképzelést, mely szerint míg a halak a rendes vizekből teremttettek volna, addig a madarak a firmamentum felett található és a világot az égi tűztől megóvó mennyei vizekből. Ez azért nem lehet igaz – mondja –, mert máskülönben a madaraknak nem kellene állandóan felfelé törekedniük, hanem ott élnének a magasban⁷⁸.

⁷⁵ Arisztotelész: *Historia animalium*, 535b 27.

⁷⁶ Hart: *prehistory*, p. 51.

⁷⁷ Hart, i.m., p. 50-52.

⁷⁸ Hart, i.m., p. 49.

III. Leonardo: a nagy madár elmélete

Madárrepülés, élet, matematika

Leonardo da Vincinek (1432-1519), Danti fiatalabb kortársának a számítások szerint kb. 25,000 szóból és 500 rajzból álló, repüléssel kapcsolatos életműve maradt fenn. Ez két részre osztható: a madár-, illetve a mesterséges repülés problematikájára⁷⁹.

Az akkori idők általános felfogásával összhangban Leonardo is úgy gondolja, hogy legegyszerűbben a madarak utánzásával lehet a levegőbe emelkedni: „A [mechanikus] madár – írja a ‘Codex Atlanticus’-ban – matematikai törvényeknek megfelelően működő szerkezet, eszköz, melynek révén az embernek lehetősége nyílik [a madár] minden mozgását utánozni... egy ilyen, az ember által megalkotott eszközből semmi sem hiányzik, kivéve a madár életét, és erről annak az embernek kell gondoskodnia [aki benne ül a szerkezetben].”⁸⁰

Vagyis nem csak arról van itt szó (miként általában ki szokták emelni), hogy a matematika milyen alapvető jelentőségű Leonardo számára, hanem arról is, hogy szerinte az „élet” ilyen vagy olyan formában (akár magának a madárnak az élete, akár a mechanikus és élettelen szerkezetbe belehelyezett emberé) elengedhetetlen feltétele a repülésnek. Egy másik helyen úgy fogalmaz, hogy „az ember nagymértékben alkalmas lesz annak a szerkezetnek a megővására, amelynek ő válik éltető alapelemévé és mozgatójává”⁸¹, és talán nem is olyan valószínűtlen az a feltevés, hogy ez az elképzelés visszatarthatta a „lélektelen, pusztán mechanikus” modellekkel való kísérletezéstől (de ez semmiképpen sem az egyedül lehetséges álláspont volt akkoriban. A vele nagyjából egy időben élő, örökmozgókkal is bíbelődő csillagász, Regiomontanus (1436-1476) állítólag készített egy műlevegőt, ami „kezeiből elindulva körül tudta repülni a szobát”, és visszatért hozzá, mintha csak kifáradt volna – és (megint csak állítólag) készített egy szabadon repülő, mesterséges sast is)⁸².

A repülés és a sűrűbb légrétegek elmélete

Az első, igazán jelentős madárrepülési elméletet nem Leonardo, hanem Hohenstauf Frigyes (1194-1250) dolgozza ki a XIII. sz. elején: arra a következtetésre jut, hogy „A levegő és a szárny tartják fenn a madarat, de a levegőben való mozgás... gyakorlatilag azonos azzal, ahogy az állatok járnak a földön és a halak úsznak a vízben.” A két részre osztott szárny másodlagos tollainak „fő feladata, hogy fenntartsák... [a teremtményt] a levegőben, amíg a szárnyak működés közben kinyílnak”, és leginkább az úgynevezett „késél-tollak” hajtják előre a madarat. A repülés meg az evezés között pedig párhuzam vonható, hiszen a hosszú szárnyú madaraknak ugyanúgy elég kevesebb le-, illetve hátrafelé irányuló szárnycsapás, mint ahogy a hosszú szárú evező is hatékonyabban dolgozik (de a hosszú evezőtollak csak az egyik lehetséges könnyítést jelentik: akkor is könnyebben marad a levegőben a madár, ha fúj a szél)⁸³.

Leonardo több mint 200 évvel utána némileg más oldalról közelíti meg a kérdést. Abból indul ki, hogy „A levegő azon része, amely a legközelebb van a rá nyomást gyakorló szárnyhoz, nagyobb sűrűségű lesz”: a lefelé irányuló szárnycsapás hatására a levegő összenyomódik a

⁷⁹ Hart, Ivor B.: The Mechanical Investigations, p. 147.

⁸⁰ Idézi: Hart: The Mechanical Investigations, uo.

⁸¹ Idézi: Hart: The Mechanical Investigations, uo.

⁸² Hart: The Mechanical Investigations, p. 145.

⁸³ Hart, Prehistory, p. 62-64.

szárnyak között, és „a levegő impetusa felfelé nyomja” a madarat. Másként fogalmazva: a madár azért tud repülni, mert olyan, kellően sűrű légrétegben van, ami elbírja a súlyát; a kívánt sűrűség pedig úgy tartható fent, hogy gyorsabban sűrítjük össze a levegőt a madár – vagy a jármű – alatt, mint ahogy az elszökik. A szárnyak egyébként felülről konvexek és alulról konkávok, aminek következtében a levegő könnyebben távozik el szárnyemeléskor, illetve válik sűrűvé a konkáv oldalon lecsapáskor. És még egy fontos technikai részlet: a madár a megfigyelések szerint előrerepülés közben lefelé és hátrafelé csap a szárnyaival.⁸⁴

Leonardo megfigyelései persze nem mindig megbízhatóak: a ‘Codex Atlanticus’-ban például okáért azt olvashatjuk, hogy a hal gyorsabban mozog a vízben, mint a madár a levegőben⁸⁵. Ez persze hibás megállapítás, de már ebből a párhuzamba állításból is sejthető, hogy itt is az úszás és a repülés összekapcsolásáról van szó, és a fentebbi kijelentés mögött álló „elmélet” szerint a madárrepülés megértéséhez szükséges megismerni „a szelek tudományát [is], amit a víz mozgásait tanulmányozva lehet megalapozni”⁸⁶ – és eközben össze kell hasonlítani a halak és a hajók alakját is.

A különböző hasonlóságok alapján pedig kijelenthető, hogy „A madár ugyanúgy használja a szárnyait és a farkát a levegőben, mint az úszó kezeit és lábait a vízben.”⁸⁷ És a párhuzamok meg hasonlóságok figyelembevételével kiépített, teljes elmélet birtokában meg lehet majd oldani az emberi repülés problémáját is – különösen, hogy a madár Leonardo szerint a szárnycsapások és a szél erejét kombinálva a vártnál kisebb erővel képes repülni.

Az igazi (?) kísérlet: a nagy madár

Jerome Cardano (1501-1576) ugyan azt állítja, hogy „Leonardo da Vinci is megkísérelte a repülést, de [ebből kifolyólag] szerencsétlenség érte”⁸⁸, ám noha lehettek első- vagy másodkézből származó információi (mivel apja és Leonardo barátok voltak), ez semmit sem bizonyít, hiszen da Vinci feljegyzései soha nem utalnak konkrét kísérletre. Kétségtelen viszont, hogy sokszor szerepelnek bennük a mesterséges repüléssel kapcsolatos kérdések. Elvileg a denevér lenne a követendő példa, elvégre annak szárnyára jellemző a „hártyaszerű páncél [ami] forma vagy összeköttetés a páncél számára, azaz: a szárnyak megerősítése”⁸⁹, a gyakorlatban azonban Leonardo mégiscsak a madarak összetett szárnyát részesíti előnyben. Ebben közrejátszhat az az európai tradíció, ami a madarat tekinti a „repülés tanítómesterének” – meg talán az a hagyomány is, ami a denevérszárnyat az ördöggel hozza kapcsolatba (és az is bonyolítja a dolgot, hogy Leonardo leírásai gyakorta olyan töredékesek és ellentmondásosak, hogy még sűrűn használt terminusainak jelentése sem világos). A fentebbieknél is nagyobb súllyal eshet latba az az elképzelés, mely szerint a gépezetnek olyan felépítésűnek kell lennie, hogy lecsapáskor a szárnytollak összezárulhassanak, felcsapáskor viszont szétnyílhassanak, utat engedve ezzel a levegőnek (ami a denevérek összefüggő bőrszárnyának esetében lehetetlen volna⁹⁰).

⁸⁴ Hart: The Mechanical investigations, p. 155.

⁸⁵ Gombrich: Leonardo, p. 26-27.

⁸⁶ MS. E., fol. 54 r., idézi: Hart: The Mechanical investigations, p. 147.

⁸⁷ Idézi: Hart, Prehistory, p. 103.

⁸⁸ Idézi: Hart, The Mechanical investigations, p. 193.

⁸⁹ Idézi: Hart: The World of Leonardo da Vinci, p. 186.

⁹⁰ Gibbs-Smith – Rees: The Inventions of Leonardo, p. 22.

Ezeket a csapkodószárnyas repülőgépeket (azaz ornitoptereket) Leonardónál leginkább az emberi izomerő működtetné a különböző áttételek segítségével: a kar, a láb, a törzs, sőt, a nyak izmai is szerepet kapnának. A merev szárnyú, meghajtást nem igénylő siklógép, illetve valamilyen „motor” (leginkább meghajlított rugó) gondolata csak egészen későn bukkan fel nála⁹¹.

Kiegészítés: Leonardo és „találmányai” és a rajzok szerepe

Amikor a reneszánsz ezen kétségkívül nagy formátumú egyéniségének „tudományos-technikai” életműve kerül tárgyalásra, a legellentétesebb vélekedések hallhatóak. Egyesek (főként az általános meggyőződést visszhangzó ismeretterjesztők) szerint „szinte hihetetlennek hangzó dolgokról is tudott”: feltalálta a helikopterelvű repülést, a léghajózást, a hátultöltő ágyút és már 1505-ben felfedezte a tömeg-energia einsteini ekvivalenciáját (!)⁹². Mások viszont (például Duhem, Randall vagy George Sarton, hogy csak néhány neves tudóst említsünk) szerint tulajdonképpen „skolasztikával jóllakott könyvmoly” lett volna, és „kódexeiben nincsen egyetlen olyan elméleti jellegű tudományos gondolat sem, amely a korabeli Itália szervezett tudományos oktatásában ismeretlen lett volna”; és „a mechanika ugyanúgy fejlődött volna akkor is, ha Leonardo meg sem születik”⁹³.

Munkássága megítélésénél általában nagy súllyal esik latba, hogy „műszaki” rajzai szépek, és emiatt szokás elfelejtkezni arról, hogy nem függetleníthette magát korának szellemi áramlataitól és gondolkodásmódjától – vagyis hiba feltételezni, hogy a reneszánsz tudományosságán belül kezelhetetlen fogalmakat is értelmezni tudott volna (mint amilyen az energia). Sokszor pedig azért tulajdonítanak neki bizonyos találmányokat, mert nála maradt fenn – vagy nála maradt fenn a legszebb és legkifejezőbb formában – egy adott szerkezet rajza. Ez a felfogás már csak azért is helytelen, mert a képek és „műszaki ábrázolások” megítélése korról korra változó, és egy reneszánsz rajzot tervrajzként (vagyis műszaki dokumentumként) értelmezni súlyos tévedés.

Még hozzá többek között azért, mert miként Ernst H. Gombrich egy tanulmányában rámutat, egyáltalán nem léteznek „önmagukban”, a kulturális háttér ismerete nélkül is megérthető képek⁹⁴. Egy adott ábrázolásba mi látjuk bele a háromdimenziós kiterjedést, az arányokat meg a gép konstrukcióját – nyilvánvalóan meg kell hát tanulnunk, hogy mit hogyan értelmezzünk. Az 1493-ban megjelent Schedel-féle világkrónikában például gyakran megtörténik, hogy ismételten ugyanazok a városképek bukkannak fel, csak a feliratuk más. Ugyanaz a kép van hozzárendelve Nápolyhoz, Aquilához, Bolognához, Lyonhoz és Ausztriához (!); egy másik Trójához, Pisához, Toulouse-hoz, Tivolihoz, Ravennához és Angliához (!) – és van olyan fametszet is, ami nem kevesebb, mint 11 különböző településsel és országgal kapcsolatban tűnik fel⁹⁵. Nyilvánvalóan nem képzelhetik azt a kortársak, hogy Mainz és Bologna tökéletesen egyformák lennének: egy-egy városkép a felirattal együtt feltehetően annyit jelent csak a számukra, hogy egy bizonyos településről van szó, amit így és így hívnak.

Látva, hogy mennyire eltérően viszonyulnak a fametszetekhez, semmi sem indokolja annak a feltételezését, hogy mondjuk a gépekről készült rajzok számukra ugyanolyan jellegű és minőségű információkat hordoztak volna, mint a számunkra. Ennek megfelelően persze máshogyan viszonyulhatnak a találmányok képi ábrázolásának fontosságához, illetve

⁹¹ Gibbs-Sith-Rees: i.m., p. 47.

⁹² Antalóczy: Leonardo, p. 12.

⁹³ Idézi: Rossi: A filozófusok és a gépek, p. 46-47.

⁹⁴ Gombrich, A látható kép, p. 133-135

⁹⁵ Rücker: Die Schedelsche Weltchronik p. 133-134.

elhanyagolható mivoltához is: még évszázadokkal a szabadalmak és szabadalmi hivatalok megjelenése után sem követelmény a mai értelemben vett tervrajz beadása. És az eddigiekből gyanítható, hogy Leonardo rajzai keletkezésük idején is inkább művészi alkotások, mint tudományos dokumentációk.

2. Kiegészítés: rajzok, tervrajzok, szabadalmak

A szakirodalom szerint az első „szabadalmat” (vagy inkább privilégiumot) III. Henrik angol király bocsátja ki 1236-ban, de csak a az 1400-as évek második felétől válik rendszeressé a szabadalmaztatás. A jelentkezőnek általában 6-12 hónapja van a kísérletezésre, és ha addig nem tud sikert felmutatni, akkor nem kapja meg a több évre szóló engedélyt⁹⁶. A tervrajz előképe is ekkoriban jelenik meg a hajózásban: az addig a szabadban, szemmérték alapján ácsolt hajókat zárt műhelyben kezdik készíteni – mintegy ráépítik őket az előző hajónak a falra és padlóra rajzolt körvonalaira. Ez az úgynevezett „1:1 arányú tervrajz”, ami persze inkább a modellel (még hozzá leginkább az életnagyságú modellel) áll rokonságban⁹⁷.

Még a XVI. sz.-ban is az a jellemző, hogy a megrendelő elmondja a műhelyfőnöknek, hogy mire gondol, az pedig szakmunkásaival tanácskozva készíti el az új gépezetet. Egészen az 1800-as évekig legfeljebb a modell lehet a tervező segítségére: egyaránt modellt használ Brunelleschi a firenzei dómhoz⁹⁸, Hugh Herland a Westminster Hall faszerkezetének megtervezésekor és Domenico Fontana annak bemutatására, hogy miként akarja a több, mint 300 tonnás vatikáni obeliszket mozgatni. XIV. Lajos 1:600 méretarányú vármodelleket készíttet, a különböző tudományos társaságok megalakulásukat követően modellezőket fogadnak fel még a XVII – XVIII. sz.-ban is (A Francia Tudományos Akadémia 1666-ban és a Royal Society of Arts 1754-ben); a klipperépítők pedig modelleken vizsgálják a hajótest⁹⁹.

A tervrajznak még sokáig nem jut és nem is juthat semmilyen szerep: Sienában hivatásos másolóművészek 1540 körül annyira megváltoztatják Francesco di Giorgio gépeket ábrázoló rajzait, hogy minden „technikai jellegű” információ elvész: a jobb menetű csavarok helyére balmenetűek kerülnek, és az összekötő elemek immár nem érintkeznek egymással¹⁰⁰. Zonca híres, 1607-ben megjelent könyve a cérnázómalom metszeteivel megvan ugyan Angliában is, de amikor a Lombe-fivérek száz évvel később gyárat akarnak alapítani, kénytelenek olasz szakmunkásokat becsempészni, mivel a képek nem tartalmaznak számukra érthető információkat a cérnázómalom felépítésével kapcsolatban¹⁰¹, és ezzel egy időben könyvek jelennek meg Franciaországban” az építészet titkairól”: arról, hogy miként kell követ vágni. Nem lehet véletlen, hogy miközben feltehetően távol áll a kor gondolkodásától a kétdimenziós kép háromdimenziós interpretációja, ugyanekkor a megoldások gyakorlati tapasztalatokon alapulnak (mint a kőfaragás esetében is), nem pedig a térgeometrián¹⁰². Egy 1792-es „tervrajz” alapján már csak azért sem lehetne megépíteni az adott gőzgépet, mert alapvető fontosságú hengerek és egyéb részegységek is hiányoznak az ábráról¹⁰³.

⁹⁶ Gomme: Patents of Invention, p. 5-12.

⁹⁷ Gulas – Lescinsky: A vitorláshajók, p. 15.

⁹⁸ Prager - Scaglia: Brunelleschi p. 88.

⁹⁹ Ferguson: Engineering and the Mind's Eye, p. 136-137

¹⁰⁰ Ferguson.: i.m., p. 107-113.

¹⁰¹ Endrei: a Programozás, p. 43.

¹⁰² Booker: A History of Engineering Drawing, p. 61.

¹⁰³ Booker, i.m., p. 34.

IV. A mechanikus madár első elmélete

Önjelölt madáremberek

A hagyományok szerint Denis Bolori Troyes-i órasmester valamikor a XVI. sz. első felében rugóhajtású szárnyakkal felszerelve ugrik le a katedrális tornyából, hogy aztán Foissy klostromától 2-3 km-re lezuhanva szörnyet haljon. Ezek szerint feltehető, hogy ekkoriban még mindig a rugó számít az emberi izmok mellett az egyetlen elképzelhető erőforrásnak (a főszereplő egyébként maga is rugóhajtású gépekkel: órákkal foglalkozik); és egyes értelmezők szerint feltételezhető az is, hogy mivel Foissy-ben apácakolostor van, Bolori repülési kísérlete tekinthető úgy is, mint a „hím-elem” támadása a „női árkádia” ellen¹⁰⁴, és ekkor a lezuhanás junói büntetés lenne, mivel a levegő már az ókoriak szerint is nőneműnek számított, és Héra (azaz Junó) birodalmához tartozott¹⁰⁵.

A portugál Joao Torto 1540-ben Vizeu-ben végez kísérletet: „mágikus szárnyakkal a katedrális óratornyáról Szent Máté mezeje felé repül”. Eközben nyitott csőrű sast ábrázoló csuklyát visel, és végül emiatt fogja összetörni magát, mert az az arcába csúszik¹⁰⁶. Valószínű, hogy e mögött a próbálkozás mögött sem áll semmiféle, mai értelemben vett „elmélet”, ami leírná, hogy milyen feltételek mellett lehet a levegőben maradni: a szárnyak ugyanúgy „mágikus erejük” révén emelnék a magasba az embert, mintként pár évtizeddel korábban Daiman esetében is – ha egyáltalán hinni lehet a még mindig hézagos és jóval későbbi forrásoknak. Sok esetben ugyanis lehetetlen utólag kideríteni, hogy valójában mire vonatkoznak a hagyományok: egy híradás szerint például a török Hezarfen Celebi valamikor a XVII. sz.-ban egy Galatia-i toronyból leugorva sok km-t (!) repül¹⁰⁷.

Madárrepülés, forma, inherens könnyűség

Torto mester kortársa, Pierre Belon (1517-1564) abból indul ki, hogy a madár repülésének lényege „a levegő reakciója a tollak könnyűsége ellen... Mert a tollak azért, hogy nagy mennyiségű levegőt ragadjanak meg a szárny formája révén, ugyanúgy működnek a [saját] helyükön, mint a lábunk járás közben”, és közvetlen kapcsolat van a madár formája és repülési képessége között¹⁰⁸. Ez persze nem új gondolat: számos posztklasszikus tanulmány tárgyalja a „nehézség” problémáját, vagyis azt, hogy egy adott mennyiségű fém attól függően úszik vagy nem úszik a vízben, hogy milyen a formája (mivel például a felületi feszültség fogalma sem volt ismert, nyilvánvalónak látszott, hogy maga a forma járul hozzá a folyadék felszínén való fennmaradáshoz). Ezt az elképzelést fejleszti tovább Belon, és talán ez befolyásolja annak a d’Aigmontnak máskülönben furcsa magatartását is, aki valamikor 1694 előtt Brüsszelben kísérletezve két, egyenként 40 font súlyú homokzsákot köt a lábára, nehogy szárnyai (melyek „belső természetükből eredően” tartának felfelé) túlságosan magasra ragadják¹⁰⁹.

¹⁰⁴ Hart, Prehistory, p. 122.

¹⁰⁵ Hart, i.m., p. 1.

¹⁰⁶ Reay, i.m., p. 17.

¹⁰⁷ Reay, i.m., p. 19.

¹⁰⁸ Hart, Prehistory, p. 65.

¹⁰⁹ Wissmann, i.m., p. 46.

Ez az elmélet nem csak a madarak repülési, de az állatok gyors mozgásra való képességére is magyarázatot kínál. Belon szerint amennyiben a delfin nem az alakjából eredően lenne ilyen gyors, nem érhetné el ezt a sebességet, hiszen „szárnyai” túlságosan kicsinyek a megfelelő erő kifejtéséhez. „... miként a vas, az ólom és más fémek [is] tudnak úszni a vízen, ha üreges alakot kapnak – írja ismét csak az úszást és a repülést állítva párhuzamba –, ugyanígy a madarak, eltérő természetüknek megfelelően, könnyebben vagy nehezebben repülnek”¹¹⁰. Általánosabban fogalmazva: az alakból következik a járás, az úszás és a repülés képessége is. Ezért gondolja úgy Belon, hogy az ember és a madár csontvázának hasonlatosságának kimutatásával bebizonyíthatja, hogy az ember képes lehet repülni.

Mintegy ötven évvel később az itáliai csillagász, Hyeronimus Fabricius (1587-kb. 1615) az arisztotelészi fizika egy módosított változatából indul ki: szerinte a repülés alapja a tollak által koncentrált inherens könnyűség, és ezért is nem tudnak a madarak levágott tollakkal a levegőbe emelkedni. Hiszen a nehéz, arisztotelészi födelemből álló dolgok csak akkor szakadhatnak el a talajtól, ha anyaguk a levegőelemmel keveredik: a madarak is azért terjesztik ki a szárnyukat, hogy maguk alá tudják gyűjteni a levegő könnyűségét, és ettől függően válnak „könnyebbé” vagy „nehezebbé” (amiben persze nincsen semmi meglepő: az ember is levegővel kötött hólyagot köt magára, amikor úszni tanul). Ekkor a repülés két mozgásból tevődik össze: az akaratlagos és a Föld középpontja felé irányuló (arisztotelészi kategóriákban gondolkodva: kényszerített és természetes) mozgásból, és a madár repülése a könnyűség szabályozásának és az izomerő alkalmazásának keveréke¹¹¹.

Pierre Gassendi (1517-1564), a neves francia fizikus viszont úgy gondolja a XVII. sz. első felében, hogy a tollak azért nélkülözhetetlenek a repüléshez, mert az emelőerő bennük gyűlik össze, és a csőszzerű tollszárakon folyik végig, mint valami finom és illékony szesz¹¹². Valószínűleg sem ő, sem Belon vagy Fabricius nem tartják elegendőnek a madár izomerejét a repüléshez – olyan probléma ez, amivel a teoretikusoknak még évszázadokon keresztül nehézségeik lesznek.

A mechanikus madár

Az ekkor még bizakodó francia fizikus, Martin Mersenne (1588-1648) az 1600-as évek elején azt mondja, hogy „az ember megfelelően nagy és erős szárnyakkal a levegőbe emelkedhet... Ezt bizonyos rugók segítségével lehet megvalósítani, amik a szárny mozgását és csapását olyan gyorsá teszik, amennyire csak szükséges a repüléshez.”¹¹³ Az, hogy az izomerő „kiegészítéseként” rugókat akar alkalmazni, összhangban van a kor mechanisztikus megközelítéssel. A téma szakértői a madarat lassanként komplex repülő szerkezetnek kezdi tekinteni, ami azáltal képes előre, illetve felfelé repülni, hogy szárnyai lefelé csapáskor összesűrítik a levegőt, az pedig, rugalmas lévén, kitágul. A madár „repülésre szolgáló gépként” való értelmezésében természetesen alapvető szerepet játszik a híres francia filozófus, René Descartes (1596-1650) is, aki a világot óraműnek vagy az óramű feletti kategóriájú „automatának” tekinti¹¹⁴ és e leírás érvényességét a az élőlényekre is kiterjeszti. Ami viszont nem feltétlenül jelenti azt, hogy Descartes meg lett volna győződve egy repülni képes szerkezet megépíthetőségéről: „Metafizikai értelemben véve – jelenti ki 1640-ben egy Mersenne-hez szóló levélben – lehet önmagát a

¹¹⁰ Idézi: Hart, Prehistory, p. 66-67.

¹¹¹ Hart: Prehistory, p. 67.

¹¹² Hart, Prehistory, uo.

¹¹³ Idézi: Hart, Prehistory, p. 129-130.

¹¹⁴ Mayr: A Mechanical Symbol, p. 3.

levegőben madárként fenntartani képes gépet készíteni; mert a madarak, legalábbis az én felfogásom szerint, ilyen gépezetek, de fizikai... értelemben nem beszélhetünk ilyesmiről, mert ehhez olyan finom és ugyanakkor olyan erős rugó kellene, amit nem tudunk elkészíteni.”¹¹⁵

Annak ellenére, hogy nem mindenki osztozott fentebbi meggyőződésében, természetesen nehéz lenne Descartes jelentőségét túlbecsülni, és egyáltalán nem véletlen, hogy az itáliai fizikus és fiziológus, Alphonso Borelli (1608-1679), az első valóban mechanisztikus madárrepülési elmélet létrehozója is az ő követője. A Galilei-féle fizikával és a descartesi geometriával összhangban ő alkotja meg az izmok működésének egyik legkorábbi mechanikai modelljét¹¹⁶; és ő az, aki harminc éven át tanulmányozza az állatok mozgását, hogy eredményeit aztán a ‘De motu animalium’ című két kötetes műben jelentesse meg 1680-1681-ben¹¹⁷.

Az általa kidolgozott teória szerint a madár szárnya repülés közben olyan ék alakot formáz, melynek hátul van a hegye és az alapja a madár feje felé néz. Az összenyomott, rugalmas levegő az ék oldalai ellen hat, ezért az ék a saját alapja irányába fog mozogni, a madár pedig előre repül, miközben a szárnycsapások a levegőben tartják fent a testet¹¹⁸ (vagyis – feltehetően Fabricius nyomán – ő is megkülönbözteti az előre- és a felhajtóerőt). Ami pedig az emberi repülés lehetőségét illeti, „annak az eldöntésénél, vajon repülhet-e az ember saját erejéből – szögezi le –, meg kell vizsgálnunk, elég erősek-e mellizmai... Világos, hogy... viszonylag nagyon gyengék, mert míg a madár esetében a szárnycsapásoknál igénybe vett izomzat súlya nem kevesebb, mint egész testsúlyának hatodrésze,... addig az embernél ez még testsúlyának egy századrészét sem teszi ki.

Igy tehát Ikarosz története nem egyéb, mint pusztá monda, mert az embert sem izmosabbá tenni, sem testsúlyát csökkenteni nem lehet. Ennek ellenére merem állítani, hogy a repülés megvalósítása még csak nem is túlságosan nehéz feladat, csak azt kell figyelembe venni, hogy a természet a lehetséges módozatok közül a számára legegyszerűbbet és legkönnyebbet választotta.”¹¹⁹ Mai megfogalmazásban ez mindössze annyit jelent, hogy közvetlenül a karokra csatolt szárnyakkal, kizárólag a mellizmok erejét használva nem lehet repülni, de egy megfelelő mechanikai berendezés segítségével igen – elvégre biciklivel is gyorsabban lehet haladni, mint futva. És egyáltalán nem véletlen, hogy ebben a hasonlatban éppen a kerékpárra hivatkozunk, hiszen az 1800-as évek végétől ez ugyanolyan gyakran használt és értelmezett hasonlat lesz, mint a korábbi századok számára az úszás, az evezés és a hajó, és aminek hatására többek között Borelli kortársa, az inkább ornitológiai érdeklődésű John Ray (1628-1705) is (részben Arisztotelész azon gondolata nyomán, mely szerint a madarak csőre „hasítja” a levegőt) arról beszél, hogy „testük törzse valamiképpen a hajók törzsére hasonlít, a fej [pedig] a hajóorrhoz, mert... kicsi, hogy könnyebben hasíthassa a levegőt és nyithasson utat a testnek”¹²⁰.

Wilkins, Hooke és a repülés művészete

Míg az első, „modern” repülési elméletek csak Borelli idejében kezdenek kialakulni, addig az első, a repülést „tudományos alapokon” vizsgáló mű, a ‘Discovery of a New Word’ már 1638-ban megjelenik John Wilkins püspök tollából, és több mint száz éven keresztül meg-

¹¹⁵ Idézi: Hart, Prehistory, p. 131.

¹¹⁶ Lewis: Some Biological Modellers, p. 113.

¹¹⁷ Hart: Prehistory, p. 69.

¹¹⁸ Hart: Prehistory, p. 71-72.

¹¹⁹ Idézi: Wissmann, p. 45-46.

¹²⁰ Idézi: Hart, Prehistory, p. 73.

határozza a további viták hangnemét. Maga a könyv mai fogalmaink szerint a holdutazást tárgyalja (ám mivel ekkoriban még nem ismert a vákuum létezése, mindenki úgy gondolja, hogy egy repülni képes szerkezettel a Holdra is el lehet jutni), és alapvető hatást gyakorol a téma irodalmi feldolgozásaira, többek között Daniel Defoe-ra (1660-1731), aki a XVIII. sz. elején ad ki regényt csapkodószárnyas repülőgépen tett holdbéli utazásról, illetve a mára tökéletesen elfeledett Robert Paltock-ra is, aki 1751-ben teszi közzé 'The Life and Adventures of Peter Wilkins' című, a maga korában népszerű és széles körben olvasott művét¹²¹. A Guardian 1710 körül nem véletlenül példálózik a 'Discovery of a New Word' szerzőjével a XVII. sz. tudósairól szólván, amikor azt írja, hogy „Wilkins, a híres püspök, olyan biztos volt ennek [az emberi repülésnek] a lehetségeségében, hogy nem vonta kétségbe: a következő korok embe-
rei úgy fogják a szárnyaikat hozatni, ha utazni akarnak, mint [most] a csizmájukat.”¹²²

Wilkins egy időben azzal Robert Hooke-kal (1635-1703) is együtt dolgozik egy repülő jármű kicsinyített másán a Wadham College-ben, akinek egyik csapkodószárnyas, rugómotoros modellje állítólag rövid ideig képes volt a levegőben maradni. Hooke előtt, aki amúgy lelkes kísérletező, már teljesen kézenfekvőnek tűnik a rugómotor alkalmazása, sőt, egy helyütt azt is felveti, hogy lőpor segítségével kellene meghajlítani a repülőszerkezetben alkalmazott rugót. Vagy erőforrásul szolgálhatnak a lábizmok is: célszerűbb, „ha az ember lábait használva jár a levegőben, mintha karjaival csapkod”, és „van egy mód... egy embert tíz-tizenkét ember erejével ruházni fel – mondja a Royal Society előtt –, és módot találni arra, hogy az izmai ugyanolyan erősek legyenek, mint a madaré”¹²³.

Wilkins nem kevésbé bizakodó, noha korai elképzeléseiben kétségkívül szerepet játszik az az arisztotelészi gondolat, hogy az ember nem repülésre teremtett lény (ennek a nézetnek az alá-támasztására egyébként idézi a IV. sz-i egyházatyát, Eusebiust is, aki szerint az ember ugyanúgy nem élhet a vízben vagy a levegőben, mint ahogy a hal a szárazföldön), és biztosra veszi, hogy soha nem lehetünk egyenrangúak a madarakkal. Mivel az ember „szükségképpen kötődik a Föld egy sajátos részéhez, lassabbnak vagy kevésbé kitartónak kell lennie [a levegőben] a szárnya-soknál. Ugyanez a helyzet az úszással is: noha az ember e művészetben magas szintre fejlődött, ha a [lehető] legképzettebb is, mégsem képes sem kitartásban, sem gyorsaságban egyenrangúvá válni a halakkal”¹²⁴. Amennyiben viszont sikerülne akár csupán 20 mérföld magasra feljutnia, akkor már a Holdat is könnyedén elérheti, mivel ha egyszer felette lenne „a mágneses erő Földből eredő szférájának, akkor ugyanolyan szilárdan állhatna a nyílt levegőben, mint a szilárd talajon”¹²⁵. A tapasztalat ugyanis azt mutatja, hogy míg egy adott kő megmozgatásához a bányász mélyén hat markos legény sem, addig a Föld felszínén kettő is elég, és a madarak nehézkesen emelkednek ugyan a levegőbe, de aztán könnyedén repülnek, noha nem kisebb a súlyuk, mint lent, „Miként a vízbe merülő hajónál is látszik..., ami nem merül mélyebbre, és ennek megfelelően nem is nehezebb, amikor öt, mint amikor ötven láb mélység van alatta”. És az is belátható – teszi hozzá a XIV. sz-i teológus, Albertus Saxonius, valamint Francis Mendoca nevére hivatkozva –, hogy „a levegő bizonyos része hajózható”¹²⁶.

Érthetetlen hát, hogy számos területet felölelő életművében miért nem foglalkozik a repülő hajók elméletével. Annál több figyelmet szentel viszont a működőképes modellek problematikájának, és miután leszögezi, hogy lehetséges ilyeneket építeni (elvégre ott van példának

¹²¹ Shapiro: John Wilkins, p. 42.

¹²² Shapiro, i.m., p. 41.

¹²³ Shapiro, uo.

¹²⁴ Wilkins: Discovery, p. 112.

¹²⁵ Wilkins: Discovery, p. 113.

¹²⁶ Wilkins: Discovery, p. 116-118.

Arkhitasz fagyalambja vagy a Regiomontanus által készített mesterséges sas), a következő lépésben arra a következtetésre jut, hogy lehetséges emberszállításra alkalmas szerkezetek készítése is. Hiszen „a hatalmas hajó ugyanúgy úszik, mint a kicsiny parafa és egy sas ugyanúgy repül a levegőben, mint egy parányi szúnyog.”¹²⁷ Ha pedig valaki arra hivatkozna, hogy az ehhez szükséges berendezés túlságosan nehéz volna, akkor erre azt lehet válaszolni, hogy könnyen készíthető megfelelően erős rugó vagy egyéb szerkezet, és nincs okunk felételezni, hogy „a mechanikai mozgás... nem lehetne olyan erős, mint az élőlények természetes ereje.”¹²⁸

A technikai kivitelezést illetően szerinte négy megoldás kínálkozik:

- „1. Szellemekkel vagy angyalokkal.
2. Madarak segítségével.
3. Közvetlenül a testre erősített szárnyakkal.
4. Repülő szekérrel.”¹²⁹

Érdeemes sorra venni ezeket a lehetőségeket.

A démonok, a gyakorlás szerepe és repülő szekér

Johannes Kepler (1571-1630) 1634-es, posztumusz művében, az ‘Álom’-ban főhősét egy démon segítségével juttatja el a Holdra, és már néhány évvel korábban azt írja a protestánsok zaklatásaival kapcsolatban, hogy „Ha végül elüldöznek minket a Földről, könyvem hasznos [szolgálatot fog tenni] az emigránsoknak és zarándokatyáknak, mint holdbéli útikalauz.”¹³⁰ Számára valószínűleg ugyanúgy elképzelhetőnek látszik szellemek segítségét igénybe venni, mint Wilkinsnek, aki szintén nem talál kivetnivalót ebben a módszerben. Az ő szemszögéből az Illés szekéréről szóló történet már önmagában is elég bizonyítéknak tűnik (Simon mágus így emelkedett a levegőbe, egyes indiai varázslóknak pedig – jegyzi meg – a hírek szerint ez lehet a szokványos közlekedési módjuk), csak éppen „ezen elbeszélések közül egyik sem járul hozzá a [repülési] módszer felfedezéséhez”¹³¹.

A második esetben nagy erejű, könnyen szelídíthető madarak létezését szokás feltételezni, de az angol püspök, bárha hitelt ad az elefántot egérmént levegőbe emelő hatalmas rok madárról szóló történetnek, kétségbe vonja azok megfelelő idomíthatóságát: „számos művészet [megdöböntő eredményeinél is] valószínűtlenebb – mondja –, hogy ügyes emberek szorgalma képes legyen irányítani ezeket az állati teremtményeket.”¹³²

Ami pedig a harmadik módszert illeti, „Sokkal kézenfekvőbb és közkeletűbb vélekedés, hogy ezt [vagyis a repülést] közvetlenül a testhez erősített szárnyakkal lehet megvalósítani”. Ebben az esetben tulajdonképpen a természet utánzásáról lenne szó, ám a próbálkozók „legnagyobb része szerencsétlenül kudarcot vallott, lezuhant és kezét-lábát törte”¹³³, úgyhogy aki mégis ezt választaná, az a leghelyesebben teszi, ha fiatal korától kezdve szorgalmasan gyakorol. Elvégre megbízható források szólnak róla, hogy egy angol „olyan messze jutott ezzel a gyakorlatozással, hogy képes volt szárnyai segítségével... egyfolytában tíz yardot megtenni.” És

¹²⁷ Wilkins: Discovery, p. 128.

¹²⁸ Wilkins: Math. Magic, p. 194.

¹²⁹ Wilkins: Math. Magic, p. 199.

¹³⁰ Idézi: Ley: Rockets, p. 15.

¹³¹ Wilkins: Math. Magic, p. 200.

¹³² Wilkins, uo.

¹³³ Wilkins: Math. Magic, p. 201.

különben is: az ember a legmeglepőbb dolgokat is képes megtanulni – egyesek a vágató ló hátán mutatnak be nyaktörő mutatványokat, mások „éppen olyan biztosan és szilárdan járnak a vízen, mint a szárazföldön”, vagy egyfolytában 100 mérföldet úsznak nagy sebességgel és órákat töltenek a víz alatt...¹³⁴

A XVII. sz.-ban a „futtatóhelyen történő gyakorlatozás”, a lassú, ám folyamatos tanulás gondolata valóban sokak számára tűnik vonzónak. Worchester márkija a ‘Century of Invention’-ben arról számol be, hogy „Miként repülhet az ember: ezt egy csűrben próbáltam egy gyerekkel, szénán”; Hooke pedig arról tudósít, hogy Besnier Frankfurtban csapkodószárnyas gépet konstruált, amit előbb székről, majd asztalról, a földszinti ablakból, az első emeletről és végül a padlásról leugorva tesztelt volna (Hooke ismeretei szerint sikeresen, a valóságban azonban amikor Besnier eladja a szerkezetet egy artistának, az az első bemutató alkalmával 15 m magasból lezuhanva szörnyet hal)¹³⁵. Tatlin (1885-1953) a XX. sz.-ban írja majd azt, hogy „Ha... ugyanannyi Letatlint [vagyis általa tervezett izomerejű ornitoptert] fogunk csinálni, mint ahány... Thonet-széket, akkor majd a gyerekeknek nyolc éves korban el kell kezdeni a repülést tanulni. Ez az emberi életkor körülbelül a madarak kéthetes korának felel meg.”¹³⁶

A szovjet művész bizonyos értelemben a madárrepülés „természetességét” próbálja majd megvalósítani, Wilkins viszont arra gondol, hogy „mindegyik láb mindkét szárnyat mozgatná, aminek a révén az ember... sétálni tudna a levegőben vagy felkapaszkodni [oda]; és a kezek meg karok szabadon maradnának, hogy segítsék és irányítsák a mozgást, vagy erejük arányában egyéb szolgálatokat tegyenek”. Ha ugyanis az ember alapvetően karizmainak erejét akarná kihasználni, legjobb esetben is csak úgy repülhetne, mint a tyúk, és ezen még a szorgos gyakorlatozás sem volna képes segíteni.¹³⁷

Az ismételéseken alapuló és az ellenőrzött körülmények között végbemenő próbálkozások első ránézésre tökéletes összhangban vannak az „új tudományosság” követelményeivel, és például Wilkins is nem egy helyen hangsúlyozza a kísérlet meg a gyakorlat fontosságát (illetve azt, és hogy az általános elmélet a kísérletek nélkül mit sem ér), a valóságban azonban nem mindig tartja magát ezekhez az elvekhez. Legyen elég arra utalnunk, hogy a többi repülési móddal azonos rangúként tárgyalja az angyalok vagy szellemek segítségével történő légi utazást – persze a XVII. sz. gondolkodásmódjának legteljesebb félreértése lenne azt képzelni, hogy valamiféle számunkra is elfogadható és saját rendszerünkbe könnyedén beilleszthető „tudományos felfogás” jellemezte a kor kutatóit.

Jól megfigyelhető ez a negyedik lehetséges megoldás, a repülő szekér esetében is, ami Wilkins szerint „sokkal hasznosabb, mint a többiek. És... úgy lenne kitalálva, hogy embert lehessen benne szállítani; és bár a rugó ereje talán segítséget nyújthatna a motor mozgatásához, még jobb volna, ha egy intelligens mozgató segítené, miként a feltételezések szerint az égitestek [is egy ilyen által] forgattatnak. És ha ez [a repülő szekér] eléggé nagy volna ahhoz, hogy több embert szállítson együtt, mindegyikük számos fordulattal munkálkodhatna sikeresen a mozgás létrehozásán; ami ennek következtében sokkal állandóbb és maradandóbb lenne, mint különben, ha az erő [létrehozása] teljesen ugyanazon a személyen múlna. Ez az elgondolás annyival jobb az előzőek közül bármelyiknél, amennyivel jobb hajóval úszni, mint a vízben.”¹³⁸

¹³⁴ Wilkins: Math. Magic, p. 201-202.

¹³⁵ Reay: i.m., p. 19-20.

¹³⁶ Idézi: Zsadova: Tatlin, p.310.

¹³⁷ Wilkins: Math. Magic, p. 204.

¹³⁸ Wilkins, uo.

Ezzel a repülő szekérrel kapcsolatban két kérdés is felmerülhet: először is az, hogy milyen súlyú és erejű gép maradhat fenn egy olyan vékony és könnyű anyagban lebegve, amilyen a levegő – az angol püspök válasza pedig az, hogy egy adott motor soha nem lehet túlságosan nagy vagy nehéz, ha „mozgatási képessége” arányban van a súlyával, és mivel egy bármilyen nagy tárgy sem süllyed el a vízben, legyen bár szó úszó városról, „ha csak alig könnyebb is a vele egyenlő nagyságú víznél”, így semmi akadálya nincsen annak, hogy bármilyen nagy test fennmaradhasson a levegőben is.¹³⁹

A másik kérdés az, hogy vajon az ember ereje elégséges lenne-e a repülő szerkezet működtetéséhez. Kisegítőként – mint már szó volt róla – természetesen gondolni lehet az órákból ismert rugókra, hiszen semmi okunk feltételezni, hogy egy mesterséges erőforrás gyengébb lenne az élőlények izmainál, és különben is: a legnagyobb gondot nem gyengeségünk, hanem a felszállás jelenti, úgyhogy talán az volna a legcélszerűbb, ha a repülő szekér egy hegy tetejéről indulna el (és a magasabb légrétegekben tenné meg az útját, ahol már nem hatna rá annyira a Föld mágneses vonzereje, a „gravitáció”).¹⁴⁰

Ez a találmány még Wilkins szerint sem tökéletes, de hát ez így is van rendjén. „Tudjuk, hogy a vitorlázás művészete folyamatosan nyert új összetevőket minden kor tapasztalataiból, és a mostani tökéletesség hosszú fejlődés eredménye. Ugyanerre lehet számítani ezzel [a repülő szekérrel] kapcsolatban is, ahol előszörre talán számos nehézség zavarja meg az embert.”¹⁴¹

Sárkányok és kísérletek

A Wilkins-sel kb. azonos időben, a XVII. Sz. elején élő itáliai Tito Livio Burattini (1617-1682 előtt) nem egy repüléstörténész számára a század legkitartóbb és legújítóbb szellemű kísérletezője. Az általa tervezett gépekről viszont nem sokat lehet tudni, és ennek részben titkolózása az oka: „nem hiszem – írja –, hogy okos lenne kifecsegni a gépezet belsej[nek felépítését]”¹⁴², úgyhogy az utókor előtt végső soron még az sem világos, hogyan működhetett az a sárkányalakú modell, ami a feljegyzések szerint „egy macskát emelt fel és tartott a levegőben” 1650 körül¹⁴³. A csillagász Huygens (1629-1695) mindenesetre kétségbe vonja, hogy olyan automatáról lenne szó, „ami a saját erejéből felemelkedik”¹⁴⁴, és a történészek szerint több mint valószínű, hogy az életnagyságú szerkezet soha nem épült meg. De abban azért biztosak lehetünk, hogy az eredeti elképzelések szerint a lecsapásakor szétnyíló és felcsapáskor összecsukódó szárnyakat emelők révén, áttételek segítségével működtetnék a kar izmai, mint az evezőt a hajón. És itt már egyértelmű az előre-, valamint a felhajtóerő szétválasztása is: külön szárnyak szolgálnának az egyik, illetve a másik létrehozására¹⁴⁵, és ennek a gondolatnak a repüléstörténeti jelentőségét nehéz túlbecsülni.

Ami pedig a tervek mögött álló fizikai elméletet illeti, Burattini abból indul ki, hogy a gépnek Arkhimédész törvényének értelmében összességében könnyebbnek kell lennie a levegőnél, ámbar az egyes részelemek mindegyike nehezebb; illetve abból, hogy a repülés nem lehetetlen, hiszen az ember még olyan közegben is képes mozogni, ahol nem képes levegőt venni: a víz alatt¹⁴⁶.

¹³⁹ Wilkins: Math. Magic, p. 206.

¹⁴⁰ Wilkins: Math. Magic, p. 207-208.

¹⁴¹ Wilkins: Math. Magic, p. 210.

¹⁴² Idézi: Hart: Prehistory, p. 140.

¹⁴³ Hart: Prehistory, p. 140.

¹⁴⁴ Idézi: Hart: Prehistory, p. 143.

¹⁴⁵ Hart: Prehistory, p. 137.

¹⁴⁶ Hart: Prehistory, p. 138.

Ezen első hallásra meglepő érv talán azon az elképzelésen alapul, hogy míg a közönséges úszó két közeg, a víz és a levegő határán mozog, addig a bűvár ugyanúgy homogén közegben tartózkodik, mint a madár (vagy az ember). És ennek a párhuzamba állításnak alkalmasint akár mélyebb gyökerei is lehetnek: Burattini ugyanis behatóan ismeri Galilei (1564-1642) műveit (sőt, kézíratait is), úgyhogy feltehetően nem ismeretlen előtte az a passzus sem, ahol a víziállatokkal párhuzamba állítva őket azt mondja az itáliai tudós, hogy „ezeket a szárazföldinek nevezett állatokat voltaképpen helyesebb lenne légi állatoknak nevezni, hiszen levegőben élnek, levegő veszi őket körül és levegőt lélegeznek”¹⁴⁷ (a gondolat legközkeletűbb megfogalmazása a Galilei-tanítvány Evangelista Torricellitől (1608-1647) származik, aki már 1644-ben kijelenti, hogy „Egy levegőtenger fenekén élünk”¹⁴⁸).

De Galilei elképzelései mellett Arisztotelész azon nézete is befolyásolja Burattinit, mely szerint az eső test sebessége arányos a súlyával, és ebből a ami szemmel nézve hibás tételből kiindulva arra a következtetésre jut, hogy ami a levegővel azonos súlyú, az nem süllyed le benne, ami pedig könnyebb nála, az fel kellene, hogy emelkedjen a tűz szférájába. Mivel azonban ekkoriban már feltehető, hogy a tűz szférája nem létezik, nem látszik érdemesnek a fölfelé emelkedő „elemi könnyűség”-gel foglalkozni – és innentől kezdve valószínűnek tűnik a számára, hogy mégiscsak a madarak tanulmányozása alapján lehetne megválaszolni a repüléssel kapcsolatban felmerült kérdéseket. Elvégre azok az általa elképzelt repülő szerkezetekre emlékeztetnek: amellet, hogy könnyebb felépítésűek például az embernél, még legkisebb tolluk is nehezebb a levegőnél. Ha csapkodnak a szárnyukkal, akkor mégsem zuhannak le – ami viszont azt is jelenti, hogy képtelennek kell lenniük a teljesen mozdulatlan szárnyal történő sikló- vagy vitorlázórepülésre (olyan feltételezés ez, ami egészen a XX. sz. elejéig kísérteni fog). Ezt majd a Galilei-féle fizika alkalmazása teszi teljesen nyilvánvalóvá, és annak alapján lehet belátni azt is – mondja Burattini –, hogy egy gép legfeljebb két embert bírhatna el, mert nagyobb szerkezet esetében nem lehetnének eléggé erőteljesek a szárny-csapások¹⁴⁹.

¹⁴⁷ Galilei: Matematikai érvelések, p. 146.

¹⁴⁸ Galilei: i.m., p. 382.

¹⁴⁹ Hart: Prehistory, p. 139.

Kiegészítés: madárvontatású járművek

A Wilkins által másodiknak leírt (és valószínűtlennek tekintett) „módszer”, a „madarak segítségével” történő repülés sokáig és sokak számára járható útnak tűnik – az állatvontatású járművek megjelenését követő időkben kézenfekvőnek látszik, hogy lehet madárvontatású légi alkalmatosságot készíteni. Egy régi perzsa történetben a mítikus iráni király, Kavi Kusan gonosz tanács hatására fel akar költözni az égbe, ezért trónusához négy sast kötöz. De hiába lóg mindegyik madár előtt húsdarab, mégsem hajlandóak a megfelelő irányba repülni, és a kísérlet zuhanással végződik¹⁵⁰ – az irodalmi hagyomány pedig szívósan tovább él. Firdauszi a X-XI. sz. fordulóján íródott ‘Királyok könyvé’-ben mesél el egy hasonló próbálkozást; Francis Godwin 1638-as regényének hőse, Domingo Gonzáles a Holdra is eljut hattyúvontatású járművével¹⁵¹; a magyar Haller János (1626-1697) majd ötven évvel később, 1681-ben írja Nagy Sándorral kapcsolatban (a Sándor-regények hagyományait hűen követve), hogy a világhódító uralkodó „griffmadarakat fogat vasláncokkal a szekér elibe, és azoknak enni-valót köttet a szekér rúdja”¹⁵². Vagy ott van Bürger nagyot mondó Münchhausenje, aki egy zsinórra fűzi fel a vadkacsákat, és amikor azok a levegőbe emelik, a kabátja szárnyával kormányoz¹⁵³.

A „madárvonta” gondolata nem csupán az irodalomban marad fenn: a léghajó megjelenésekor úgy tűnik, hogy a madarak legalábbis kormányzásra befoghatóak. 1786-ban egy Ucles nevű kísérletező négy, felhámozott sassal kívánja irányítani ballonját (de végül nem próbálja ki az eljárást); a bécsi J. Kaiserer 1810-ben jelenti ki, hogy ehhez egy pár sas is elégséges lenne; 1835-ben Thomas Simons Mackintosh biztosra veszi, hogy megfelelő időjárás esetén nem kellenek sasok, mivel a sólymok vagy galambok is elégségesek volnának. Rajzán hajótörzs alakú léghajó szerepel kétoldalt „hozzácsatolt hajógerincekkel”, és közöttük kis kocsiban gubbaszt a nyolc madár kormányosa...¹⁵⁴

Egy amerikai 1865-ben „fejleszti tovább” a gondolatot a léghajó elhagyásával: tíz sas, „melyeket szíjak erősítenek az üreges rudakból készült gyűrűhöz... viszik magukkal a ketrecet, melyben egy ember ül” – mondja teljesen visszatérve az eredeti, léghajó előtti koncepcióhoz¹⁵⁵.

2. Kiegészítés: „érvek” a repülés ellen

A XVII. sz.-ban sokan vallási vagy „etikai” alapon utasítják el az emberi repülés lehetőségét: azt, hogy közvetlenül a testre szerelt szárnyak segítségével a levegőbe lehetne emelkedni. Az egyik, ekkoriban kiadott könyv egy bizonyos Jacosa nevű földműves szerencsésjét tárgyalja, aki túlélte egy repülési kísérletet: „Milyen gyakran kellett nevetniük – mondja a szerző – társaiknak azon, akik azt akarták, hogy az ember repüljön. [Azért törekszenek erre, mert] Nem tudják, hogy írva vagyon: ‘Miként a madár repülésre, az ember munkára született’... Egy ilyen feltaláló egészen biztosan számos halálos balesetet okozna.”¹⁵⁶

¹⁵⁰ Laufer: i.m., p. 59.

¹⁵¹ Freedman: i.m., p. 83-96.

¹⁵² Haller: Hármass története, p. 59-60.

¹⁵³ Bürger: Münchhausen, p. 14-16.

¹⁵⁴ Laufer: i.m., p. 60-62.

¹⁵⁵ Vries: Furcsa találmányok, p. 38.

¹⁵⁶ Idézi: Reay: i.m., p. 20.

Az ellenvetések és tiltások egy része (miként a fentebbi esetben is) a következményektől való félelemből fakad, különösen, hogy sokak számára úgy tűnik: az ember pillanatokon belül képes lesz repülni. Caramule Lobkovitz 1670-ben azt mondja, hogy „Isten tagadta az ember repülésre való képességét... ha [az emberek] tudnák, hogyan kell repülni, állandó veszélyben lennének. Kinek az élete lenne akkor mentes a veszélyektől? Melyik ház lenne biztonságban a betörőktől? Melyik város lenne biztonságban ellenségétől?”¹⁵⁷

Mások attól félnek, hogy a repülés feltalálása egyenesen a városok és a civilizáció végét jelentené. Nehemiah Grew úgy gondolja, hogy az emberek oda fogják hagyni a településeket, és „mint a sasok, sziklákon építik fészkeiket”¹⁵⁸, és William Derham 1713 körül erősen tart a lehetséges következményektől: „A repülés művészete... bizonyos esetekben nagyon hasznos volna, [például] a geográfusok és földrajztudósok számára, ám más szempontból veszélyes, sőt, végzetes következményei lehetnek; példának okáért... beteg embereknek több lehetősége nyílna rosszat cselekedni – amit másoknak nem állna módjában megelőzni.”¹⁵⁹ És Samuel Johnson (1709-1784) is azt kérdezi Rasselas, Abesszínia hercege c. művében a repüléssel kapcsolatban, hogy „Mi volna a biztosíték a jóra, ha a rossz örömmel rontana rá az égből?”¹⁶⁰

3. Kiegészítés: méretek és modellek

Miközben Wilkins, Hooke és számos tudományos társaság is nagy figyelmet fordít a (nem egyszer repüléssel kapcsolatos) modellkísérletekre, hallatszanak szkeptikus hangok is. A kortárs Francis Potter például kijelenti, hogy „számos olyan dolog valósítható meg modellekben, ami nem vonatkozik a nagyobbakra”, és bár nem tagadja a repülés elvi lehetőségét, a kérdésnek mind az elvi, mind a gyakorlati oldalát megoldatlannak tartja¹⁶¹.

Potter modellezéssel kapcsolatos kritikájának gyökerei legalább Vitruviusig vezethetőek vissza: már a római szakíró is felfigyelt rá, hogy „Nem lehet... mindent ugyanolyan szabályok szerint csinálni, hanem vannak egyes dolgok, amik kis modellek nyomán nagyban hasonlóan megcsinálva működnek, másoknak nem lehetnek modelljei... nem egy olyan is van, ami modellben valószínűnek látszik, mikor pedig épülni kezd, összedül.”¹⁶²

Galilei az első, aki igazán behatóan foglalkozik a méretek problémájával, és 1635 körül elkészülő tanulmányában arra a következtetésre jut, hogy „nem csak az emberi alkotások, de a természet teremtményei sem lehetnek akármilyen nagyok; nem lehetne túl nagy hajókat, palotákat, templomokat építeni, mert az evezők, rudak, tartók, vasláncok saját súlyuk alatt összetörnének, de maga a természet sem alkothat akármekkora fákat, hiszen az ágakat letörné a saját súlyuk...

Ha valaki azt akarná, hogy egy óriás arányaiban megegyezzen a közönséges emberekkel, akkor vagy sokkal keményebb és ellenállóbb anyagot kellene találni a csontok számára, vagy bele kell törődni, hogy robusztusságában aránylag sokkal gyengébb lesz egy közepes termetű embernél; ha pedig egy bizonyos határon túl akarná növelni, egyszerűen a saját súlyát sem bírná el. Az állítás fordítva is igaz: a testek méretének csökkenésével nem csökken arányosan szívósságuk, hanem a kisebbeké viszonylag nagyobb: biztos vagyok benne, hogy egy kis

¹⁵⁷ Idézi: Hart: Prehistory, p. 117.

¹⁵⁸ Idézi: Hart: Prehistory, p. 118.

¹⁵⁹ Idézi: Hart: Prehistory, p. 119.

¹⁶⁰ Idézi: Aldiss - Wingrove, p. 101.

¹⁶¹ Shapiro: i.m., p. 41.

¹⁶² Vitruvius: Tíz könyv, p. 269

kutya elbírna két vagy három hozzá hasonló kutyát, de nem hiszem, hogy egy ló megtartana a hátán akár csak egyetlen ugyanakkora lovat.”¹⁶³

Ez a magyarázat a rovarok testtömegükhöz képest óriási erejére is: míg ugyanis az izomerő az izom keresztmetszetének négyzetével nő (miként ezt Strauss-Durckheim a XIX. sz. elején kimutatta¹⁶⁴), addig a tömeg köbösen, ami máshogy fogalmazva azt jelenti, hogy a tömeg csökkenésével nő a relatív izomerő. Mivel pedig az élőlények abszolút izomereje (vagyis: az egy négyzetcentiméter keresztmetszetre eső teheremelési képesség) nagyjából egyforma¹⁶⁵, egy működőképes csapkodószárnyas (esetleg éppen a rovarok repülését utánzó) modelltől nem következik automatikusan, hogy a szerkezet nagyban megépítve is működni fog.

¹⁶³ Galilei: i.m., p. 144-145.

¹⁶⁴ Slijper: Óriások és törpék, p. 14.

¹⁶⁵ Wigglesworth: Insect, p. 106-107.

V. Tervek és kudarcok

Swedenborg, a misztikus: egy papíron maradt elképzelés

Számos kortársához hasonlóan a Svédország első tudományos folyóiratát, a Daedalus hyperboreust megalapító, különböző mechanikai találmányokkal foglalkozó Immanuel Swedenborg (1688-1772) is érdeklődik a repülés problémája iránt, és 1716-ban meg is jelentet egy rövid cikket az általa elképzelt szerkezet leírásával¹⁶⁶.

Eszerint a gépet izomerővel működtetett csapkodószárnyak hajtánák előre, de a szél, illetve az ovális, merev hordfelület is nagy mértékben hozzájárul a levegőben maradáshoz. Modellül minden bizonnyal részben a rovarok szolgálnak – Swedenborg legalábbis azt mondja a Daedalus hyperboreus lapjain, hogy az emelőerőt a rovarokkal versengve kell tökéletesíteni: ha volna a csapkodószárnyak felett egy, a rovarok kemény szárnyfedőjéhez hasonló felület, akkor a szerkezet minden bizonnyal hatékonyabb lenne¹⁶⁷.

Másfelől jelentős szerepet játszanak Swedenborg repülési elképzeléseinek megformálásában bizonyos mesterséges konstrukciók is: szerinte ugyanis a csapkodószárnyak „ferdén állnak hátrafelé, mint a szélmalom szárnyai”¹⁶⁸, ami – mai fogalmakkal élve – végül is azt jelentheti, hogy ha a szélmalom ferdén álló szárnyait a szél hajtani tudja, akkor egy ferde felületekből álló, szélmalom-vitorlára emlékeztető eszköz is meg tudja mozgatni a levegőt, és ezt az elvet előrehajtásra lehet alkalmazni még akkor is, ha a ferde felület nem szélmalom-vitorla, hanem csapkodószárny.

Nem teljesen egyértelmű viszont, hogy miként kellene működniük ezeknek a csapkodószárnyaknak: az egyik (kéziratban maradt) elképzelés szerint a szárny nyílásai lecsapáskor zárulnak és felcsapáskor kinyílnak – egészen úgy, mint ahogy a XVIII. sz. tudósai előtt ismeretlen Leonardónál olvasható. A másik (nyomtatásban megjelent és szintén Swedenborgtól származó) leírásban viszont az áll, hogy lecsapáskor legyezőszerűen szétterülnek, felfelé mozgáskor összecsukódnak – Burattini megoldásához hasonlóan, amit egyébként Swedenborg feltehetően ismert. Ez utóbbira amúgy annyiban is hasonlít az ő elképzelése, hogy a pilóta úgy működteti a csuklós pánton forgó szárnyakat karjaival, mintha evezne¹⁶⁹. A felcsapást viszont kiegészítő rugó segíti, akárcsak Leonardo egyes terveinél¹⁷⁰ – úgy tűnik hát, hogy hosszú időn át fennmaradt az az elképzelés, mely szerint a szárnyemelés nagyobb erőbefektetést igényel, mint a lecsapás. Sőt, akár arra is gondolhatunk, hogy széles körben elterjedt lehetett, ha irodalmi művekben is felbukkan: az 1751-ben megjelent, egy bizonyos Mr. Ralph Morrisnak tulajdonított és 1751-től 1926-ig négyszer kiadott regényben például, az ‘A Narrative of the Life and Astonishing Adventures of John Daniel’-ben a lecsapáskor emberi erőre van szükség, a felcsapás pedig azáltal történik, hogy az azonos középpontból kiinduló négy szárny bordázata rugóként viselkedve felveszi eredeti alakját. Ebben az esetben az is bonyolítja a dolgot, hogy mivel a szárnyak mind a négy oldalon egyszerre csapnak lefelé, a gép úgy haladna a levegőben, akár egy medúza, mintegy „sugarhajtással”, és a szerkezet működtetőinek különleges növényeket kell fogyasztaniuk, hogy elég erejük legyen¹⁷¹.

¹⁶⁶ Hart: Prehistory, p. 146.

¹⁶⁷ Hart: Prehistory, p. 148.

¹⁶⁸ Hart: uo.

¹⁶⁹ Hart: Prehistory, p. 147-148.

¹⁷⁰ Gibbs-Smith – Rees: The inventions of Leonardo, p. 13.

¹⁷¹ Hart: Prehistory, p. 156-157.

Swedenborg persze nem javasol ilyen fantasztikus megoldásokat, noha neki is választ kell találnia jó néhány kérdésre. Nála a gép egyensúlyát egy, a tömegközéppontban elhelyezett rúd végén lelógó nehezék hivatott biztosítani (a függővel való stabilizálást Hyeronimus Fabricius már 1618-ban felvetette); a kormányzás pedig úgy történne, hogy „A pilóta testének megdöntésével irányítja a repülést előre, hátra vagy oldalra döntve a gépet” (ami ismét nem új gondolat: már Leonardo is ezt tartja a legegyszerűbb megoldásnak)¹⁷².

A merész vállalkozónak minden bizonnyal erős szélben, hegytetőről elindulva kellene felszállnia a géppel – és itt ismét csak nem volna nehéz kimutatni, hogy Swedenborg gondolatai jól illeszkednek a korábbi elképzelésekhez, és John Wilkinsen keresztül legalább a toronyugrókig vezethetők vissza. A svéd tudós esetében azonban legalább részben eltérő megfontolások húzódnak meg a háttérben: valószínűnek látszik, hogy azért tartja az embert önmagában túlságosan gyengének a repüléshez, mert naprakészen ismerve kora fizikáját, ismeri Borelli eredményeit is. Emiatt érezheti szükségét annak is, hogy az alábbi érveket sorakoztassa fel az emberi repülés lehetőségessége mellett: először is, a nagy testű madarak is képesek a vitorlázórepülésre, és a nehéz papírsárkányok is stabilan repülnek. Azután a jezsuita polihisztor, Athanasius Kircher (1601-1680), valamint más tudósok is lehetségesnek tartják az emberi repülést (noha nem voltak ilyen irányú tapasztalataik), továbbá az emberi repülés lehetőségessége mellett szól a szél ereje is, ami akkor is be tud nyomni egy ajtót, ha ketten feszülnek neki; és érvelni lehet annak a diáknak a példájával is, aki a Skara templom tornyából erős szélben leesve sértetlenül ért földet, mert köpenye lelassította a zuhanást. És végül ott van a papírsárkány is – fejezi be a svéd tudós egészen Wilkinsre emlékeztető módon –, ami a föld közelében nehézkesen repül, de fent, a magasban nincsen vele semmi gond¹⁷³.

Hiba lenne persze azt feltételezni, hogy Swedenborg a szó mai értelmében vett tudós: életműve nem értelmezhető azon vallásos tárgyú munkái nélkül, melyek végül szélesebb körben is ismertté tették a nevét, és melyekben a repülés „spirituális oldaláról” is szó esik, és ennek megfelelően a „repülést” vagy a „szárnyak” fogalmát olykor egyáltalán nem „technikai” értelemben használja – a madarak alatt például a spirituális világ madarait érti.¹⁷⁴

Bibliai repülészerkezetek

Egyáltalán nincsenek viszont „spirituális” vonatkozásai annak a cikknek, ami 1751-ben lát napvilágot a Whitehall Evening Post-ban: ebben egy emberszállításra is alkalmas „mechanikus madár” meglehetősen ködös és túlzó leírása olvasható. Az ismeretlen szerző feltehetően abból indul ki, hogy az emberi izomzat önmagában semmiképpen sem lehet elégséges a repüléshez. Az írás egy változata hamarosan eljut Itáliába is, hogy ott aztán röpirat formájában, a különös szerkezet feltalálását a jezsuita Andrea Grimaldinak tulajdonítva terjedjen, és eközben az érdeklődők mielőbb megtudhassák, hogy ez a gépezet „Képes hét legaue-t [kb. 34 km] repülni egy óra alatt. Formáját tekintve madár... a test parafadarabokból készült és csuklók meg kábelek tartják egyben... a test harminc, sajátos módon elkészített kereket tartalmaz két görgővel vagy sárgaréz hengerrel meg kis láncokkal, melyek váltakozva letekernek egy ellensúlyt, és hat, vájatokban csúszó sárgaréz cső... valamint bizonyos mennyiségű higany segítségével a gépezet a művész irányítása alatt megfelelő egyensúlyban és kiegyensúlyozottan marad; és szabályosan, nagy állandósággal mozog egy megfelelően temperált, súrlódó acélkerék meg egy meghökkentően nagy mágnes révén, hacsak a szél hőmérséklete (sic!) és az időjárás meg nem akadályozza...”¹⁷⁵

¹⁷² Hart: Prehistory, p. 148-149.

¹⁷³ Hart: Prehistory, p. 148.

¹⁷⁴ Hart: Prehistory, p. 151.

¹⁷⁵ Idézi: Hart: Prehistory, p. 152-153.

A gépet kormányzó, hét láb hosszú farkat a pilóta mozgatná a lábaival, a fej pedig sasformájú, és az élőnek látszó üvegszemek a csőrrel együtt állandóan mozognak a repülés folyamán. A rikító színekre mázolt szerkezet egyfolytában három órát tartózkodhat a levegőben, aztán „fel kell húzni” – a korabeli híresztelések szerint továbbfejlesztett változata ennél is ritkábban kell majd leszállnia, és a feltaláló „hajlandó lesz bármelyik urat 50 guineáért egy hónap alatt a használatára megtanítani”¹⁷⁶.

A madár alakú fej magyarázható lenne azzal a korábban már tárgyalt, Arisztotelészig visszanyúló hagyománnyal, mely szerint a „csőr”, illetve a madár fejének felépítése hasonlít a hajó elejére, és ennek következtében mintegy hasítja a levegőt, a higany pedig azzal, hogy az egyensúlyozással vagy még inkább a mozgatással lehet kapcsolatban – elvégre a Sztagírta is megemlíti, hogy „Philipposz komédiaíró... azt mondja, hogy Daidalosz a fából készült Aphrodité-szobrot úgy hozta mozgásba, hogy megtöltötte higannyal”¹⁷⁷. Wilkins azonban már az újkori tudományosság álláspontját képviselve, ugyanezzel a mozgó szoborral kapcsolatban jelenti ki, hogy ez „túlságosan durva megoldás lett volna egy olyan kiváló mesternek; sokkal valószínűbb, hogy kerekek és súlyok segítségével tette ezt”¹⁷⁸ – ami legalább a Grimaldinak tulajdonított gépmadárban fellelhető bonyolult erőátviteli mechanizmusokra magyarázatot kínál. A mágnességgel és dörzselektromossággal kapcsolatban pedig legyen elég annyit megjegyezni, hogy mindkét jelenség meglehetősen titokzatosnak számít ekkoriban, és ezek „mozgatási képességét” a XVIII. sz. emberének valószínűleg egyáltalán nem nehéz kapcsolatba hoznia a látszólag nem kevésbé titokzatos repülési képességekkel. Nem lehet véletlen, hogy egyes források Bartolomeo Lorenço de Gusmao 1709-es „léghajójáról” is azt állítják, hogy borostyán és két, mágneskőből készült gömb termelte volna a felhajtóerőt¹⁷⁹ (valamint azt, hogy sikeresen tette meg a Lisszabon-Bécs utat, és Lorenço meg Gusmao esetleg két külön személy lett volna¹⁸⁰). Jól látható hát, hogy ezen a területen mekkora a bizonytalanság).

Grimaldi állítólagos gépmadarával kapcsolatban (ami ismét csak állítólag átrepülte volna a Calais és Dover közötti szakaszt) egyébként azt sem árt tudnunk, hogy a statikus elektromosságot generáló dörzskerék, valamint a mágnes az 1700-as évek „showman”-jének nélkülözhetetlen kellékei, az óraszerkezet leírása pedig minden bizonnyal a népszerű, óraszerkezetes repülési mechanizmusokkal kapcsolatos elképzeléseket és szóbeszégeket tükrözi¹⁸¹.

Ha a fentebbi szerkezetet azért volt érdemes legalább ilyen részletességig bemutatni, mert minden valószínűség szerint jól összefoglalja a tárgyalt időszak „technikai vélekedéseit”, akkor Melichor Bauer bő évtizeddel későbbi, 1763-as tervei inkább azért figyelemre méltóak, mivel ebben az esetben a kor színvonalán álló mechanikai megoldások ellenére is a repülésnek a ‘Bibliával’ való kapcsolatain van a hangsúly. Ez a feltaláló ugyanis azt tűzi maga elé célul, hogy hadat viselhessen az „istentelen pogányok” meg „az antikrisztus pápa” ellen, és vallási fanatizmusának megfelelően a Szentírás bizonyos passzusai alapján tervezi meg a gépet: „Amikor a munka befejeződik majd – írja 1764-ben –, akkor minden a lehető legjobban fog hasonlítani arra, amit a szent Próféta, Ezékiel látott és leírt”¹⁸², és ennek megfelelően nem kerülhető meg például a ‘Kivonulás’ azon megjegyzése, mely szerint „A kerubok

¹⁷⁶ Hart, uo.

¹⁷⁷ Arisztotelész: A lélekről, 406b (in: Lélekfilozófiai írások)

¹⁷⁸ Wilkins: Math. Magic, p. 185.

¹⁷⁹ Wissmann: i.m., p. 66.

¹⁸⁰ Reay: i.m., p. 17.

¹⁸¹ Hart: Prehistory, p. 154.

¹⁸² Idézi: Hart: Prehistory, p. 164-165.

szárnya fölfelé legyen széttárva, hogy szárnyukkal befödjék az engesztelés tábláját”¹⁸³; vagy az sem, ami arról szól, hogy „Fölötte a dicsőséges kerubok beárnyékolják az engesztelés helyét”¹⁸⁴.

Mivel pedig ‘Ezékiel könyvé’-ben az áll, hogy „Négy kerék volt a kerubok mellett, mind-egyik kerék egy kerub mellett”¹⁸⁵, a „kerubi szekér” is négy kerékkel lesz felszerelve, és stabilan fog repülni, mert felülszárnnyalt. Illetve Bauer magyarázata szerint azért „nem borulhat fel a levegőben, mert a teteje könnyebb. És az ég [azaz a konstrukció fő hordfelülete] végei kissé felfelé hajlanak, és minden nehéz alatta függ, ami minden repülő szerkezet modelljének és példaképének tűnhet; [mármint] az, hogy a szárnyak felül vannak, és alattuk függ a test.”¹⁸⁶

A kajakevezőhöz hasonló, kézzel mozgatott, tandemrendszerű csapkodószárnyakkal felszerelt gép kormányzása alapvetően súlypontáthelyezéssel történne, és természetesen hegyoldalról kellene felszállnia. Bauer koncepciója első ránézésre messze esik ugyan a madárrepüléstől, ám az előrecsapáskor összezáródó és hátramozgatáskor szétnyíló szárnyak nyilvánvalóan az élővilág repülési mechanizmusát kívánják utánozni; és egyik megállapítása szerint a hátsó kilépőelemeknek teljesen el kell vékonyodniuk, „mivel a madárszárny tollai erre tanítanak minket”¹⁸⁷.

Bauer esetében természetesen nem került sor sikeres repülési kísérletre, és – egyes repüléstörténetesek véleményével ellentétben – nem hajt végre kísérletet az a Karl Meerwein (1737-1810) sem¹⁸⁸, aki a madarak szárnyfelület/tömeg viszonyának tanulmányozása után arra a következtetésre jut, hogy az ember a saját erejéből a levegőben maradhat, és hozzáfog egy elliptikus szárny megépítéséhez – amit azonban feltehetően inkább csupán nagyméretű modellnek szánt¹⁸⁹.

Elképzeléseiről 1783-ban könyvecskét is kiad, aminek egy évvel későbbi, kibővített változata aztán széles körben olvasottá is válik, mivel addigra a Montgolfier-fivérek sikeres léggömb-kísérletei kézzelfoghatóan bebizonyítják, hogy az ember képes a levegőbe emelkedni¹⁹⁰. Meerwein persze nem gondolja, hogy az általa tervezett, lecsapáskor a karizmok erejével, felcsapáskor feltehetően rugóval működő gép jelentené a végső megoldást. A túlzottan bizakodó kijelentések helyett négy alapvető nehézséget sorol fel: két, az ember milyenségéből fakadó „belső”, valamint ennek következményeként két „külsőlegest”. Az első csoportba tartozik az emberi test alakja és felépítése, illetve meglehetősen nagy súlya (vagyis az a már Arisztotelész által is hangsúlyozott „tény”, hogy „az ember nem repülésre teremtett lény”); a megfelelő erőforrás, valamint a szerkezet megépítéséhez szükséges könnyű és erős anyagok hiánya pedig nyilvánvalóan a második problémakörbe tartoznak¹⁹¹.

¹⁸³ Kivonulás: 25:20.

¹⁸⁴ Zsidóknak: 9:5.

¹⁸⁵ Ezékiel: 10:9.

¹⁸⁶ Idézi: Hart: Prehistory, p. 174.

¹⁸⁷ idézi: Hart: uo.

¹⁸⁸ Wissmann: i.m., p. 50.

¹⁸⁹ Hart: Prehistory, p. 179.

¹⁹⁰ Gillipse: i.m., p. 16.

¹⁹¹ Hart: Prehistory, p. 180.

Repülés, inherens könnyűség és úszás: Meerwein és a XVIII. sz-i elméletek

Meerwein repülőszervezetekkel kapcsolatos elképzeléseinek elméleti háttéréül Johann August Schlettwein (1731-1802) teóriája szolgál, amely alapvetően arisztotelianus felfogásból kiindulva tárgyalja a madarak repülését – ez a kortársak számára persze lényegesen kevésbé tűnhet furcsának, mint ahogy utólag gondolnánk. Kisebb vagy nagyobb mértékben egész sor arisztotelészi gondolat tovább él egészen az 1700-as évek végéig: egyebek között lehetne hivatkozni a korábban tárgyalt Galiénre, de említhetnénk Joseph Jerome Lalande-ot (1732-1807), a neves francia csillagászt is, aki 1792-ben még teljesen a Sztagirita elképzeléseit követve tárgyalja a meteorokat¹⁹².

Nem meglepő hát, hogy némelyek úgy gondolják a XVIII. sz. végén, hogy az empedoklészi és arisztotelészi „felsőbb elemek” inherens, benne rejlő hatására jön létre a repülés – de ez a nézet azért közelebről sem tekinthető egyeduralkodónak. Mások szerint ugyanis az „ellenállás” a kulcsfogalom: akció és reakció zajlik le, miközben a szárny úgy hat a levegőre, mintha az szilárd anyag lenne. Egy harmadik elmélet hirdetői viszont amellet érvelnek, hogy bár valóban kölcsönhatás zajlik ugyan a szárny és a levegő között, a hangsúly azon van, hogy a szárny ferde síknak tekinthető; és akadnak olyanok is, akik szerint a madár egy különleges képessége révén tudja hasznosítani a „levegőben rejlő energiát”. Meg persze azt a valóban népszerű elméletet sem szabad elfelejtenünk, mely szerint a repülés az úszáshoz hasonló folyamat, és a levegő tulajdonképpen ritka folyadék, amin a madár szárnyai segítségével mintegy keresztülevez. Továbbá bőven vannak olyanok, akik úgy gondolják, hogy a levegő rugalmassága hozza létre a felhajtóerőt, amit a szárny tollainak rugalmassága csak tovább fokoz; vagy hiszik azt, hogy az izmok együttműködése hozza létre a repülést, azaz egyes izmok „hátralökődnek”, míg mások előre mozgatják a madarat¹⁹³.

Figyelembe véve a kor tudományosságát, természetesen nehéz lenne az állítani, hogy az egyik elmélet egyértelműen „jobb”, mint a másik, azt azonban mégis bátran feltételezhetjük, hogy Meerwein elképzelései még az 1700-as években sem tartoznak a szélesebb körben elfogadott teóriák közé. A német kutató ugyanis Schlettwein nézeteit magáévá téve úgy véli, hogy a levegő inherensen inkább könnyű, mint nehéz, és a föld közelében a víz és a tűz kölcsönös vonzódása hatására keveredik a föld részecskéivel, és mivel a tűz meg a víz sokkal koncentráltabban van jelen a földben, mint a levegőben, a földhöz közeli levegő erősen koncentráldva csapódik le. A következő, felsőbb levegőréteg vonzódik az alatta lévő, magasabb koncentrációjú réteghez, és így tovább – ezért nem szökik ki az űrbe a legfelső, illékony réteg. Vagyis a súly ebben a rendszerben a réteges atmoszférához van hozzárendelve, és a fentebb elhelyezkedő levegőréteg relative könnyebb, mint a lejjebbi. Ha tehát a felsőbb levegőréteget megfelelő sebességgel mozgatja lefelé a madár, akkor megszűnik a súlya, és egyensúlyi helyzetbe kerül – a hatás nagysága pedig logikus módon arányos lesz a levegő mennyiségével, valamint a szárnycsapás gyorsaságával. Akár úgy is fogalmazhatnánk, hogy a madár az alatta levő levegőt alátámasztási pontként használja, aminek a segítségével mintegy felemeli magát... A nagy madarak pedig azért csapnának ritkábban, mert ha szárnyuk alulról konkáv alakot vesz fel, úgy súlyuk révén automatikusan elég lefelé szökő levegőt gyűjtenek össze ahhoz, hogy kiegyenlítsék a süllyedést. Az előrehaladás pedig annak hatására jön létre, hogy a konkáv szárnyak hátrafelé is „lökik” a levegőt¹⁹⁴.

¹⁹² Ley: Watchers, p. 235.

¹⁹³ Hart: Prehistory, p.57-58.

¹⁹⁴ Hart: Prehistory, p. 180-182.

Erők, madarak, teoretikusok

Persze nem csak azok állnak elő újabb és újabb elméletekkel, akik az emberi repülés megvalósításán fáradoznak. Chevalier de Viviens (1697-1780) például nem tudja megfigyelni a vitorlázó madarak (állítólagos, a galenoszi elképzelések alapján feltételezett) parányi szárny-csapásait, ezért már 1742-ben módosítja a fejezet végén kissé részletesebben is bemutatott tonikus repülés elméletét: egy eddig ismeretlen fizikai erő létét feltételezve kijelenti, hogy egy „részekre osztódó” vagy „kiterjedő” test egy bizonyos „centrifugális erőt” szerez meg, ami lehetővé teszi a madárrepülést. „Azt állítom – írja –, hogy a madarakban és körülöttük ilyen [erő] található... aminek centrifugális ereje a légellenállással együtt egyenlő a madár súlyával, [és] nagyobbá válik, ha az felemelkedni, míg kisebbé, ha leszállni akar.”¹⁹⁵ A „centrifugális erő” itt valójában a newtoni gravitációval azonosítható „centripetális erő” hatását küszöböli ki, és tulajdonképpen valamiféle „antigravitációként” működve akkor is csökkenti az anyag-részecskék speciális gravitációját, ha az anyag részekre van osztva vagy vékony lappá alakítjuk.

Ez a különleges „centrifugális erő” tartalmazó anyag a madár levegővel teli testüregeiben lenne található, és ennek segítségével a repülő lény ugyanúgy volna képes változtatni a felhajtóerőt, miként a hal az úszóhólyag segítségével teszi – sőt, tulajdonképpen teljes mértékben ettől függene repülési képessége is¹⁹⁶.

És itt érdemes némiképp előrelépni az időben, a hal úszóhólyagja és a madarak légzsákja közötti feltételezett, bizonyos párhuzamok ugyanis még jóval később is foglalkoztatják az embereket: a XX. sz. elején Hiram Maxim (1840-1916), a gazdag fegyvergyáros, aki amúgy (egyáltalán nem indokoltan) önmagának szeretné tulajdonítani a motoros repülés megvalósítását, arra a következtetésre jut a jó vitorlázórepülő madarakkal kapcsolatban, hogy „A hal úszóhólyagja valóban nagyon érzékeny barométer, ami finom idegekkel van ellátva, és ami a hal számára lehetővé teszi, hogy megérezze, emelkedik-e, vagy süllyed... nincsen kétségem afelől, hogy a levegőcellák, amikről tudjuk, hogy nagy számban lelhetőek fel a madarak testében, olyan érzékenyek, hogy segítségükkel a vitorlázó madár meg tudja állapítani, emelkedő vagy süllyedő légoszlopba került-e.”¹⁹⁷

Alapvető különbség azonban a két felfogás között, hogy Maxim a légáramlások irányának érzékelésére helyezi a hangsúlyt, Viviens pedig az úszóhólyag-párhuzamon messze túlmenve azt is feltételezi, hogy a tollakban található meg a „centrifugális erőt” tartalmazó szubsztancia – és ezért nem képesek a madarak megnyesett szárnyal repülni (miközben rövid tollú evezővel ha rosszul is, de azért lehet evezni). Az elmélet szerint minden élőlény birtokol valamennyit ebből a különös anyagból, ami az arisztotelészi, felfelé törekvő tüzelemmel, valamint az élet principiumával van rokonságban, és ez magyarázná meg azt is, hogy miért olyan magas a madarak testhőmérséklete. Így aztán a szárnyaknak végül csak annyi szerepük marad, hogy az egyensúlyi helyzetben lévő madár számára mintegy evezőül szolgáljanak¹⁹⁸.

Viviens kortársa, Johann Esaias Silberschlag (1721-1791) viszont Leonardóhoz hasonlóan arról van meggyőződve, hogy a madár azért repül, mert összenyomja a levegőt, méghozzá a szárny rugalmasságából kifolyólag lecsapáskor sokkal inkább, mint felcsapáskor (és az összenyomott levegő ereje hajtja előre). Történetünk szempontjából azonban fontosabb talán, hogy az elsők között tárgyalja a szélhez viszonyított relatív sebességet: ha megfelelő sebességű szembeszél fúj – mondja – ekkor a madár képes lehet egy helyben lebegni¹⁹⁹.

¹⁹⁵ Idézi: Hart: Prehistory, p. 76.

¹⁹⁶ Hart: Prehistory, p. 76.

¹⁹⁷ Maxim: Artificial and Natural Flight, p. 23.

¹⁹⁸ Hart: Prehistory, p. 76.

¹⁹⁹ Hart: Prehistory, p. 77.

François Huber (1750-1831) 1784-es tanulmányában alakjuk szerint különbözteti meg az „evező-”, illetve „vitorlázószárnyakat”, és ennek megfelelően ő is feltételezi, hogy a szélnek is van valamiféle aerodinamikai hatása. Ami az előbbieket illeti, „Az a különbség a repülve-evezés és a hajós evezője között – írja –, hogy míg az egyik közvetlenül lefelé csap, addig a másik előre és hátra”²⁰⁰, a „vitorlázószárny” viszont szélesebb és jobban megkülönböztethetőek rajta a különálló evezőtollak.

Hubernál teljesen egyértelmű a repülés és az evezés közötti párhuzam, a vele nagyjából egy időben élt Paul-Joseph Barthez (1734-1806) viszont úgy véli, hogy „a madarak szárnyának repülés közbeni mozgása egyedülálló módon analóg az ember kezének úzás közbeni mozgásával”²⁰¹, és ebben a már Leonardónál is majdnem szó szerint ugyanilyen formában felbukkanó megállapításban (tekintetbe véve a mögötte meghúzódó elméletet) nincsen is semmi meglepő, miként abban sem, hogy a tudós kijelenti: a repülés oka az izmok haladási iránnyal ellentétes mozgása a testben. Minden bizonnyal nem egy ember vallja ezt a felfogást az 1700-as évek második felében, de annak, hogy ki mit gondol a repülés (és különösen a madárrepülés) mibenlétéről, továbbra is legfeljebb elvi jelentősége van.

A kísérletezők ugyanis még mindig leginkább „a való életből” akarják ellesni a madárrepülés titkát.

Szerencsés kudarcok

A XVII. sz.-hoz képest a feltalálók egy része nem éri be a pusztán testre csatolt szárnyakkal, és bonyolultabb, futóművel, géptörzzsel, kormányművekkel is felszerelt gépeket terveznek, de Bacqueville márki kb. 1680-1760) azonban még 1742-ben is közvetlenül kezeihez és lábaihoz rögzített „darázsszárnyakkal” akarja átrepülni a Szajná, és lábtöréssel ússza meg a dolgot²⁰².

Ha minden igaz, még ennyi sérülést sem szenved az első ismert magyarországi repülési kísérlet valószínű végrehajtója, Cyprian Jaisge (1708-1775), a szepesi Vörös Klostrom szerzetese valamikor 1768 körül, aki karjaira csatolt szárnyakat használt volna, amiknek „két nyúlványa is volt, melyeket a két főszárny óraszerkezettel hozott mozgásba”²⁰³.

Az adatok túlságosan hézagosak ahhoz, hogy pontosan megérthessük, miről is van szó, hiszen az eseményről szóló beszámoló legalább ötven évvel későbbi. Ezért aztán legfeljebb annyit állapíthatunk meg, hogy ha egyáltalán sor került a valóságban a repülésre, akkor talán siklórepülés történhetett – ám ez sem bizonyos. Az óraművel összekapcsolt „nyúlványok” ugyanis mintha arra utalnának, hogy Jaisge is izomerővel akar lefelé csapni, míg felfelé egy rugós szerkezet emelné a szárnyakat (akárcsak számos más, XVIII. sz-i megoldásnál is). Csak éppen ebben az esetben ugyanaz lenne a probléma, mint Simon mágusnál: nem valószínű, hogy az aktív repülésre szánt, karokra szerelt szárnyakkal lehetséges volna a siklórepülés.

Biztos viszont, hogy a szintén egyházi hivatást választó Pierre Desforges (szül. 1723 k.) 1772-es kísérlete teljes kudarcba fullad: az ejtőernyőhöz hasonló tetőzettel ellátott fűzfagondolat evezőszerű szárnyak hajtánák előre, de a szerkezet nyilvánvalóan nem alkalmas repülésre, noha az abbé kezdetben azt reméli, hogy nem csupán kb. 600 km-t tud majd megtenni vele egyvégteben, de speciális tetőzete révén képes lesz szükség esetén meglehetősen nagy távon keresztül vitorlázni is.

²⁰⁰ Hart: Prehistory, p. 79-82.

²⁰¹ Idézi: Hart: Prehistory, p. 83.

²⁰² Reay: i.m., p. 20.

²⁰³ Idézi: Csanádi - Nagyvárad - Winkler, p. 10.

Desforges különböző érveket sorakoztat fel elképzelései mellett, amik jól rávilágíthatnak a kor gondolkodásmódjára is: nem kell attól tartani – jelenti ki –, hogy ott fenn túlságosan ritka a levegő, hiszen a gyors mozgás úgyis megtölti az ember tüdejét. A túlságosan nagy sebesség ellen a gyomra köré csavart papundekli fogja megvédeni a pilótát, akinek egyébként madárfejformájú, üvegszemekkel díszített kartonpapír-sapka egészíti ki az öltözékét (hasonló külsejű lett volna Joao Tortót és Grimaldi állítólagos gépe is annak idején). A madarakkal való – legalább alaki – kapcsolatra utal az is, hogy az egyik, legalább két ember szállítására is alkalmas változatban az utas a pilóta alatt foglalna helyet, mivel ez az elrendezés olyan, „mintha egy sas galambot szállítana a karmaiban”²⁰⁴.

A La Manche-csatornát majd 1785-ben ballonnal elsőként átrepülő Jean-Pierre François Blanchard (1753-1809) kézzel-lábbal működtetett „Vaisseau-Volant”-ja viszont ismét az úszás és repülés párhuzamba állításához kanyarodik vissza az 1780-as évek elején: ennek konstrukciója egészen olyan, mint egy négy szárnnyal és mennyezettel felszerelt csónak. Persze neki sem sikerül megvalósítania célját²⁰⁵ (pedig a Journal de Paris 1781. augusztus 28-i számában magabiztosan bejelenti, hogy nemsokára pusztán izomerejét felhasználva úgy fog repülni, mint egy holló²⁰⁶), miként kortársának, Laurent Gaspard Gérard-nak sem, aki 1784-ben „uszonyokat” tervez a repüléshez, illetve egyes források szerint robbanások ereje által előrehajtott ornitoptert²⁰⁷.

Természetesen bármelyik is az igaz, egyik sem tekinthető különösebben eredetinek: a repülés és úszás párhuzamba állításából egyenesen következik az uszony ötlete, és már Cyrano de Bergerac (1619-1665) is eljátszadzik a csapkodószárnyas repülőgép és a rakétahajtás kombinálásának gondolatánál²⁰⁸. De azért vannak különbségek is: míg Cyranónál ez a megoldás valószínűleg csak a magas hegyről történő indulást helyettesítené, addig Gérard általában véve kevesli az ember izomerejét.

Kiegészítés: a repülés lehetőségei és következményei

A levegőnél könnyebb repülés megvalósulása után a kormányozhatóság kerül az érdeklődés homlokterébe: Gaspard Monge (1746-1818), a projektív geometria kidolgozója például azt a mai szemmel nézve különös javaslatot teszi, hogy huszonöt ballont kapcsoljanak össze úgy, hogy a „ballonlánc” elemei minden irányba szabadon elmozdulhassanak, akár egy nyaklánc szemei. A kapitány utasításait követő léghajósok akként mozgatnák a ballonokat, hogy az a kígyó mozgását utánozva haladjon előre²⁰⁹.

Monge ötlete persze cseppet sem hasonlít kortársaiéra, akik általában a csapkodószárnyas kísérletek során szerzett tapasztalatokat és technikai megoldásokat akarják felhasználni, ami még inkább az ornitopterekre irányítja a figyelmet. És a fokozódó érdeklődéshez járul az is, hogy a repülés megvalósulását követően már nem is tűnik olyan valószínűtlennek a levegőnél nehezebb repülés megvalósulása sem.

Másfelől továbbra is számos tudós ért egyet Lalande azon megállapításával, mely szerint „Oly régen és oly sokat írogatnak repülőgépekről meg varázsvesszőkről, hogy az embernek már-

²⁰⁴ Hart: Prehistory, p. 161-163.

²⁰⁵ Reay: i.m., p. 23.

²⁰⁶ Wissmann: i.m., p. 49.

²⁰⁷ Gibbs-Smith: Aeroplane, p. 6-7.

²⁰⁸ Cyrano de Bergerac: Holdbéli utazás, p. 15.

²⁰⁹ Valentine - Tomlinson: i.m., p. 120.

már azt kell gondolni, el is hiszik mindezeket a sületlenségeket. [Pedig] matematikai szigorral nyert bizonyítást, hogy az ember nem emelkedhet fel a levegőbe [levegőnél nehezebb szerkezettel], és nem is tudhat ott fennmaradni... Csak tudatlan bolondok bízhatnak ilyen képtelen ötlet megvalósításában.”²¹⁰

A „matematikai szigorú” bizonyítás Isaac Newtontól (1643-1729)²¹¹ származik, aki egy utólagos megfogalmazás szerint úgy vélte, hogy a levegőben mozgó „síklapon ébredő ellenállás annak a szögnek a négyzetével arányos, mely szöget a síklap a repülés irányával zár be”²¹². Ebből viszont az következik, hogy ha a szárnyon (azaz a síklapon) a lehető legnagyobb felhajtóerő jön létre, akkor igen nagy lesz a légellenállás, kis szög esetén viszont túlságosan nagy és súlyos szárnyra van szükség. Ennek megfelelően mondja majd 1890 körül a híres fizikus, lord Kelvin (sir William Thomson, 1824-1907), hogy „nem létezhet levegőnél nehezebb repülő szerkezet”, és az amerikai csillagász. Simon Newcomb (1835-1909) az 1900-as évek elején, hogy „A [levegőnél nehezebb] repülés a problémák azon osztályába tartozik, amivel az ember soha nem fog megbirkózni”²¹³.

De nem csupán a levegőnél nehezebb repülés megvalósíthatósága vitatott egészen a XX. sz.-ig, hanem általában véve a repülés különféle hatásai is, akárcsak száz évvel korábban. Johann Esaias Silberschlag 1781-ben kijelenti: egyáltalán nem bánja, hogy az ember izomereje nem elégséges a repüléshez, hiszen ha lennének szárnyas tolvajok, senki sem tudná megvédeni tőlük az otthonokat²¹⁴. Meerwein könyve francia kiadásának függelékében egy bizonyos „M. de G.” arról értekezik, hogy a „repülő szerelmesek” megjelenése micsoda veszélyeket jelentene az erkölcsökre nézve, Meerwein viszont úgy gondolja, hogy a repülés ugyanúgy felhasználható jó és rossz célokra is, mint a lőfegyver, amivel egy gyerek megvédheti magát a rablóktól. Laurent Gaspard Gérard pedig azt javasolja, hogy minden repülőszerkezet kerüljön állami tulajdonba, és szabályozzák a lehető legszigorúbban az egyéni repüléseket²¹⁵.

Ám nem mindenki tulajdonít különösebb fontosságot az efféle kérdéseknek. Dr. Samuel Johnson már 1784-ben arra az álláspontra helyezkedik, hogy „Ismerünk egy módszert a levegőbe való feljutásra, és én úgy gondolom, hogy igazán nem érdemes ennél többet tudni... Inkább egy olyan szert szeretnék találni, ami elmulasztja az asztmát.”²¹⁶

2. Kiegészítés: „tonikus” és vitorlázórepülés

Hosszú időn keresztül nehéz, sőt, csaknem megoldhatatlan feladat magyarázatot találni madarak egy helyben lebegésére, az arisztotelészi fizika alapján ugyanis nem nagyon képzelhető el „felfelé fújó szél”. És legalább ekkora, ha nem nagyobb problémát jelent a vitorlázórepülés is, az i. sz. II. sz.-i galenoszi elmélet szerint ugyanis a madár repülése bizonyos biológiai vibrációk eredménye: az izmokban létrejövő gyors rezgések hatnak a lezuhanás ellen, ám ezek a mozgások azonban nem azonosak a szárnyak gyors és nagyfrekvenciás, parányi mozgásaival. Inkább olyan energiaként kell elképzelnünk, ami direkt módon a testsúly ellen dolgozik, és távol tartja a madarat a földtől. A biológus Ulysses Aldrovandus 1599-ben úgy

²¹⁰ Idézi: Wissmann: i.m., p. 49.

²¹¹ Gergely- naptár szerint.

²¹² Idézi: Kármán - Edson: Örvények, p. 49.

²¹³ Idézi: Langford – Morgan: Facts and Fallacies, p. 28-29.

²¹⁴ Hart: Prehistory, p. 121.

²¹⁵ Hart: Prehistory, p. 120.

²¹⁶ Idézi: Langford – Morgan: i.m., p. 28.

fogalmaz, hogy a madarak a szárnyukban rejlő feszültség (tenzió) révén repülnek – egyes értelmezők szerint aztán ez az erő válik az „animal spirit”-té, ami maga az életerő. Ezzel persze egy mesterséges szárny nem lehet felruházva²¹⁷, úgyhogy ezt a gondolatmenetet követve ír a XVII. sz-i francia fizikus, Christophe de Villiers 1634-ben Martin Mersenne-nek (1588-1648) a siklórepülés lehetetlenségéről: „Nincsen az az ügyesség – jelenti ki –, ami lehehetővé tenné, hogy utánozzuk a héják repülését, amikor azok körben vagy többé kevésbé vízszintesen, állati szellemmel áthatott, tonikus repüléssel és szárnymozgással maradnak a levegőben... Az ember héjaként kiterjesztett szárnyai mozdulatlanok maradnának, és más szárnyakra lenne szükség, hogy azok fenntartsák őket. Mert lehetetlen mesterséges szárnyakkal utánozni a héja szárnyának „tonikus mozgásait”, mivel az utáncat nem tudja magába fogadni a hajtóerőt létrehozó állati szellemet. Könnyebben meggyőzhető lennék arról, hogy... szárnycsapások segítségével függőlegesen fel lehetne emelkedni, noha a nehézségek, mint mondd, nem csekélyek.”²¹⁸

Jean Antoine Nollet abbé a késői XVIII. sz.-ban véli úgy, hogy azért látjuk a vitorlázó madár szárnyát mozdulatlanok, mert „a vibrációk olyan gyorsak és kicsik, hogy bizonyos távolságból már lehetetlen észrevenni őket”²¹⁹.

És ha a későbbi kutatók el is vetik a tonikus repülés elméletét, a vitorlázórepülést azért a továbbiakban is nehezen vagy éppen sehogy sem utánozható művészetnek tekintik egészen az 1800-as évek második feléig. Márpedig ez a meggyőződés nagyban hátráltatja a levegőnél nehezebb repülés kialakulását, mivel a kutatók nem mernek előbb a mai tudásunk szerinti egyszerűbb megoldással, a siklórepüléssel kísérletezni. D’Esterno például hisz ugyan a vitorlázórepülés lehetségeségében, mégis úgy gondolja 1864-ben, hogy ennek megvalósításához az embernek egész életén keresztül kell gyakorolnia, hiszen érzékszervei nem olyan kifinomultak, mint a madaraké²²⁰. Hiram Maxim még 1908 körül is azt hajtogatja, hogy „Soha nem leszünk képesek utánozni a madarak vitorlázórepülését. Nem remélhetjük, hogy [valaha is] képesek leszünk olyan érzékeny szerkezetet készíteni, ami eléggé gyors lesz a levegő felszálló áramlatainak kihasználásához”²²¹, és ennek megfelelően csak motoros repülés képzelhető el.

3. Kiegészítés: antigravitáció és repülés

Amikor Vivien tulajdonképpen „antigravitációs” erő létét tételezi fel a madárrepülés magyarázatakor, egyáltalán nem a kor tudományosságától eltérő módon jár el. Valamivel később, 1755-ben maga Immanuel Kant (1724-1804) is arról beszél, hogy „a természet nagy rendjének kifejtéséhez semmilyen más erőt nem alkalmaztam, mint vonzó- és taszítóerőt [vagyis antigravitációt], ezek pedig egyaránt egyszerű, eredeti és általános erők. Mindkettőt a newtoni bölcslethez merítettem. Az első immár kétségtelen természettörvény. A másodikat, amelyet a newtoni természettudomány talán nem tudott ilyen világosan kifejteni, csak olyan értelemben használom, amelynek jogosságát senki sem vitatja...”²²²

Az első, antigravitációval „működő” jármű (egy űrhajó) George Tuckler 1827-es regényében (‘A Voyage to the Moon’) jelenik meg, miután felfedeznek egy anyagot, a „lunáriumot”, ami

²¹⁷ Hart: Prehistory, p. 61.

²¹⁸ Idézi: Hart: Prehistory, p. 61.

²¹⁹ Idézi: Hart: uo.

²²⁰ Valentine – Tomlinson: im., p. 167

²²¹ Maxim: i.m., p. 23-24.

²²² Kant: Az ég általános természettörténete, p. 47.

nem a Föld, hanem a Hold felé esik. „Ez az elv, a repulzió – magyarázza a szerző szöcsöve – ugyanolyan, mint a gravitáció a Földön. Emiatt törekszik felfelé a tűz. Ez található meg az elektromosságban. Ez okozza a víztölcséreket, vulkánkitöréseket és földrengéseket...”²²³ Ebben az esetben nyilvánvalóan nem annyira a „szimmetriára” való törekvés, hanem az arisztotelészi természetes helyek elméletének módosított változata játssza a főszerepet.

Az antigravitáció felfedezésére törekvő „Gravity Research Foundation” viszont nem a Sztagírita tanításainak köszönhetően születik 1948-ban, hanem azért, mert az alapítványt létrehozó volt tőzsdeügynök, Roger Babson hisz Thomas Alva Edison-nak (1847-1931), aki azt mondja neki, hogy „Találnia kell valamit, ami szigeteli a gravitációt. Azt hiszem, ez valami ötvözet lehet.” Babson ezért kezd a témával foglalkozni, és ő is nagy szerepet szán az antigravitációnak a repülésben. „nagyon valószínű – jelenti ki magabiztosan –, hogy egy nap az antigravitációs ötvözetből szárny fog készülni, és ez majd lehetővé teszi, hogy könnyű, izmos emberek a saját erejükből repüljenek.”²²⁴

²²³ Idézi: Freedman: i.m., p. 158.

²²⁴ Gardner: Fads and Fallacies, p. 93-96.

VI. Az ornitopterek fénykora

Cayley, Walker és az áramvonalas test problémája

Számos tudós állítja, hogy az angol Sir George Cayley (1773-1857) a repülés történetének egyik legfontosabb alakja, és jelentősége legalább Otto Lilienthalhoz (1848-1896) vagy a Wright-fivérekhez fogható. Az ő nevéhez kapcsolják az első tökéletes siklógép elkészítését; a repülési stabilitás kielégítő megoldását; annak felismerését, hogy az ívelt szárnyszelvény nagyobb felhajtóerőt hoz létre, mint a sima; és azt a megállapítást is, mely szerint az áramvonalas testnek van a legkisebb légellenállása²²⁵.

Valójában hiba volna mindezeket az eredményeket neki tulajdonítani, noha az áramvonalasság esetében például kimondja, hogy „Kísérletek alapján megállapítást nyert, hogy az orsó hátsó része ugyanolyan fontos az ellenállás csökkentése szempontjából, mint az eleje. Ez az akadályozó test mögött létrejövő részleges vákuumból következik. Ha ezt a teret nem tölti ki szilárd test, akkor hidrosztatikus nyomás lép fel, és átvivődik az orsóra. Ez világosan látható a teljes vitorlázattal haladó hajó kormánylapátja mellett, ahol a víz szintje magasabb, mint körülötte a tenger.”²²⁶

Azt is ki szokták emelni, hogy már 1799-ben elkülöníti az előreajtó rendszert a felhajtóerő-termeléstől, mivel megfigyelései szerint „a madarak szárnyának csak mintegy harmadrésze szolgáltatja az előreajtó mozgást, a többi... fenntartja [a testet a levegőben] lecsapáskor, és amikor visszatér a szárny”²²⁷.

Ez a megoldás nagy hatással lesz egyes „repülőgép-konstruktőrökre”, ám – mint korábban már szó esett róla, ugyanezt az elkülönítést már Swedenborg (sőt, már Leonardo is) végrehajtotta. Persze az is kétségtelen, hogy Thomas Walker például, aki 1810-ben ornitopterépítés gondolatával kacérkodik, Cayley munkásságával megismerkedve, 1831-ben már tandemrendszerű, merev szárnyú gép tervét publikálja, ahol a csapkodószárnyak kizárólag előreajtásra szolgálnak²²⁸, vagyis az angol tudós hatása azért vitathatatlan.

De még mielőtt folytatnánk a történetet, talán érdemes egy néhány mondatos kitérőt tenni, mivel Walker jellegzetes XIX. sz. eleji kísérletező, aki már 1810-ben azt reméli, hogy gépe, amiben „ember ül, és emelőkkel működteti a szárnypárt, képes [lesz] a levegőbe emelkedni és könnyebben repülni, mint egy madár”. És kidolgoz egy elméletet az állati repülésről is: eszerint a tökéletesen függőleges irányban lefelé csapó szárny hatására összesűrűsödő levegő „rugalmas ereje révén ellenállást fejt ki a szárnyak alsó részével szemben a csapás sebességével és a szárnyak kiterjedésével arányosan, és felfelé mozgatja a madarat; ugyanekkor a szárnyak hátsó éle, lévén gyengébb vagy rugalmasabb, mint a belépőélek, utat enged az összenyomott levegő ellenálló erejének... és ily módon hajítóerőt hoz létre, ami előremozgatja a madarat.”²²⁹ Ezzel ellentétben Cayley viszont már bő tíz évvel korábban, 1799-ben olyan vázlatot készít, amin a pilóta egy erőátviteli mechanizmus segítségével mozgatja az „evezőrendszert”, miközben hajlított szárnyfelület gondoskodik a felhajtóerőről²³⁰.

²²⁵ Gibbs-Smith: *Aeroplane.*, p. 5.; Berget: *Léghajózás*, p. 223.

²²⁶ Idézi: Pritchard: *Sir George Cayley*, p. 53.

²²⁷ Idézi: Pritchard: *i.m.*, p. 243.

²²⁸ Gibbs-Smith: *Aeroplane*, p. 12.

²²⁹ Means: *James Means*, p. 37-39.

²³⁰ Gibbs-Smith: *i.m.*, p. 7.

Az evezőkre emlékeztető megoldás persze mindkét elképzelésben jelen van, és ez egyáltalán nem véletlen. Ugyanis még az 1800-as években is erősen tartja magát az az elképzelés, mely szerint a madár úgy repül a levegőben, ahogy az ember úszik a vízben, és innét továbblépve nem nehéz (miként a korábbi századokban is történt) párhuzamot vonni a repülés és az evezés közé, mondván, hogy mindkettő hasonlít az úszásra is. Egy Randles nevű teoretikus majd a század második felében fog odáig merészkedni Wenham általunk később tárgyalandó téziseivel kapcsolatban, hogy kijelentse: mivel a madár tollai lecsapáskor összezárulnak, felcsapáskor pedig szétnyílnak, hogy utat engedjenek a levegőnek, ezért nyilvánvaló, hogy az ember is úgy úszik, hogy miközben előremozgatja a kezét, szétnyitja az ujjait²³¹. És Cayley is azt mondja egy helyütt, még inkább aláhúzva ezzel a levegő és a víz hasonlatosságát, hogy „Azt a végtelen, hajózható óceánt, ami mindannyiunk küszöbét nyaldossa, nem szabad kihasználatlanul hagynunk”²³² – és ennek a „meghódítását” leginkább csapkodószárnyas szerkezetek segítségével tervezi.

Igaz ugyan, hogy 1796 óta ismeri a propellert²³³, de ezt viszonylag kevésbé tartja fontosnak. Ezen a területen egyébként nem is tarthatna igényt az elsőségre: a francia léghajós, Jean-Baptiste Meusnier már több, mint egy évtizeddel előtte, 1784-ben izomerejű, légsavarhajtású „zeppelint” képzel el²³⁴. Cayley pedig 1816-ban olyan, mai szemmel nézve meghökkentő és fantasztikus, gőzhajtású léghajóra tesz javaslatot, amit „rézsútosan lengő” csapkodószárnyak hajtának előre. És bár később mégis említi, hogy erre a célra a propeller is használható volna²³⁵, mindvégig az ornitópter típusú konstrukcióknak biztosít elsőbbséget, mivel nem csupán az izomerejű repülés esetén, de általában véve is egyszerűbbnek találja a csapkodószárnyas megoldást. És ennek megfelelően – kortársaihoz hasonlóan – lényegesen többet foglalkozik a madárrepüléssel, mint a légsavarok elméletével.

Már 1808 körül úgy gondolja, hogy a madárszárny külső részének tollai együtt hajlanak meg és tulajdonképpen úgy működnek, mint egy légsavar²³⁶, és ennek megfelelően veti el azt a különben igen népszerű elképzelést, mely szerint a madár teljes szárnyával csap hátra és lefelé, miként az úszó a kezeivel. Nincsenek egzakt mérési eredmények arra vonatkozóan – állapítja meg –, hogy mekkora erőt fejt ki a madár repülés közben, és csak két megoldás között választhatunk: vagy úgy hajtjuk előre a repülő testet, ahogy az evezős a csónakot: függőlegesen a közegbe merülő evezőtollakkal; vagy a madarat utánozva és bizonyos szög alatt csapva. És a számítások arra mutatnak, hogy a madárszárny-megoldás több, mint tízszer előnyösebb a másikinál²³⁷.

Ebben az esetben a felhajtóerő úgy jönne létre, hogy az alulról konkáv szárny alsó fele alatt növekszik a légnyomás, amit az okoz, hogy a belépőélnél leszakad a légáramlás: „A folyadék [a levegő] felgyűlik az üregben, és a hátsó élnél elszökik, ahol figyelemre méltó módon lefelé áramlik”²³⁸, és ez a hatás emeli a szárnyat. Vagyis Cayley szerint a felhajtóerő létrejöttében kizárólag a szárny alsó részének van szerepe – és ez a megállapítás bizony messze esik attól a sokszor hangoztatott kijelentéstől, hogy felismerte volna az ívelt szárnyszelvény „aerodina-

²³¹ Wenham: *Aerial Locomotion*, p. 43.

²³² idézi: Wissmann: i.m., p. 181.

²³³ Gibbs-Smith: i.m., p. 7.

²³⁴ Gillipse: i.m., p. 108.

²³⁵ Pritchard: i.m., p. 96-103.

²³⁶ Gibbs-Smith: *Aeroplane*, p. 7.

²³⁷ Pritchard: i.m., p. 240.

²³⁸ Pritchard: i.m., p. 54.

mikailag kedvezőbb voltát”. Az sem tekinthető áramlástani tudása mellett szóló érvenek, hogy a pizstráng testfelépítését figyelembe véve tervezett csónakjának alakja meghökkentően hasonlít egy modern repülőgép alacsony légellenállású szárnyának keresztmetszetéhez²³⁹ – elvégre nem csupán a közegek különbözőek, de azok a sebességtartományok is, melyekben a csónak, illetve a repülőgép mozog.

Ráadásul ott van az az élete vége felé elképzelt, furcsa légi jármű is, amit két pár függőleges légcsavar emelne a levegőbe és másik kettő mozgatna előre – a gép törzse pedig madárfejben kezdődik²⁴⁰.

Amire persze lehetne azt mondani, hogy ez pusztán „az akkori idők díszítőelemének tekinthető”, de mindent egybevetve sokkal valószínűbb, hogy Cayley egyszerűen abból indul ki, hogy a madarak is jól repülnek ilyen alak mellett, tehát miért ne lehetne a légi jármű eleje madárformájú. És ez nem nagy előrelépés a korábbi századoknak a halak alakját figyelembe vevő „hajótervezési” módszereihez képest.

Cayley, Degen és az izomerejű repülés

Jacob Degen (1756 vagy 1761 – 1848) bécsi órás-mester 1807-től foglalkozik az izomerejű repülés problémájával, és olyan készüléket szerkeszt, amivel a madárrepülést akarja a korabeli elképzeléseknek megfelelően utánozni. A szárnyakon lecsapáskor hétézer csappantyú záródik, majd nyílik felfelé mozgáskor, és ezzel a módszerrel némely források szerint mintegy 40 kg-nak megfelelő felhajtóerőt is létre tud hozni.²⁴¹ Ez persze kevés a szabad repüléshez, ezért Degen előbb ellensúlyokat, később pedig kisméretű hidrogénballont alkalmaz, és egy „súlykiegyenlítéses” bemutató során állítólag több mint 16 m magasba emelkedik, ám 1812-ben a feldühödött párizsiak összetörik a gépét, mivel csalásnak tartják a segédberendezések alkalmazását²⁴².

Cayley-t mégis az ő kísérletével kapcsolatos, hamis híresztelések győzik meg az emberi erővel történő repülés lehetségeségéről: ‘On Aerial Navigation’ című, híres tanulmány-sorozatahoz is ezek adják az indítást. Pedig szó sincsen kézzelfogható bizonyítékokról: lord Mahon például azt írja Cayley-nek, hogy ismer valakit, aki „szemtanúja volt Bécsben M. Degen találománya kipróbálásának, melynek révén [Degen] figyelemre méltó magasságba emelkedett a levegőben, és magam is láttam az erre a célra épített szerkezetről készült rajzot.”²⁴³

Cayley számára nyilvánvalónak tűnik, hogy noha „Wilkins püspök ideje óta a mesterséges szárnyakkal való repülés gondolata mind nevetségesebbé válik, hiszen... a madarak mellizma több, mint egész izomerejük kétharmada”, az izomerejű repülés mégsem lehetetlen, hiszen „nincsen bizonyíték rá, hogy az ember a madárral összehasonlítva gyengébb volna; ezért valószínű, hogy ha minden erejét arra fordítaná, akkor a súlyával arányosan és megfelelően könnyű felület segítségével madárként repülhetne, és M. Degen levegőbe emelkedése elegendő bizonyíték ennek az állításnak az igazolására.”²⁴⁴ Mi több, szerinte még a felszállás is megoldható önerőből, hiszen rövid időn keresztül a nagy sebességgel, felfelé rohanó ember

²³⁹ Pritchard: i.m., p. 53.

²⁴⁰ Pritchard: i.m., p. 195.

²⁴¹ Wissmann: i.m., p. 249.

²⁴² Reay: i.m., p. 34.

²⁴³ Idézi: Pritchard: i.m., p. 62.

²⁴⁴ Idézi: Pritchard: i.m., p. 225-226.

is hatalmas erőt képes kifejteni. Ennek a meglehetősen optimistán csengő állításnak a bizonyítására az 1840-es évek végén maga is készít egy csapkodószárnyas modellt, és saját feljegyzései szerint képes is a levegőbe emelni néhány inch-nyire minden lecsapáskor²⁴⁵. De azért ezek az állítólagos eredmények sem jelentik azt, hogy végső soron ne a motoros repülést tartaná hatékonyabbnak.

Wenham és az állítólagos siklórepülés

Francis Herbert Wenham (1824-1908) 1866-ban, az Aeronautical Society of Great Britain alapuló ülésén számol be elképzeléseiről. A madárrepülést tanulmányozva sajátos akcióreakció elméletet dolgoz ki: szerinte a madár tömegét a levegő sokkalta nagyobb tömege ellensúlyozza, és ehhez nem nagy felületű, hanem nagy fesztávolságú szárnyakra van szükség. Vagyis az a lényeges, hogy a madár szárnya alatt időegység alatt minél több „friss, megzavaratlan” levegő áramoljon el. És persze ugyanilyen fontos az is, hogy minél nagyobb sebességű legyen a mozgás²⁴⁶, mert megfelelő sebesség esetén a levegő „tehetetlensége” ugyanúgy megtartja a testet, mint ahogy az olyan vékony jégen is végig lehetne csúszni, ami beszakadna az álló ember alatt²⁴⁷.

Ezek alapján tételezi fel, hogy „a madarak nem használnak fel több energiát a repüléshez, mint a négylábúak a futáshoz, sőt, lényegesen kevesebbet”²⁴⁸. És azt is feltételezhetőnek tartja, hogy nincsen lényegi különbség a fel- és lecsapás között: „Könnyű elképzelni – jelenti ki –, hogy a lecsapás alatt miként marad a madár a levegőben; de felcsapáskor ugyanilyen jól fenntartja a levegő... valóban, habár a szárny felemelkedhet, a madár a testsúlyának megfelelő erővel gyakorol a levegőre nyomást.”²⁴⁹ A technikai részletek kevésbé érdekesek a számunkra, mint az, hogy egy helyütt a levegő gyors áramlásáról beszél, miközben valójában a madár mozog – és ez azért lehet fontos, mert feltehetően erre a „fordított szemléletre” vezethető vissza az is, hogy 1871-ben elkészíti az első szélcsatornát²⁵⁰.

De amennyire sikeresnek bizonyul a továbbiakban a mozgó és a mozgatott felcserélése, annyira sikertelenek az angol kutató repülő szerkezetei, melyekkel kapcsolatban azt mondja, hogy „a madarak meghatározott mechanikai elvek alapján repülnek” ugyan, ám az ezekkel kapcsolatos megfontolások nem vonatkoznak „a mesterséges szárnyra; így repülő szerkezetet tervezve elfogadhatóak az élő madár megoldásaitól való eltérések”²⁵¹. Ennek megfelelően fog különböző, az élővilágban ismeretlen megoldásokkal (például tandemrendszerű) szárnyakkal kísérletezni, különösebb sikereket azonban nem tud felmutatni. Siklógépe – mellyel saját állítása szerint képes a levegőbe emelkedni²⁵² – már csak azért sem repülhet stabilan és azért is törvényszerű, hogy összetöri, mert nem látja el farkkal (szerinte erre nincsen is szükség, mivel a rövidre vágott farktollú galamb is tud repülni)²⁵³; ornitopterei pedig nyilvánvalóan működésképtelenek, és több szempontból is hagyományos konstrukciójúak: „hosszabb

²⁴⁵ Pritchard: i.m., p. 66.

²⁴⁶ Wenham: i.m., p. 22-30.

²⁴⁷ Wenham: i.m., p. 42.

²⁴⁸ Wenham: i.m., p. 37.

²⁴⁹ Wenham: i.m., p. 29.

²⁵⁰ Anderson: Introduction to Flight, p. 156.

²⁵¹ Wenham: i.m., p. 32-33.

²⁵² Wenham: i.m., p. 34.

²⁵³ Wenham: i.m., p. 30.

mozdulat az egyik lábbal, mint a másikkal – olvasható a kormányzásról –, ekkor a megfelelő propeller [értsd: csapkodószárny] jobban mozog, és a gép ugyanúgy képes a fordulásra, mintha evezős csónakban dolgoznának a lapátok. A propellerek ugyanazon az elven dolgoznak, mint a madarak és denevérek szárnyai”²⁵⁴ – a valóságban azonban mégis leginkább úgy működne a dolog, ahogyan Wenham a bogarak repülését írja le: szerinte a nyitott szárnyfedő „repülőgépként” szolgálva tartja fenn a levegőben a rovar testét, mialatt a szárnyak maguk inkább előre-, mint felhajtóerőt termelnek²⁵⁵.

Fényképek és elméletek

Wenham végső soron azt az irányvonalat képviseli, amely majd a XX. sz. elején a levegőnél nehezebb repülőszerkezetek megalkotásával jut diadalra, és amely számára alapvető fontosságú egyfelől annak a felismerése, hogy a siklórepülés igenis lehetséges; illetve annak a felismerése is, hogy az előre- és a felhajtóerő-termelést szét kell választani. Az általa tervezett, Wenham szándékai szerint a madár repülését utánzó ornitopterek azonban nyilvánvalóan nem lehetnek működésképesek, mivel hiányzik hozzájuk a megfelelő elméleti alap, és J. Bell Pettigrew csak 1873-ban adja ki utóbb meghatározó jelentőségűnek bizonyuló munkáját, az ‘Animal Locomotion’-t, mely szerint a szárny lefelé és előre csap lecsapáskor, felcsapáskor pedig felfelé és előre²⁵⁶.

Ezt Étienne-Jules Marey nem sokkal később fényképfelvételekkel támasztja alá: 1882-re úgynevezett fotópuskát szerkeszt ugyanis, ami előbb 1/720, majd 1/1440 másodperces expozícióval dolgozik. És vele nagyjából egy időben Edward Muybridge is kifejleszt egy eljárást, aminek a segítségével „a röpködő madár egyetlen szárnymozdulatáról egymás után 15 felvételt készített” – mondja egy korabeli beszámoló²⁵⁷.

A gyorsfényképezés a továbbiakban is nagy hatást gyakorol a madárrepülési elméletek fejlődésére: R. Demoll például másodpercenként 150 felvételt készítve bizonyítja be 1930-ban, hogy különbség van a nagy- és a kismadarak szárnycsapásai között, és ezzel részben visszairányítja a tudósok figyelmét a vitorlázórepülésről a csapkodószárnyasra; 1939-ben pedig Max Stolpe és Karl Zimmer azt mutatja ki, hogy a kolibri repülési technikája eltér a kis énekesmadarakétól is²⁵⁸. A példákat lehetne sorolni, de ehelyett érdemesebb megemlíteni, hogy amikor a Wright-fivérek érdeklődése Lilienthal halálhírére a repülés felé fordul, azonnal elolvassák Marey művét a madárrepülésről²⁵⁹. Számukra ugyanis teljesen nyilvánvalónak tűnik, hogy egyszerűen nem tudnának továbblépni a gyorsfényképezés eredményeinek ismerete nélkül.

De azért a korábbi elméletek is hosszasan tartják magukat, és ebből kifolyólag olykor igencsak különös kísérletekre is sor kerül. Az Oroszországban dolgozó dr. Arendt például 1890-ben élő (!) madarakat fagyaszt meg különböző szárny- és farokállásokkal, aztán sárkányra kötve ötven m magasra vontatja őket, hogy siklórepülésüket tanulmányozza. A szintén a cári birodalom területén tevékenykedő Siukov 1908-ban állapítja meg, hogy ha a kilépőélen összeragasztja a nagy szárnytollakat, akkor a madarak teljesen elveszítik repülő-képességüket, ha viszont csak a szárny középső részén találhatóakat enyvezi egymáshoz,

²⁵⁴ Wenham: i.m., p. 36.

²⁵⁵ Wenham: i.m., 28-29.

²⁵⁶ Hart: The Mechanical Investigations, p. 163.

²⁵⁷ Vries: i.m., p. 107-108.

²⁵⁸ Stresemann: Ornithology, p. 351-352.

²⁵⁹ Wright: We Invented, p. 18.

akkor nagyszámú szárnycsapással járó, fárasztó repülésre azért képesek maradnak²⁶⁰. Nagyjából ugyanekkor E. P. Smirnov pedig finom selyemfátyolra két oldalt cigarettapapírt ragaszt, és az így kapott „kivételesen erős és könnyű” anyagot egy siklórepülésre is képes bukógalamb szárnyának alsó oldalára rögzíti, hogy megállapíthassa: a madár ettől kezdve kizárólag szárnycsapások segítségével képes a levegőben maradni, és hamar kifárad. Vagyis – vonja le a következtetést az orosz kutató – a tollak közötti rések elengedhetetlenek a vitorlázórepüléshez, és ennek megfelelően egy jól működő ornitópter szárnyáról sem hiányozhatnak²⁶¹.

Légcsavar, ornitópter, lebegő kerék

A XIX. sz.-ot nem véletlen szokás az ornitópterek fénykorának nevezni²⁶²: ekkoriban minden korábbinál több csapkodószárnyas gép épül. Több, mint valószínű persze, hogy bizonyos mértékig az is befolyásolja a kor utólagos megítélését, hogy több forrás maradt fenn, mint a korábbi századokból, ám az is bizonyos, hogy ekkoriban többet is foglalkoznak a csapkodószárnyas repülés problémájával, mint bármikor ezelőtt vagy ezután. Ehhez jelentős lökést adhatott a léghajózás felfedezése, mivel nyilvánvalóvá tette, hogy igenis lehet repülni – de hamarosan nyilvánvalóvá válnak az olyan, léghajózással kapcsolatos gondok is, mint amilyen a kormányozhatóság, és ez arra sarkallhatja az embereket, hogy visszatérjenek a „hagyományos” elképzelésekhez.

A helyzet majd a légcsavaros repülőgép XX. sz. eleji eredményei hatására változik meg gyökeresen, ekkortól kezdve ugyanis sokan nem látják értelmét, hogy a mindeddig sikertelen utat válasszák, és ennek megfelelően az érdeklődés súlypontja a propellerhajtású, merev szárnyú gépekre tevődik át – ami viszont azt eredményezi, hogy mivel a szakemberek legnagyobbbrészt elhagyják az ornitópterépítés területét, a továbbra is ezzel foglalkozók körében mind nagyobb számban tűnnek fel a dilettánsok, hogy olykor a legminimálisabb előismeretek nélkül vágjanak neki a probléma megoldásának, és végül többé-kevésbé lejárassák magát a témát is, ami – hogy ezzel vissza is kanyarodjunk e fejezet tulajdonképpeni témájához, a XIX. sz.-hoz – az 1800-as években még olyan népszerű, hogy példának okáért az 1860-as években számos díjat is kiírnak működőképes ornitópter megvalósítására.

J. J. Boucart (aki maga is végez sikertelen kísérleteket egy kengyelek segítségével, lépegető mozdulatokkal működtetett, négyszárnyú ornitópterrel) az öt, illetve 12 perc időtartamú repülés megvalósítóinak ajánl fel összesen 7000 franknyi díjat²⁶³; Sutherland hercege pedig az 1868-as, Crystal Palace-ban tartott repülési kiállítás alkalmával kívánja 100 fonttal jutalmazni azt, aki nem ballon- vagy sárkányelvet használva éri el a 120 láb magasságot²⁶⁴.

A pénzjutalmat felajánlók minden bizonnyal tényleg meg vannak győződve a csapkodószárnyas repülés közeli megvalósulásáról – és valóban lehet is hallani erre utaló híreket. Egy Charles Spencer nevű feltaláló éppen a fentebbi kiállításon mutatja be kézzel működtetett ornitópterét, mellyel kapcsolatban azt állítja, hogy „A bevezető, gyors futás ezen elrendezés feltalálójának lehetővé tette, hogy rövid repüléseket hajtson végre 160 láb [sic!] távolságig. Ezen rövid idő alatt a test súlyát a síkok tartották fenn.”²⁶⁵ Számunkra persze már

²⁶⁰ Reay: i.m., p. 58.

²⁶¹ Reay: i.m., p. 58-59.

²⁶² Reay: i.m., p. 31.

²⁶³ Reay: i.m., p. 35.

²⁶⁴ Reay: i.m., p. 37.

²⁶⁵ Idézi: Reay: i.m., p. 31.

valószínűbb, hogy ha van is bármi valóságalapja ennek a híradásnak, akkor legfeljebb magaslatról végrehajtott siklórepülésről lehet szó²⁶⁶ – a későbbiekben tárgyalandó, Pegaut-díj elnyerésére irányuló erőfeszítések éppen eléggé alátámasztják ezt a feltételezést.

És az sem kétséges, hogy eleve kudarcra van ítélve a Spencerrel nagyjából egy időben tevékenykedő, mára szintén elfelejtett W. Gibson is, akinél a két pár szárnyat a kéz- és lábizmok együttesen működtetik. A feltaláló ez esetben azt állítja, hogy „a könnyebb konstrukciójú evezőgéppel... a lábpedálok működtetésével a levegőbe tudta emelni az embert és a gépet, ami azt mutatja, hogy az ember izomzata elégséges ahhoz, hogy fenntartsa a saját súlyát”²⁶⁷ a levegőben, de az időben előrehaladva egyre többen vélik úgy, hogy valamilyen erőgépet is érdemes volna alkalmazni.

J. K. Smythies már 1862-ben gőzhajtású ornitoptert szabadalmaztat, ahol megfelelő áttételek révén a „szárnytollak” lecsapáskor zárulnak és felcsapáskor kinyílnak (a gőzmotortól eltekintve egészen Degen konstrukcióját utánozva); majd 1882-ben működőképes, benzinmotoros modellt is készít, ahol a henger fel-, illetve lemozgása mozgatja a szárnyakat²⁶⁸; és néhány évvel később Edison is motorral felszerelt, csapkodószárnyas gépet tervez, mivel meg van róla győződve, hogy „A madár tud valamit, amit az ember nem – azaz a saját erejéből repülni”. Röviddel később pedig azért hagyja abba a kísérletezést, mert biztosra veszi, hogy „a dolgot addig nem fogják megvalósítani, amíg egy 50 LE-s gép kb. 40 font súlyú nem lesz”²⁶⁹.

A motoros gépekkel kapcsolatos kísérletek megjelenésében valószínűleg nagy szerepet játszik a működőképes modellek szélesebb körű elterjedése is – ezek az izomerő helyett természetesen fel kell használnak valamilyen erőforrást, és így rávezethetik a modellezéssel is foglalkozó konstruktőröket a gépi meghajtás alkalmazására nagyobb méretek esetében is. Alphonse Pénaud (1850-1880) 1871-ben megalkotja az első gumimotoros, propellerhajtású „planofór”-t; 1875-re pedig elkészíti az első működőképes, gumimotoros, csapkodószárnyas modellt is²⁷⁰, és ezen „játékok” további ösztönzést fognak jelenteni a tervezők számára²⁷¹.

De valójában egyáltalán nem annyira kézenfekvő gondolat a motor alkalmazása még az 1800-as évek második felében sem, mint ahogy ma gondolnánk: 1860-ban például még mindig csak az össztömeg 1/1000 részét szállítják gőzhajókkal²⁷² – és a repülés esetében is legfeljebb annyiban más a helyzet, hogy sokáig tartja magát az a nézet, mely szerint az emberi izomerő elégtelen a levegőbe emelkedéshez. A nagy tekintélyű Hermann von Helmholtz (1821-1894) megállapítja, hogy a 4 kg-os golya 0.5 kg izomzatot (12.5%) használ fel a repüléshez, ami az embernél 8.5 kg-nak felelne meg, von Mises pedig azt számolja ki, hogy a mell és a láb izmai együttesen is csak 3%-ot tesznek ki nálunk, és ez szemmel láthatóan kevés a repüléshez²⁷³.

Még akkor is kevés, ha a bizonyos szempontból kedvezőbbnek tűnő propellerhajtást választjuk, miként számos mérnök is a múlt század 80-as éveiben. James Means 1884-ben azt mondja, hogy „Egyes angol tudósok a madárrepülés lehető legunalmasabb analízisét végezték el, hogy mechanikusan utánozhassák azt. Nem lesz nehéz kimutatni, hogy ezek az

²⁶⁶ Tomlinson – Valentine: i.m., p. 174.

²⁶⁷ Idézi: Reay: i.m., p. 37.

²⁶⁸ Tomlinson – Valentine: i.m., p. 145-146.

²⁶⁹ Tomlinson – Valentine: i.m., p. 231.

²⁷⁰ Wissmann: i.m., p. 192.

²⁷¹ Reay: i.m., p. 42-43.

²⁷² Greguss: Élhetetlen feltalálók, p. 304.

²⁷³ Reay: i.m., p. 41.

erőfeszítések haszontalanok. A Természet jó tanító... De a Természet túlságosan hű másolása sokszor inkább akadály, mint segítség... tételezzük fel, hogy a világnak gőzmozdonyra volt szüksége. Ha a feltaláló a Természetben megfigyelhető példát vette volna figyelembe modellje elkészítéséhez, minden bizonnyal az elefántot választja, mint a legerősebb állatot. Ha tehát a feltaláló követi a Természet módszerét, akkor annak, aki problémáinkat a szárnymozgások tanulmányozásával akarja megoldani, hatalmas, lábakkal és karokkal ellátott szerkezetet kellene konstruálnia...

A mechanikában azt látjuk, hogy az erő legjobban felhasználható formája a forgás; így azt mondhatjuk, hogy a mechanikában a mozgás alapja a forgás. De az állatvilágban ismeretlen a forgás: minden előrehajtó erő, legyen bár szó vadállatról, halról vagy madárról, oszcilláló mozgást alkalmaz. A magyarázatért nem kell messzire menni. Az élőlények a vérkeringéstől függenek. A forgás pedig megköveteli egy független, forgó test létezését.”²⁷⁴

Ám az e területen dolgozók legtöbbje a Means-féle ellenvetések dacára is tanulmányozza a madárrepülést még a századforduló környékén is: az Aeronautical Society of Great Britain hivatalos lapja például még 1897-ben is szemlézi a madarak tömegével, szárnyfelületével stb. kapcsolatos kutatásokat a „Repülés és repülő szerkezetek – legújabb fejlemények” címmel²⁷⁵. És foglalkozik a madárrepüléssel Samuel Pierpont Langley (1834-1906) is, aki végül légsavarral hajtott repülőgépet épít²⁷⁶ – vagy a sűrített levegővel hajtott, légsavaros modelljéről ismert Victor Tatin²⁷⁷; a korai légsavaros repülőgépek konstruktőreként ismert Clement Ader (1841-1925) madáralakú, libatollakból álló szárnyú szerkezetet készít 1873-ban²⁷⁸; a leginkább dobozsárkányai alapján számon tartott Lawrence Hargrave pedig nagyjából ugyanekkor Ausztráliában szintén behatóan tanulmányozza a csapkodószárnyas repülés lehetőségét, és nem egy modellt építve 1884-ben kijelenti, hogy ezek reményei szerint „meg fognak győzni néhány mechanikai beállítottságú elmét arról, hogy egy nevetségesen egyszerű szerkezet segítségével lehetővé válik a nagy sebességű, mesterséges repülés.”²⁷⁹ 1910-ben, illetve 1912-ben pedig életnagyságú csapkodószárnyas gépeket is tervezett.²⁸⁰

Hargrave persze tudni véli, hogy mik is legyenek ezek az egyszerű elvek, és a többi tervezőnek is megvannak a saját elképzeléseik. Danjard egyszerre akar csapkodószárnyas és légsavaros meghajtást alkalmazni; Prigent a szitakötő testfelépítését választva mintául tandem-szárnyú ornitoptert tervez²⁸¹; Dandrieux egy olyan, Pettigrew elképzeléseit követő csapkodószárnyas repülőgépet, ami a madarak szárnyának légsavarszerű munkáját utánozná²⁸²; Carl Buttenstedt pedig, a madárrepülés kutatásának egyik úttörője 1890-ben közvetlenül a láb izmai által működtetett szerkezetre vonatkozó elképzeléseket tesz közzé. „Képzeljünk el... egy embert két könnyű, rugalmas szélmalom-szárny alatt, amik olyanok, mint a madár szárnytollai”. Ha leugrik egy magas szikláról akkor „ilyen szárnyakkal soha nem fog függőlegesen zuhanni, hanem állandóan előre vezetődik, mint egy vitorlás”, a szárny végei ugyanis felfelé

²⁷⁴ Idézi: Means: i.m., p. 13.

²⁷⁵ Reay: i.m., p. 45.

²⁷⁶ Jaffe: Men of Science, p. 305.

²⁷⁷ Chambe: Historie de L'aviation, p. 35.

²⁷⁸ Gibbs-Smith: Ader, p. 8.

²⁷⁹ Ruben-Shaw: Hargreave, p. 53-65.

²⁸⁰ Ruben – Shaw: i.m., p. 160.

²⁸¹ Reay: i.m., p. 40.

²⁸² Reay: i.m., p. 41.

hajlanak és előreajtó-erő keletkezik – mondja Buttenstedt. Vagyis ez az elképzelés már legalább annyiban a század második felének eredményeit tükrözi, amennyiben a szárnyak tulajdonképpen „légcsavarszerűen” működnek, miközben a hangsúly azon van, hogy „nem több ez, mint a gravitációs erő siklóerővé való alakulása vagy az eső test munkájának siklósi munkává való alakítása.”²⁸³

Néhány évvel később a magyar Kuppis József olyan csapkodószárnyas gépet tervez, ahol az utaskabin mélyen a szárnyak alatt függ, és tömegénél fogva úgy biztosítja a meglehetősen furcsa konstrukció stabilitását, miként Swedenborgnál a rúd végén lógó súly²⁸⁴.

De ekkoriban ez már nem csak Buttenstedt koncepciójához képest számít meghaladottnak, és mi sem mutatja jobban a változásokat, mint az, hogy a még mindig széles körben elterjedt „úszáshasonlat” mellett időközben megjelenik a „kerékpár-hasonlat” is.

Kerékpár-hasonlat és Lilienthal: lépés, ugrás, siklórepülés

D. S. Brown már 1873-ban arról publikál, hogy „nem oktalanság feltételezni, hogy az ember, aki olyan jól tudja magát előreajtani velocipéddel a föld felszínén, megfelelő masinával ezt még jobban tudná tenni a levegőben”²⁸⁵, és 1884-ben Hargrave is a kerékpárt emlegeti, amikor kijelenti, hogy „Egy repülőgép kormányzása a gondolkodás és cselekvés olyan gyorsaságát kívánja meg, ami a legvégsőig igénybe veszi majd az idegeket, de egy egyszemélyes repülő szerkezetben a test mozgásai annyira le lesznek csökkentve..., hogy olyan egyszerű lesz, mint... a biciklizés.”²⁸⁶ Otto Lilienthal halála évében, 1896-ban jut arra a következtetésre, hogy „A repülőgép lassú fejlődésének korai szakaszában hasonlóságot mutat a kerékpárral”²⁸⁷, amihez James Means azt teszi hozzá, hogy a kezdő biciklisták lelkesen szokták hangoztatni: „a kerekedés éppen olyan, mint a repülés”, és ez már csak azért is igaz, mert mindkét esetben tulajdonképpen a levegőben való lovaglásról van szó, „Lilienthal szerkezete [pedig] az a repüléshez viszonyítva, ami az 1816-os kerék a pneumatikushoz képest.”²⁸⁸

A repülés és kerékpározás általánosan használt hasonlatban való összekapcsolásakor kétségkívül szerepet játszik, hogy az ember mindkét esetben önnön izomerejét felhasználva, megfelelő mechanikus áttételek révén érne el a vártnál nagyobb teljesítményt; és kétségkívül befolyásolja a XX. sz. első évtizedeinek repülőgép-stabilitási elképzeléseit is. Ekkoriban ugyanis két iskola alakul ki: a leginkább csak a Wright-fivérek által képviselt irányzat szerint a repülőgép stabilitásáról lényegileg a pilótának kell gondoskodnia, a többi amerikai és európai konstruktor viszont úgy véli, hogy magának a gépnek legyen automatikus stabilitása is²⁸⁹. Az utóbbiak szeme előtt a gépkocsi lebeg, amit csak vezetni kell, és nincsen vele gond²⁹⁰ – a Wright-fivérek viszont (akik amúgy éveken keresztül fenntartanak egy kerékpárkészítő műhelyt is) a kerékpárt tekintik mérvadónak, ahol nem létezik automatikus stabilitás, és a vezetőnek kell róla gondoskodnia.

²⁸³ Reay: i.m., p. 41-42.

²⁸⁴ Kuppis: A repülés, p. 108.

²⁸⁵ Idézi: Reay: i.m., p. 38.

²⁸⁶ Idézi: Ruhen – Shaw: i.m., p. 54.

²⁸⁷ Idézi: Means: i.m., p. 51-52.

²⁸⁸ Means: uo.

²⁸⁹ Anderson: i.m., p. 385.

²⁹⁰ Ferguson: i.m., p. 10.

De bár a stabilitás is lényeges kérdés, a kerékpár-hasonlat hatása azonban leginkább mégis abban a szemléletben nyilvánul meg, aminek az elterjedéséhez Otto Lilienthal is nagyban hozzájárult, és aminek repüléstörténeti jelentősége vitathatlannak tűnik. „Amikor 1898-ban ámulatba ejtettek Lilienthal repülési kísérletei – írja a híres francia repülő, Ferdinand Ferber (1862-1909) –, hirtelen rádöbbszem: ez az ember felfedezte a repülés módszerét, s e módszer alkalmazásából haladéktalanul meg kell születnie az aviatikának, mert ez a módszer mindenki számára lehetővé teszi, hogy maga is kísérletezzék és hogy kísérleteit tetszés szerint előről kezdhessék.”²⁹¹

Ennek az alapján véve igen egyszerű módszernek az a lényege, hogy kis lépésekkel előrehaladva a rövid ugrásokat követően előbb a siklórepülést kell elsajátítani, és csak azután a motoros (vagy esetleg izomerejű) repülést.

Otto Lilienthal testvérével, Gustavval már 1867-ben lábhajtású, csapkodószárnyas gépet épít: a madártollak lecsapáskor zárulnak és felcsapáskor szétnyílnak²⁹². Egy évvel később harmadik, még mindig Degenére emlékeztető gépükkel a feljegyzések szerint Degenhez hasonlóan 40 kg-os felhajtóerőt érnek el²⁹³, és Otto Lilienthal egészen 1896-ban bekövetkező haláláig foglalkozik a siklórepülés mellett az ornitopterekkel is. Ilyen irányú érdeklődésével összhangban a madarat tökéletesen repülő és a repülés mintájául szolgáló „konstrukciónak” tekinti: „A természetes madárrepülés olyan tökéletesen használja ki a levegő sajátosságait – mondja 1889-ben –, és olyan tökéletes mechanikai megoldásokat alkalmaz, hogy bármilyen, ezektől az eredményektől való eltérés egyenlő a repülés minden célszerű módszerének az elhagyásával.”²⁹⁴

Lilienthal előbb légmotort, majd 1895-ben „szénsavgáz-motort” is szabadalmaztat, hogy legyen mivel működtetni a csapkodószárnyas gépet²⁹⁵, és ha halála nem gátolja meg benne, minden bizonnyal kísérletekbe kezd, miként ezt teszi a magyar Rihász Sándor is 1901 körül²⁹⁶, aki 1908-ban – még mindig az akkorra már ugyancsak elavultnak számító, Degen-féle megoldást alkalmazza motoros gépén. A jegyzőkönyv szerint „a gép működésbe helyeztetett és 20-25 másodpercig üzemben lévén, 50-60 cm. magasságra emelkedett, amikor is a szárnyfelület egy, már több ízben sérült és javított része eltörvén, a motor kikapcsolatott és alapzatára lassan leereszkedett.”²⁹⁷

Kiegészítés: sétálás, repülés és lebegő kerék

Cayley elmélete felállításakor abból indul ki, hogy egy ember rövid időre 6-8 láb/másodperc szintemelkedést is elérhet felfelé rohanva, és ez a munka számításai szerint több, mint amit 12 ember képes folyamatosan kifejtetni²⁹⁸. A kérdés hasonló megközelítése többször is felbukkan a XIX. sz. folyamán: Fridrich von Driberg azzal érvel 1845-ben a ‘Däedon, egy új repülő-gép’ című tanulmányában, hogy mivel a lépcsőn felfelé haladó ember önsúlyánál nagyobb

²⁹¹ Idézi: Wissmann: i.m., p. 246-247.

²⁹² Reay: i.m., p. 56.

²⁹³ Wissmann: i.m., p. 249.

²⁹⁴ Idézi: Reay: i.m., p. 56.

²⁹⁵ Halle: Otto Lilienthal, p. 51-55.

²⁹⁶ Rihász: A repülés problémája, p. 5.

²⁹⁷ Rihász: A repülőgép általános, p. 84.

²⁹⁸ Pritchard: i.m., p. 242.

terhet bír el, ezért lehetséges lábbal hajtott csapkodószárnyas gépet építeni²⁹⁹. Egy Cradock nevű szerző pedig 1878-ban az erő és áttétel viszonyát egy speciális mozgólépcsőn felfelé haladó ember példája segítségével vizsgálja, hogy aztán ő is levonja a következtetést: egy, a lépkedéshez hasonló mozgással hajtott ornitopter képes a levegőbe emelkedni³⁰⁰. A magyar Martin Lajos (1827-1897) ehhez képest már nem is a „függőleges haladáskor” végzett munkát veszi figyelembe, hanem a sétálást: „Tekintve azt, hogy az ember közönséges sétálásnál – jelenti ki – 90 lépést szokott tenni percenként, tehát 1.5 lépést másodpercenként, s amellet 7.5 méterkilogramm munkát végez, látjuk tehát, hogy a lebegés 1.5 szárny-csapásnál [ami éppen elégséges a levegőben maradáshoz]... az embernek épen annyi erőltetésébe kerül, mint a közönséges séta.”³⁰¹

Bár Martin Lajos hosszú időn át kitart amellett, hogy lehetséges a madárrepülés, bizonyos technikai jellegű nehézségek kiküszöbölésére az 1890-es években végül mégis az ún. „lebegő kereket” tartja a legjobb megoldásnak. „A szárnycsapásonként meg-megújuló veszteségek kikerülésére okvetlenül szükséges – mondja –, hogy az oszcilláló mozgást folytonos körmozgással pótoljam”, és a kívánt eredményt egy olyan berendezéssel akarja elérni, ahol a lapátkerék lapjai a körpálya nagyobb részét élükkel forgásirányba fordulva teszik meg, és csak egy kis szakaszon fordulnak be lapjukkal, hogy felhajtóerőt termeljenek. „amint a hajó nem a halak módjára úszik – szögezi le egy, látszólag Means-nek az elefántról és gőzmozdonyról szóló tanulmányával párhuzamba állítható írásában –, úgy a repülőgép sem úgy fog haladni a levegőben, mint a madarak.”³⁰² Martin esetében azonban valójában arról van szó, hogy a „szárnyak... nem egyebek, mint a kerék kerületében körbeállított lapátok”³⁰³, vagyis a lebegő kerék tulajdonképpen a madárrepülést modellezné.

Egy ilyen elven működő, izomerővel hajtott szerkezettel 1896-ban állítólag sikeres kísérletre is sor kerül, amikor is nekifutás nélkül 2-3 m magasra emelkednek vele a levegőbe³⁰⁴, ám valószínűleg nem szükséges hosszasan bizonygatni, hogy ez lehetetlen, hiszen mindeddig a legmodernebb anyagok és technológiák felhasználásával sem sikerült helyből felszállva, emberi erővel 20 cm-nél (!) jobban eltávolodni a talajtól³⁰⁵.

Persze nem Martin az egyetlen, aki a lebegő kerék elvén működő géppel akar levegőbe emelkedni. Ilyen a bécsi Georg Wellner „vitorlás kerekű repülőgépe”³⁰⁶ is nagyjából ugyanekkor vagy az a Waelder nevéhez köthető „Aerial Propeller” 1896-ban, aminek a modellje a szemtanúk szerint „egy pár tollakkal felszerelt lapátkerék volt, és... mindegyik kerék csak három lapátból állt”. A szerkezetet két ember mozgatta; a leírás szerint „úgy dolgoztak a pedállal, mint a kerékpározók”³⁰⁷.

Magyarországon egyfelől Brown Morrison Róbert foglalkozik a lebegő kerék alkalmazásaival az 1910-es években, noha ő nem téríti ki a szárnyakat forgási síkjukból³⁰⁸; másfelől pedig az a

²⁹⁹ Wissmann: i.m., p. 52.

³⁰⁰ Reay: i.m., p. 39.

³⁰¹ Martin: Madárrepülés, p. 159-160.

³⁰² Idézi: Petrik: modellezés, p. 19.

³⁰³ Idézi: Mészáros: Martin, p. 30.

³⁰⁴ Mészáros: i.m., p. 35.

³⁰⁵ Gavaghan: Pedal power, p. 24.

³⁰⁶ Mészáros: i.m., p. 42.

³⁰⁷ Reay: i.m., p. 46.

³⁰⁸ Steuer: Három magyar, p. 7-8.

Svachulay Sándor (1875-1955), aki miután a váltakozó irányú mozgással nem ér el sikert, több lehetséges technikai kivitelezést is hiába próbál végig: egyik sem bizonyul használhatónak³⁰⁹.

A felhasznált elvet tekintve lényegileg a lebegő kerékhez sorolható Porella 1925-ös „lapátkerék-repülőgépe” is: itt a hason fekvő pilóta pedállal hajt egy vízszintes tengelyt, melyhez két oldalt lapátkerék-dobok csatlakoznak. Egy mechanizmus gondoskodik róla, hogy amikor az addig vízszintesen álló és felhajtóerőt termelő lapát egy félkört leírva pályája legmélyebb pontjára ér, akkor 90 fokkal elfordulva immár előre hajtó erőt hozzon létre³¹⁰.

Végezetül ott van Josef Helbrok is: ő 1932-ben épít egy szerkezetet, ahol S alakú felület forog a szárnyak előtt, hogy „hátralökje” rájuk a levegőt, és az izomerejű gép egy alkalommal állítólag képes egy 14 m-es ugrás megtételére³¹¹. Nem kevésbé különös megoldások ezek, mint azé az A. E. Reay által 1965-ben javasolt szerkezeté, ahol a szárnyakat helyettesítő hengereken az ún. Magnus-hatás révén ébredne a levegőben maradáshoz elegendő felhajtóerő³¹².

2. Kiegészítés: az élőlények repülése

Pettigrew az állatok mozgásával foglalkozó 1873-as könyvében arra a megállapításra jut, „Hogy a négy lábon történő járás, a halak úszása és a rovarok meg a madarak repülése nyolcas alakú mozgás.

Hogy a' foka uszonya, a pingvin úszószárnya és a rovarok, denevérek, madarak szárnya szerkezetileg propellernek tekinthető és emlékeztet a propellercsavar szárnyára.

Hogy ezek a szervek oszcillációjuk közben ki- és becsavarodásukból, valamint haránt irányú rotációjukból kifolyólag funkcionálisan légsavarként működnek...

Hogy a szárny nyolcas alakú pályát fut be a térben, ha a repülő állat mesterségesen rögzítve van.

Hogy amikor a repülő állat sebessége növekszik, a hurkot leíró szárny hullámpályát rajzol, mivel a nyolcas-alak fokozatosan kinyílik vagy kigöngyölődik, ahogy az állat halad.”³¹³

Az utóbbi évtizedek részletesebb elméletei a funkcionális azonosságok mellett nagy jelentőséget tulajdonítanak a különbségeknek, tehát annak is, hogy a madarak és rovarok repülése bizonyos szempontból eltérő. Az előbbieknél szárnyuk utolsó harmadát (ahol a kéznek megfelelő csontok találhatóak) úgy fordítják el lefelé csapás közben, hogy hátrafelé szorítsák a levegőt. Szárnyemeléskor a most is ferdén tartott külső harmad a vízszintessel nagyjából ugyanakkora negatív szöget zár be, mint az előbbi, pozitív szög volt, tehát bár lefelé mutató vektorú erő jön létre, ez a mozdulat ismét „hátrafelé ható mozgáskomponenst” is közöl a levegővel, és így lényegileg ugyanaz az aerodinamikai hatás jön létre, mint a repülőgép légsavarájánál. Eközben a szárnyak középső részén ugyanúgy a madarat levegőben tartó felhajtóerő keletkezik, mint a repülőgépek merev szárnyán – és ez teszi lehetővé a madarak vitorlázórepülését is.

A rovarok (és tulajdonképpen a denevérek is) egy sokkal primitívebb, „csak propeller” repülési módot valósítanak meg annak minden előnyével és hátrányával együtt. A rovarok

³⁰⁹ Svachulay: Repülőéletem, p. 51-59.

³¹⁰ Schulze-Stiasny: i.m., p. 186-187.

³¹¹ Reay: i.m., p. 84-85.

³¹² Reay: i.m., p. 271-274.

³¹³ Idézi: Hart: The Mechanical, p. 163-164.

lefelé a szárny teljes lapjával csapnak, felfelé csapáskor viszont úgy fordítják el a vízszinteshez képest szárnyfelületüket, hogy azok, miközben viszonylag csekély ellenállásba ütköznek, hátrafelé szorítsák a levegőt, és ez az eljárás teszi lehetővé a viszonylag nagy energiárfordítás mellett a helikopterszerű lebegést³¹⁴.

Természetesen a rovarok sem teljesen egyformán repülnek: bizonyos, repülésüket tekintve legfejlettebb lepkefajok képesek vitorlázni; a vízi lepke a talajközeli légpárnahatást használja ki; a szitakötőknek pedig hosszú, hengeres testük van, mert a többi négyszárnyú rovarral ellentétben nem egy időben csapnak fel első és hátsó szárnyaikkal.

Léteznek rovarszerűen repülő madarak, mint amilyen a kolibri is: az ilyenek tudnak egy helyben lebegni, amire az állandó, rovarszerű szárnycsapkodással repülő denevérek képtelenek. A kevesebb izommunkával végzett repülést nem lehet olyan pontosan szabályozni, mint a szárnyas emlősökét, és a közép-amerikai halászdenevér például siklórepülésre is képes³¹⁵.

Az élőlények fentebbi leírása természetesen csak hozzávetőleges, hiszen például a madarak is számos, egymástól jól elkülöníthető csoportra oszthatóak repülésük és szárnymozgásuk sajátosságai alapján³¹⁶.

³¹⁴ Greguss: Eleven találmányok, p. 70.

³¹⁵ Neugebauer: Repülőbiofizika, p. 193-201.

³¹⁶ Greenewalt: The Flight, p. 55.

VII. Az izomerejű repülés és a bionika

Ornitopterek, biciklik, izomerejű repülés

Nyilvánvalónak látszik, hogy nagyban előremozdítja a légsavarral történő meghajtás közkeletűvé válását az aviatikával foglalkozók között Pettigrew azon megállapítása, mely szerint a madár szárnya funkcionális szempontból propellernek tekinthető. De azért a valóban használható, légsavaros gépek megjelenése utáni néhány évben is számos csapkodószárnyas gép épül: továbbra is sokan próbálkoznak az izomerejű, és legalább ugyanannyian a motoros ornitopter megvalósításával. Az 1909-ben, az Olympia Aero Show keretében kiállított, két pár, a madárszárny mozgásait utánzó és egy pár mozdulatlan biplánszárnyal, valamint tolólégsavarokkal is felszerelt Lampough-ornitopterhez a gyártók „repülési garanciát” is mellékelnek³¹⁷ és ezzel egy időben elkészül Hafner pedálhajtású, feltehetően a halak mintájára (!), farkcsapásokkal előrehaladó repülőszerkezete is³¹⁸; két évvel később F. T. Bartelt szintén tolólégsavart szerel madárrepülőgépére³¹⁹; A. Weaver „Ornithoplane”-ja állítólag negyed mérföldes légi utat tesz meg³²⁰; J. Passat motorkerékpár-motorral meghajtott, együléses, madár alakú gépe pedig ismét csak állítólag 120-150 yardos repülés után ütközik fának 1915-ben³²¹ – de valószínűbb, hogy gurulás közben következik be a baleset³²².

A motoros ornitopterek elterjedése mellett legalább ugyanilyen figyelemre méltó az is, hogy a kerékpárok repülőgépalvázaként mind nagyobb népszerűsége tesznek szert. Ehhez a korai repülőgépeknek persze nagyon könnyűnek kell lenniük, és az is elengedhetetlen, hogy az a repülési irányzat kerekedjen fölül, ami megkívánja az önerőből történő fel- és leszállást. És itt érdemes egy csupán néhány mondatos kitérőt tennünk. A korai Wright-gépek sínen csúszva, egy lezuhanó ellensúly segítségével érik el a repüléshez szükséges sebességet, ez azonban nyilvánvalóan túlságosan is helyhez kötötté teszi a gépet. „A francia tervezők és repülőgépészek – írja a Société Française de Navigation Aérienne 1909-es elnöke, Alphonse Berget – bátran elfogadták azt a súlyos feltételt, a melyet az aeroplánnak teljesítenie kell, hogy ‘önműködő’ lehessen... Erre a célra biciklikerekekkel ellátott keretre szerelik őket, melynek könnyűnek és egyszersmind lehetőleg ellenállónak kell lennie.”³²³

A motoros gépek aztán hamar eléri azt a súlyt, amit a biciklikerek már nem bír el, ám mind a csapkodószárnyas, mind a propelleres izomerejű repülésnél továbbra is a könnyű szerkezet az egyik legfontosabb szempont, és a kerékpár gyakorta alapösszetevője marad a különféle konstrukcióknak – közvetlen formában főleg a XX. sz.-ra olyannyira jellemző „amatőr madáremberek” között, de áttételesen (mondván, hogy az izomerejű repülés tulajdonképpen „légi kerékpározás”) sokszor a kifinomultabb légsavaros megoldások esetében is.

Kerékpár-alvázra építi tehát 1906-ban R. Schelies csapkodószárnyas, izomerejű repülőgépét³²⁴ és kerékpár-alvázra épül a híres Hewitt-ornitopter is 1908-ban³²⁵, akárcsak a

³¹⁷ Lewis: British Aircraft, p. 336.

³¹⁸ Reay: i.m., p. 62.

³¹⁹ Lewis: British Aircraft, p. 87.

³²⁰ Lewis: British Aircraft, p. 519.

³²¹ Lewis: British Aircraft, p. 382.

³²² Wheeler: Those Magnificent, p. 90-91.

³²³ Berget: i.m., p. 145.

³²⁴ Reay: i.m., p. 61.

vonólégsavarral felszerelt, egyfedeles repülőgép, a Neale Pup 1909-ben³²⁶ és a triciklivázon nyugvó H. la V. Twining ornitopter³²⁷. Vagy megemlíthetnénk, hogy 1931-ben a Borgheso-Parizza izomerejű ornitopter-triciklit tesztelik³²⁸, és 1934-ben Lindmann szerel kerékpárra csapkodószárnyakat³²⁹ – a felsorolással egy teljes könyvet meg lehetne tölteni, de ennek nincsen különösebb értelme. A konkrét részleteknél fontosabb, hogy például amikor Peugeot 1912-ben 10000 frankos díjat ír ki kizárólag emberi erővel történő, 10 m-es repülésre, számos versenyző jelenik meg kerékpárra szerelt szárnyakkal³³⁰ – amiben persze az is közrejátszhat, hogy a táv meglepően kicsinek tűnik, és most azok is rajthoz állnak valamilyen sebtében összetákolts szerkezettel, akik korábban egyáltalán nem foglalkoztak az izomerejű repülés problematikájával. Ez viszont jól mutatja, hogy ekkoriban tényleg kézenfekvő gondolatnak tűnik a kerékpározás és a szintén izomerővel történő repülés összekapcsolása.

Ezek a „repülő biciklik” gyakorlatilag használhatatlannak bizonyulnak, és a díj elnyerésére irányuló próbálkozások még évekig folynak: 1913-ban például 50-en állnak rajthoz, ám egyik gép sem képes elszakadni a talajtól³³¹. Végül a kerékpárversenyző Gabriel Poulain nyeri el 1921-ben (!) propeller vagy csapkodószárny nélküli biplánjával 11,98 m-t repülve, aki az izomerejű repülés jövőjét tulajdonképpen a bicikli légi változataként képzei el³³² – ugyanezzel a rekorddal a „repülő kerékpárok” nagyjából el is érik teljesítményük felső határát. A 20000 frankos, 20 m-es repülésre kiírt díjat már sem Poulain-nek, sem másnak nem sikerül megszereznie.

De azért továbbra is épülnek nem pusztán egy díj megszerzésére szánt, kifinomultabb konstrukciójú gépek – ami persze nem jelenti azt, hogy a kísérletezők birtokában lennének a szükséges felkészültségnek. Sőt, éppen ellenkezőleg: hosszan lehetne sorolni az ahhoz az amerikai Clem Sohn-hoz hasonlóan túlzottan magabiztos amatőrök nevét, aki 1936-ban azt reméli, hogy egy 3 km magasan haladó repülőből kiugorva, kézzel mozgatott denevérszárnyai segítségével mintegy 8 km-t fog repülni, ám ehelyett 2500 m majdnem függőleges zuhanás után ki kell nyitnia az ejtőernyőjét³³³.

Ám az egész témát mind jobban lejáratozó dilettánsok mellett továbbra is akadnak, akik megpróbálják behatóan és alaposan tanulmányozni a kérdést: Alexander Lippisch és Martin Brustmann az egyik első, átfogó tudományos program keretében az 1920-as évektől vizsgálják az izomerejű repülés lehetőségeit. Brustmann azt javasolja, hogy a kar mellett a mell és a láb izmait is vonják be a munkavégzésbe, miként az például a gurulópados kilbót esetében is történik³³⁴ – és itt a repülés meg evezés hasonlósága valószínűleg már pusztán technikai hasonlóság. Ahogy a fejezet későbbi részében tárgyalandó Hartmann-féle ornitopter esetében, itt is arról van szó csupán, hogy a kutatók a lehető legjobban kívánják hasznosítani az izmok erejét.

³²⁵ Reay: i.m., p. 59.

³²⁶ Lewis: British Aircraft, p. 373.

³²⁷ Reay: i.m., p. 62.

³²⁸ Reay: i.m., p. 117.

³²⁹ Reay: i.m., p. 118.

³³⁰ Reay: i.m., p. 64.

³³¹ Reay: i.m., p. 68.

³³² Reay: i.m., p. 69-71.

³³³ Reay: i.m., p. 117.

³³⁴ Reay: i.m., p. 87-88.

A Brustann és Lippisch által tervezett ornitópterrel Hans Werner egyes források szerint 11 szárnycsapással 300 m-t tesz meg a levegőben, mások azonban mindössze 18.5 m-es repülést fogadnak el hitelesnek, és azt állítják, hogy tulajdonképpen siklórepülésről kellene beszélni³³⁵.

De akárhogy is legyen, ez az ornitópter könnyű, vitorlázógépekre kimondottan emlékeztető konstrukciójánál fogva jól példázza azt a tételt, mely szerint a XX. sz. ún. első generációs, izomerejű gépei tulajdonképpen izomerejű segédhajtással is kiegészített sikló-gépek, noha a lassan repülő, izomerejű szerkezeteknek egészen más és speciális kritériumoknak kellene megfelelniük.

Persze bár a legtöbbre igaz, azért közről sem mondható el a korszak minden konstrukciójára, hogy a merev szárnyú gépek felépítését másolná: az izomerejű repülés problémájával a '20-as évek eleje óta foglalkozó V. E. Tatlin például azt reméli, hogy egy működőképes, izomerejű ornitópter hétköznapi használati tárggyá válhat, afféle „légi kerekezésre” alkalmas járművé³³⁶, és a gépet jól ismerő K. Arceulov pilóta leírásából nyilvánvalóvá válik, hogy ez esetben nem módosított vitorlázórepülőről van szó: „Amikor [a szárny] lefelé csap – írja a szovjet pilóta –, meggömbül, és olyan csavarmenethez hasonló felületet képez, mely egyszerre a levegőben tartja és előrelelendíti a készüléket. A felfelé csapáskor a rugalmas szárnyak olyan nagy szögben feszülnek a levegőnek, hogy szinte teljesen a szembejövő légáram emeli fel őket. Nem csak a szárnyak mechanikáját, hanem az egész készülék formáját is azon organikus formák (a madár formáinak tanulmányozása) eredményezte, amelyek sajátosságait ugyan gyakran megfigyeljük, mindeddig mégsem sikerült repülés során kipróbálnunk őket...”³³⁷ Egy másik szerző, Rahtanov jellemzőnek tekinthető című 'Letatlin, a légi bicikli' című cikkében viszont egyértelműen az úszási hasonlathoz nyúl vissza, amikor kijelenti, hogy „A Letatlinban [Tatlin csapkodószárnyas repülőgépében] elhelyezkedő személy úgy fog feküdni, mint az úszó a vízben. És úgy fogja a repülést is irányítani. Akárcsak úszás közben, úgy fogja kezét és lábát mozgatni.”³³⁸

Utólag visszatekintve logikusnak tűnik, hogy az első eredményes izomerejű repülést nem egy bonyolult, számos szokatlan technikai megoldást tartalmazó csapkodószárnyas szerkezettel, hanem egy tulajdonképpen hiperkönnyű (150 helyett mindössze 34 kg-ot nyomó) siklógépek tekinthető konstrukcióval hajtják végre, amire tolólégcsavart erősítenek. Helmut Haessler és Franz Villinger „Muflí” nevű gépe 1937-ben nem kevesebb, mint 712 m-t repül³³⁹, ám ebből sikerből – a kor általános vélekedésével ellentétben – nem következik szükségszerűen, hogy valóban az a legjobb megoldás, ha a merev szárnyú gépeket próbálják felhasználni lényegi változtatások nélkül.

Persze nem lehet elégszer hangsúlyozni, hogy a repüléstörténet semelyik korszakára sem jellemző, hogy egyetlen elmélet létezne – mindig fellelhetőek a fő irányzatok mellett a rendhagyó, a szokatlannak tetsző vélekedések is. Az ornitópterépítés problematikájával az 1890-es évek óta foglalkozó magyar repülőkonstruktor, Svachulay Sándor számára például hosszú időn át elválaszthatatlan marad az izomerejű, illetve a csapkodószárnyas repülés, mivel meg van róla győződve, hogy „Motorral ornitópter már csak azért is kivihetetlen, mert az ösztönnek vagy öntudatnak minden egyes szárnycsapáson, sőt: ennek minden ütemén a

³³⁵ Reay: uo.

³³⁶ Zsadova: i.m., p. 310.

³³⁷ Idézi: Zsadova: i.m., p. 408.

³³⁸ Idézi: Zsadova: i.m., p. 309-310.

³³⁹ Reay: i.m., p. 236.

képzeltető legnagyobb pontossággal uralkodni kell. Ezért motorikus ornitoptert az emberiség soha ne várjon! Ez csak hiú ábrándja marad a tájékozatlan fantaszták tömegeinek... Bár a mozgószárnyú repülés bizonyos [izomerejű] formájának megvalósítása nem ütközik akadályba, de az ilyen szerkezet gépies vagy motorikus formában nem működhet, mert az ember ésszerű, céltudatos vezetését és kezelését a mesterséges szárnyak még kevésbé nélkülözhetik, mint az evezőlapátok”. Ami valójában nem is olyan nagy baj, hiszen Svachulay számára amúgy is a vitorlázórepülés a legtökéletesebb megoldás: elmélete szerint „A szárnyak csapkodása... csak mellékművelet... a szárnycsapkodás csak egy kényszerkörülményekből kialakult, tökéletlen repülés”³⁴⁰.

Az idők folyamán azért több-kevesebb sikerrel számtalan modellkísérletet végez, miközben a lebegő keréktől a rezgő légsavaron át a Degen-féle, valamint rovar- és madárszárnyak mozgását utánzó megoldásokig bezárólag minden elképzelhető meghajtási módot végigpróbál, és nem egy életnagyságú csapkodószárnyas gépet is készít. 1912-ben a „Rúgkapálót” építi meg, hogy tanulmányozni lehessen rajta az izomerejű ornitopterrepülés problematikáját³⁴¹, majd 1937-ben ennek egy nagyobb és erősebb változatát, ahol a pilóta a „regatta-evezéshez” hasonló módon a kéz és a láb izmait egyaránt használva mozgatja a szárnyakat, amiknek súlyát egy gumikötél veszi fel. A szerkezet még a gurulópróbák során összetörik³⁴², és nem tekinthető sikeresebbnek az a kísérlet sem, amikor az ‘50-es évek elején Farnady Lászlóval a „Gyuri” vitorlázógép konstrukcióját követő csapkodószárnyas gépet épít. Itt ismét csak gumikötél lenne hivatott megkönnyíteni a pilóta munkáját, mivel „Jogos reményünk lehet – mondja Svachulay egy korábbi tanulmányában – a szárnycsapásokkal segített úszásnak [sic!] mesterséges utánzása... a ‘repülő súlyt’ nem szükséges az emberi izmoknak hordania... ezt a munkát (amely oroszánrésze az erőfogyasztásnak), elvégzi a szárnytartó kábelek közé iktatott rugalmas anyag... Ez esetben tehát az ember izomereje csupán a pótmozgásokat és a repülés irányítását intézi, amely viszont elenyésző mértékben is előállítja az önálló repülést!!!”³⁴³

Természetesen nem Svachulay az egyetlen, aki gumikötéllal akarja megfeszíteni a szárnyakat: John D. Batten már 1927-ben ugyanezt javasolja, miután a madarak anatómiáját tanulmányozva arra a következtetésre jut, hogy létezik egy „antigravitációs izom” (ez szerinte a nagy pektoriális izom lenne), aminek az a legfőbb feladata, hogy merevvé tegye a testet a gravitáció hatásaival szemben; és hogy tulajdonképpen nem a szárny lecsapása, hanem a felemelése a problematikus³⁴⁴.

³⁴⁰ Svachulay: A szárnyas gépről, p. 318-319.

³⁴¹ Svachulay: Repülőéletem, p. 193-194.

³⁴² Svachulay: Repülőéletem, p. 269-271.

³⁴³ Svachulay: A természet aviatikusai, p. 272-273.

³⁴⁴ Reay: i.m., p. 115.

Pteroszauruszok, entomopterek, bionika

A XX. sz. elején elkeseredett viták folynak róla, hogy az izomerejű repülés szempontjából a propelleres vagy a csapkodószárnyas megoldás-e a kedvezőbb, ám az 1930-as évek légcaváros gépekkel elért eredményei számos konstruktőrt az előbbi megoldás oldalára állítanak, és 1950 körül úgy látszik, hogy a kérdés végleg eldőlt. Így aztán a nagy többség véleményével összhangban írhatja a MAPAC (Man-Powered Aircraft Committee) közleménye 1968-ban, hogy a legelőnyösebb megoldásnak a kerékpárszerű pedálhajtás tűnik légcavarral kombinálva³⁴⁵, és hosszú időre végképp kisebbségben maradnak az ornitopterrepülés hívei. Leggyakrabban olykor valóban meghökkentő bejelentéseik kapcsán hallani róluk: B. Günther és E. Güerra például, a chilei Physiology Institute of the Medical School munkatársai különböző repülési karakterisztikákat tanulmányozva (mint amilyen a másodpercenkénti szárnycsapások száma, a fesztáv és a szárnyfelület) már az '50-es években arra a következtetésre jutnak, hogy figyelembe véve az ember testtömegét és fizikai erejét, az képes volna kicsiny, mindössze 30 kg-os, a kezeihez erősített szárnyakkal repülni³⁴⁶. Eközben azonban sokak számára több, mint kétséges, hogy az ember érdemleges eredményt érhetne el izomerejére támaszkodva – nem véletlenül hangoztatja azt a tipikusnak tekinthető véleményt még 1977-ben is a közismert magyar repülési szakember, Rotter Lajos, hogy „az emberi erővel való repülés sohasem fog szerepet játszani az emberiség történetében”, mivel legfeljebb rövid, egyenes vonalú ugrások megtételére leszünk képesek³⁴⁷.

E meggyőződés kialakulásához feltehetően hozzájárulnak a kuriozitásuk miatt nagyobb publicitást kapó, ám nem igazán sikeres ornitopterkísérletek is. Talán a legismertebb ilyen Emiel Hartman nevéhez fűződik: az angol szobrász 1958-ban kezdi építeni gépét, ahol a kilépőelen található tollakat a szárnyvégek felcsapásakor el lehet fordítani és lecsapáskor vissza. A szárnyakat itt is gumikötelek tartják nagyjából vízszintesen, a pilóta pedig kezét és lábát egyaránt használva dolgozik Hartman egy méltatója azt írja 1959-ben, hogy „A gép egyik jellemzője... egy rugalmas felfüggesztési rendszer, aminek révén a szárny rezonanciában rezeg a kifeszített kötélnyaláb természetes frekvenciájával, ami viszont az emberi test evezőpózban meglévő természetes ritmusához igazodik... Az ember számára az aerodinamikailag optimális csapássebesség 30-40 fok/másodperc körül van, vagyis durván fél csapás másodpercenként. Ez összhangban van a természetes evezőmozgással... és a Hartman gépébe beépített rugalmas tartórendszerrel is. Így azt mondhatjuk, hogy az ember, a gép és a levegő mindegyike összhangban van a többivel” – ám ennek ellenére sem telik az ornitoptertől kisebb légi ugrásoknál több³⁴⁸. És kudarcba fullad annak a H. Upenieks-nek a próbálkozása is, aki pedig nem csupán abban bíz, hogy az izomerejű csapkodószárnyak alkalmazásával radikálisan fog csökkenni a szerkezet bonyolultsága, hanem abban is, hogy a használatához szükséges alacsony energiabefektetés révén akár szélesebb körben is művelt sporttá válhat az általa tervezett csapkodószárnyas repülő használata³⁴⁹.

Végül tehát nem ornitopter, hanem Paul MacCready légcavarrhajtású, merev szárnyú gépe nyeri el a Kremer-díjat 1977-ben: az 50000 fontos pénzjutalom megszerzéséhez két, egymástól 803 m-re letűzött póznát kell megkerülni nyolcas alakú pályán, legalább 10 láb magasságban repülve át a rajt- és célvonalon³⁵⁰.

³⁴⁵ Reay: i.m., p. 140-149.

³⁴⁶ Reay: i.m., p. 132-133.

³⁴⁷ Rottler: Mérnök szemmel, p. 7.

³⁴⁸ Reay: i.m., p. 181-182.

³⁴⁹ Reay: i.m., p. 233-234.

³⁵⁰ Reay: i.m., p. 154-155.

És itt érdemes egy pillanatra elidőzni: ha az izomerejű repülés 1955-ös állapotát a motoros repülés 1900-as állapotának feleltetjük meg (miként azt a kutatók közül többen is teszik), akkor az 1977-es siker nagyjából a Wright-fivérek 1903-as repülésével állítható párhuzamba, az 1988-as repülés pedig, amikor Kanellosz Kanellopulosz Krétáról elindulva 119 km-t tesznek meg izomerejű gépen, az leginkább az 1910-es év távolsági rekordja mellé állítható. A hasonlóság azonban sok szempontból inkább csak formális, és ezt nem szabad szem elől tévesztenünk: nem mondhatjuk, hogy az izomerejű repülés 4-7-szer lassabban ugyan, de el fogja érni a motoros gépek korai eredményeit. Ennek belátásához elég arra gondolni, hogy jelenlegi ismereteink szerint legfeljebb 60 mérföld/órás sebesség lehetséges izomerővel hajtott járművek esetében³⁵¹.

A légszavaros, pedálhajtású repülőgépekkel ellentétben az emberszállításra is alkalmas entomopterek megépítését maga elé célul kitűző irányzat jelenleg minden szempontból zsákutcának látszik. A görög entomon(=rovar) és pteron(=szárny) összetételből álló kifejezés attól az amerikai preparátortól, A. L. Jordangloutól származik, akinek az érdeklődését A. Magnannak a rovarok lebegéséről készített nagy sebességű felvételei keltik fel, és aki 1950 körül helyből felszállni képes, izomerejű, szándékai szerint rovarrepülést megvalósító gépet épít, ám próbálkozása ugyanúgy nem vezet eredményre, miként a lengyel O. Hawlowski vagy a témával foglalkozó szovjet kutatók kísérletei sem³⁵². A gond ugyanis valószínűleg az lehet, hogy egyrészt a rovarok testtömegéhez képest közismerten hatalmas erejük kedvező izom/testtömeg-arányukból fakad, és egy, a mi léptékünkre felnagyított légy ugyanúgy képtelen volna repülni, mint egy hatalmas légyszárnyakkal felszerelkezett ember – a modellek alapján az életnagyságú konstrukciókra levonható következtetések kapcsán már szó volt az ehhez hasonló kérdésekről. Másrészt érdemes megfontolni azt is, hogy egy bizonyos szinten a repülési technika inkább kötődik a méretekhez, mint a repülő állat fajtájához: a valaha is élt legnagyobb repülő rovarnak alig 70 cm-es szárnyfeszítávolsága volt³⁵³, és a kolibrik, amelyek méretüket tekintve inkább a rovarokhoz tartoznak, valóban rovarszerűen repülnek.

Mai szemmel nézve egy esetleges entomopter megtervezésével kapcsolatos problémák ugyanahhoz a tudományhoz tartoznak, ami például a madárrepülés utánzásának kérdéseivel vagy éppen a delfinek úszásával és a növényi szár teherbíró képességével is hivatott foglalkozni: a bionikához. Magát a bionika kifejezést az amerikai katonai kutató, Jack. E. Steele használja először 1958-ban, és egy, az élő rendszereken alapuló vagy azokra emlékeztető rendszereket tanulmányozó tudományt ért alatta³⁵⁴. Kezdetben a bionika afféle praktikus tudomány: leginkább a gyakorlati alkalmazhatóság iránti érdeklődés jellemzi, és ennek megfelelően gyakran definiálják úgy, mint ami „az élő rendszerekre vonatkozó tudás alkalmazása technikai problémák megoldására”, és sok hasonló kérdéskörrel együtt természetesen a csapkodószárnyas repülést is ide sorolják be. És értelemszerűen ide kerülnek a repülő őshüllőkkel kapcsolatos kutatások is, melyek mostanában mind nagyobb jelentőségre tesznek szert, mivel ezeknek az élőlényeknek a testtömege az utóbbi évtizedek leleteinek tanúbizonysága szerint legalábbis megközelítheti az emberét.

Az őshüllők repülésével érdemben először a dinoszauruszokat elnevező paleontológus, Richard Owen (1804-1892) foglalkozik az 1800-as évek második felében, és arra a következtetésre jut, hogy a földön minden bizonnyal denevérszerűen másztak, mivel nem voltak elég erősek a madárszerű járáshoz, és ugyanolyan jó úszók voltak, mint amilyen kiváló repülők³⁵⁵.

³⁵¹ MacCready: Muscle-Powered Flight, p. 2.

³⁵² Greguss: Eleven találmányok, p. 81-82.

³⁵³ McMasters: Reflections, p. 15.

³⁵⁴ Gerardin: Bionics, p. 10-11.

³⁵⁵ Owen: Paleontology, p. 245-246.

Ez azonban csak a kezdet. Az őshüllők repülésének mechanikája és aerodinamikája iránti érdeklődés a géprepülés sikerei hatására a századfordulón megélénkül: nem egy kísérletező azt reméli, hogy az őshüllők tanulmányozása révén lehet majd megoldani az izomerejű repülés problémáját³⁵⁶. Az első, ezzel a témával foglalkozó cikk 1914-ben jelenik meg egy repülési (nem pedig paleontológiai) folyóirat hasábjain. E. H. Hankin és D. M. S. Watson úgy vélik, hogy „a magasabb rendű Pterodactylusok testfelépítése olyan, hogy nehezen érthető, miként lettek volna képesek a repülésen kívül másként is mozogni... Szárnyizmaik gyengesége nagyon valószínűvé teszi, hogy inkább sikló-, mint aktív repülők voltak.”³⁵⁷, és ez a megállapítás nem éppen kedvező azok számára, akik az ornitopterépítésben szeretnék majd kamatoztatni az őshüllők tanulmányozásából levont következtetéseket. Persze ekkoriban egyáltalán nem bizonyos még, hogy igaza van Hankin-nek meg Watson-nak, és hosszú ideig a modellezés sem ad végleges választ, pedig Eric von Holst már 1957-ben olyan, csapkodószárnyas Rhamporhyncus-modell készít, aminek a segítségével sikerül megállapítania, hogy a testhez „hosszú, vékony rúd” segítségével kapcsolódó, rombusz alakú farkok csak vízszintes állásban működhetett hatékonyan³⁵⁸.

Végül az a Paul MacCready hajtja végre egy repülési szakemberekből, biológusokból, mérnökökből és paleontológusokból álló csoport vezetésével az eddigi legeredményesebb csapkodószárnyas kísérletet, akinek az izomerejű repülőgépe annak idején a Kremer-díjat is elnyerte. Most 1985 végére a legnagyobb repülő őshüllő, a Quetzalcoatlus northropi 20 kg-os, 5,5 m fesztávú, 1:2 méretarányú csapkodószárnyas modelljét készítik el, amit az elektromotor néhány percig tud a levegőben tartani, és a következő év májusáig több sikeres repülésre is sor kerül, mielőtt összetörne³⁵⁹.

Ami még mindig nem jelenti azt, hogy minden részlet világos lenne ennek a hatalmas, 11-12 m-es szárnyú, egyes becslések szerint a 80-90 kg-os össztömeget is elérő őshüllőnek a repülésével kapcsolatban, és általában véve ugyanez mondható el az emberi erővel működtetett ornitopterek kérdésével kapcsolatban is. A Quetzalcoatlus northropi-t persze olykor példaként állítják a csapkodószárnyas, izomerejű repülés megvalósítására törekvők elé, mondván, hogy testsúlya nagyjából azonos lehet egy hiperkönnyű gép és egy pilóta összsúlyával³⁶⁰, annyi azonban a szakértők szerint mindenképpen bizonyosnak látszik, hogy minden idők legnagyobb repülő élőlénye csak ritkán csaphatott egyet-egyet szárnyaival, mivel ilyen méretek mellett a folyamatos csapkodószárnyas repülés túlságosan energiaigényes volna. És végül a legújabb kutatások fényében bizonyosnak látszik az is, hogy nem az ember az egyetlen élőlény, ami megfelelő technikai segédeszközöket használva képes lehet a saját erejéből repülni: képesek lehetnek erre a kutyák vagy éppen a patkányok is³⁶¹.

Kiegészítés: Alphonse Berget és a repülés értelmezései

Lord Haldane angol hadügyminiszter 1907-ben kijelenti, hogy „Az aeroplán soha nem fog repülni”³⁶². Ez valójában nem pusztán Haldane alapvető tájékozatlanságáról árulkodik, hanem arra utal, hogy az 1900-as évek emberének nem olyan nyilvánvaló a levegőnél nehezebb

³⁵⁶ Padian, Some Basics, p. 2.

³⁵⁷ Idézi: Wellnhofer: The Illustrated, p. 38.

³⁵⁸ Wellnhofer: uo.

³⁵⁹ Wellnhofer: i.m., p. 175.

³⁶⁰ Padian: The Flight, p. 64.

³⁶¹ MacCready: Natural and Artificial, 5-2.

³⁶² Idézi: Langford - Morgan: i.m., p. 29.

repülőszervezetek sikere, mint ahogy ma gondolnánk. Alphonse Berget 1910-ben (!) írja azt, hogy „Az épen lefolyt két év alatt megtörtént a levegő meghódítása; kormányozható léghajók szállodtak órák hosszat a levegőben és visszatértek kiinduló helyükre; merész repülők elhagyva a gyakorlótér fölötti kísérletezést, megtették az első ‘légi utazásokat’ a ‘levegőnél súlyosabb’ készülékekkel”³⁶³. Vagyis kortársaihoz hasonlóan számára sem nyilvánvaló, hogy legalább 1903 óta történtek sikeres repülési kísérletek levegőnél nehezebb eszközökkel: a korábbi lépéseket mindössze „gyakorlótér fölötti kísérletezés”-nek nevezi, és csak afféle légi ugrásoknak tekinti. A Wright-fivérekkel kapcsolatban azt mondja, hogy „Kísérleteiket olyan titokzatosság vette körül, hogy többen nem hittek benne... csak az 1908. év nyarán történt, hogy WILBUR WRIGHT... Franciaországba jött... számos repülést tett, de egyébként csak kísérleti föltételek közt, mert sohasem indult saját erején és sohasem tett valódi utazást”.³⁶⁴

A „titkolózás” feltehetően tényleg nem járul hozzá a Wright-fivérek eredményeinek széles körben való ismertté válásához, ami pedig a „valódi utazás”-sal kapcsolatos kitételt illeti, ez arra megfontolásra vezethető vissza, mely szerint „A WRIGHT testvérek repülései fölötté ügyes bemutató kísérletek, de az amerikai repülőgépesek aeroplánja épen nem tökéletes. Egyensúlyozásuk... a fark hiánya miatt a repülőgépes folytonos vigyázatot követeli és ebben a tekintetben a készülék veszedelmes is.

Repülőgépeink eközben csendesen dolgoztak a feladat megoldásán, még pedig teljes megoldásán, vagyis a független aeroplán megvalósításán, mely a maga erejéből emelkedik föl a földről és leszállva újra indulhat sín és oszlop nélkül.”³⁶⁵

Még ha figyelembe vesszük is, hogy Berget maga is francia és igyekszik minél több érdemet tulajdonítani a francia konstruktőröknek, akkor is nyilvánvaló, hogy milyen jelentős felfogásbeli különbségek vannak a Wright-féle és az európai elképzelések között egyfelől az automatikus stabilitás tekintetében, másfelől az indítással kapcsolatban. Míg a Wright-fivérek kielégítőnek tartják, hogy felszálláskor a sínen haladó gépet állványról lehulló súly gyorsítsa fel, addig az európaiak számára fontos, hogy a gép „teljesen a saját erejéből” tudjon elszakadni a földtől, és a jelek szerint ez a szempont is legalább ugyanolyan súllyal esett latba, mint a stabilitás.

2. Kiegészítés: a bionika szerepének eltúlzása

Bizonyos élő rendszerek – például a madarak – utánzása egyáltalán nem új gondolat, ám amíg az nem a mai értelemben vett tudományosság és annak megfelelő fogalomrendszer alapján történik, addig nem lehet mai értelemben vett bionikáról – vagy annak előzményeként prebionikáról – beszélni. A hal alakú hajótörzset kigondoló vitorlásépítők például távol állnak a „bionikai szemlélettől”, míg Ignaz és Igo Etrich viszont nem: ők Lilienthal siklógépének hiányos stabilitását felismerve és Friedrich Ahlborn egy munkájától indítva a trópusi Macrozanonia macrocarpa kiváló önstabilitását veszik alapul. A zanóniamag szerkezetének lemásolásával és Friedrich Wels együttműködésével a XX. század első évtizedében kialakított siklógép valóban feltűnően jó repülési tulajdonságokat mutat – és ugyanez mondható el az 1910-ben elkészülő, immár motorral is felszerelt Etrich-Taube-ról is³⁶⁶.

³⁶³ Berget: i.m., előszó, p. n.

³⁶⁴ Berget: i.m., p. 229.

³⁶⁵ Berget: i.m., p. 230.

³⁶⁶ Heynert, p. 18-19.

A zanónia alakjának másolása pontosan ellentétes a Wriugh-fivérek által követett úttal, hiszen az európai felfogásnak megfelelően nagy mértékű stabilitást biztosít. Hiba lenne azonban mindenütt bionikai „ötleteket” keresni, ahogy például azok teszik, akik azt állítják, hogy „az első motoros repülő, az amerikai Wright testvérek... gépe is a bogarak repülő szerkezetét utánozta³⁶⁷”. Ez a megállapítás pusztán utólagos belevetítés, mivel a Wriugh-fivérek egyfelől nem tanulmányozták behatóan a rovarok repülését, másfelől pedig a két légcsavar és két rovarszárny, illetve a bogarak kemény szárnyfedője és a repülőgép merev szárnya közötti hasonlóság formai elemekre korlátozódik, miközben a Wright-fivérek gépére is jellemző, a szárnyvég elcsavarásával történő kormányzás nyilvánvalóan a madarak utánzásának eredményeként alakult ki. Ezzel az erővel akár minden merev hordsíkú, kétpropelleres gépről azt lehetne mondani, hogy a rovarokat másolja.

³⁶⁷ Vasas: A bionika, p. 10.

Felhasznált irodalom

- Aiszhülosz: Leláncolt Prométheusz. In: -- drámái, p. 143-185. Európa Könyvkiadó, Budapest, 1985, Trencsényi-Waldapfel Imre fordítása
- Albury, Randall W. and Corones, Anthony (Compiled by --): Myth, Megalyth and Cosmos. School of Science and Technology Studies, A. U. N. S .W. Libraries Service, 1994
- Aldiss, B. W. – Wingrove, D.: Trillió éves dáridó. A Sci-fi története. Cédrus Kiadó, Budapest, é. n. Nemes Ernő fordítása
- Anderson, John D., Jr.: Introduction to Flight. McGraw-Hill Book Co., New York, 1985
- Antalóczy Zoltán: Tudomány és művészet. Leonardo da Vinci anatómiai rajzai. Medicina, Budapest, 1989
- Apollodórosz: Mitológia. Európa Könyvkiadó, Budapest, 1977. Horváth Judit fordítása
- Arisztotelész: Lélekfilozófiai írások. Európa Kiadó, h. n., é. n. Steiger Kornél fordítása
- Aristotle: De incessu animalium. Translated by A. S. L. Farquharson. In: The Works of --. Vol. V. Oxford, Clarendon Press, 1949
- Aristotle: De motu animalium. Uo.
- Aristotle: Historia animalium. Translated by D'Arcy Wentworth Thompson. In: The Works of --. Vol. IV. 1956
- Aristotle: Physica. Translated by R. P. Hardie and R. K. Gaye. In: The Works of --. Vol. II. 1953
- Aristotle: Problemata. Translated by E. S. Forster. In: The Works of --. Vol. VII. 1953
- Augustinus, Aurelius: Vallomások. Gondolat, Budapest, 1982. Városi István fordítása
- Berget Alfonz: Léghajózás és repülés. Királyi Magyar Természettudományi Társulat, Budapest, 1911. Bogdánfy Ödön fordítása
- Biblia. Ószövetségi és újszövetségi szentírás. Szent István Társulat, Budapest, 1979. Gál Ferenc, Gál József et al. fordítása
- Bodóczy István: Papírsárkány. Műszaki Kiadó, h. n., 1988
- Booker, Peter Jeffrey: A History of Engineering Drawing. Chatto and Windus, London, 1963
- Burgess, Robert F.: Ships Beneath the Sea. Robert Hale and Co., London, 1976
- Bürger, G. A.: Münchhausen báró. Helikon Kiadó, h. n., 1983. Homoródi József fordítása
- Caxton's Mirroure of the World (ed. Oliver H. Prior). Oxford University Press, London, 1966
- Chambe, René: Historie de L'aviation. Flammarion, Paris, 1958
- Clark, Kenneth: Leonardo da Vinci. Molnár Magda fordítása. Corvina, h. n. 1982
- Clark, Ronald W.: Edison. The Man Who Made The Future. G. P. Putnam's Sons, New York, 1977
- Cohen, John: Human Robots in Myth and Science. George Allen and Unwin Ltd., London, 1966
- Colbert, Edwin H.: Men and Dinosaurs. The Search in Field and Laboratory. Penguin Books Ltd., Harmondsworth, 1971
- Cyrano de Bergerac: Holdbéli utazás. Szávai János fordítása. Magyar Helikon, h. n., 1962

Csanádi Norbert – Nagyvárad Sándor – Winkler László: A magyar repülés története. Műszaki Kiadó, h. n., 1974

Dante, Alighieri: La Divina Commedia. Inferno. Biblioteca Universale Rizzoli, Milano, 1993. Commento a cura di Daniele Mattalia

Debus, Allen G.: The Chemical Philosophy. Paracelsian Science and Medicine in the Sixteenth and Seventeenth Centuries. Science History Publications, New York

Dijksterhuis, E. J.: The Mechanization of the World picture. Oxford at the Clarendon Press, London, 1964. Translated by C. Dikshoorn

Dreyer, J. L. E.: A History of Astronomy from Thales to Kepler. Dover Publications, Inc., h. n.

Endrei Walter: A programozás eredete. Akadémiai Kiadó, Budapest, 1992

‘Espinasse, Margaret: Robert Hooke. University of California Press, Berkeley, 1962

Ferguson, Eugene S.: Engineering and the Mind’s Eye. The MIT Press, Cambridge, Massachusetts, 1993

Freedman, Russel: 2000 Years of Space Travel. Holiday House, h. n., 1963

Friedman, Louis: Starsailing. Solar sails and Interstellar Travel. John Wiley and Sons, Inc., New York, 1988

Galilei, Galileo: Matematikai érvelések és bizonyítások. Európa Könyvkiadó, h. n., 1986. Dávid Gábor fordítása

Garber, Paul E.: The National Aeronautical Collections. Smithsonian Institution, National Air Museum. The Smithsonian Institution, Washington, D. C., 1965

Gardner, Martin: Fads and Fallacies in the Name of Science. Dover Publications, Inc., New York, 1957

Gavaghan, Helen: Pedal power lifts helicopter into history... In: New Scientist 23/30 December 1989

Gellius, A.: Attikai éjszakák. Budapest, Franklin Társulat, 1905. Barcza József és Soós József fordítása, II. kötet

Gerardin, Lucien: Bionics. World University Library, London, é. n.

Gibbs-Smith, Charles: The Aeroplane. A historical survey of its origins and development. Her Majesty’s Stationery Office, London, 1960

Gibbs-Smith, Charles: Clément Ader. His Flight-Claims and His Place in History. Her Majesty’s Stationery Office, London, 1968

Gibbs-Smith, Charles: The Invention of the Aeroplane (1799-1909). Taplinger Publishing Co., Inc., New York, 1966

Gibbs-Smith, Charles – Rees, Gareth: The Inventions of Leonardo da Vinci. Phaidon, Oxford, 1978

Gillispie, Charles Coulston: The Montgolfier Brothers and the Invention of Aviation 1783-1784. With a Word on the Importance of Ballooning for the Science of Heat and the Art of Building Railroads. Princeton University Press, Princeton, New Jersey

Gombrich, E. H.: A látható kép. In: kommunikáció II. Válogatott tanulmányok. Szerkesztette: Horányi Özséb. Közgazdasági és Jogi Kiadó, Budapest, 1978

- Gombrich, E. H.: Leonardo tanulmányai a víz és levegő mozgásformáiról. In: reneszánsz tanulmányok. Corvina Kiadó, h. n., 1985. Papp Mária fordítása
- Gomme, A. A.: Patents of Invention. Origin and Growth of the Patent System in Britain. Longmans, Green and Company, London, 1948
- Greenewalt, Crawford H.: The Flight of birds. The American Philosophical Society, Philadelphia, July, 1975
- Greguss Ferenc: Eleven találmányok. Móra Ferenc Könyvkiadó, h. n., 1978
- Greguss Ferenc: Élhetetlen feltalálók, halhatatlan találmányok. Móra Ferenc Könyvkiadó, Budapest, 1985
- Gulas, Stefan – Lescinsky, Dusan: A vitorlás hajók története. Madách, h. n., 1984. Poór József fordítása
- Halle, Gerhard: Otto Lilienthal und Seine Flugzeug-Konstruktionen. Verlag von R. Oldenburg, München, 1962
- Haller János: Hármaskönyv. Kriterion Könyvkiadó, Bukarest, 1978
- Hart, Clive: The prehistory of Flight. University of California Press, Berkeley, 1985
- Hart, Ivor B.: The Mechanical Investigations of Leonardo da Vinci. University of California Press, Berkeley and Los Angeles, 1963
- Hart, Ivor B.: The World of Leonardo da Vinci. Man of Science, Engineer and Dreamer of Flight. Macdonald, London, 1961
- Hero, Alexandrinus: The Pneumatics of --. A facsimile of the 1851 Woodcroft edition. Introd. by Marie Boas Hall. London – New York, 1971, MacDonald – American Elsevier
- Heynert, Horst: Grundlagen der Bionik. VEB Deutscher Verlag der Wissenschaften, Berlin, 1976
- Howard, L. O.: A házilég. Királyi Magyar természettudományi Társulat, Budapest, 1917
- Jaffe, Bernard: Men of Science in America. Overseas Editions, h. n., 1944
- Kant, Immanuel: Az ég általános természettörténete és elmélete, avagy kísérleti vázlat a világegyetem mibenlétéről és mechanikai eredetéről a newtoni alapelvek szerint. Előszó. In: A vallás a pusztaság határain belül. Gondolat Kiadó, h. n., 1980. Vidrányi Katalin fordítása
- Kármán Tódor – Lee Edson: Örvények és repülők. Kármán Tódor élete és munkássága. Akadémiai Kiadó, Budapest, 1994
- Kepler, Johannes: Álom. In: Piknik a senkiföldjén. Tudósok sci-fi írásai. Kriterion Könyvkiadó, Bukarest, 1985. Mann Lajos fordítása
- Koestler, Arthur: The sleepwalkers. A history of man's changing vision of the Universe. The Macmillan Co., New York, 1959
- Kuppis József: A repülés. Athenaeum Irodalmi és Nyomda Rt. könyvnyomdája, Budapest, 1900
- Laufer, Berthold: The Prehistory of Aviation. Field Museum of Natural History, Chicago, 1928
- Leonardo da Vinci: Scritti. A cura di Jacopo Recupero, Editrice Italiana di Cultura, Roma, 1966
- Lewis, Edwin R.: Some Biological Modellers of the Past. In: Natural Automata and Useful Simulations. Ed. by H. H. Pattee et al. Macmillan Co., Ltd, London, 1966
- Lewis, Peter: British Aircraft 1809-1914. Putnam, London, 1962

- Ley, Willy: *Rockets, Missiles, and Space Travel*. The Viking Press, New York, 1961
- Ley, Willy: *Watchers of the Skies. An Informal History of Astronomy from Babylon to the Space Age*. Sidgwick and Jackson Ltd., London, 1964
- Lucretius, Titus Carus: *A természetről*. Alföldi Magvető, 1957, Debrecen. Tóth Béla fordítása
- Loveloy, Arthur O.: *A Great Chain of Being. A Study of the History of an Idea*. Harvard University Press, Cambridge, 1966
- Lukianosz: *Ikaromenipposz vagy az úrhajós*. In: *uo.*, II. kötet. Jánosz István fordítása
- MacCready, Paul: *Natural and Artificial Flying Machines*. Adapted from a presentation at the Symposium on Perspectives In Fluid Mechanics, California Institute of Technology, January 12, 1985
- MacCready, Paul: *Muscle-Powered Flight*. For Presentation at the IHPVA Technical Symposium, August 28-29, 1986, Vancouver
- Martin Lajos: *A madárrepülés általános elmélete*. In: *Orvos-Természettudományi Értesítő*, é. n., különlenyomat
- Maxim, Hiram: *Artificial and Natural Flight*. Whittaker and Co., London, 1908
- Mayr, Otto: *A Mechanical Symbol of an Authoritarian World*. In: *The Clockwork Universe. German Clocks and Automata 1550-1650*. Ed. by Klaus Maurice and Otto Mayr. Smithsonian Institution, Washington D.C., 1980
- McMasters, J. H.: *Reflections of a Paleoaerodynamicist (Invited Paper)*. AIAA 2nd Applied Aerodynamics Conference, Seattle Washington, August 1984
- Means, James Howard: *James Means and the Problem of Manflight During the Period 1882-1920*. Smithsonian Institution, Washington, D. C., 1964
- Mészáros Vince: *Martin Lajos, a magyar repülés úttörője*. A Közlekedési Múzeum Füzetei 5., Budapest, 1976
- Nagyrévi György: *A magyar légjárás őskora*. In: *Természettudományi Közlöny*, 1963
- Neugebauer Tibor: *Repülőbiofizika. Az állatok repülésének aerodinamikai elmélete*. In: *Fizikai szemle*, 1968/7
- Morgan, Chris – Langford, David: *Facts and Fallacies. A Book of Definitive Mistakes and Misguided Predictions*. Webb & Bower, Exeter, England, 1981
- Ovidius, Publius Naso: *Daedalus és Icarus*. In: *--: Átváltozások*, p. 216-217, Európa Könyvkiadó, Budapest, 1982. Devecseri Gábor fordítása
- Owen, Richard: *Paleontology or a Systematic Survey of Extinct Animals and Their Geological Relations*. Arno Press, New York, 1980
- Padian, Kevin: *The Flight of Pterosaurs*. In: *Natural History*, 1988/12
- Padian, Kevin: *Some Basics about Pterosaurs: One paleobiologist's view*. April 1, 1986, for private circulation
- Petrik Ottó: *Modellezés a technikában*. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1966
- Philo: *On the Giants*. Translated by Colson, F. H. and Whitaker, G. H. In: *Philo*, vol. II. Cambridge, Massachusetts, Harvard University Press, 1950
- Pinch, Trevor J. – Bijker, Wiebe E.: *The Social Construction of Facts and Artifacts: Or How the Sociology of Science and the Sociology of Technology Might Benefit Each Other*. In: *The*

Social Construction of Technological Systems. New Directions in the Sociology and History of Technology (ed. by W. E. Bijker, T. P. Hughes, and T. J. Pinch). The MIT Press, Cambridge, 1987

Platón: A lakoma. In: Platón összes művei, I. kötet, Európa Könyvkiadó, Budapest, 1984. Telegdi Zsigmond fordítása

Platón: Phaidrosz. In: uo., II. kötet, Kövendi Dénes fordítása

Platón: A szofista. In: uo., II. kötet. Kövendi Dénes fordítása

Platón: Timaios. In: uo., III. kötet. Kövendi Dénes fordítása

Pliny: Natural History. Book X, Translated by H. Rackman. Loeb Classics Library, Cambridge, Harvard University Press, 1967

Plutarkhosz: Agészilaosz – Pompeius. In: Párhuzamos életrajzok, I. kötet. Magyar Helikon, 1978, h. n. Máthé Elek fordítása

Polo, Marco: Il Millione. Biblioteca Universale Rizzoli, Milano, 1989

Prager, Frank D. – Scaglia, Gustina: Brunelleschi. Studies of his Technology and Inventions. The MIT Press, Cambridge, Massachusetts, 1970

Pritchard, J. Laurence: Sir George Cayley. The Inventor of the Aeroplane. Max Parrish, London, 1961

Pumfrey, Stephen: Magnetical philosophy and astronomy, 1600-1650. In: Planetary astronomy from the Renaissance to the rise of astrophysics (ed. by René Taton and Curtis Wilson). Cambridge University Press, Cambridge, 1989.

Reay, David A.: The History of Man-powered Flight. Pergamon Press, Oxford, 1977

Rihász Sándor: A repülés problémája a XX. században. Kolzsvár, k. n., 1901

Rihász Sándor: A repülőgépek általános elmélete. Farkas Samu könyvkereskedése, Máramaros-Rahó, é. n.

Rossi, Paolo: A filozófusok és a gépek. Kossuth Könyvkiadó, h. n., 1975. Kepes Judit fordítása

Rotter Lajos: Mérnöki szemmel az emberi erővel való repülés lehetőségeiről. In: Repülés, 1977/november

Rücker, Elisabeth: Die Schedelsche Weltchronik. Das grösste Buchenternehem de Dürer-Zeit. Prestel-Verlag, h.n., 1973

Schulze, Hans-Georg – Stiasny, Willy: Flug durch Muskelkraft. Vom Flugmenschen in den Mythen und Sagen der alten Völker bis zum Muskelkraftflug als Sport der kommenden Generation. Nature und Technik, Verlag Fritz Knapp, Frankfurt, 1936

Seneca, Lucius Annaeus: Naturales Quaestiones. With an English translation by Thomas H. Corcoran. In: -- in Ten Volumes, Harvard University Press, Cambridge, 1971

Shapiro, Barbara J.: John Wilkins 1614-72. An Intellectual Biography. University of California Press, Berkeley, 1969

Shaw, Hudson W. and Ruhen, Olaf: Lawrence Hargave. Aviation Pioneer, Inventor and Explorer. University of Queensland Press, Queensland, 1988

Simóné Avarosy Éva: Suhanó famadarak. A vitorlázórepülés első fél évszázada. Lap- és Könyvkiadó, Budapest, 1989

- Slijper, E. J.: Óriások és törpék az élők világában. Natura, Budapest, 1972. Czövek Olivér fordítása
- Stresemann, Erwin: Ornithology From Aristotle to the Present. Translated by Hans J. and Cathleen Epstein. Harvard University Press, Cambridge, 1975
- Steuer János: Három magyar repülőgép-tervről. In: Aviatika, 1912. okt. 6.
- Suetonius, Gaius Tranquillus: Nero. In: A caesarok élete. Európa Könyvkiadó, h. n., 1984. Kis Ferencné fordítása
- Svachulay Sándor: A természet aviatikusai. Révai, Budapest, 1940
- Svachulay Sándor: A szárnyas gépről. In: Aero, 1917. szeptember 15.
- Svachulay Sándor: Repülőéletem. Magyar Repülő Sajtóvállalat, Budapest, 1942
- Szabó Árpád – Kádár Zoltán: Antik természettudomány. Gondolat, Budapest, 1984
- Thorndike, Lynn: A History of Magic and Experimental Science During the First Thirteen Centuries of Our Era. Vol. II. Columbia University Press, New York, 1947
- Toksvig, Signe: Emmanuel Swedenborg. Scientist and Mystic. Books for Library Press, Freeport, New York, 1972
- Vajda Pál: Nagy magyar feltalálók. Budapest, k.n., 1958
- Valentine, Seton E. and F. L. Tomlinson: Travels in Space. A History of Aerial Navigation. Hurst and Blackett, London, 1902
- Vasas Samu: A bionika ma. Dacia Könyvkiadó, Kolozsvár, 1974
- Vitruvius: Tíz könyv az építészetéről. Képzőművészeti Kiadó, Budapest, 1988. Gulyás Dénes fordítása
- Vries, Leonard de: Furcsa találmányok. Móra, 1982, h. n. Damokos Katalin fordítása
- Wellnhofer, Peter: The Illustrated Encyclopedia of Pterosaurs. Salamander Books, London, 1991
- Wenham, Francis Herbert: Aerial Locomotion. And the Laws by which Heavy Bodies impelled through Air are sustained. The Aeronautical Society of Great Britain, London, 1910
- Wheeler, Allen: Building Aeroplanes for „Those Magnificent Men”. G. T. Foulis and Co. Ltd, London, 1965
- Whitehouse, Arch: The early birds. Doubleday and Co., Inc., New York, 1965
- Wigglesworth, V. B.: Insect Physiology. Meuthen, London, 1966
- Wilkins, John: Discovery Of A New World; Or, A Discourse Tending To Prove, That (It Is Probable) There May Be Another Habitable World In The Moon. In: The Mathematical and Philosophical Works of Right Rev. --. Two Volumes in One. Frank Cass and Co. Ltd, London, 1970
- Wilkins, John: Mathematical Magic: Or, The Wonders That May Be Performed By Mechanical Geometry. In Two Books. In: Uo.
- Wissmann, Gerhard: A repülés története Ikarosztól napjainkig. Táncsics Kiadó, Budapest, 1964. Vámosi Pál fordítása
- Wright, Orville: We Invented the Airplane. David Mackay Co., Inc., New York, 1953
- Zsadova, Larisza Alekszejevna (szerkesztő): Tatlin. Corvina, Budapest, 1983. Benyó Mariann és mások fordítása