OMEGA PONT VAGY LASSULÓ GYARAPODÁS?

GYARAPODÁSI MINIARITMETIKA

Ha egy *P* népességet – tisztán matematikai szempontból vizsgálódva – önmagát növelő változónak tekintünk, és feltételezzük, hogy a környezet nem támaszt ellenállást, az időegységenkénti $\frac{dP}{dt}$ növekedés arányos lehet a népesség számával; az ilyen népesség állandó *r* gyarapodási arányszámmal növekedhet. Ezt matematikailag a

$$\frac{dP}{dt} = r \cdot P$$

differenciálegyenlet fejezi ki, ahol *P* a népesség, *t* az idő, *r* a gyarapodási arányszám, a $\frac{dP}{dt}$ kifejezés pedig a népesség időegységenkénti növekedése. Ilyen módon növekedhet megfelelő táptalajon egy baktériumtenyészet, így fiadzik a takarékba tett pénzbetét, hasonlóan sokasodott az élőlények fajainak száma a földön, és ez a biokémiai fejlődés iránya és üteme. Sok jel arra mutat, hogy a tudományos és műszaki ismeretek mennyisége ugyancsak eszerint növekszik.

A növekedésnek ezt a fajtáját kamatos kamatnak, mértani haladvány szerint történő vagy exponenciális növekedésnek nevezik.[1] Törvényei igen egyszerűek: az exponenciálisan gyarapodó népesség száma meghatározott időn belül megkétszereződik, függetlenül a népesség nagyságától és az előző megkétszereződések számától. A megduplázódási időt a növekedési arányszám határozza meg és az egyszerű $\frac{69}{r}$ közelítő képlettel számítható ki, ahol *r* a százalékban kifejezett időegységnyi növekedési

arányszám. A megháromszorozódási idő közelítő képlete $\frac{110}{r}$ a tízszeresre való növekedésé pedig $\frac{230}{r}$. Évi 2 százalékos növekedési ütem esetén a megkétszereződés ideje $\frac{69}{2} = 34{,}5$ év.

Bár a fentiek alapján könnyen kiszámítható, milyen összefüggés van az emberi népesség gyarapodási mutatószáma, a megkétszereződési idő és az évszázadonkénti növekedés között, az egyszerűség kedvéért foglaljuk táblázatba az adatokat:

Gyarapodási arányszám (%/év)	Megkétszereződéshez szükséges idő (évek)	Évszázadonkénti növekedés (%)
0,01	6930	
0,1	693	
0,5	139	
1,0	70	270
1,5	47	
2,0	35	700
2,5	28	
3,0	23	1900
3,5	20	
4,0	17	6000

Egy 100 egységből álló népesség, amely évi 2 százalékos állandó ütemmel nő, nem egészen 35 év múlva már 200 egységből, 70 év múlva 400-ból, 100 év múlva 700-ból... 350 év leforgása után 100 ezerből, újabb 350 év után 100 millióból, 1000 év elmúltával pedig 100 milliárd egységből áll. Az abszurdumig víve a számítást, könnyen bebizonyíthatjuk, hogy amennyiben a Föld népessége továbbra is a hetvenes évek elejének ütemében gyarapodna, egy évszázad múlva 30, újabb száz esztendő után 240, 2280 tájban pedig 2000 milliárd ember nyüzsögne a Földön, vagyis egyetlen négyzetméternyi, sőt egyetlen négyzetcentiméternyi hely sem jutna egy embernek.

Pierre Teilhard de Chardin, a francia jezsuita filozófus és természetkutató mutatott rá néhány évtizeddel ezelőtt, hogy a népesség növekedésének, az anyagi javak termelésének, az ismeretek bővülésének, a műszaki fejlődésnek egyre gyorsuló üteme végül is oda kell vezessen, hogy a fejlődést ábrázoló görbe – mely kilőtt nyílként egyenesen a magasba tart – „kifut az időből", és eléri az Omegának nevezett végső pontot. „A Világ Vége – olvashatjuk *Az emberi jelenség*ben – egyensúly-átbillenés, amely a végre beteljesült szellemet kiszakítja anyagi méhéből, és egész súlyával ráhelyezi az Isten-Omegára."[2]

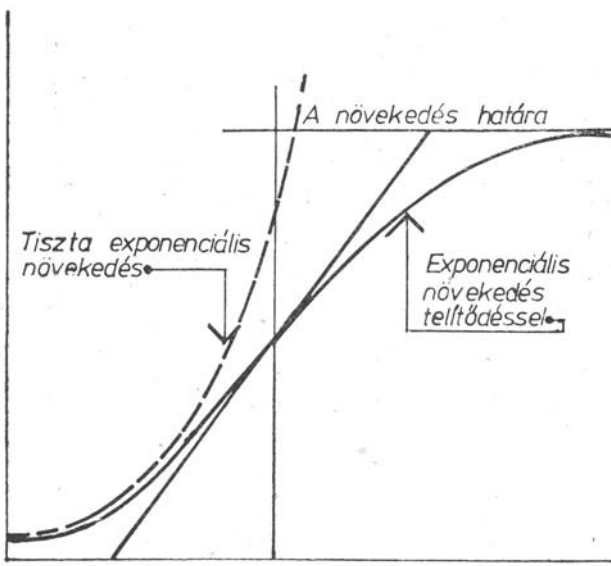
Nincs itt helyünk arra, hogy Teilhard de Chardin misztikus kicsengésű, derűlátása ellenére is hátborzongató elméletével vitába szálljunk. Annyi mindenesetre kétségtelen, hogy bármiféle exponenciális növekedésnek előbb-utóbb szükségszerűen és elkerülhetetlenül véget kell érnie.

Gyarapodhat egy népesség pusztán csak külső tényezők hatására is, és ez esetben a gyarapodás függvénye a külső befolyásnak. Ha például egy zárt közösségben (teszem azt börtönben vagy rendházban) csak férfiak vagy csak nők élnek, akkor a gyarapodást egyedül a kívülről behozott személyek száma biztosíthatja. Amennyiben a beérkezők száma állandó, a gyarapodás – a halálozásokat leszámítva – lineáris lesz, számtani haladvány szerint történik.[3] Ez esetben a megkétszereződési idő többé nem független a népesség számától, hanem arányos vele. Más szóval, minél nagyobb a népesség, annál hosszabb a megkétszereződéshez szükséges idő.

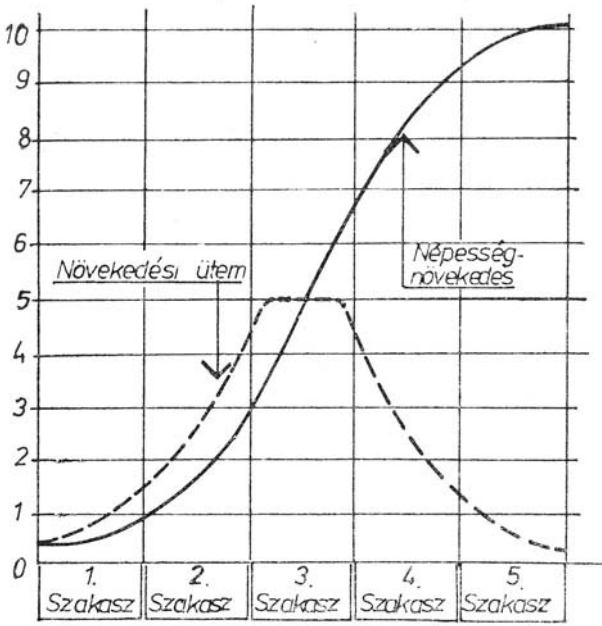
Tételezzük fel, hogy a fentebb említett zárt közösség népessége 100 főből áll, és az újonnan betelepülők száma napi 10 személy. Az első megkétszereződéshez így 10 napra van szükség, a másodikhoz már 20 napra, a harmadikhoz 40-re és így tovább.

LOGISZTIKA ÉS HOMEOSZTÁZIS

Van egy harmadik növekedési lehetőség is, amelynek grafikai ábrázolásához következtetés útján jutottak el, elméleti meggondolások alapján. Ha egy népességet ugyancsak önmagát növelő változónak tekintünk, amelyre kezdetben nem hat semmiféle természeti korlát, akkor a növekedés mértani haladványhoz hasonlóan exponenciálisan indul. Ám ha feltételezzük, hogy létezik valahol egy felső boltozat — *a növekedés határa* —, akkor mihelyt a növekedés megközelíti ezt a boltozatot, lassulás (telítődés) következik be, majd a növekedés teljesen megáll. A gyakorlatban a növekedést ábrázoló görbe kisebb kilengésekkel aszimptotikusan érint egy felső határvonalat (lásd az 1. ábrát).

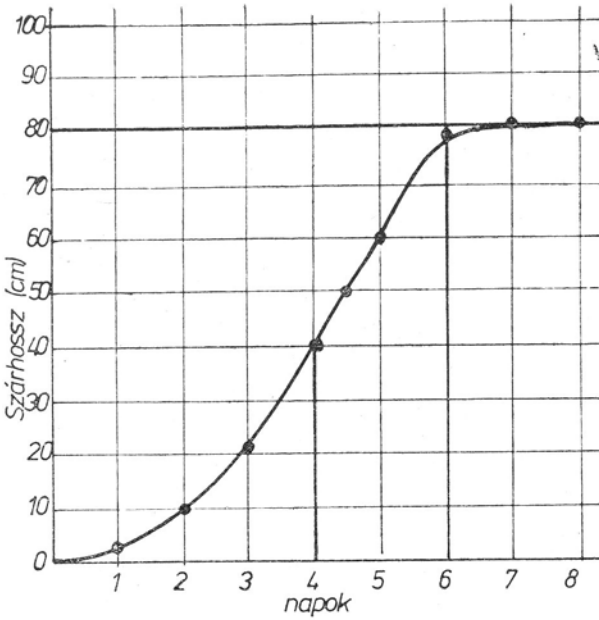


1. ábra. A logisztikai növekedés általános formája. (Derek J. de Solla Price: *Science since Babylon,* New Haven, 1961 nyomán)



2. ábra. A népességgyarapodást leíró logisztikai görbe általános üteme és a fejlődés öt szakasza. (Mihai Tarcă: *Introducere în prognoza demografică.* Iaşi, 1974 nyomán). I. szakasz: a nagyon lassú (vagy zérus) növekedést gyorsuló ütem váltja fel. II. szakasz: a népesség exponenciálisan nő; a növekedést jelző mutatószám a tetőpont felé tart. III. szakasz: lineáris növekedés; a növekedési ütem maximális. IV. szakasz: a növekedés lanyhulni kezd. V. szakasz: a fejlődési ciklus befejező fázisa: a népesség gyarapodása a megállapodás felé tart, egyre csökkenő reprodukciós együtthatóval.

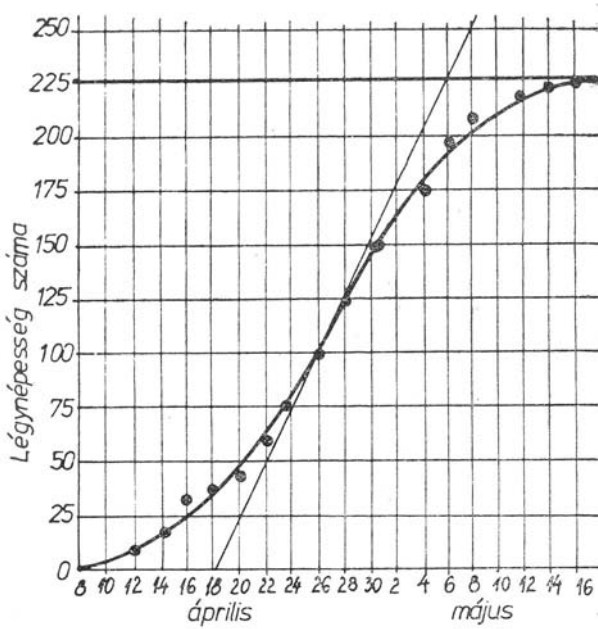
Ilyen *logisztikus*nak nevezett növekedési görbével írható le általában az élő szervezetek fejlődése, a biológiai növekedés minden fajtája. A természettudományokban *homeosztázis*ról beszélnek, a természet homeosztatikus képességéről, és ezen metaforikusan az élő szervezetnek vagy tágabb értelemben magának a természetnek a „bölcsességét” értik, melynek „cél”-ja



3 ábra. Egy paszulyszár növekedése
(D'Arcy W. Thompson: *Growth and Form*
Cambridge, 1948 nyomán)

az egyén és a faj fennmaradása. E „kitűzött cél" érdekében minden élő szervezet ellenőrző és szabályozó mechanizmusai révén optimális növekedési szint fenntartására „törekszik". Igen jó példa a természet efféle programált akciójára – melyben a termelés lassulása nyomban bekövetkezik, mihelyt „elegendő" termék áll rendelkezésre – a különböző speciális hormonok vagy antitestek előállítása; vérsejtek, termelése véreszteség után; vagy az új sejtszöveteké mindaddig, amíg a seb teljesen be nem gyógyul.

A logisztikai görbe matematikai képletéért két ismert nevű demográfushoz: Acsádi György



4 ábra. Zárt burában, meghatározott élelemmennyiséggel tenyésztett drosopihila melanogaster (ecetlégy) népességnövekedése.
(Jonas Salk: *Le monde ou nous vivons.* Paris, 1973 nyomán

höz és Theiss Edéhez fordulhatunk. Matematikailag – írják az idézett szerzők – az időegységre eső $\frac{dP}{dt}$ fejlődés mértékének két tényezője lehet: az egyik a már elért *P* nagysággal arányos: *rP;* a másik pedig arányos a végső *N* érték eléréséhez még szükséges *N–P* különbözettel. Ennek alapján

$$\frac{dP}{dt} = rP \cdot (N - P).$$

A differenciálegyenlet megoldása:

$$P = \frac{N}{1 + bNe^{-rt}}$$

ahol *b* egy integrációs állandó, *e* pedig = 2,71..., a természetes logaritmus alapszáma.[4]

Az 1., 2., 3., 4. ábrán a logisztikus növekedés néhány változatát látjuk. Az 1. diagram, sematikusan ábrázolja a logisztikus növekedés általános formáját, a 2. görbe pedig egy népesség növekedésére általában jellemző öt (mások szerint négy vagy három) szakaszos fejlődést mutatja be. A 3. görbe egy olyan paszulyszár növekedését írja le, melynek hossza naponta megkétszereződik és amelynél a telítődés (a növekedés vége), a hatodik, napon következik be; végül a 4. ábrán egy sokat vitatott és ezért általában ismert kísérlet eredményét vázolták fel: kutatók zárt élettérben (üvegburában), meghatározott élelemmennyiség mellett ecetlegyeket (drosophila melanogaster) tenyésztettek. A légynépesség előbb exponenciálisan induló fejlődése csakhamar logisztikussá „szelídült".

BÖLCS ÉS BALGA KÖVETKEZTETÉSEK

Melyik görbe ábrázolja – legalábbis megközelítő pontossággal – az emberi népesség gyarapodását? A kérdésnek, nem vitás, napjaink világméretű demográfiai fellendülése korában döntő jelentősége van az emberi nem jövője szempontjából.

Néhány évszázaddal ezelőtt, a modern népesedéstan kibontakozásának korában a demográfia számos úttörője úgy vélte, hogy az emberi népesség növekedési irányzata csakis exponenciális függvényként írható le. Ez azonban nem jelentett az akkor élő „demográfusok" számára izgalmas problémát. Ha a környezet nem támaszt ellenállást – szögezte le William Petty, a statisztika, a közgazdaságtan és a népesedéstan szempontjából egyaránt fontos *politikai aritmetika* megteremtője (1662) –, a népesség akár

10 évenként is megduplázódhat. Persze ezzel a pusztán elméletinek vélt lehetőséggel sem Petty, sem népességkutató kortársai és utódai: a francia Vauban, az angol John Graunt, Gregory King és sokan mások nem tartották érdemesnek behatóbban foglalkozni. A születéskor várható átlagos életkor a XVII. század derekán alig haladta meg a 30 évet; az 1660-as évek második felében szörnyű pestisjárvány söpört végig Európán, a világ népessége még csigalassúsággal gyarapodott.

Gregory King 1696-ban készült művében számításokat végzett Angolország népességének történelmi fejlődéséről, és megkísérelte előrejelezni a várható növekedést. Szerinte Anglia lakossága, mely 1066-ban a hastingsi csata idején, amikor Hódító Vilmos elfoglalta a brit szigetet, mintegy 2 millió főből állhatott, a következő évszázadokban így alakult:

1260	2,75 millió
1400	3,30 millió
1500	3,80 millió
1600	4,60 millió

Gregory King előrejelzése a legközelebbi és távolabbi jövőre:

1700	5,6 millió
1800	6,4 millió
1900	7,3 millió[5]

King óvatos (mondhatnám: túl óvatos) jóslata, mely érthető okokból nem láthatott bele a jövőbe, 1900-ig mintegy 30 millió lélekkel „rövidítette meg” hazáját. Ennek ellenére ez a jóslat még mindig közelebb járt a valósághoz, mint a Montesquieu-é, aki a *Perzsa levelek*ben teljes elnéptelenedéstől féltette a világot: „Alig tizedannyi ember él ma a Földön – írta Montesquieu –, mint hajdanában. S a legmegdöbbentőbb az, hogy bolygónk napról-napra jobban elnéptelenedik. Ha így megy tovább, a Föld két évszázadon belül pusztasággá válik.”

Montesquieu „példás tévedését” – korántsem ismeretek hiányában, inkább politikai megfontolásból – átvette Mirabeau, majd Saint-Just a „nyaktiló arkangyala” is. Számukra „a nyomorúságos közállapotok miatt szüntelenül csökkenő népesség” elmélete az éles társadalombírálat fegyvere volt. S nem cáfolt rá Montesquieu-re a felvilágosodás nagyjai közül sem Voltaire, sem David Hume. Velük szemben Benjamin Franklin, Adam Smith, Condorcet, Malthus és mások – elsősorban az angol gyarmatok és a függetlenné vált észak-amerikai Egyesült Államok népességének páratlanul gyors fejlődését tanulmányozva – arra a következtetésre jutottak, hogy a népszaporodásnak úgyszólván nincsenek biológiai korlátai, és a népességek rövid időközönkénti megkétszereződésének csupán az anyagi javak elégtelen mennyisége szabhat gátat.

Az első népesedéskutató, aki közelebbről szemügyre vette a természetes szaporodás kérdését, és szembeszállt kortársai véleményével, egy német lelkipásztor: Johann Peter Süssmilch volt. Berlinben, 1741-ben megjelent művében[6] – mely a maga idejében nem keltett különös feltűnést – Süssmilch a születések, házasságkötések és halálozások számában megmutatkozó „isteni rendet” tanulmányozva, elődeivel szemben arra a meggyőződésre jutott, hogy a népesedésben nem létezik semmiféle *gyarapodási állandó*ra irányuló törekvés. Eleinte – vélte Süssmilch – minden emberi közösség gyorsan szaporodik: a megkétszereződési időszakok igen rövidek; azután fokozatosan hosszabbodni kezdenek, és végül a népességnövekedés megáll. A német lelkipásztor tehát nem járt messze annak felismerésétől, hogy egy népesség természetes szaporodásának hosszabb távú előrejelzésére nem az exponenciális, hanem a logisztikai görbe alkalmas.

Matematikailag a logisztikus görbét egy belga matematikus: P. V. Verhulst vezette le Bruxelles-ben, 1838-ban közzétett tanulmányában.[7] Verhulst számításait Lambert Adolphe Jacques Quetelét-nek, a *Társadalmi fizika*[7/a] csillagász-statisztikus szerzőjének az ötletére alapozta. A két belga matematikus az emberi társadalom különféle jelenségeit, köztük a népesedés törvényszerűségeit a valószínűségszámítás módszereivel próbálta elemezni. Azt igyekeztek bizonyítani, hogy a népesség mértani haladvány arányában gyarapszik, ellenben a környezetnek a szaporodással szembeni ellenállása egyenlő a népességnövekedés sebességének négyzetével. Sok, tagadhatatlanul érdekes és értékes megállapítása ellenére, matematikai determinizmusa végül is zsákutcába vezette a két belga tudóst.

EMBEREK ÉS ECETLEGYEK

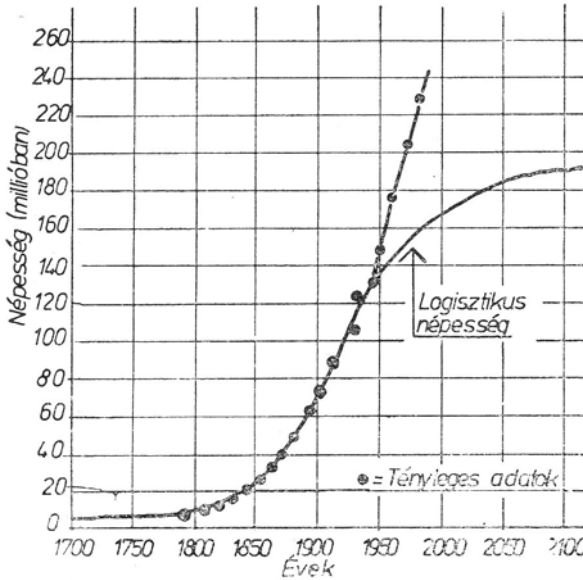
Közel egy évszázaddal később az időközben feledésbe merült verhulsti és quetelet-i képletet újra felfedezte két amerikai népesedéskutató: Raymond Pearl és Lowell J. Reed. 1920-ban közzétett közös dolgozatukban[8] az Egyesült Államokban 1790 óta végbement, valamint az ezután várható népesedési folyamatot kísérelték meg matematikai módszerekkel ábrázolni. Ezt követően sorra kiszámították Ausztria, Belgium, Dánia, Anglia, Franciaország, Svédország, Japán, a Fülöp-szigetek és más országok, valamint az egész világ népszaporulatának várható alakulását. Az Egyesült Államokban 1790 és 1910 között megtartott népszámlálások adataira támaszkodva Pearl és Reed egy olyan egyenlethez jutott, amelynek alapján az 1950-ig kiszámított népesség meglepően egyezik a valósággal. Igaz – jegyzi meg Vladimir Trebici –, ez az egyetlen ismert eset, amikor a fejlődés teljes egészében igazolta a logisztikai görbét.[9]

Az Egyesült Államok népességének alakulása 1790 és 1940 között

Évszám	Valóságos népesség	Kiszámított népesség
1790	3 900 000	3 900 000
1800	5 300 000	5 300 000
1850	23 200 000	23 200 000
1900	76 100 000	76 900 000
1910	92 300 000	92 000 000
1920	106 500 000	109 400 000
1930	(123 200 000)	123 900 000
1940	(135 600 000)	137 700 000

Ami az Egyesült Államok népességének 1950 utáni (2100-ig kikalkulált) növekedését illeti, a Pearl és Reed-féle logisztikai görbe csak bizonyos-korrekciókkal ábrázolná hűségesen a jelen pillanatig végbement és a következő évtizedekben várható fejlődést. A két amerikai kutató ugyanis az *első* világháború utáni években nem láthatta előre s így nem vehette számításba az Egyesült Államokban a *második* világháború után váratlanul bekövetkező gyermekbőséget, az előző évtizedekénél sokkal nagyobb termékenységet. Az 5. ábra a logisztikai számítások alapján készült görbét a valóságos adatokkal veti össze.

Pearl, és hozzá hasonlóan Reed is, szinte valamennyi művében a népesedés biológiai tényezőit emelte ki, s már-már feledni látszott a társadalmi és gazdasági összefüggéseket. Utóbb maga Pearl is rájött, hogy például azok a törvényszerűségek, amelyek meghatározzák egy zárt burában tenyésztett ecetlégy-népesség sorsát, nem alkalmazhatók az emberi társadalomra. Az ecetlegyek gyors szaporulatának ugyanis csakhamar gátat szab a tér korlátozott volta, a többletszaporulat elpusztul, sőt elhull végül maga az egész ecetlégy-népesség is.



5. ábra. Logisztikus görbe az Egyesült Államok népességének fejlődésére. (Acsádi György és Theiss Ede: *A népesség alakulásának előrebecslése.* In: *Bevezetés a demográfiába.* Szerkesztette: Szabady Egon, Bp, 1964 nyomán)

Pusztán matematikai szempontból tekintve ugyanis – állapította meg Pearl és Reed elméletét bírálva Teofil T. Vescan, a fiatalon elhunyt jeles fizikus –, csak két eset lehetséges: a népesség *vagy* gyarapodik, *vagy* csökken. Az első esetben a világra jövő egyedek mind több és több teret foglalnak el, addig, amíg végül egyiküknek sem jut már elegendő hely. Ugyanakkor ürülékük is egyre elviselhetetlenebbé teszi valamennyiük számára az életet. Szükségszerűen megindul tehát az előbb csak lassú, majd egyre gyorsuló pusztulás, mely azonban amit sem javít a megmaradottak életkörülményein, mert az elhullott egyedek teteme to-

vábbra is elfoglalja a még élők elől a helyet. Ha pedig a tetemek bomlásnak indulnak, a hely ugyan felszabadul, de a környezet még elviselhetetlenebbé válik. Ezért végül az egész népesség elhull. A második – ellenkező – esetben a végső eredmény ugyanaz: a népesség száma addig csökken, amíg végül egyetlen ecetlégy sem marad többé életben. A matematikai megoldás tehát mindkét esetben az, hogy egy véges területtel rendelkező – természetes úton gyarapodó – népességnek előbb-utóbb szükségszerűen el kell pusztulnia.[10]

Az emberiségnek ezzel szemben – miként erre már számtalan alkalommal rámutattak –, az ecetlegyekkel ellentétben, módjában áll egyrészt változtatni környezetén, másrészt *szabályozni gyarapodását.* Ezért nem alkalmazható nemünkre gépiesen semmiféle növekedési modell.

ÁLLATI TERMÉKENYSÉGSZABÁLYOZÁS

Ami a gyarapodás szabályozását illeti, feltétlenül említést érdemel néhány olyan biológiai tényező is, melyeket az utóbbi évek állatmagatartási kutatásai derítettek ki, s amelyekről sem Pearl, sem Reed, sem bírálóik nem tudhattak.

Darwin még úgy vélte, hogy az állati népességek termékenysége nincs közvetlen összefüggésben a területi egységre eső népsűrűséggel: „Nincs kivétel az alól a szabály alól – olvashatjuk a klasszikus darwini szövegben –, hogy a szerves lények természetes módon oly nagy mértékben szaporodnak, hogy ha nem pusztulnának el, a Földet hamarosan ellepnék egyetlen pár utódai.” Az újabb kutatások ezzel szemben azt bizonyítják, hogy a termékenység és a népsűrűség között szoros összefüggés létezik. Sok rovar termékenysége nyomban csökkenni kezd mihelyt a népsűrűség elér egy bizonyos szintet,

mert egyrészt nincs többé elég alkalmas hely a peték lerakására, másrészt a *túlnépesedés* megváltoztatja termékenységüket. Még érdekesebb egy elevenszülő hal: a guppi esete. Ez korlátlanul szaporodik mindaddig, amíg elér egy bizonyos sűrűségi szintet; ezt követően a nőstény guppi egyszerűen felfalja valamennyi porontyát, nyomban miután világra hozta őket.

Megfigyelték – olvashattuk Dr. Horváth Lajosnak az *Élet és tudomány* egyik régebbi számában megjelent cikkében –, hogy bizonyos rágcsálók: nyulak, szürkemókusok stb. időnként rendkívül elszaporodnak, s ha ilyenkor, *van is bőven* élelmük, látszólag értelmetlen vándorlásba kezdenek. Van amikor a vándorlás végén tömegesen belefúlnak a tenger vizébe. A vizsgálatok a vándorló állatok mellékveséje kéregállományának megnagyobbodásából, és az ivarmirigyek megkisebbedéséből arra a következtetésre jutottak, hogy a területi túlzsúfoltság és a biztonsági térköz hiánya miatt az állatok néha valóságos stressz-állapotba kerülnek. Ilyenkor a rettegés, a szorongatottság érzése hajtja őket, készteti vad menekülésre, és a stressz olykor annyira erős lehet, hogy az állatok nem törődnek többé azzal, mi állja útjukat. Így fulladnak azután bele tömegesen a tengerbe.

Különböző fajoknál más-más formákat ölthetnek azok a társas szokások, amelyek mindegyikének nyilvánvaló *célja* és *feladata,* hogy a termékenységet mélyen a maximális szint alá szorítsák. A nagy nádi poszátánál és számos más fészekrakó madárfajnál megfigyelték, hogy amennyiben a költési időszak kezdetén a létszám elég nagy, bizonyos számú felnőtt pár nem képes helyet biztosítani magának a fészekrakáshoz, párosodáshoz, fiókák kitöltéséhez. Más madaraknál (például a fehér gólyánál), ha az „erőszak-hierarchia” alacsonyabb szintjén álló madarak találnak is fészekrakó helyet, tár-

saik agresszív viselkedése megakadályozza őket fiókáik kiköltésében vagy a kiköltés után ezek-felnevelésében. „A hierarchia funkciója – szögezi le Wynne-Edwards nyomán E. A. Wrigley – mindig a felesleges egyedek kijelölése, valahányszor ritkítani kell a népességet,”[11]

Vannak azután egészen „különös” megnyilvánulásai is a termékenységkorlátozó mechanizmusoknak, melyek működése *közvetlenül* meg sem magyarázható. Wrigley említi például, hogy amikor valamiféle állatvész szinte maradéktalanul kipusztította Anglia több vidékén a nyulakat, az egerészölyvek jóval ritkábban költöttek mint azelőtt, kivéve ott, ahol a nyulakat nem érintette olyan súlyosan a vész, vagy ahol azelőtt sem éltek túl nagy számban.

„Jogosnak látszik a feltételezés – vonja le az elmondottakból a következtetést az idézett angol demográfus –, hogy sok állatfajtánál minden társas tevékenység nagy része a népességnagyság érzékeny és pontos szabályozásával áll kapcsolatban.” Persze ez nem jelenti azt, hogy nem a rendelkezésre álló táplálékmennyiség a *végső* szabályozó, de a szabályozás – legalábbis az állandó környezetben élő állatfajok többségénél – nem közvetlen úton történik.[12]

Az állatnépességek termékenységszabályozó magatartásának vizsgálata már csak azért is megérdemel minden figyelmet, mert igen könynyű felismerni az analógiát a primitív néptörzsek és egyes állatfajok termékenységkorlátozó technikái között. A primitív törzsek jelentős része – az alaszkai tundráktól a polinéziai szigetvilágig – ismeri és alkalmazza a termékenységszabályozás bizonyos módszereit; ezek széles skálája a szexuális érintkezés különböző tabuitól (például a gyakran 3 évre is kinyúló szoptatás ideje alatti érintkezési tilalom) egyes törzstagok családalapításának megakadályozásáig és a sokfelé gyakorolt csecsemőkitevésig

terjed. Léteznek persze specifikusan emberi gyarapodáskorlátozó módszerek is: méhkúpok spermaölő főzetek és természetesen a művi terhességmegszakítás, melyet nem egy természeti nép ismer és alkalmaz[13].

ESZMÉNYI EGÉRÁLLAM

Mi történnék abban az esetben, ha a Föld népének gyarapodása – hosszabb távon nem a logisztikai, hanem valamiféle exponenciális törvénynek engedelmeskednék?

A kérdést akkor is fel kellene tennünk, ha feltételeznők, hogy a műszaki haladás, a különböző biotechnikai módszerek széles körű alkalmazása, új fajtájú energiahordozók (napenergia, atomfúzió) kifejlesztése, a mesterséges élelmiszerek tökéletesítése egyfelől, a növekvő urbanizáció, a katonás rendben egymás mellett sorakozó összkomfortos tömbházak tíz- és százezreinek megépítése másfelől – biztosítani tudná az egyre növekvő emberözön, a sokasodó milliárdok maradéktalan ellátását. Az így megfogalmazott kérdésre természetesen senki sem tudna ebben a pillanatban választ adni. Ezért válasz helyett – pusztán parabolikus érdekessége miatt – talán nem árt ismertetni annak az állatlélektani kutatásnak az eredményeit, melyet néhány évvel ezelőtt egy jónevű állatmagatartás-kutató, J. B. Calhoun végzett el. Ez a fölötte meggondolkoztató kísérlet – noha egyáltalán nem alkalmas arra, hogy következtetéseit mutatis mutandis kiterjesszük az emberi társadalomra – a figyelmet föltétlenül megérdemli.

J. B. Calhoun optimális életkörülményeket teremtett egy egérnépesség számára, öt négyzetméter nagyságú zárt területen. Az egerek a legjobb táplálékot kapták, elegendő friss vizet, a helyiség páratartalma és hőmérsék-

lete megfelelt a tudományos előírásoknak; az esetleg fellépő betegségek megelőzésére megtörténtek a szükséges óvintézkedések és távol tartották a teleptől az egérnépesség természetes ellenségeit.

Négy ivarérett egérpár két esztendő leforgása alatt kerek 2200 élő utódot nemzett és hozott világra. Ezek, felnőve, 10–12 tagú csoportokra, „klikkek”-be tagozódtak, afféle családokat – szaporodási együtteseket – alkottak. Mindegyik család kijelölte a maga területét, s megvédelmezte nőstényeit a betolakodni próbáló idegen hímektől.

Jó ideig elkeseredett harc folyt a területért meg a nőstényekért, s e harcból különösen az idősebb hímek vették ki alaposan részüket. Harciasságuk következtében ők pusztultak el leghamarább. Ezt követően, a nőstények vették át fiókáik és területük védelmezőinek szerepét. Az agresszivitás úgyszólván járványosan elharapódzott, átragadt a fiatalokra, sőt a fiókákra is: *mindenki harcolt mindenki ellen.* A kisebb családi kötelékek felbomlottak, a hagyományos szerepkör-megoszlás megszűnt, végül a jóléti-egértársadalom szociális rendje teljesen felborult.

Két és fél év múlva az állatok belefáradtak a harcba. Passzivitás, lehangoltság, érdektelenség kerítette őket hatalmába. Már a felcseperedő újszülöttek sem küzdöttek „jogaikért”, fészküket csak táplálkozás végett hagyták el, de már csak piszkálták az ételt, *szexuális kedv sem támadt bennük.* Az ivarérettek nem párosodtak. Megindult és egyre nagyobb méreteket öltött az elhullás. Egyetlen nőstény sem lett többé vemhes, a még élő egyedek elöregedtek. Végül mindössze 15 öreg nőstény maradt életben. Ezek – emberi átlagéletkorra átszámítva – mintegy 100 évesek. Pusztulásuk után az eszményi egérállam megszűnik.

TÖBBSZAKASZOS NÖVEKEDÉS

Visszatérve az emberi társadalom népesedési problémáihoz, a logisztikai görbe általános formájának ismertetésekor már szó esett a többszakaszos növekedési ütemről. 2. számú ábrán kon az ötszakaszos fejlődés általános modelljét mutattuk be. Mások négy- vagy háromszakaszos fejlődési ütemről beszélnek, összevonva az egyes fázisokat. A logisztikai görbével jól leírható népesedési folyamat gyakorlati példájaként a demográfiai szakemberek gyakran hivatkoznak az elmúlt két évszázadban Európában végbement *népesedési átmenetre,* szakkifejezessel *demográfiai tranzícióra.* Ennek általában négy szakaszát különböztetik meg:

I. szakasz: magas, 38–40 ezrelékes (néha ennél is nagyobb) élveszületési arányszám, hasonlóképpen magas (35–39 ezrelékes vagy még magasabb) halálozási mutató, nagyon alacsony átlagos életkor; igen lassú gyarapodás. Így gyarapodott Európa és az egész világ népessége évezredeken át.

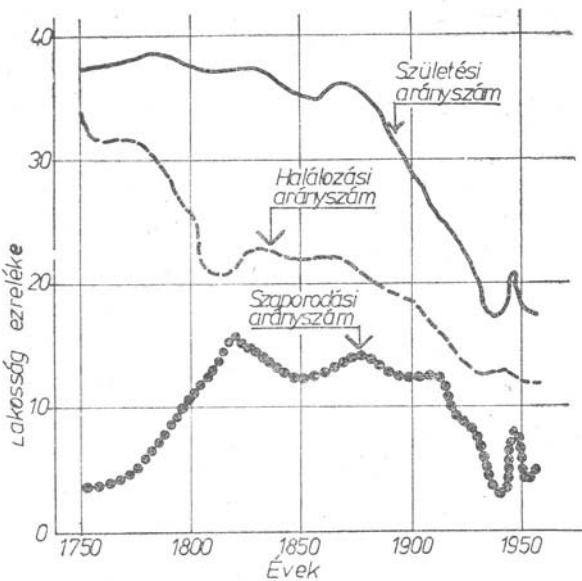
II. szakasz: sok gyermek (szinte ugyanannyi, mint az I. szakaszban), de a halandóság javuló egészségügyi viszonyok, orvos-biológiai felfedezések, állati fehérjékben, vitaminokban gazdagabb táplálkozás következtében csökkenni kezd, a születéskor várható életkor megnövekszik. Megindul az európai *demográfiai forradalom*. Angliában például mintegy 60–70 esztendőn át (1750–1820) szinte változatlan (34–35 ezrelékes) születési arányszám mellett az 1000 főre eső halálozások arányszáma 30-ról 23-ra mérséklődött. Ekkor élt Malthus, ennek a kornak a jellemzőit próbálta általános törvényerő rangjára emelni.

III. szakasz: a termékenység előbb csak lassan, aztán mind rohamosabban csökken, különösen a gyermekhalandóság mérséklődésének hatására; közben az egészségügyi helyzet, a

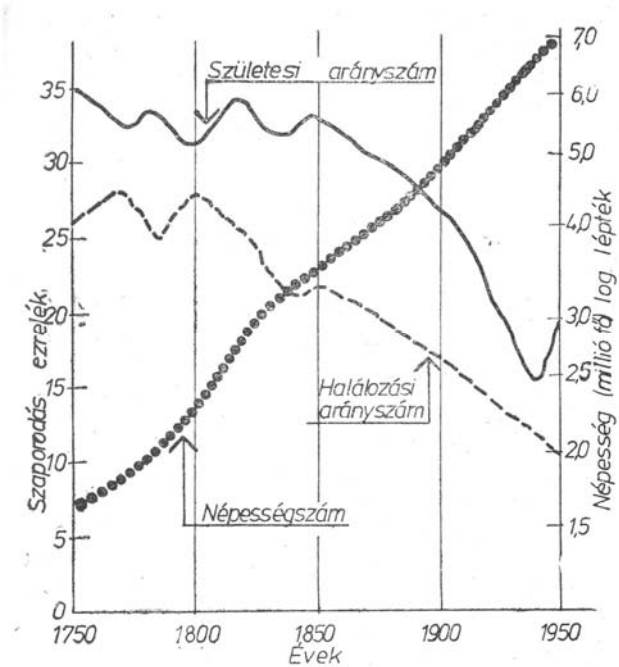
táplálkozás minősége tovább javul, a születéskor várható átlagos életkor még jobban megnövekszik. A gyarapodás üteme lanyhulni kezd.

IV. szakasz: a születések és halálozások száma statisztikailag szinte kiegyenlíti egymást; az átlagos életkor – elérve a pillanatnyilag lehetséges felső határt – nem növekszik tovább. A népesség már csak igen kis mértékben gyarapszik, végül is bekövetkezik a megállapodás.

Az alábbi táblázaton, valamint a 6. ábrán Anglia és Wales népmozgalmának alakulását láthatjuk 1750 és 1950 között. A 7. ábra a Svédországban lezajlott népesedési átmenetet ábrázolja.



6. ábra. Anglia és Wales lakosságának születési, halálozási és szaporodási mutatói 1750 és 1950 között.
(H. Brown és mások: *The Next Hundred Years*. London, 1957 nyomán)



7. ábra. Svédország: születési és halálozási arányszámok és a népesség gyarapodása 1750 és 1950 között. (Th. McKeown és munkatársai a *Population Studies* 1972/3-ban megjelent tanulmánya nyomán)

Anglia és Wales népességének gyarapodása (1750–1950)[14]

Évek átlaga	Szülétések	Halálozások	Természetes szaporulat	Népesség száma az 5 éves időszakok végén (ezer)
	1000 főre			
1751–1755	35,0	30,0	5,0	6200
1801–1805	34,0	23,0	11,0	9200
1851–1855	33,9	22,7	11,2	
1905–1909	26,7	15,1	11,6	42000
1950	15,9	11,6	4,3	

Mind Angliában, mind pedig Svédországban maradéktalanul érvényesült a négyszakaszos fejlődési modell. Több európai országban ehhez hasonlóan zajlott le az első ipari forradalmat nyomon követő népesedési folyamat, másutt viszont, például Franciaországban, Magyarországon Bulgáriában bizonyos – korántsem lényegtelen – eltérésekkel. Ezekre egy későbbi fejezetben még visszatérek.

Itt csak annyit szeretnék megjegyezni, hogy a francia forradalomtól és a napóleoni háborúktól az angol gyarmatbirodalom nagyranövéséig, a német vagy japán imperializmus többszörös fellépésétől a kelet-európai szocialista forradalmakig az utóbbi két évszázad európai történelme megértéséhez föltétlenül szükséges a népesedés terén végbement változásokat is ismerni.

*

Még világosabb képet nyerhetünk a népesedési átmenet folyamatáról, ha az Angliában és Walesben történteket példának véve sematikusan felvázoljuk a négyszakaszos fejlődési folyamatot (8. ábra).

H. Schubnell nyugatnémet demográfus egy 1973-ban megjelent tanulmányában olyképpen igyekezett még jobban megközelíteni a négyszakaszos fejlődést, hogy párhuzamba állította a demográfiai folyamatot az adott termelési viszonyokkal. Eszerint a népesség növekedése az alábbi négy szakaszra osztható fel:

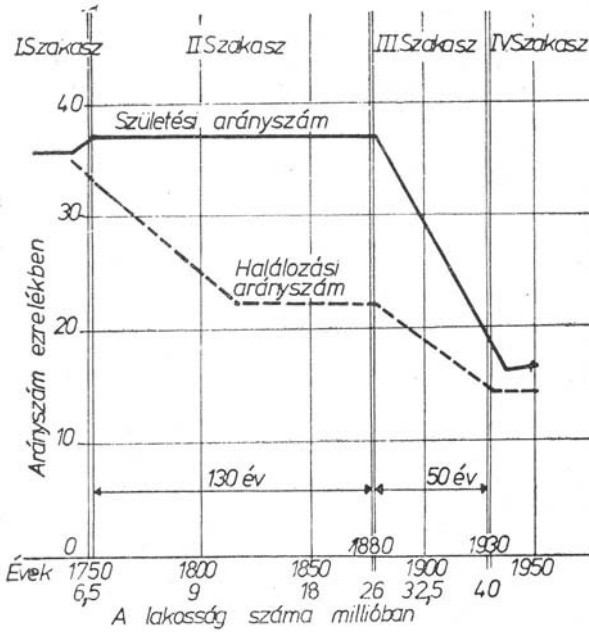
I. az agrár termelési viszonyok népesedése;

II. az iparosodás kezdeti szakaszának demográfiai fejlődése

III. az átmeneti állapot;

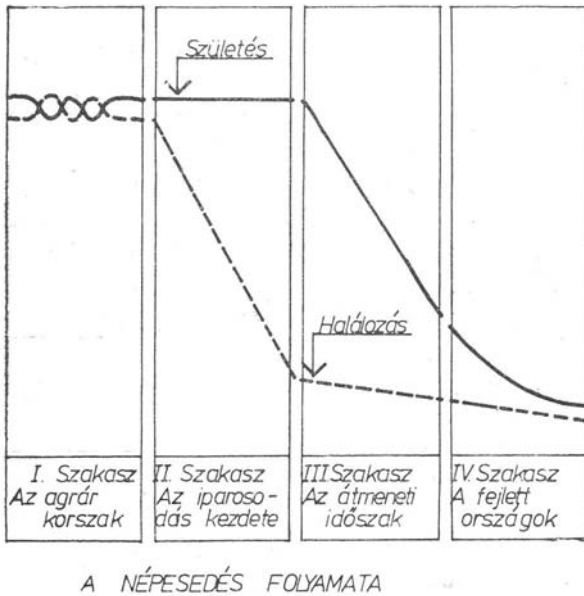
IV. a fejlett ipari államok (az ún. „posztindusztriális társadalmak”) népesedése.

A Schubnell leírta fejlődésdinamikát a 9. ábra szemlélteti.



8. ábra. Az Angliában és Walesben végbement demográfiai folyamat sematikus ábrázolása.
(Fr. Baade: *Versenyfutás a 2000. évig.* Bp, 1965 nyomán)

Elég egy felületes pillantást vetni a 8. vagy a 9. ábrára, hogy nyomban a szemünkbe ötöljön a fejlődés logikájából következő *V. fejlődési szakasz.* A születések számában beálló legkisebb csökkenés, vagy a halandóság akárcsak lényegtelen emelkedése is, nyomban véget vethet a gyarapodásnak. A népesedési átmenet egy efféle V. szakaszának – az apadás megindulásának – példáját mutatta a két háború közötti Franciaország, és ma ugyanennek a folyamatnak vagyunk szemtanúi néhány fejlett iparú szocialista és tőkés országban.



9. ábra. A demográfiai folyamat és a termelési viszonyok.
(Vl. Trebici: *Populația mondială.* Buc, 1974 nyomán)

ELMÉLETI ÉS GYAKORLATI SZÁMÍTÁSOK

Jóllehet sok szakember nem ért egyet a logisztikai modell alapján történő extrapolációval, sőt egyesek még azt is kétségbe vonják, hogy az emberi népesség növekedésére lehet-e egyáltalán matematikai törvényszerűségeket felállítani, az elmondottak után mégis nyitva marad a kérdés, hogy vajon – az elméleti meggondolásokat félretéve – alkalmas-e a gyakorlatban a logisztikai görbe például a harmadik világ országaiban jelenleg végbemenő és a jövőben várható népesedési folyamatok ábrázolására és előrejelzésére?

Roland Pressat francia demográfus úgy véli, hogy egy véges világban élő népesség gyarapodása hosszú távon csakis a logisztikaihoz hasonló matematikai modell törvényszerűségeinek engedelmeskedhet.[15] Nem tér el ettől lényegesen Vladimir Trebici-nek, a Román Statisztikai Intézet igazgatójának véleménye sem. Miután kifejti, hogy a logisztikai görbe voltaképpen kísérlet az állatvilágban tapasztalt gyarapodási jelenségeknek az emberi társadalomra való kiterjesztésére, gondolatmenetét így fejezi be: „Mindezek ellenére a logisztikai görbét újra időszerűvé teszi a zérus népességnövekedés elmélete. Az átmenet valamely adott népességről egy megállapodott népességre – a becslések szerint legalább 70 évet igénybe vevő folyamat – a logisztikai görbe útját kell hogy kövesse, mert egy ilyen népesség egyre csökkenő gyarapodási arányszám mellett, egy felső határvonallal aszimptotikus nagyságrend felé tart."[16] Mihai Țarcă iași-i demográfus ehhez még hozzáteszi, hogy bár a népesség növekedését ábrázoló különféle görbéket és különösen a logisztikai görbét nem lehet általános érvényű törvény rangjára emelni, a logisztikai irányzat mégis extrapolálásra alkalmas segédeszköznek látszik a népesség eljövendő fejlődési vonalának felvázolására. A múltban – írja Țarcă – az extrapoláció matematikai módszereit széles körben alkalmazták – és nem keveset bírálták. A bírálatok azonban nem is annyira magát a módszert – a társadalmi tényezők kvantifikálását – kárhoztatták, mint inkább a módszer alkalmazásába minduntalan becsúszó hibákat.[17]

Egy neves svéd demográfus: Erland Hofsten elméleti úton próbálta meg bebizonyítani, hogy a logisztikai görbe alkalmas a világban napjainkban végbemenő népesedési folyamat áb-

rázolására és a jövő előrejelzésére. A Hofsten-féle kísérlet ismertetése előtt azonban tisztáznunk kell néhány népesedési alapfogalmat.

NYERS ÉLVESZÜLETÉSI ÉS TERMÉKENYSÉGI ARÁNYSZÁM

Ha elosztjuk egy adott időszakban (többnyire naptári évben) születettek számát az össznépesség, számával, a hányados az 1000 lélekre eső nyers élveszületési arányszámot, a születési *gyakoriság* mutatószámát adja:

$$n = \frac{\text{születések}}{\text{népesség ezrelékben}}$$

Romániában – a hivatalos kimutatások szerint[18] – 1977-ben 423 958 volt az élveszületések száma, az össznépességé pedig július 1-én 21 657 569. Tehát a nyers élveszületési arányszám:

$$\frac{423\,958}{21\,658\,(000)} = 19{,}57 \text{ ezrelék.}$$

Kikerekítve Romániában 1977-ben 1000 lélekre 19,6 élveszületés jutott; ha ebből levonjuk a 208 685 főnyi – 9,6 ezrelékes – halálozást, megkapjuk a nyers gyarapodási arányszámot, amelyet rendszerint százalékban fejezünk ki. Példánk esetében az ország 1977 évi gyarapodási arányszáma 1 százalék volt.

Az így kiszámított mutató, melyet a nemzetközi statisztikákban összehasonlítás céljára is gyakran használnak, csak viszonylagos megbízhatósággal tükrözi a gyarapodást.

Megfelelőbben jellemezhető a születési mozgalom a termékenységi mutatószámokkal. A nyers termékenységi arányszám kikalkulálása végett az élveszületések számát nem az össznépességéhez, hanem a női népességéhez viszonyítjuk („női születési arányszám”). Még pontosabb termékenységi mutatószámot kapunk

abban az esetben, ha az élveszületések számát nem a női népesség egészével, hanem csak a szülőképes – propagatív – korban levő (15 évesnél idősebb és 50 évesnél fiatalabb) nők számával osztjuk el. Ez a *teljes* vagy *általános termékenységi arányszám.*

Romániában 1977-ben a 15–49 éves nők általános termékenységi arányszáma:

$$\frac{423\,958}{5\,376\,(000)} = 78{,}86 \text{ ezrelék volt.}$$

Ez annyit jelent, hogy minden százezer 15–49 éves nő egész termékenységi ideje alatt – amennyiben a jelenlegi termékenységi irányzat változatlan marad – átlag évi 7886 gyermeket hoz a világra. Egy korévre és egy nőre számítva (7886 x 35 = 276 010) 2,76 az átlagos gyermekszám. Ha mármost azt is tekintetbe vesszük, hogy statisztikai tapasztalat szerint 1000 újszülöttre átlagosan 515 fiú és 485 leánygyermek szokott esni, akkor könnyen kiszámíthatjuk a leglényegesebb utánpótlási mutatót, az egy befejezett termékenységű nőre eső leánygyermekek – jövendő anyák – számát:

276 010 x 0,485 = 1 338,65 – ami egy anyára számítva 1,34 leánygyermeknek felel meg.

KORSPECIFIKUS ÉLVESZÜLETÉSI ARÁNYSZÁM

Bár a valóságban végbemenő folyamatot az általános termékenységi mutató hűségesebben ábrázolja, mint a nyers élveszületések arányszáma, azért ez a mutató is további finomításokra szorul. Így jutunk el a korspecifikus élveszületési arányszámhoz, melynél nem a termékeny korú női népesség egészét vesszük alapul hanem külön-külön vizsgáljuk meg minden egyes korév vagy korcsoport születési gyakoriságát. A gyakorlatban rendszerint ötéves korcsoportokkal szoktak dolgozni, ami azt jelenti,

hogy a kapott hányadosokat végül öttel kell osztani.

Vegyük például Románia 1972, 1976 és 1977 évi születési adatait:

Betöltött életkor	Női népesség lélekszáma 1972	1976	1977
		1000 fő	
15–19	910	835	794
20–24	820	896	905
25–29	630	778	814
30–34	731	619	624
35–39	780	758	724
40–44	760	767	770
45–49	713	739	747
	(+1)		
	5345	5392	5376

Bár az így, kapott mérlegelt átlagok meglehetősen közel járnak az egyszerű aritmetikai módszerrel kiszámított termékenységi arányszámhoz, a különbségek – abszolút értékekre visszaszámítva – mégis jelentősek lehetnek. De nem is ez a leglényegesebb szempont, amiért a korspecifikus élveszületési arányszámot ki szokták számítani.

Ha csak egy pillantást vetünk a fenti táblazatra, nyomban látjuk, hogy a hazai női népesség összlétszámában 1972 és 1977 között nem történt lényeges eltolódás. 1972 és 1976 között mindössze 47 ezer fővel emelkedett, 1976 és 1977 között pedig 16 ezer fővel csökkent a termékenykorú női népesség száma. Ez öt év viszonylatában csupán 6 ezrelékes különbözetnek felel meg. Lényegesen nagyobb a különbözet a két legtermékenyebb korcsoport lélekszámában. 1972-ben a 20–24 évesek száma 820 ezer volt, 1976-ban 896 ezer, 1977-ben pedig 903 ezer; a többlet 83 ezer fő, több mint

10 százalék. A 25–29 éveseknél még nagyobb a különbözet: 184 ezer fő, mintegy 30 százalék. A két korcsoportban öt év alatt összesen 267 ezer lélek, több mint 18 százalék.

Születések száma			Termékenységi arányszám		
1972	1976	1977	1972	1976 (%)	1977
56*	59*	57*	61,3	70,0	71,2
152	176	182	185,9	196,9	200,9
83	106	113	131,6	136,7	138,1
56	43	42	76,9	69,4	67,6
32	25	23	40,7	33,4	32,3
9	7	7	12,0	9,0	8,6
1	1	1	0,8	0,7	0,7
		(–1)			
389	417	424	72,7	77,3	78,8

* Hozzáadva a 15 éven aluli anyák élve született gyermekeit is, nevezetesen 1972-ben 282, 1976-ban 309, 1977-ben 367 gyermeket.

Némi változás történt a termékenységi magatartásban is. A 20–24 évesek termékenységi mutatója 185,9-ről 200,9-re emelkedett (8 százalék), a 25–29 éveseké pedig 131,7-ről 138,l-re (közel 5 százalék). Ugyanakkor a 30–34 éveseké mintegy 14 százalékkal, a 35–39 éveseké kb. 20 százalékkal apadt.

Feltevődik a kérdés: minek köszönhető a születésszámban mutatkozó számottevő – mintegy 9 százalékos – emelkedés: a változott termékenységi magatartásnak-e vagy pedig a termékeny korosztályok létszámában tapasztalt különbözetnek?

Elég, ha beszorozzuk az egyes korcsoportok létszámát az illető korcsoport változó termékenységi mutatójával, és nyomban kiderül, például a 20–24 éveseknél változatlan létszám és megnövekedett termékenység esetén 13 000, változatlan termékenység és megnöve-

kedett létszám esetén 16 000 főnyi lett volna a korcsoportra eső születésszám növekedése; a 25–29 évesek korcsoportjánál az első esetben 4000-rel, a másodikban 24 000-rel nőtt volna az újszülöttek száma.

Az elmúlt 10–15 év születési statisztikáit tanulmányozva és feltételezve, hogy a termékenységi magatartás nem változik lényegesen, kockázatmentes jóslatokba bocsátkozhatunk például az országos születésszám 1987 vagy 1992 évi alakulását illetően. 1987-ben a legtermékenyebb korcsoport – a 20–24 éves nőké – az 1963–67-ben születettek sorából kerül majd ki. Minthogy ezek lélekszáma mintegy 230 000-rel alacsonyabb lesz az 1977-esekénél*, változatlan termékenység mellett a születések száma csak ennél az egy korcsoportnál kb. 46 000 lélekkel csökken. További 5 évvel később a 25–29 éveseknél mutatkozik majd jelentős kiesés, ezzel szemben ekkor érik el legtermékenyebb életkorukat az 1967 után született igen népes kohorszok.

HALANDÓSÁG, ÉLETTARTAM, REPRODUKCIÓ

Bár az egyszerűsítés végett az előbbiekben nem is szóltam arról, hogy minden évjáratot születésétől fogva, évről évre bizonyos arányban apaszt a halandóság – minden bizonnyal már a fenti példák is meggyőzték az olvasót arról, hogy a népesedés bonyolult sokféle

* A két korcsoport létszáma közti tényleges különbözet 1977. júl. 1-én 235 442 lélek volt; feltételezhetően a 10–14 éves életkorukat 1977-ben betöltő lányok halandósága sem fogja a következő 10 évben meghaladni az 1977-es halandósági értékeket, ami durván számítva annyit jelent, hogy a mintegy 670 000 főnyi 10–14 éves lány közül 665–666 000 megéri legtermékenyebb életkorát.

elemből, tényezőből és mozzanatból összetevődő folyamatainak, az egyes korcsoportok magatartásában mutatkozó jelentős eltéréseknek a hiteles ábrázolásához *elméleti modellekre* van szükség.[19]

Ilyen modelleket alkalmaznak mindenekelőtt az utánpótlás-kutatásban, amikor is már nem csupán azt kutatják, mint a gyarapodásnál, hogy vajon az adott termékenység mellett a születések száma elegendő-e a halálozások pótlására, más szóval, hogy több vagy kevesebb lélekből áll-e majd a népesség a nyereség (születések) hozzáadása és a veszteség (halálozások) levonása után, hanem a népesedési folyamatot teljes egészében elemzik, és az *újratermelés* szempontja kerül előtérbe. Teljes egészében való elemzésen azt értik, hogy a születések és a halálozások számán kívül a társadalmi, gazdasági tényezők hatására a népesség összetételében végbement változásokat is figyelembe veszik: a nem, az életkor, a családi állapot szerinti összetétel változásait, a házasságkötések átlagos számának alakulását, a válások gyakoriságát, a vándormozgalmat stb.

A reprodukciós számításnál lényegében arra a kérdésre keresnek választ, hogy vajon 1000 élveszületett leány – az utánpótlandó népesség – élete folyamán, az adott halandóság figyelembevételével és az adott termékenység feltételezésével hány gyermeket (és közte leánygyermeket) fog világra hozni. A leánygyermekeknek az utánpótlandó női népességhez viszonyított arányszáma a *tiszta reprodukciós együttható.*

Anélkül, hogy bele kívánnék menni a részletekbe, mindössze annak leszögezését tartom fontosnak, hogy a népesség mindenkori struktúrája, mely egy már lezárult időszak népmozgalmának tükörképe, hatást gyakorol mind a népesedés jelenlegi folyamataira, mind pedig

ezek jövőbeni alakulására. Sem a termékenységnek, sem a halandóságnak nem kell szükségszerűen megváltoznia ahhoz, hogy a gyarapodásban – pusztán a népesség struktúrájának megváltozása folytán – számottevő változás legyen észlelhető. A tétel természetesen fordítva is érvényes. A termékenységben vagy a halandóságban bekövetkező jelentős változást jó időn át elleplezheti a korstruktúrában felgyülemlett növekedési energia vagy tehetetlenségi erő.

Az alábbi táblázat az ENSZ *The Aging of Populations* (A népességek öregedése) című, a hatvanas években megjelent kiadványa nyomán a termékenység és a halandóság különböző változásai esetén előforduló életkori megoszlást mutatja ki négy különböző (stabil népességet feltételező) modellben:

Születéskor várható élettartam (évek)	Nyers gyarapodási arányszám (100 főre)	A stabil népesség százalékos megoszlása a korcsoportokban		
		0–14	15–59	60 feletti
30,0	3,0	41,3	54,5	4,1
70,2	3,0	47,3	48,4	4,3
30,0	1,5	24,7	63,8	11,5
70,2	1,5	29,3	57,7	13,0

Az első két sor adatai az ötvenes évek végén, a hatvanasok elején a harmadik világ különböző országaira jellemző helyzetet és a népesség ott kialakult kormegoszlását mutatja. A 15 éven aluliak erősen megnövekedett számarányának kérdésére egy következő fejezetben még visszatérek. Táblázatunk harmadik sora az iparosodás előtti, XVIII. századi nyugat-európai, az utolsó sor pedig az 50-es, 60-as évek európai népmozgalma alapján kialakult kormegoszlást ábrázolja.

Azóta, a szüntelenül apadó termékenység hatására szinte kivétel nélkül valamennyi fejlett iparú országban lényeges eltolódás ment végbe a modell utolsó sorához viszonyítva. Európában 1973-ban az átlagos nyers gyarapodási arányszám 0,7-re csökkent, ma még ennél is sokkal alacsonyabb. Ez a 15 éven aluliak arányszámát már 1973-ban átlag 25-re apasztotta. Az átlagon belüli határértékek: Svédország, Magyarország 21, Izland 33, Írország 31, Portugália 29; Romániában 1 százalékos nyers gyarapodási mutató mellett: 26. A 60 éven felüliek súlyaránya ugyanakkor átlag 17,3 százalékra nőtt, és továbbra is erősen növekedőben van. Magyarországon a mindkét nembeli nyugdíjat élvezők arányszáma meghaladja a lakosság egyötödét. A 15 éven aluliak évjáratainak erős csökkenése most kezdi éreztetni erős hatását a születésszám alakulására, és ez a hatás Nyugat-Európa-szerte növekedni fog.

*

Az egymásnak gyakran ellentmondó, a valóságtól lényegesen eltérő eredmények kiküszöbölése végett a demográfiai szakemberek rendszerint elvonatkoztatják a vizsgált időszak népesedési mozgalmát a népesség adott – és a már lezajlott folyamatok által kialakított – összetételétől. Olyan elméleti modelleket vezetnek be, melyek egyrészt figyelmen kívül hagyják az éppen tanulmányozott jelenség szempontjából nem elsődlegesen fontos mozzanatokat, másrészt a tanulmányozott időszak népesedését olyan struktúrán mérik, mely akkor alakulna ki, ha az éppen megfigyelt irányzatok hosszú időn át változatlanul érvényesülnének.

Igen egyszerű, már több mint két évszázaddal ezelőtt is használt modell a halandósági tábla vagy élettáblázat, mely a különböző életkorokban várható halálozás, illetve a tovább-

élés valószínűségét mutatja ki. Halandósági táblára azért van szükség, mert egy nemzedék továbbélési rendjének megfigyelése a születéstől a halálig mintegy 100 évet venne igénybe, s így a megfigyelt halandóságnak már csak történelmi értéke volna. Ezért a gyakorlatban a továbbélés rendjét egy adott időszak (rendszerint év) halandóságának alapján elképzelt fiktív nemzedékre vonatkoztatva határozzák meg. Kiindulásként a halandósági táblához egy zárt, egy időben élveszületett népességet tételeznek fel, melynek száma csak halálozások következtében változik (vándorlások útján nem).

A születéskor várható átlagos élettartam a halandósági viszonyok legjobb összefoglaló mutatója, melyet mind történeti, mind nemzetközi összehasonlítás céljaira használnak.

Egy másik, gyakran alkalmazott demográfiai modell a stacionér népessége. Ezen olyan népességet értünk, melynél a születések száma azonos az elhunytakéval, korösszetételt pedig – s egyúttal a stacionér népesség lélekszámát is – a továbbélési rend határozza meg.

A stacionér népesség tulajdonképpen egy válfaja a stabil népességnek. Teljesen stabil népesség, talán mondani is felesleges, a valóságban nem fordul elő, de a modellezés lehetőséget ad arra, hogy összehasonlítás révén feltárjuk a valóságban lezajló folyamatok rendszeresen ismétlődő mozzanatait, törvényszerűségeit.

KOHORSZ-MÓDSZER A REPRODUKCIÓSZÁMÍTÁSBAN

A megfigyelések azt mutatják, hogy a termékenység aránylag legstabilabb mozzanata a befejezett termékenységű családok átlagos gyermekszáma. Ez a mérőszám az évenkénti születési arányszám erős ingadozása esetén sem

változik szabálytalanul. A teljes termékenység, az átlagos végső gyermekszám alakulásának vizsgálatánál rendszerint nem az évenkénti adatokból kiszámított, úgynevezett szintetikus mérőszámokból szoktak kiindulni, hanem olyan mutatókból, amelyek *időben homogén* népességcsoportok (például az egy időben születettek vagy házasultak, az úgynevezett születési vagy házassági *kohorszok)* reprodukciós magatartását tükrözik.

A befejezett termékenységnek megfelelő családnagyság kialakulása ugyan mintegy 20 évet vesz igénybe, de a tapasztalat azt bizonyítja, hogy – legalábbis a gazdaságilag fejlett országokban – elég biztos becslési alapot nyújt a 10 évvel korábban házasodottak kohorszaiban észlelt születések száma. Eddig az időpontig ugyanis létrejön a végleges családnagyságnak mintegy 80 százaléka. Nagyon nagy eltérés a harmadik világ országaiban sem lehet.

Végül meg kell még említenem az átlagos életkornak a termékenységgel való összefüggését. Ansley Coal professzor, a princetoni (Egyesült Államok) egyetem Népesedéskutató Intézetének vezetője egy görbét készített annak ábrázolására, hogy milyen hatást gyakorol a születéskor várható átlagos életkor a befejezett termékenységre. Eszerint az egy propagatív (15–49 éves) korú nőre eső születések összes számának annál nagyobbnak kell lennie, minél kisebb a születéskor várható átlagos életkor. Ha például az átlagos élettartam csak 20 év, akkor a nőknek alig 31 százaléka éri meg a közepes termékenységi kort, és minden e kort megért asszonynak átlag 6,5 gyermeket kell a világra hoznia ahhoz, hogy a népesség állománya változatlan maradjon. Magas halálozási arányszám esetén a statisztikailag kimutatott várható *átlagos* élettartam ugyanis korántsem azt jelenti, hogy a szóban forgó népesség legtöbb egyede megéri ezt az átlagos életkort; el-

lenkezőleg: ha például a várható élettartam 20 év, akkor a halálozások mintegy fele az 5. korév betöltése előtt következik be, 25 százaléka 50-en túl és mindössze a népesség 6,5 százaléka hal meg az átlagot fedő mintegy 10 esztendőre terjedő időszakban, a 15. és a 25. életéve között.

Egy olyan országban, amelyben a nők születéskor várható átlagos életkora 75 év, elég, ha a közepes termékenység korát megért minden nő átlag 2,14 gyermeket hoz a világra ahhoz, hogy a népesség száma változatlan maradjon. A zérus népességnövekedéshez azért kell kettőnél valamivel több gyermek, mert egyfelől a gyermekhalandóság nem küszöbölhető ki teljes egészében, másfelől statisztikai tény – az előbbiekben is szó esett már róla –, hogy 1000 leánygyermekre átlag 1065 fiúgyermek esik (485 : 515-ös arány).

EGY ELMÉLETI MODELL

Erland Hofsten elméleti modelljével[20] azt próbálta bebizonyítani, hogy a logisztikai görbe alkalmas a világban jelenleg végbemenő és a következő évtizedekben várható népesedési folyamat ábrázolására.

A modellel kapcsolatban ennek készítője mindenekelőtt emlékeztet arra, hogy a népességnövekedés dinamikájának megértése végett különbséget kell tenni az egyes korcsoportok termékenységi magatartásában tapasztalható eltérések között.

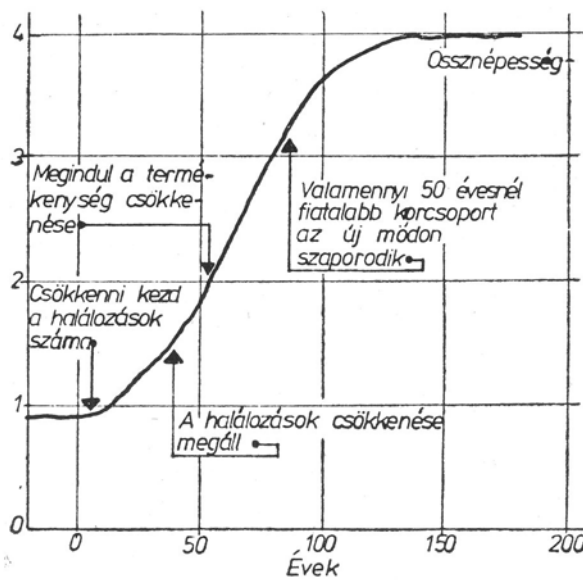
Legyen kiindulópontunk – írja a svéd szakember – egy zárt, stacionér, nőnemű népesség, melyet 5 éves korcsoportokra osztunk. Feltételezzük, hogy ennek a népességnek születéskor várható átlagos élettartama 35 év. Az elvégzett számítások azt mutatják, hogy a 15–49 éves nők átlagos termékenysége 3,96 gyermek, más

szóval a propagatív kor felső határát megért minden nő átlag 4 gyermeket hoz a világra.

A halálozásban és a termékenységben beálló változások lehetnek időponthoz vagy korszakhoz kötöttek, esetleg vegyesek. Az első esetben a változás valamennyi korcsoportot egyformán érinti, a másodikban az eltérés (például a termékenységi magatartás megváltozása), egy bizonyos kohorsztól kezdve jelentkezik, az előtte járó kohorszok változatlan körülmények között élik le életüket. Hofsten modelljében a halálozásban beálló változások időponthoz kötöttek, a termékenységben történő eltérések pedig kohorszhoz.

Modellünkben:

1) A 0-val jelzett évtől kezdve a halálozások száma csökken és ennek eredményeként a születéskor várható életkor minden 5 éves időszakban 5–5 esztendővel növekszik, egészen a



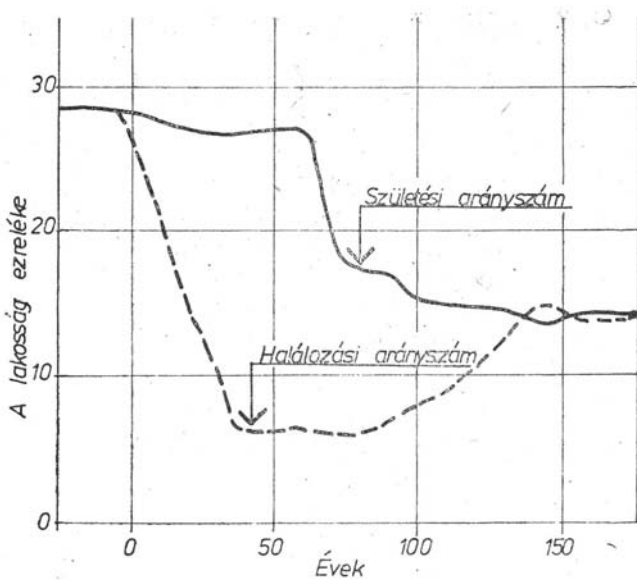
10 ábra. A népesség alakulása a Hofsten-modellben.

39. évig (nyolcszor egymás után). A 40. évtől kezdve tehát a születéskor várható átlagos életkor állandó: 75 év;

2) a 40. évben született kohorsztól kezdve a termékenységi mutató úgy van a modellben meghatározva, hogy egyszerűen reprodukálja a kohorszot, vagyis 1-gyel egyenlő (az egy 15–49 éves nőre eső átlagos termékenység 2,14 gyermek). Így végül is új stacionér népesség alakul ki.

Az alábbi 10. és 11. számú ábrák közül az első a teljes népesség alakulását, a második a nyers születési és halálozási arányszámban beálló változásokat mutatja.

A 10. ábrán nyomban láthatjuk, hogy a népesség növekedését leíró görbe a logisztikai modell vonalát követi. Az áthajlási pontig



11. ábra. A nyers születési és halálozási arányszámváltozás a Hofsten-modellben.

azonban – ami a vázolt esetben jóval a 100. év után következik be, vagyis sok évtizeddel azután, hogy az egy anyára eső termékenység csökkenni kezdett –, a növekedés leírására az exponenciális görbe is alkalmas. Ám egy ilyen görbe extrapolációja – hangoztatja Hofsten is – abszurd eredményhez vezet. Ezen felül a növekedés hirtelen megállása a 120. év táján teljesen váratlanul és meglepetésszerűen hatna, ha a helyzetet pusztán az össznépesség növekedéséből ítélnők meg. Más szóval – amint azt a 11. ábra világosan mutatja – attól kezdve hogy a 40. év után született korcsoportokban meghonosul az új termékenységi magatartás, még további 60 esztendőnek kell eltelnie ahhoz, hogy a tényleges szaporodásban lényeges változás álljon be. Igaz, a 40. év után született anyák már csak átlag 2,14 gyermeket hoznak a világra, de ez a születési arányszámot csak az 55–60 évtől kezdve érinti (amikor is a 40. év után született leánygyermekek kezdenek asszonysorba lépni), és a születési arányszám hozzávetőleges megállapodására csak valamikor a 75. éven túl kerül sor, a zérus növekedésére pedig a 125. évben. Ezalatt a népesség a 60. évhez viszonyítva további mintegy 90 százalékkal nő. A folyamat legvégén kialakuló új stacionér népesség létszáma mintegy *négyszerese* az eredetinek.

Ha a világnépesség további növekedését a Hofsten-modell alapján próbálnók megjósolni és kiinduló pontul a negyvenes éveket tekintenők – amikor a világnépesség már meghaladta a 2 milliárdot, de még nem érte el a 2,5 milliárdot –, akkor a végső megállapodást a jövő század hatvanas-hetvenes éveire jósolhatnók meg, mintegy 8–10 milliárdos lélekszámmal.