

# A magyarországi Gauss-Krüger-vetületű katonai topográfiai térképek dátumparamétere

Timár Gábor<sup>1</sup>–Kubány Csongor<sup>2</sup>–Molnár Gábor<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ELTE Geofizikai Tanszék, Úrkutató Csoport

<sup>2</sup>Honvédelmi Minisztérium, Térképészeti Közhasznú Társaság



## Bevezetés

A második világháborút követően a magyar katonai térképészet topográfiai célokra – a Varsói Szerződés többi államaihoz hasonlóan – átvette a 6 fokos zónaszélességű Gauss-Krüger-vetületi rendszert. A választott alapfelület (geodéziai dátum) a Kraszovszkij-1940 ellipszoidnak a Pulkovó ponton rögzített elhelyezése. A nemzetközi, elsősorban nyugati szakirodalomban ezt gyakran „Pulkovo Datum” néven említik, a magyar térképeken a dátummegjelölést az „1942. évi koordináta-rendszer” megírás adja. A térinformatikai gyakorlatban ehhez hasonlóan a „System 1942” vagy rövidebb formában „S-42” kód is elterjedt – a jelen dolgozatban mi is ez utóbbit használjuk.

A Varsói Szerződés országaiban kiválasztott felsőrendű geodéziai alappontok egységes rendszerben történő kiegyenlítése két alkalommal is megtörtént: 1958-ban és 1983-ban (Ádám, 2000). A két kiegyenlítésből származó dátumok kismértékben eltérnek egymástól, azokra a továbbiakban S-42/58 és S-42/83 formában hivatkozunk. Az osztásjel és a követő évszám nélküli S-42 alak az 1983. évi kiegyenlítésre utal. A két kiegyenlítést a Varsói Szerződés országaiban elvileg egységesen használták, tehát az nem (kismértékben különböző) nemzeti dátumok halmaza. Mindazonáltal az azonos területről készült, pl. szovjet és magyar térképek síkrajza a koordinátavonalakhoz képest helyenként észrevehetően (kb. 25–30 méterrel) eltérő helyen lehet, ennek azonban inkább kartográfiai, semmint geodéziai okait feltételezzük. Meg kell említsük, hogy hazánkban már az első, 1958-

as egységes kiegyenlítés előtt is készültek Gauss-Krüger-vetületű térképek a pulkovói dátumon. Az 1956 körüli kiadású, „A Szovjetunióban 1942-ben elfogadott koordináta-rendszer” dátum-megjelölésű, 1:25000 méretarányú térképek síkrajza azonban a koordinátavonalakhoz képest gyakorlatilag ugyanott van, mint az 1980-as és 1990-es években kiadott új kiadásokon.

A geodéziai dátumok paraméterezése a térinformatikai gyakorlatban a dátumot adó ellipszoid geometriai középpontjának és a Föld tömegközéppontjának (a WGS84 dátum geometriai középpontjának) az egymáshoz képesti helyzetének leírásával, illetve a kismértékű elforgatás és ellipszoidméret-változás megadásával történik. A helyzetleírást és a forgatást 3–3, míg a méretkalibrálást további 1 paraméter adja meg. Amennyiben a forgatási tagokat, illetve a méretaránykülönbséget elhagyjuk, úgy a dátumleírás 3 paraméteres, ún. Molodensky- vagy Molodensky-Badekas-féle módját választjuk. A teljes 7 paraméteres leírás neve Bursa-Wolf-féle dátum-definíció.

Az S-42 dátum érvényességi területe a Föld felszínének számottevő részére kiterjed, ezért a koordináta-rendszer WGS84-hez képesti tájékozásának akár tizedmásodperces eltérése is érdemi különbségeket idéz elő az ellipszoidi koordináták átszámításakor. Az S-42 Molodensky-féle paraméterezése ezért globálisan csak nagy hibával adható meg. A dátumparaméterek Bursa-Wolf-féle alakját globálisan azonban eddig nem publikálták. A kilencvenes évek elején az amerikai NIMA (National Imagery and Mapping Agency) néhány, a volt Varsói Szerződés tagországainak területén mért pont alapján meghatározta, majd publikálta

az S-42 egyes országokra érvényes Molodensky-paramétereit (NIMA, 2001; 1. táblázat). A kisebb országok területén ez a leírás akár méterkörüli pontosságú is lehet, azonban a paraméterek által leírt transzformáció átváltási pontosságát nem hozták nyilvánosságra.

ország	dX (m)	dY (m)	dZ (m)
Lettország	24	-124	-82
Lengyelország	23	-124	-82
Csehszlovákia	26	-121	-78
<b>Magyarország</b>	<b>28</b>	<b>-121</b>	<b>-77</b>
Románia	28	-121	-77
Albánia	24	-130	-92
Kazahsztán	15	-130	-84
Oroszország*	28	-130	-95

1. táblázat A NIMA (2001) által országonként megadott Molodensky-paraméterek az S-42→WGS84 transzformációhoz.

\*=egyben a globálisan legjobb közelítés

Ezen túlmenően az S-42/58, ill. S-42/83 dátumok és a HD72, ill. ED87 dátumok közti transzformációk a magyarországi pontok felhasználásával levezetett Bursa-Wolf-paramétereit *Ádám* (2000) megadta. Munkája tartalmazza az egyes paraméterek becsült hibáját, azonban nem írja le, hogy az így definiált transzformáció átváltási hibája mekkora.

A jelen munka célja, hogy meghatározza az irodalomban fellelt paramétersorok használatakor fellépő átváltási hibát, illetve a hozzáférhető alapponti adatok felhasználásával lehetőség szerint pontosabb paramétersorokat is megadjon.

Megjegyezzük, hogy a magyarországi vetületi rendszerek, ill. a WGS84 és az S-42 közötti átváltás hatványpolinom-soros megoldással (*Varga*, 1981) gyakorlatilag megoldott (*Völgyesi*, 1997; *Völgyesi et al.*, 1994; 1996), azonban a szerzők nem hozták nyilvánosságra a transzformációk polinom-együtthatóit. Emellett a térinformatikai alkalmazásokban nem mindig lehetséges a dátum-transzformációk polinomsoros definíciója, ezért az előző bekezdésben leírt céloknek érdemi gyakorlati jelentőségét látjuk.

## A rendelkezésre álló adatok

A munka során rendelkezésre állt a Magyar Honvédség Térképész Szolgálatától rendelkezésünkre bocsátott 35 alappont, a pontok Gauss-

Krüger- és EOJ-vetületi, továbbá HD72 és S-42/58 és S-42/83 ellipszoidi koordinátaival. A pontok WGS84 ellipszoidi vagy WGS84 geocentrikus adatai ebben az adatrendszerben nem voltak meg.

Felhasználtuk továbbá a *Szalamonidesz Sándor* (1993) térképész szakdolgozatában írt – feltehetően a katonai GPS (KGPS) hálózathoz származó – pontok koordinátáit is. Ebben az adatrendszerben csak egy S-42 adat tartozott az egyes pontokhoz, feltehetően az 1983. évi kiegyenlítés szerinti koordináták.

*Szalamonidesz* (1993) szerint az egyes pontok megbízhatósága nem egységes, az általa is használt adatokból csak néhány pontot minősít korlátozás nélkül használhatónak. Ezért a két forrásból származó adatrendszert nem egyesítettük, sőt végül a *Szalamonidesz* (1993)-féle adatrendszert a javasolt paraméter-értékek megállapításához és a hibaszámítás során már nem használtuk.

Az EOJ és Gauss-Krüger koordinátákkal adott pontok közvetlenül nem alkalmasak az S-42 és a WGS84 közötti transzformációs paraméterek számítására. Így e pontok koordinátaiból meghatároztuk az S-42→HD72 transzformáció paramétereit. Korábbi munkáinkban (*Timár et al.*, 2002; *Timár és Molnár*, 2002) megadtuk a HD72→WGS84 transzformáció 3- és 7-paraméteres leírását, ezek segítségével, közvetetten lehetséges az S-42→WGS84 transzformáció leírása is.

Adottak voltak még számunkra a Pilis-Szőlő-hegy alappont S-42/58, ill. S-42/83 ellipszoidi és WGS84 geocentrikus koordinátái, továbbá *Ádám et al.* (2000) alapján a ponton érvényes geoid-unduláció az S-42 dátum mindkét realizációjára vonatkozóan.

## A számítási módszerek és az eredmények

Ebben a pontban sorra ismertetjük az egyes számítási módszereket, az azokból következő, paramétersorok formájában jelentkező eredményeket.

A 3-paraméteres leírás céljára kézenfekvően adódik egy, a vizsgált terület – jelen esetben Magyarország – közepén elhelyezkedő alappont koordinátáinak és geoid-undulációjának ismeretében kiszámítani a ponton érvényes eltolási paramétereket. A Pilis-Szőlő-hegy alappont kellően közel esik az ország geometriai középpontjához, és minden szükséges alapponti adat (WGS84, ill. S-42/58 és S-42/83 koordináták) rendelkezésünkre állt a számításokhoz. Az eredményeket a 2. táblázat 2–4. sz. sora tartalmazza. Félreértések elkerülésére itt is megismételjük, hogy az S-42 rendszer-

ben a Pilis-Szőlőhegy alappontnak nincs kitüntetett helyzete, vagyis ez az eljárás valamennyi ismert pontra vonatkozóan elvégezhető. Az így kapott eredmények természetesen a pontok távolságával összefüggő mértékben különböznek egymástól, de a vizsgált pont környezetében a kapott paraméter-hármasok jól alkalmazhatók.

A másik lehetőség az ország területén egyenletesen eloszló pontokra az áthidaló Molodensky-formulák (Molodensky et al., 1960; alkalmazását ld. pl. Timár et al., 2002) felhasználásával kiszámítani az eltolási paramétereket. A rendelkezésünkre álló 35 alapponton WGS84-koordináták

nem, csak S-42/58, S-42/83 és HD72 adatok voltak elérhetőek. Ezért a 2. táblázat 7. és 8. sora az ezek közötti eltolási paraméterek eredményét adja meg. A 9. sor a korábbi kutatásainkban (Timár et al., 2002) használt pontok alapján számított – eddig nem publikált – áthidaló Molodensky-paramétereket adja meg a HD72 és a WGS84 között, a 10. és 11. sor pedig ez utóbbi felhasználásával már közvetlenül a WGS84 és az 1942. évi koordináta-rendszerek közti áthidaló Molodensky-paramétereket tünteti fel.

A 7-paraméteres, Bursa-Wolf-féle paraméterezés eredményeként kapott eredményeket a 3. táblázat

sz. Transzformáció	dX (m)	dY (m)	dZ (m)	Vízs. hiba (m)	
				átlag	max.
<b>NIMA (2001)</b>					
1. S-42 » WGS84	28	-121	-77	1,28 *	2,28 *
<b>Direkt eltolás</b>					
2. S-42/58 » WGS84	22,23	-121,84	-80,78	n.a.	n.a.
3. S-42/83 » WGS84	22,56	-122,84	-82,90	1,62 *	2,29 *
4. S-42/58 » S-42/83	-0,33	1,00	2,12	n.a.	n.a.
5. HD72 » WGS84	57,01	-69,97	-9,29	0,40	1,00
<b>áthidaló Molodensky</b>					
6. S-42/58 » HD72	-14,48	-45,52	-49,87	0,82	1,76
7. S-42/83 » HD72	-36,26	-54,90	-77,35	0,62	0,91
8. S-42/58 » S-42/83	21,78	9,38	27,48	0,49	1,06
9. HD72 » WGS84	52,17	-71,82	-14,90	0,36	0,83
10. S-42/58 » WGS84	37,69	-117,34	-64,77	1,18 *	2,59 *
11. S-42/83 » WGS84	15,91	-126,72	-92,25	0,98 *	1,74 *

2. táblázat Eltolási paraméterek az S-42 és más dátumok között; a HD72→WGS84 transzformációs paraméterek az S42→WGS84 eltolási paraméterek, illetve a direkt eltolás paramétereinek hibái kiszámításához szükségesek (ld. a szövegben); A \*-gal jelölt hibák közvetett módon számítottak (ld. a szövegben)

sz. Transzformáció	dX (m)	dY (m)	dZ (m)	k (ppm)	eX (sec)	eY (sec)	eZ (sec)	Vízs. hiba (m)	
								átlag	max.
<b>Ádám (2000)</b>									
1. S-42/58 » HD72	16,73	41,36	52,96	4,359	0,742	0,211	0,603	0,56	1,32
2. S-42/83 » HD72	35,33	57,86	80,49	-1,016	0,486	0,099	0,675	0,12	0,34
3. S-42/58 » S-42/83	-18,30	-16,74	-27,45	5,342	0,265	0,119	-0,075	0,57	1,38
<b>Most számított</b>									
4. S-42/58 » HD72	-35,48	-12,84	-46,99	-4,204	-1,397	-0,788	0,101	0,58	1,25
5. S-42/83 » HD72	-58,06	-20,56	-72,25	1,254	-1,300	-0,807	0,279	0,11	0,30
6. S-42/58 » S-42/83	22,58	7,73	25,27	-5,458	-0,098	0,018	-0,179	0,58	1,38
<b>Timár-Molnár (2002)</b>									
7. HD72 » WGS84	52,68	-71,19	-13,98	1,019	0,312	0,106	0,373	0,19	0,41
<b>Közvetett</b>									
8. S-42/58 » WGS84	17,20	-84,03	-60,97	-3,185	-1,085	-0,682	0,473	0,77*	1,66*
9. S-42/83 » WGS84	-5,38	-91,75	-86,23	2,273	-0,988	-0,700	0,652	0,30*	0,71*

3. táblázat Bursa-Wolf dátumtranszformációs paraméterek az S-42 és más dátumok között; a \*-gal jelölt hibák közvetett módon számítottak (ld. a szövegben)

*lázat* mutatja. Felhívjuk a figyelmet, hogy a megadott elforgatási paraméterek a „koordináta-rendszer elforgatása” (*coordinate frame rotation*) konvenció szerint érvényesek.

### Az eredmények hibái

A Molodensky-féle dátumleírást alkalmazó paramétersorok hibáit vizsgálva megállapíthatjuk, hogy a NIMA (2001) által közölt adatsornál lényegesen pontosabb nem adható meg. A 2. *táblázat* 10. és 11. sorában megadott transzformációk hibáit közvetett úton becsültük: a paraméterekhez hasonlóan azok hibáit is a 6. és 9., illetve a 7. és 9. sorban megadott értékek összegeként adtuk meg. Hasonlóképpen becsültük az 1. és 3. sorban részletezett transzformációk hibáit: itt a 9. sorban írt hibákat az általunk számított S42→HD72 átváltási hibákhoz adtuk hozzá. Ugyanezen a módon, közvetetten számítottuk a 3. *táblázat*ban csillaggal jelölt pontosságértékeket. Ezzel a módszerrel a közvetett módon számított hibák feltehetően érdemben meghaladják a direkt módon számítható, jellemző értékeket – a direkt számítás elvégzéséhez szükséges alapponti adatok azonban nem álltak rendelkezésünkre.

Érdekes eredményekre vezet a Bursa-Wolf transzformációs paramétereket tartalmazó 3. *táblázat*ban ismertetett hibák összevetése. Az eltérő pont-adatbázison elvégzett *Ádám* (2000)-féle és jelenlegi paraméterszámítás eltérő paraméterhalmazt eredményezett ugyan, azonban az egyes alapfelületek közötti átszámítási hibák igen hasonlóak. Figyelembe véve a 7. sorban említett HD72→WGS84 transzformációt is, megállapíthatjuk, hogy az időben egymást követő alapfelületek realizációi egyre kisebb belső konzisztencia-hibával terheltek. Míg az S-42/58 (1958) rendszerben ez a hiba átlagosan 57 cm, maximum 130 cm körüli, a HD72 (1972) esetén a hasonló adatok: 19 cm és 41 cm, az S-42/83 (1983) esetében pedig már 11 cm-re és 31 cm-re csökkentek. A felsorolt hibaértékek az S-42 két realizációja esetén a HD72 dátumtól való eltérésekre, míg a HD72 esetén az OGPSH adatbázis alapján a WGS84-adatokhoz képest vett differenciájára utalnak.

### Összefoglalás

A fentiek alapján a térinformatikai alkalmazásokban a Varsói Szerződés magyarországi katonai topográfiai térképeinek illesztésekor javasoljuk a NIMA (2001)-féle paramétersor használatát. A 2.

*táblázat* 11. sorában megadott transzformáció ugyan valamivel pontosabb, azonban tekintettel arra, hogy a NIMA (2001)-adatsor, különösen nemzetközi szinten, kvázi-szabvánnyá vált, nem javasoljuk az új transzformációval történő kiváltását. Ugyanezen okból nem javasoljuk a Bursa-Wolf-féle paraméterezés alkalmazását sem. Vizsgálataink szerint megállapítható, hogy a javasolt paramétersor alkalmazása az ország területén sehol nem eredményez 2,5 méternél nagyobb vízszintes eltérést, az átlagos vízszintes hiba pedig másfél méter alatt marad, ami a térinformatikai alkalmazások számára elegendő pontosságot jelent.

Meg kell említsük az azonos pontok 1958-as és az 1983-as kiegyenlítésből származó koordinátái közötti különbséget. *Ádám* (2000) eredményeinek felhasználásával (3. *táblázat* 3. sor), illetve a direkt eltolási paraméterek számításával (2. *táblázat* 4. sor) is megállapíthatjuk, hogy a két kiegyenlítésből származó ellipszoid középpontjának térbeli távolsága 2,5 méter körüli. A vízszintes koordináta-eltérés ezt az értéket a maximális hibaértékkel haladhatja meg, a gyakorlatban az azonos pontok S-42/58 és S-42/83 szerinti koordinátái észak-déli irányban a 2,5 métert, kelet-nyugati irányban a 3,7 métert nem haladják meg. A teljes vízszintes eltérés maximális értéke kb. 4 méter. A térinformatikai gyakorlatban az 1950-es években kiadott Gauss-Krüger-vetületű térképek dátumaként is alkalmazható a NIMA (2001)-féle paramétersor.

### Köszönetnyilvánítás

A fenti számítások elvégzéséhez a katonai geodéziai hálózat alapponti adatainak felhasználását, illetve az eredményként kapott paraméterek publikálását a Magyar Honvédség Térképész Szolgálatának főnöke engedélyezte. A szerzők köszönetet mondanak *Alabér Lászlónak*, a kutatáshoz nyújtott segítségéért. A Pilis–Szőlőhegy alappontnak az S42/58 és S42/83 dátumokra vonatkozó geoid-unduláció értékeit *Kenyeres Ambrus* és *Virág Gábor* (FÖMI KGO) bocsátották a szerzők rendelkezésére.

### IRODALOM

*Ádám József* (2000): Magyarország alkalmazott geodéziai vonatkoztatási rendszerek vizsgálata. *Geodézia és Kartográfia* 52 (12): 9–15.

*Ádám József–Gazsó Miklós–Kenyeres Ambrus–Virág Gábor* (2000): Az Állami Földmérésnél 1969 és 1999 között végzett geoidmeghatározási

munkálatok. *Geodézia és Kartográfia* 52 (2): 7–14.

Molodensky, M. S.–Eremeev, V. F.–Yurkina, M. I. (1960): Metody izucheniya vnesnego gravitacionnogo polya i figuri Zemli. Tr. *CNIIGAiK [Moszkva]*, vpp. 131.

NIMA, National Imagery and Mapping Agency (2001): GeoTrans v2 Geodetic Coordinate Transformation Utility. St. Louis, Missouri, USA

Szalamonidesz Sándor (1993): Számítógépes átszámító program EOVS, UTM és GK vetületek között. ELTE szakdolgozat, Budapest, 39 o.

Timár Gábor–Molnár Gábor (2002): Az HD72→ETRS89 transzformáció szabványosítási problémái. *Geodézia és Kartográfia* 54 (12): 28–30.

Timár Gábor–Molnár Gábor–Pásztor Szilárd (2002): A WGS84 és HD72 alapfelületek közötti transzformáció Molodensky-Badekas-féle (3 paraméteres) meghatározása a gyakorlat számára. *Geodézia és Kartográfia* 54 (1): 11–16.

Varga József (1981): Vetületi rendszereink közötti átszámítások új módjai. Műszaki doktori értekezés, BME, Bp.

Völgyesi, Lajos (1997): Transformation of Hungarian Unified National and Gauss-Krüger projection system into WGS84. *Reports on Geodesy [Warsaw University of Technology]* 4 (27): 281–294.

Völgyesi Lajos–Tóth Gyula–Varga József (1994): Magyarországi vetületi rendszerek közötti átszámítások. *Geodézia és Kartográfia* 46 (5–6): 265–269.

Völgyesi, Lajos–Tóth, Gyula–Varga, József (1996): Conversion between Hungarian Map Projection Systems. *Periodica Polytechnica Civ. Eng.* 40 (1): 73–83.

## Datum parameters of the Hungarian Gauss-Krüger military topographic maps

Summary

G. Timár–Cs. Kubány–G. Molnár

The Molodensky- and Bursa-Wolf-type parameter sets between the System 1942 (Pulkovo) and the Hungarian Datum 1972 and have been collected and analyzed in order to determine the reliability of the published parameters and completed them with new ones. In the context of this paper, only Hungarian basepoints have been used for the datum definition and reliability check, therefore the tables in the Hungarian text 'S-42/58' and 'S-42/83' mean the 1958 and 1983 equalizations, respectively, valid only for the territory of Hungary.

The Molodensky-type datum transformation parameters, published by the US National Imagery and Mapping Agency (NIMA) have a maximum horizontal error of 2.3 meters and better fitting can be defined, this precision is enough for almost all GIS applications. As this parameter set became an international 'quasi-standard' it is not advised to change it in GIS packages. This parameter set can be used for both (1958 and 1983) versions of the Hungarian S-42, as well as for the datum of the early Hungarian Gauss-Krüger maps from the 1950s. The maximum horizontal difference between the subsystems of 1958 and 1983 is 4 meters in Hungary.

The errors of Bursa-Wolf-type parameters reveal the tendency of increasing internal consistency of the Hungarian geodetic networks with the time. The equalization of 1958 (resulting the S-42/58 system) had 57 cm/130 cm error, the 1972 one (led to the HD-72 system) had 19 cm/41 cm. It has been reduced to 11 cm/31 cm in case of the S-42/83 system (first numbers indicate the average, the second ones the maximum horizontal error of the Bursa-Wolf-type parameter estimation).

Az FVM FTF 2002. március 18-i hatállyal kiadta „az állami földmérési alaptérképek felhasználásával készülő egyes sajátos célú földmérési munkák végzéséről és az ezekkel kapcsolatos hatósági eljárások lefolytatásáról, valamint a földügyi szakigazgatásban működő adatszolgáltatás intézményi háttéréről és rendjéről” szóló 13.692/2002. számú

### Új F2 Szabályzatot.

A Szabályzat és mellékletei (word formátumban) ingyenesen letölthető a [www.fomi.hu](http://www.fomi.hu) címről, illetve beszerezhető a Földmérési és Távérzékelési Intézetnél.