

**Kérdés:**

**Hogyan adhatjuk meg  
az objektumok térbeli helyzetét?**

Az eddigiek során többször említettük az objektumok térbeli helyzetével kapcsolatban a

## **koordináta fogalmat,**

ami a térinformatikai rendszerek tekintetében tulajdonképpen a vonatkozási (referencia-) rendszerrel kapcsolatos fogalom.

A térinformatikai rendszer objektumainak geometriai adatait megadhatjuk egy célszerűen definiált vonatkozási rendszerben értelmezett koordinátákkal, de megadhatjuk diszkrét jellemzőkkel is (pl. postai irányítószámmal), amelyek áttételesen szintén kapcsolódnak valamilyen vonatkozási rendszerhez.

# **A TÉRINFORMATIKAI RENDSZEREK VONATKOZÁSI VAGY REFERENCIA RENDSZEREI**

Tehát a geometriai adatok megadásához megfelelő vonatkozási (referencia- ) rendszer definiálása szükséges, vagyis szükség van:

- egy koordináta-rendszer felvételére (origó, tengelyek iránya és sodrása - forgásiránya),
- mértékegységek megadására (hossz- és szögmérték egységek),
- a fizikai megvalósítást biztosító pontokra (általában ún. geodéziai alappontok) létesítésére.

**Bár az objektumok helyzetét gyakorlati feladatok esetében többnyire a fizikai megvalósítást biztosító geodéziai alappontokból kiindulva, mérésekkel határozzuk meg, a továbbiakban mégis röviden áttekintjük a referencia rendszerekkel kapcsolatos témakört,** mert a mesterséges holdakon alapuló (GPS) méréseknél a problémakör teljes vertikumával találkozhatunk.

Mivel a térinformációs rendszerek objektumait a Föld felszínéhez kötöttük, nyilvánvaló, hogy a vonatkozási rendszer definiálásához előfeltétel a Föld alakjának ismerete.

A Föld alakjáról szólva, különbséget kell tenni a Föld fizikai alakja és az annak modelljéül szolgáló elméleti alakok (tetszőleges sok van!) között.

**A fizikai földalak pontonként és nem valamilyen zárt matematikai formában adható csak meg.**

Az elméleti földalakok a fizikai földalakot közelítő, matematikai függvényekkel leíró modellek. Ezeket szokás vonatkozási felületnek vagy alapfelületnek nevezni.

A Föld elméleti alakjáról szóló elképzelés az idők folyamán változott. Az ókorban és a középkorban a Földet korong alakúnak képelték el, bár az ókorban Eratoszthenész i.e. 200 évvel 15%-os pontossággal meghatározta az általa gömbnek vélt Föld sugarát. A ráktérítő közelében levő Syenében (mai Asszuán), a nyári napforduló idején megfigyelte, hogy a nap délben egy mély kútban tükröződik, tehát a zenitpontban delel. A következő évben június 21-én a Syenével közel azonos délkörön fekvő Alexandriában egy bot árnyéka segítségével megmérte a Nap zenitszögét. A két helység közötti távolságot stadionban a tevekaravánok útidejéből számította (1 olympiai stadion = 184,97 m). A távolság és a zenitszög ismeretében már egyszerű volt a gömb alakúnak vélt Föld sugarának a kiszámítása. Eratoszthenész az Alexandria és Syene közötti távolságot 5000 stadionnak számította így a Föld kerülete  $7^{\circ} 12'$  mért zenitszöggel számolva 250000 stadion, azaz 46250 km-nek adódott, szemben a mai elfogadott 40000 km-el.

Amerika felfedezése hozott bizonyosságot arra, hogy a Föld nem korong, hanem gömb alakú. A XVI. században többen meghatározták a Föld sugarát.

A francia forradalom idejében vált világossá, hogy a gömbalak nem fogadható el és az un. fokmérések eredményeképpen vezették be a forgási ellipszoidot, mint elméleti földalakat. (A fokmérés másik eredménye volt a méter definíciója!)

A fokmérés során háromszögeléssel határozták meg egy meridián ív hosszát. A háromszögelés lényege, hogy a közvetlen hosszmérést csak egy rövid szakaszon végzik el, majd e szakaszra, mint bázisra háromszögeket telepítve csupán szögeket, a bázishossz ismeretében minden oldal hossza és a két végpont távolsága - vagy e távolság meridián vetülete - számolható. A számolás alapját a gömbháromszögtan tételei képezik. A meridián ív hossza és a két végpont földrajzi szélességéből számított központi szög alapján számítható a gömb sugara.

Az ellipszoid vita eldöntése érdekében a Francia Tudományos Akadémia két tudományos expedíciót szervezett.

1736-37-ben az egyik kutatócsoport (Clairant és Marioertuis vezetésével) a sarkkör közelében, a Lappföldön  $0^{\circ} 57'$ , meridiánív hosszát mérte meg és ez hosszabbnak bizonyult, mint Picard Párizs környékén mért ívhossza. Közben a második expedíció, amelyet 1735-ben küldtek Peruba, Quito közelébe (ma Ecuador) 3 meridiánív hosszát mérte meg (Bonguer, De La Condamine, Godin). A méréseket 1743-ban fejezték be, a fokkonkénti ívhosszak rövidebbek voltak, mint a párizsi és lappföldi értékek, vagyis a francia fokmérések egyértelműen igazolták, hogy a Föld sarkoknál lapított forgási ellipszoid alakú.

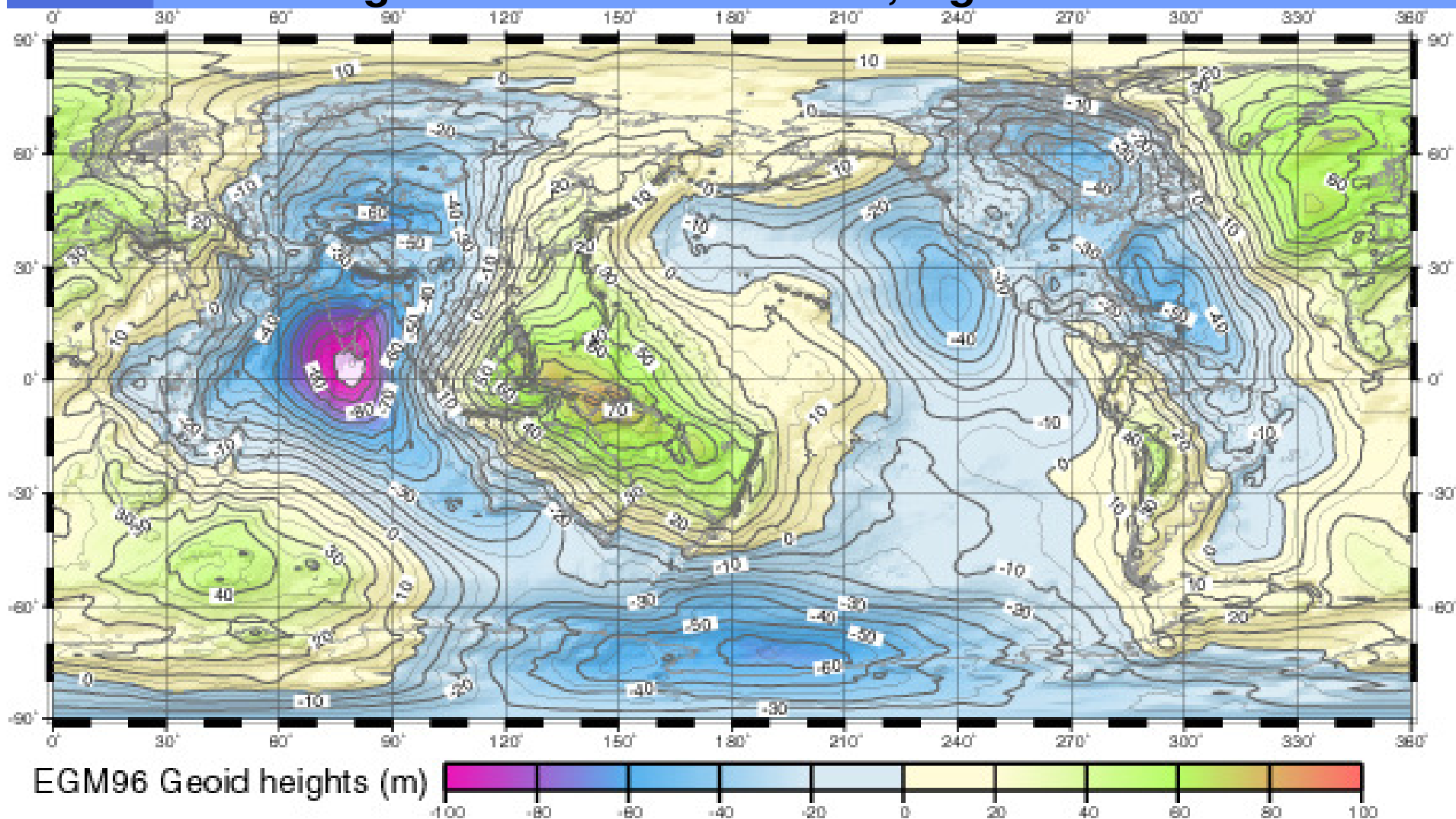
A XIX. Században a mérési pontosság növekedésének köszönhetően kiderült, hogy pusztán geometriai szemléletű földaljak nem megfelelő a Föld fizikai tulajdonságainak figyelembevételére. Ez a felismerés készítette 1872-ben Listinget, hogy bevezesse a **geoid** fogalmat, mint elméleti földaljakot. A geoid a nehézségi erő potenciáljának egy speciális szintfelülete, amely a középtengerszinten helyezkedik el, vagyis a geoid jó közelítéssel a nyugalomba lévő tenger felszínének tekinthető. Fizikailag a geoid a gravitációs erőterben egy ún. ekvipotenciális felület, ahol a nehézségi erő a felület minden pontjában azonos nagyságú. A geoid szabálytalan alakú, mivel a Földet felépítő különböző sűrűségű anyagok eloszlása szabálytalan.

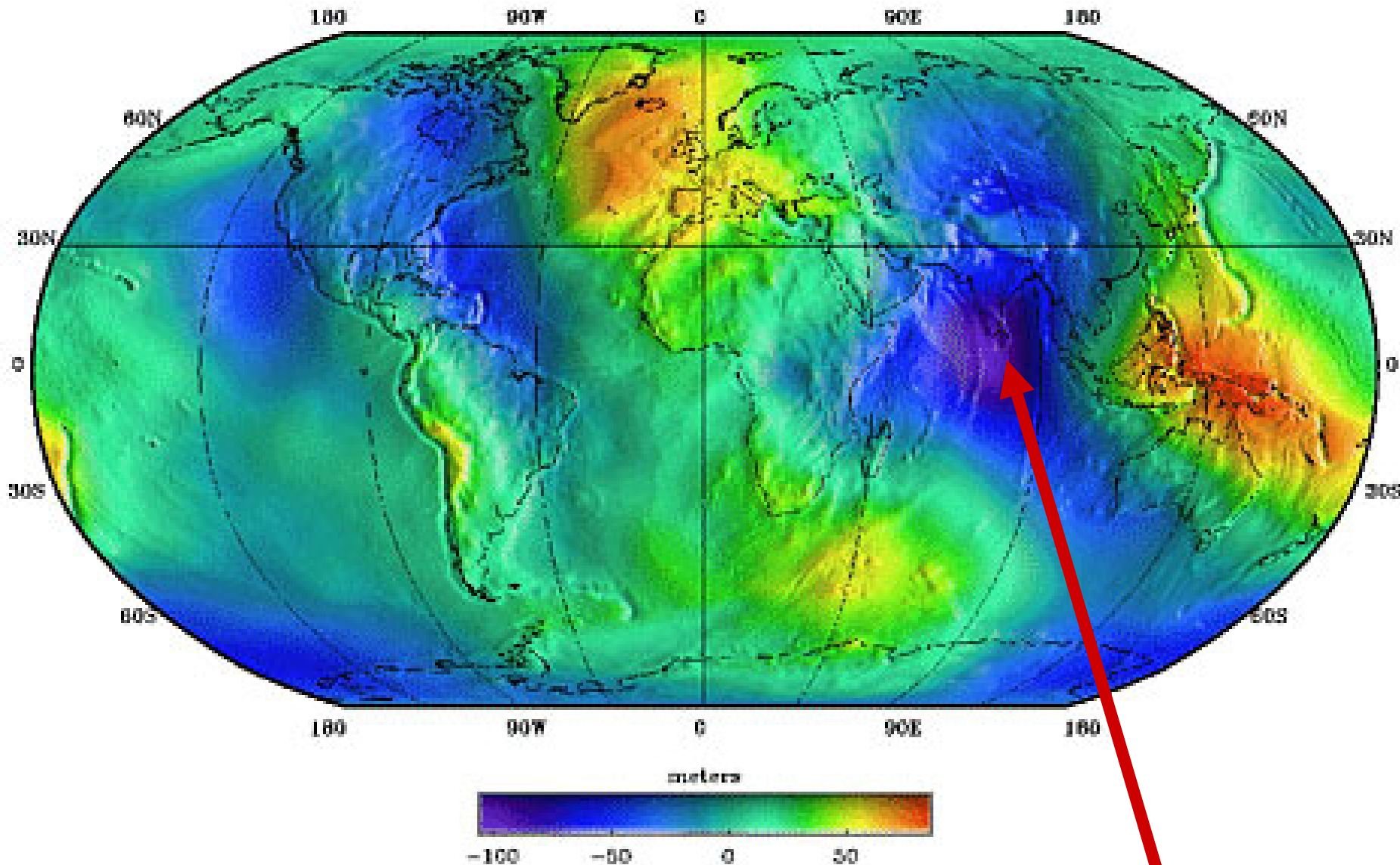
A geoid, minthogy egy rendkívül bonyolult felület, zárt matematikai formában nem írható le, csak pl. egy forgási ellipszoidhoz viszonyított magassági izovonalak, vagy izosávok formájában adható meg.





Az egész Földre kiterjedően meghatározták a az ellipszoid és a geoid közötti eltéréseket, a geoidundulációkat.

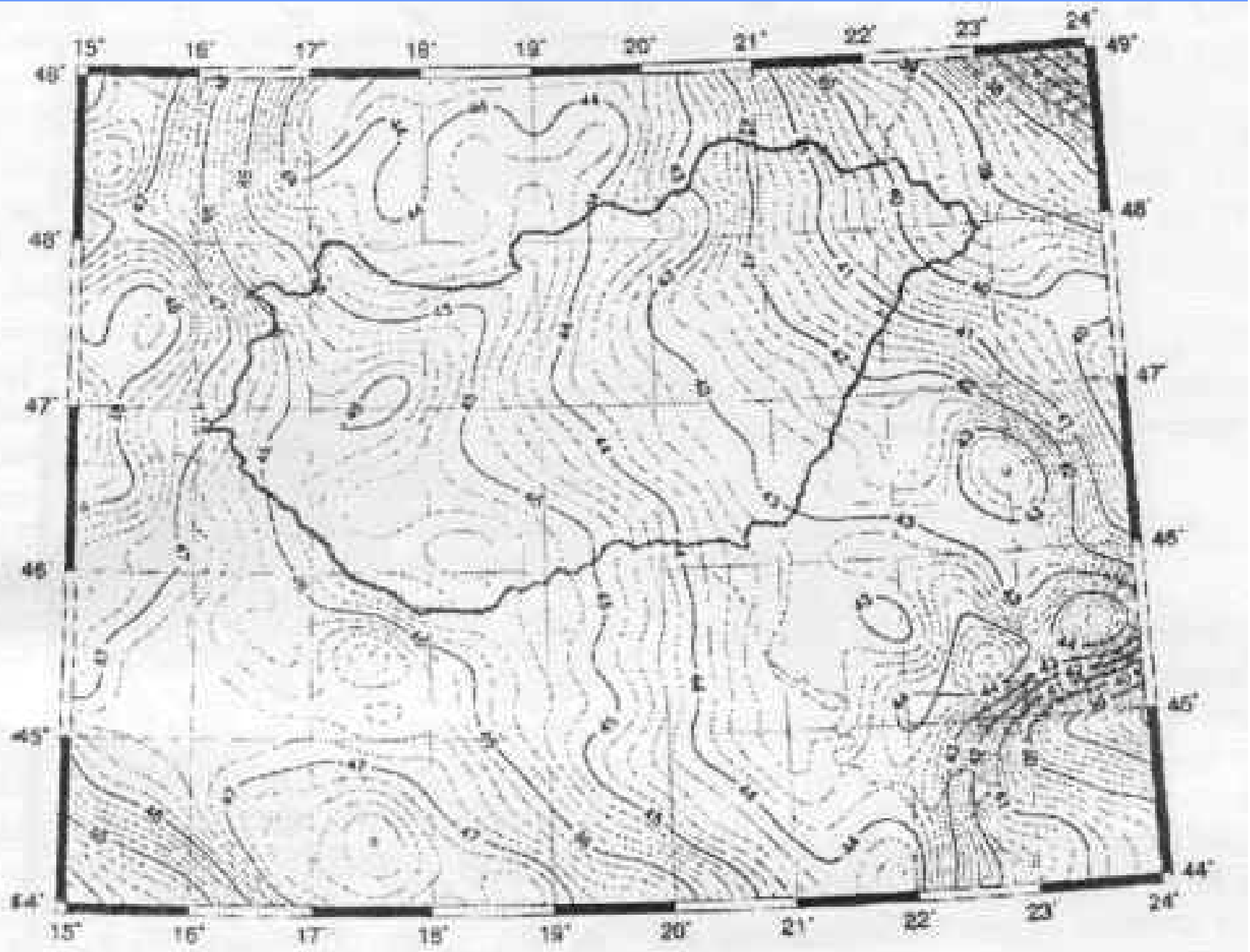




**Vagy a földrészekkel szemléletesebben...**

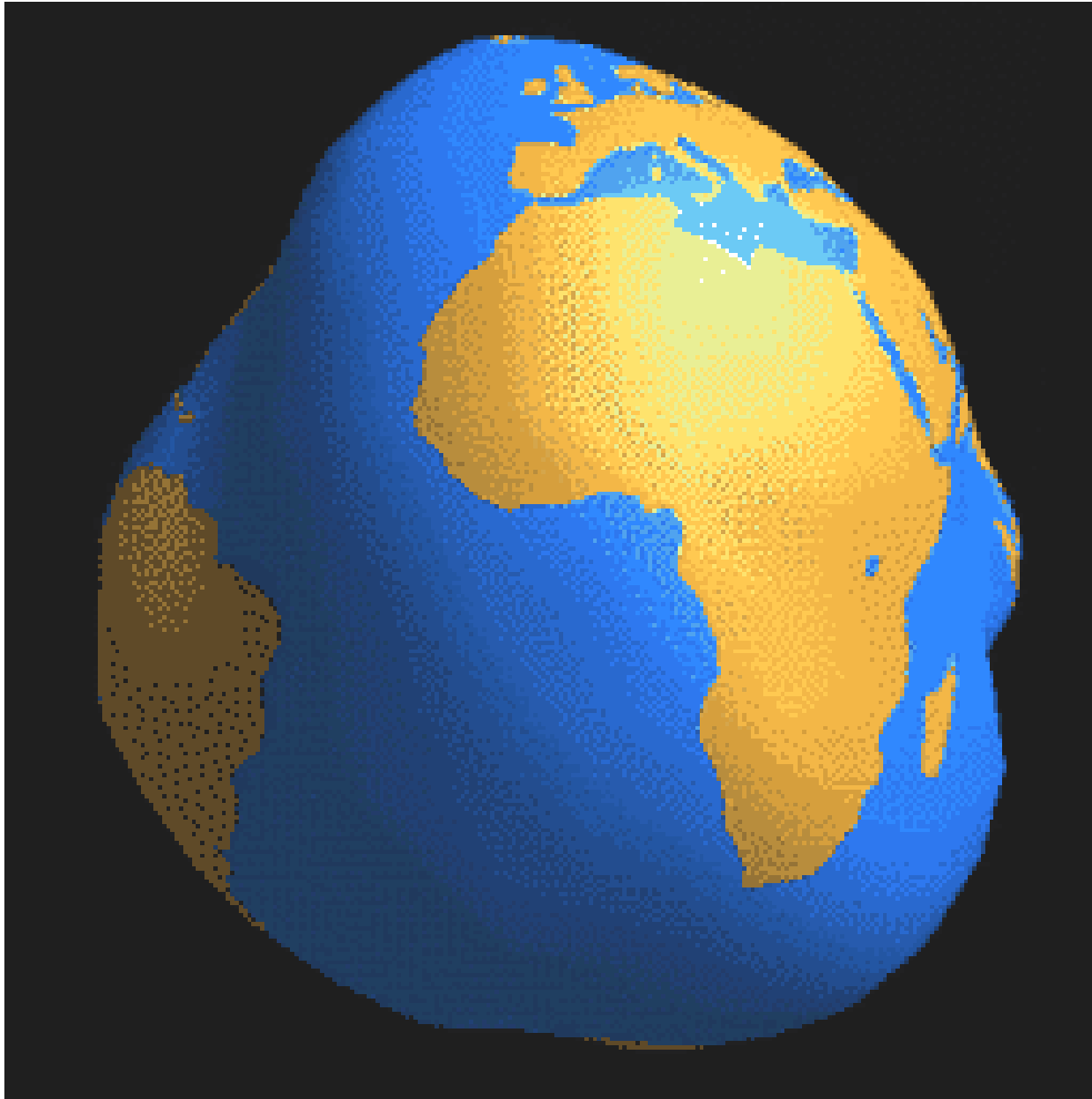
**Geoid az ellipszoid felett van (kicsi a gravitáció)**

# Geoid undulációk Magyarországon



## Erősen torzított geoid alak.

A képen látható, hogy az északi póluson 18,9 méterrel magasabban, a déli póluson 25,8 méterrel mélyebben van a geoid felszíne az ellipszoidhoz képest.



A Geoid „körte” alakja

Egy amerikai-német műhold páros, a GRACE példátlan pontossággal mérte meg a Föld egyenetlen gravitációját, lehetővé téve az óceáni áramlatok és az árapály változások precíz, új áttekintését.

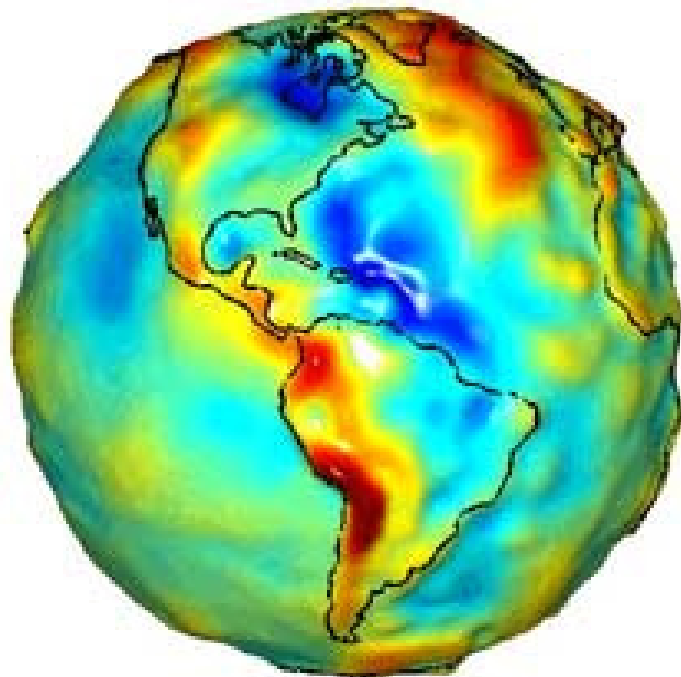
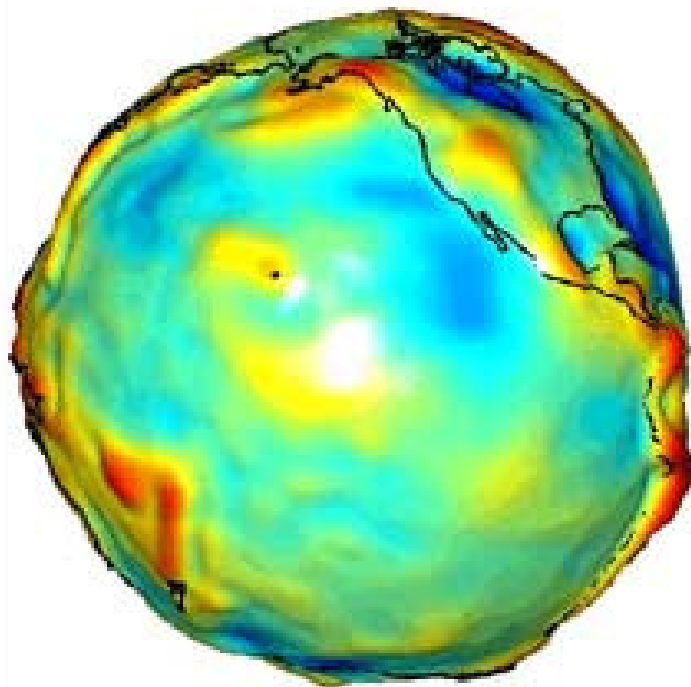
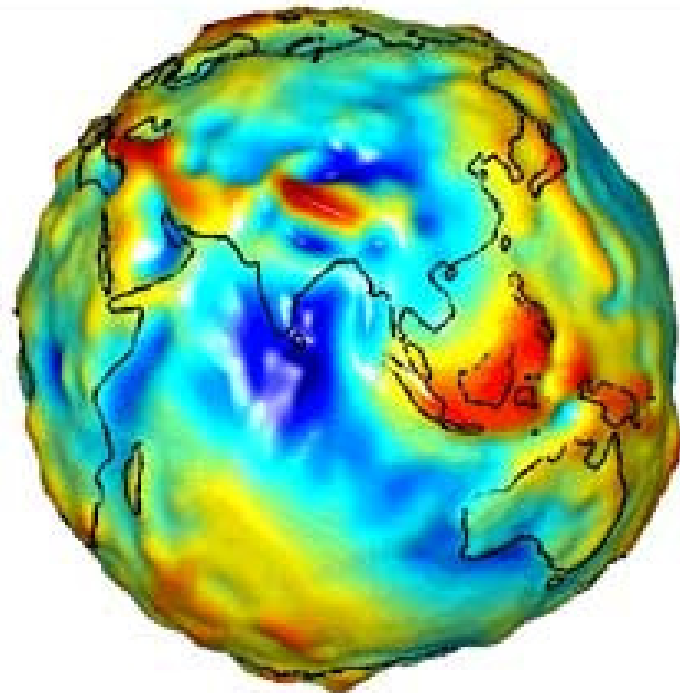
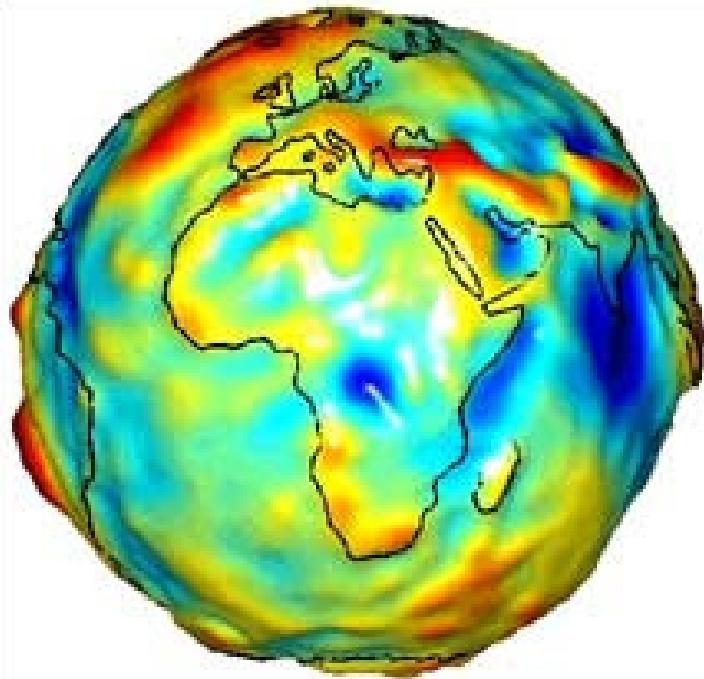
Az óceáni áramlatok, hegyláncok, sőt még a talajvíz is rengeteg tömeget sűrít egy-egy adott helyre. Mivel minden, ami tömeggel rendelkezik gravitációs erőt fejt ki, így a gravitációs térkép megmutatja a legfinomabb eltéréseket is.

A GRACE ikerműholdjai 500 kilométer magasságból, egymástól 220 kilométeres távolságban gyűjtik adataikat lefedve a teljes bolygót minden hónapban egyszer. A vörössel jelölt területeken erősebb a bolygó vonzása, míg a kékkel jelölt részeken jóval gyengébb. A két műhold pillanatnyi távolságát (mintegy 220 km) 0,001 mm-es pontossággal mérik. A két műhold távolságában bekövetkező változások jelzik, hogy az egyik műhold a bolygó olyan része felett repül el, ahol enyhén különbözik a gravitációs erő.

A 2002 év folyamán felflött GRACE műholdak még mindig a tesztelés fázisában vannak, ennek ellenére gravitációs térképük részletességében felülmúl minden eddigi hasonló próbálkozást.

"Mondhatni ez a modell nagyságrendekkel pontosabb, mint bármelyik korábbi, amit a műholdak adataiból állítottak össze" - mondta Dr. Byron Tapley, a küldetés főfelügyelője. "Mindössze 30 nap alatt elegendő információt gyűjtöttünk be a GRACE-től ahhoz, hogy felülmúljuk az elmúlt 30 év eredményeit. Óriási előrelépés ez a Földről szerzett ismereteinkben és még sok egyéb fog következni" - nyilatkozott a Texas Egyetem kutatója.

A GRACE első alkalmazása az óceáni áramlatok pontos feltérképezése lesz.



**A geoid változtatja az alakját:** amerikai kutatók huszonöt év műholdas méréseinek eredményeit összegezve megállapították, hogy a Föld egyre karcsúbbá vált az elmúlt két évtizedben (amely karcsúsodás a legutolsó jégkor óta tartott), majd 1998 óta a folyamat megfordult. Azóta "derékbősege", azaz az Egyenlítő hossza növekedésnek indult. A vélhető ok a sarkvidéki jégsapka olvadása lehet, ami az óceáni körforgás eltolódásával együtt hatalmas vízmozgást eredményezett az egyenlítő környékén.

"Nagyon úgy tűnik, hogy az események nagyrésze az óceánok mélyén játszódott le" - mondta Dr. Chris Hughes, a brit Proudman Óceánkutató Laboratórium munkatársa. "A GRACE lehetővé teszi az óceánok azon részeinek megfigyelését is, ami minden más módszerrel lehetetlen" - mondta Hughes. "Ez az egyetlen műholdas technika, ami átlát az óceán felszínén, minden más csak a felszín feletti tevékenységekről ad képet, ezzel azonban lenézhetünk a tenger fenekéig."

**A továbbiakban áttekintjük a referenciarendszereket olyan csoportosításban, hogy az érvényességi körük az egész Földre, vagy csak a földfelszín egy korlátozott részére használhatók.**

Ilyen értelemben beszélhetünk **globális** és **helyi (lokális)** referenciarendszerekről.

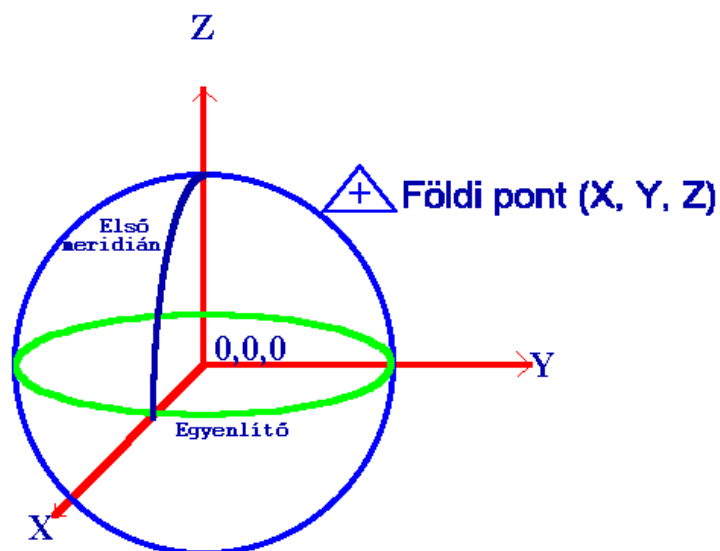
**A referencia rendszerek tárgyalásánál a kiinduló alap az, hogy a geoidot, mint fizikai földalakat legjobban megközelítő elméleti földalakat a forgási ellipszoid.**

# Globális referencia rendszerek



Az eddigiek alapján egy pont helyzetének meghatározása tehát azt jelenti, hogy megadjuk a koordinátáit valamely alapul választott vonatkozási (koordináta) rendszerben.

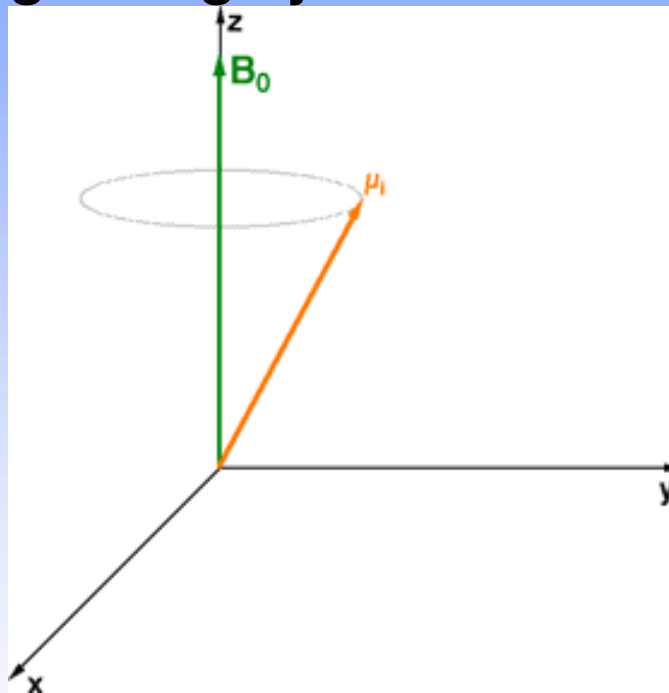
Azt is láttuk, hogy földi pontok esetén célszerű a vonatkozási rendszert úgy hozzákapcsolni a Földhöz, hogy a helyzetét a Föld fizikai tulajdonságai határozzák meg.



Földhöz kapcsolt X, Y, Z koordináta rendszer

Legegyszerűbbnek az a megoldás tűnik, hogy felvesszünk egy olyan X Y Z derékszögű koordináta rendszert, melynek O kezdőpontja egybeesik a Föld tömegközéppontjával, Z tengelye a Föld közepes forgástengelyével, az XZ tengelyek által alkotott sík pedig átmegy egy rögzített földi ponton (rendszerint a greenwich-i csillagvizsgáló rögzített pontján)

A Föld forgástengelye nem állandó, hanem a sarkcsillaghoz képes változó az iránya. Kérdés tehát, hogy mit értünk a Föld közepes forgástengelye alatt?



A forgástengely 23 ezer év alatt ír le egy teljes kört a csillagokhoz képest.

## A Z-tengely iránya a műholdas helymeghatározás koordinátarendszereinél

➔ A Konvencionális Inerciális Rendszernél, a CIS-nél, a 2000. év január 1-re vonatkozó forgástengelyt vették alapul.

➔ A Konvencionális Földi Rendszer, a CTS-nél a Z-tengely iránya a Föld forgástengelyének 1900-1905 évek közötti átlagos pozíciójának felel meg.

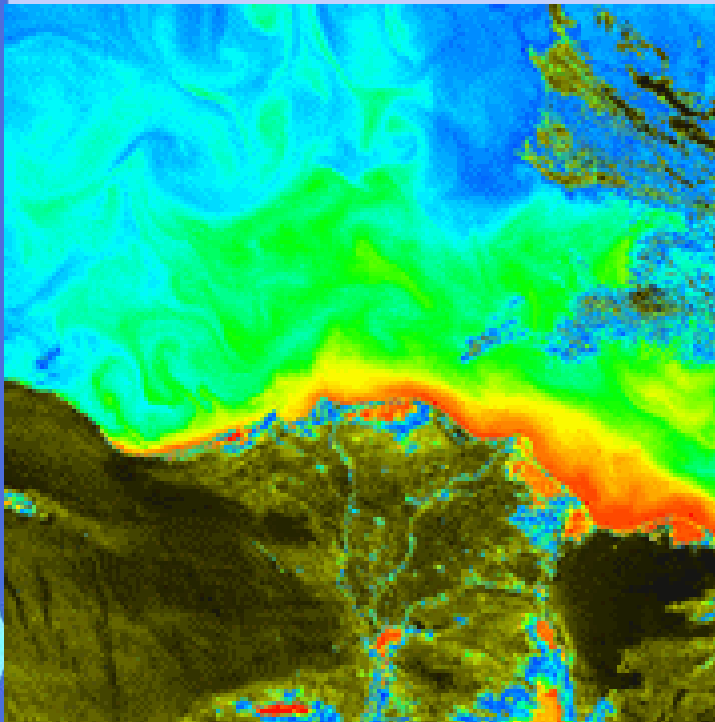
A rendszer fizikai megvalósítását a Föld egész területén elhelyezett, az International Terrestrial Reference System (ITRS, Nemzetközi Földforgás Megfigyelő Szolgálat) által meghatározott mintegy 110 pont adja. Ezeknek a pontoknak a szerepe a Föld forgássebesség-változásának megfigyelése. Az így létrehozott vonatkozási rendszer az International Terrestrial Reference Frame (ITRF, Nemzetközi Földi Vonatkozású Rendszer) elnevezést viseli.

Az ITRS egyik állomása a Vác melletti Pencen található Koszmos Geodéziai Intézet.



Bár napjainkban a térbeli derékszögű koordináták használata a mesterséges holdak segítségével működő helymeghatározó rendszerekkel kapcsolatban egyre nagyobb jelentőségre tesz szert, a korábbi időkben a térbeli derékszögű koordináta rendszer nem volt igazán népszerű, többek között azért, mert nem tudta a gyakorlati szemléletnek megfelelően szolgáltatni a magasságokat.

**A térbeli derékszögű rendszerben ugyanis az azonos tengerszint feletti magasságú pontok Z koordinátái különbözőek.**



Vagyis térbeli derékszögű koordináta rendszer használata esetén az egyenlítő környékén ( $Z \sim 0$  méter), eredő Nílus a Földközi tengeri torkolatig ( $Z \sim 2.000.000$  méter) „felfelé” folyik.

Hagyományos – a Föld felszínéhez kapcsolódó – méréseket feltételezve az elméleti földalakokra, mint viszonyítási felületekre vonatkoztatva adjuk meg a koordinátákat.

**A korábbiakban láttuk, hogy az elméleti földalakat legjobban megközelítő geometriai felület a forgási ellipszoid.**

A három koordináta közül kettő a forgási ellipszoidhoz kötött. Ezeket nevezzük vízszintes koordinátáknak. A vízszintes koordináták a Föld fizikai felszínén levő pontoknak az ellipszoidra történő vetítéséből származnak. A vetítés a nehézségi erővonal mentén történik, amely érintőjét egy egyszerű eszközzel, a függővel könnyen elő tudjuk állítani.

A harmadik koordináta a magasság, amely a Föld fizikai felszínén levő pontnak a geoidtól való távolságát jelenti.

Egy konkrét forgási ellipszoidot az alakjával és méretével (fél nagytengely hossza és a fél nagytengely és fél kistengely hosszából számított lapultsággal  $\alpha = (a - b)/a$  – valamint a forgási ellipszoid középpontjának elhelyezkedésével jellemezzük.

Földi forgási ellipszoidról beszélünk, ha az ellipszoid középpontja egybeesik a Föld tömegközéppontjával, egyébként önkényes forgási ellipszoidról beszélünk, amikor egy ország területén egy kiválasztott ponthoz illeszkedik a forgási ellipszoid.

Általában azt mondhatjuk, hogy egészen a legutóbbi időig az önkényes forgási ellipszoidok voltak használatban.

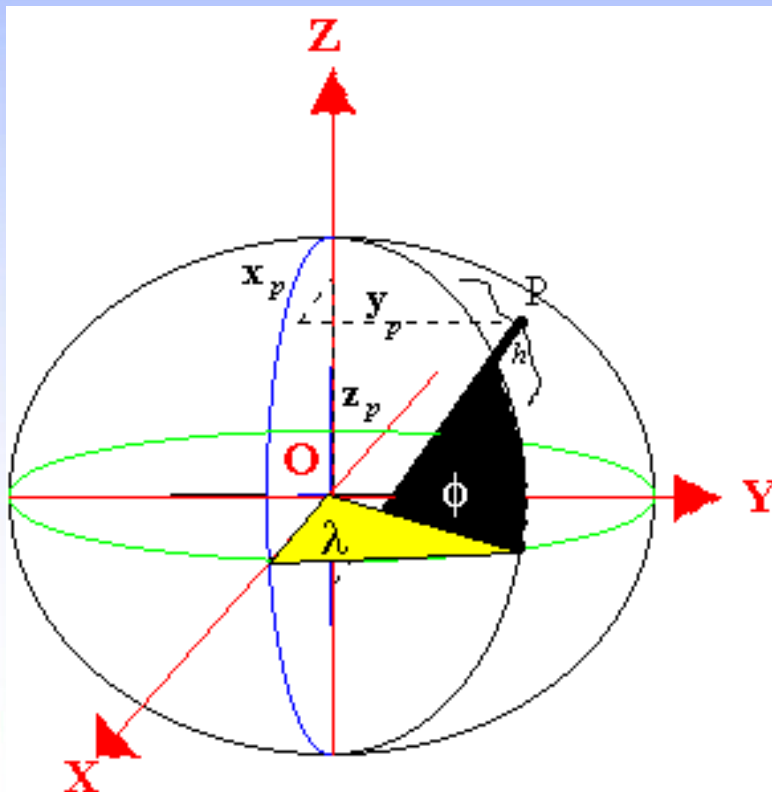
A forgási ellipszoidhoz kapcsolódó vonatkozási rendszerek fizikai megvalósítását a különböző országos geodéziai vízszintes alapponthálózatok biztosítják.



Az ellipszoidi rendszerben bármely földi pont helyzetét a következő három koordináta határozza meg:  $\phi$ ,  $\lambda$  és  $h$ .

A  $\phi$  szög a földi pont földrajzi szélessége,  $\lambda$  a szög pedig a pont földrajzi hosszúsága, míg a  $h$  távolság a pont ellipszoid feletti magassága.

A geocentrikus elhelyezkedésű forgási ellipszoid féltengelyeinek ( $a$ ,  $b$ ) ismeretében a pont térbeli derékszögű koordinátái és földrajzi koordinátái egymásba kölcsönösen átszámíthatók.





# Lokális referencia rendszerek

## **Az adott országban használt koordináta rendszert geodéziai dátumnak nevezzük.**

Ilyen dátumok például Észak-Amerikában a NAD27, NAD83, a GPS rendszer által használt - az USA Katonai Térképészeti Ügynöksége által kifejlesztett - WGS-84 (a műholdas helymeghatározás alapfelülete), az Európában kialakítás alatt álló EUREF és ilyenek a továbbiakban tárgyalásra kerülő magyarországi koordinátarendszerek is.

A lokális rendszerekben mindig különválasztva kezeljük a vízszintes és magassági pontmeghatározást, ezért szükségünk van külön vízszintes és magassági dátumra is.

A magassági dátum alapja nem más mint a kérdéses régióhoz közeli közép tengerszint.

Ha tömören meg akarjuk fogalmazni a globális referencia rendszer szerepét a térbeli adatok kezelésében, úgy azt mondhatjuk,

→ hogy az infrastruktúra egy meghatározott szintjéig – a hagyományos, egy országon belüli adatnyerés esetén - elvileg a globális referencia rendszerrel nem sok dolgunk van.

→ ha azonban GPS-t használunk a koordináták meghatározására, úgy transzformációk alkalmazása nélkül nem tehetünk szert gyakorlatilag hasznosítható adatokra.

# Lokális referencia rendszerek

Méréseinket a Föld felszínén végezzük, a mérési eredményeket pedig térképen ábrázoljuk. Mivel a térbeli objektumok hagyományos analóg tárolója a térkép, egy sík papírlap vagy műanyag fólia, s mivel a különböző számítások a síkon sokkal egyszerűbbek mint gömbön, vagy ellipszoidon a gyakorlatban az esetek többségében a térbeli alakzatok síkba vetített képeivel dolgozunk.

**Vetíteni azért kell, mert az ellipszoid gyűrődések és szakadások nélkül nem fejthető ki síkba. Az ellipszoidról (gömről) síkba történő vetítés mindig torzulásokkal jár!**

A vetítést úgy célszerű elvégezni, hogy az objektumok alakja, méretei és kölcsönös helyzete lehetőleg minél kevésbé torzuljon.

A jól megválasztott vetületi rendszer többek közt azzal az előnnyel is rendelkezik, hogy a földi geodéziai szögméréseket (melyeket tulajdonképpen az ellipszoidon végeztünk) közvetlenül felhasználhatjuk a síkkoordináták számítására.

(Távolságok esetében ez az állítás csak azzal a korrekcióval igaz, hogy néhány száz métert meghaladó távolságok esetén redukálni kell azokat a tengerszintre és a mért értékeket vetületi javítással is el kell látni).

# MI A VETÍTÉS?

A térképvetületek próbálkozások a földfelszín, vagy a földfelszín egy részletének síkon való ábrázolására.

Bizonyos torzulások, mint

- ➡ **SZÖG**, (a leggyakrabban alkalmazott vetületeknél, az ún. szögtartó vetületeknél a szögek nem torzulnak!)
- ➡ **HOSSZ**, (Hossztartó vetületek nincsenek. Általánosan elfogadott szabály, hogy a hosszak torzulása nem haladhatja meg az 1/10 000 értéket).
- ➡ **terület**

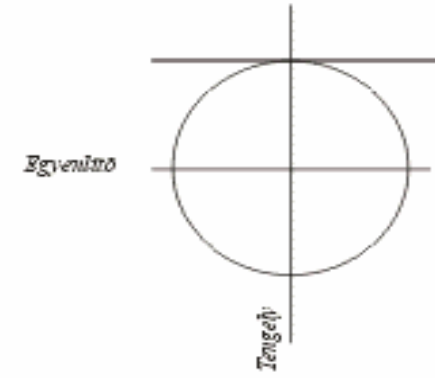
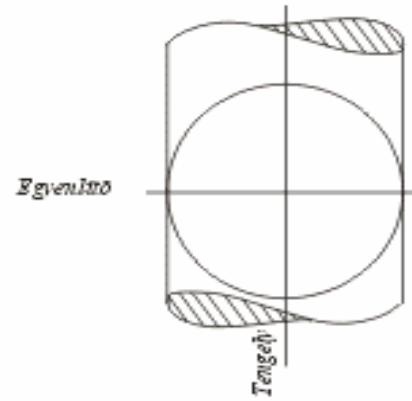
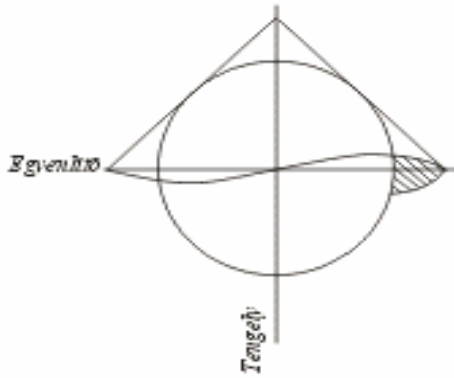
mindig nemkívánatos eredményei a folyamatnak. A különböző konkrét vetületeknél a torzulás mértéke számszerűen meghatározható.

**Vetítés során a forgási ellipszoidról síkra, illetve síkba kifejthető mértani testre vetítünk:**

- ➡ Hengerre,
- ➡ Kúpra,

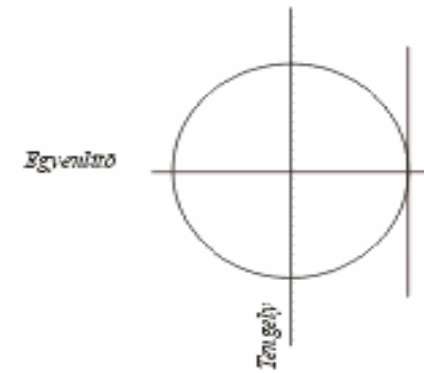
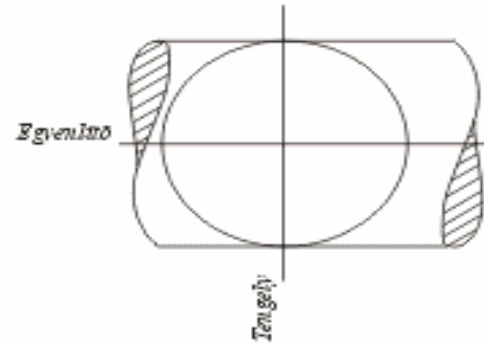
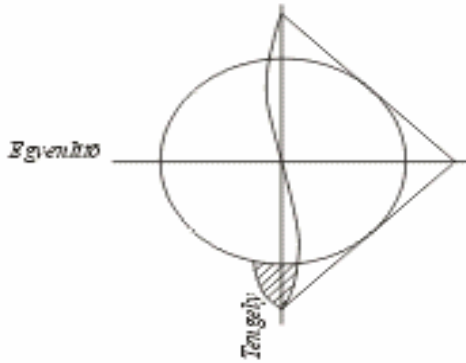
*Poláris helyzet*

**Vetületi helyzetek**

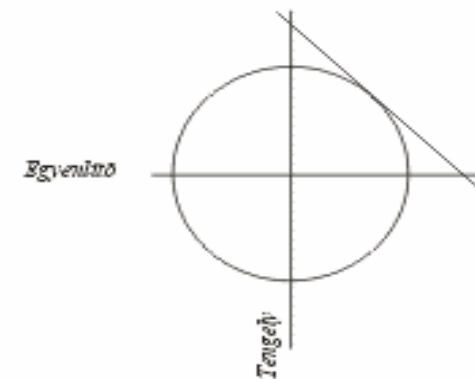
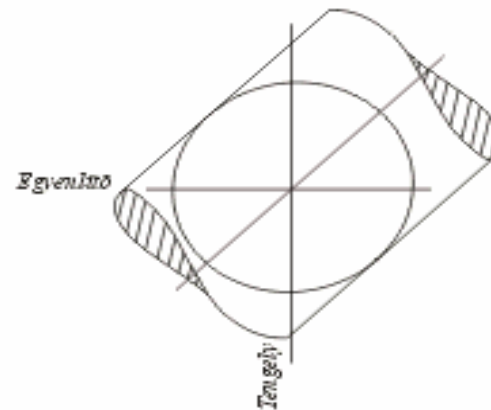
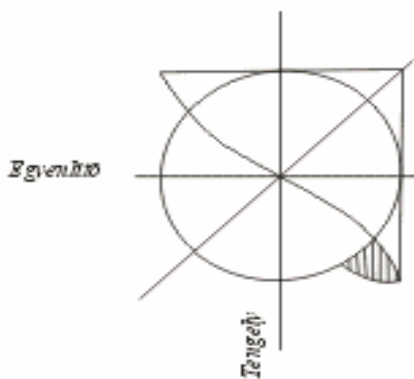


*Egyenlítői helyzet*

**Transzverzális vetítés**

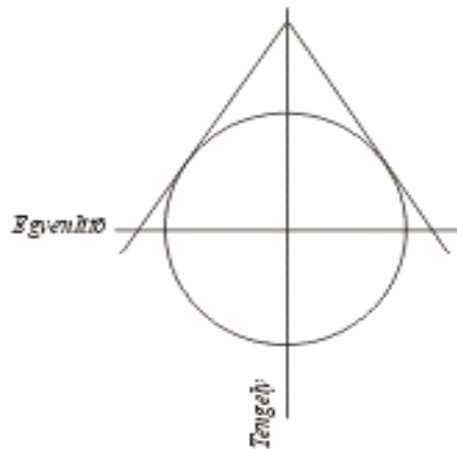


*Ferde helyzet*



## Vetületi helyzetek

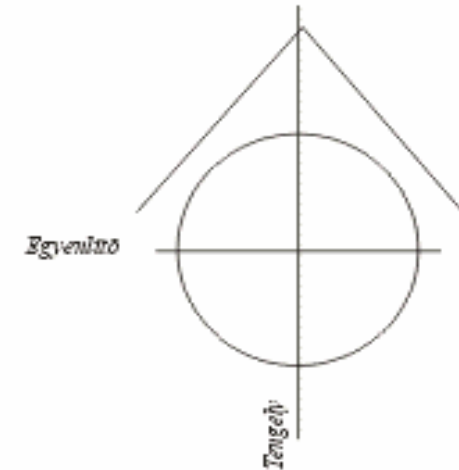
*A képfelület elhelyezkedése*



*érintő*



*metsző*



*lebegő*

**Amikor henger érinti a forgási ellipszoidot, illetve a gömböt, akkor egy főkör (a Föld felületéből a Föld középpontján átmenő sík által kimetszett ellipszis, vagy körív) mentén érinti azt. Kúp esetében a metszet ellipszis ill. gömbi kör közepe nem esik egybe a Föld középpontjával.**

**Metsző esetben a kúp vagy henger két helyen érinti (metszi) a forgási ellipszoidot, vagy a gömböt. Mindkettő kis ellipszis, illetve gömbi kör (amely nem a Föld középpontján átmenő sík által kimetszett ellipszis, illetve kör).**

# MERCATOR-FÉLE UNIVERZÁLIS TRANSZVERZÁLIS METSZŐ VETÜLET (UTM)

Az UTM nagy pontossággal ad georeferenciát a Föld teljes egészére, de lokális dátumként is kezelhető egy-egy zónája.

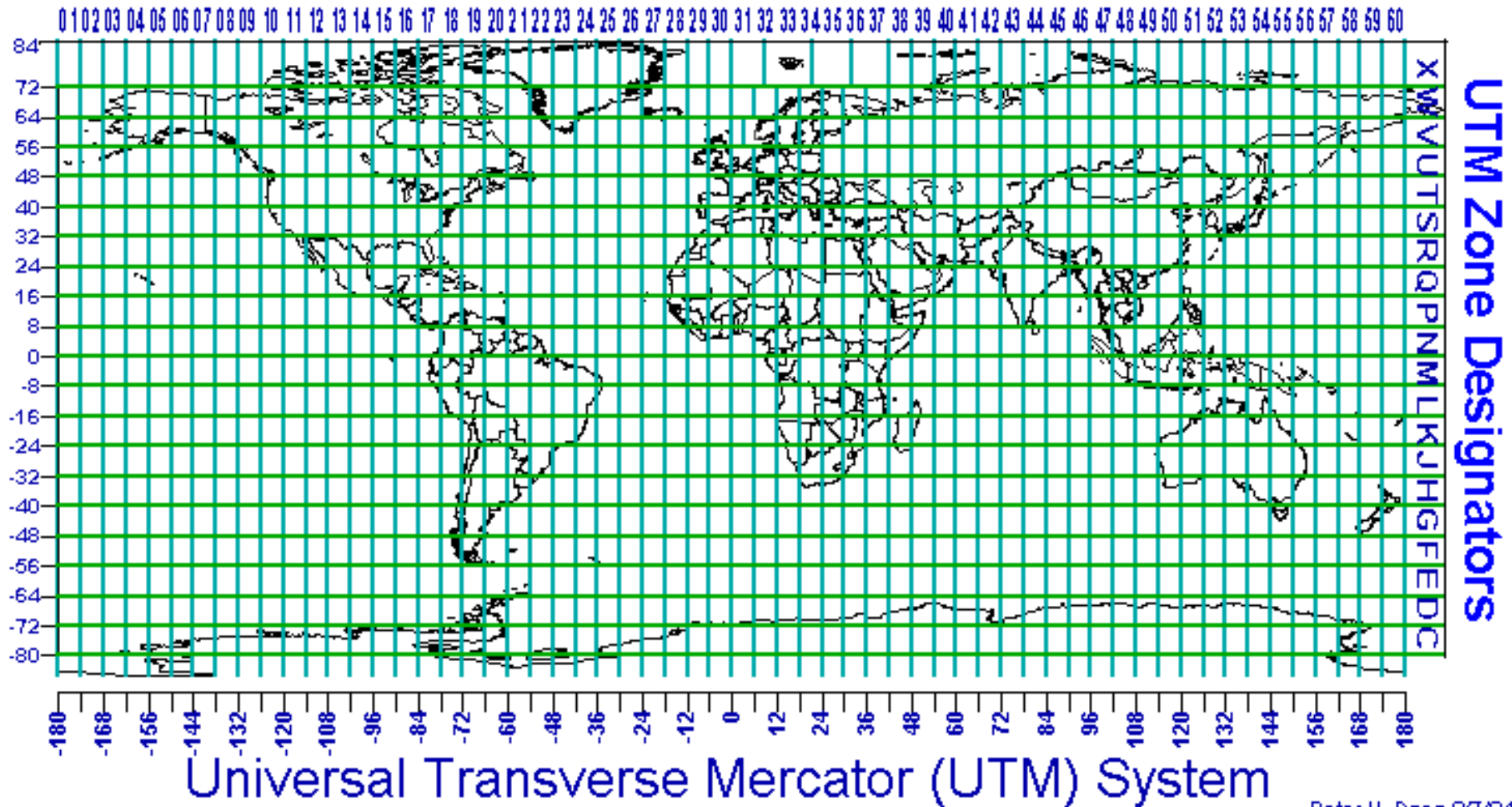
A Nemzetközi Geodéziai és Geofizikai Unió 1936-ban készítette, az USA hadserege 1947-ben rendszeresítette, majd adaptálta számos nemzeti és nemzetközi térképészeti szervezet, többek között a NATO is. Katonai térképészeti célokra Magyarország is ezt használja.

Általánosan használják a topográfiai és a tematikus térképezésben, műholdképek alkalmazásánál, és széles körben elterjedt térbeli adatbázisok alapjaként is.

Az UTM rendszerben a hengerfelület a pólusok mentén érinti a forgási ellipszoidot, a pólusok és az egyenlítő között pedig belemetsz abba. A hengert megforgatjuk a pólusok körül, így keletkeznek az egyes 6 fok szélességű zónák.



# UTM Zone Numbers



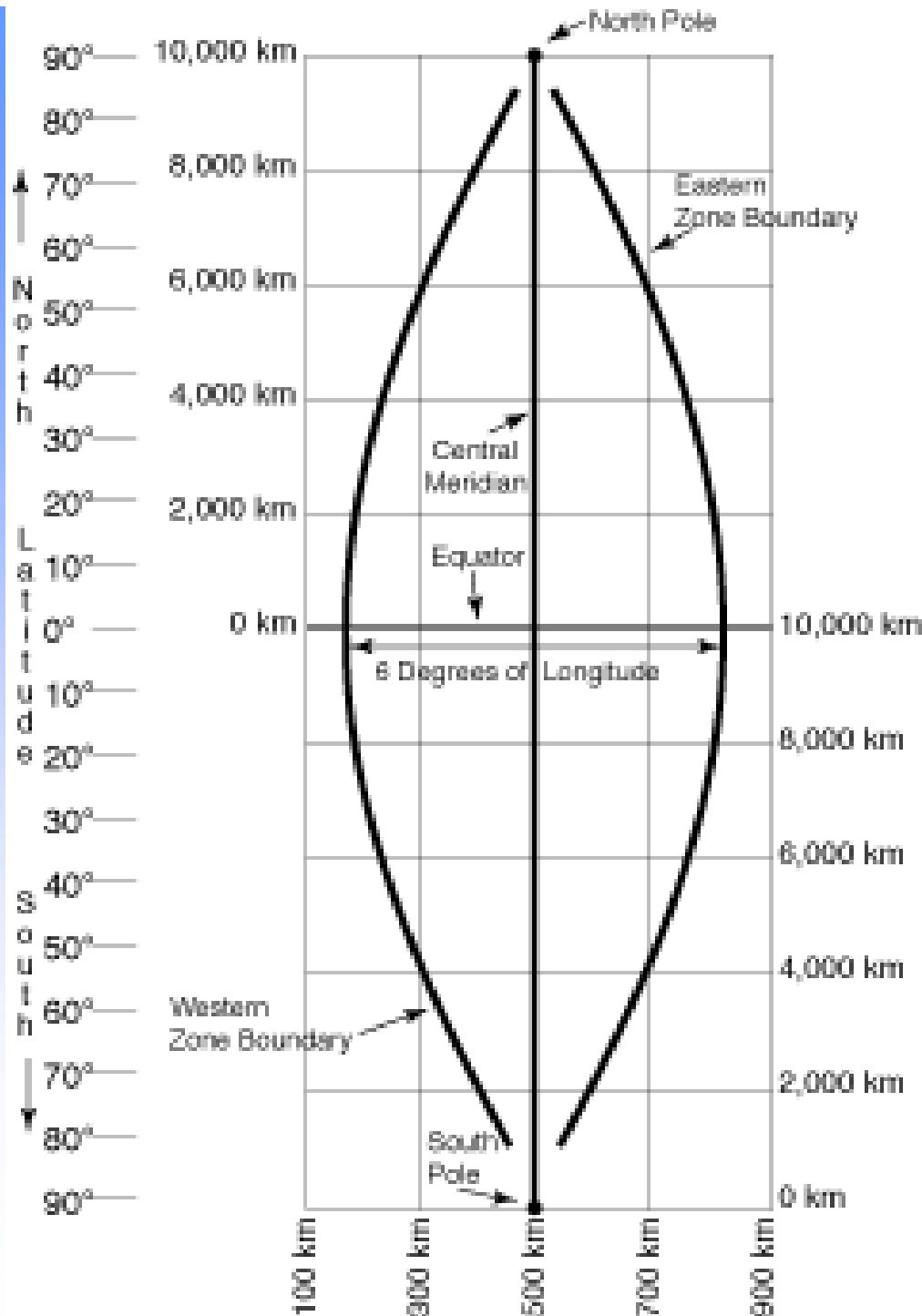
**Az UTM rendszernél a Greenwich-el átellenes kezdőmeridiántól számítva keleti irányba indulva 6 fokos beosztással alakítottak ki zónákat. (Magyarország így a 198-210 hosszúsági fok közötti 33-34 zónába esik).**

A zónabeosztásnak megfelelően a hengert 6 fokonként elforgatják úgy, hogy a metsző henger az egyes zónák két meridiánján érintkezzék a forgási ellipszoiddal.

Mivel nem érintőhengert alkalmaztak, hanem – a torzulások minimalizálása érdekében – az UTM rendszer süllyesztett hengert használ, így a 6 fokos zóna egyharmad és kétharmad részén van torzulásmentes meridián.

A metszőkörökön belül hosszrövidülés, kívül hossznövekedés van.

Az UTM-el a problémák akkor keletkeznek, amikor átlépjük a zónahatárokat, mert nem létezik egyszerű matematikai kapcsolat a szomszédos zónák koordinátái közötti átszámításra.



## Egy zóna képe.

Az UTM-el a problémák akkor keletkeznek, amikor átlépjük a zónahatárokat, mert nem létezik egyszerű matematikai kapcsolat a szomszédos zónák koordinátái közötti átszámításra.

## Gauss-Krüger vetület

Annak érdekében, hogy csökkentsék a torzítást, a Földet a hosszúsági körök mentén  $6^\circ$ -os közőkre bontva, 60 szeletre osztották.

A zónákat K-felé számozzák 1-től 60-ig, a  $180^\circ$ -os hosszúsági körtől kezdve.

A rendszert csak az É-i szélesség  $84^\circ$  és a D-i szélesség  $80^\circ$  között alkalmazzák a Pólus környéki nagy torzítás miatt. Minden zóna  $8^\circ$ -os sávokra (szélesség) oszlik.

A Pólusok mentén az Univerzális poláris sztereografikus (UPS) vetületet használják.

A jelölés a C betűvel kezdődik a D-i szélesség  $80^\circ$ -tól É-ra egészen az X betűig, az O és az I betűket nem használják. A GK rendszert korábban katonai célokra használták Magyarországon.

# Magyarországon használatos helyi rendszer: az Egységes Országos Vetületi Rendszer (EOV)

## Ferde tengelyű süllyesztett hengervetület.

A hazai polgári térképezés sajátos vetületi rendszere az Egységes Országos Vetület (EOV), amelyet kettős vetítéssel (ellipszoidról annak simulógömbjére, majd a gömbről síkra) kapnak. A Nemzetközi Geodéziai és Geofizikai Unió (IUGG) által 1967-ben javasolt IUGG/1967 elnevezésű forgási ellipszoid adja az alapfelületet, erről vetítenek arra a 6379,743 m sugarú gömbre, amely Budapest környékén simul legjobban az ellipszoidhoz.

A gömbről vetítés olyan ferde tengelyű, süllyesztett hengerpalástra történik, amely az ország területén épp hogy metszi a gömböt. A henger tengelye merőleges a Gellérthegyen átmenő hosszúsági kör és a  $47^{\circ} 06''$  északi földrajzi szélességi kör metszéspontján átmenő gömbi főkör síkjára.

**A hossztorzulás a kelet-nyugati irányú  $y$  tengely mentén kilométerenként  $-7$  cm, az ország legészakibb pontján  $+26$  cm, legdélibb pontján  $+23$  cm. A területtorzulás a hossztorzulás-értékek négyzetével egyenlő. Az Egységes Országos Vetület szögtartó.**

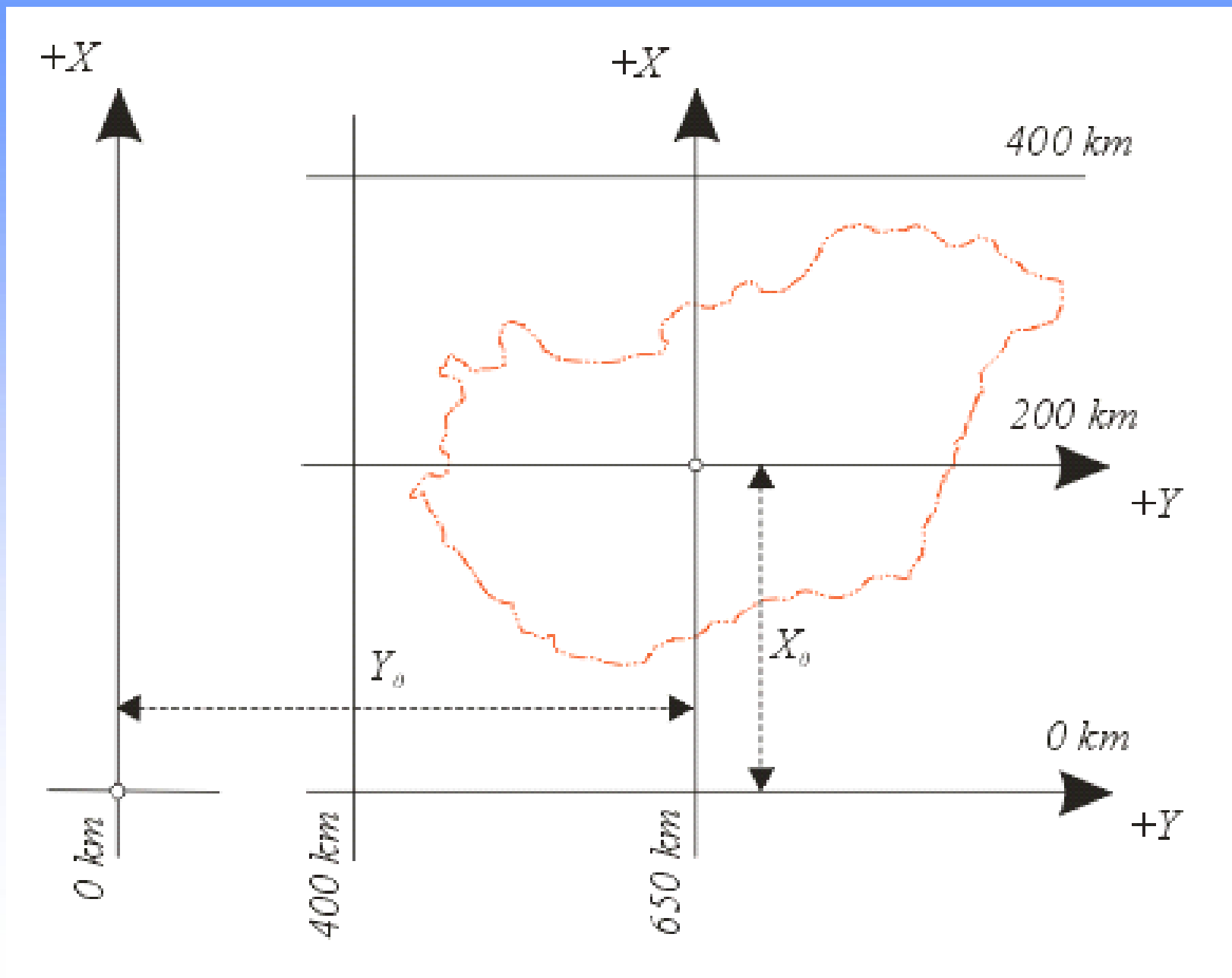
Az előjelhibák miatt a kezdőkoordinátákat  $200$  km-el délre és  $650$  km-el nyugatra helyezték el. Így az  $Y$  koordináták mindig nagyobbak az  $X$  koordinátáknál.

**Ennek a megoldásnak az az előnye, hogy nincs zónahatárral kapcsolatos probléma.**

A Magyar vonatkozási rendszer (HD-72 Hungaria Datum 1972) leírása az MSZ 7772-1 Digitális térképekkel foglalkozó szabványban megtalálható.

**Ebben a vetületben készül el az országot lefedő Egységes Országos Térkép Rendszer (EOTR), amely szelvényezés koordináta-rendszerének origója az országtól DNy-ra található , így - mivel az ország teljes területe a koordináta-rendszer első síknegyedébe esik - minden pont mindkét koordinátája pozitív.**

# Origó az EOVS rendszerben



# EOTR 1:100.000 méretarányú topográfiai térkép szelvénybeosztás





A topográfiai térképek szelvénybeosztásának levezetése az 1:100.000 méretarányú topográfiai térképből.

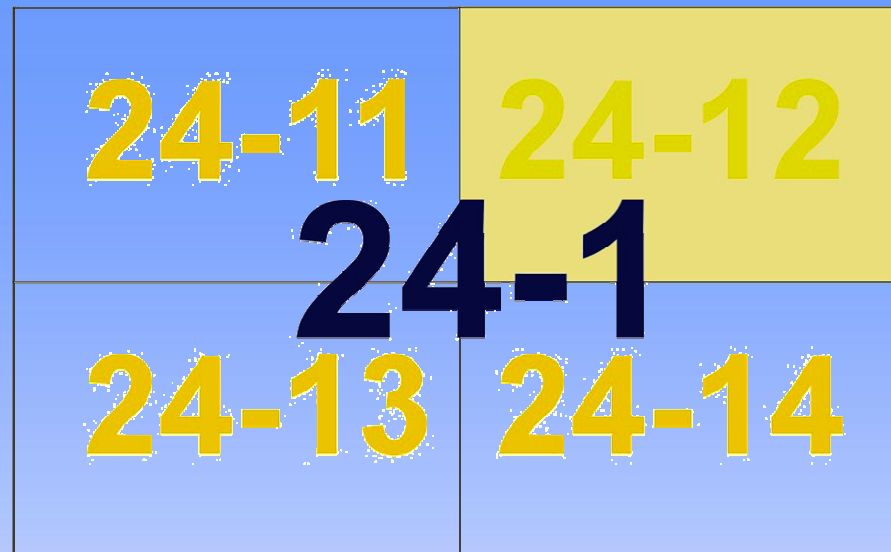
**M=1:100.000**

**M=1:50.000**

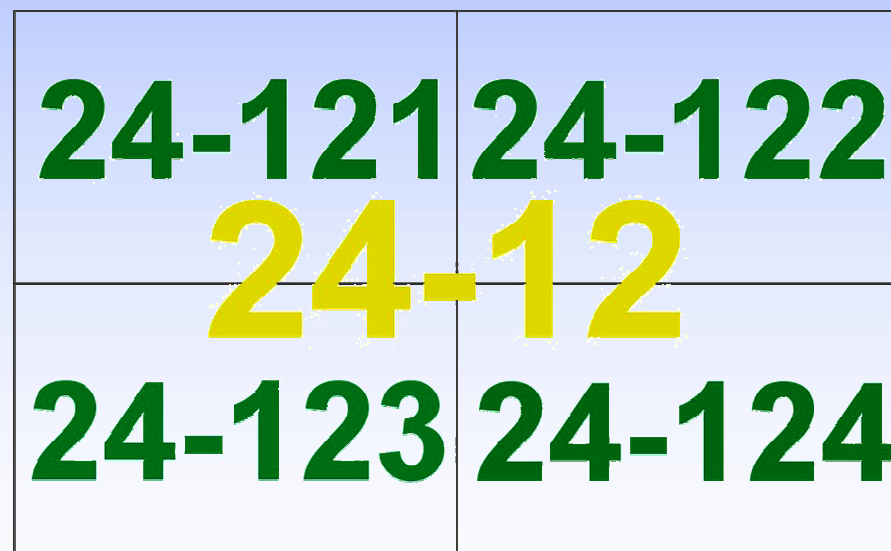


Az 1:100.000 méretarányú topográfiai térkép területe:  
48 x 32 km.

**M=1:50.000**  
**M=1:25.000**



**M=1:25.000**  
**M=1:10.000**

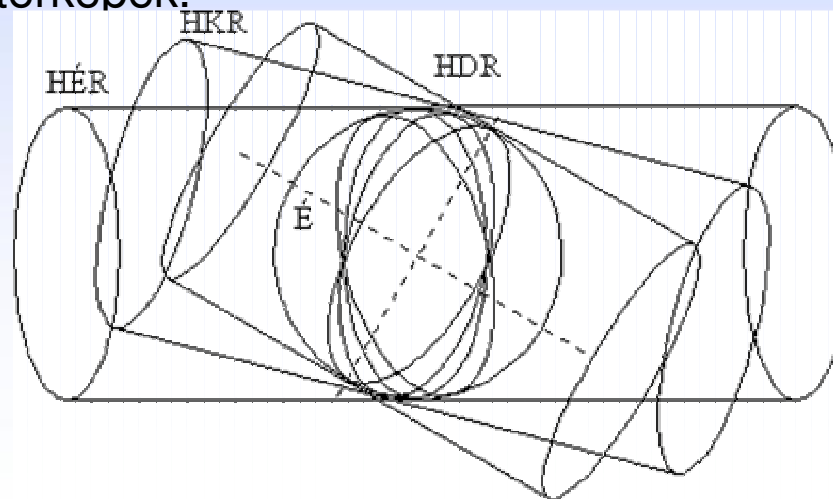


Az 1:10.000 méretarányú topográfiai térkép területe: 6 x 4 km.

## Egyéb Magyarországon használt vetületi rendszerek

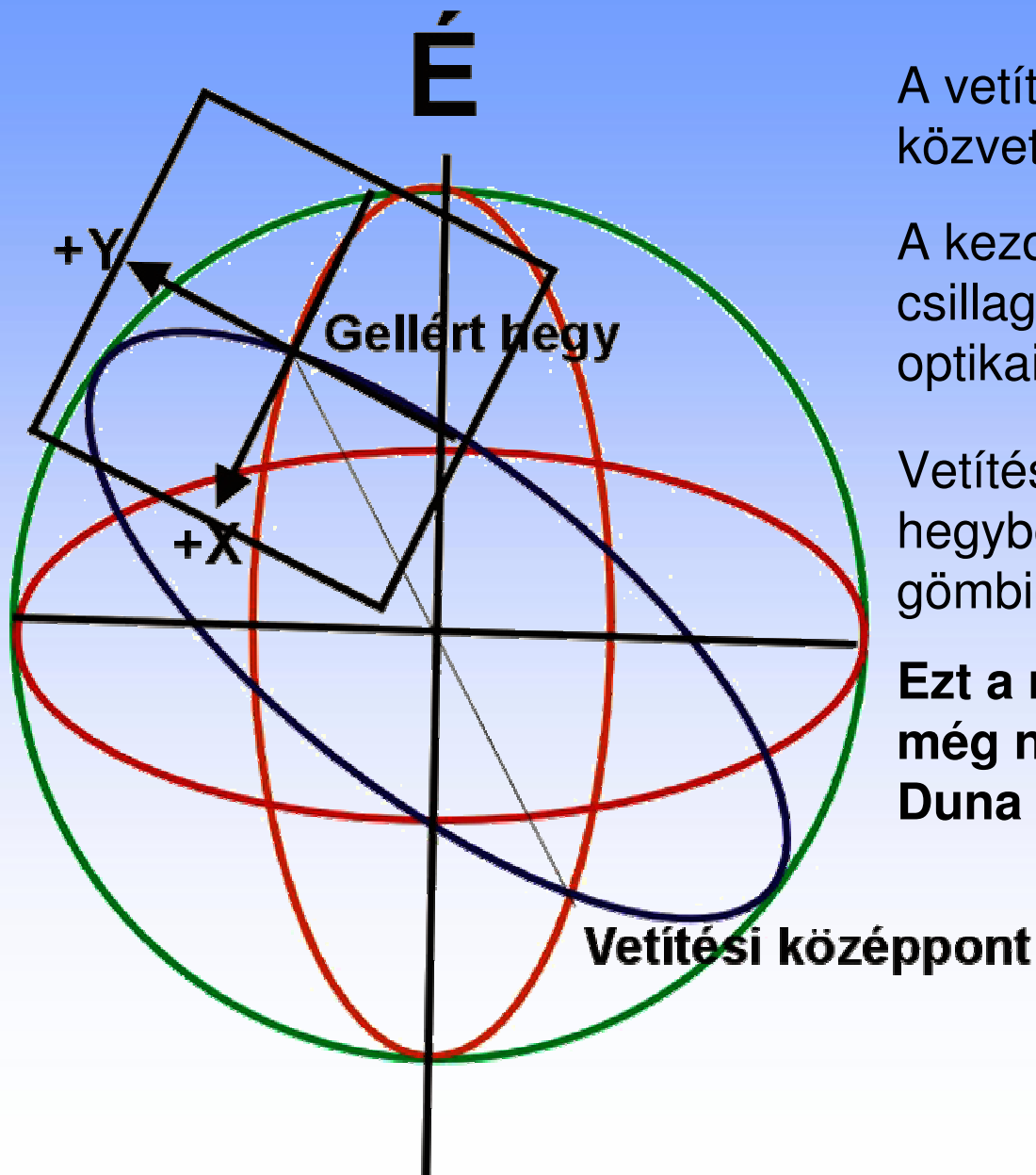
Magyarországon a század elején kialakított **hengervetületi rendszer** három szög tartó hengervetületből áll, amelyek együtt lefedték az ország egész területét. Mindhárom ferde helyzetű henger tengelye a Gellérthegyi ponton átmenő meridiánsíkba feküdt. A hengerek az e ponton átmenő meridiánra merőleges főkörök mentén érintették a Gauss-gömböt. A vetítés először a Bessel-féle ellipszoidról történt az ekkori Gauss-gömbre, majd a gömbről a hengerre.

Egy - egy vetület sáv szélessége 180 km, ugyanis a hossztorzulás az érintő főkör 90 km-es távolságban éri el a kritikus értéket. Ezért a henger középső rendszer (HKR) a 46 fok 22' és a 47 fok 55' földrajzi szélességek közötti területet öleli fel. Ettől északra az északi rendszer (HÉR), délre a déli rendszer (HDR) helyezkedik el. Ebben a vetületben készültek a szabatos kataszteri (nyilvántartási) térképek.



Magyarországon alkalmazott hengervetületi rendszerek

# Magyar sztereografikus vetületi rendszer



A vetítés gömbről közvetlenül síkra történik.

A kezdőpont a Gellérthegyi csillagvizsgáló objektívjének optikai középpontja.

Vetítési középpont a Gellért hegyből kiinduló átmérő gömbi metszéspontja.

**Ezt a rendszer használjuk még napjainkban is pl. a Duna Atlasznál.**

Magyarországon magassági alapfelületként korábban a trieszti mareográfuson meghatározott adriai középtengerszint szolgált, amelyről levezették a Nadap község határában elhelyezett szintezési alappont magasságát.

Jelenleg a Balti tenger középtengerszintjét használjuk magassági alapfelületnek, melyet a Leningrád melletti Kronstadti haditengerészeti támaszponton elhelyezett mareográf alapján határoztak meg.



A két magassági referencia rendszer közötti az átszámítást a következő képlettek végezhetjük el:

$$H_{\text{Balti}} = H_{\text{Adriai}} - 0,675 \text{ méter}$$

A legtöbb országban mind a lokális vízszintes referencia rendszer ismert koordinátájú alappontjait mind a magassági alapponthálózatot az állami geodéziai szolgálat hozza létre, határozza meg és tartja karban.

## Vízszintes alapponthálózat

A háromszögelési hálózat az ország területén egyenletes sűrűségben telepített, kövel megjelölt pontok halmaza.

A pontokat úgy helyezték el, hogy mindegyikről láthatók legyenek a szomszédos pontok, hiszen az összemérésnek ez a feltétele.

Hogy minél messzebb lehessen látni, a háromszögelési pontokat hegycsúcsokra, dombtetőkre, azok hiányában igen gyakran templomok tornyára telepítették.

A munkát teodolitokkal, később elektronikus távmérőkkel végezték.

A mérések befejeztével (amelyek több évig, sőt évtizedig tartottak) kiegyenlítették a hálózatot, és valamennyi pont koordinátát kapott.

A pontosság fokozására először a lehető legritkább hálózatot építették ki (a hazai I. rendű hálózatnak mintegy 30 kilométer a pontsűrűsége), majd amikor ezzel végeztek, kezdtek hozzá több lépcsőben a sűrítéshez (II., III. rendű hálózat).

A legsűrűbb állami alaphálózatunk a IV. rendű, ez 1,5-2 kilométeres ponttávolságával nemzetközi szinten is elismerést érdemel.

Magyarországon a geodéziai alappontok koordinátái a Földhivataloktól szerezhetők be.



A vízszintes alapponthálózathoz hasonlóan Magyarország egész területét lefedi egy magassági alapponthálózat, melyek alappontjai néhány km-es távolságra helyezkednek el egymástól.

A magassági alappontok legjellemzőbb formája az épületekbe, építményekbe elhelyezett falicsap.

Magyarországon a magassági alappontok adatai a Földhivataloktól szerezhetők be.

# Országos GPS hálózat

Napjainkban geodéziai szempontból a műholdas helymeghatározás két területen hozott áttörést.

➔ A leglényegesebb tulajdonsága, hogy az egész világon egységes koordináta-rendszert vezetett be. Nem is lehet ez másképpen, hiszen a műholdak a Föld tömegközéppontja körül keringenek.

A GPS tehát megteremtette annak a lehetőségét, hogy a világ számos geodéziai rendszere között kapcsolatokat létesítsünk, hiszen ha két eltérő rendszernek kapcsolata van az egységes GPS-rendszerrel, akkor – akár egy világnyelven – egymással is tudnak kommunikálni.

➔ Másik igen fontos jellemzője, hogy a pontosság fantasztikusan javult. Az I. rendű hálózatok területén például két nagyságrenddel (a százszorosára!).

Az ország két végén elhelyezett pontok GPS-technikával 1 centiméter pontosan összemérhetőek.



A penci obszervatórium tetején levő GPS állomás,  
amely 1996 március 1-től működik folyamatosan.

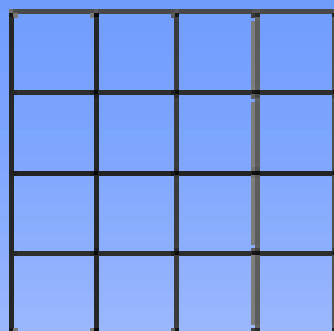
Az országos GPS hálózat mérését 1995-ben kezdték el,  
amelyben átlagosan 10 km távolságra vannak a GPS  
alappontok.

Térinformációs rendszereknél gyakran áll elő az a helyzet, hogy különböző vetületi rendszerbeli koordinátákat kell egy adott vetületi rendszerbe átszámítani. Az átszámításokat geometriai transzformációval végezzük.

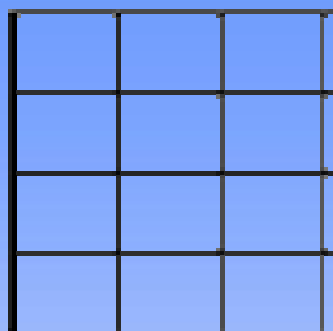
**Definíció:** A geometriai transzformáció olyan leképezés, amellyel minden ponthoz vagy valamely ponthalmaz minden pontjához hozzárendelünk egy-egy pontot.

Hasonlósági vagy affin geometriai transzformációt (elsőfokú vagy lineáris transzformációk) célszerű használni nyers légi- és űrfelvételek térképi vetületbe való vetítésekor, digitális térképek, légi- és űrfelvételek tájolásakor, már síkra vetített, de még ismert vetület nélküli műholdfelvételek (pl. a SPOT és a Landsat) vetületi rendszerbe való elhelyezésekor. Affin transzformációt érdemes használni továbbá térképi síkvetületek másik síkfelületi vetületben való megadásakor viszonylag nem nagy területen dolgozva. Szintén affin transzformációt kell használnunk digitalizált térképi állományok ún. táblai koordináta-rendszeréből valamely kiválasztott vetület koordináta-rendszerébe való áttérésakor is.

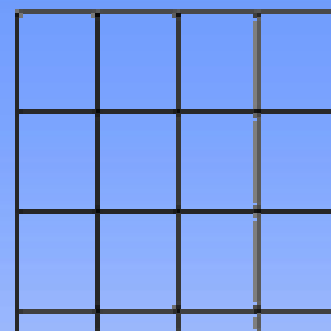
# Lineáris transzformációk hatása.



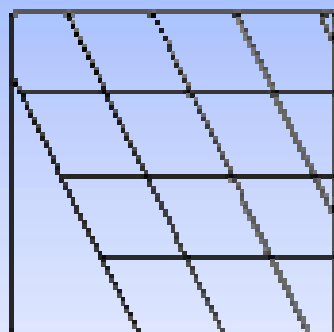
*eredeti kép*



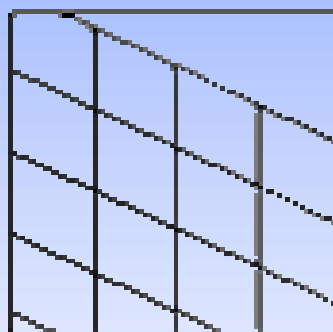
*x irányú nyújtás*



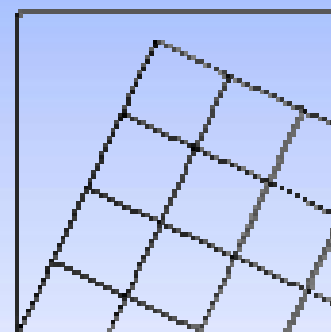
*y irányú nyújtás*



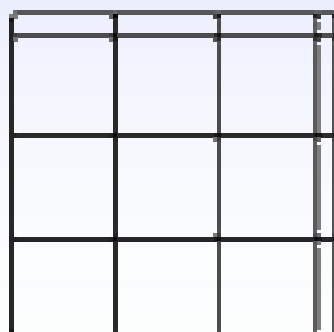
*x irányú nyírás*



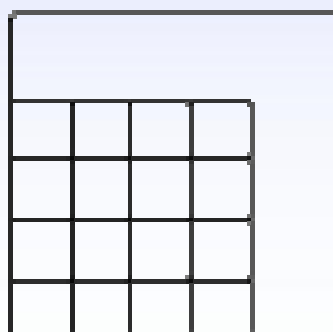
*y irányú nyírás*



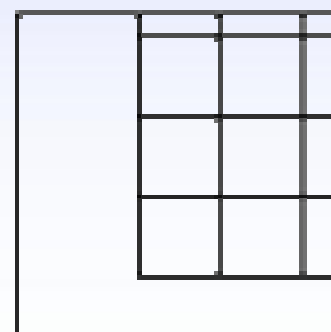
*forgatás*



*nagyítás*

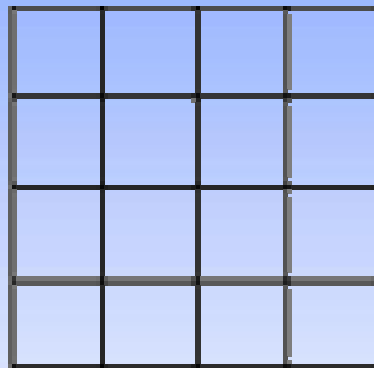


*kicsinyítés*

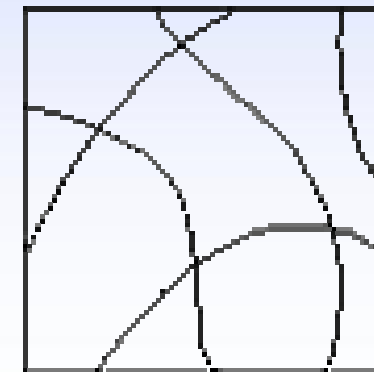
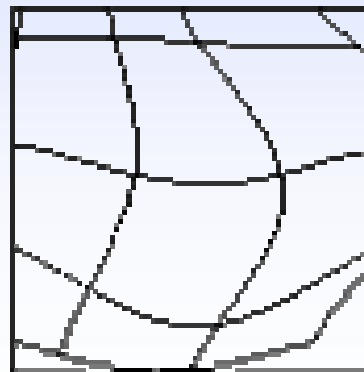
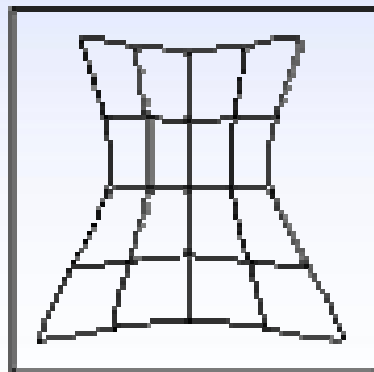
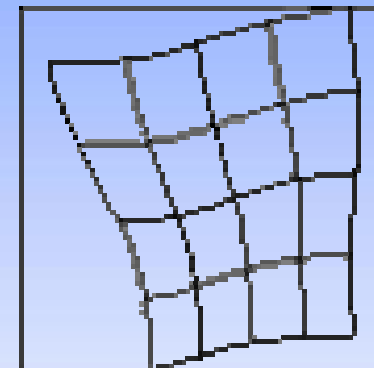
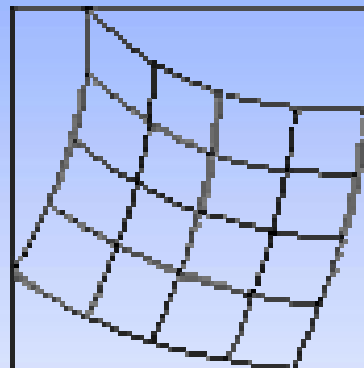


*eltolás*

Másod- vagy magasabb fokú transzformációt (nemlineáris transzformáció) alkalmazunk nemlineáris torzulások esetén. Ilyen pl. a magasról készült, nagy területet lefedő felvételeknél a kamera lencséje okozta, adott irányú torzulás. Ezt másodfokú transzformációval korrigálják. Harmadfokú transzformációval torzult légifelvételeket, radarfelvételeket, negyedfokú transzformációval erősen torzult légifelvételeket korrigálnak .



*eredeti kép*



*néhány lehetséges kimenet*

## Ellenőrző kérdések

90. Mire van szükség a geometriai adatok megadásához?
91. Miért van szükség a Föld alakjának ismeretére a térinformatikai rendszereknél?
92. Mi a geoid és hogyan lehet megadni?
93. Mi a geoidunduláció és milyen értékhatárok között változik?
94. Milyen globális referenciarendszereket ismer?
95. Mi a forgási ellipszoid és milyen kapcsolatban van a geoiddal?
96. Hogyan lehet megadni egy földi pont koordinátáját forgási ellipszoidon?
97. Mi a precesszió és milyen kapcsolatban van a globális referenciarendszerekkel?
98. Mikor, milyen mérési technológiánál használjuk a térbeli derékszögű koordinátákat?
99. Milyen alapvető két dátum van lokális rendszereknél?
100. Mi a vetítés és miért van szükség rá?
101. Milyen következményekkel jár a vetítés?
102. Milyen vetületi helyzetek lehetnek?
103. Mi a Mercator-féle univerzális hengervetületi rendszer és hol használjuk?
104. Mi a Gauss-Crüger vetületi rendszert és hol használjuk?
105. Milyen vetületi rendszerek használatosak Magyarországon?
106. Mi az EOVS és EOTR rendszer?
107. A magassági alapfelület fogalma. Milyen magassági alapfelületet használnak Magyarországon?
108. Miből áll a vízszintes alapponthálózat és a GPS alapponthálózat?
109. Mi a geometriai transzformáció, miért van szükség geometriai transzformációkra? Milyen geometriai transzformációkat ismer?

## **Szakirodalom:**

**Detrekői Ákos – Szabó György: Térinformatika 2003.**  
**[www.agt.bme.hu/tutor\\_h/terinfor/tbev.htm](http://www.agt.bme.hu/tutor_h/terinfor/tbev.htm)**