



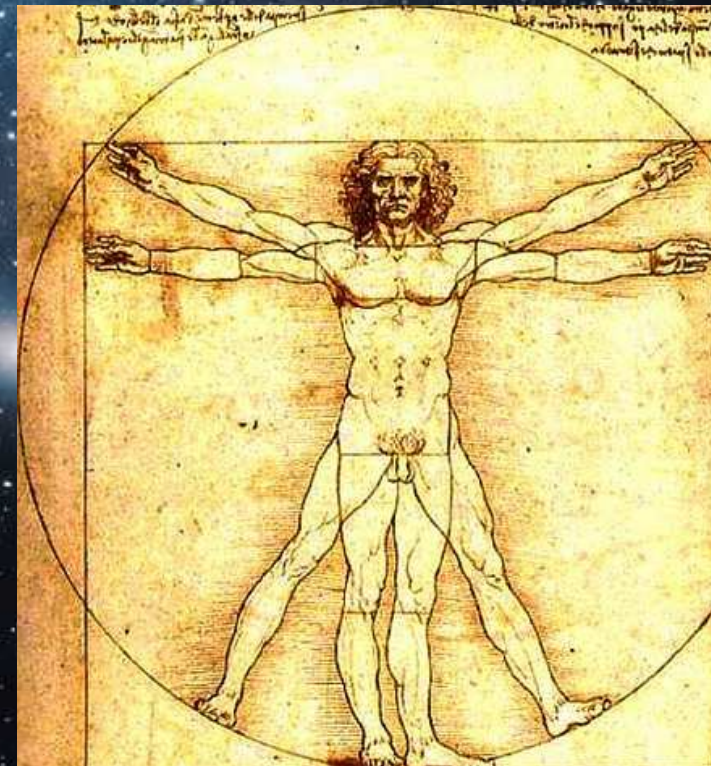
Űridőjárás és modern civilizáció

Kis Árpád

*Magyar Tudományos Akadémia
Csillagászati és Földtudományi Kutatóközpont*

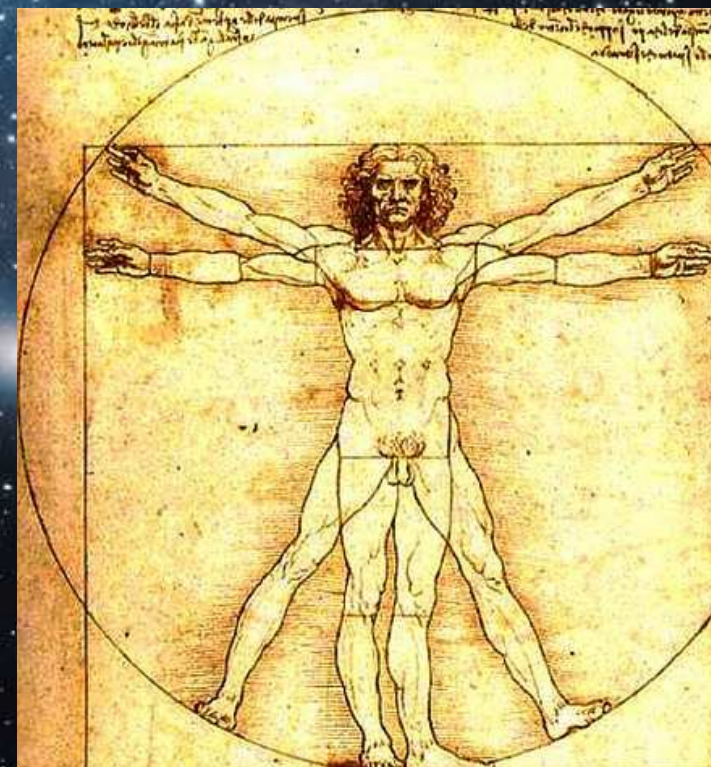


Az ember ősi vágya:



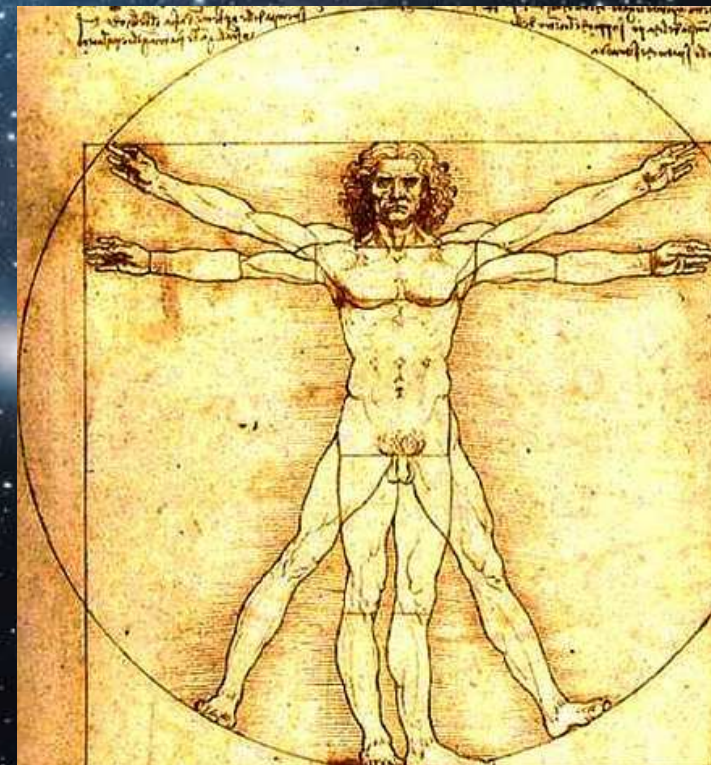
Az ember ősi vágya:

- megérteni az őt körülvevő világot (mi ez, hogy működik?)



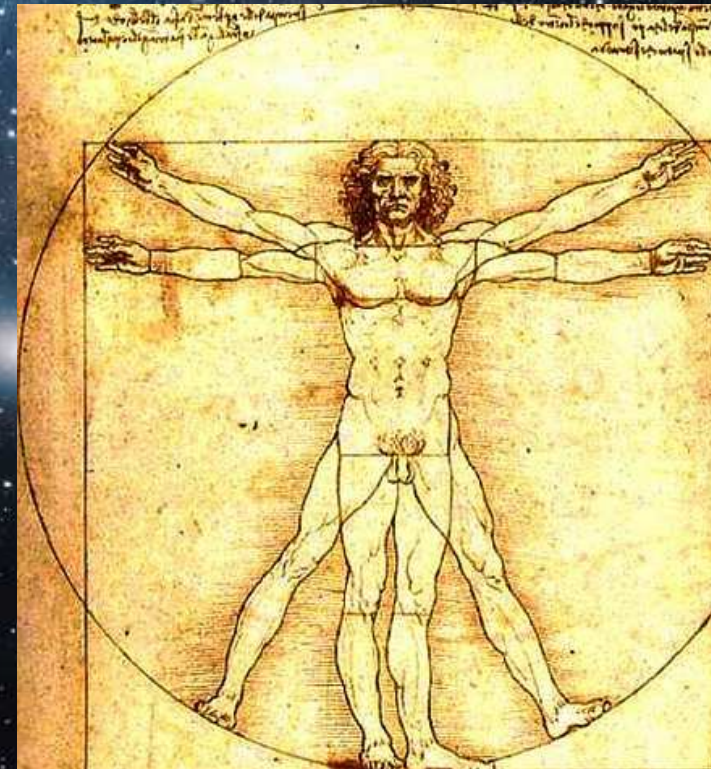
Az ember ősi vágya:

- megérteni az őt körülvevő világot (mi ez, hogy működik?)
- megérteni önmagát (ki vagyok én, mi dolgom a világon?)



Az ember ősi vágya:

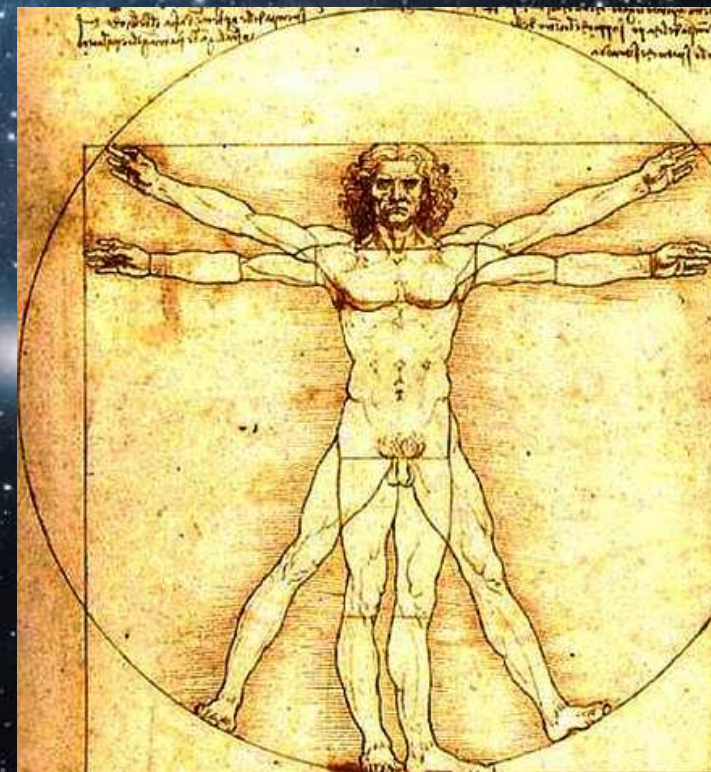
- megérteni az őt körülvevő világot (mi ez, hogy működik?)
- megérteni önmagát (ki vagyok én, mi dolgom a világon?)
- megérteni a kettő közötti kapcsolatot



Az ember ősi vágya:

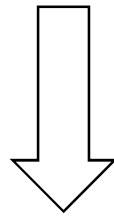
- megérteni az őt körülvevő világot (mi ez, hogy működik?)
- megérteni önmagát (ki vagyok én, mi dolgom a világon?)
- megérteni a kettő közötti kapcsolatot

KOZMOSZ = HARMÓNIA



De hol figyelhető meg ez a harmónia, a tökéletesség?

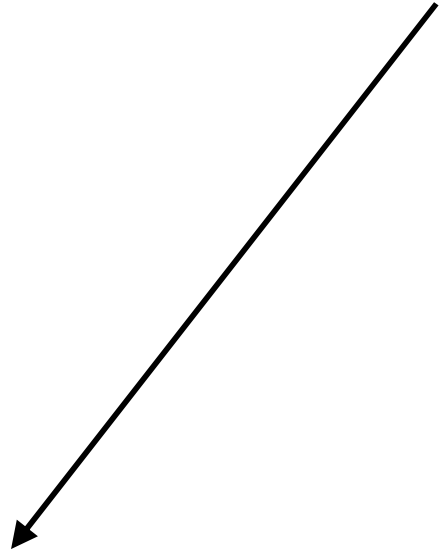
A földi élet tökéletlen: háború, éhínség, betegségek, stb.



A harmónia a csillagok világában található!
KOZMOSZ = HARMÓNIA, de a KOZMOSZ az
Univerzumot, a Világegyetemet is jelenti!)

Az emberiség elkezdte vizsgálni a csillagokat, az égboltot

Az emberiség elkezdte vizsgálni a csillagokat, az égboltot

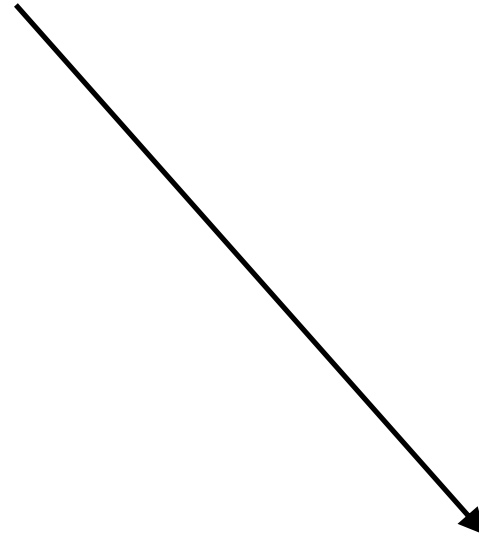
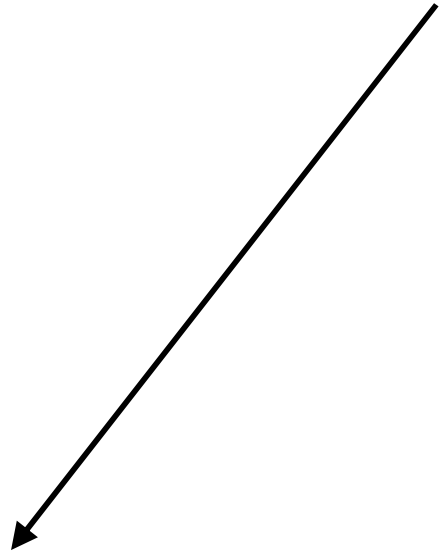


Asztronómia (csillagászat)

-naptárkészítés

(mezőgazdaság: mikor kell
vetni, betakarítani, stb.)

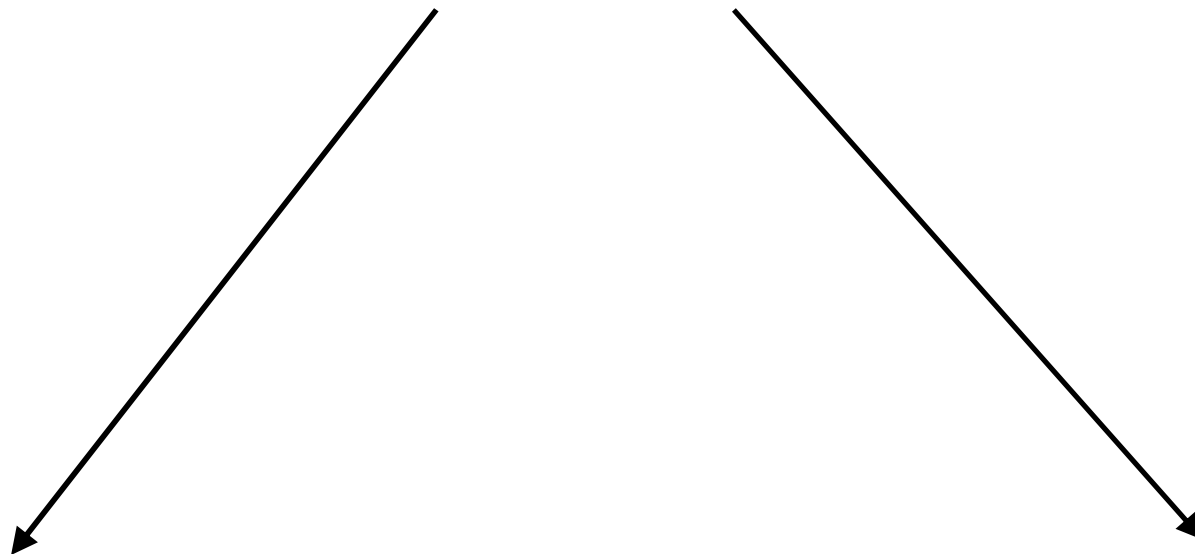
Az emberiség elkezdte vizsgálni a csillagokat, az égboltot



Asztronómia (csillagászat)
-naptárkészítés
(mezőgazdaság: mikor kell
vetni, betakarítani, stb.)

Asztrológia (csillagjóslás)
-horoszkópkészítés
(emberi sorsok, király
mikor induljon háborúba, stb.)

Az emberiség elkezdte vizsgálni a csillagokat, az égboltot



Asztronómia (csillagászat)
-naptárkészítés
(mezőgazdaság: mikor kell
vetni, betakarítani, stb.)

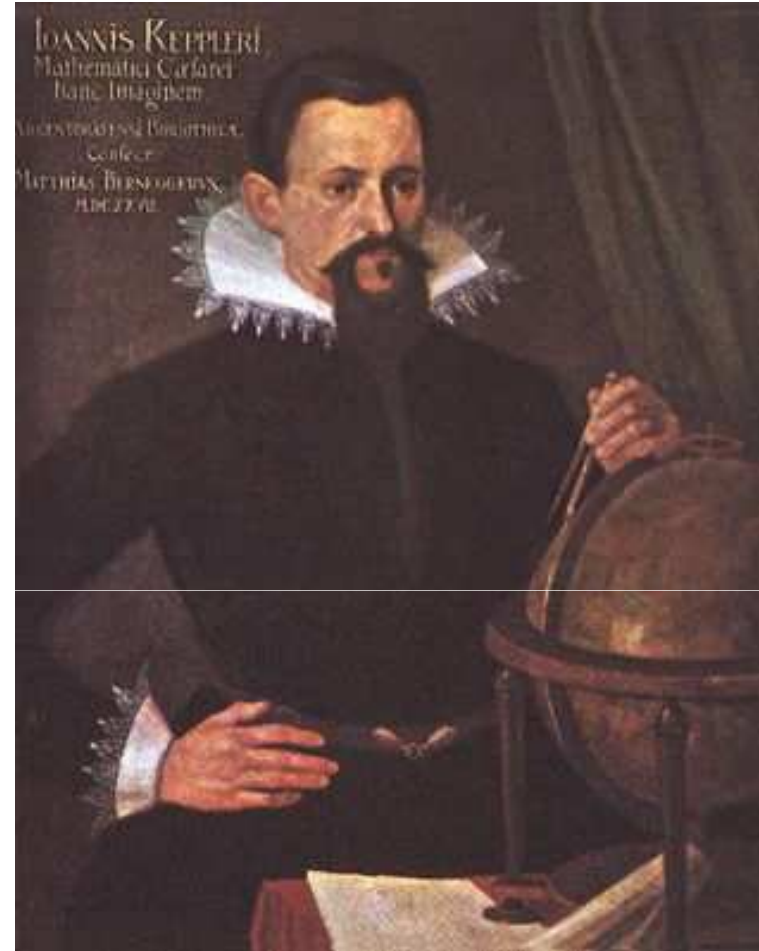


Asztrológia (csillagjóslás)
-horoszkópkészítés
(emberi sorsok, király
mikor induljon háborúba, stb.)

**Kezdetekben a kettő szorosan
összefüggött!**



Asztrológus munka közben



Johannes Kepler

Házi feladat:

fedezze fel a két kép közötti 10 db apró különbséget! 😊

Az asztrológusoknak igazuk van egy dologban!

Valóban van egy csillag, amely jelentős hatást gyakorol a földi környezetre (és az emberek életére), és ez a csillag a

Nap

A Nap Földre gyakorolt hatása nyomán létrejövő változás

Periodikus

(szabályos időközönként ismétlődő)

Aperiodikus

(egyszeri, hirtelen lefolyású)
(órákban, napokban mérhető)

Hosszú idejű

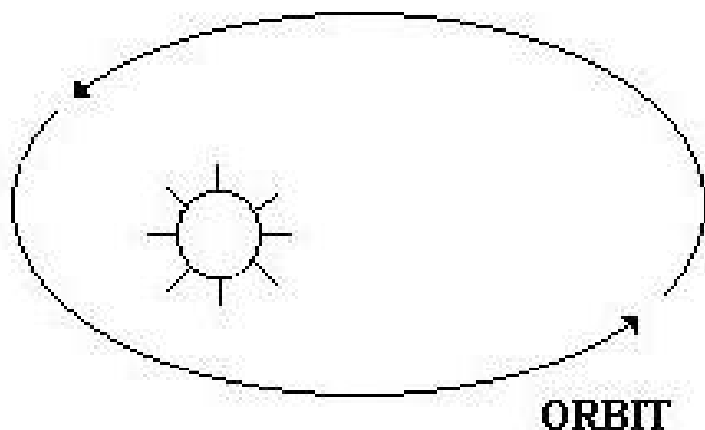
(évezredekben mérhető)

Közepes idejű

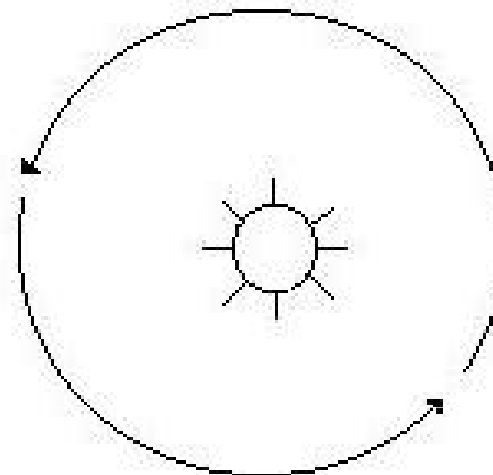
(években mérhető)

ECCENTRICITY

MORE ELLIPTICAL



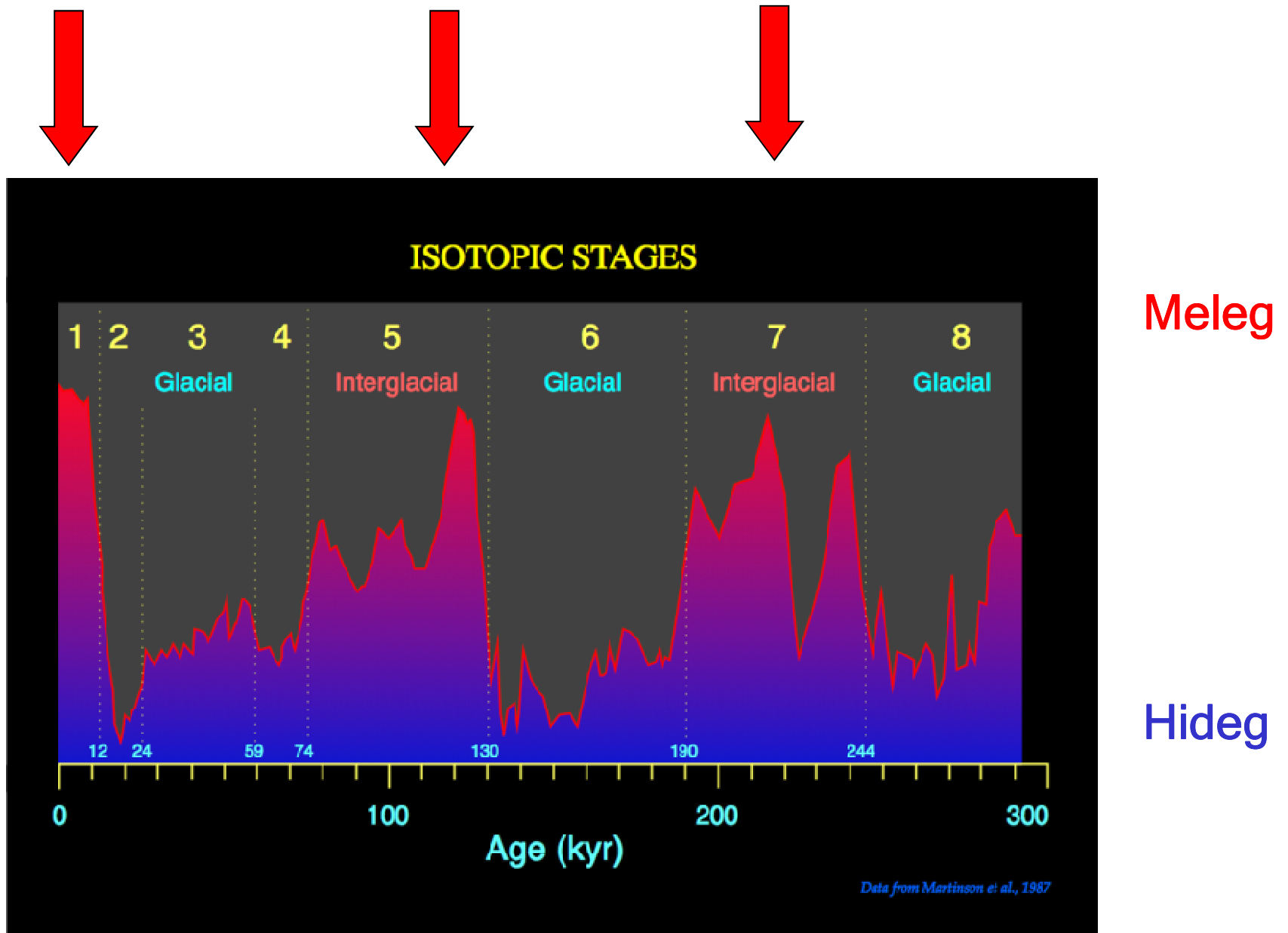
LESS ELLIPTICAL



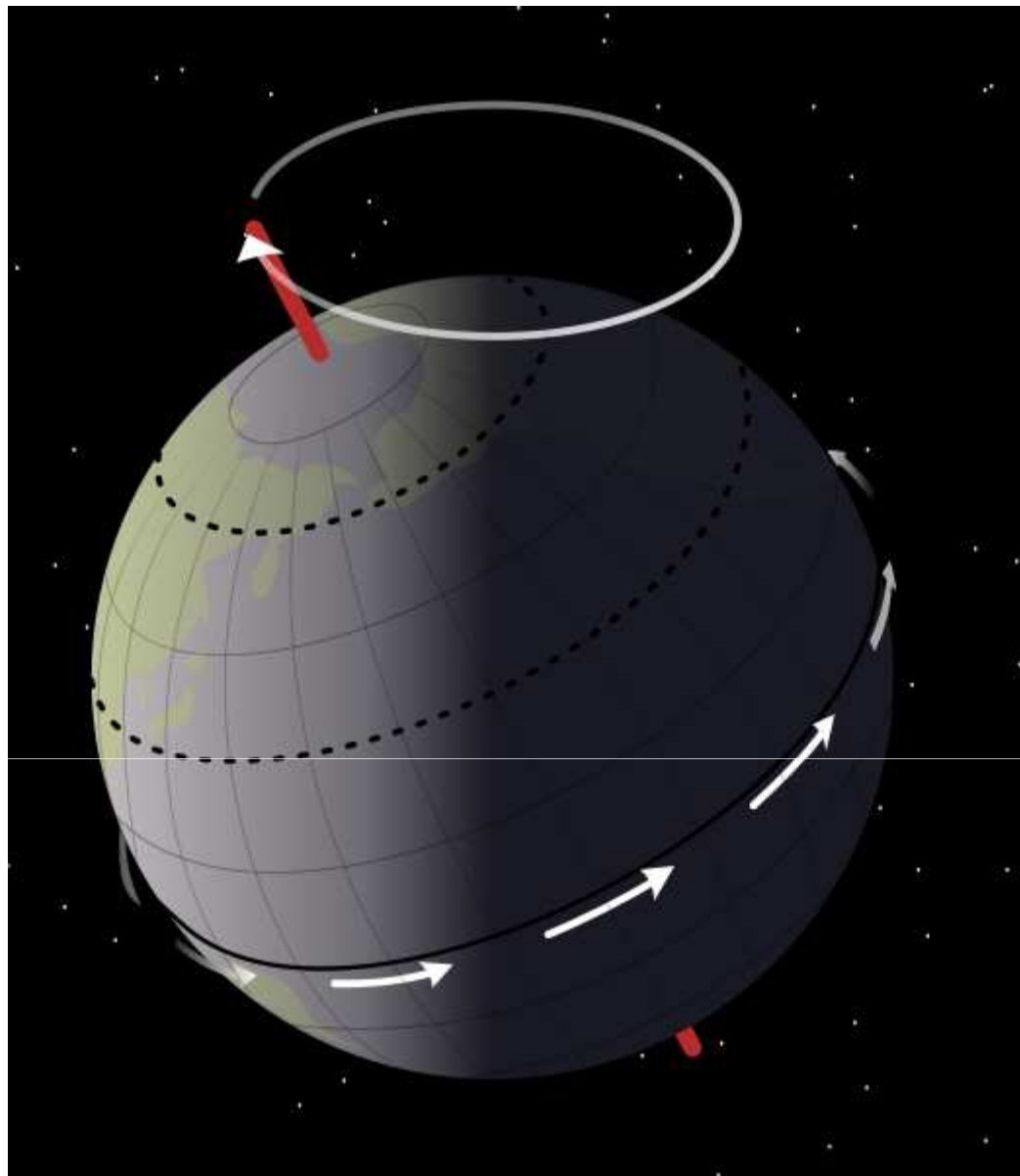
PERIODICITY:

100,000 YEARS

A Föld keringési pályája a Nap körül változik az elliptikus és kevésbé elliptikus pálya között => emiatt változik a Napból érkező hőmennyiség. A pálya módosulása periodikus, ismétlődő folyamat, egy ciklus ideje kb. 100000 év.

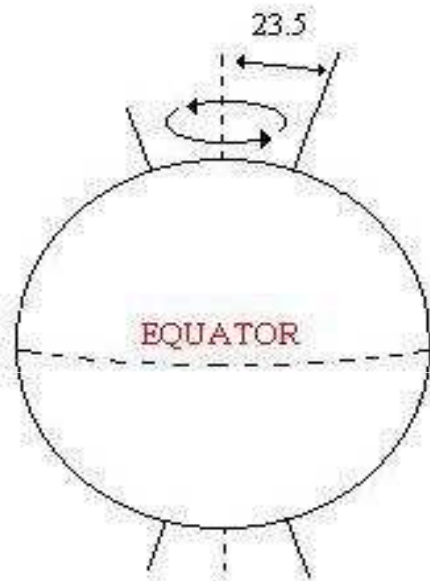


A földtörténeti bizonyítékok egyértelműen mutatják a 100000 éves periódust.



A Föld forgástengelyének iránya is változik, ez a precesszió (búgócsiga-effektus).
Ennek periódusa kb. 23-24 ezer év.
Meghatározza, hogy mennyi hőszugárzást kap a felszín.

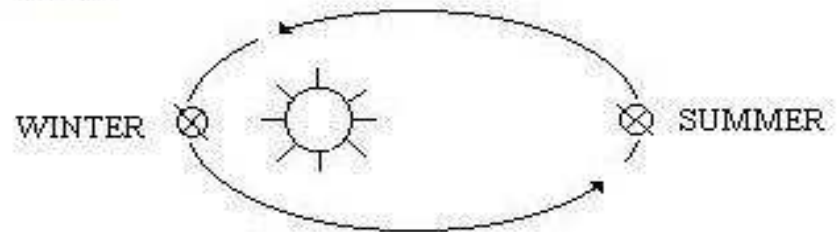
PRECESSION



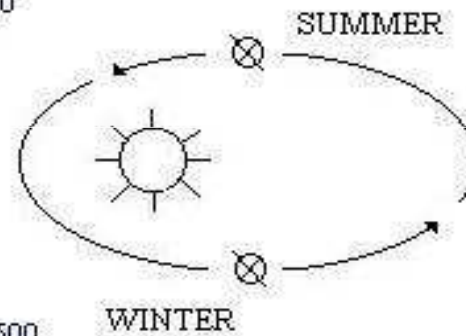
PERIODICITY:

C. 23,000 YEARS

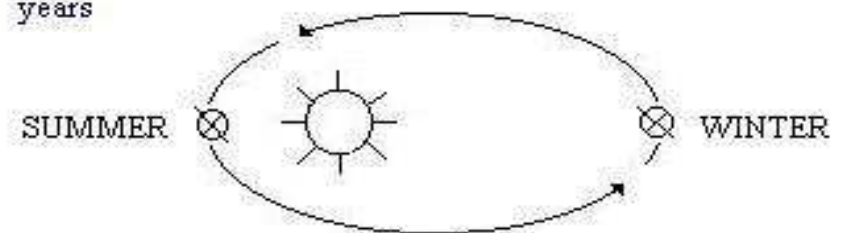
1. Now

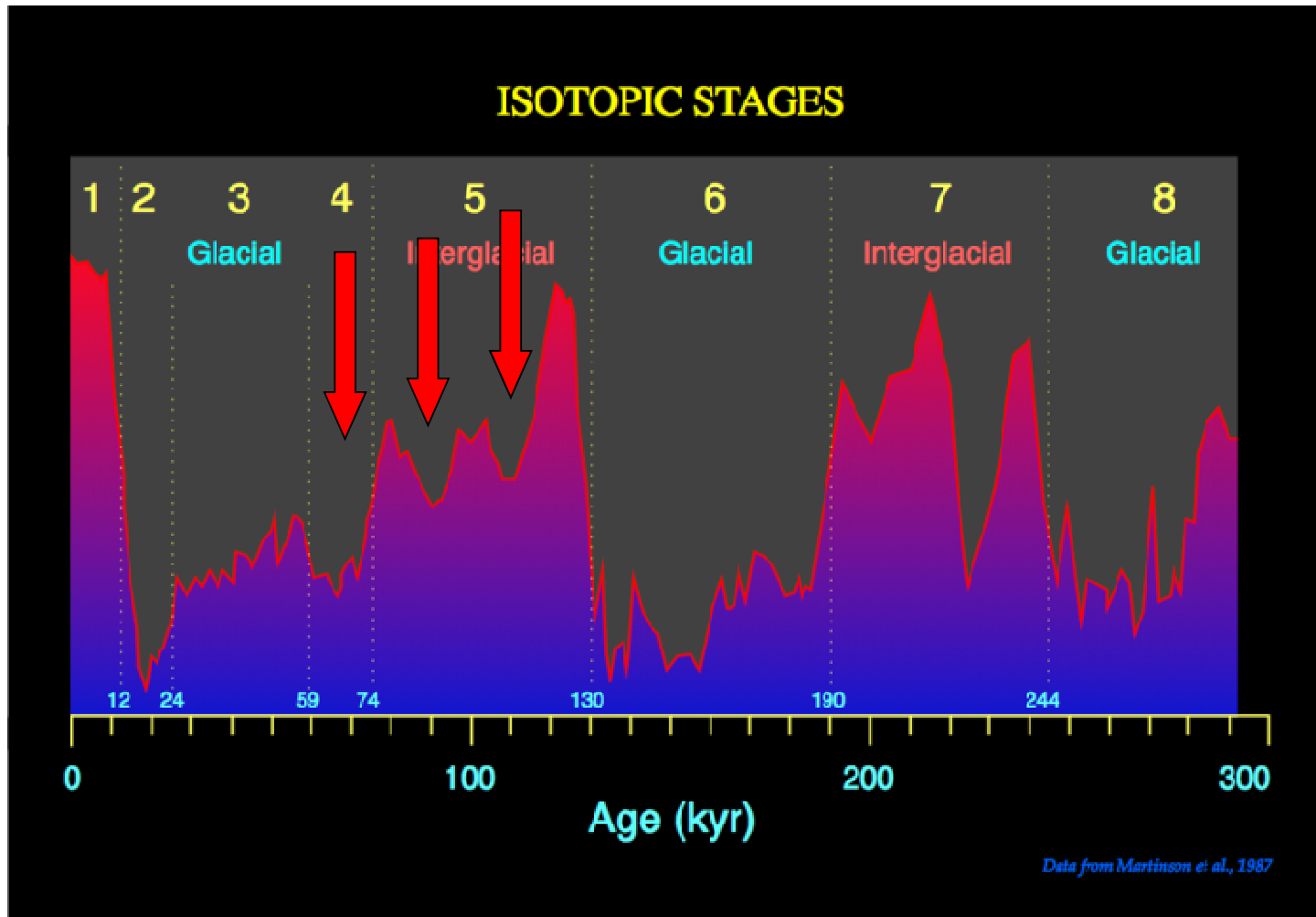


2. In c. 5,250 years



3. In c. 10,500 years



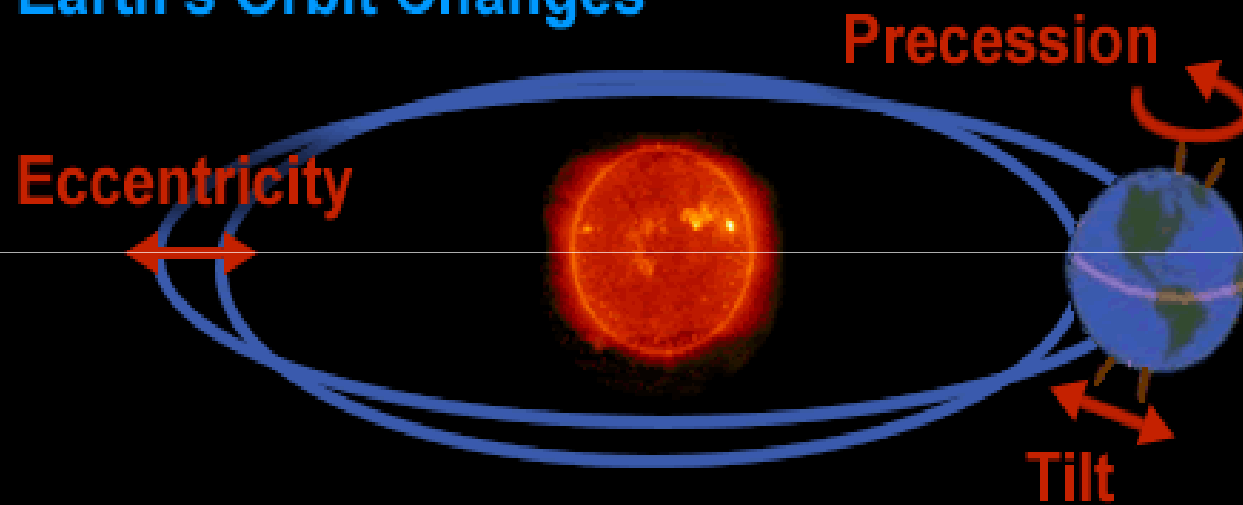


Meleg

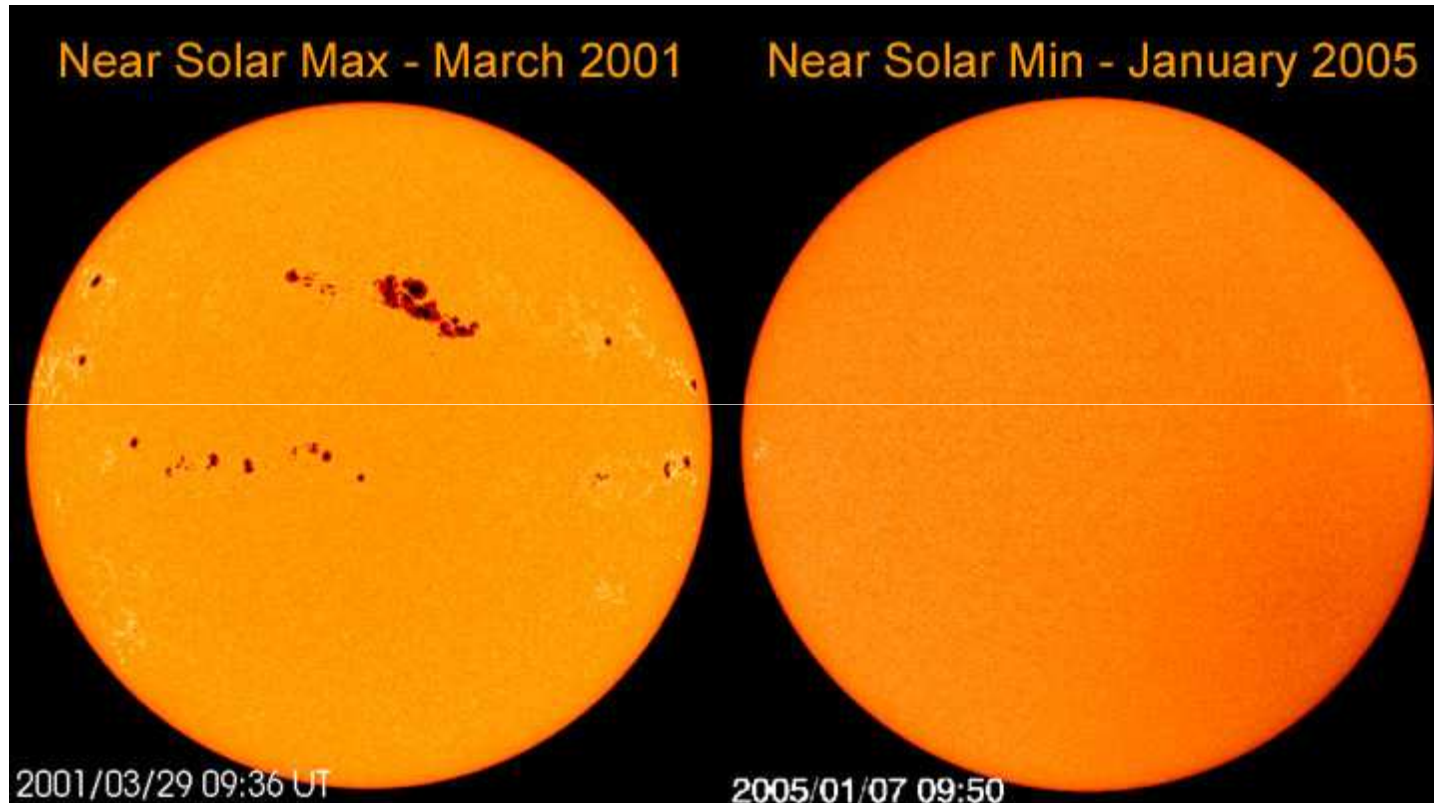
Hideg

A földtörténeti bizonyítékokban kimutatható a kb. 23-24 ezer éves periódus is.

The Three Ways Earth's Orbit Changes



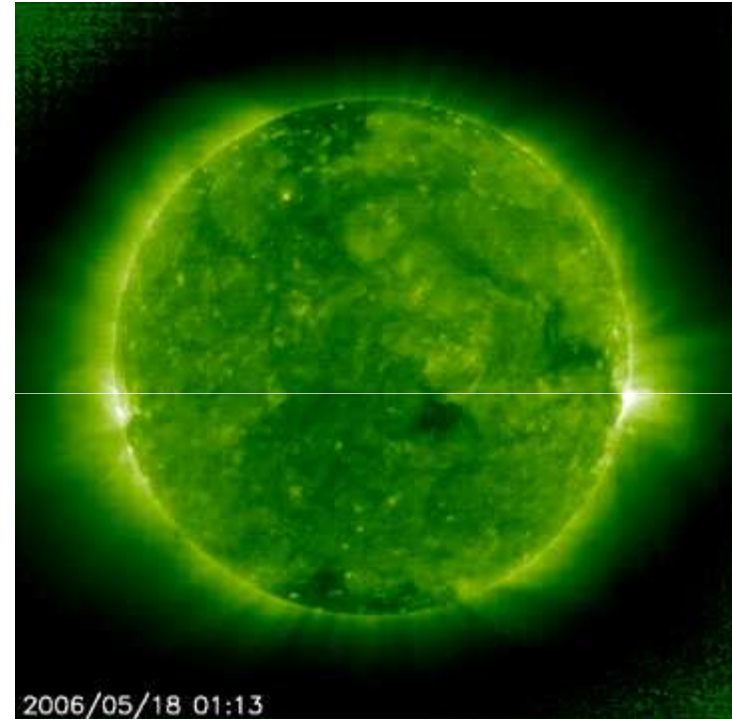
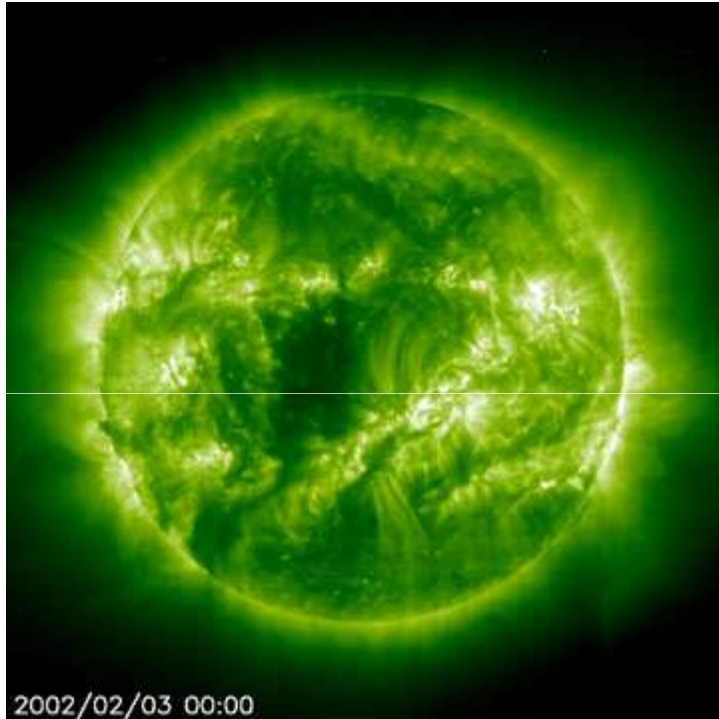
A Nap működésében vannak nagyobb és kisebb intenzitású szakaszok



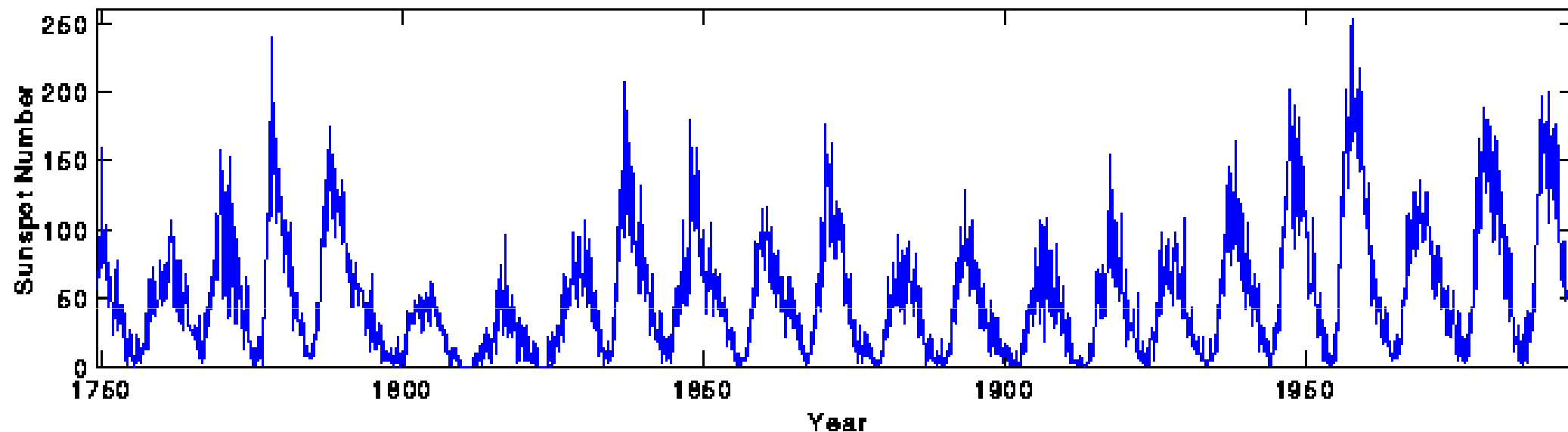
Maximum: sok napfolt,
erős intenzitás

Minimum: kevés napfolt
kis intenzitású működés

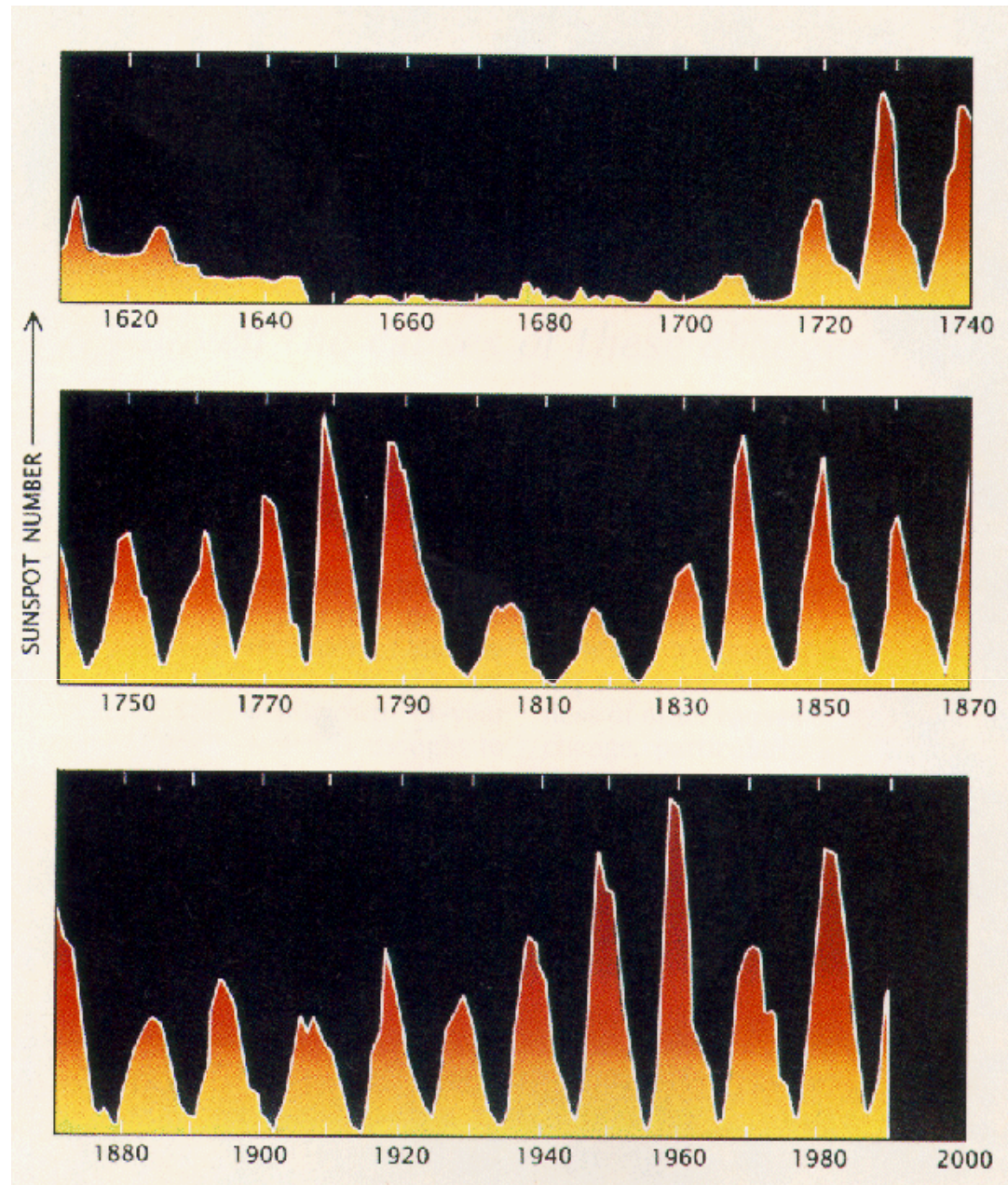
A Nap működésébe ultraibolya fényben max. és min. idején



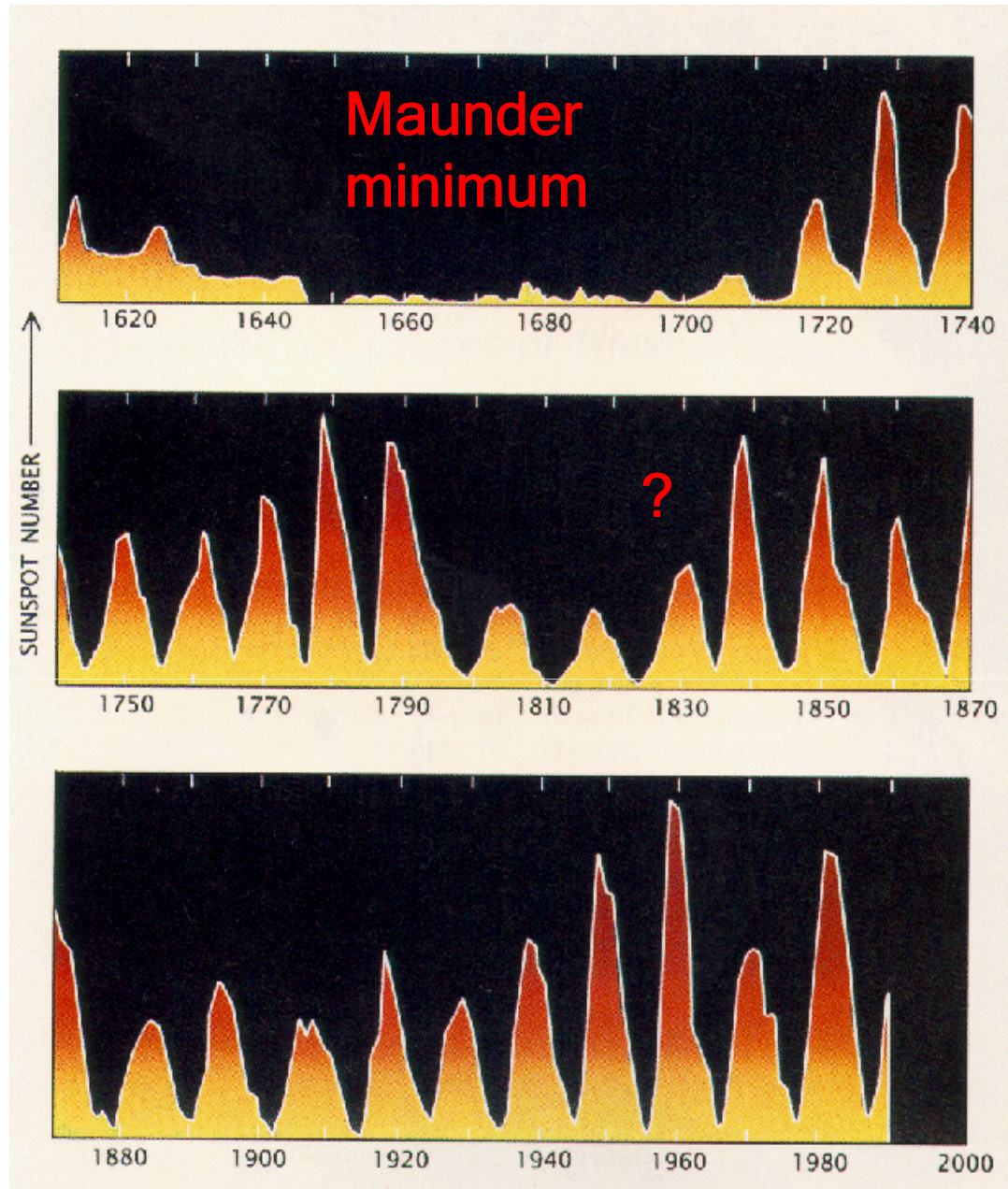
Sunspot Cycles from 1749 to Today



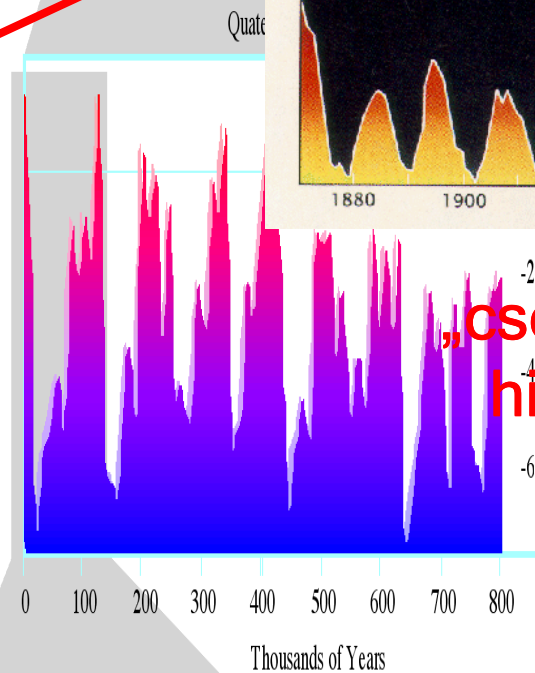
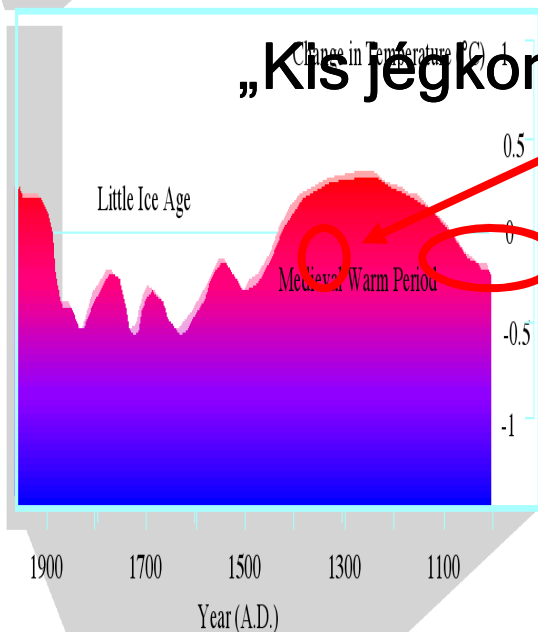
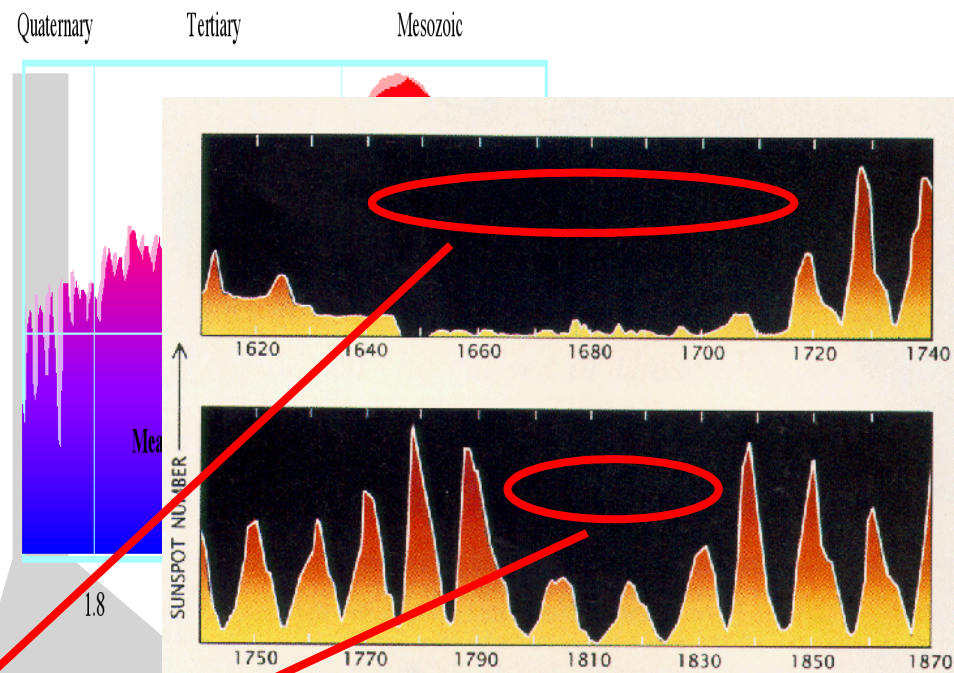
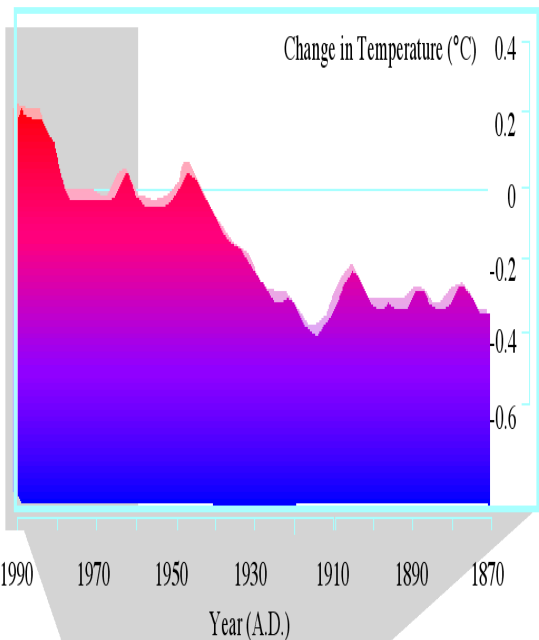
A napfoltok száma az idő függvényében. Jól látható, hogy a naptevékenység intenzitásváltozása **11 éves** periodicitást mutat.



A napfoltok száma kb. 1600-tól napjainkig.



A Nap működésének szokásostól eltérő viselkedése kb. 1600 és 1720 között. Több mint 100 éven keresztül „csendes” volt a Nap, hiányoztak a napfoltok!



**„csendes” Nap =
hideg időjárás !!!**

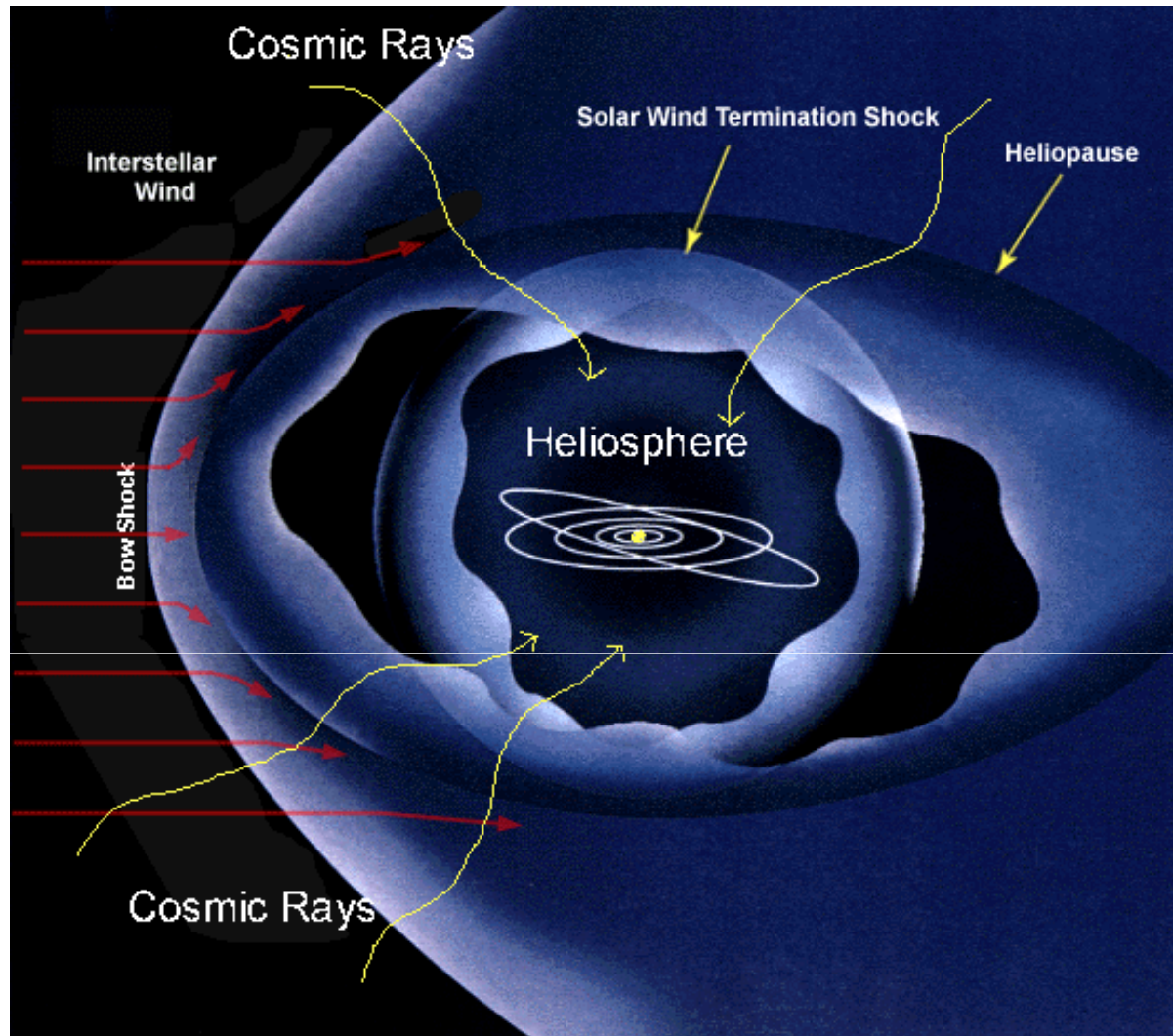
Tehát a „csendes” Nap hideg időjárást jelent. De akkor az intenzív naptevékenység felmelegedést jelent???

Úgy tűnik, hogy igen!

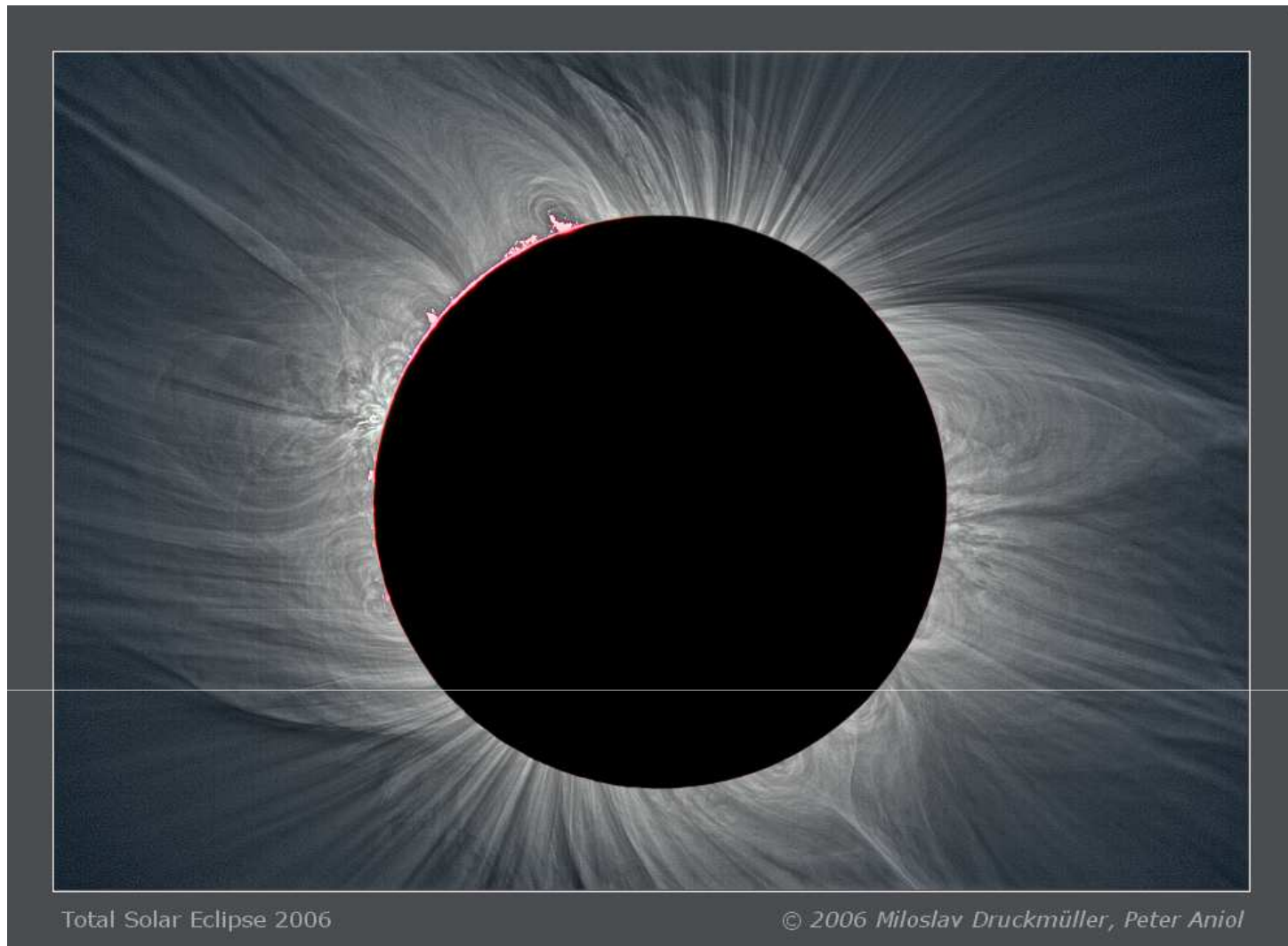
Tehát a „csendes” Nap hideg időjárást jelent. De akkor az intenzív naptevékenység felmelegedést jelent???

Úgy tűnik, hogy igen!

De miért? Feltehetően a kozmikus sugárzás miatt!

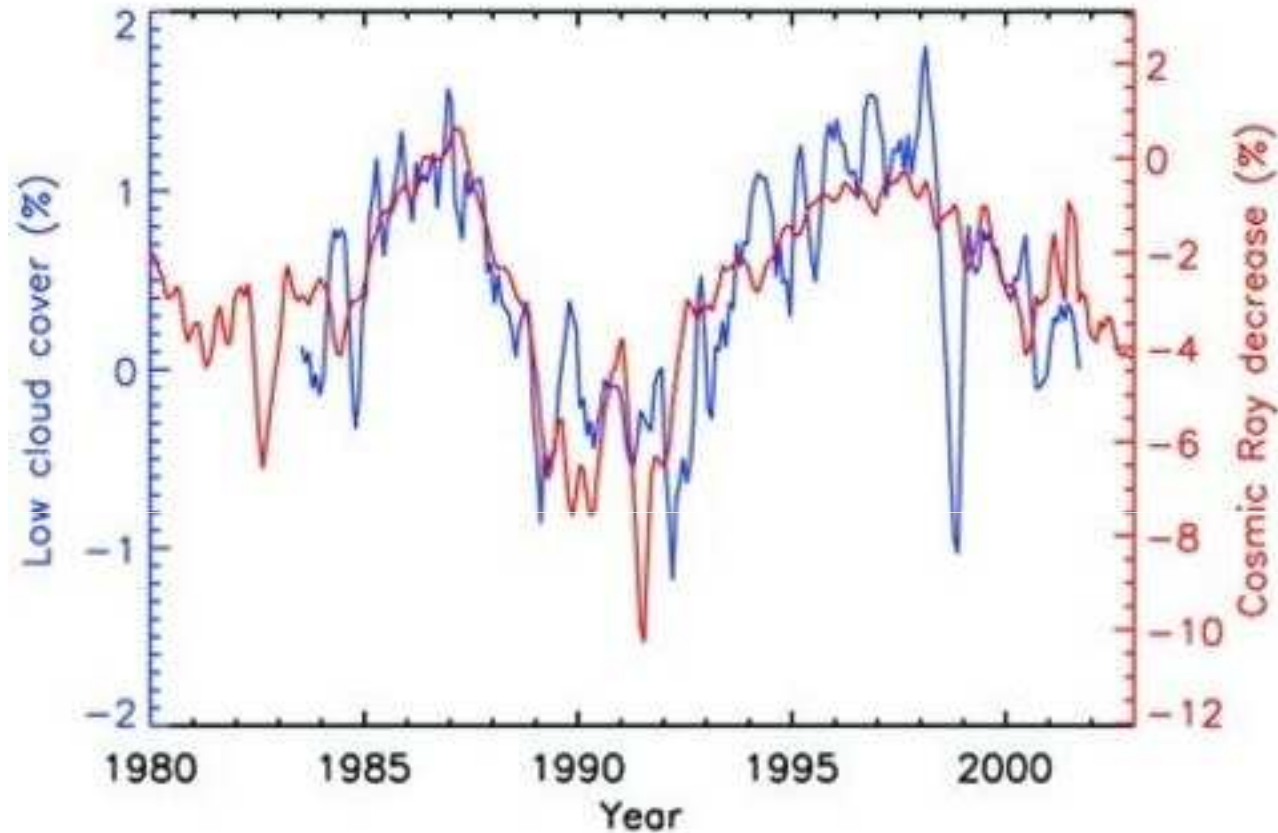


A kozmikus sugárzás mindenfelől belép a Naprendszerbe és eljut a Földre.



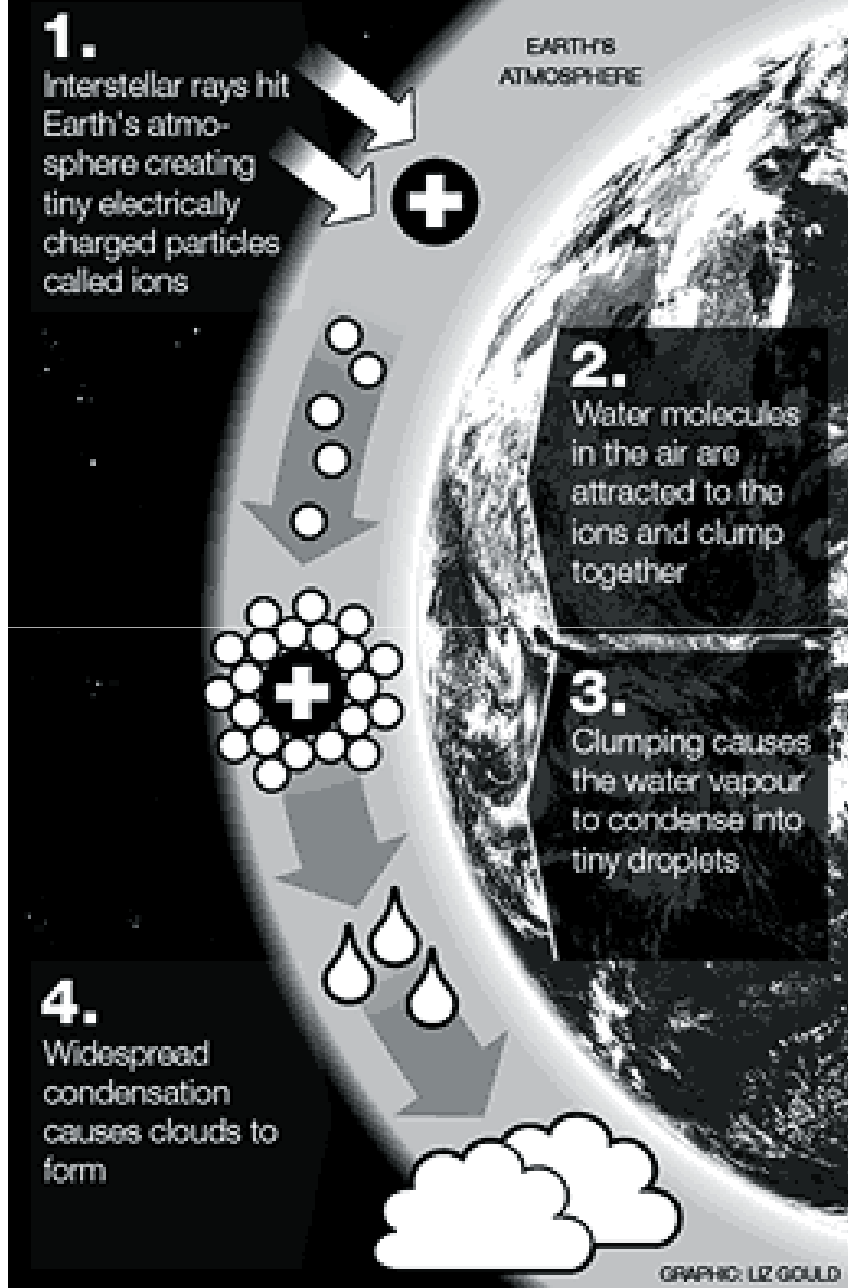
A Napból folyamatosan kiáramló anyag, a napszél „kisöpri” a kozmikus sugarakat a Naprendszerből. Intenzív naptevékenység esetén hatékonyabban, kevésbé intenzív szakaszokban kevésbé hatékony a „sepregetés” => a naptevékenység modulálja a kozmikus sugárzást, és meghatározza, hogy az milyen mennyiségben éri el a Földet.

Miért fontos ez?



Mert rájöttek, hogy a felhőmennyiség (felszín felhővel borítottsága) nagyon is összefügg a Föld légkörét elérő kozmikus sugárzással.

How cosmic rays could seed clouds



A kozmikus sugárzás eléri a földi légkört és parányi ionokat, töltött részecskéket hoz létre.

A vízmolekulákat magához vonzzák a kialakult ionok.

A vízmolekula-csoportosulások apró vízcseppekké állnak össze, elkezdődik a kondenzáció.

A széles körű kondenzáció intenzívebb felhőképződéshez vezet.

Vagyis a kozmikus sugárzás időjárást alakító tényező!

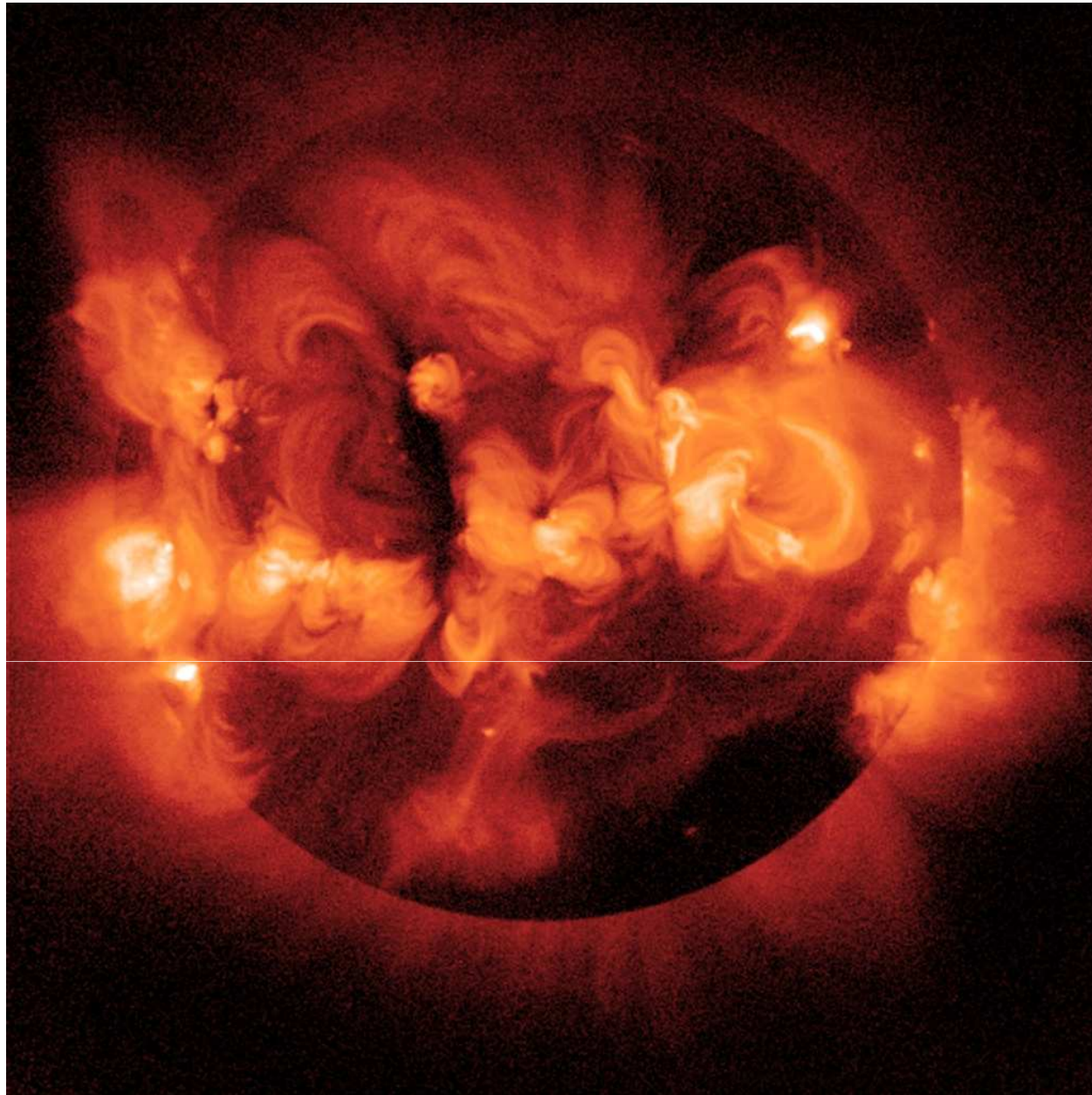
Összefoglalva:

A Föld Nap körüli pályájának változása, a földi forgástengely irányának módosulása, a naptevékenység erőssége és a kozmikus sugárzás által okozott hatások egymást erősítve (vagy gyengítve) alakítják ki a földi időjárást és a klímát.

Emiatt a Föld jövőbeli globális időjárásának, a klíma alakulásának megjóslása **nagyon bonyolult feladat.**

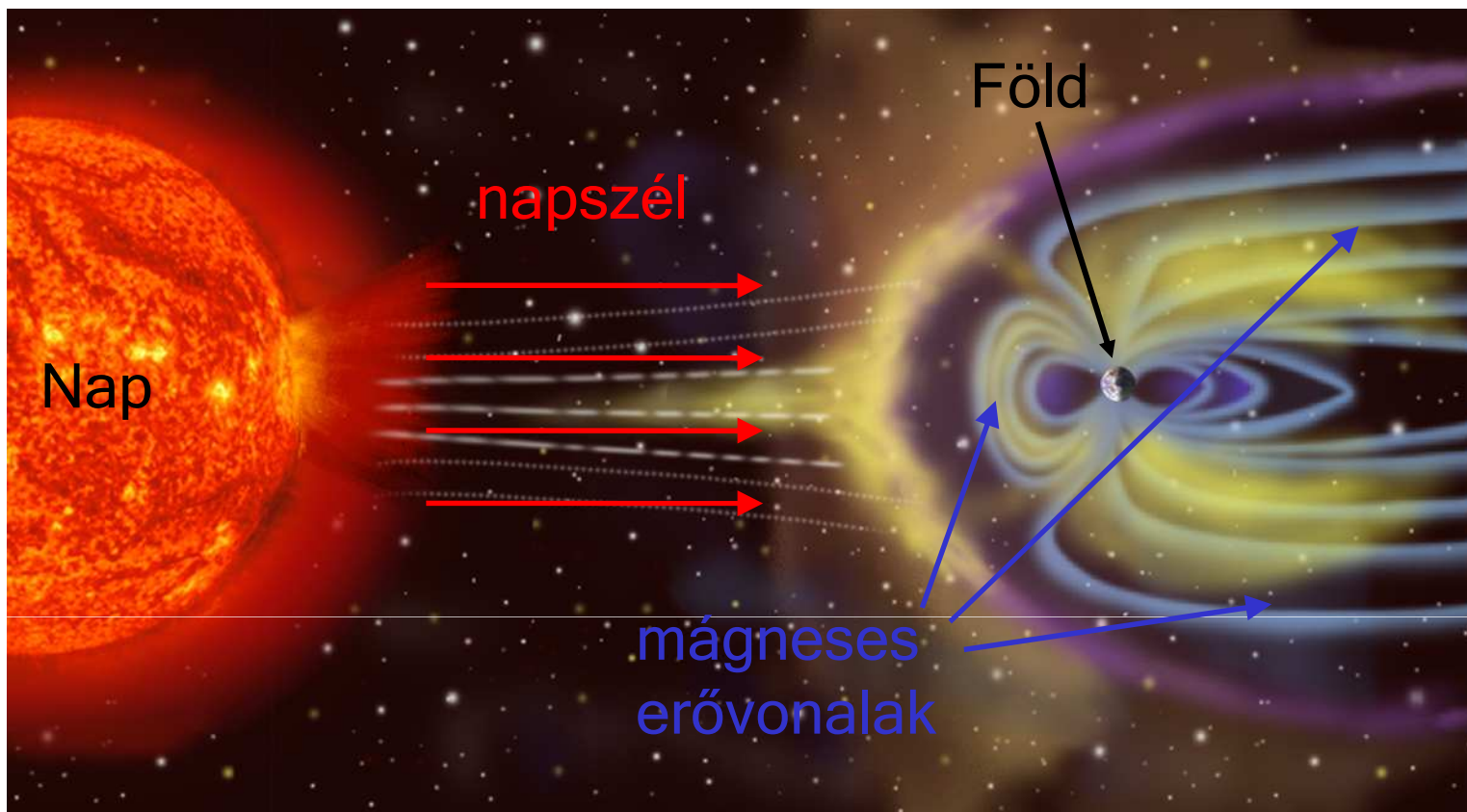


SOHO: egy műhold, amely a Nap és a Föld között helyezkedik el, és folyamatosan figyeli a Nap állapotát és folyamatait.



SOHO felvétel a Nap felszínéről.

A Nap egy rendkívül dinamikus, intenzív működésű rendszer



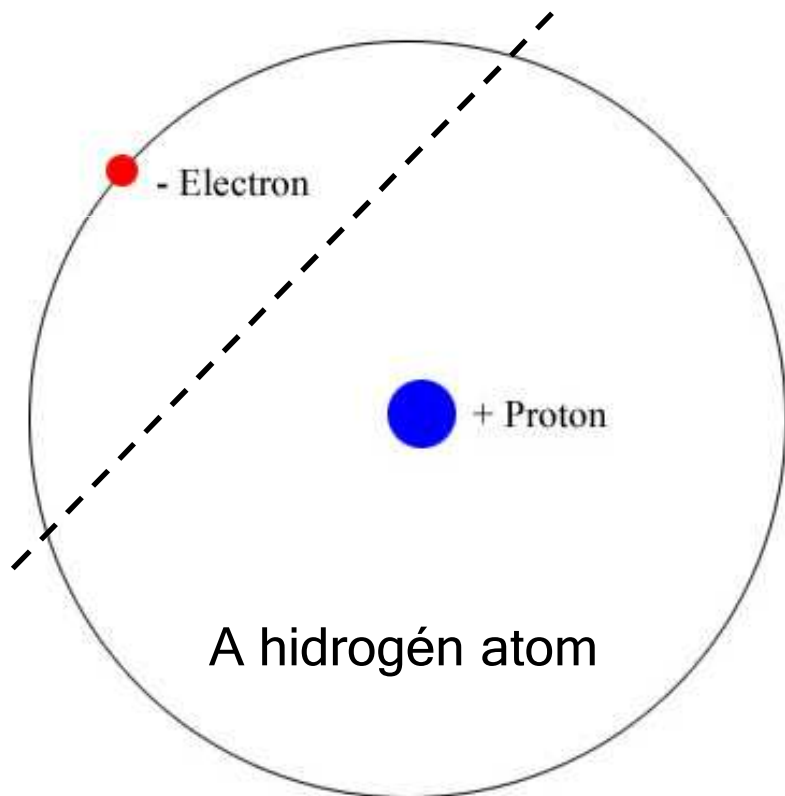
A napszél állandóan „fúj”.

A Nap felőli oldalon a napszél nyomása „összenyomja” a földi mágneses teret, az éjszakai oldalon pedig hosszan „megnyújtja” a mágneses erővonalakat, mint egy üstökös csóváját. A földi mágneses tér védelmet nyújt a napszél közvetlen hatása ellen, mert a napszél nem tud áthatolni a földi mágneses teren, a magnetoszférán.

A földi mágneses tér egy hatékony védőpajzs!

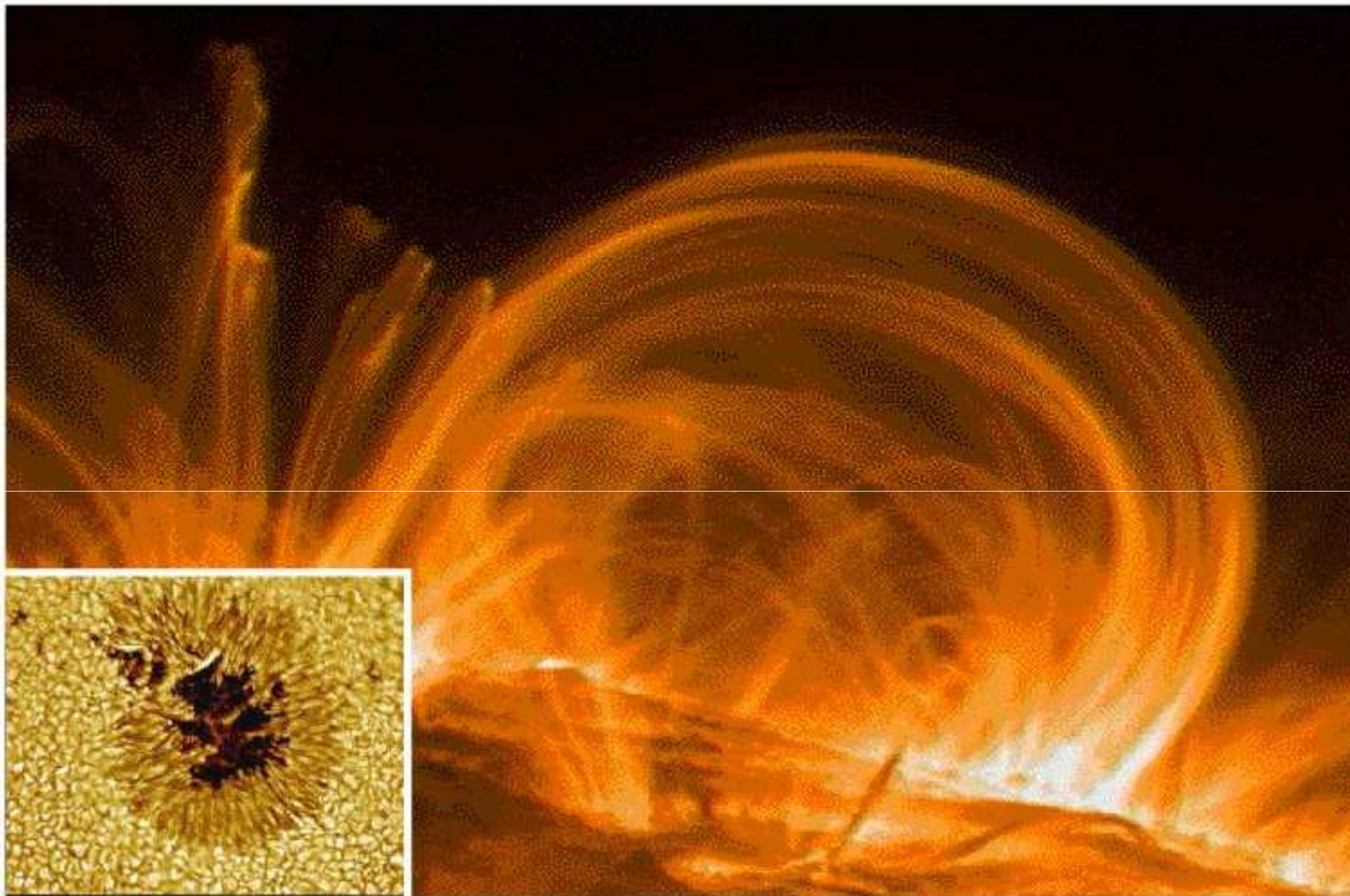
Mi az a napszél?

A napszél elektromosan pozitív és negatív részecskékből, ionokból álló, kívülről tekintve semleges *plazma*. A semlegesség azt jelenti, hogy a pozitív és negatív ionok száma megegyezik, vagyis ugyanannyi pozitív és negatív részecske található benne. A pozitív ionok a **protonok**, a negatív ionok az **elektronok**. Hogyan keletkezik a napszél plazmája?

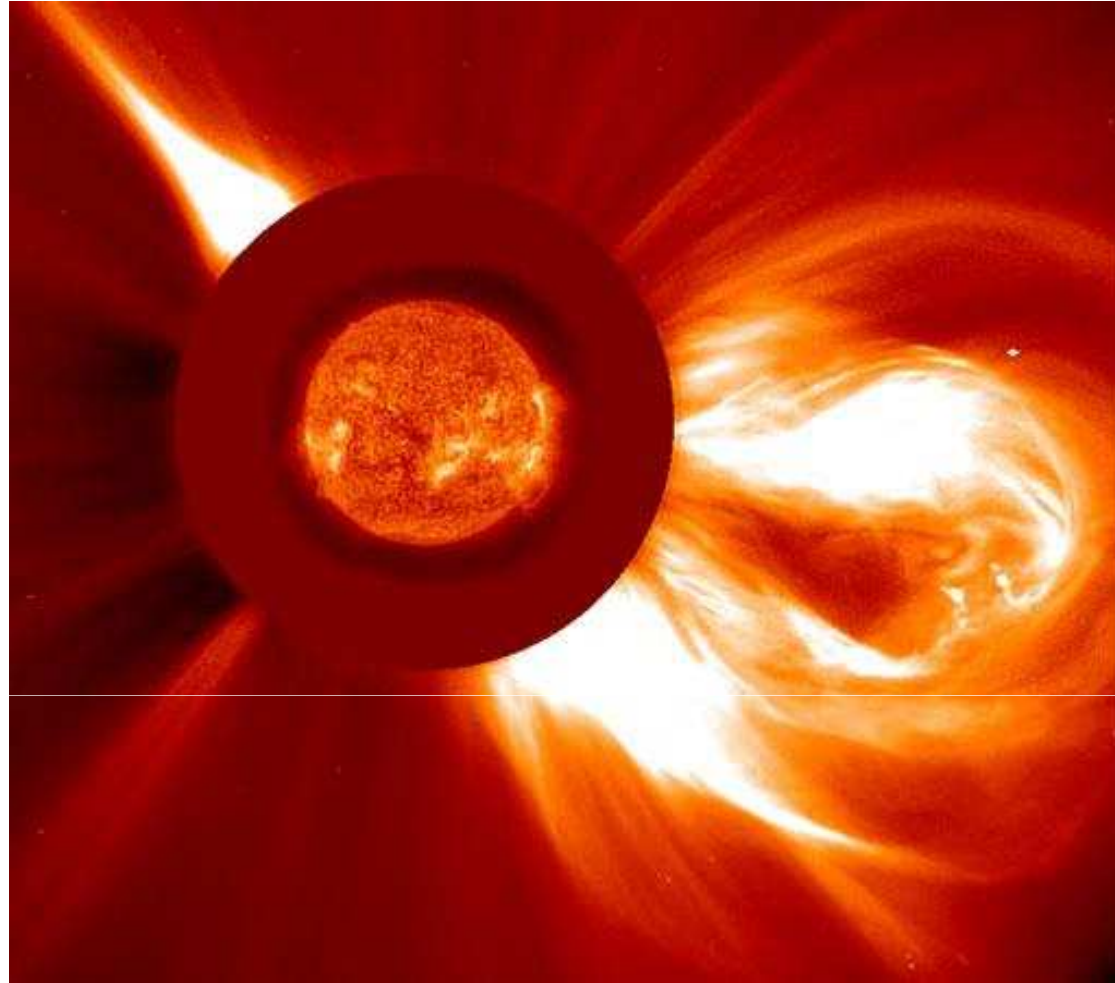


A Napot alkotó anyag legnagyobb része hidrogén.

A Napon uralkodó rendkívülien magas hőmérséklet és sugárzás hatására a hidrogén atomot alkotó **elektronok** elszakadnak **a protonoktól**, és kiáramlanak a bolygóközi térbe.



Napfolt közelről



Naptömeg-kilökődés fényképe (SOHO). A hevesen távozó anyag viharként seper végig a Naprendszeren.

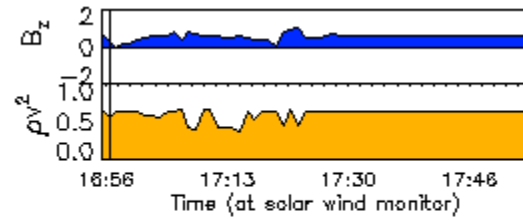
Mi történik akkor, ha egy napkitörés telibe találja a Földet?

Mi történik akkor, ha egy napkitörés telibe találja a Földet?

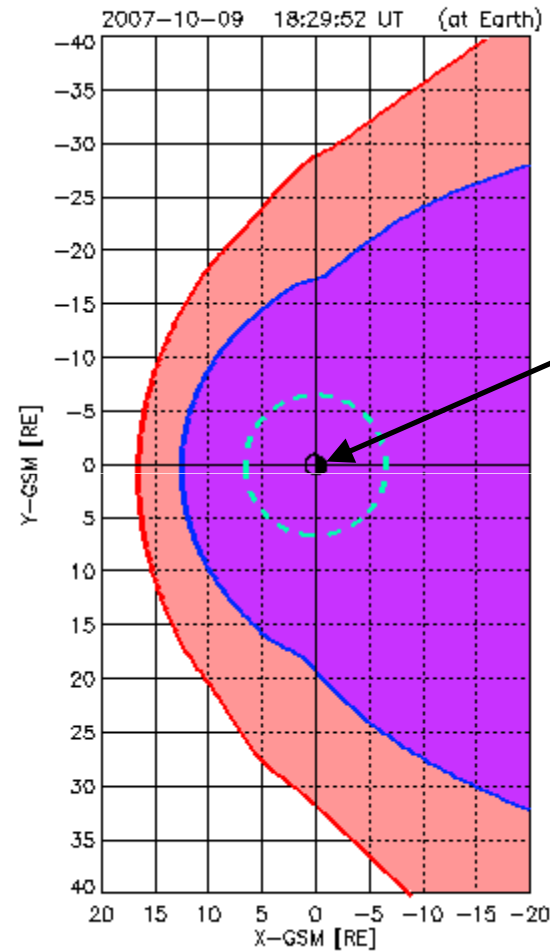
Egy ilyen esemény következménye
a *mágneses vihar*!

Rés a pajzson

a napszél nyomásában megjelenő
változásokra a földi mágneses tér
igen érzékenyen reagál



napszél nyomása

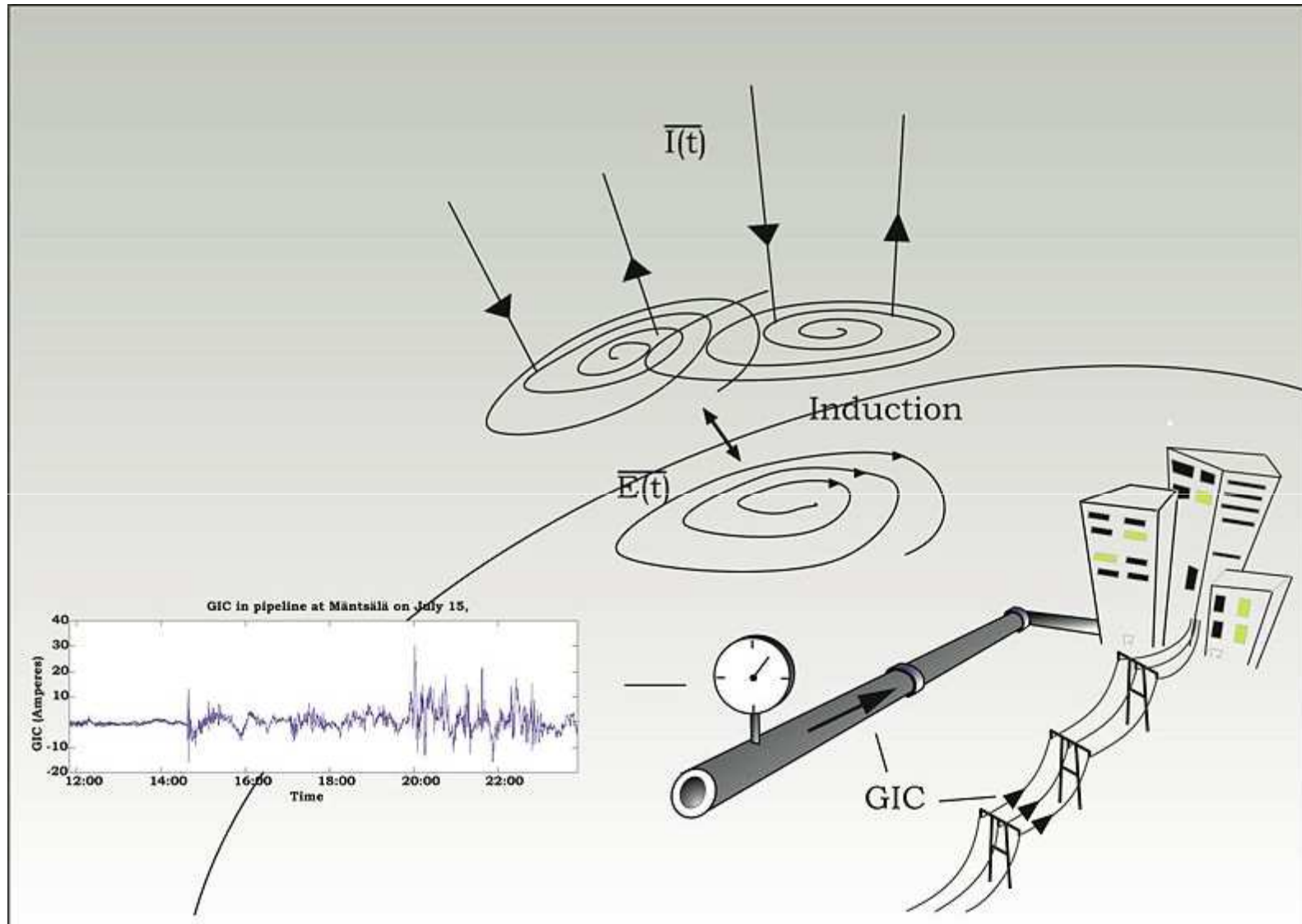


A mágneses vihar fontosabb fizikai következményei:

1. A földi mágneses tér alakja és szerkezete megváltozik, a mágneses térerő intenzíven ingadozhat
2. Nagyenergiájú ionok „zápora hull” a légkörre
3. Nagyintenzitású áramok indulnak meg a Föld felső légkörében és a szilárd földkéregben egyaránt
(dinamó effektus, avagy a **GIC**, szép szóval
a **Geomagnetically Induced Currents**
avagy a
Geomágneses Indukált Kéregáramok)

Az űrkutatásnak egyik egyre fontosabbá váló ágazata az *űridőjárás* (*Space Weather, űrmeteorológia*), amelynek feladata a mágneses viharok és más, világűrből érkező hatások megfigyeléséve és **előrejelzése**.

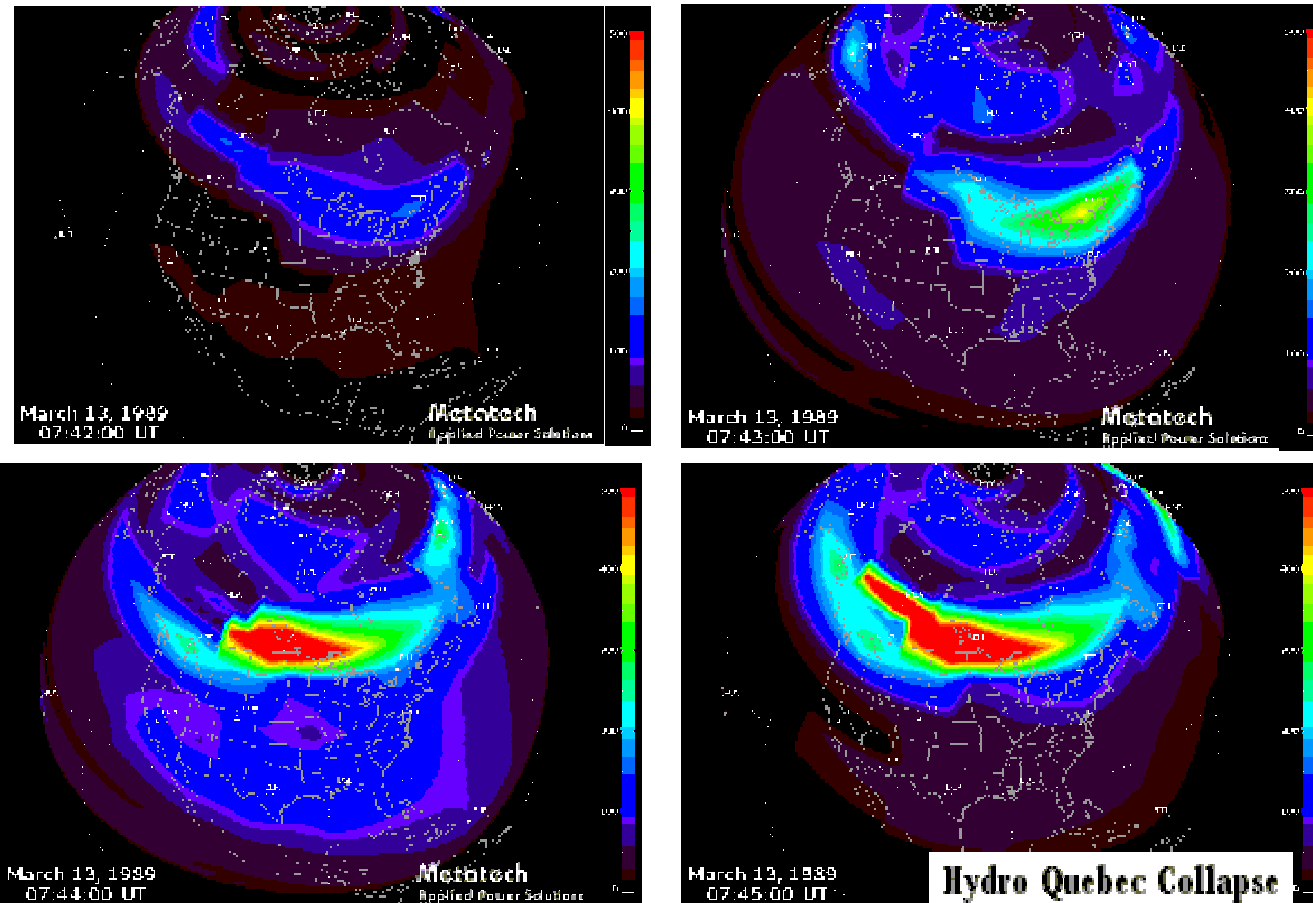
A geomágneses indukált kéregáramok keletkezési folyamata



Kanada, Finnország, Svédország: 1970 óta mérik az indukált kéregáramokat.

Esettanulmány:

1989, Március 13.-a, Kanada, Quebec tartomány

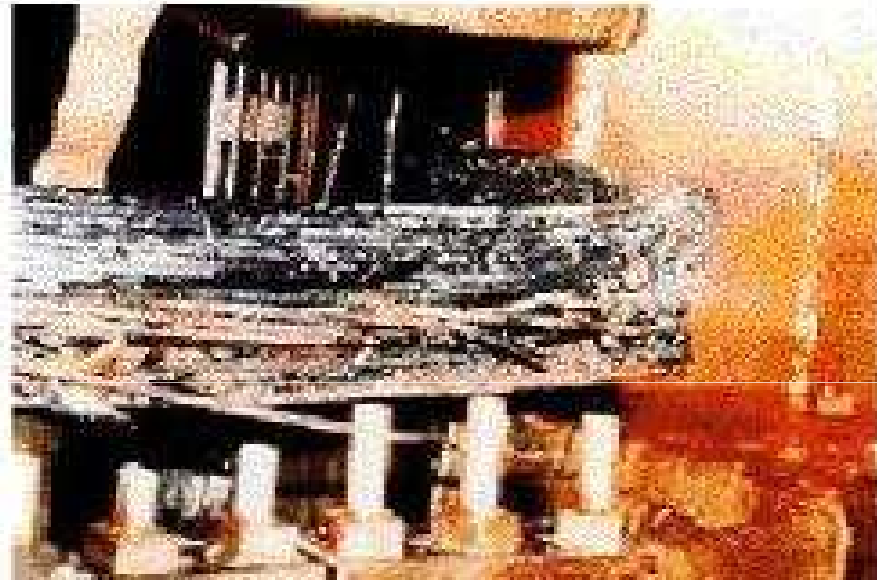


Helyi idő szerint 2:42-kor (kora hajnali órákban) egy mágneses vihar éri el a Földet; a leginkább érintett terület Kanada Quebec tartománya. 2:45-re a teljes villamos hálózat összeomlik és megszűnik az áramszolgáltatás. Az eredmény: **hat millió ember közel kilenc órára áramszolgáltatás nélkül marad.**



PJM Public Service Step Up Transformer

Severe internal damage caused by
the space storm of 13 March, 1989.



Az üzemzavar oka a mágneses vihar által keltett földi áramok voltak, amelyek rácsatolódtak a meglévő villamos hálózatra és szó szerint szénné égették a transzformátor állomást. Miközben néhány amper áramerősség elegendő a transzformátor állomás meghibásodásához, az adott esetben

200 amper áramerősséget észleltek!

Hasonló esetek:

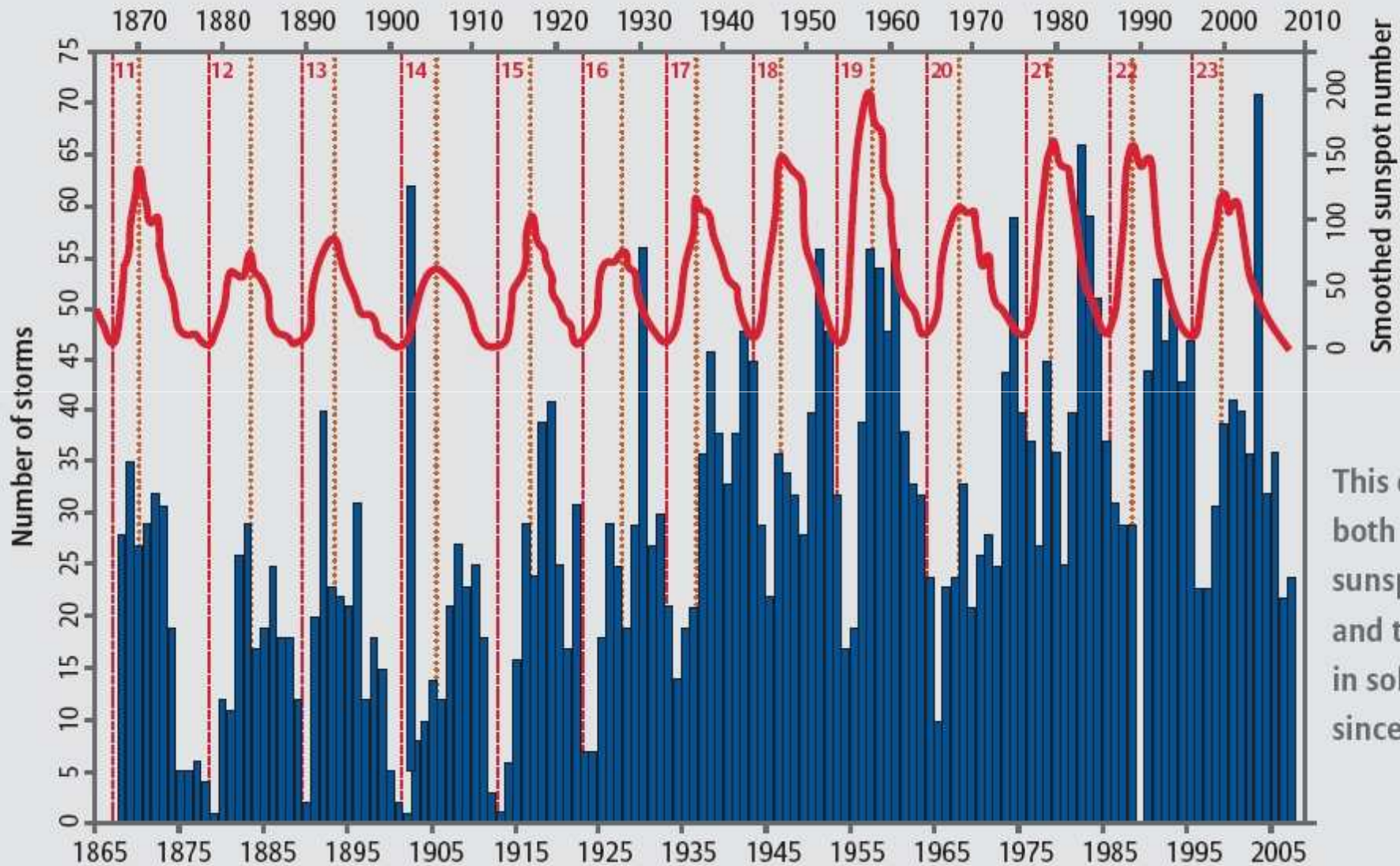
1989. Augusztus: leáll a torontói tőzsde egy újabb vihar következtében

2003. Svédország, Malmö: 20.000 háztartás marad áram nélkül

1859: a Carrington-esemény: minden idők legnagyobb észlelt geomágneses vihara! Bekövetkezének gyakorisága becslések szerint 500 évente valószínű.

A geomágneses viharok gyakorisága növekszik!

SUNSPOT CYCLE AND ANNUAL NUMBER OF MAGNETIC STORMS



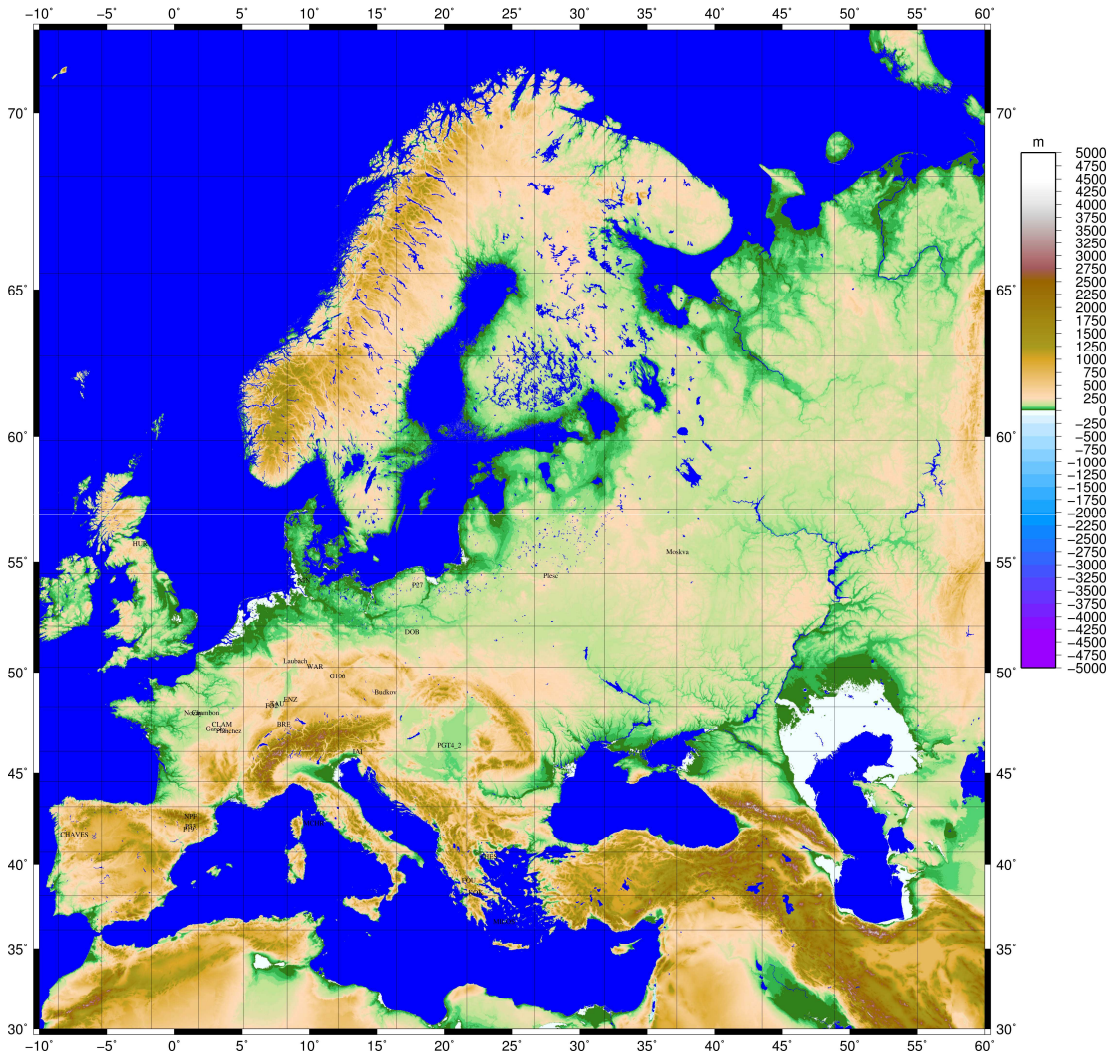
This chart shows both the 11-year sunspot cycle and the increase in solar activity since 1865.

Mi történne akkor, ha Budapesten egy hasonló mágneses vihar következtében a teljes áramszolgáltatás megszűnne a kora esti órákban?

1. Leállna metró, a villamos, a trolibusz. Megszűnne a közvilágítás, a közlekedési lámpák nem működnének; az utcák teljes sötétségbe borulnának. Teljes közlekedési káosz alakulna ki; az emberek a metróalagutakban rekednének, közlekedési balesetek bénítanak meg a forgalmat.
 2. A kórházakban, közintézményekben és üzletekben megszűnne a világítás, számítógépek és műszerek működése leállna.
 3. Ferihegyen a repülőgépek nem tudnának le-és felszállni a kifutópálya megvilágításának hiánya miatt; leállna a vonat és hév közlekedése.
 4. A lakásokban nem működne a világítás, a TV, a hűtőszekrény, a mikrohullámú sütő és semmilyen más eszköz, ami villamos energiával üzemel; a villanyárammal működő fűtés és meleg-vízszolgáltatás szünetelne.
 5. Minden valószínűség szerint a mobiltelefonok működése a telefonközpontok és a mobiltelefon-átjátszó állomások áramhiánya miatt szünetelne; az emberek nem tudnának egymással kapcsolatba lépni.
 6. Egy olyan fejlett iparral és infrastruktúrával rendelkező országban, mint Kanada, az üzemzavar elhárítása kilenc órát vett igénybe. Feltételezhető, hogy a hálózat helyreállítása nálunk is kb. ugyanennyi időbe telne.
- + súlyos üzemzavar a pénzforgalomban, ellátásban, logisztikai problémák !!!

Topography Map of Europe

Topography of Europe

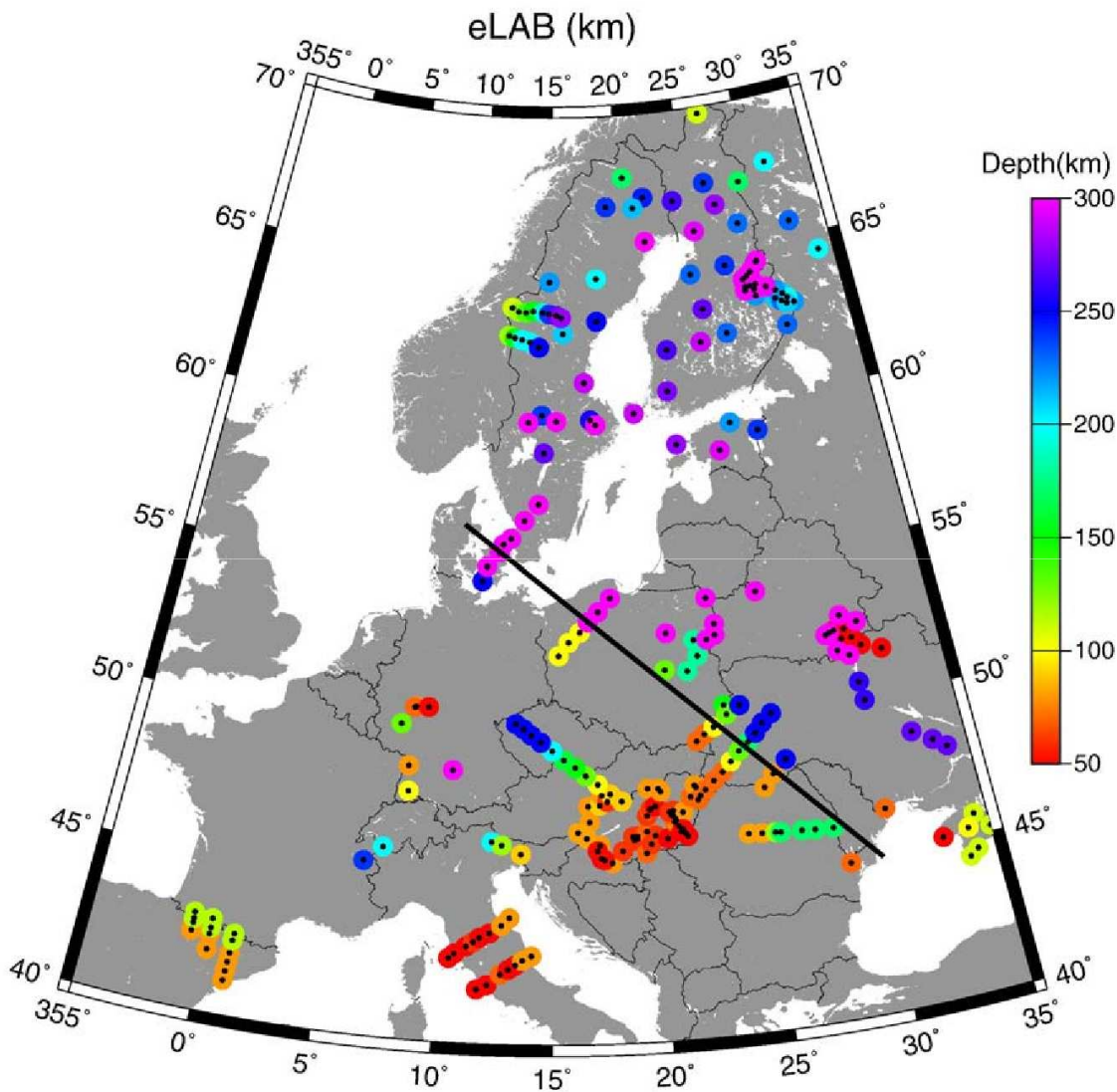


Network of the 1D conductivity cells

A reasonable cell size for 1D resistivity distribution is about 2-4 deg for Europe.



Depths of the electric asthenosphere in Europe

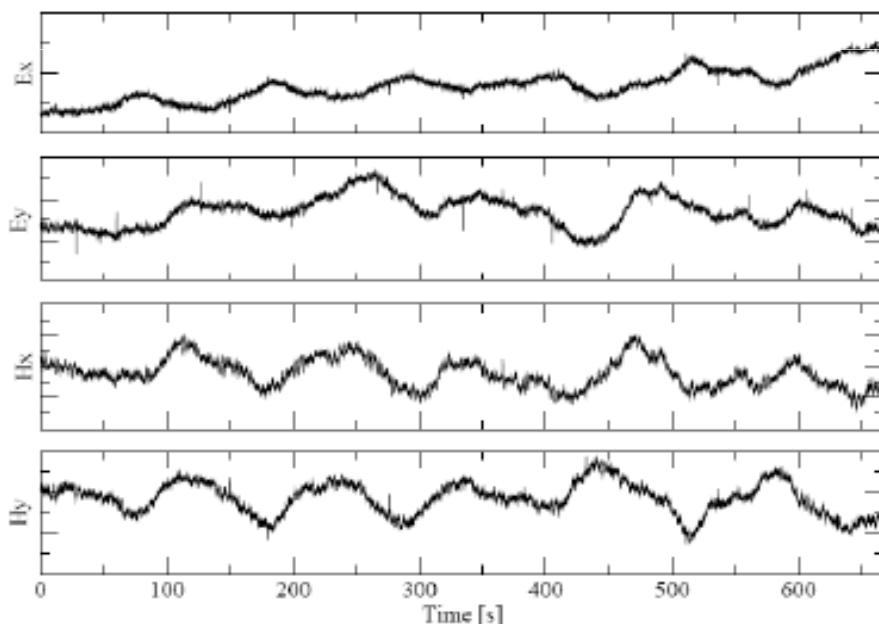


Estimates of the depth to the electrically-defined LAB (eLAB), (data from Jones et al, 2010)

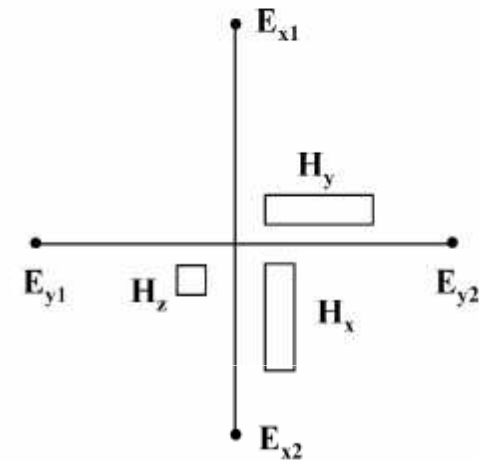
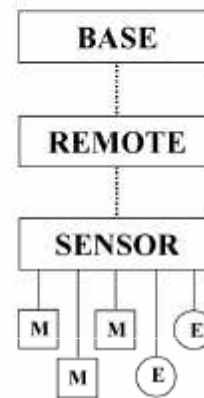
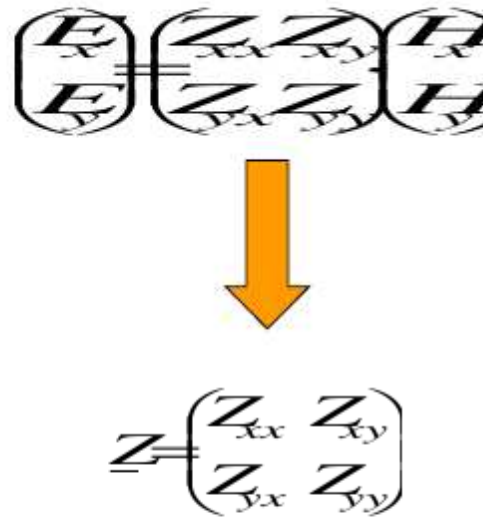


Magnetotellurika

- Forrás: tellurikus áramok: ionoszféra és a Föld közötti kölcsönhatás, síkhullámok (rádióállomások, helyi dipólforrás)
- Vevő: 4 elektróda: N-S; E-W + 3 komponenses magnetométer $\rightarrow E_x, E_y, H_x, H_y, H_z$
- Felvétel hossza a kutatási mélységtől függ: néhány perc-néhány hét
- Jelfeldolgozás: $Z(\omega) \rightarrow \rho_a + \text{mélység}$
- Felhasználás: kéreg-/köpenyszerkezet kutatás – jól vezető rétegek



Elektromágneses módszer (magnetotellurika), impedancia tenzor:

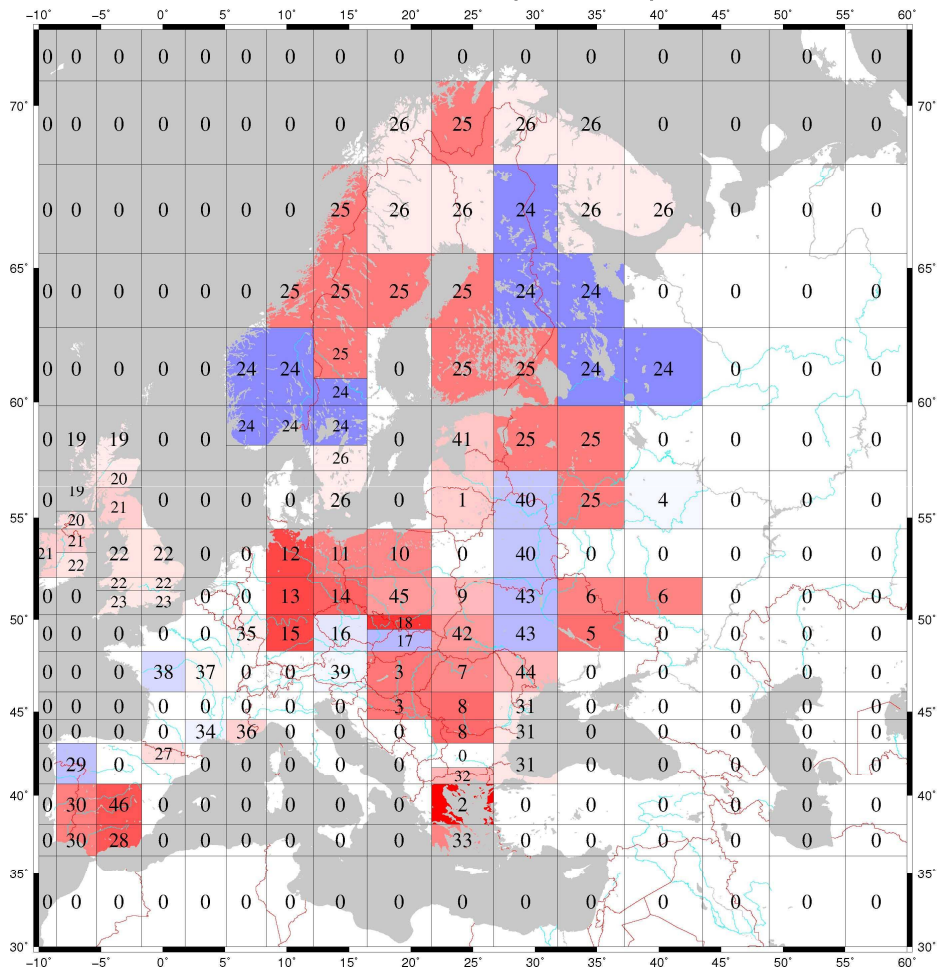


A mérés sematikus ábrája

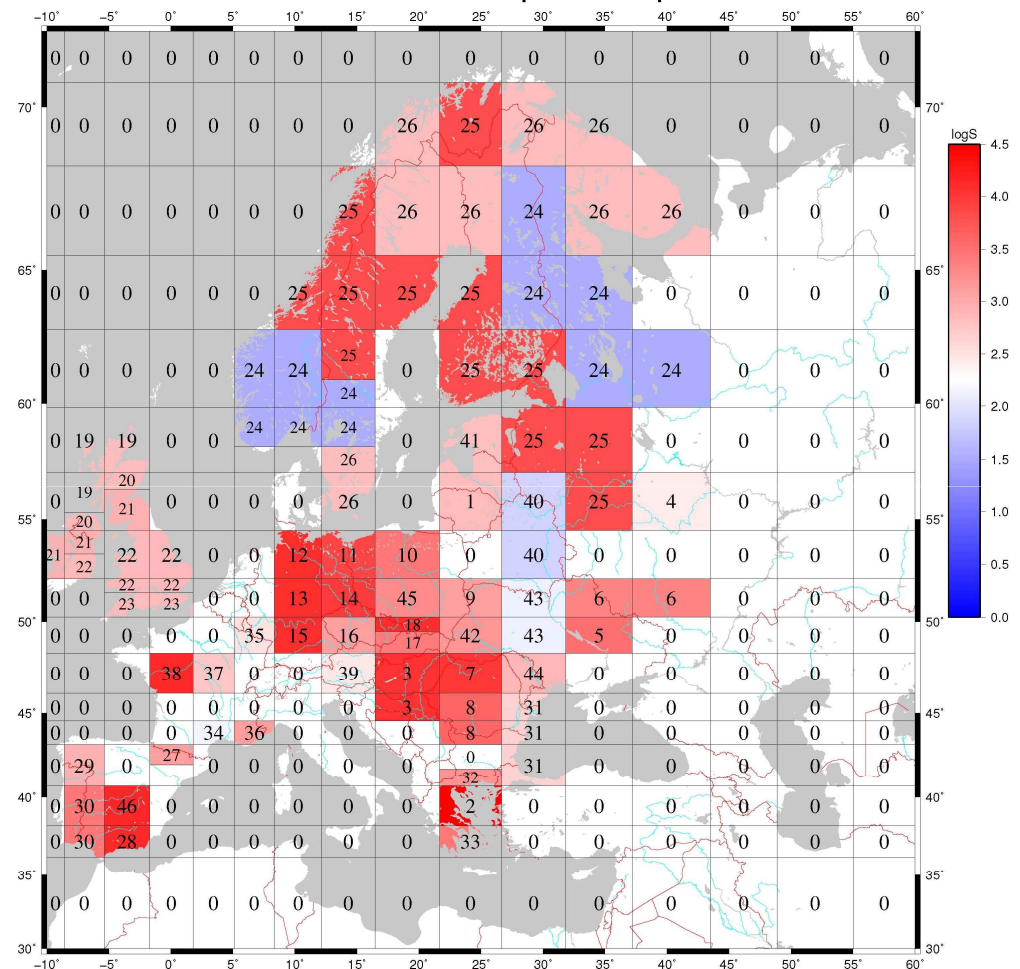
A felszínen mért elektromos (E) és mágneses (H) térkomponensek kapcsolata.

Conductivity Map for 80 and 160 km depth

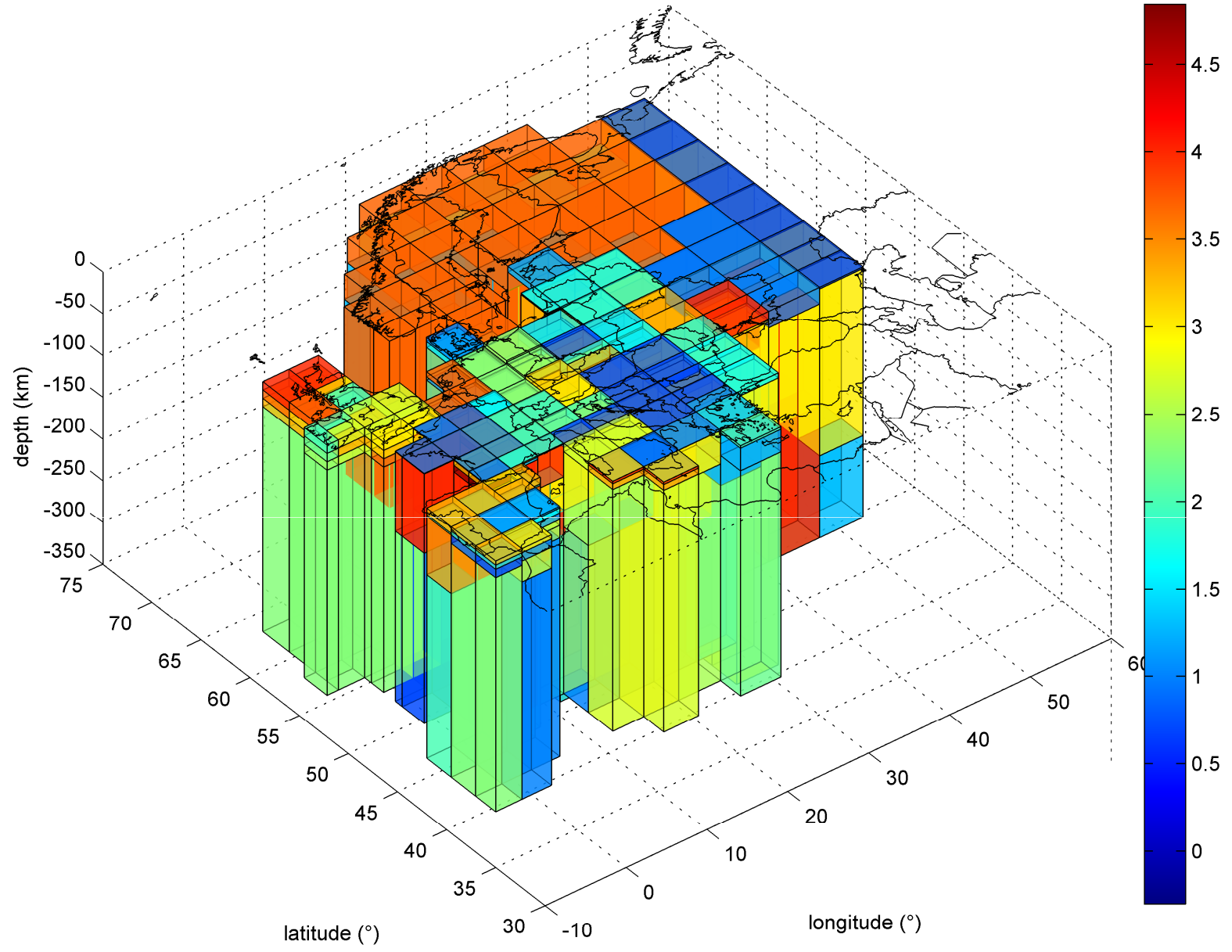
Conductance map of Europe (80 km)

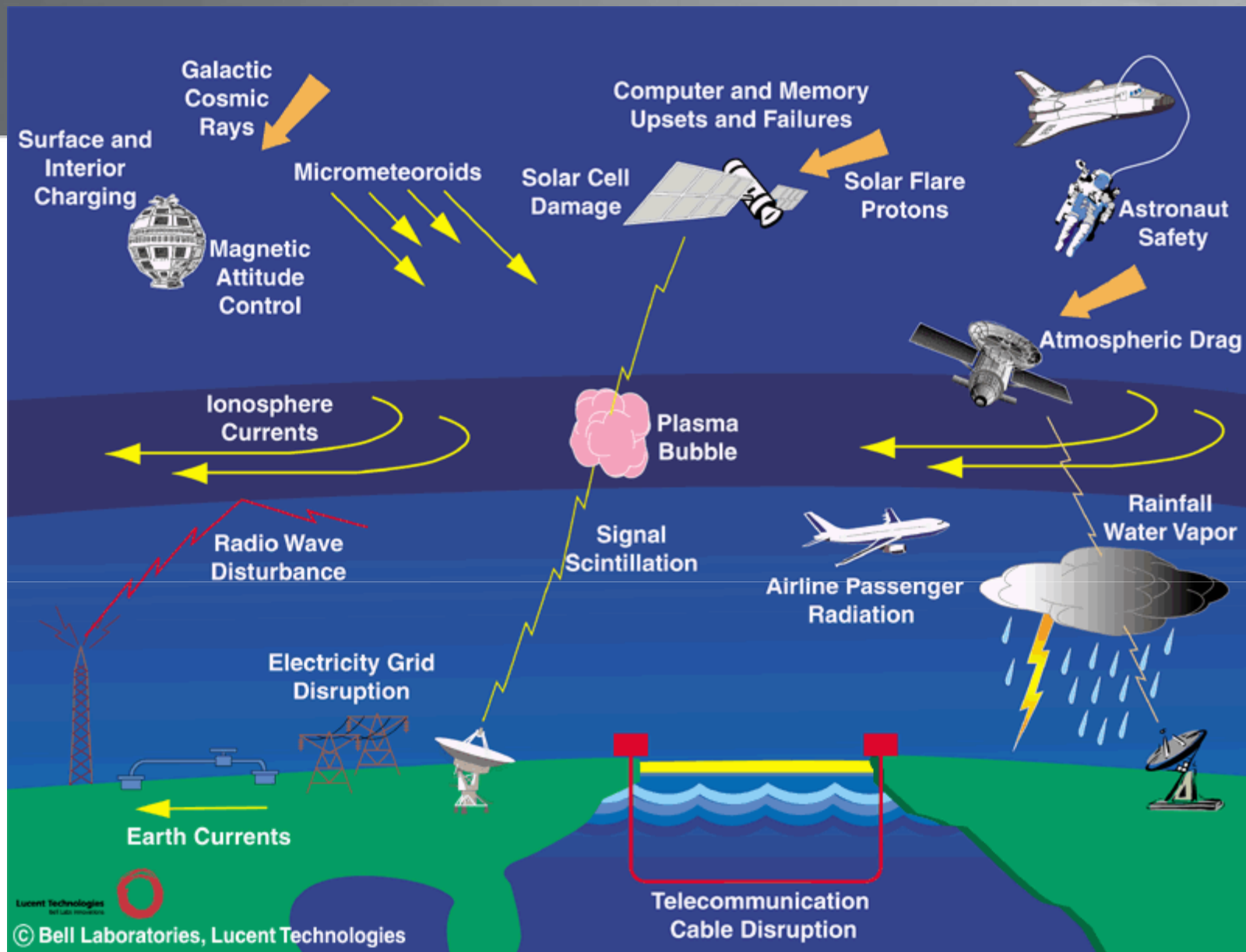


Conductance map of Europe (160 km)



Resistivity range: 5 - 70000 Ωm





Az űridőjárás technológiára gyakorolt hatásai



A mágneses vihar és egyéb, világűrből érkező hatások esetleges káros hatása a földi élőkönyezetre, az emberi tevékenységre és technológiára **komoly és állandó veszélyforrás**, amit nem lehet figyelmen kívül hagyni.

A jó hír az, hogy elég sokat tudunk már ezekről a jelenségekről. Ennek a tudásnak a birtokában a potenciálisan veszélyes eseményeket nagy biztonsággal előre tudjuk jelezni és ezáltal lehetővé válik a felkészülés és hatásaik ellen való védekezés is.

A rossz hír viszont az, hogy általában a társadalom nem foglalkozik eleget ezzel a kérdéssel; valószínűleg a többség nincs is tisztában a veszélyekkel. Kívánatos lenne egy nemzeti és európai szintű stratégiai program kidolgozása és alkalmazása, amelynek célja a veszélyekre való felkészülés és a keletkező károk csökkentése lenne.

Összefoglalás

A földi időjárás alakulásában az emberi tényező (pl. széndioxid-kibocsátás) mellett sok egyéb természetes hatás is érvényesül, olyan hatások, amelyeknek a pontos működési mechanizmusát csak napjainkban kezdjük megérteni.

Az emberi civilizáció egyre inkább ráhagyatkozik a technológiára, ezáltal biztosítva a mindennapi élethez szükséges létfontosságú és kényelmi eszközöket. Annak viszont tudatában kell lenni, hogy amint a technológiánk egyre kifinomultabbá válik, úgy válik egyre sérülékenyebbé az űrkörnyezetből érkező hatásokra.

Kérdések:

1. Hogyan módosulhat a Föld keringése a Nap körül?
2. Milyen következményei vannak ezen módosulásoknak?
3. Miért jelentenek veszély az indukált földi (kéreg)áramok?
4. Hogyan keletkeznek a földi áramok és miként lehet ellenük védekezni?
5. Sorolja fel az úridőjárás által okozott hatásokat!

