

*Újabb eredmények a
Naprendszer “határáról”*

Erdős Géza

*KFKI Részecske és
Magfizikai Kutató Intézet*

Űrnap 2008

Bevezetés

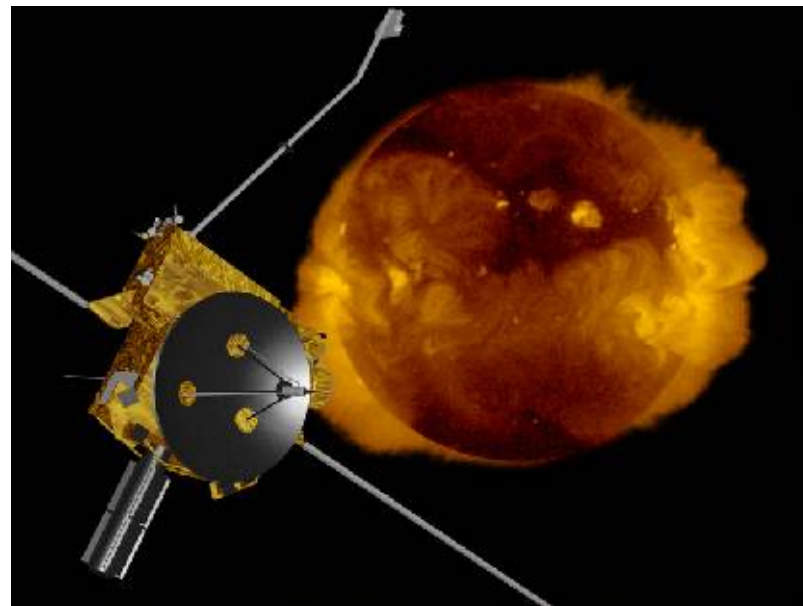
Csillagászat: távérzékelés

Űrkutatás: távérzékelés és helyszíni vizsgálatok

Helioszféra: legtávolabbi tér, ahová még éppen el tudunk jutni



Voyager 1-2
100 CsE (Nap-Föld távolság)



Ulysses
80° Heliografikus szélesség

Mi van a Helioszférában? Napszél.

A Helioszféra egy buborék, amelyet a napszél fúj ki a csillagközi térbe.



Korona $1-2 \times 10^6$ K

Röntgen kép Korona lyukak

Felszín 6000 K

Látható fény Napfoltok

Miért fúj a napszél?

$$p(r) = p_0 \exp \left\{ \frac{G M_0 m_p}{2kT} \left(\frac{1}{r} - \frac{1}{R} \right) \right\}$$

Nap atmoszférája: sztatikus, izotermikus?

$$r \longrightarrow \infty \quad p = p_0 \exp \left\{ - \frac{G M_0 m_p}{2kT R} \right\}$$

Nem, mert nincs nyomásegyensúly a végtelenben

$$p_0 \sim 10^{-3} \text{ Pa} \quad \exp \sim 10^{-4} \quad p \sim 10^{-7} \text{ Pa} \quad p_{\text{csillagközi}} \sim 10^{-13} \text{ Pa}$$

Parker (1958) : dinamikus plazma, Laval fúvóka

Napszél: radiális szuperszonikus részecskeáram
semleges: elektron + proton (+ He, C, N, O, ...)
1 CsE-nél kb. 1-10 részecske/cm³
ütközésmentes
Maxwell eloszlás
mágnesezett plazma

Hogyan áll meg a napszél?

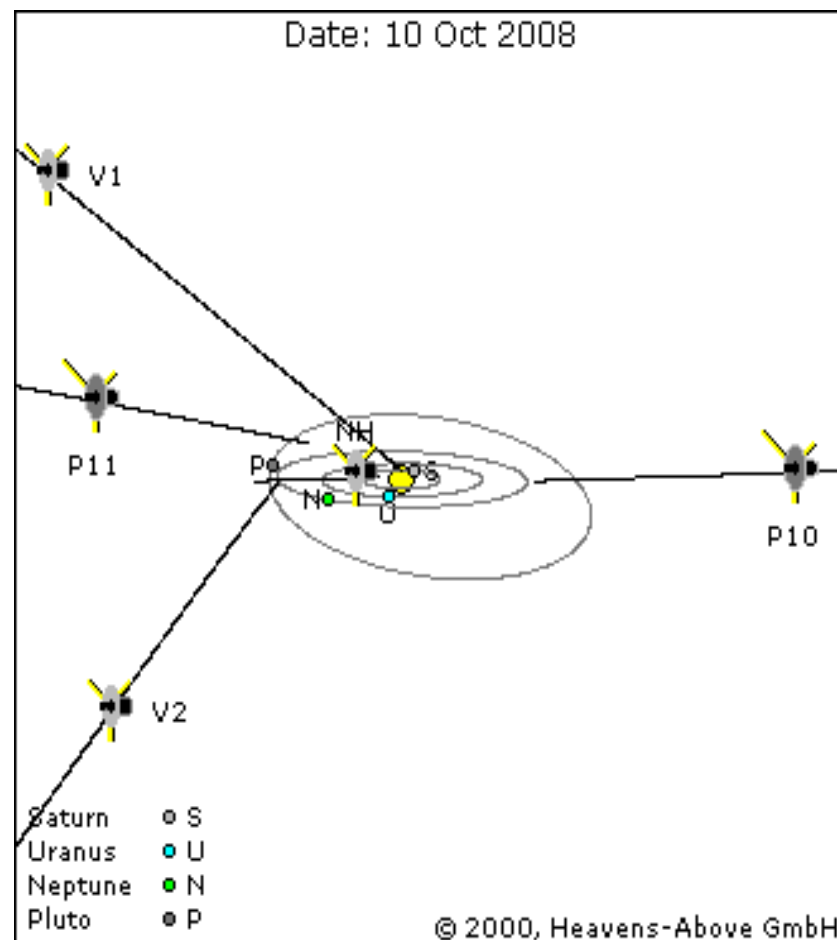
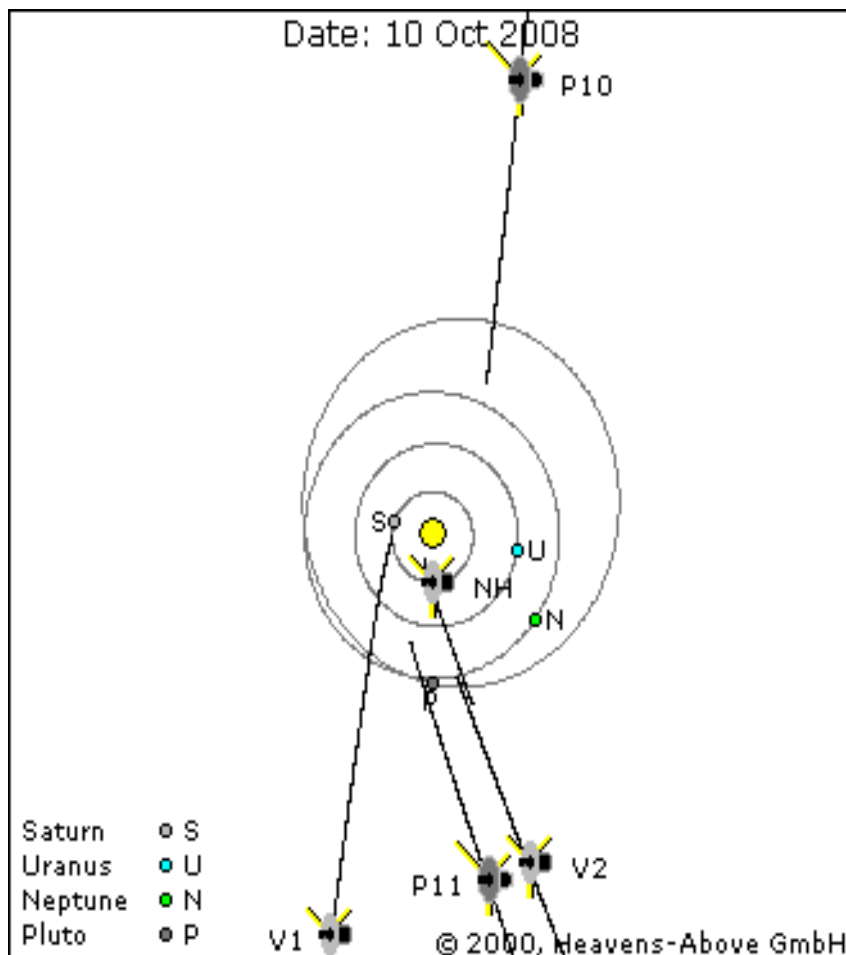
Szuperszonikus sebességgel kifelé haladó közeg nem tud egyenletesen lelassulni.

Lassulás csak lökéshullámon keresztül lehetséges.

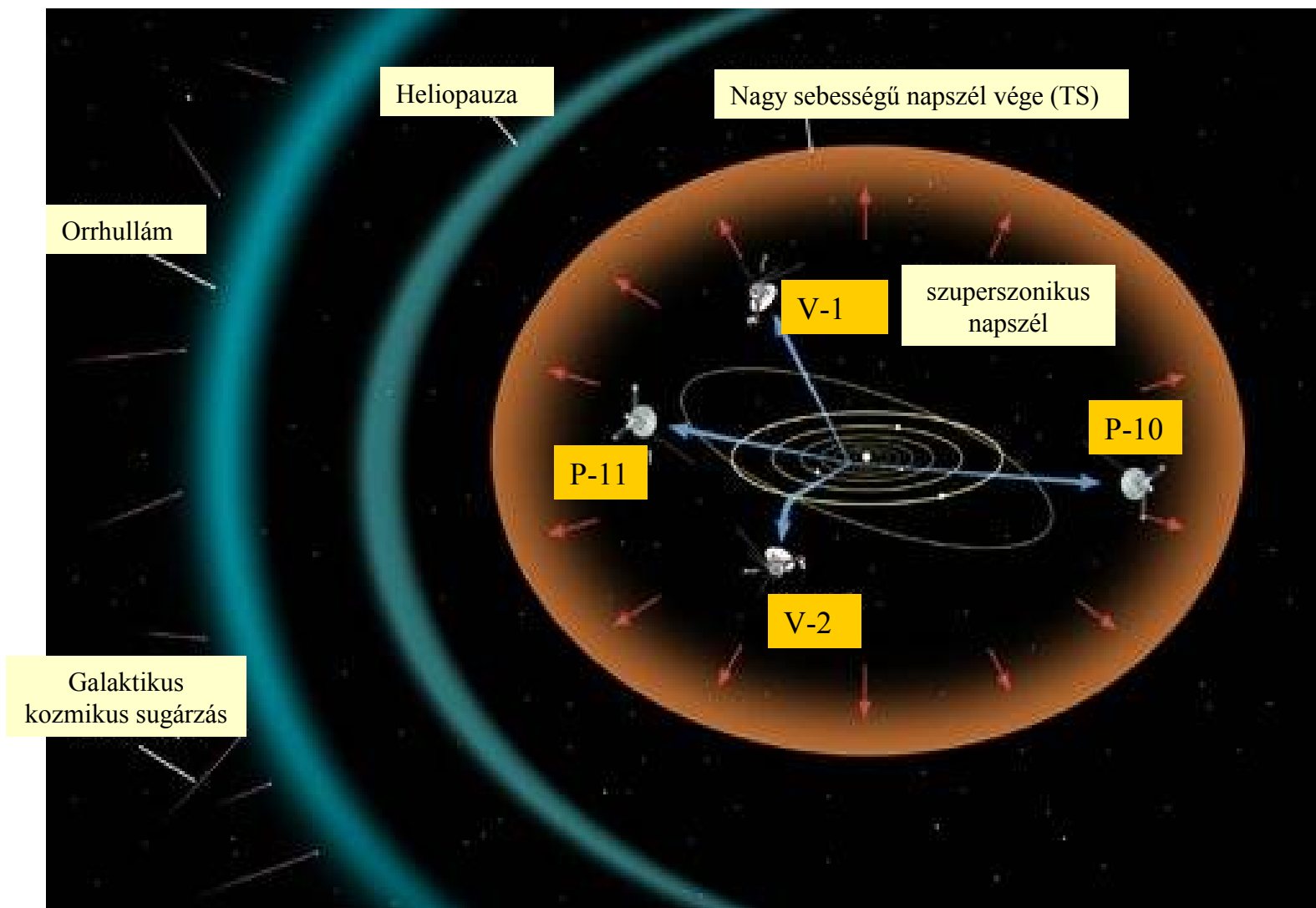


Terminál lökéshullám a konyhai lefolyóban

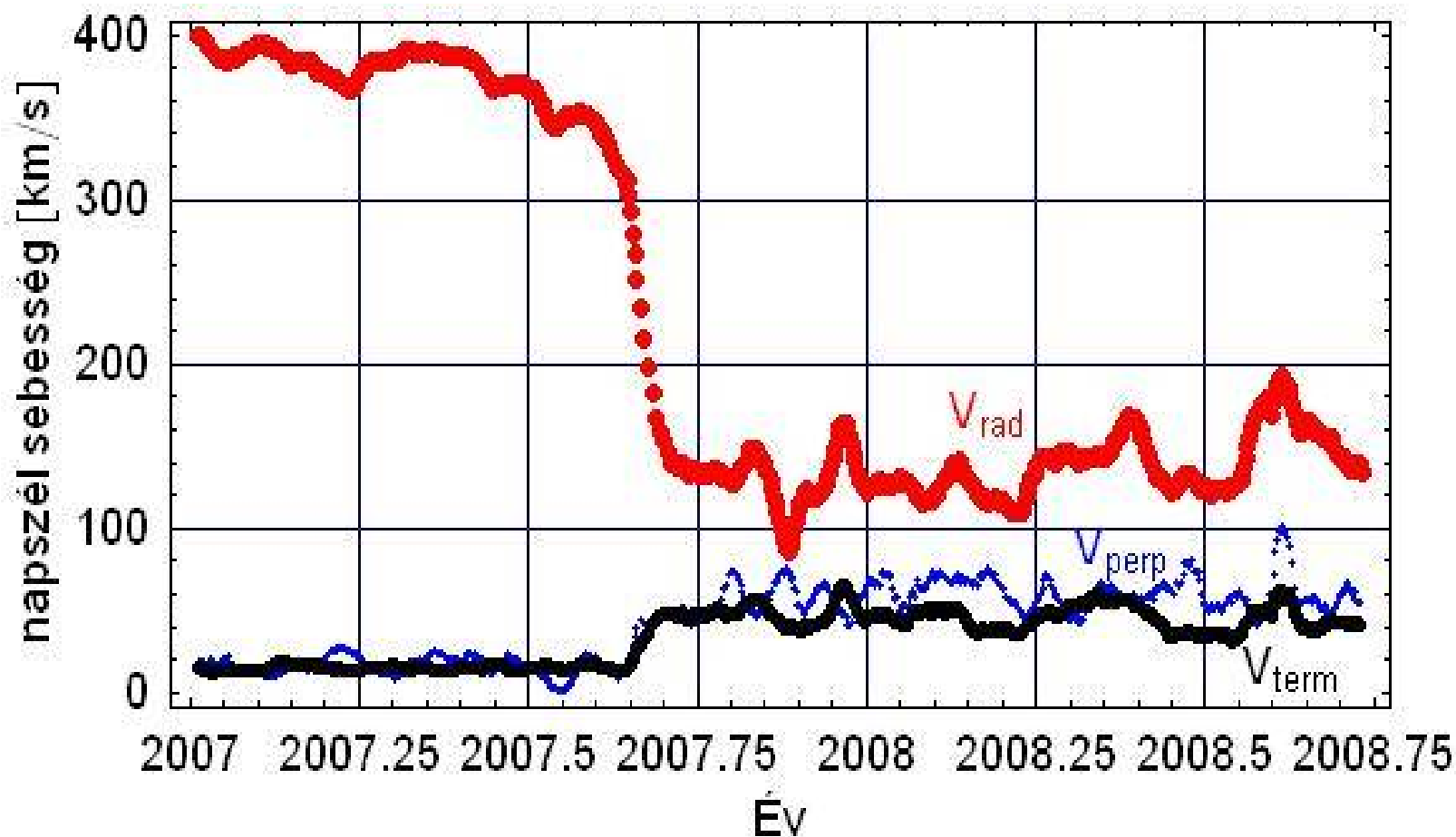
A Voyager és (a már nem működő) Pioneer szondák helyzete a bolygókhoz képest (csillagközi szél alulról ill. balról)

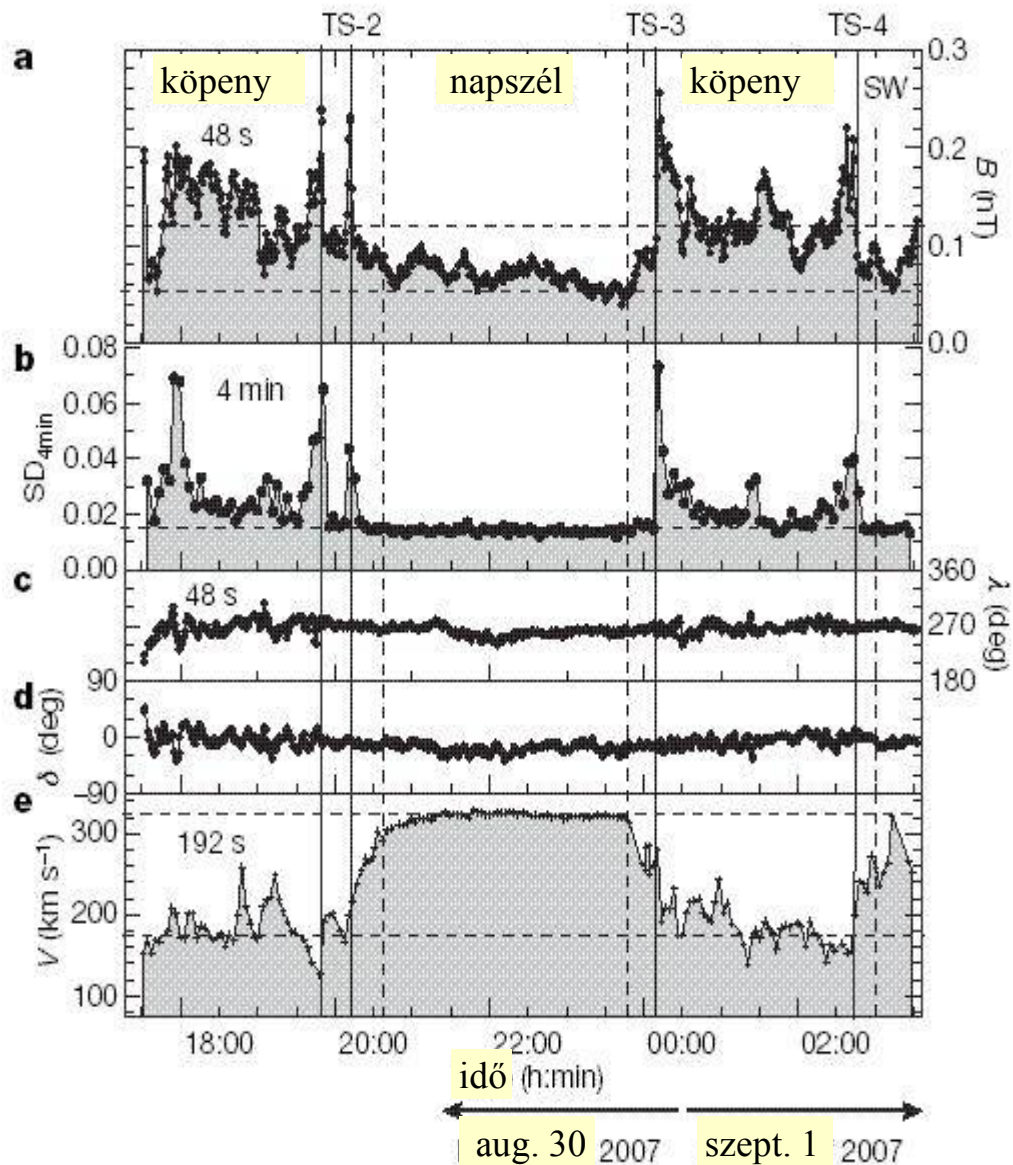


A Helioszféra szerkezete és a Pioneer (P) és Voyager (V) szondák helyzete a 90-es évek elején



A Voyager-2 napszél-detektora által mért radiális, transzverzális és termikus sebességi adatok 2007-től (10 napi csúszó átlagok).
Meglepő, hogy a termikus komponens nem válik dominánssá!

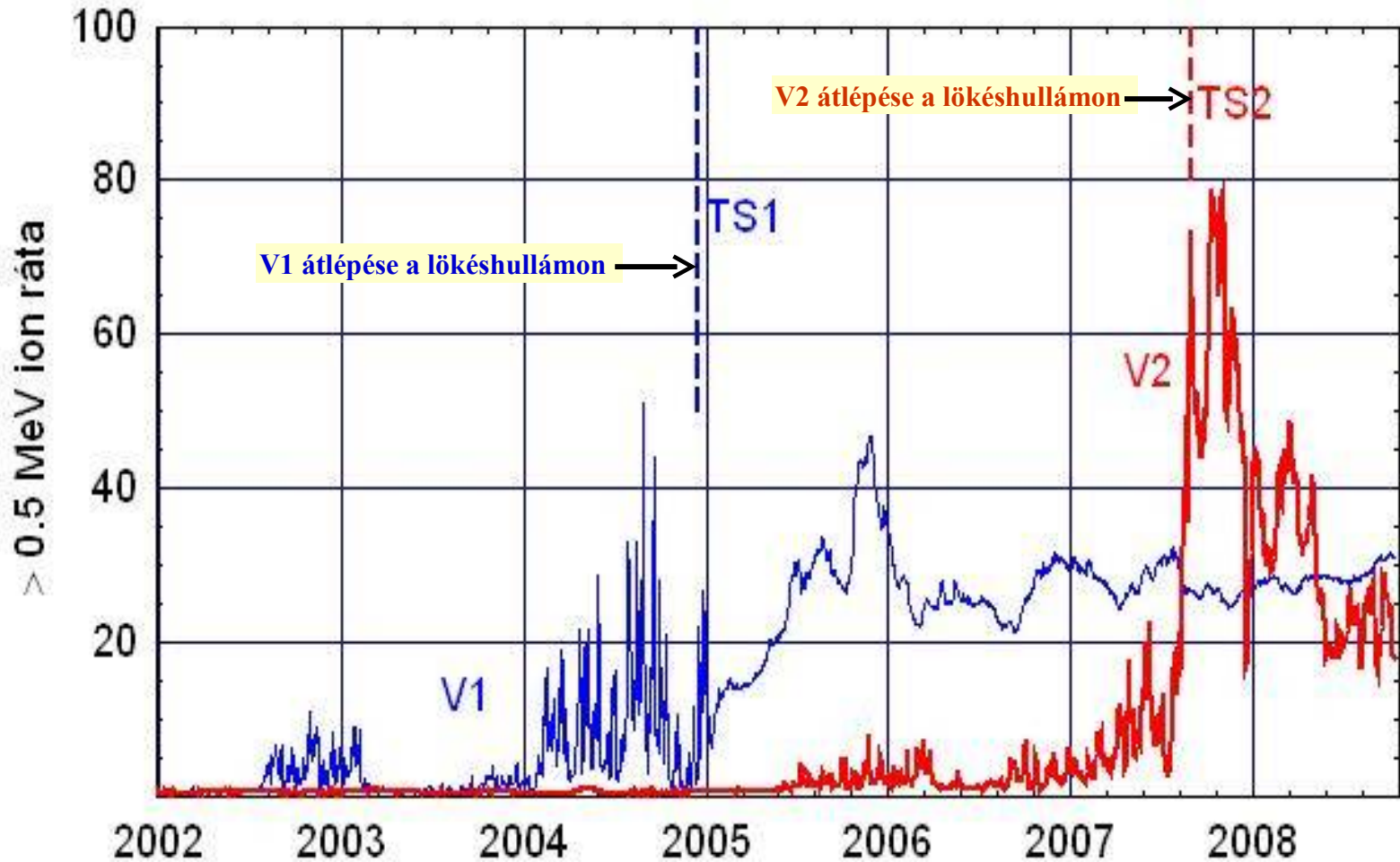




Mágneses tér (fent)
és napszél-sebesség
(lent) adatok a V2
lökéshullámon való
három átmenetekor.

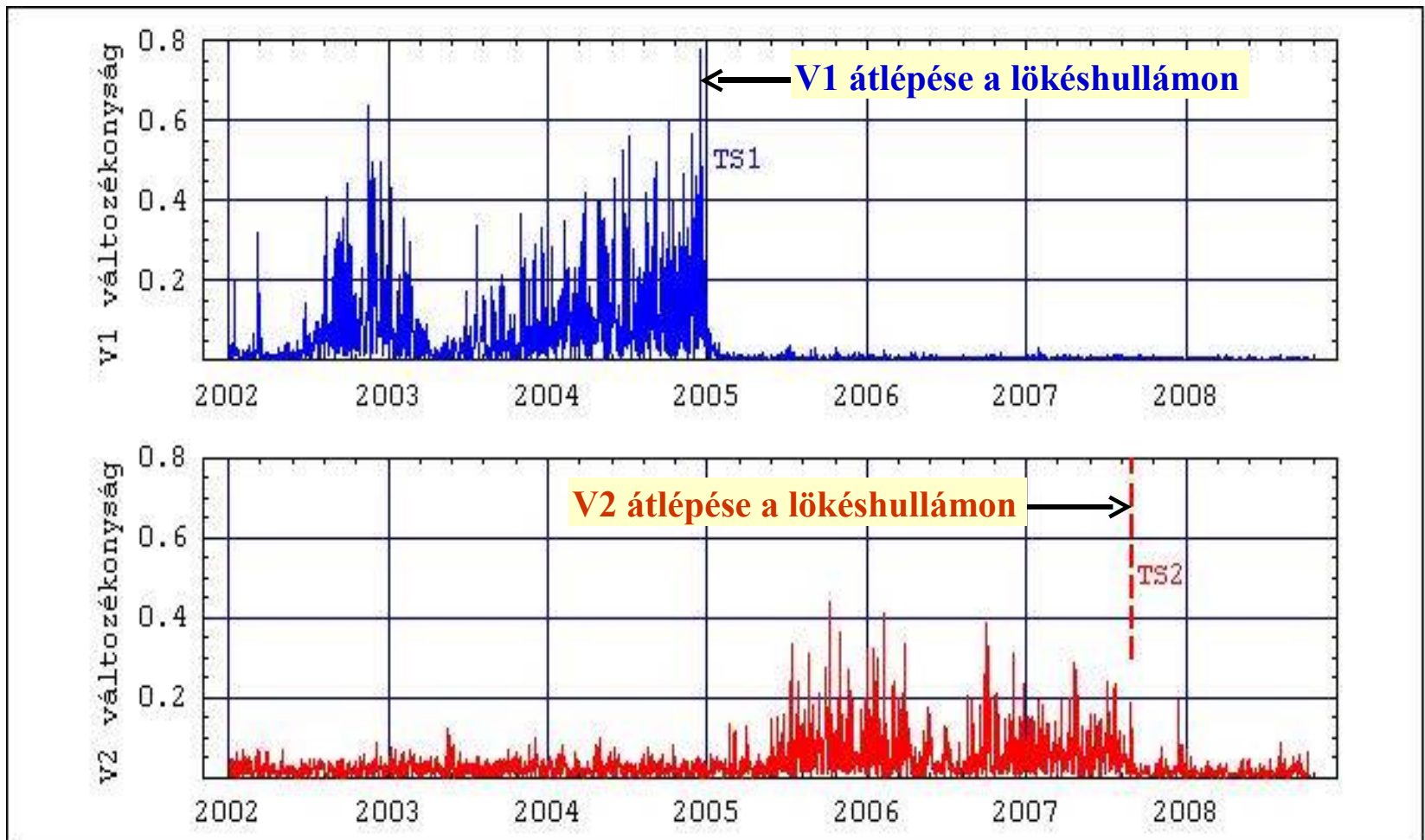
A napszél sebessége
a két átmenet között
mintegy 4 óráig
ismét ~ 300 km/s.

A két Voyager (V1 és V2) iondetektora által mért ráta (másodpercenkénti beütésszám) időbeli változásai a lökéshullám előtt és után



A két Voyager (V1 és V2) által mért kis energiájú (> 0.5 MeV) ionfluxusok „változékonyságát” jellemző mérőszámok időbeli változásai

(Király Péter, KFKI RMKI)



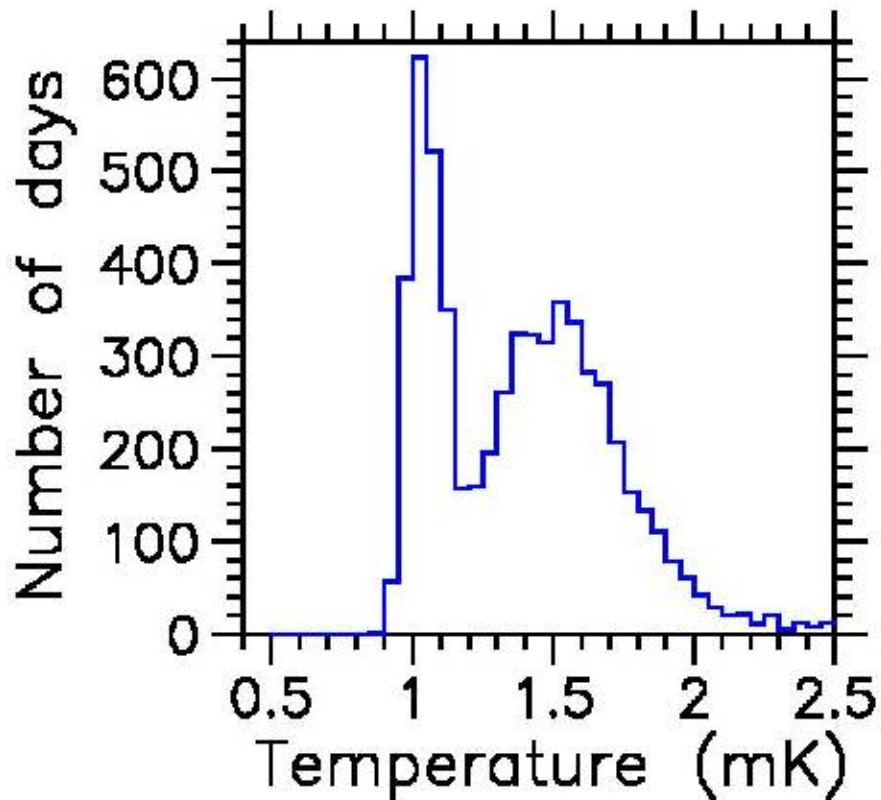
Meglepetések

1. A Voyager-2 lökéshullám-átmeneténél a gyors napszél mozgási energiája nagyrészt nem a lassú napszél hőmérsékletét növelte, hanem nagyobb energiájú (szupratermális) részecskék gyorsítására fordítódott.
2. A V2 mintegy 10 AU-val közelebb érte el a lökéshullámot, mint a V1. Ez a helioszféra aszimmetriájára mutat, pl. csillagközi mágneses tér miatt.
3. A V2 többszörös átmenete a lökéshullám fodrozottságát sejteti.
4. Az energikus ionok áramlása V1 átmenete előtt a közeli lökéshullám felé, míg a V2 átmenete előtt annak irányából érkezett a mágneses tér mentén.
5. A lökéshullámnál és közvetlen utána csak néhány MeV-es ionok jelentek meg, a jóval nagyobb energiájú, a földpályánál is észlelt „anomális komponens” gyorsulásának helye továbbra sem tisztázódott.

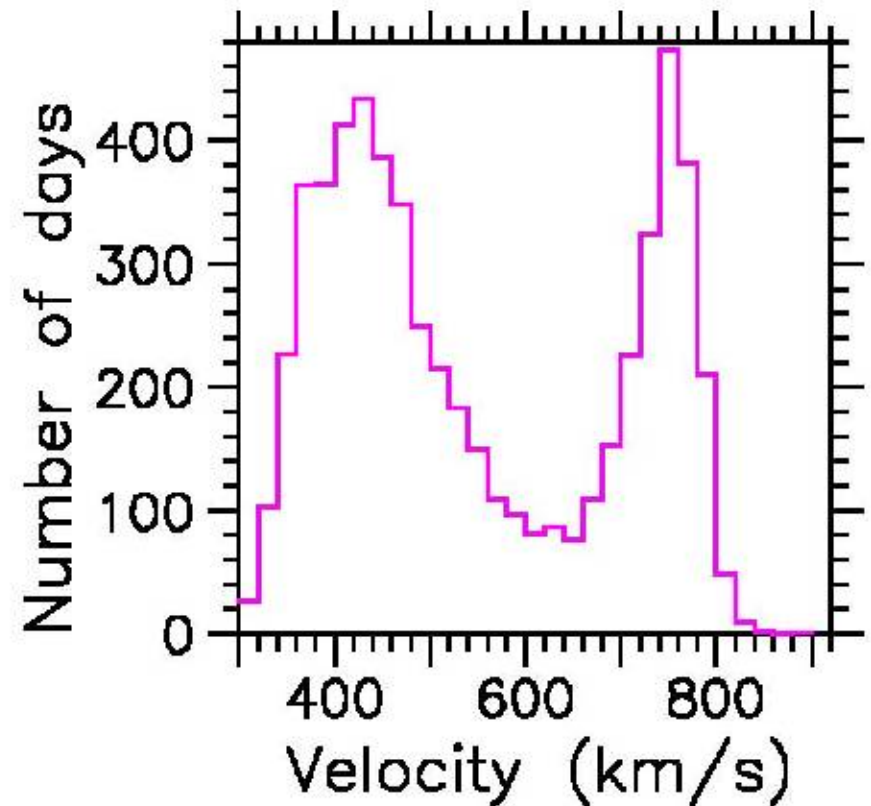
Ulysses mérések

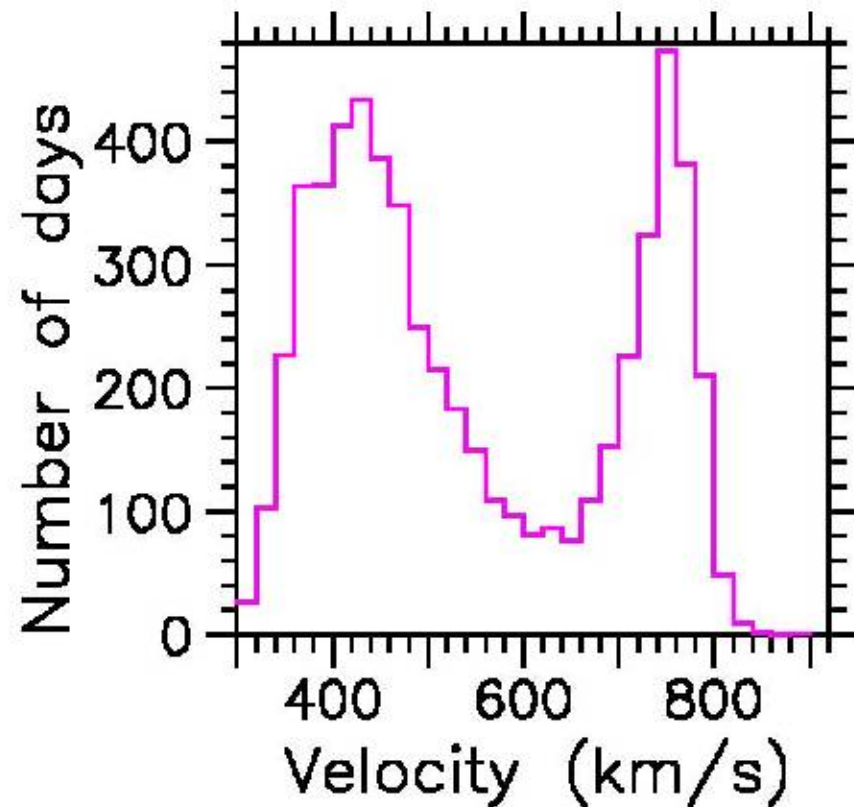
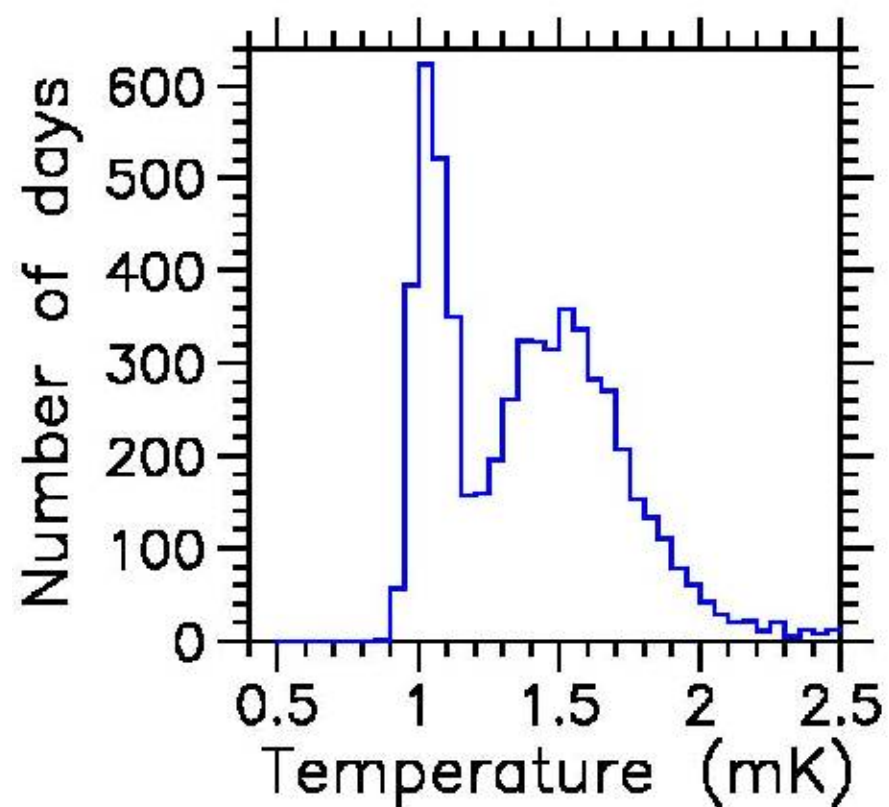
Kétfajta napszél: lassú és gyors

Korona hőmérséklet



Napszél sebesség







Miért érdemes a helioszférába űrszondákat küldeni?

Híg közeg (távérzékeléssel nehéz tanulmányozni)

A kozmikus sugárzás modulációjának megértéséhez nélkülözhetetlen

Gyakorlati szempontból is fontos események szintere (űridőjárás)

Egyedülálló laboratórium (híg plazma)

Analóg asztrofizikai jelenségek tanulmányozhatók (turbulencia,
részecskegyorsítások, lökéshullámok)