

SIAMO SOLI NELL'UNIVERSO?

LA RICERCA DELLE CIVILTÀ EXTRATERRESTRI

**IL PUNTO SULLA RICERCA DI POSSIBILI CIVILTÀ ALIENE
ALLA LUCE DELLE PIÙ RECENTI SCOPERTE DELLA
ASTRONOMIA E DELL'ASTROFISICA**

ADRIANO GASPANI

S.E.A.C. - European Society for Astronomy in Culture

S.I.A. - Società Italiana di Archeoastronomia

Univ. Cardinal G. Colombo - Milano

Le Civiltà Extraterrestri

- Ci sono?
- Dove sono?
- Cosa fanno?
- Sono evolute?
- Possiamo rivelarne l'esistenza?
- Possiamo entrare in contatto?



...mumble mumble

Esobiologia (Astrobiologia)

Scienza che si occupa di comprendere i meccanismi di (probabile) sviluppo della vita al di fuori della Terra

Archeologia Cosmica

Disciplina che si occupa del possibile/probabile sviluppo delle civiltà extraterrestri tecnologicamente evolute, dalla formazione della Galassia in poi.

L'Archeologia Cosmica cerca le tracce delle civiltà aliene che sono esistite o che attualmente esistono nella nostra Galassia

**“UNA PROVA CONVINCENTE E
INEQUIVOCABILE DELLA VISIONE O DI UN
CONTATTO CON UN ESSERE
EXTRATERRESTRE SAREBBE UNA DELLE
PIU' GRANDI SCOPERTE SCIENTIFICHE
NELLA STORIA DELL'UMANITA' ”**

(Dal libro di P. Ulmschneider:

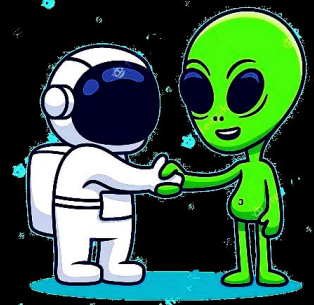
“INTELLIGENT LIFE IN THE UNIVERSE”

Ed. Springer, Berlin 2003)



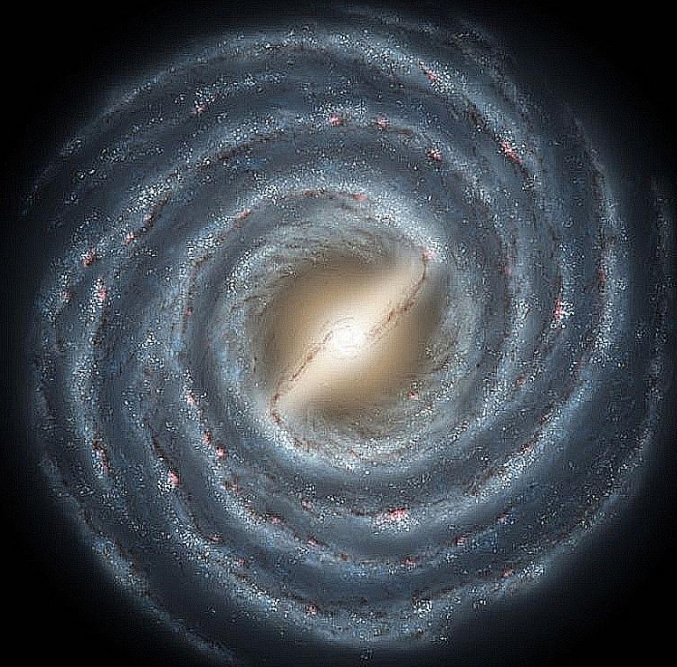
Perchè dovremmo cercare la vita?

- Motivi filosofici: cercare di rispondere ad un interrogativo posto da migliaia di anni
 - La ricerca della vita è un argomento astrofisico legittimo. Capire l'origine della vita ha la stessa difficoltà e pone sfide analoghe a quelle che bisogna affrontare per capire l'origine dell'universo

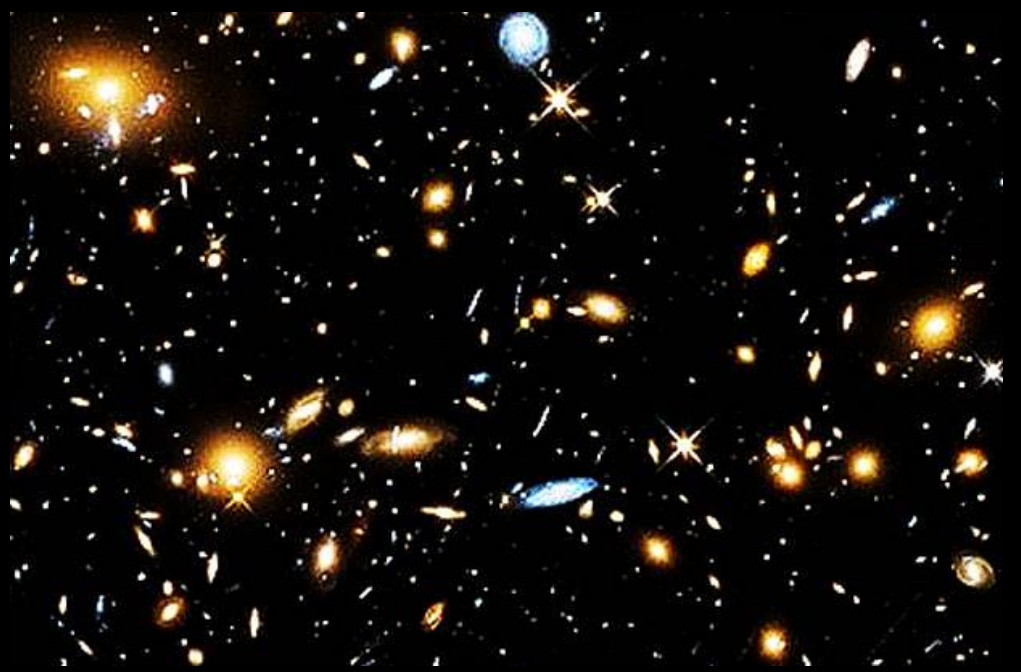


Dove cercare?

nella nostra galassia



...fuori



Quanti pianeti ci sono nell'Universo visibile?

$10^{22} - 10^{24}$

cioè:

10,000,000,000,000,000,000,000,000,000,000,000,000

ovviamente è una ragionevole stima...

Teniamo sempre ben presente che:

**I risultati dell'Archeoastronomia
NON MOSTRANO ALCUNA
TRACCIA OGGETTIVA di esponenti
di civiltà aliene presenti sulla Terra
in epoca antica o antichissima.**

...e tanto meno di manufatti...

I risultati ottenuti dalla "Cosmic Archaeology" non mostrano alcuna traccia di colonizzazione della Galassia, nonostante che il tempo medio richiesto sia dell'ordine di 1 milione di anni e l'età della Galassia sia dell'ordine di **13.7** miliardi di anni.

PARADOSSO DI FERMI (1950)

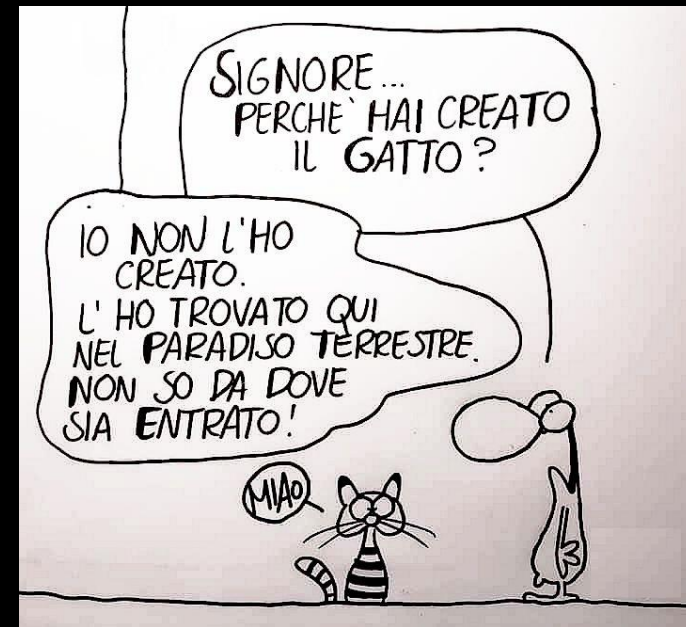


Enrico Fermi
Herbert York
Edward Teller
Emil Kanopinsky

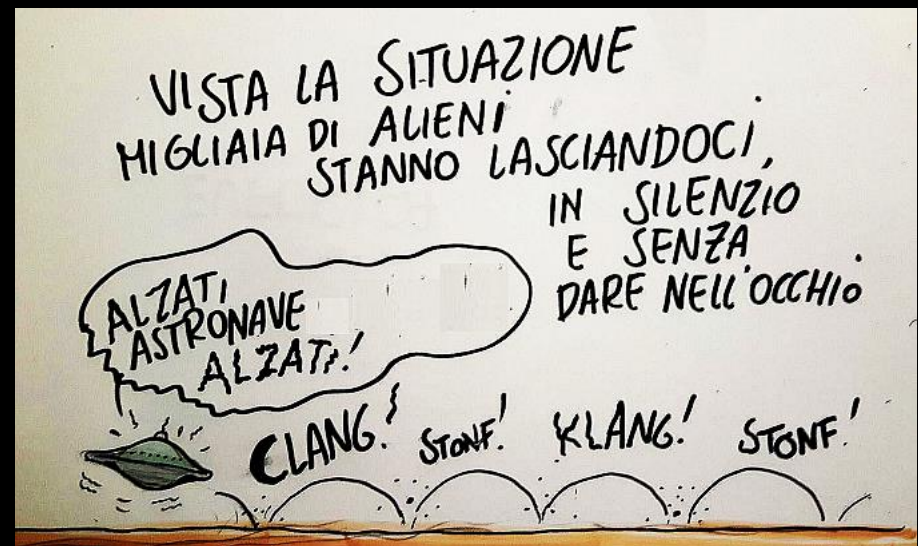
Se la vita intelligente nell'universo non è rara ed è in grado di colonizzare la galassia, perché non sono qui?

Possibili risposte...

1) Sono già qui...



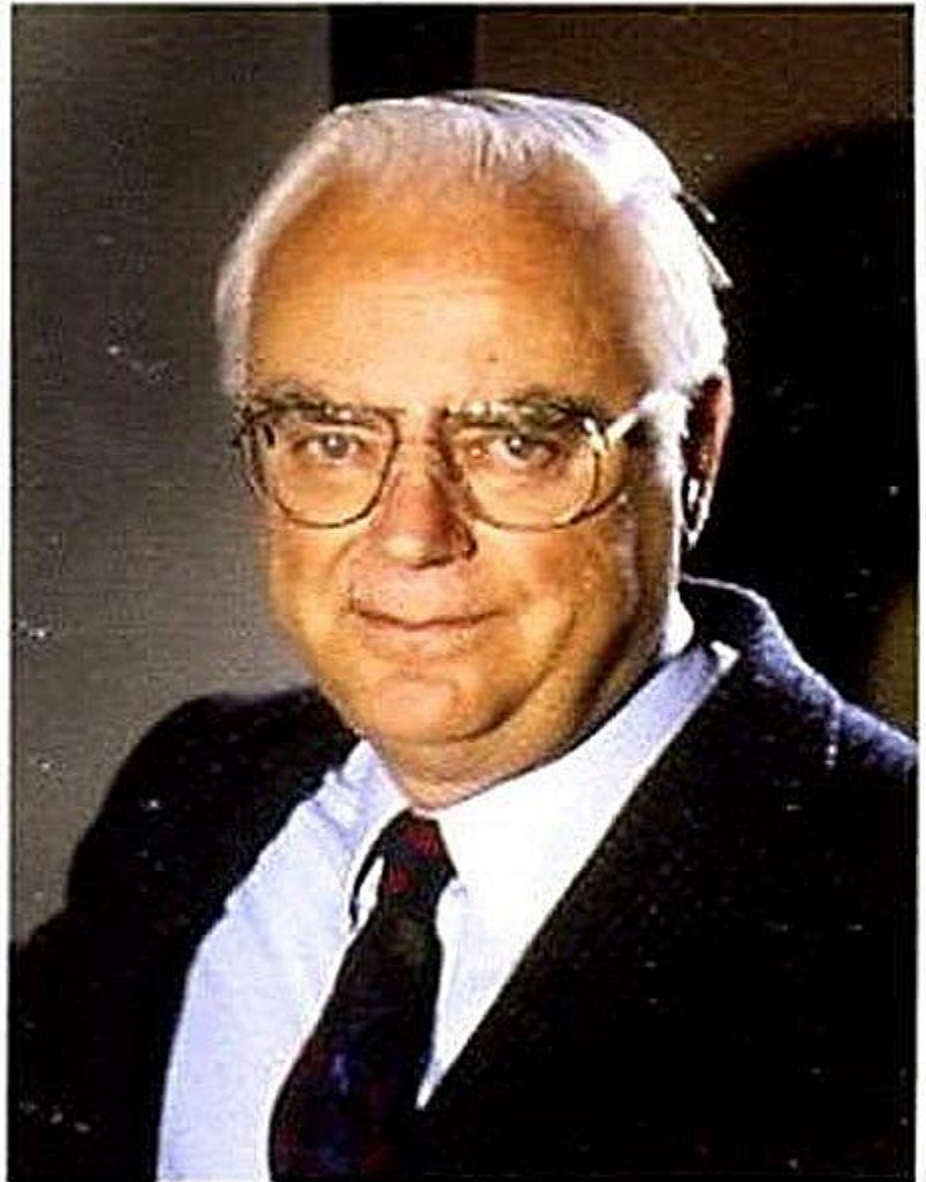
2) Ci sono, ma non hanno ancora comunicato...



3) Non esistono...

...nel 1961

**L'illustre
radioastronomo
Frank Drake ha
cercato di valutare il
numero di civiltà
intelligenti con cui
potremmo entrare in
contatto.**



Frank Donald Drake (Chicago, 28 maggio 1930 – Aptos, 2 settembre 2022)

“Settecento miliardi di galassie, e in ognuna di esse da cento a quattrocento miliardi di stelle. Come pensare che tutto questo sia solo per noi?...”



Nel 1961, l'astronomo Frank Drake suggerì una formula per ragionare sulla diffusione della vita nella nostra Galassia.

L'equazione di Drake fornisce un modo per stimare il numero di mondi della Via Lattea che potrebbero avere vita intelligente e le cui trasmissioni radio potrebbero essere rilevabili dalla Terra.



Drake identificò una sequenza di sette termini, per aiutare a riflettere su ciò che deve verificarsi prima che un pianeta possa essere abitato da una vita civilizzata, in grado di trasmettere segnali elettromagnetici.

L'Equazione di Drake

Per fare una stima, sia pure molto grossolana, di quante civiltà possano attualmente esistere nella nostra Via Lattea, Drake, nel 1961, propose la seguente equazione, diventata ormai famosa, composta dal prodotto di 7 fattori:

$$N = R \cdot f_p \cdot n_i \cdot f_v \cdot f_i \cdot f_c \cdot D$$

che ha avuto molte varianti negli anni...

$$N = R \cdot f_p \cdot n_i \cdot f_v \cdot f_i \cdot f_c \cdot D$$

- N** = numero delle civiltà attualmente presenti nella Via Lattea,
- R** = tasso medio di formazione delle stelle durante tutta la vita della Via Lattea, e che si ottiene dividendo il numero di stelle galattiche (circa 300 miliardi) per l'età della Galassia (circa 10 miliardi di anni)
- f_p** = frazione di stelle con un sistema planetario,
- n_i** = numero di pianeti, in ciascun sistema, in condizioni adatte allo sviluppo della vita,
- f_v** = frazione di pianeti adatti in cui la vita si sviluppa effettivamente e si evolve verso forme molto complesse,
- f_i** = frazione di questi pianeti su cui si sviluppano forme di vita intelligente,
- f_c** = frazione di questi in cui le forme di vita intelligente sviluppano interesse per le comunicazioni interstellari,
- D** = durata media di una civiltà tecnologicamente avanzata.

Torniamo all'equazione di Drake

fattori astrofisici

$$R \cdot f_p \cdot n_i$$

sostanzialmente noti grazie al
satellite Kepler

$$R = 1 \text{ Mo/anno}$$

$$n_i = 1 \text{ pianeta/sistema}$$

$$f_p = 0.064 \text{ pianeti adatti/totale}$$

fattori sociologici

$$f_v \cdot f_i \cdot f_c \cdot D$$

completamente sconosciuti

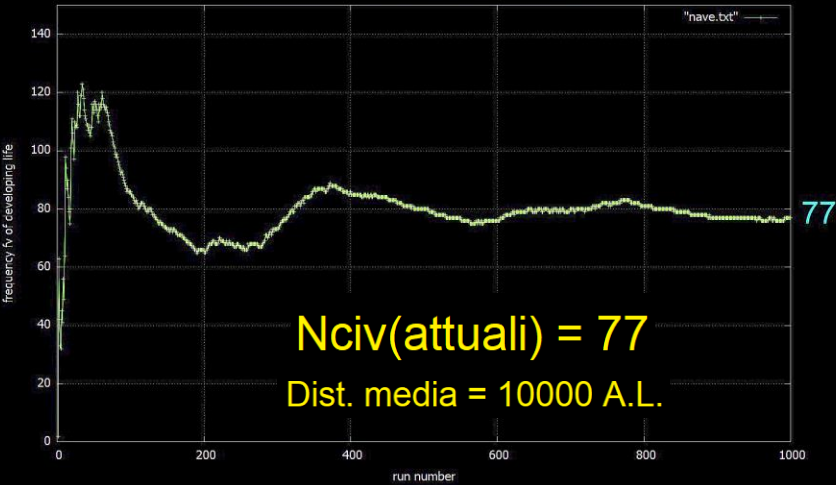
si pone $D = L = 10000$ anni

Simulazione dei parametri f_v , f_i , f_c dell'equazione di Drake e del numero di civiltà (ETIS) tecnologicamente evolute/comunicative presenti nella Galassia mediante metodi Monte Carlo

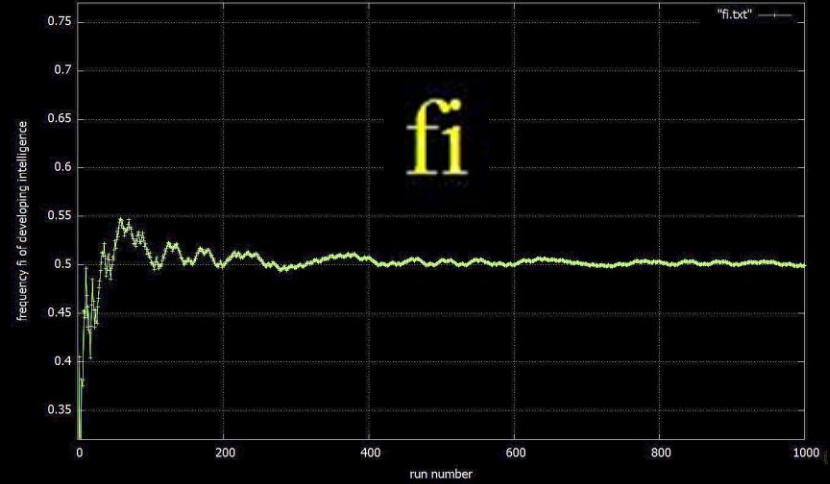
parametri fissati: $R=1.0$ Msol/anno; $n_e=1$; $f_p=0.064$ (Silburt, dati di Kepler); $L = 10000$ anni

Gaspani, 2021

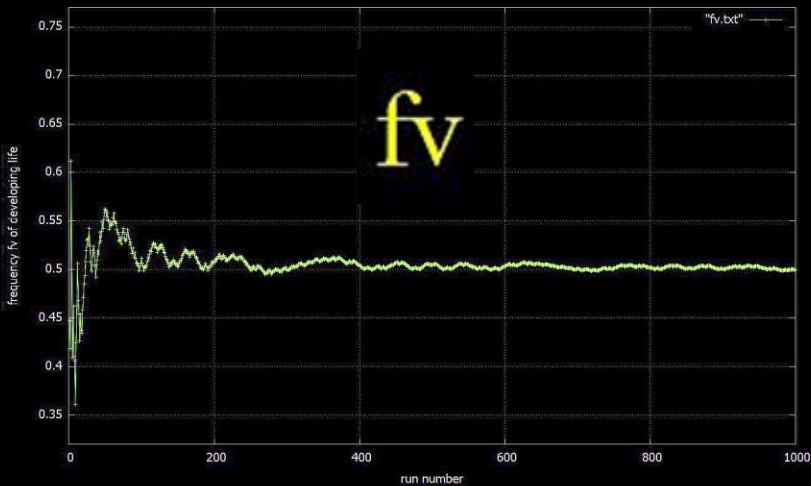
Simulation using: $R=1.0$ Ms/year; $f_p=0.064$; $n_e=1$; $L=10000$ years



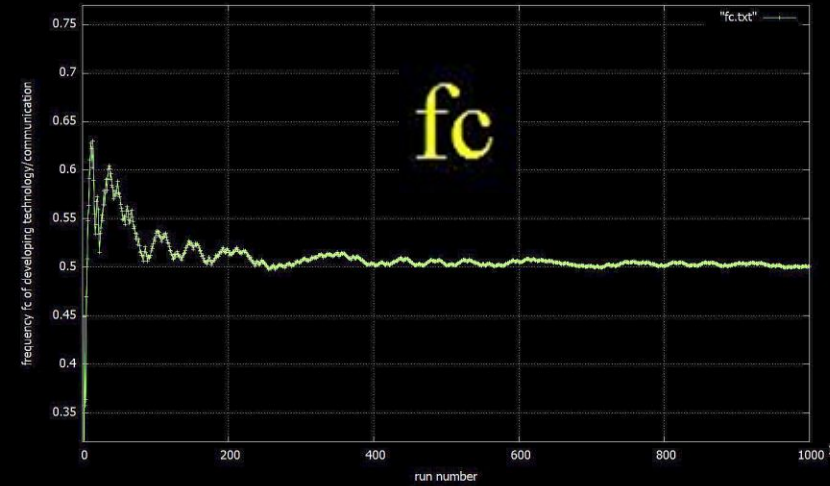
Simulation using: $R=1.0$ Ms/year; $f_p=0.064$; $n_e=1$; $L=10000$ years



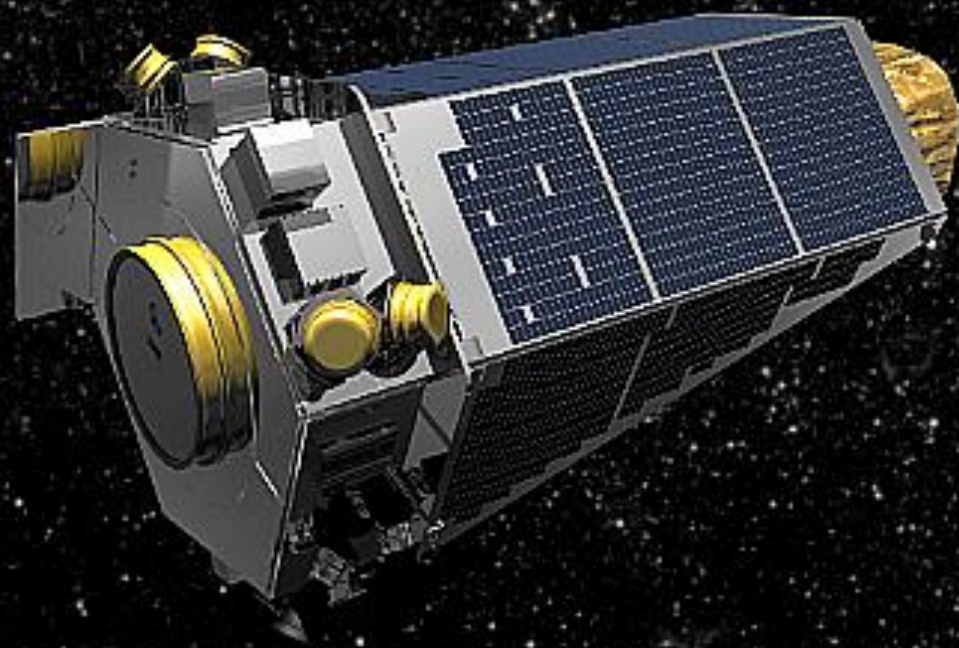
Simulation using: $R=1.0$ Ms/year; $f_p=0.064$; $n_e=1$; $L=10000$ years



Simulation using: $R=1.0$ Ms/year; $f_p=0.064$; $n_e=1$; $L=10000$ years



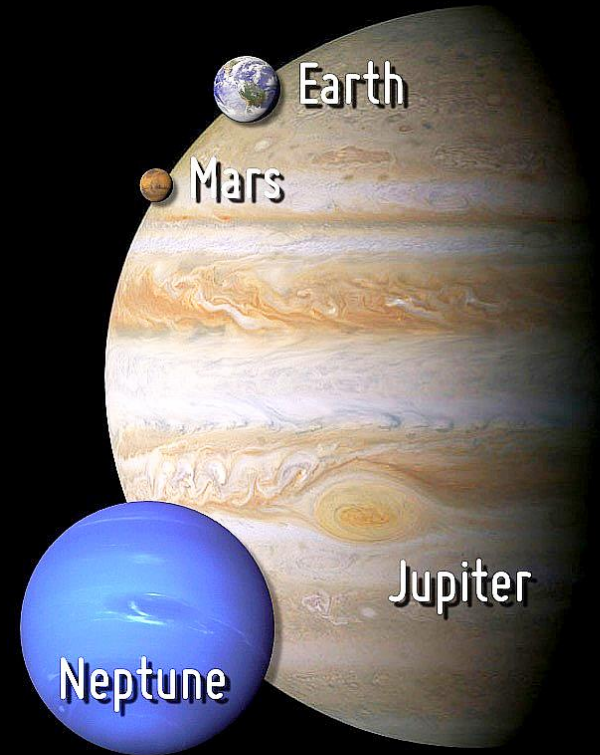
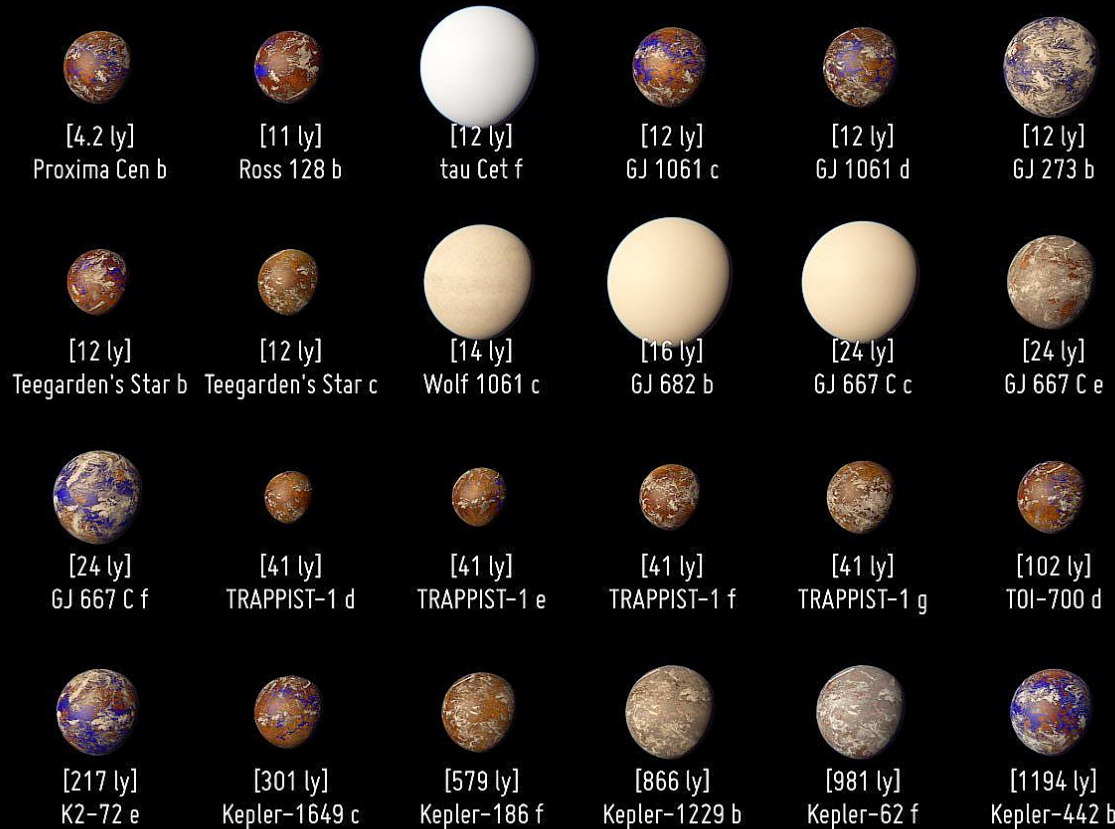
Satellite KEPLER



Potentially Habitable Exoplanets



Ranked by Distance from Earth (light years)



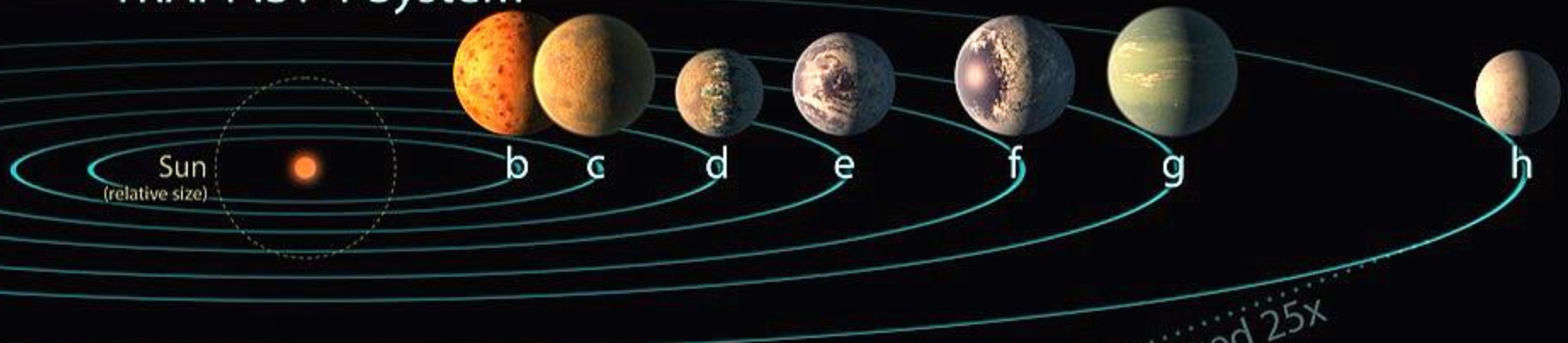
Artistic representations. Earth, Mars, Jupiter, and Neptune for scale. Distance from Earth is between brackets.

CREDIT: PHL @ UPR Arcibo (phl.upr.edu) Oct 5, 2020

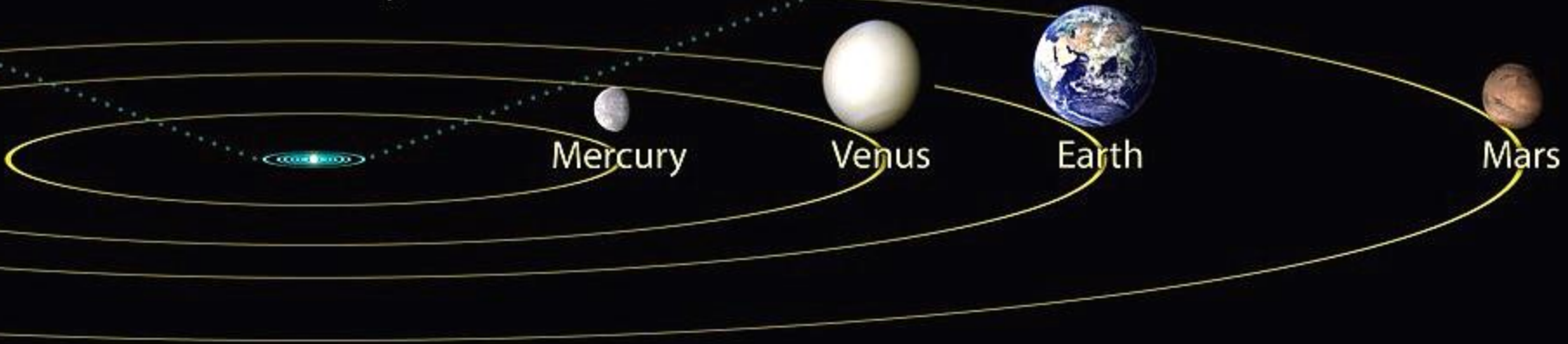
Jupiter & Major Moons



TRAPPIST-1 System

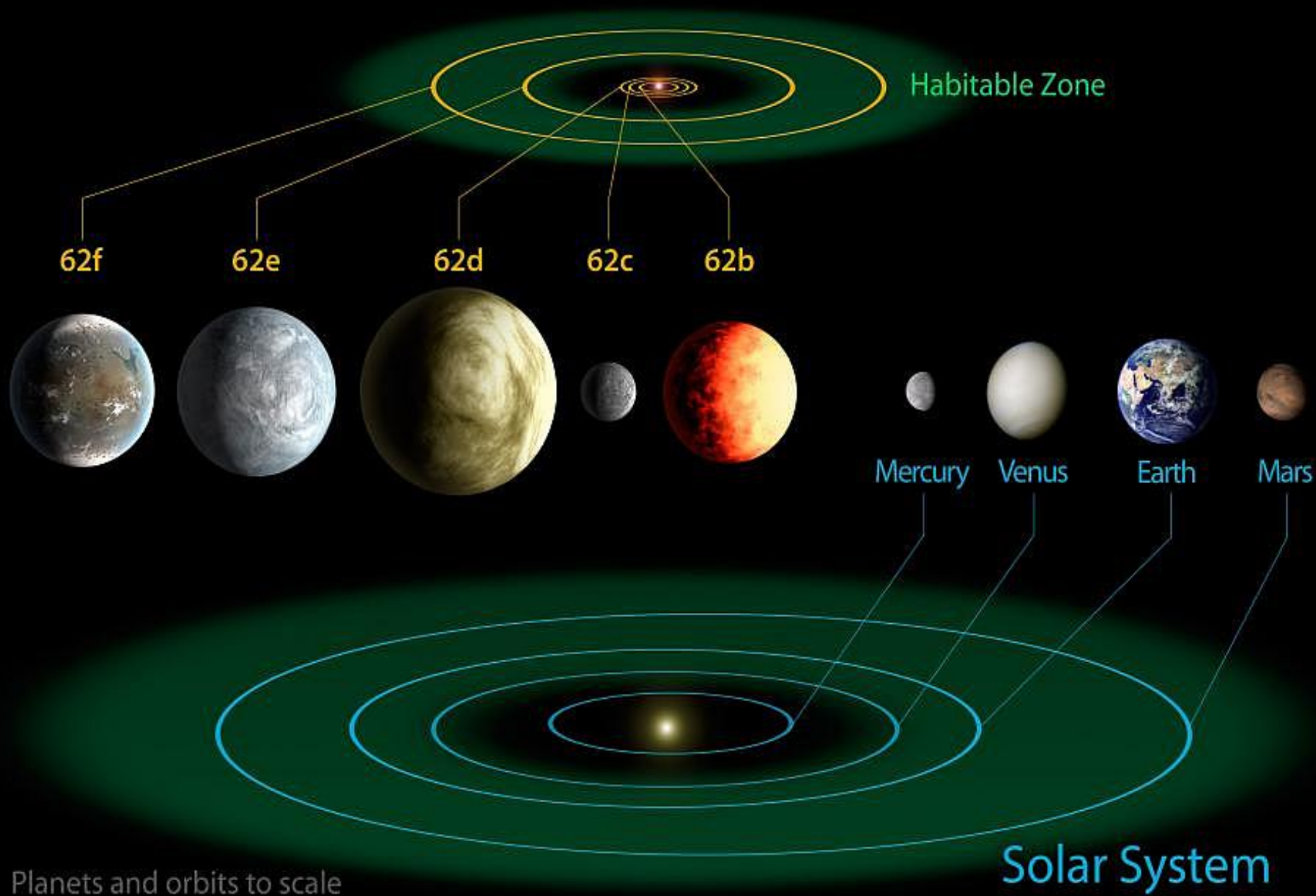


Inner Solar System



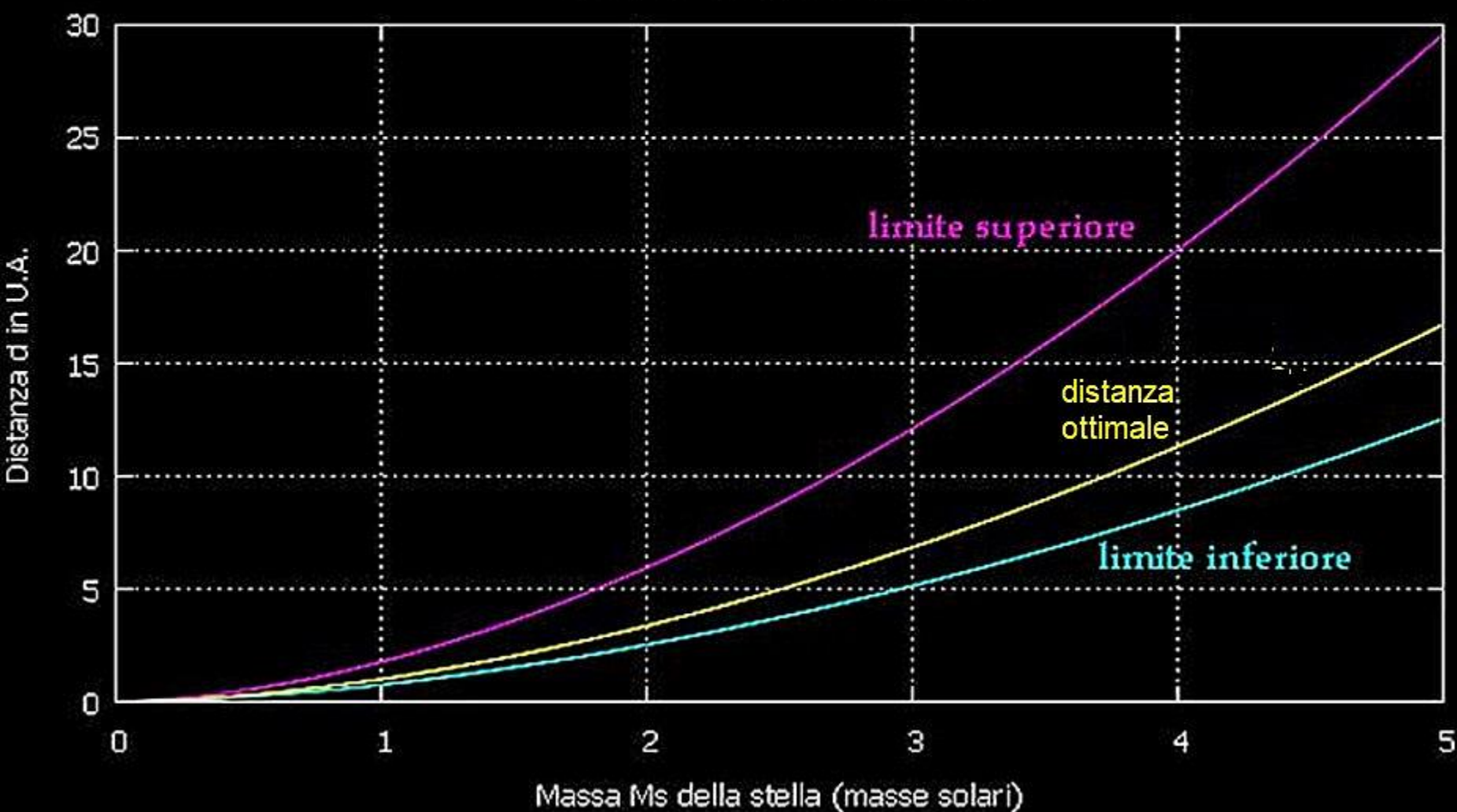
Orbits Enlarged 25x

Kepler-62 System



Zona "Riccioli d'Oro"

Zona di abitabilità di una stella



Bene! una cosa è certa:
con l'equazione di Drake
non si va da nessuna
parte...

...ci possiamo inventare di tutto con i
valori dei parametri...

...non ha una componente temporale!

Programmi SETI e CETI

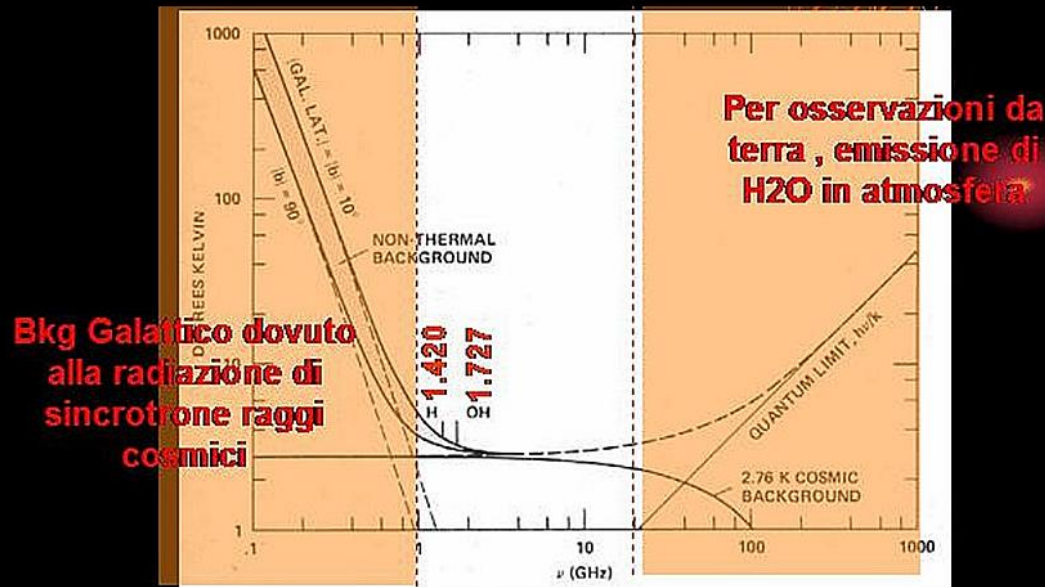


SETI = Search for ExtraTerrestrial Intelligence

CETI = Communication with ExtraTerrestrial Intelligence

Probabilmente il solo tipo di intelligenza extraterrestre che possiamo sperare di scoprire è quella capace di inviare e ricevere segnali radio nello spazio.

**Frequenze usate: 1420 MHz ($\lambda = 21$ cm) dall'H
1720 MHz ($\lambda = 17,4$ cm) dall'OH**



WATER HOLE (frequenze da 1 GHz a 20 GHz)



Allen Telescope Array

SETI moderno



Fondazione privata in attività dal 1993

Progetti principali:

SERENDIP Search Extraterrestrial Radio Emission from Nearby Developed Intelligent Populations. Progetto che sfrutta le osservazioni radio fatte per altri scopi e cerca segnali di tipo seti.

[SETI@HOME](#), SETI ITALIA, Allen Telescope Array (SETI+ Berkley)

BETA Proseguimento dei progetti METAI e METAll progetto della Planetary Society utilizzando il radiotelescopio da 26m dello Harvard Smithsonian Center for Astrophysics.

OSETI Terminata nel 1999 per danneggiamenti
Controparte Ottica del SETI, ricerca di impulsi laser, Berkley 760 mm (Werthimer), Harvard 1.5 m (Marcy), Horowitz con 1.8 m dedicato solo a questo progetto

Dal 1961 a oggi, tutti i progetti
SETI, CETI, OSETI etc...
non hanno dato alcun
risultato...

Considerato che non se ne viene a capo, alcuni gruppi di astrofisici hanno affrontato il problema in modo diverso:

"Non cercare le tracce delle civiltà aliene tecnologicamente evolute, ma cercare i luoghi adatti dove esse potrebbero svilupparsi"

Simulazioni numeriche al computer
utilizzando i "Metodi Montecarlo"

Simulazione basata
sull'evoluzione nel tempo
della Galassia e delle stelle in
essa contenute

negli ultimi 13.7 miliardi di anni

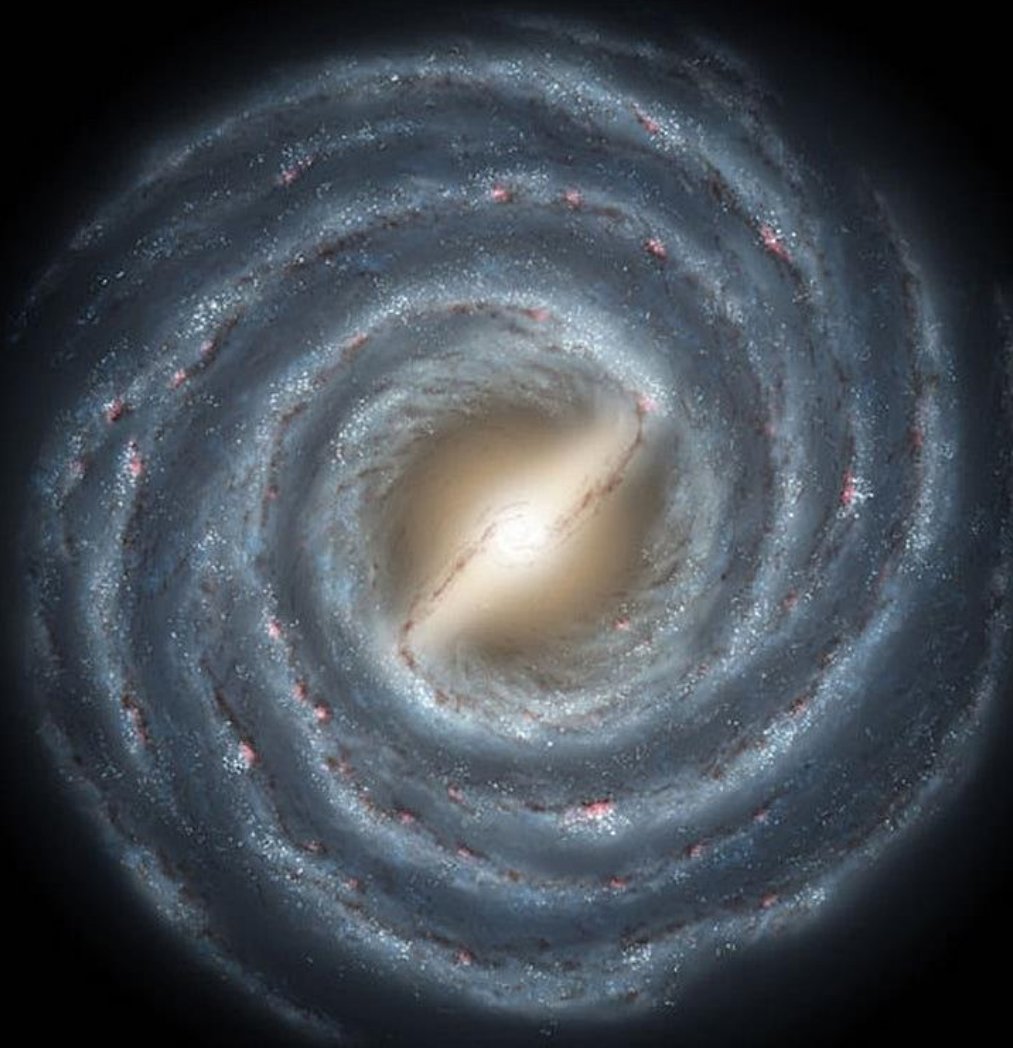
simulazione basata sull'evoluzione della Galassia dalla sua origine in poi.

Criteri di Simulazione

Principio 1:

In ogni area della Galassia dove sono verificati i criteri astrofisici per lo sviluppo della vita intelligente e tecnologicamente evoluta, essa si sviluppa con probabilità "p" compresa tra 0 e 1.

La nostra galassia



Caratteristiche fisiche

Tipo Galassia a spirale
barrata

Classe SBbc

Massa $6,82 \times 10^{11} M_{\odot}$

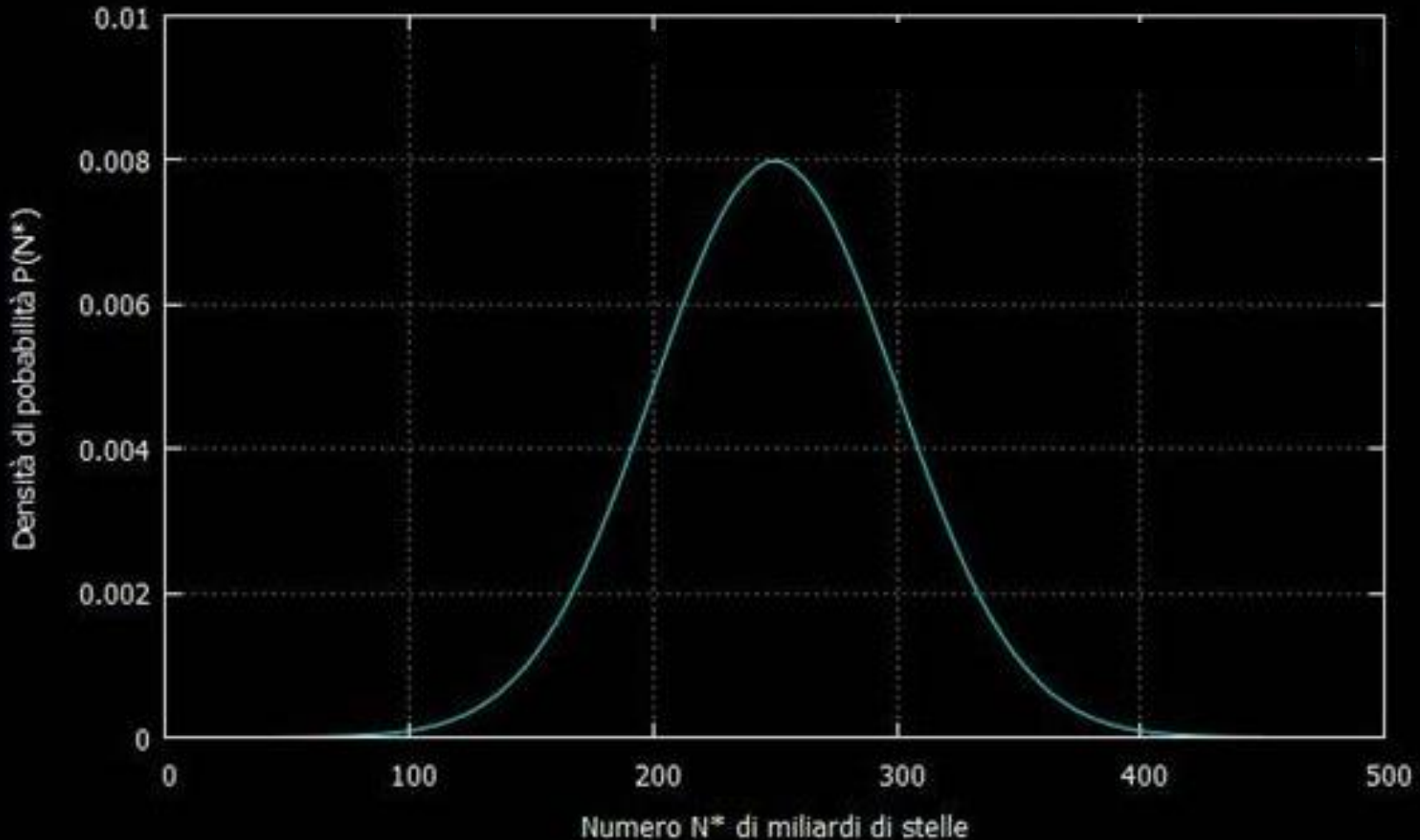
Dimensioni 100 000 a.l.
(32 600 pc)

**Magnitudine
assoluta (V)** -20,9

Età stimata 13,7 miliardi di anni

Caratteristiche rilevanti **Spessore:**
gas: 12 000 al^[1]
fascia stellare: 1 000 al
Periodo di rotazione:
barra: 15-18 milioni di anni^[2]
spirale: 50 milioni di anni^[2]
Sole: 225-250 milioni di anni

Numero di stelle nella nostra galassia



Valore medio: 250 ± 50 miliardi di stelle

Zona abitabile Galattica

- Criteri di abitabilità attualmente considerati
 - a) Presenza di elementi chimici
 - b) Esplosioni di supernovae
- Nelle prime fasi di formazione della Galassia non c'erano abbastanza metalli per poter formare pianeti tipo Terra, meno che nelle regioni centrali della Galassia, dove però il tasso di esplosioni di supernove era troppo alto.
- Col passar del tempo i metalli si formano nelle regioni più esterne della Galassia creando condizioni di abitabilità in regioni con poche esplosioni di supernovae

Criteri astrofisici

- 1) Lo "stellar formation rate" $SFR(t)$ deve essere inferiore ad un valore critico SFR_0 .
- 2) La "Densità numerica locale delle stelle" $DNL(t)$ deve essere inferiore ad un valore critico DNL_0 .

Valori critici

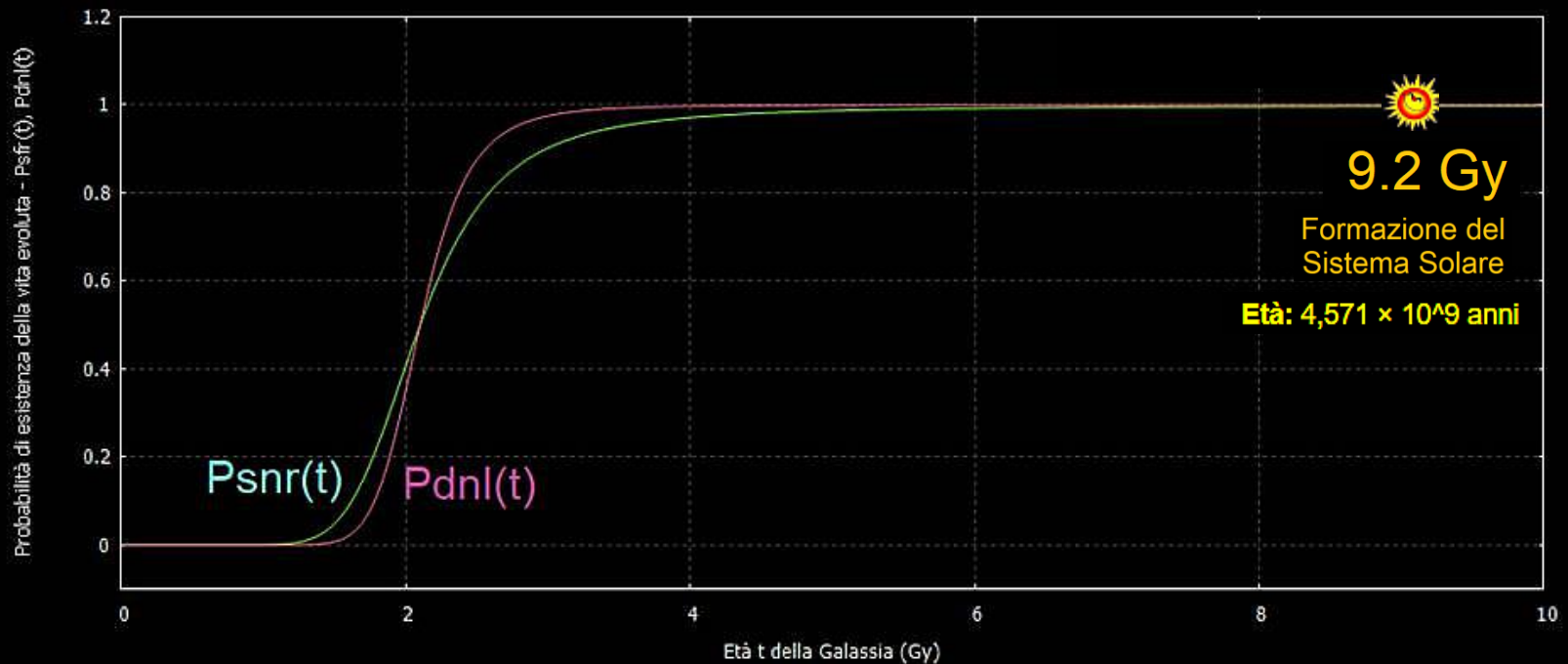
$$SFR_0 = 3.0 \cdot 10^{-3} \text{ Mo/Kpc}^2/\text{anno}$$
$$= 3.7 \text{ Mo/anno}$$

$$DNL_0 = 6.1 \cdot 10^7 \text{ Mo/Kpc}^2$$

Probabilità di esistenza della vita tecnologicamente evoluta in funzione del tempo, nella Galassia

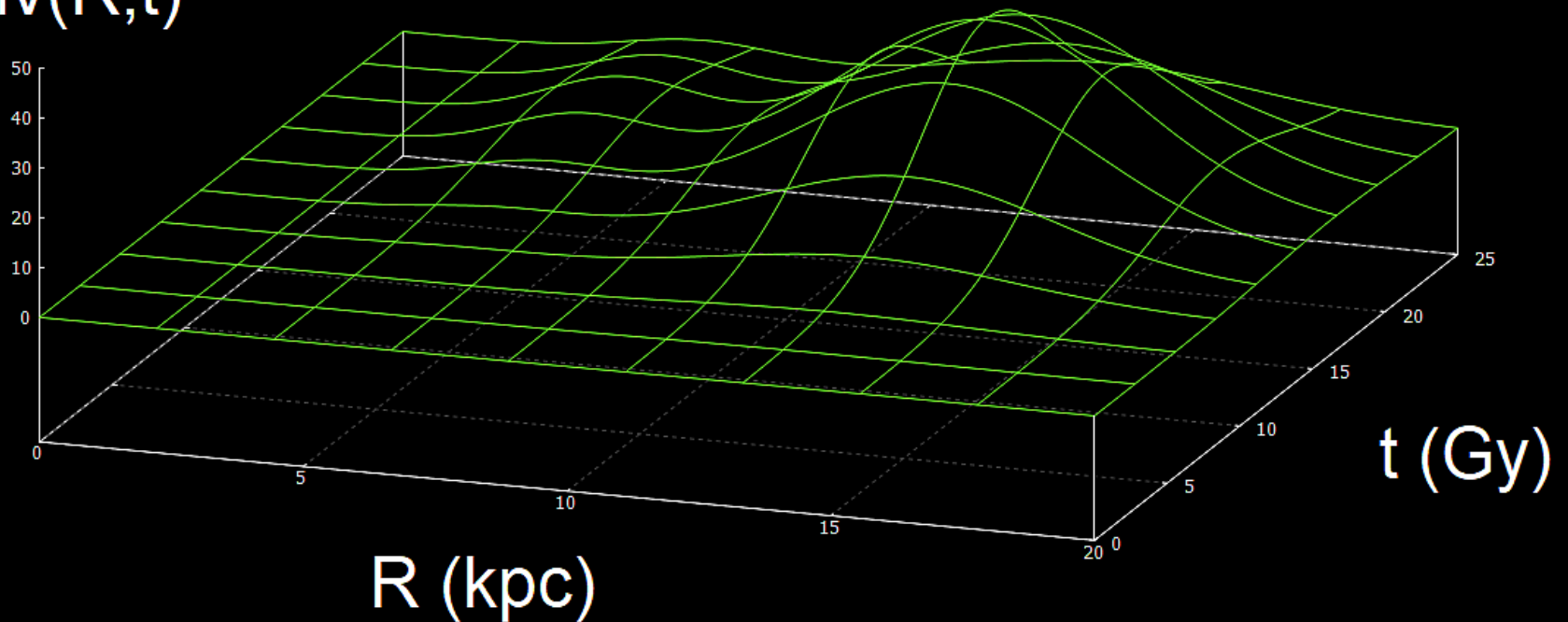
Probabilità $P_{\text{snr}}(t)$: Stellar Formation Rate

Probabilità $P_{\text{dnl}}(t)$: Densità numerica locale delle stelle



Numero $N(r,t)$ di civiltà aliene tecnologicamente evolute presenti nella Galassia in funzione della sua età t (Gy) e della distanza r (Kpc) dal centro galattico per una probabilità di sopravvivenza $p=0.5$.

$N_{civ}(R,t)$



qualche risultato...

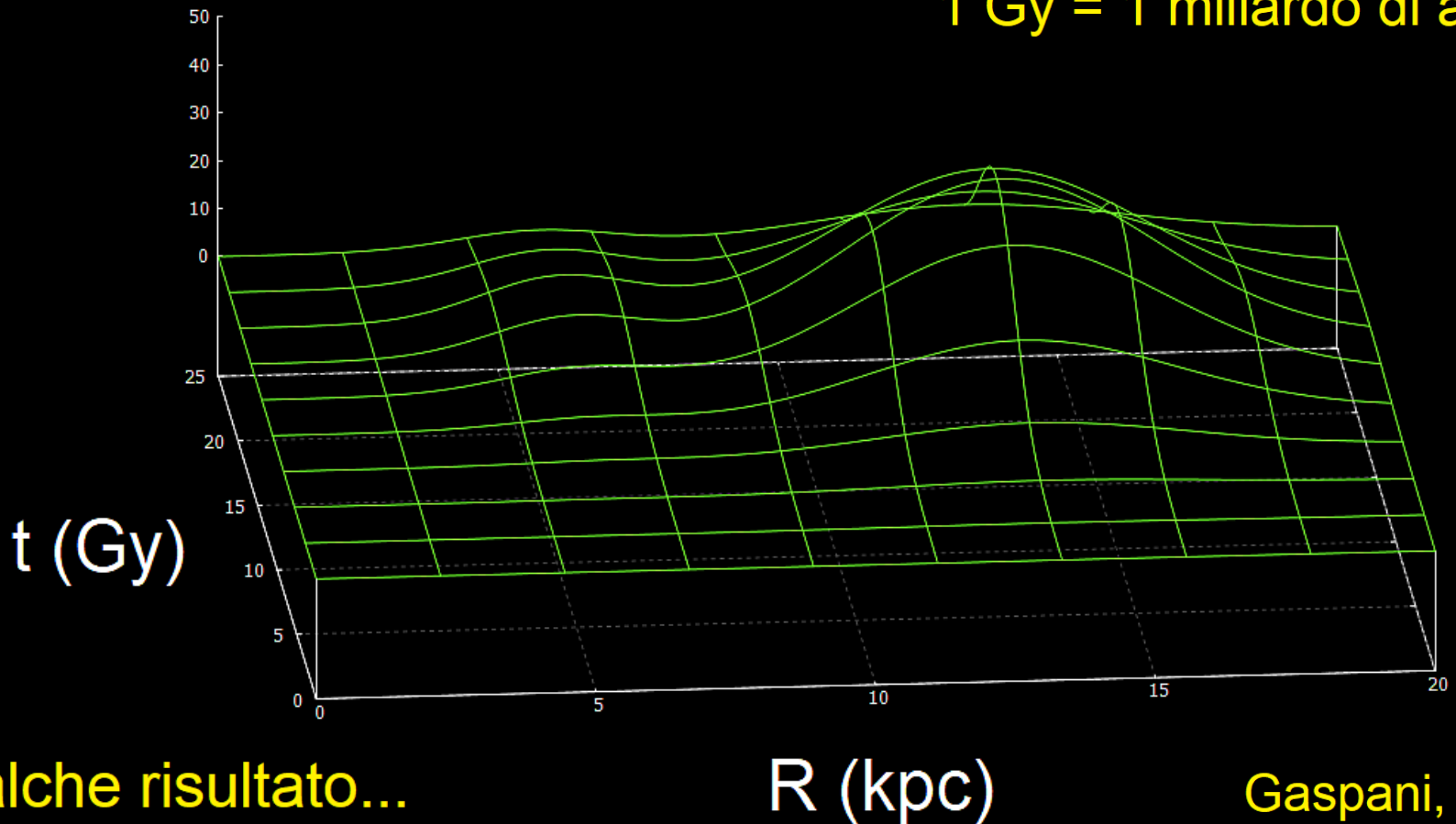
Gaspani, 2021

Numero $N(r,t)$ di civiltà aliene tecnologicamente evolute presenti nella Galassia in funzione della sua età t (Gy) e della distanza r (Kpc) dal centro galattico per una probabilità di sopravvivenza $p=0.5$.

$N_{civ}(R,t)$

1 Kpc = 3260 A.L.

1 Gy = 1 miliardo di anni



qualche risultato...

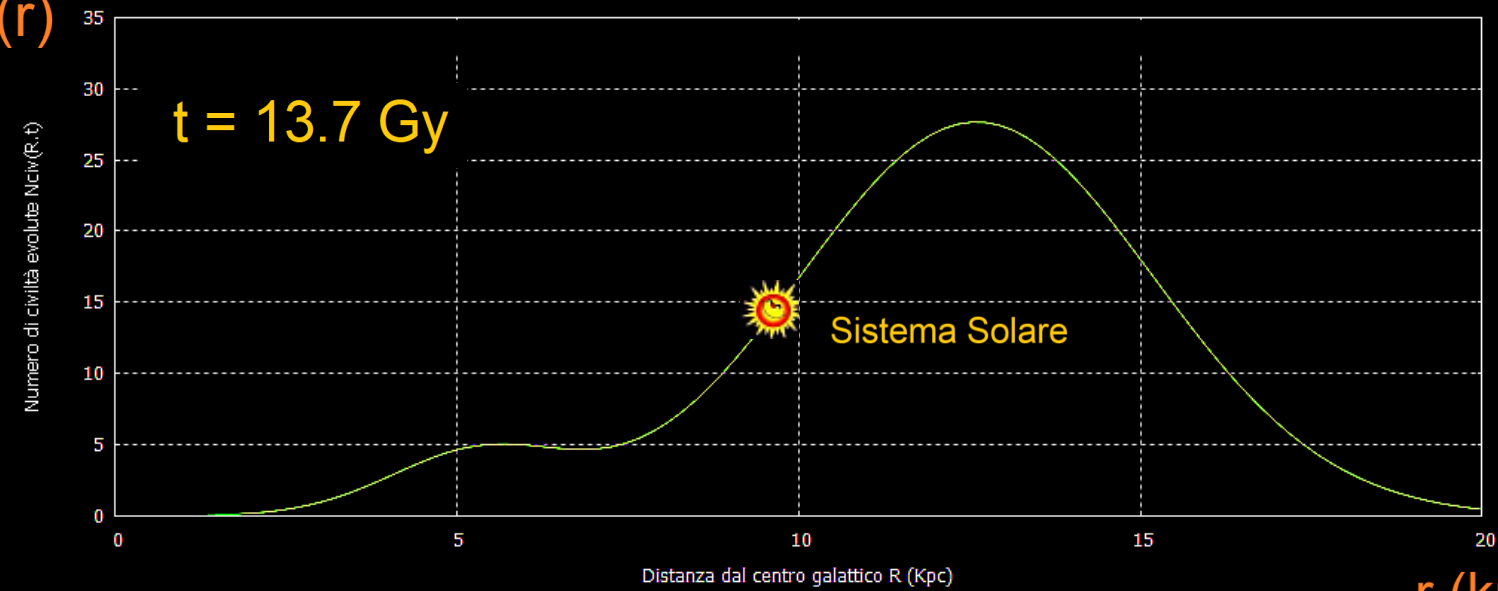
R (kpc)

Gaspani, 2021

1 Kpc = 3260 A.L.
1 Gy = 1 miliardo di anni

$N_{civ}(r)$

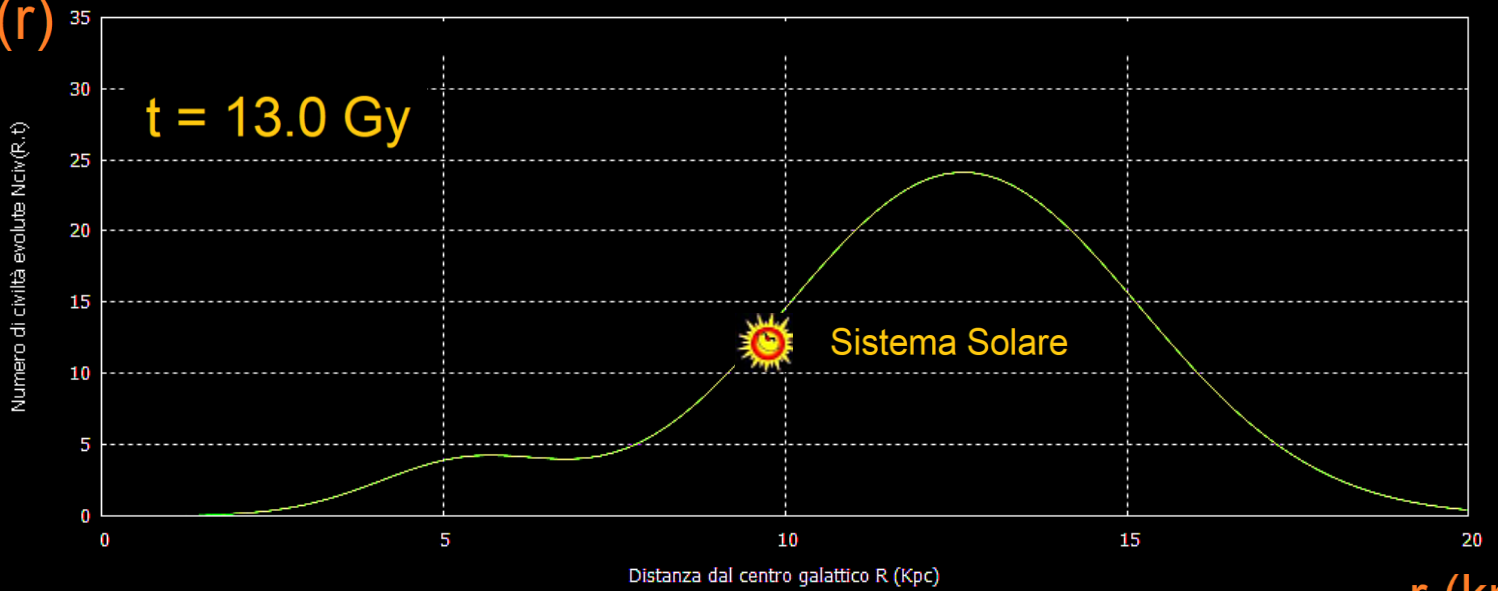
Distribuzione spaziale delle civiltà nella Galassia per $t=13.7$ Gy



r (kpc)

$N_{civ}(r)$

Distribuzione spaziale delle civiltà nella Galassia per $t=13.0$ Gy

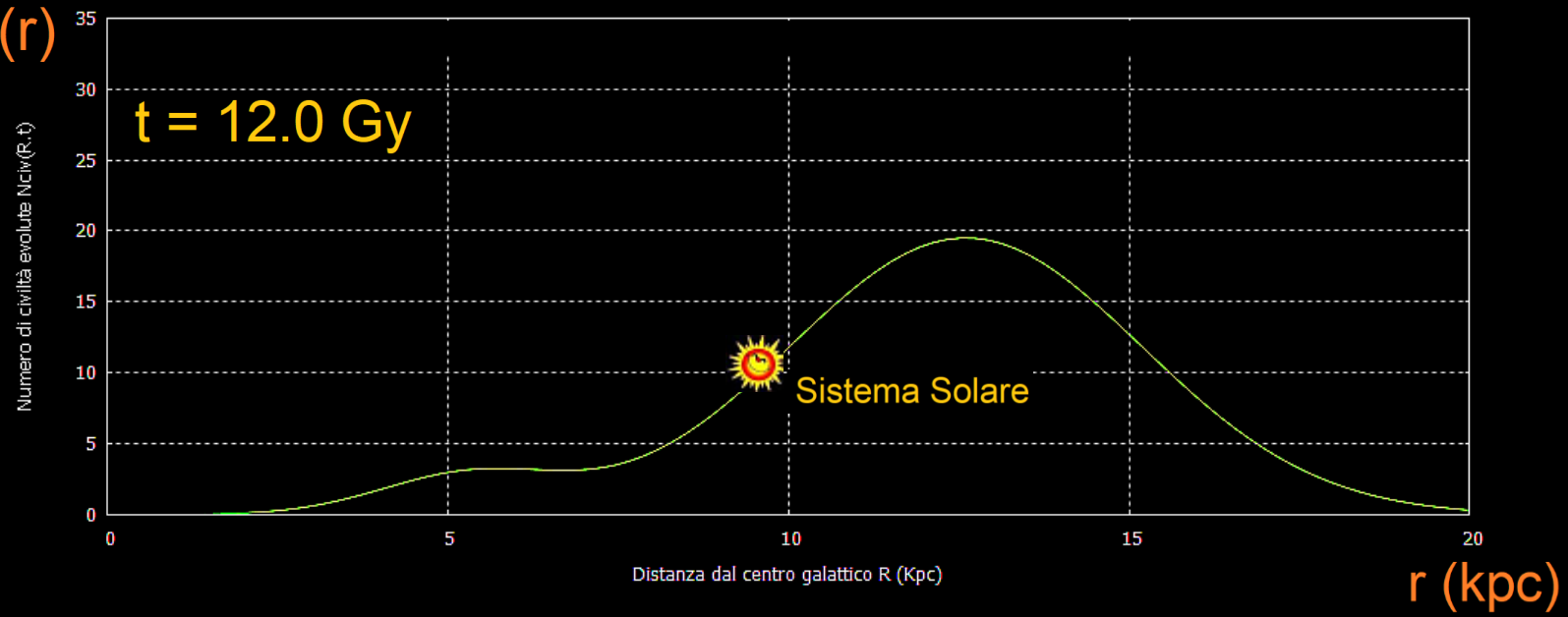


r (kpc)

1 Kpc = 3260 A.L.
1 Gy = 1 miliardo di anni

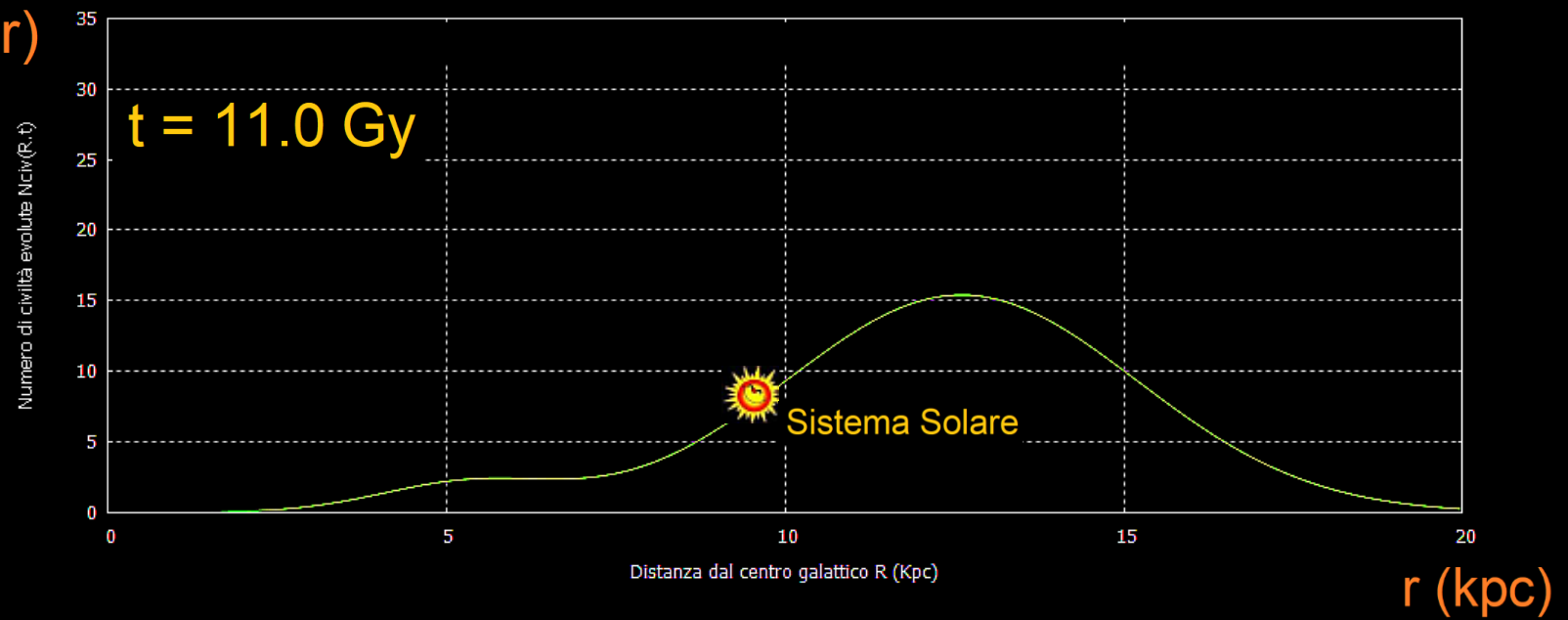
Distribuzione spaziale delle civiltà nella Galassia per t=12.0 Gy

$N_{civ}(r)$



Distribuzione spaziale delle civiltà nella Galassia per t=11.0 Gy

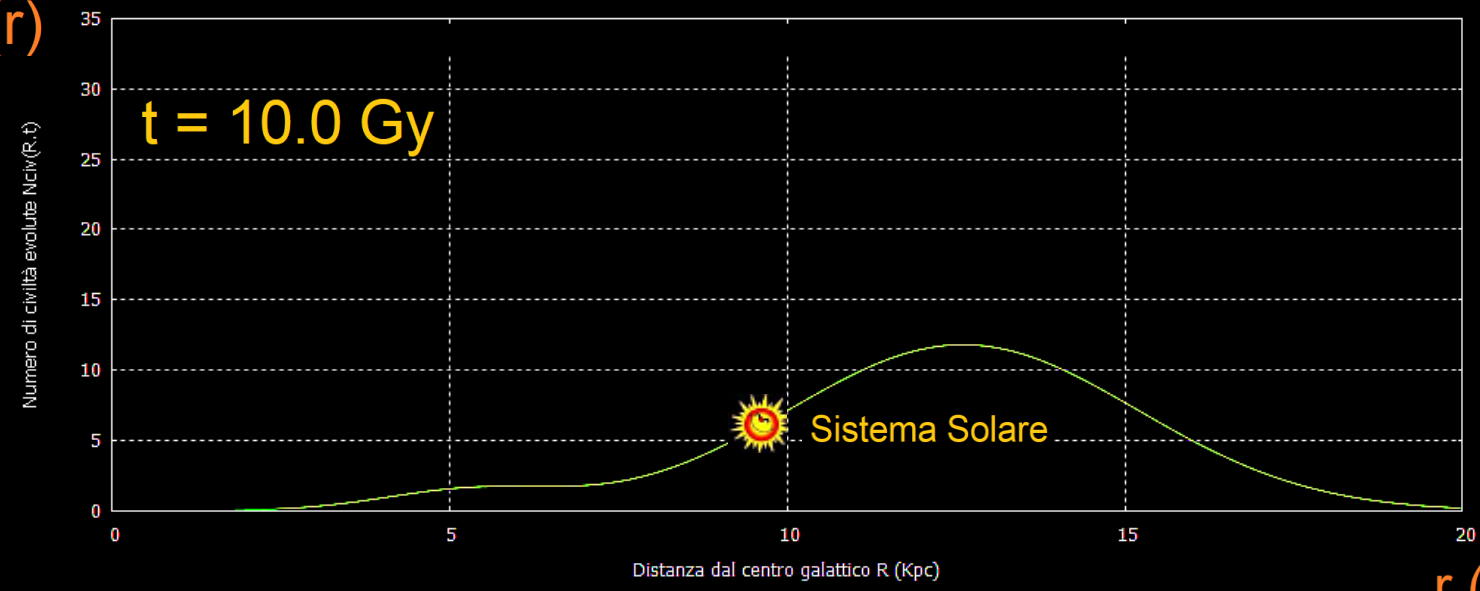
$N_{civ}(r)$



1 Kpc = 3260 A.L.
1 Gy = 1 miliardo di anni

Distribuzione spaziale delle civiltà nella Galassia per t=10.0 Gy

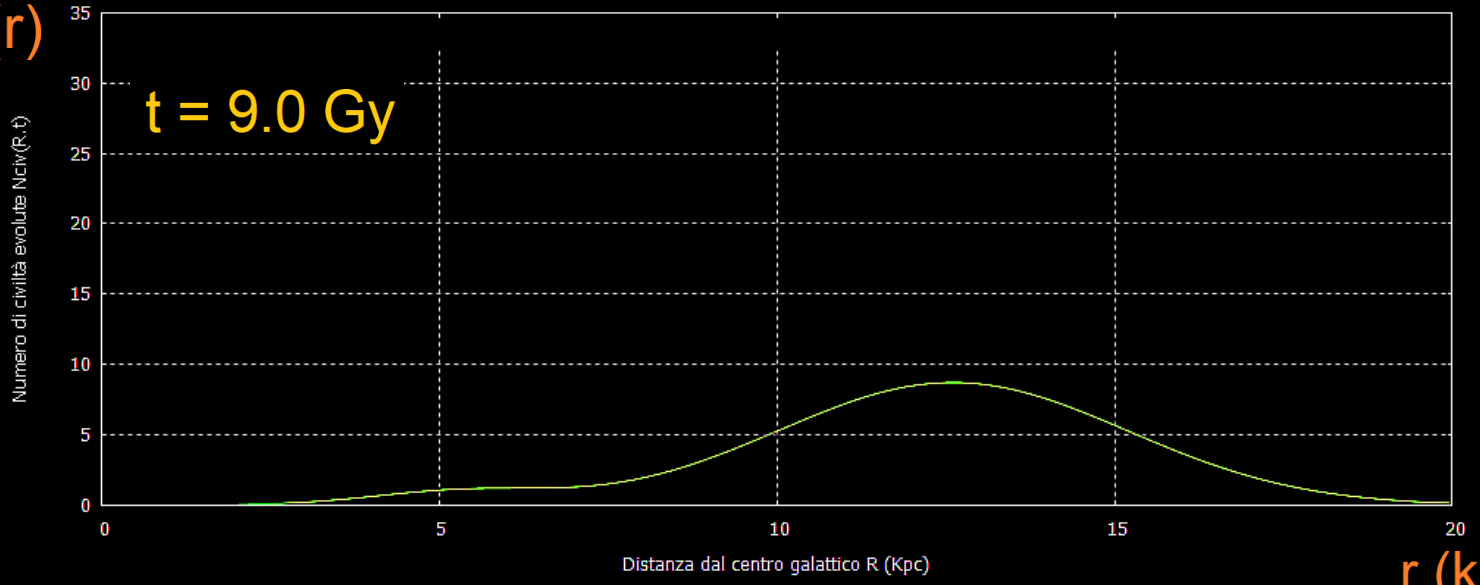
Nciv(r)



r (kpc)

Distribuzione spaziale delle civiltà nella Galassia per t=9.0 Gy

Nciv(r)

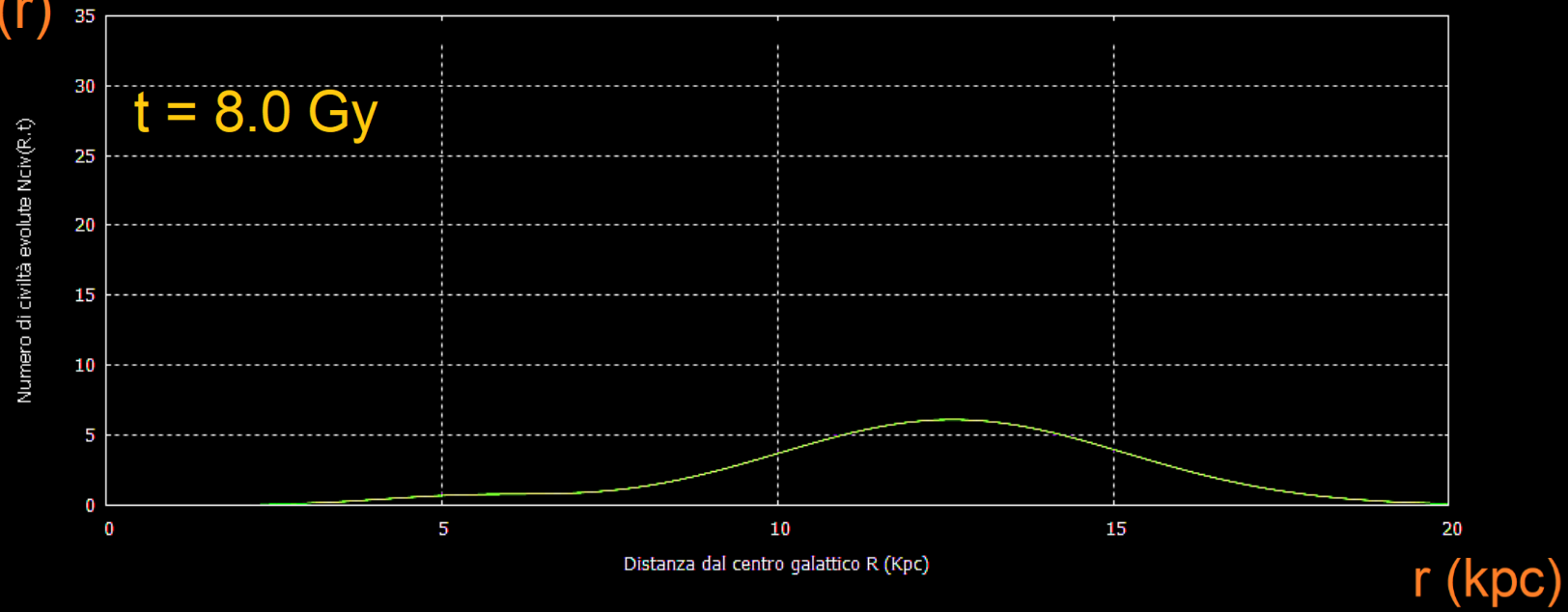


r (kpc)

1 Kpc = 3260 A.L.
1 Gy = 1 miliardo di anni

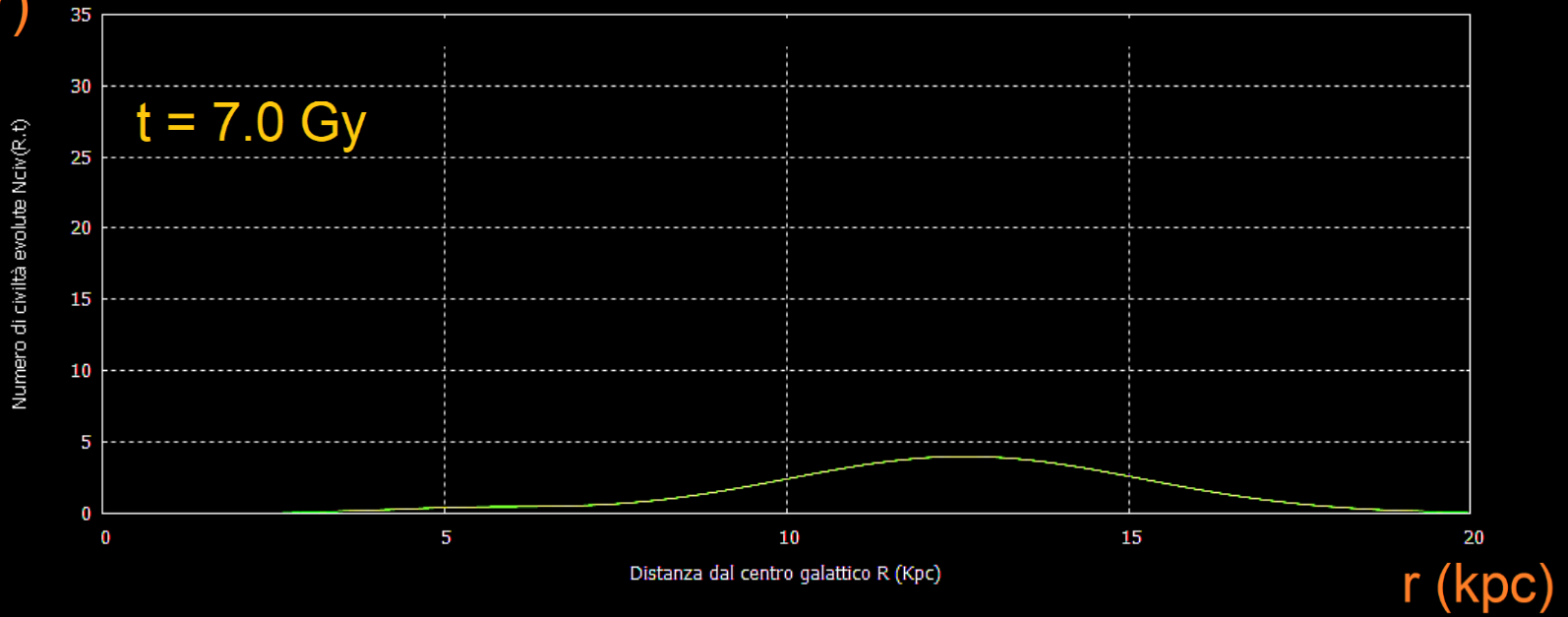
$N_{civ}(r)$

Distribuzione spaziale delle civiltà nella Galassia per $t=8.0$ Gy



$N_{civ}(r)$

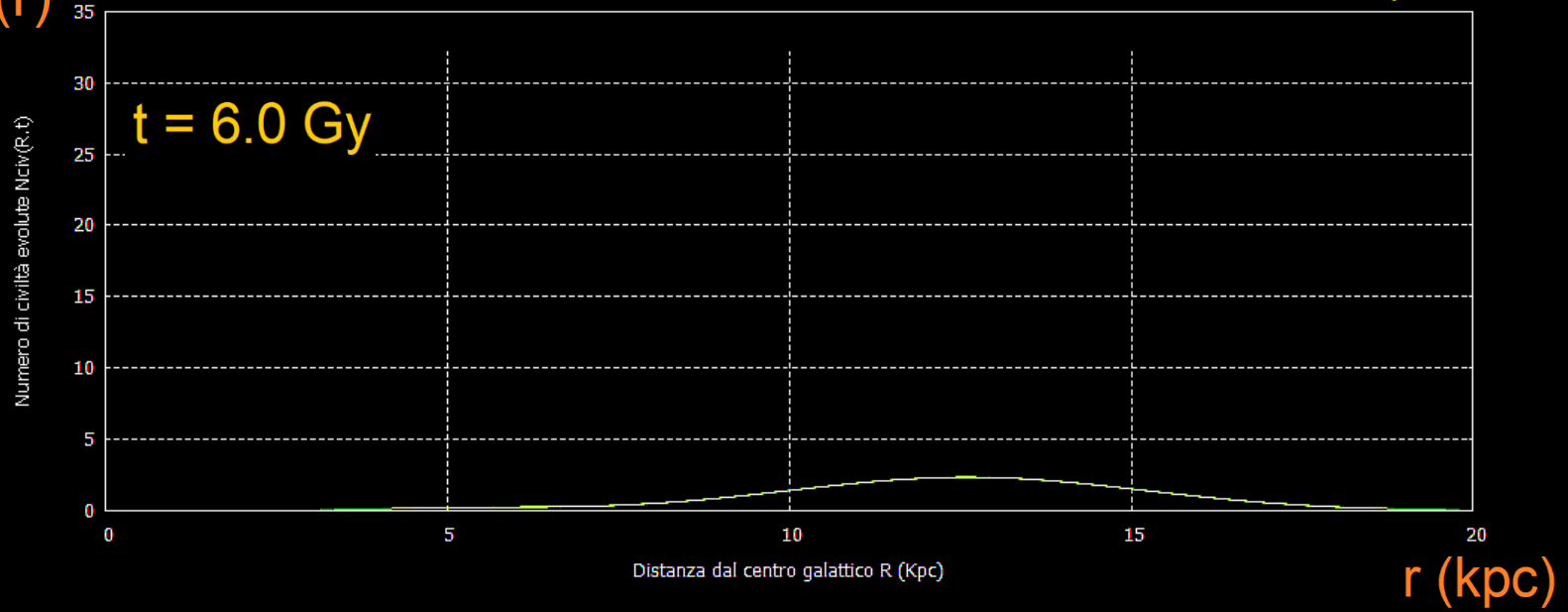
Distribuzione spaziale delle civiltà nella Galassia per $t=7.0$ Gy



Nciv(r)

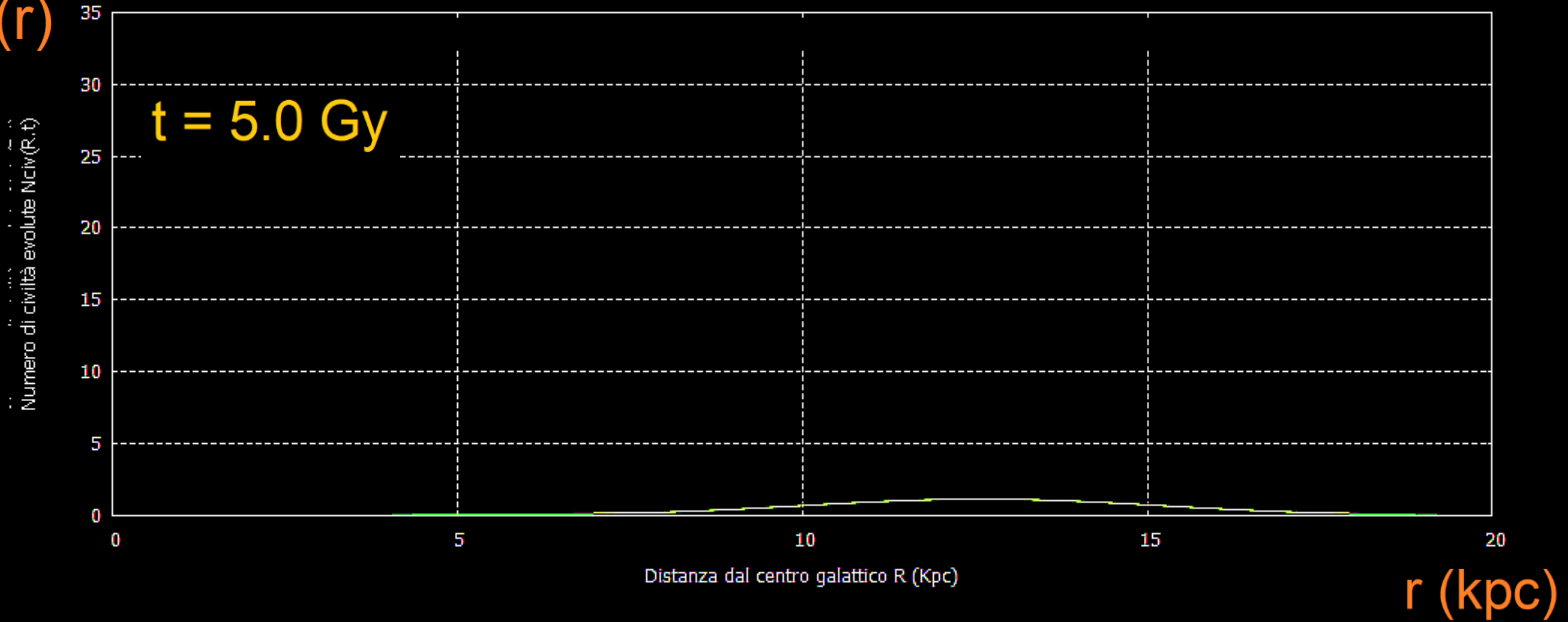
Distribuzione spaziale delle civiltà nella Galassia per $t=6.0$ Gy

1 Kpc = 3260 A.L.
1 Gy = 1 miliardo di anni



Nciv(r)

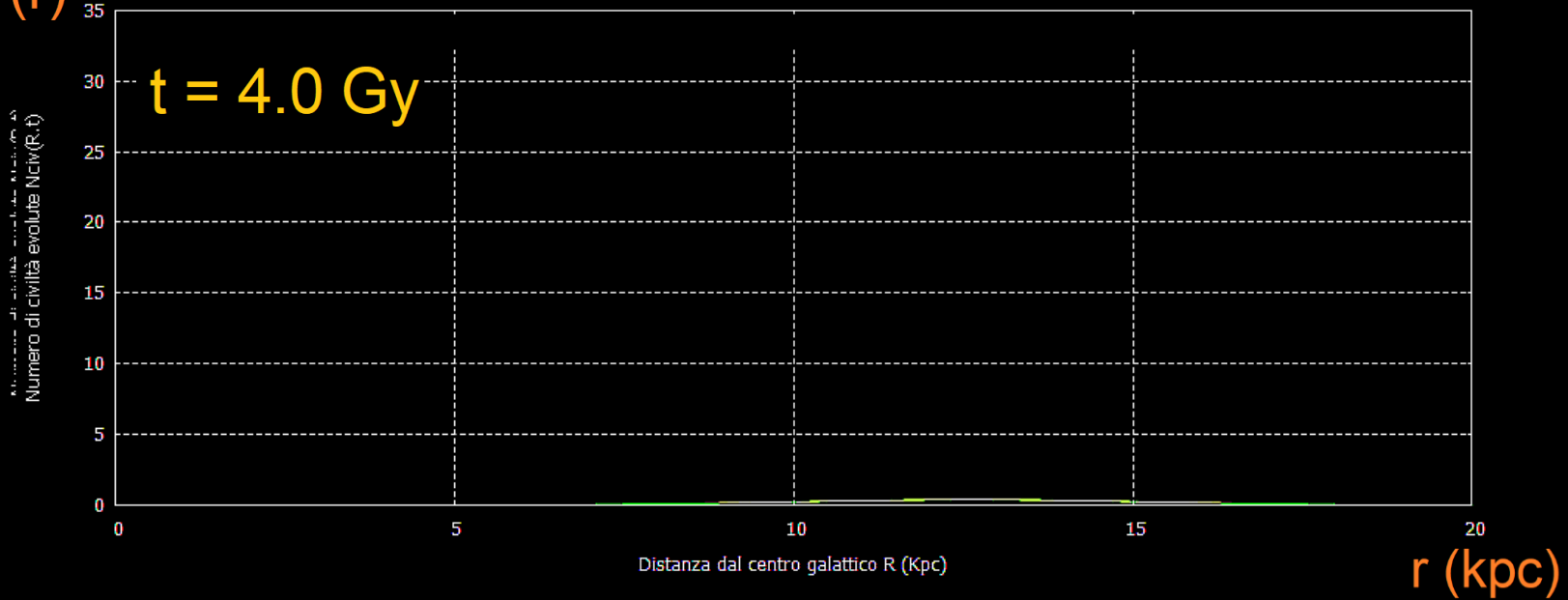
Distribuzione spaziale delle civiltà nella Galassia per $t=5.0$ Gy



1 Kpc = 3260 A.L.
1 Gy = 1 miliardo di anni

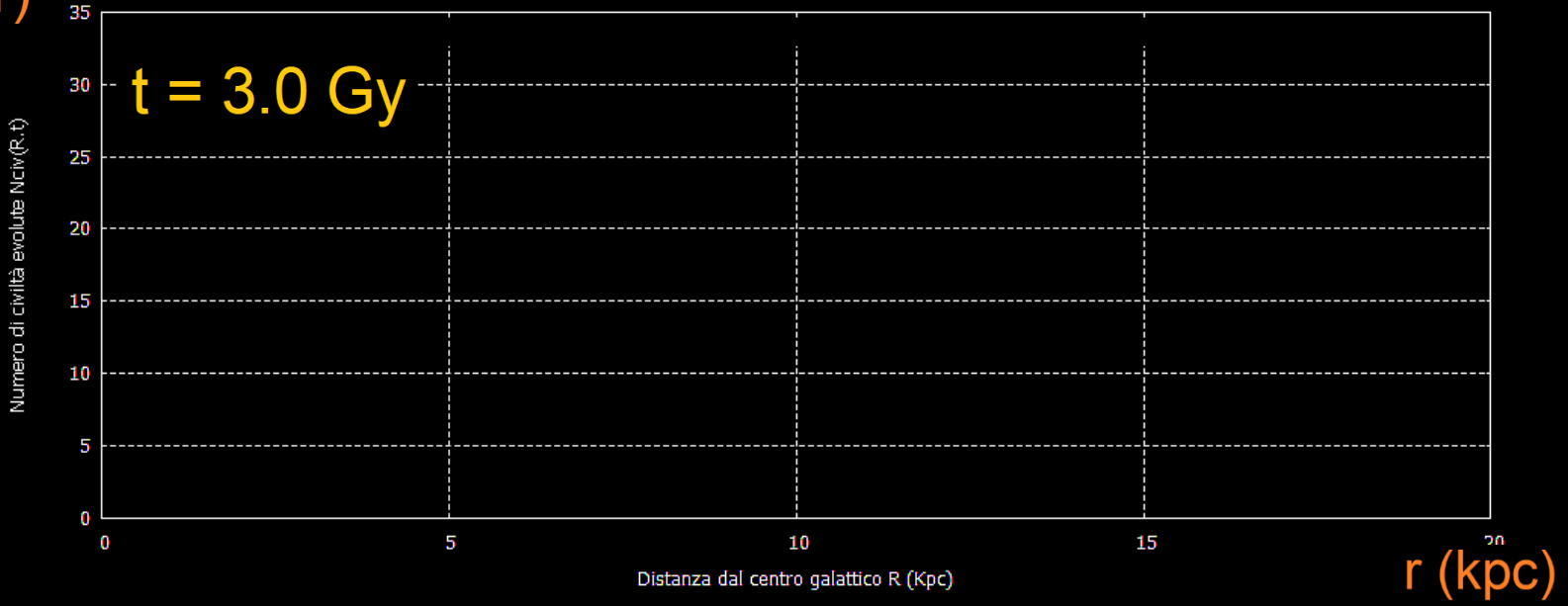
Nciv(r)

Distribuzione spaziale delle civiltà nella Galassia per t=4.0 Gy



Nciv(r)

Distribuzione spaziale delle civiltà nella Galassia per t=3.0 Gy



New Arm

SFR < SFR_o
DNL < DNL_o

Extrapolated

SFR < SFR_o
DNL < DNL_o

Scutum-Centaurus

● Sun

SFR < SFR_o
DNL < DNL_o

Perseus

Valori critici

$$\text{SFR}_o = 3.0 \cdot 10^{-3} \text{ Mo/Kpc}^2/\text{anno}$$
$$= 3.7 \text{ Mo/anno}$$

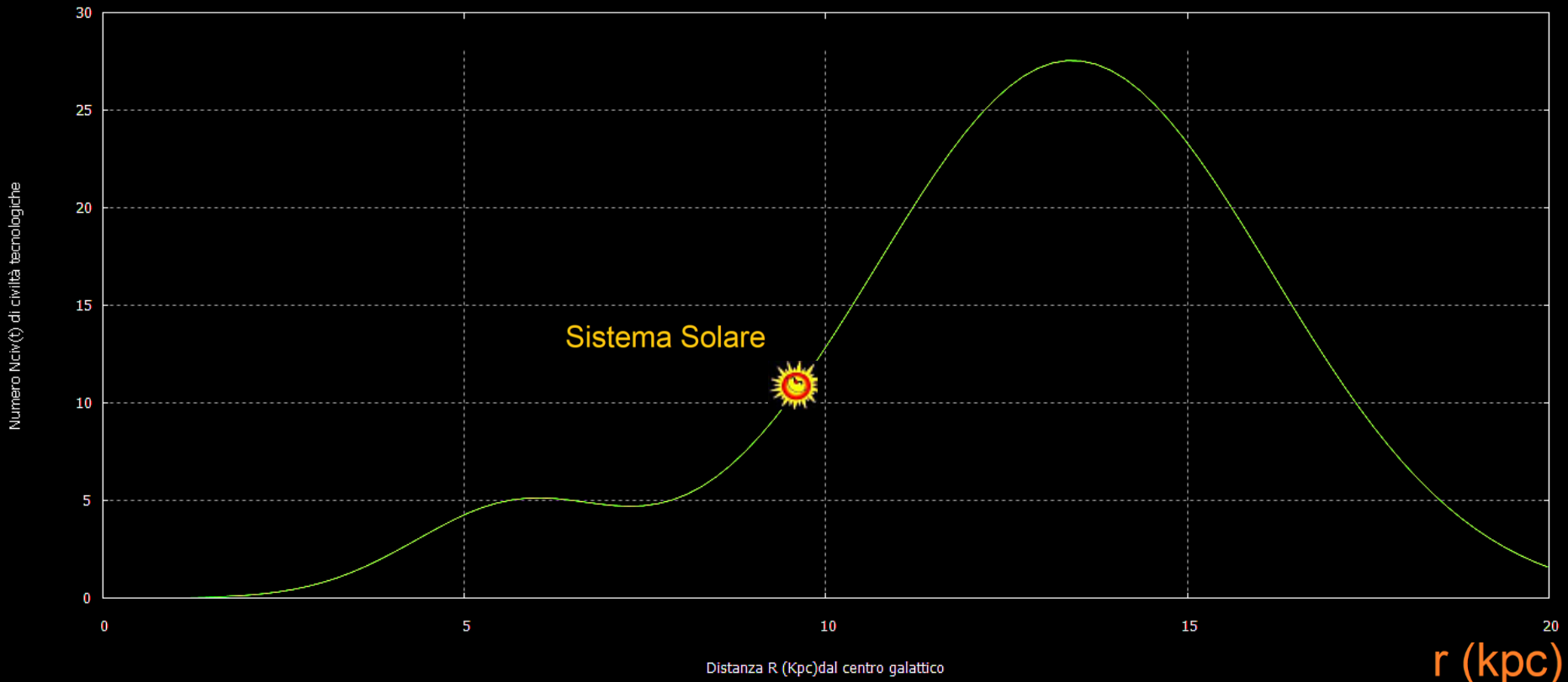
$$\text{DNL}_o = 6.1 \cdot 10^7 \text{ Mo/Kpc}^2$$

- 1 : primo massimo di $N(r,t)$
 $r1 = 5.34 \text{ Kpc}; s1 = 1.33 \text{ Kpc}$
- 2 : secondo massimo di $N(r,t)$
 $r2 = 12.6 \text{ Kpc}; s2 = 2.59 \text{ Kpc}$

La situazione attuale (13.7 Gy) nella nostra galassia

$N_{civ}(r)$

Milky Way - Età $t=13.7$ Gy

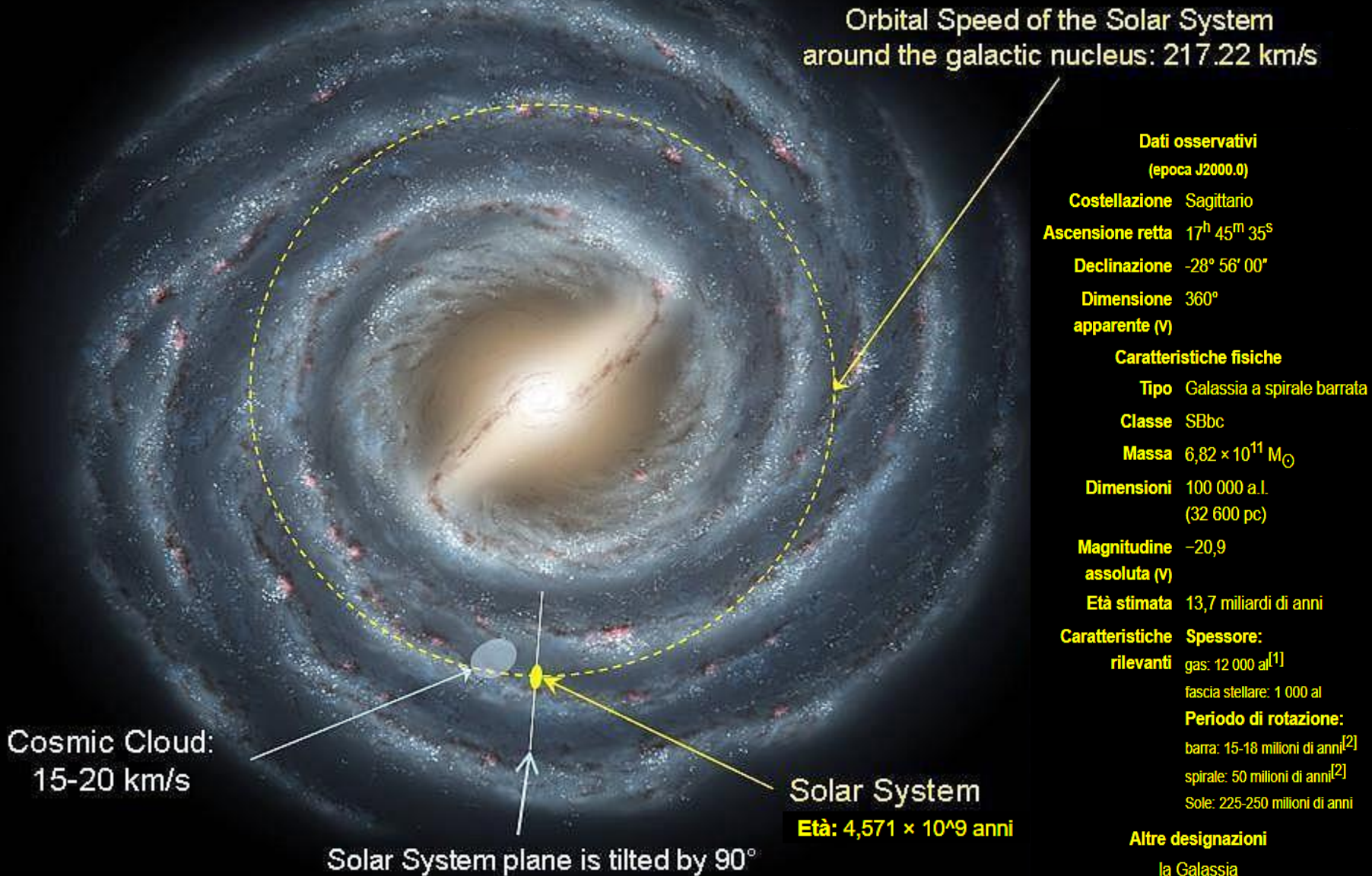


1 Kpc = 3260 A.L.

1 Gy = 1 miliardo di anni

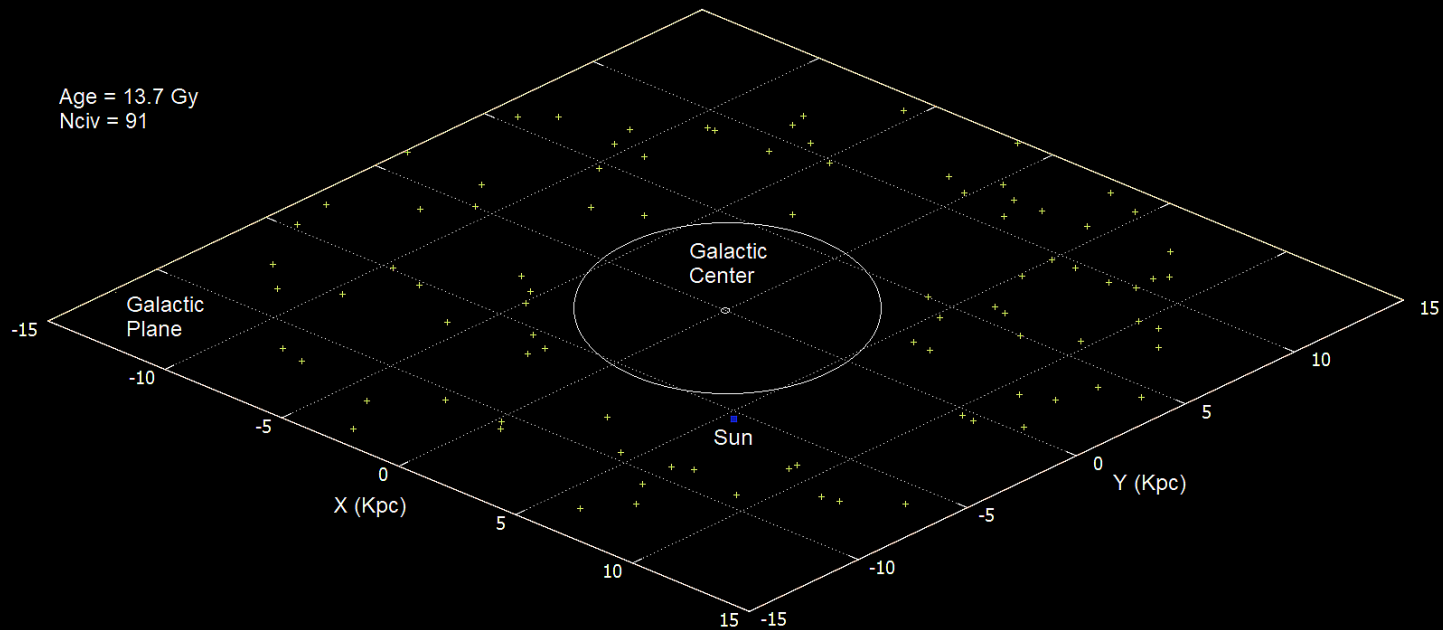
Gaspani, 2021

La posizione del Sole e la sua orbita nella Galassia



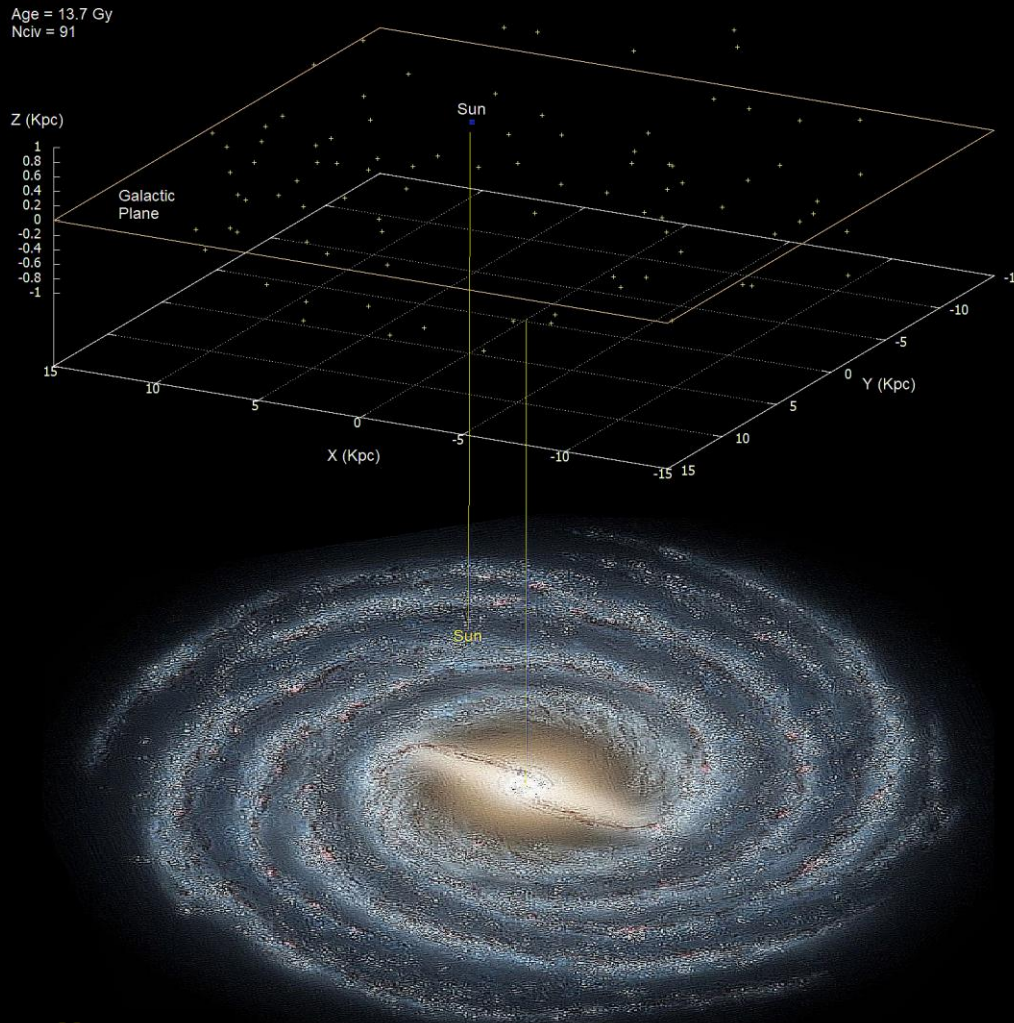
Nella nostra galassia, quante civiltà tecnologicamente evolute ci dovrebbero essere?

$$N_{\text{civ}}(13.7 \text{ Gy}) = 91 \pm 10$$



più o meno distribuite così...

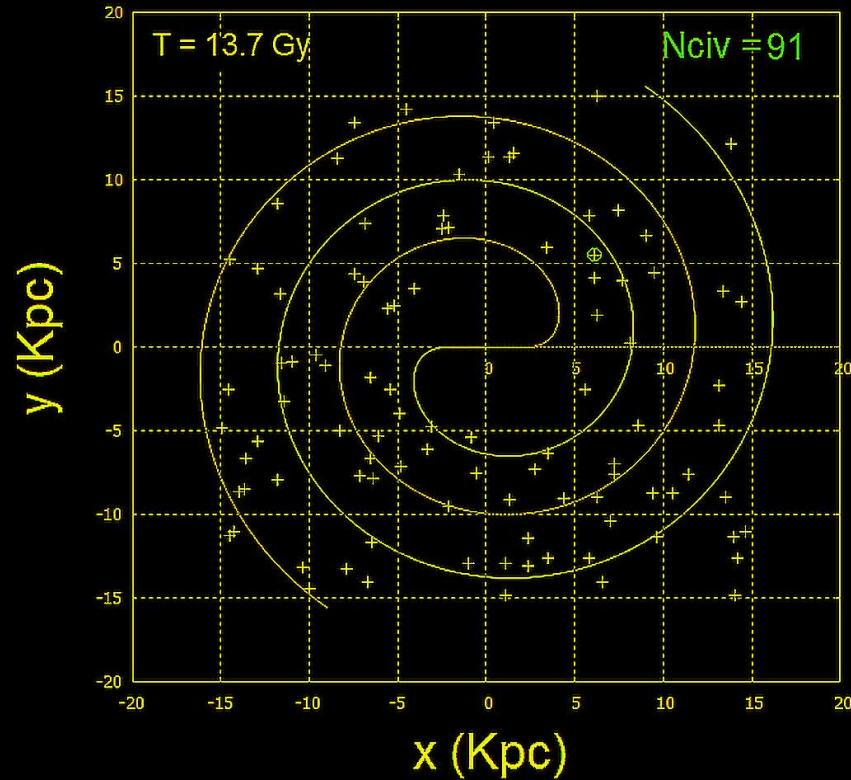
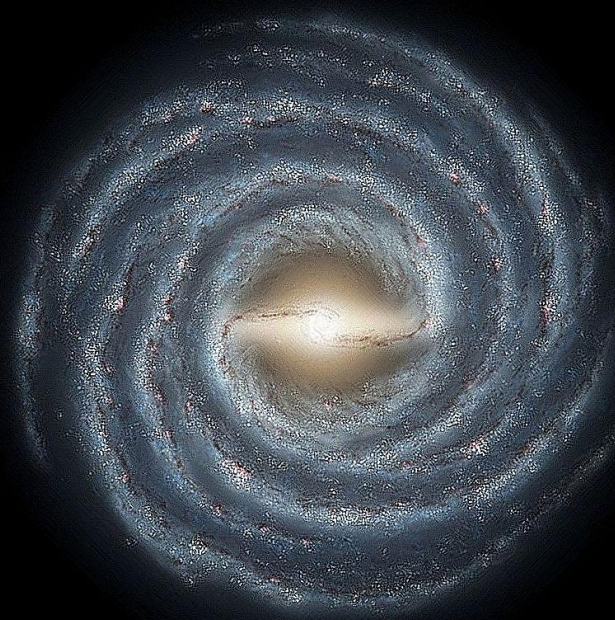
Distribuzione spaziale 3D delle possibili civiltà aliene



Distanza media
reciproca: 9290 A.L.

Gaspani, 2021

La situazione attuale (13.7 Gy)



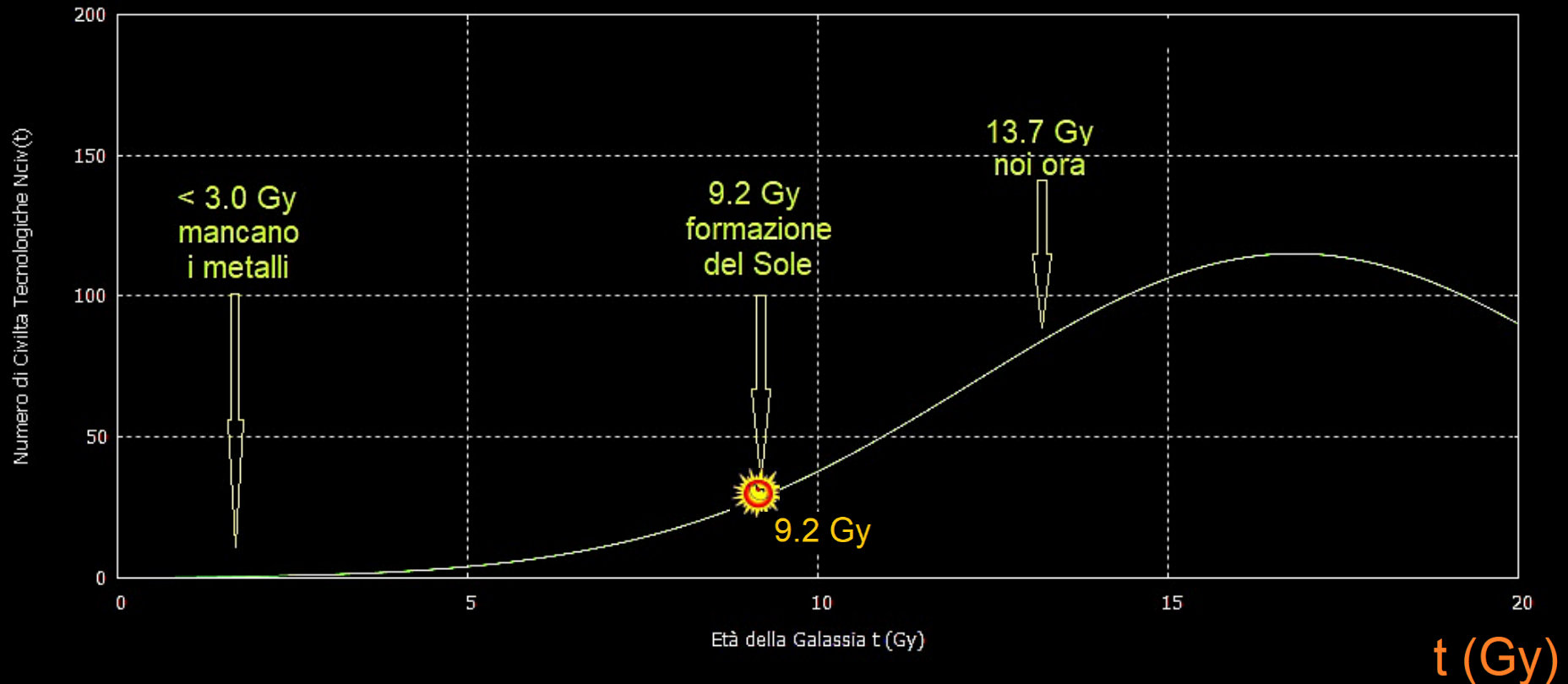
1 Kpc = 3260 A.L.

1 Gy = 1 miliardo di anni

L'evoluzione nel tempo

Numero di civiltà apparse
nella Galassia nei miliardi di anni

$N_{civ}(t)$



1 Gy = 1 miliardo di anni

Densità media di sviluppo delle civiltà tecnologicamente evolute:

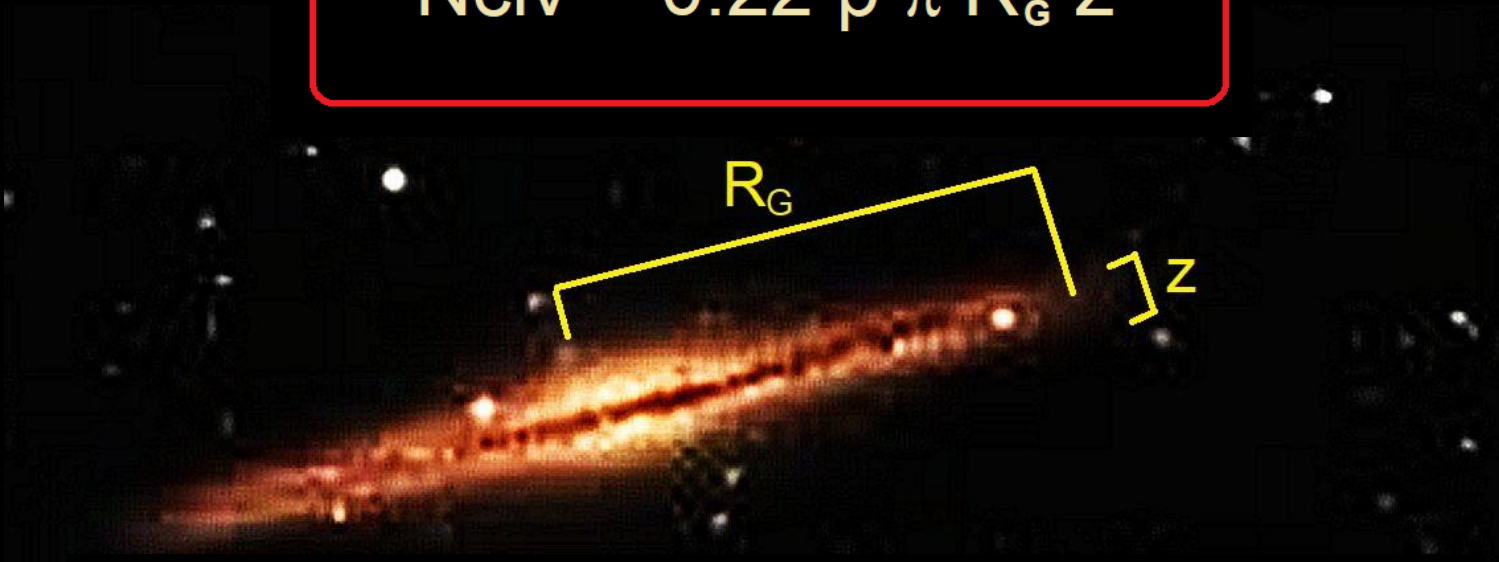
$$\text{Dens(civ)} = 0.22 \cdot p \quad \text{civiltà/kpc}^3$$

p = probabilità media di sopravvivenza

valida per le galassie a disco, non solo per la nostra galassia

Numero di civiltà tecnologicamente evolute
attualmente presenti in una galassia di
raggio R_G (Kpc) e spessore z (Kpc)

$$N_{\text{civ}} = 0.22 \rho \pi R_G z$$



ρ = probabilità media di sopravvivenza

valida per le galassie a disco, non solo
per la nostra galassia

Il Livello Tecnologico

Le civiltà evolute possono in un certo tempo raggiungere svariati livelli di tecnologia e può essere utile stabilire alcuni criteri atti a valutare il grado di tecnologia raggiunto da una data civiltà evoluta.

Già nel 1964 l'astronomo russo Nikolai Kardashev mise a punto una scala di valutazione del grado tecnologico raggiunto da una civiltà durante il suo sviluppo e la sua evoluzione.

La scala di Kardashev

(basata sul consumo di energia)

La scala di Kardashev è un metodo di classificazione delle civiltà in funzione del loro livello tecnologico, proposta nel 1964 dall'astronomo russo Nikolai Kardashev.

Egli propose una scala con 5 livelli, da I a IV, più un livello di partenza 0.

Si compone di tre tipi, basati sulla quantità di energia di cui le civiltà dispongono, secondo una progressione esponenziale.

L'esistenza delle civiltà descritte è del tutto ipotetica, ma questa scala è stata utilizzata come base di partenza nella ricerca del progetto SETI, e viene utilizzata anche per classificare la nostra civiltà.

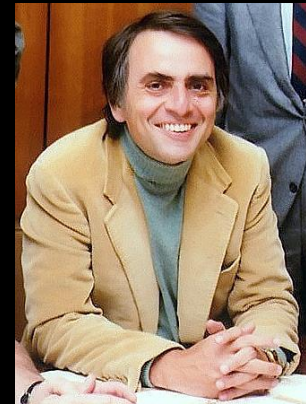


Nikolaj Kardašev

Livello tecnologico di Kardashev

Formula di
Carl Sagan

$$K = \frac{\log_{10} W - 6}{10}$$



Carl Edward Sagan |
(New York, 9 novembre 1934
– Seattle, 20 dicembre 1996)

Tipo K	Energia in Watts.	
Tipo 1	$4 \cdot 10^{12}$	Energia disponibile sul pianeta
Tipo 2	$4 \cdot 10^{26}$	Energia della stella del sistema planetario
Tipo 3	$4 \cdot 10^{37}$	Energia di tutta la galassia
Tipo 4	$4 \cdot 10^{46}$	Energia di un super ammasso di galassie
Tipo 5	$4 \cdot 10^{56}$	Energia di un intero universo

$$K = 0$$

Tipo 0: civiltà (compresa quella terrestre) che non sono in grado di sfruttare tutta l'energia prodotta dal loro pianeta, sia direttamente (energia solare) sia indirettamente (energia eolica, delle maree, dei fiumi, ma anche dei combustibili fossili).

Attualmente il Genere Umano ha raggiunto un livello tecnologico:

$$K = 0.72$$

$$K = 1$$

Tipo I : civiltà potenzialmente in grado di utilizzare una quantità di energia pari a quella disponibile sul suo pianeta d'origine.

Il Genere Umano dovrebbe
arrivare al livello $K=1$ intorno
all'anno 2229

K = 2

Tipo II : civiltà potenzialmente in grado di utilizzare una quantità di energia pari a quella immagazzinata della stella al centro del proprio sistema planetario.

Il Genere Umano dovrebbe
arrivare al livello K=2 intorno
all'anno 2800



$$K = 3$$

Tipo III : civiltà potenzialmente in grado di utilizzare una quantità di energia dell'ordine di grandezza di quella immagazzinata nella propria galassia.

Il Genere Umano dovrebbe
arrivare al livello $K=3$ intorno
all'anno 3371



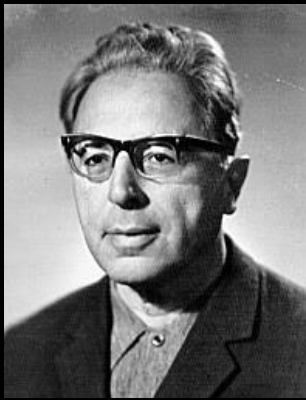
$$K = 4$$

Tipo IV: civiltà potenzialmente in grado di controllare una quantità di energia pari a quella immagazzinata in un ammasso di galassie.

Il Genere Umano dovrebbe
arrivare al livello $K=4$ intorno
all'anno 7027

...ma una civiltà $K4$ non può più essere
biologica...



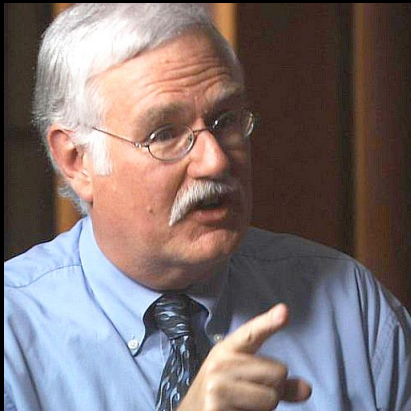


Iosif Samuilovich Shklovsky (1 July 1916 – 3 March 1985)

L'astrofisico russo Iosif Shklovsky, principale collaboratore di Kardashev, giunse però alla conclusione che una civiltà di tipo III non potrebbe sopravvivere a sé stessa e si autoestinguerrebbe rapidamente secondo il concetto della cosiddetta “singolarità tecnologica”.

Il Punto Omega

Punto Omega è un termine coniato dallo scienziato gesuita francese Pierre Teilhard de Chardin per descrivere il massimo livello di complessità e di coscienza verso il quale sembra che l'universo tenda nella sua evoluzione.



Frank Tipler

Frank Jennings Tipler è un fisico e scrittore statunitense, autore della controversa teoria del punto Omega. Insegna fisica matematica alla Tulane University di New Orleans.



Pierre Teilhard de Chardin

Nascita: 1 maggio 1881, Orcines, Francia

Morte: 10 aprile 1955, New York

Pierre Teilhard de Chardin è stato un gesuita, filosofo e paleontologo francese.

L'idea del Punto Omega è stata ripresa in scritti successivi, come quelli di John David Garcia (1971), Paolo Soleri (1981), Frank Tipler (1994) e Juergen Schmidhuber (2018).

Quest'ultimo usa il termine Punto Omega per descrivere ciò che egli sostiene sia:

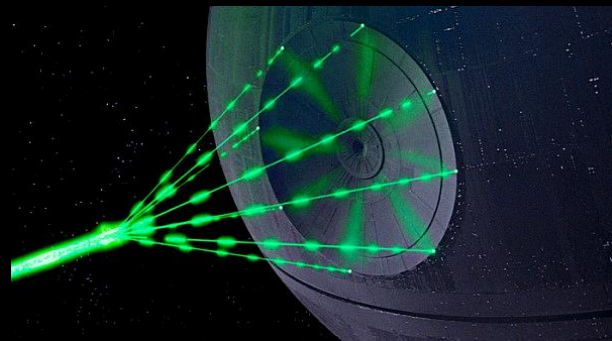
“...il momento in cui avremo una vera Superintelligenza artificiale, che cambierà tutto”.

...è la Singolarità Tecnologica

Il Tipo di Kardashev e l'energia corrispondente possono essere messi in relazione con la probabilità di sopravvivenza della civiltà considerata in quanto maggiore è l'energia correntemente disponibile e maggiore è il pericolo di autodistruzione completa della civiltà.

Già una civiltà di Tipo I, in caso di conflitto, potrebbe disporre di armi sufficientemente potenti da scaricare quantità di energia sufficienti a distruggere l'intero pianeta.

E' lo scenario "Morte Nera di Star Wars"



Probabilità di sopravvivenza di una civiltà tecnologicamente evolute in funzione del suo livello tecnologico misurato mediante il K-rating di Kardashev

La probabilità di sopravvivenza $P(k)$ è data da:

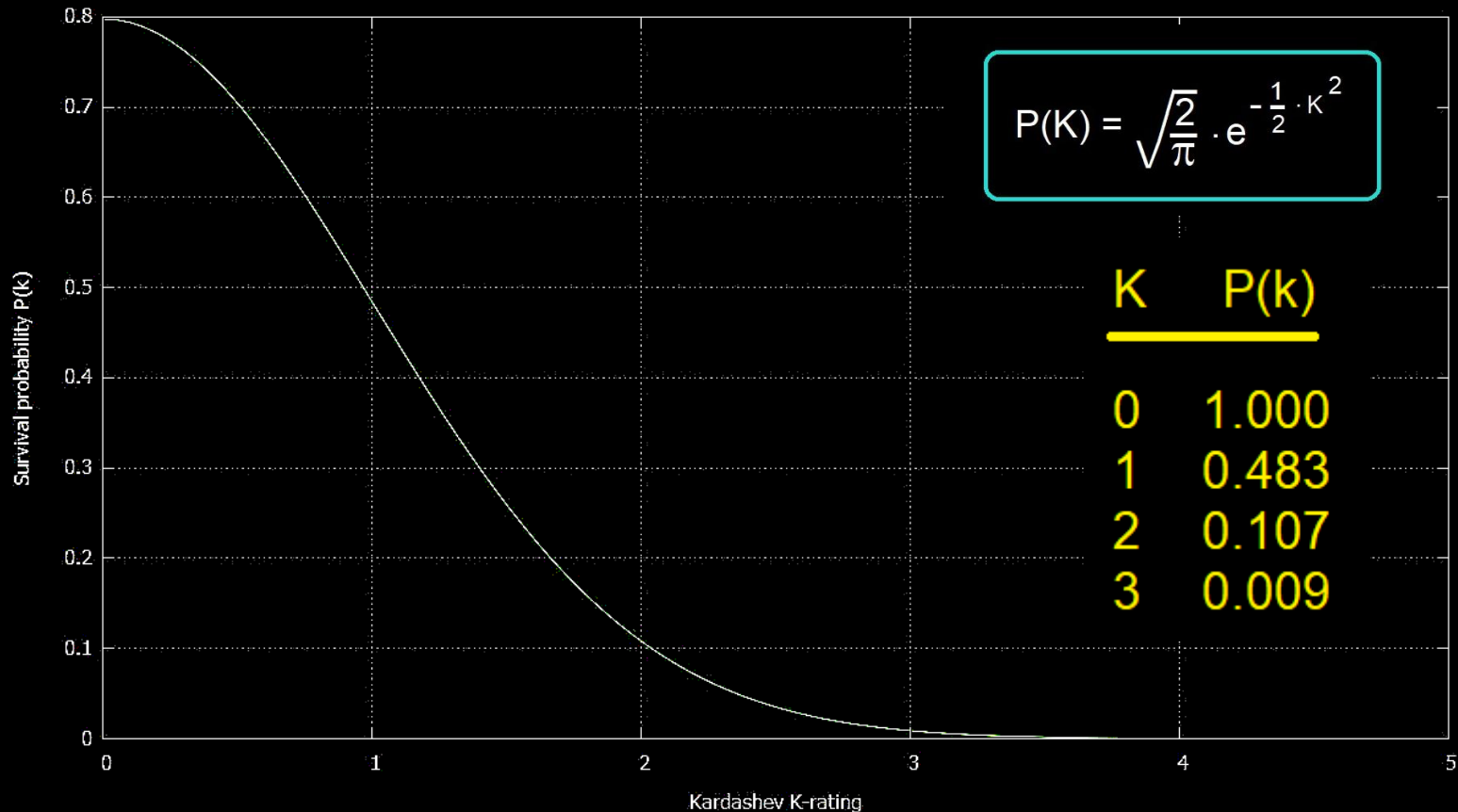
$$P(K) = \sqrt{\frac{2}{\pi}} \cdot e^{-\frac{1}{2} \cdot K^2}$$

Una civiltà tecnologica ha una probabilità bassa di sopravvivere alla sua tecnologia...

Più la tecnologia è alta e più è bassa la probabilità di sopravvivenza...

Probabilità di sopravvivenza di una civiltà tecnologicamente evolute in funzione del suo livello tecnologico misurato mediante il K-rating di Kardashev

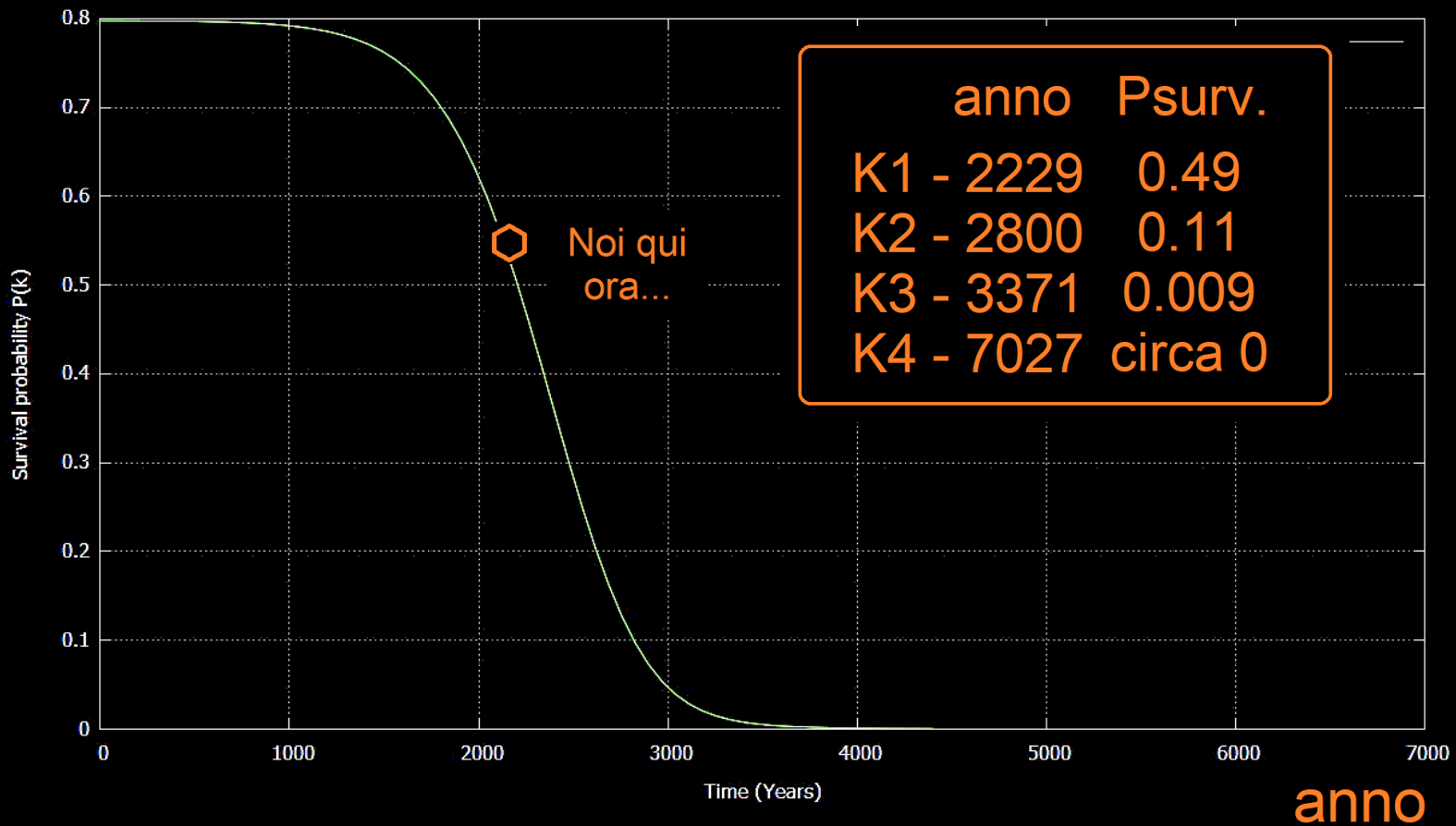
Survival probability as function of the Kardashev K-rating for a technological civilization



Probabilità di sopravvivenza del Genere Umano nel tempo dovuta all'aumento del suo livello tecnologico

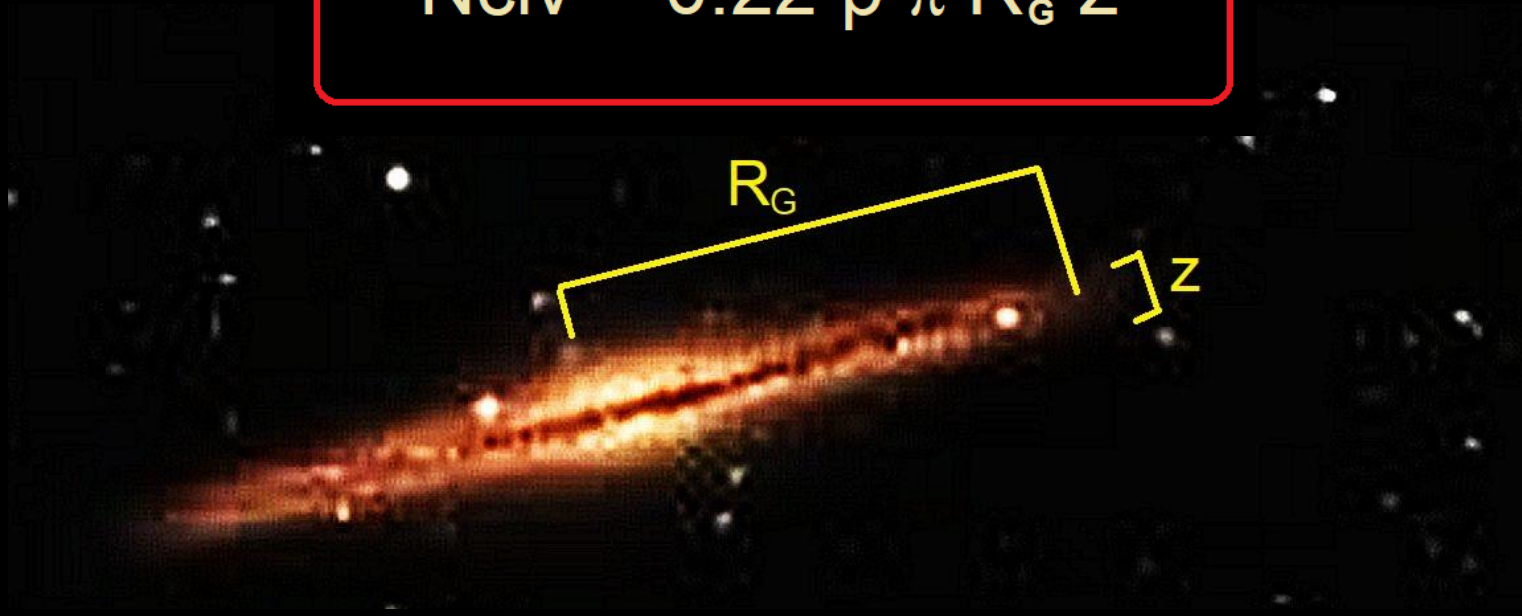
Psurv.

Survival probability as function of the time (years) for the terrestrial civilization



Numero di civiltà tecnologicamente evolute
attualmente presenti in una galassia di
raggio R_G (Kpc) e spessore z (Kpc)

$$N_{\text{civ}} = 0.22 p \pi R_G z$$



Ora calcoliamo la probabilità media di sopravvivenza "p"
raggiunta da una civiltà tecnologicamente evoluta

La situazione attuale nella nostra Galassia

$$(N_{civ} = 91 \pm 10)$$

Livello tecnologico $K_a \Rightarrow K_b$	Probabilità di sopravvivenza	Densità numerica delle civiltà	Numero di civiltà tecnologiche
$K_0 \Rightarrow K_1$	70%	0.15	64 ± 8
$K_1 \Rightarrow K_2$	24%	0.05	22 ± 5
$K_2 \Rightarrow K_3$	5%	0.01	5 ± 2
$K_3 \Rightarrow K_4$	1%	0.002	0 ± 0

civiltà/kpc³

Nota:

La probabilità indicata è già ridotta per gli effetti delle catastrofi cosmiche

Attualmente il Genere Umano ha
raggiunto un livello tecnologico:

$$K = 0.72$$

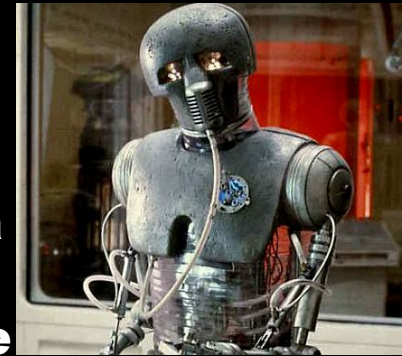
La Singolarità Tecnologica

La cosiddetta Singolarità Tecnologica si verifica nel momento in cui una civiltà crea dei supercomputer dotati di intelligenza artificiale talmente sofisticata da essere superiore a quella naturale tipica della civiltà che li costruisce.

In genere questo avviene sulla spinta della necessità di utilizzare grandi quantità di energia destinata al mantenimento di condizioni di vita ipertecnologiche le quali prevedono, tra le altre cose, tentativi di supremazia bellica, ma anche viaggi spaziali interstellari sia di esplorazione che di conquista.

Definiamo una macchina ultra intelligente come una macchina che può superare di gran lunga tutte le attività intellettuali dell'individuo più intelligente della civiltà che l'ha costruita.

Dato che la progettazione di macchine è una di queste attività intellettuali, una macchina ultra intelligente potrebbe progettare e costruire a sua volta macchine ancora migliori; esisterebbe quindi una "esplosione di intelligenza" (e di ulteriore tecnologia) e l'intelligenza biologica rimarrebbe molto indietro rispetto a quella artificiale.



Potremmo quindi affermare che la prima macchina ultra intelligente sarebbe l'ultima invenzione che una civiltà tecnologica avrebbe bisogno di realizzare, ammesso che la macchina sia sufficientemente docile da tenerla sotto controllo e in caso di pericolo, di "staccare la spina" in caso contrario la civiltà biologica originale è virtualmente finita e si estinguerebbe molto rapidamente.



Questo è uno scenario che si avvicina molto a quello di Star Wars, dove esistono mondi dove ci sono macchine che costruiscono, in maniera del tutto autonoma, droidi, navi spaziali e quant'altro.

Dopo che si è verificata la Singolarità Tecnologica, il pianeta che prima ospitava una civiltà biologica tecnologicamente evoluta, potrebbe ora ospitare una civiltà formata esclusivamente da macchine pensanti capaci di programmare in maniera del tutto autonoma anche la conquista militare e la dominazione di altri mondi limitrofi.

Ovviamente la richiesta di energia, per questo tipo di civiltà artificiale non biologica sarebbe altissima, ma anche la capacità di reperirla e di utilizzarla sarebbe alla sua portata.

Una civiltà di Tipo IV di Kardashev, dovrebbe quindi essere, con grande probabilità, non biologica.



La durata di una simile civiltà artificiale potrebbe essere virtualmente molto lunga e potrebbe espandersi agevolmente nella galassia che la ospita in quanto per essa i viaggi interstellari, anche di lunghissima durata, presenterebbero molti meno problemi rispetto a quelli che una civiltà biologica dovrebbe affrontare.

Tipologie di Specie Aliene

Communities

Si sviluppano rimanendo nel proprio sistema planetario.



Empires

Si espandono fuori dal proprio sistema planetario aggredendo anche altre civiltà



Rapporto "Community/Empires"

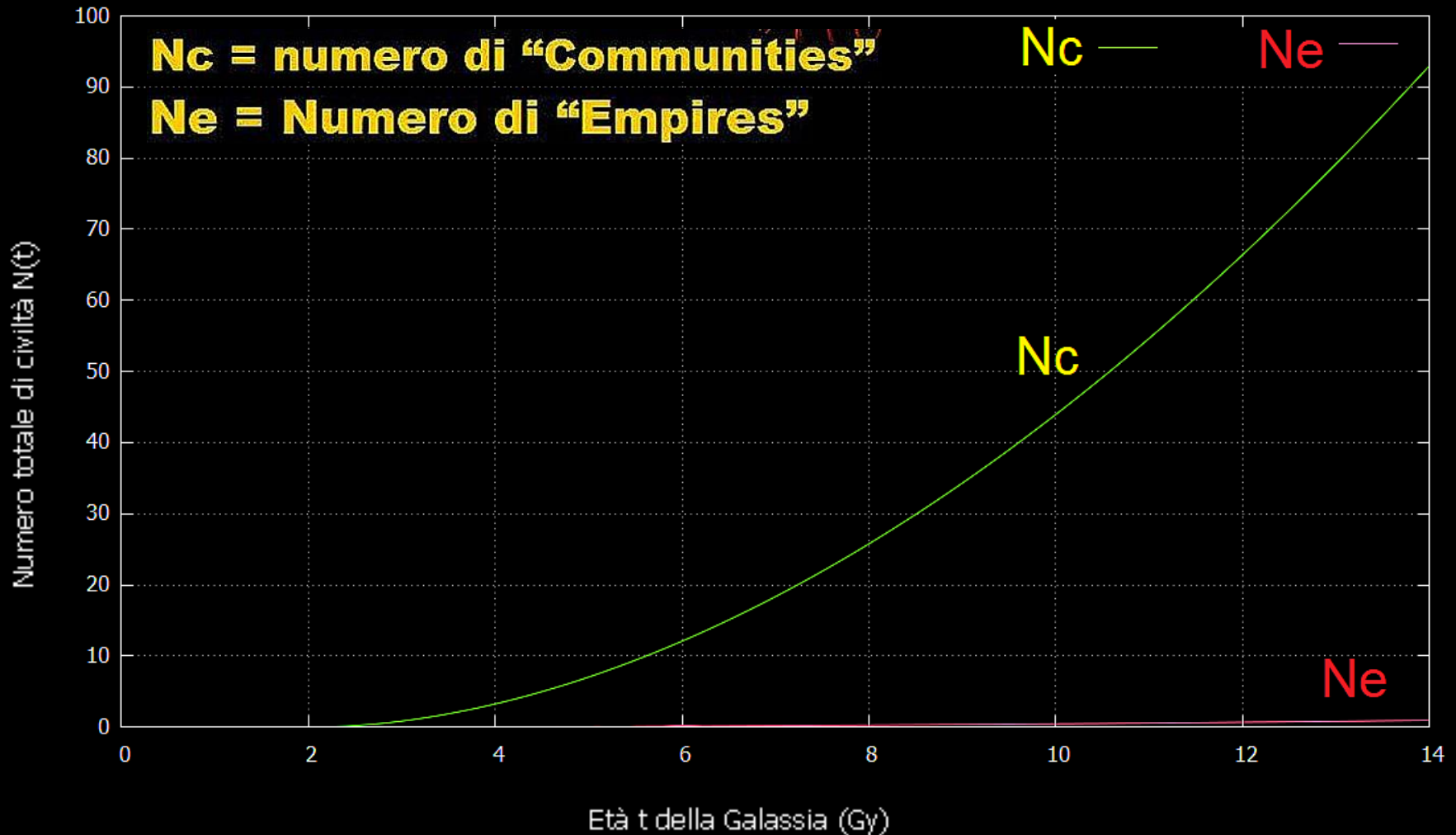
Nc = numero di "Communities"

Ne = Numero di "Empires"

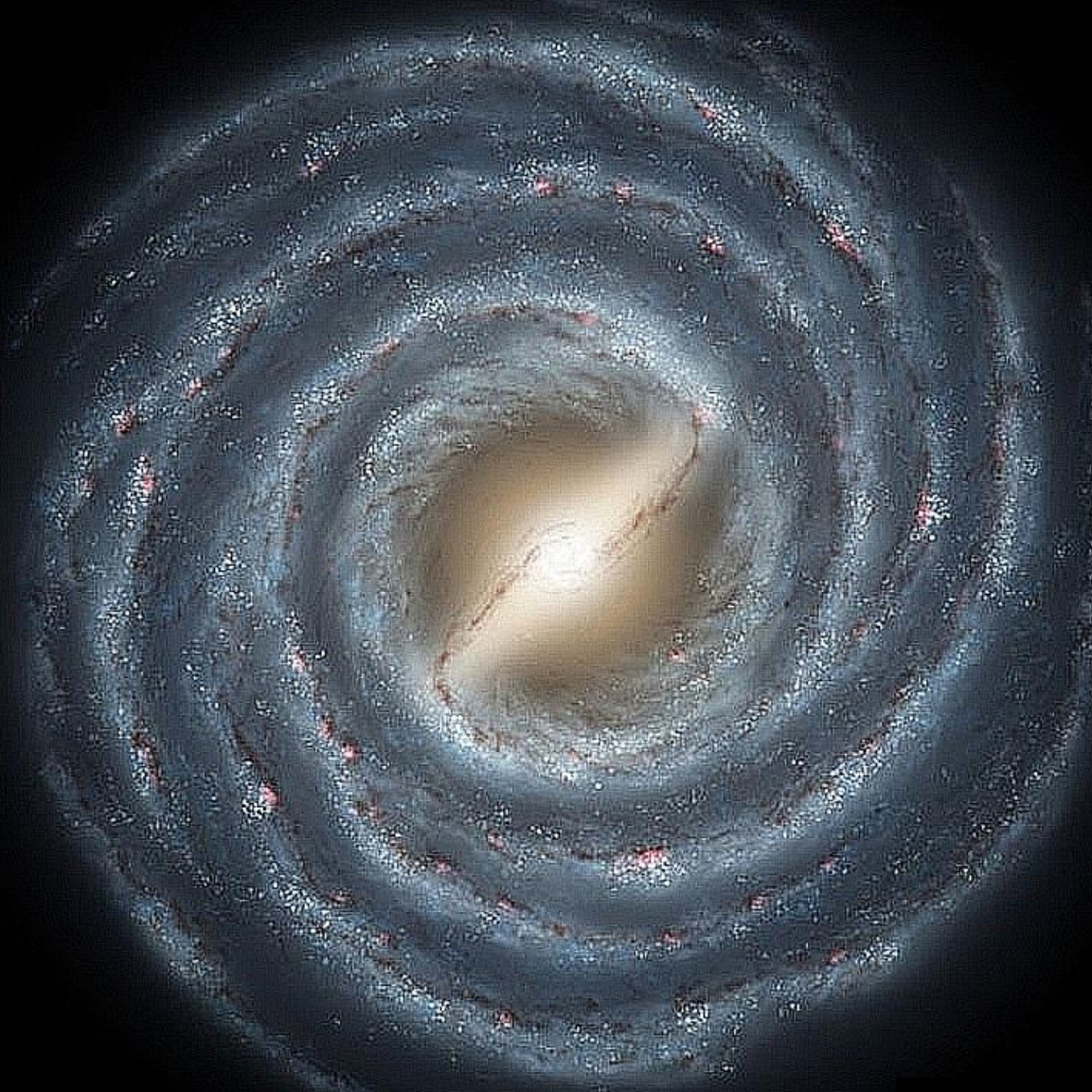
$$\mathbf{Nc/Ne = 100 \quad circa}$$

quindi solo 1 civiltà su 100 potrebbe
raggiungere il livello K3 (Empire)

Numero di civiltà che si sviluppano in una galassia simile alla nostra

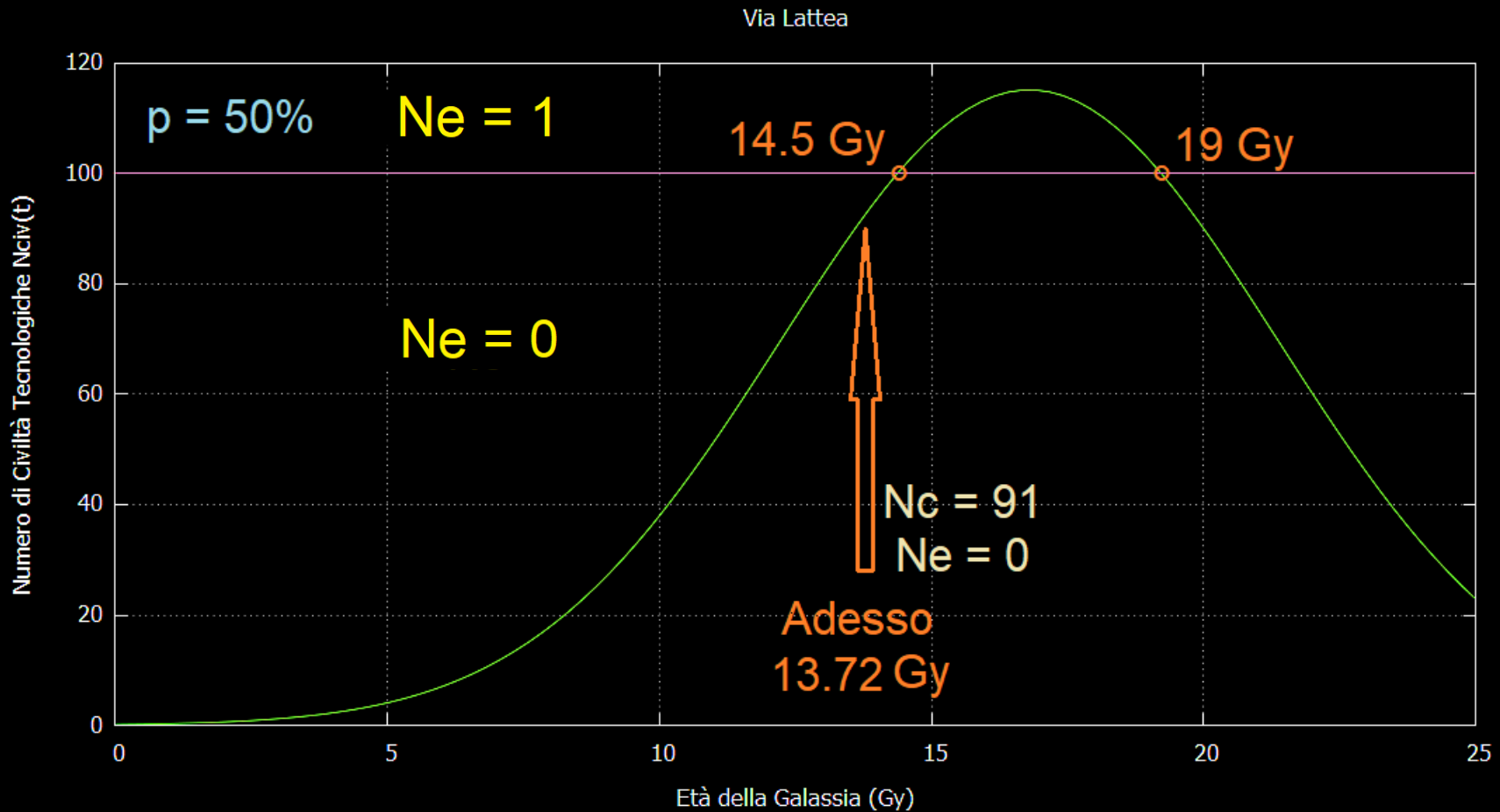


La Via Lattea



$R_g = 16.33 \text{ Kpc}$

A quando l'Impero Galattico?

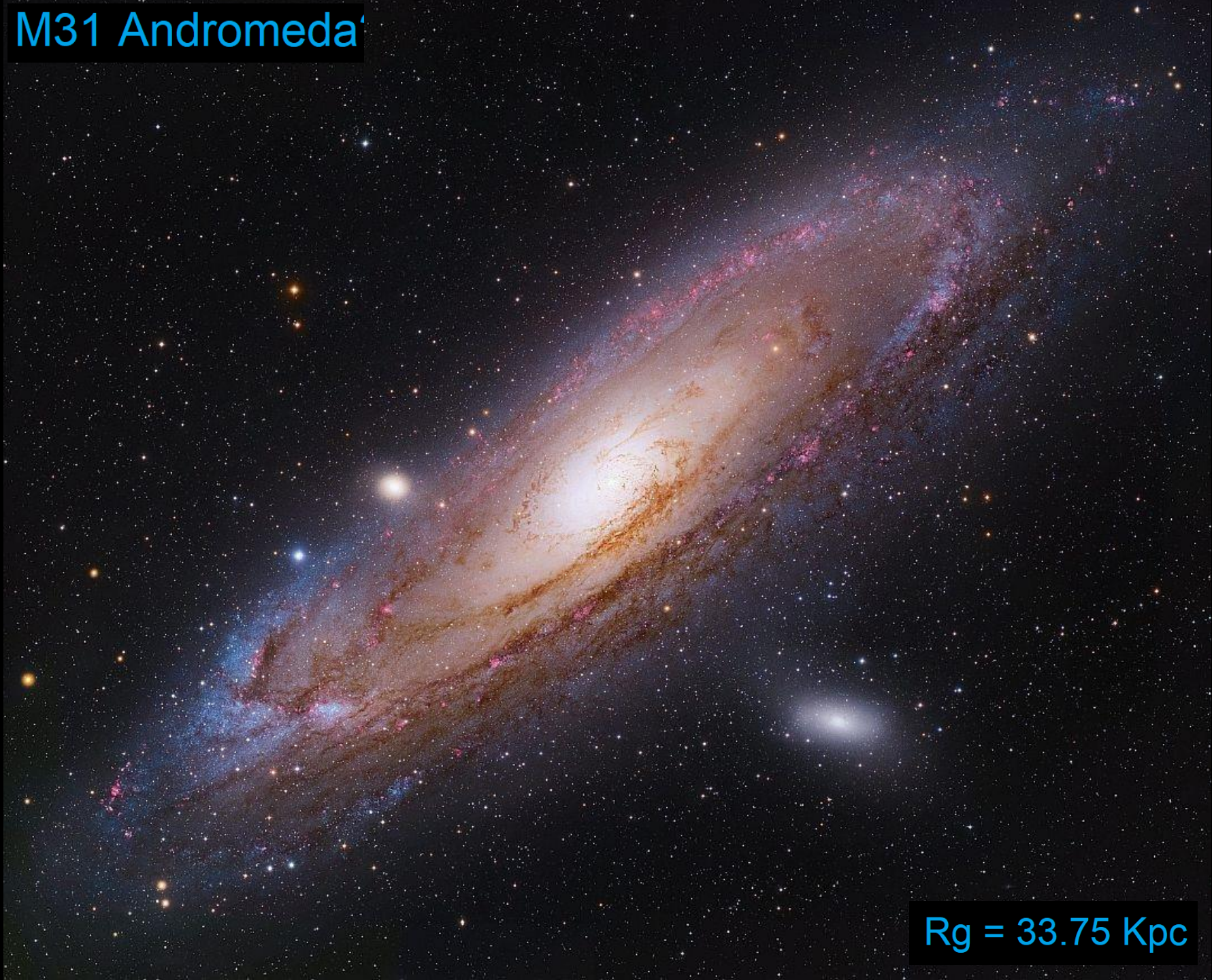


attualmente nessuna civiltà imperiale

...ma tra 780 milioni di anni forse ne esisterà una.

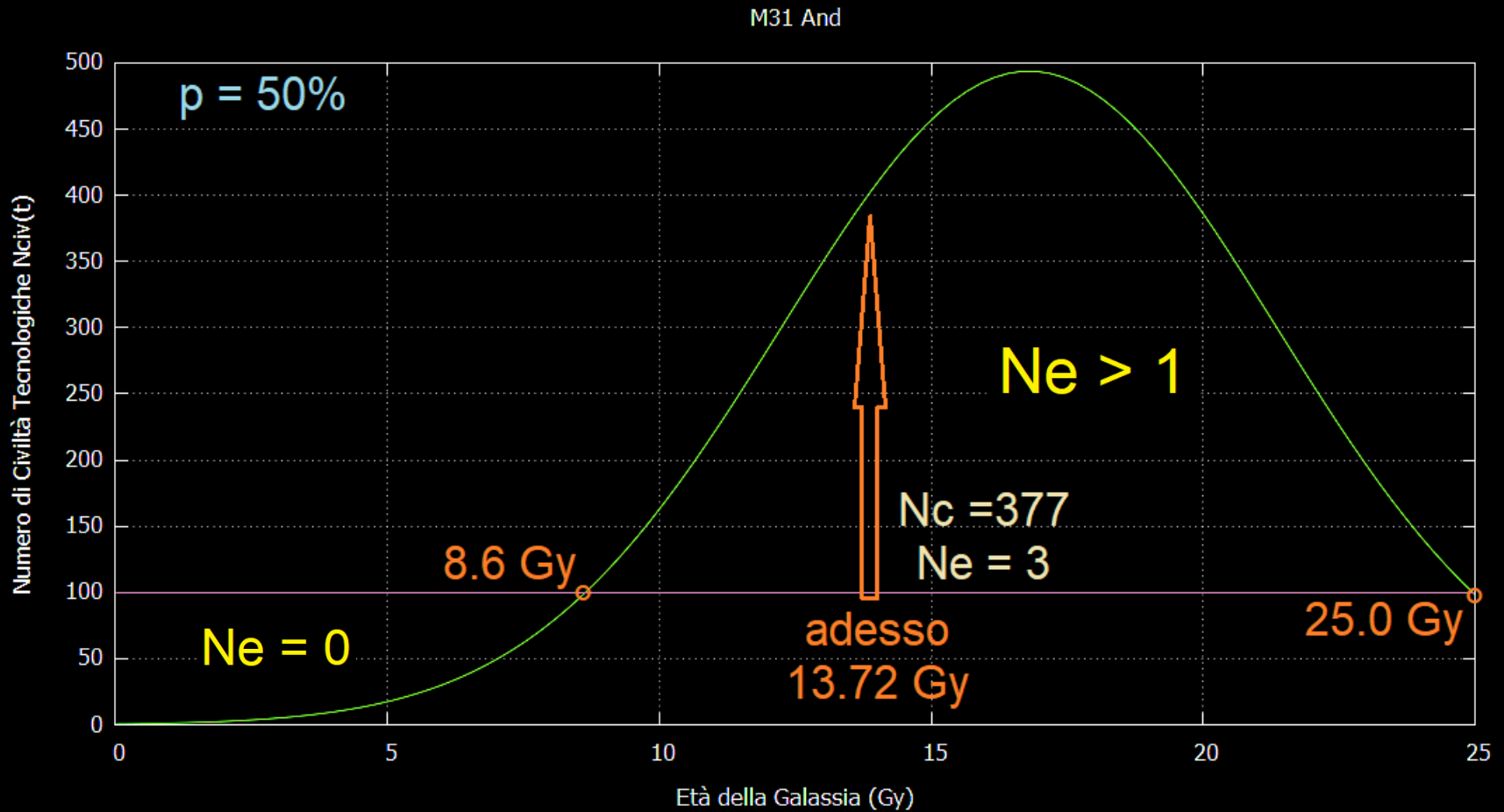
Saremo forse noi?

M31 Andromeda



$R_g = 33.75 \text{ Kpc}$

.... e in M31 Andromeda?



circa 4 civiltà imperiali

Espansione nella Galassia

- Teoria dell'Onda di Espansione (colonizzazione della Galassia)

Esistono due possibilità:

- a) Di persona
- b) Macchine di Bracewell-Von Neuman
- c) Berserker



Espansione di una civiltà all'interno della propria galassia

Autore	Tempo T richiesto per colonizzare la Galassia (anni)	Velocità di espansione V/c
Hart (1975)	10^6	0.1
Jones (1976)	5×10^6	0.02
Kuiper & Morris (1977)	6.25×10^6	0.016
Jones (1978)	1.75×10^7	5.7×10^{-3}
Tipler (1980)	4×10^6 (*)	0.025
	3.3×10^8	3×10^{-4}
Newman & Sagan (1981)	7.7×10^8	1.3×10^{-4}
Smith (1981)	10^{10}	10^{-5}
Jones (1981, 1982)	6×10^7	1.67×10^{-3}
Jones (1982)	3×10^8	3.3×10^{-4}

(*) sonde di Bracewell - Von Neumann

c = velocità della Luce (c = 300.000 km/sec)

Espansione nella galassia

Espansione "di Persona": $V_c = 0.018 c$

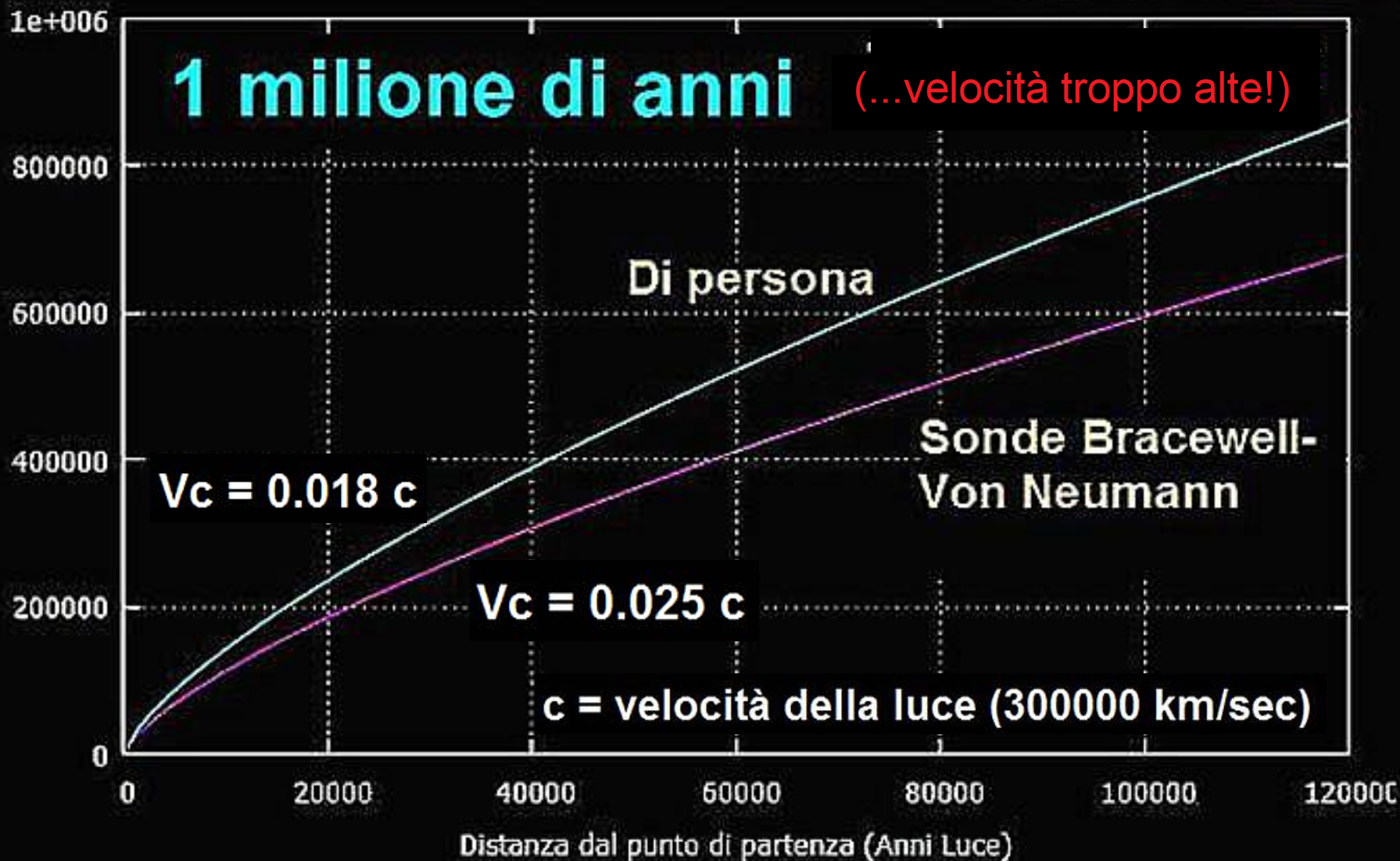
Espansione con sonde
di Bracewell-Von Neumann: $V_c = 0.025 c$
(robot autoreplicanti)

Berserker...

$c =$ velocità della luce (300000 km/sec)

(...velocità troppo alte!)

Tempo necessario per colonizzare l'intera Galassia



Sonde di Von Neumann

(V.N.P. Von Neumann Probe)

Una sonda Von Neuman è una sonda spaziale progettata per viaggiare nella galassia e cercare aree con risorse sfruttabili.



Una volta trovato un pianeta o un asteroide contenente metalli e volatili sufficienti, si comporta come una fabbrica e inizia a produrre copie di se stessa.

Una volta terminate, queste copie della sonda originale si dirigono in direzioni diverse e ripetono il ciclo.

In circostanze ideali, il numero di sonde si moltiplica geometricamente e alla fine si avrebbero miliardi di queste sonde che esplorano l'intera Galassia.

Si, ma...

Siccome le sonde di Bracewell. Von Neumann richiedono tempo per replicare loro stesse, dobbiamo scegliere una velocità di espansione media più bassa:

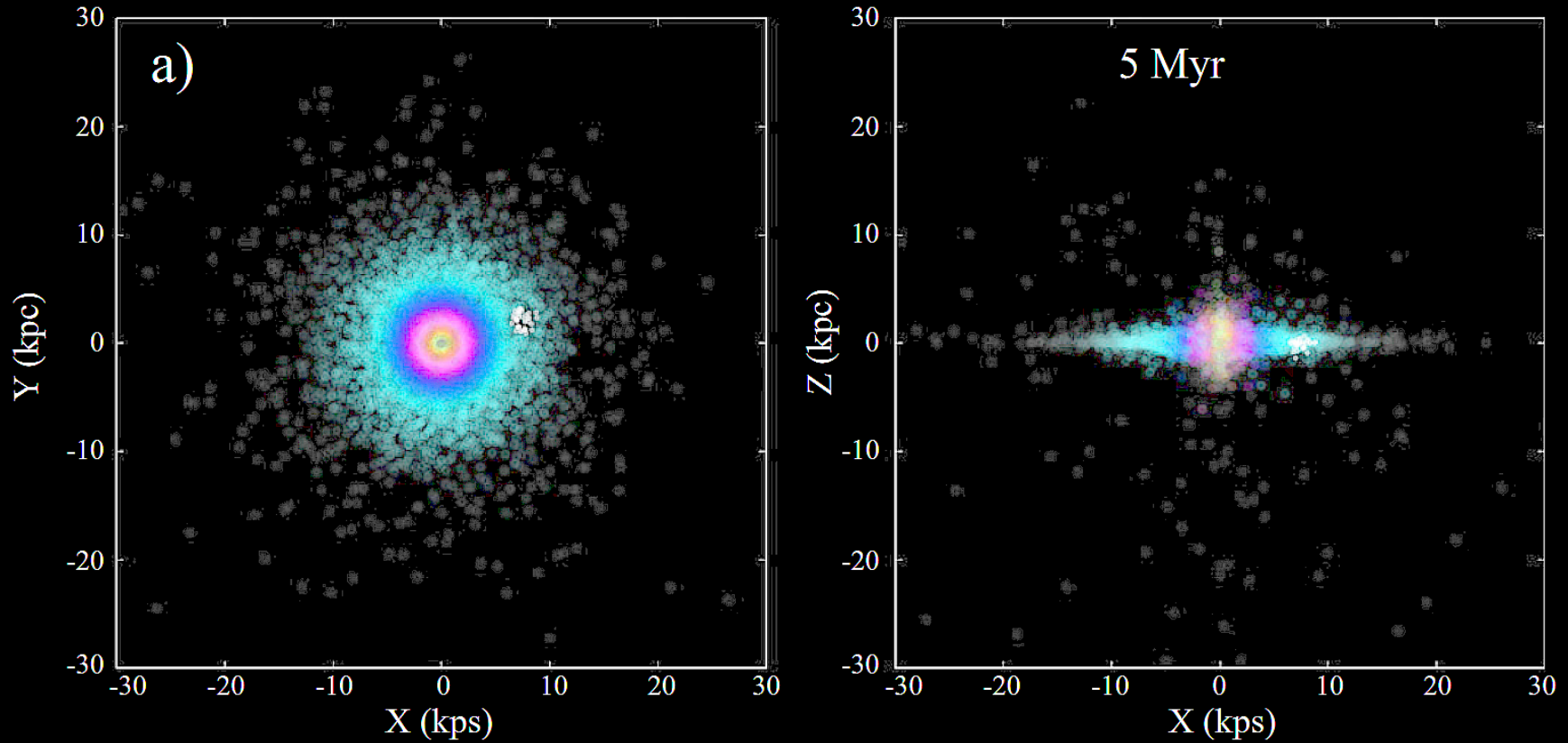
$$V_{\text{exp}} = 0.001 c$$

c = velocità della luce = 300000 Km/sec

Simuliamo l'espansione e la colonizzazione di una galassia da parte di una civiltà di tipo K3 di Kardashev

una galassia come la nostra...

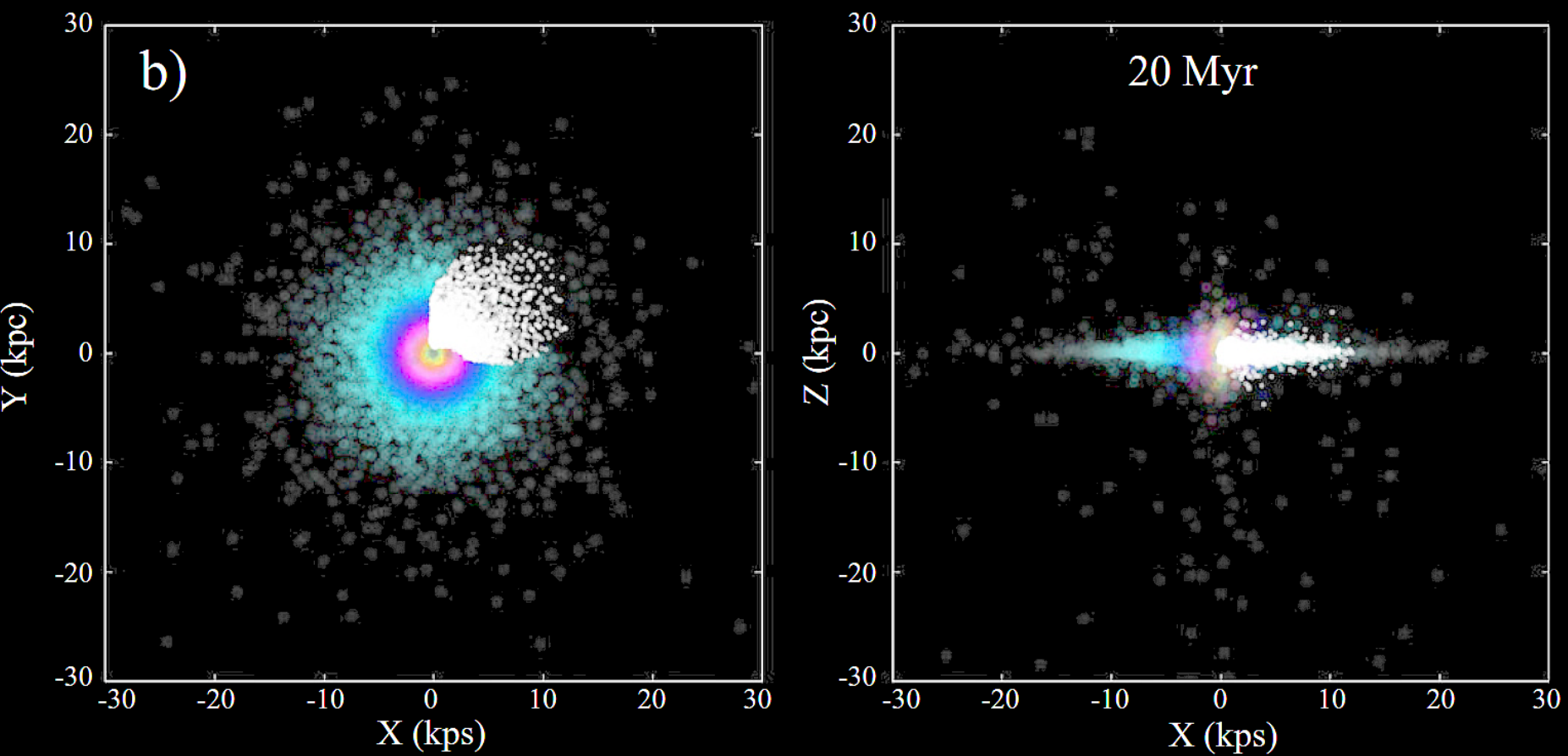
Simulazione dell'espansione di una civiltà di Tipo KIII di Kardashev in una galassia a spirale




distribuzione dei sistemi colonizzati

1 Myr = 1 milione di anni

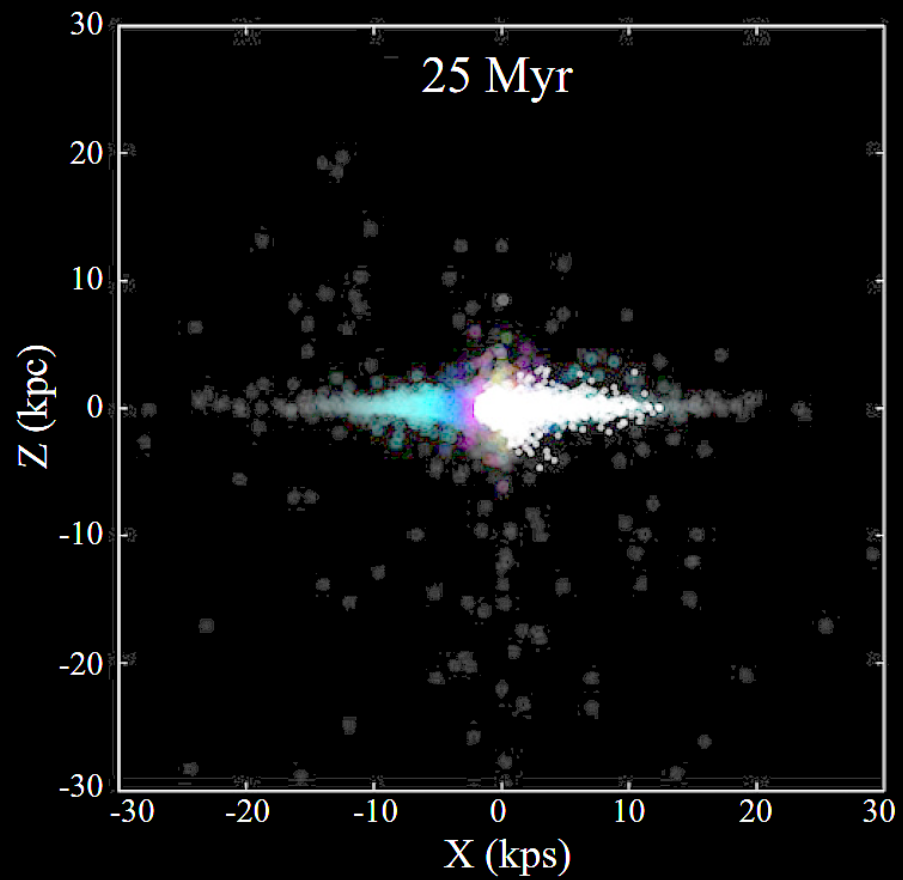
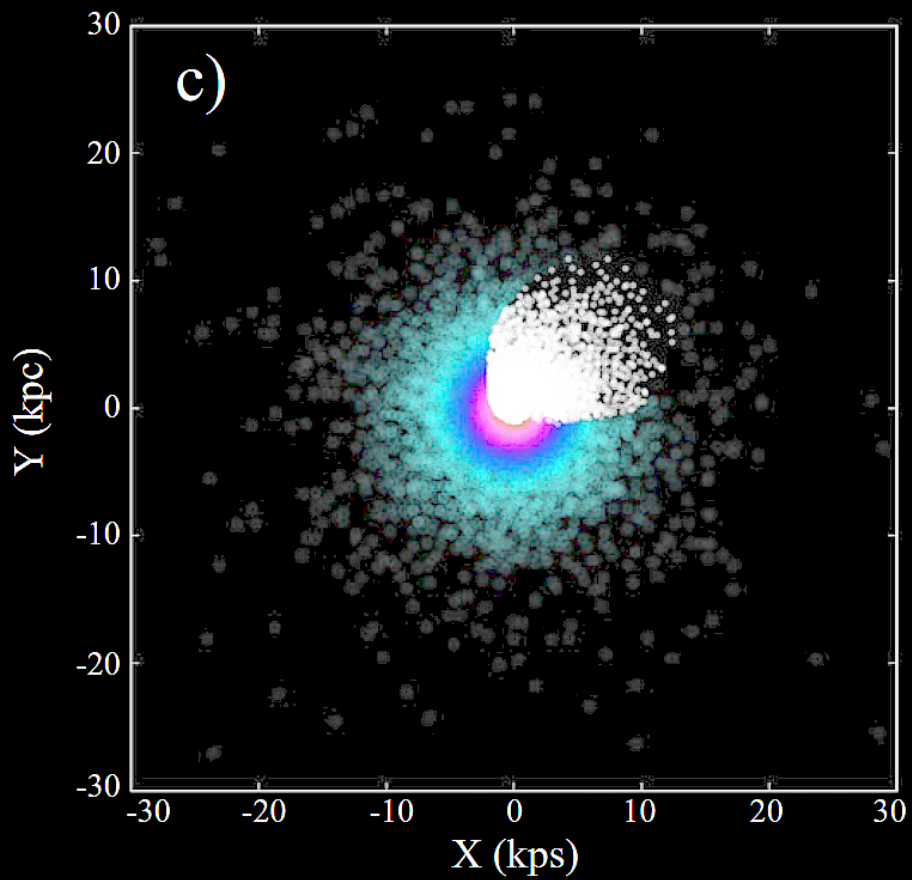
Simulazione dell'espansione di una civiltà di Tipo KIII di Kardashev in una galassia a disco



 **distribuzione dei sistemi colonizzati**

1 Myr = 1 milione di anni

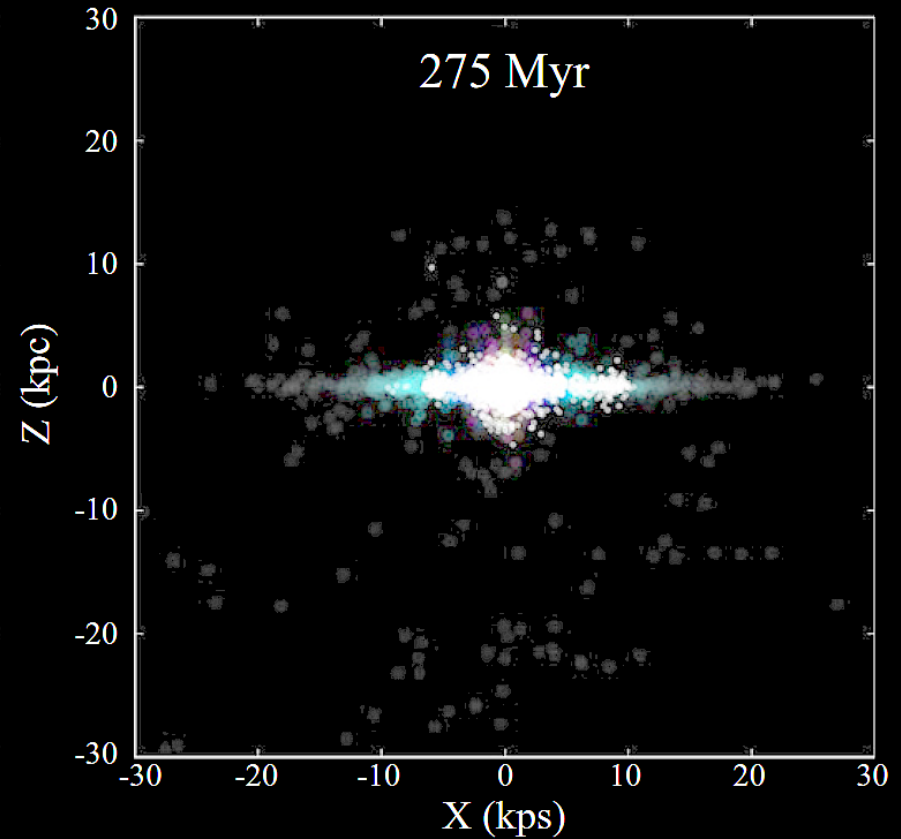
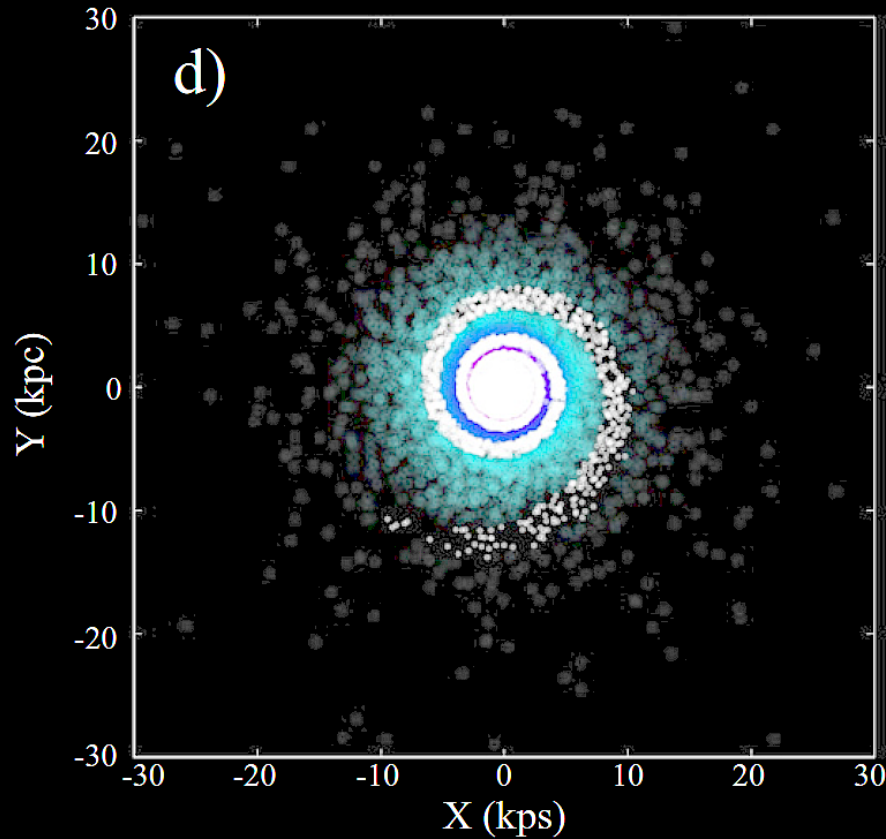
Simulazione dell'espansione di una civiltà di Tipo KIII di Kardashev in una galassia a disco



distribuzione dei sistemi colonizzati

1 Myr = 1 milione di anni

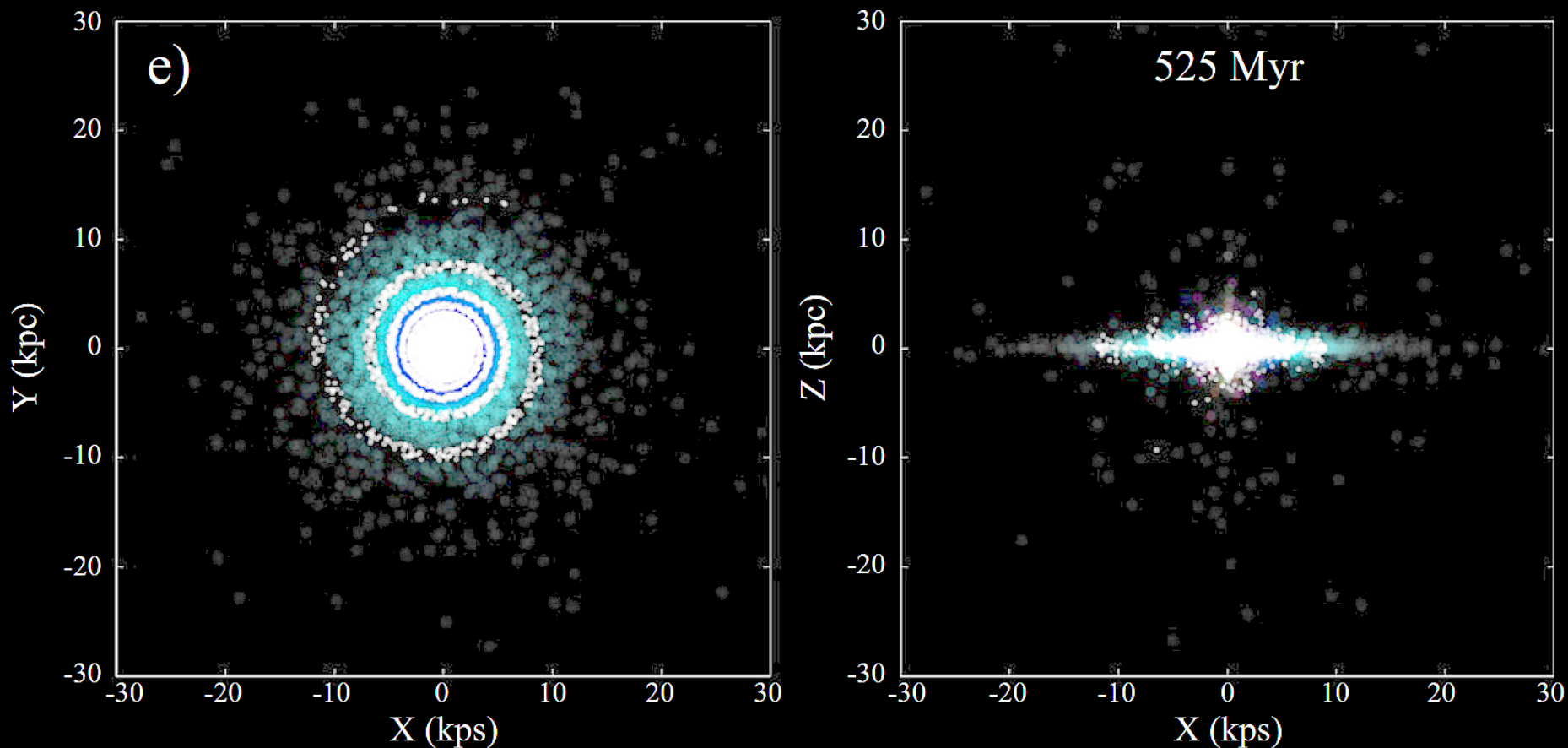
Simulazione dell'espansione di una civiltà di Tipo KIII di Kardashev in una galassia a disco



distribuzione dei sistemi colonizzati

1 Myr = 1 milione di anni

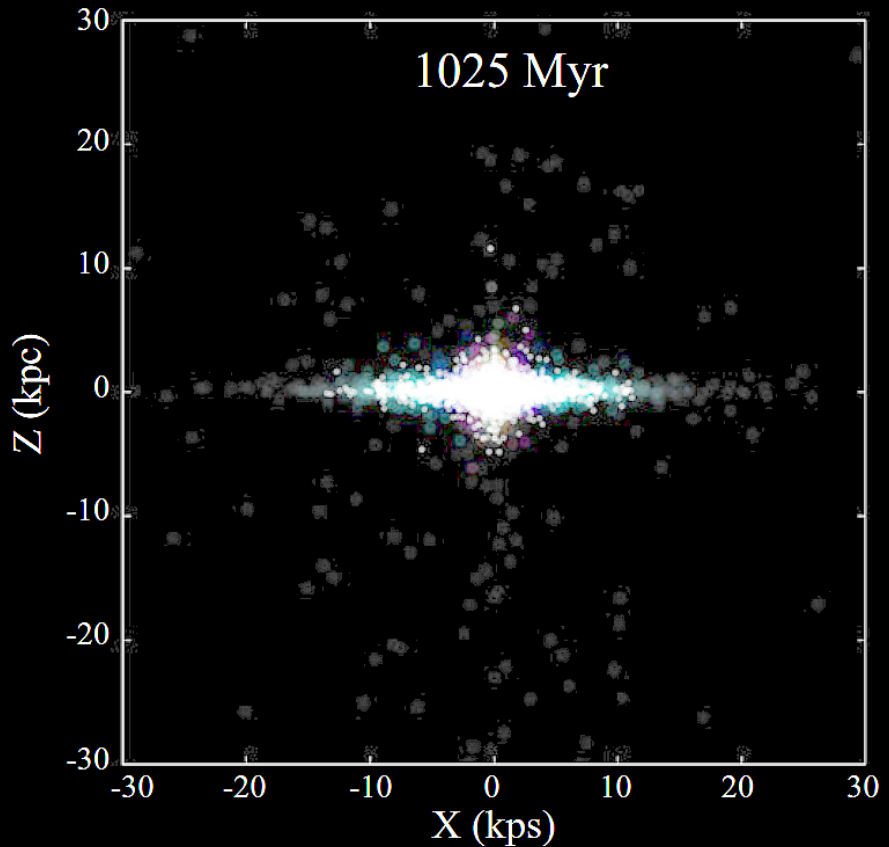
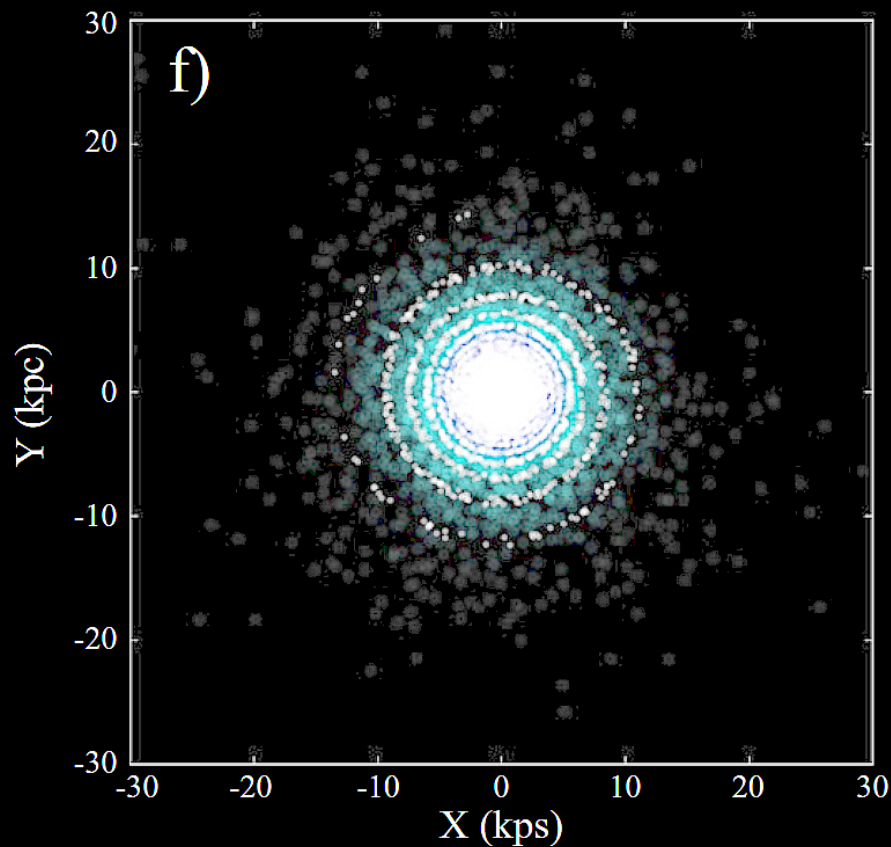
Simulazione dell'espansione di una civiltà di Tipo KIII di Kardashev in una galassia a disco



 **distribuzione dei sistemi colonizzati**

1 Myr = 1 milione di anni

Simulazione dell'espansione di una civiltà di Tipo KIII di Kardashev in una galassia a disco

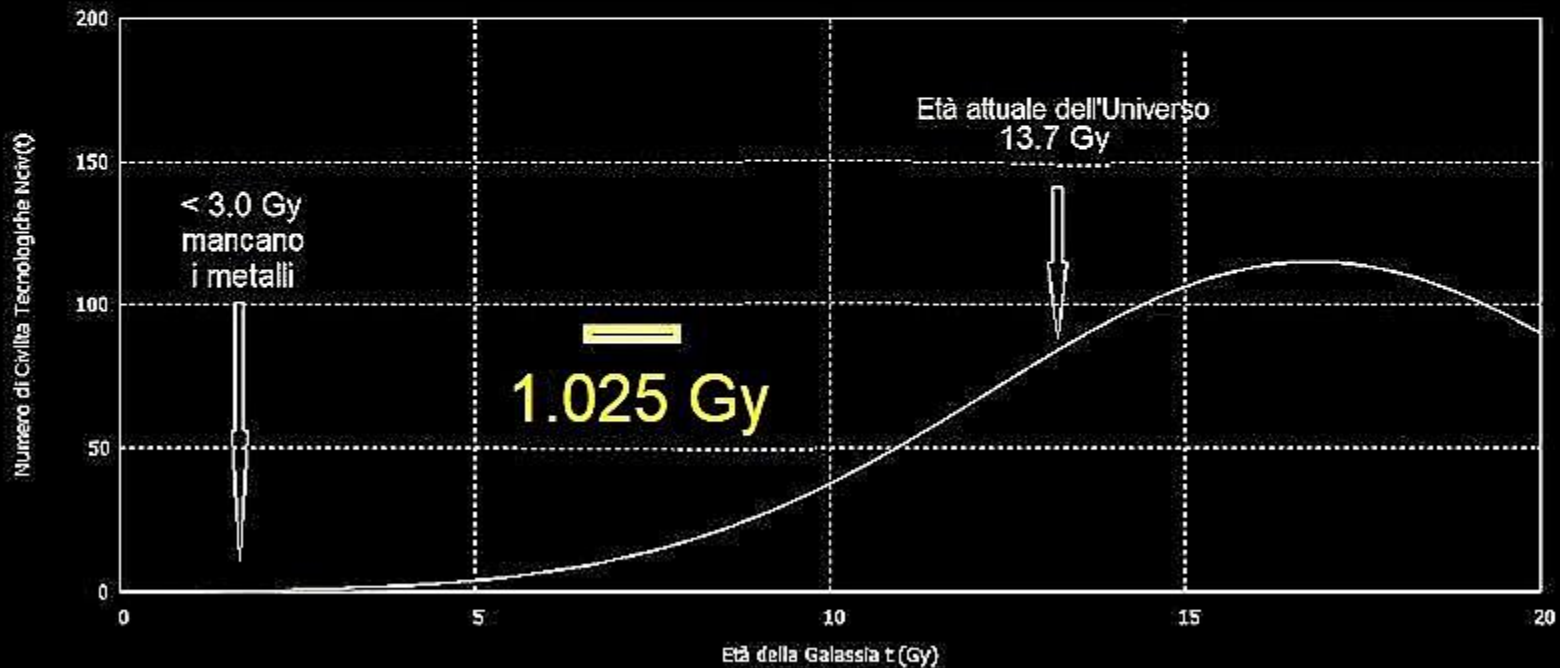


distribuzione dei sistemi colonizzati

1 Myr = 1 milione di anni

Secondo questo modello di simulazione al computer, la pressochè completa colonizzazione di una galassia, recuperando l'energia costruendo le Sfere di Dyson intorno alle stelle, richiederebbe 1.025 miliardi di anni.

Storia evolutiva di una galassia

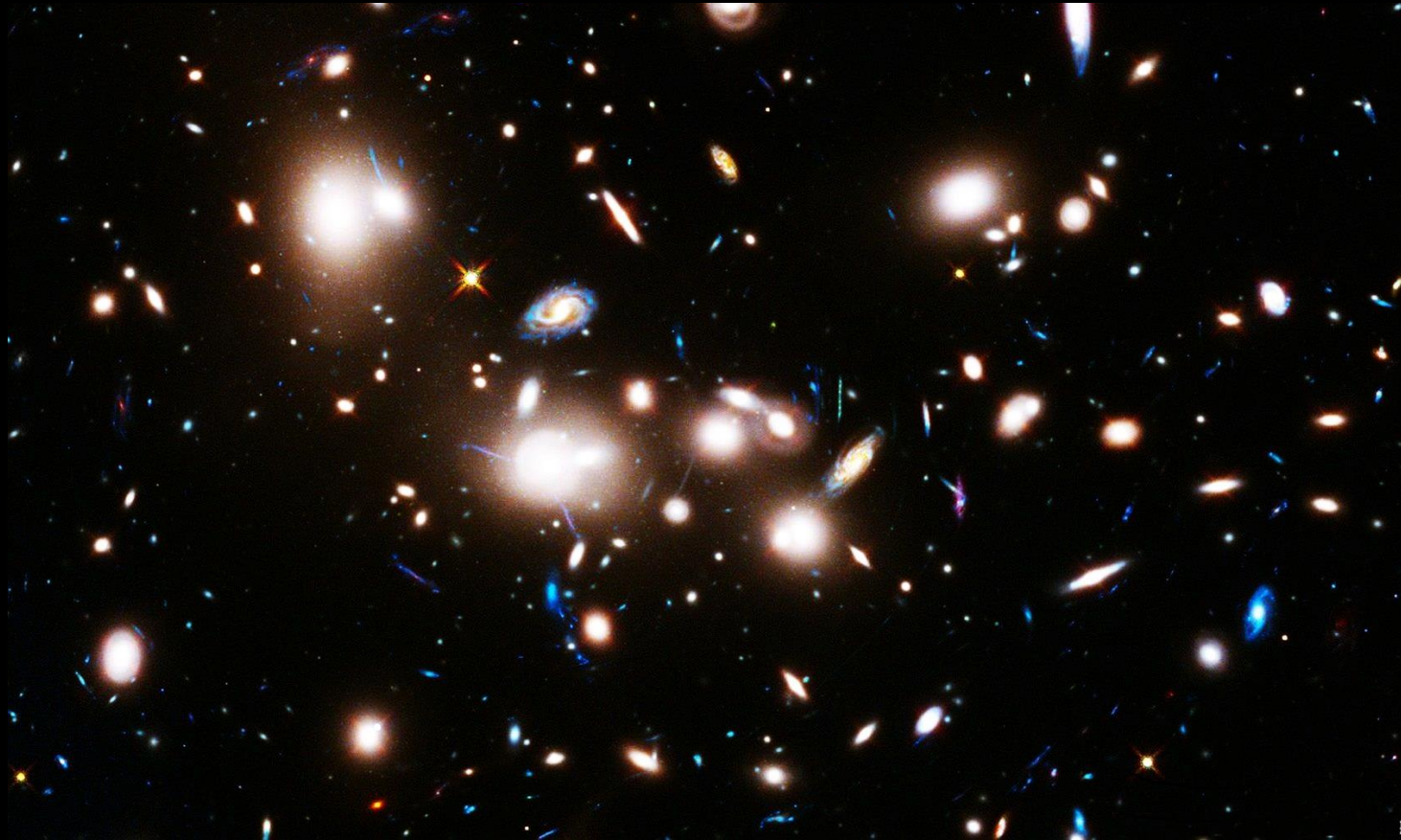


1 Gy = 1 miliardo di anni

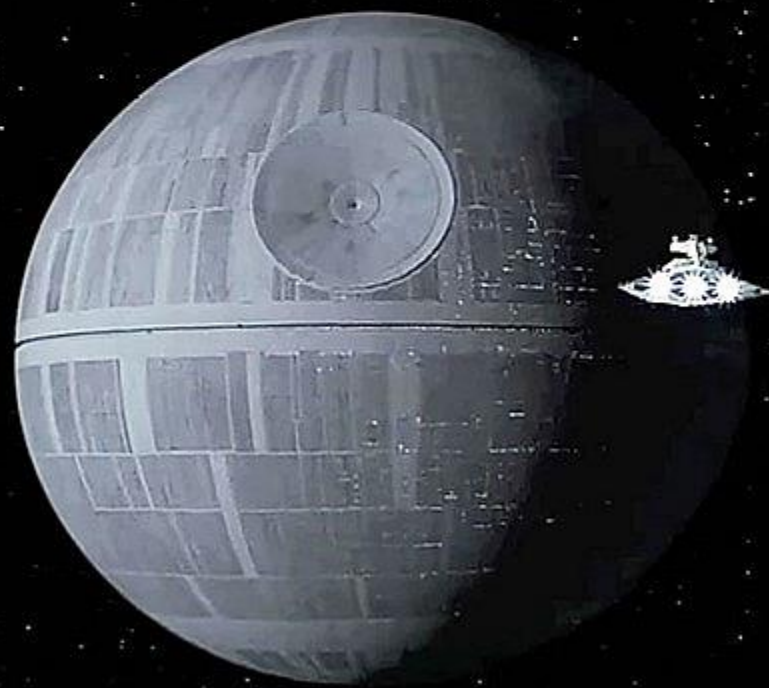
Quindi le galassie colonizzate da una superciviltà (K3) potrebbero esistere...

La nostra no, ma altre forse si...

Proviamo a cercarle?



E' possibile rilevare traccia
delle Civiltà
Supertecnologiche
nell'Universo?



Si

Come può avvenire il processo di colonizzazione.

- 1) Espansione verso un altro sistema stellare
- 2) Costruzione della Sfera di Dyson intorno alla stella
- 3) Spostamento verso la stella più vicina
- 4) ...si ripete il punto 2) e così via...

E' possibile eseguire alcune simulazioni...

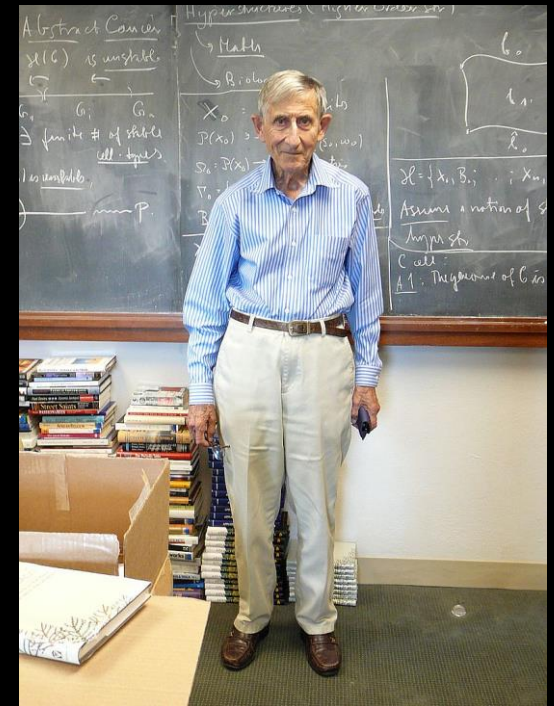
Rateo di colonizzazione della Galassia
da parte di sonde di Von Neumann con
velocità $V = 0.001 \cdot c$

La Sfera di Dyson

Una sfera di Dyson è un'ipotetica enorme struttura di rivestimento che potrebbe essere applicata attorno ad una stella allo scopo di catturarne l'energia.

È stata teorizzata dal fisico britannico Freeman Dyson.

anello di Dyson



Freeman Dyson

Freeman John Dyson (Crowthorne, 15 dicembre 1923 – Princeton, 28 febbraio 2020)

Nel suo articolo *Search for Artificial Stellar Sources of Infrared Radiation* ("Ricerca di sorgenti stellari artificiali di radiazione infrarossa"), pubblicato nel 1959 sulla rivista *Science*, Dyson teorizzò che delle società tecnologicamente avanzate avrebbero potuto circondare completamente la stella del proprio sistema planetario per poter massimizzare la cattura di energia proveniente dall'astro.

Rinchiusa così la stella, sarebbe possibile intercettare tutte le lunghezze d'onda del visibile per inviarle verso l'interno, mentre tutta la radiazione non utilizzata verrebbe mandata all'esterno sotto forma di radiazione infrarossa.

Da ciò consegue che un possibile metodo per cercare civiltà extraterrestri potrebbe essere proprio la ricerca di grandi fonti di emissione infrarossa nello spettro elettromagnetico.

Una sfera di Dyson è una sfera di origine artificiale e di raggio pari a quello di un'orbita planetaria.

La sfera consisterebbe di un guscio di collettori solari o di habitat posti attorno alla stella.

Un'ipotetica Sfera di Dyson costruita intorno al Sole

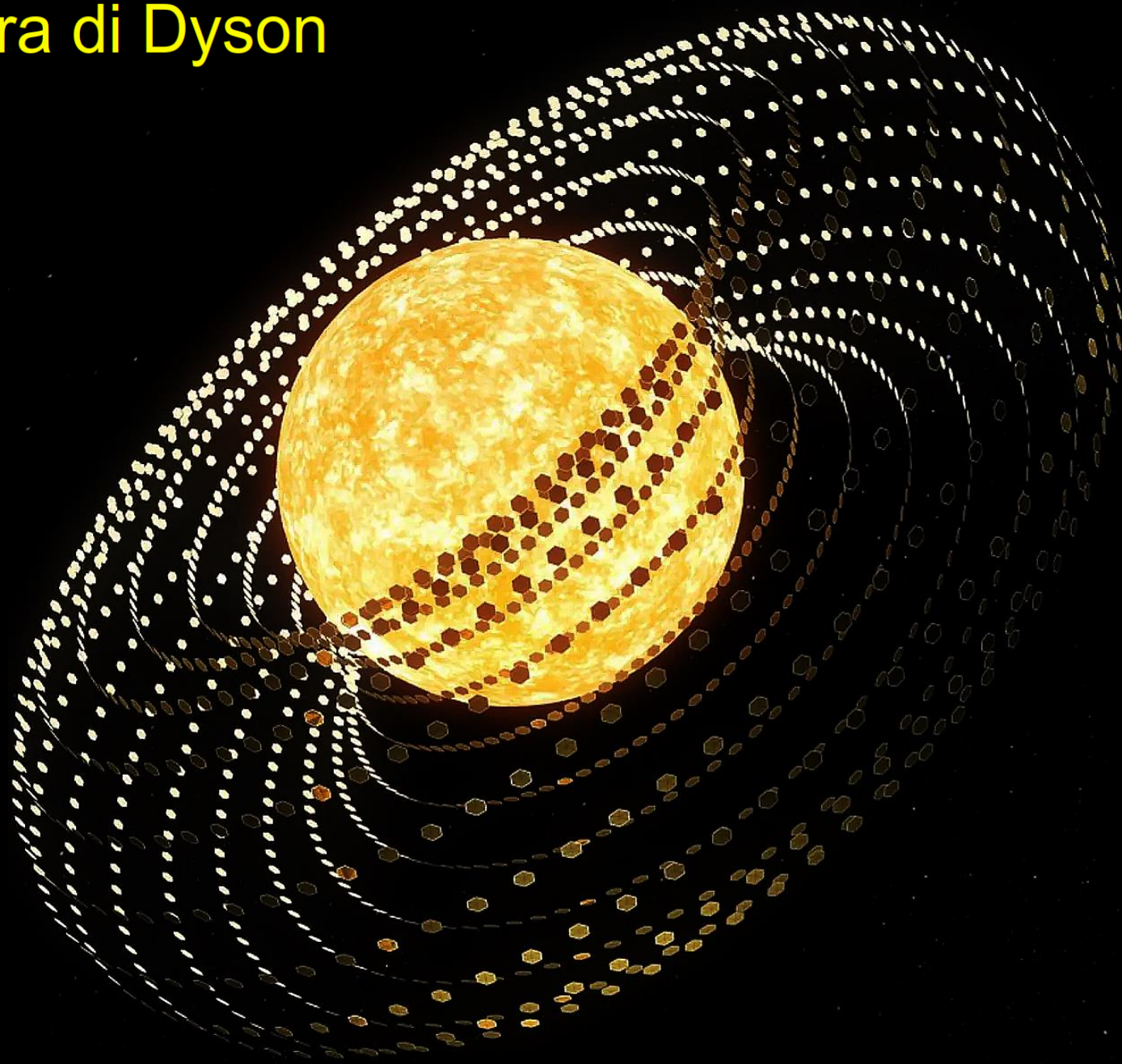


Questo, oltre ad essere un modo per raccogliere un'enorme quantità di energia, permetterebbe di creare uno spazio vitale immenso.

La proposta originaria prevedeva che avrebbero dovuto esserci collettori solari posizionati intorno a tutta la stella, per assorbire la luce stellare, ma non presumeva che questi collettori avrebbero potuto costituire un guscio continuo.

Piuttosto, il guscio sarebbe consistito di strutture orbitanti indipendenti, ossia un numero complessivo di oggetti superiore a 10.000 e distribuiti lungo uno spessore radiale di un milione di chilometri.

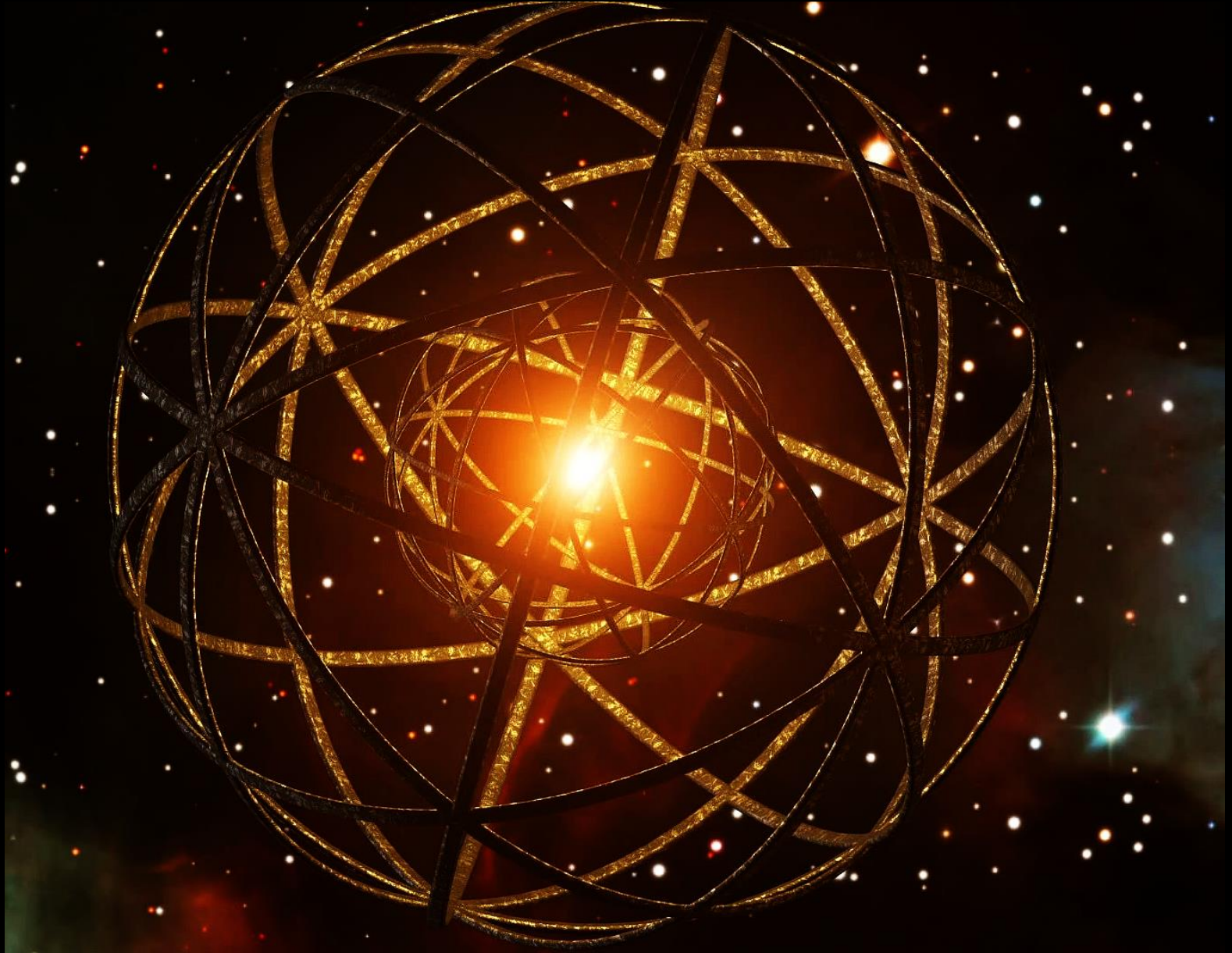
La Sfera di Dyson



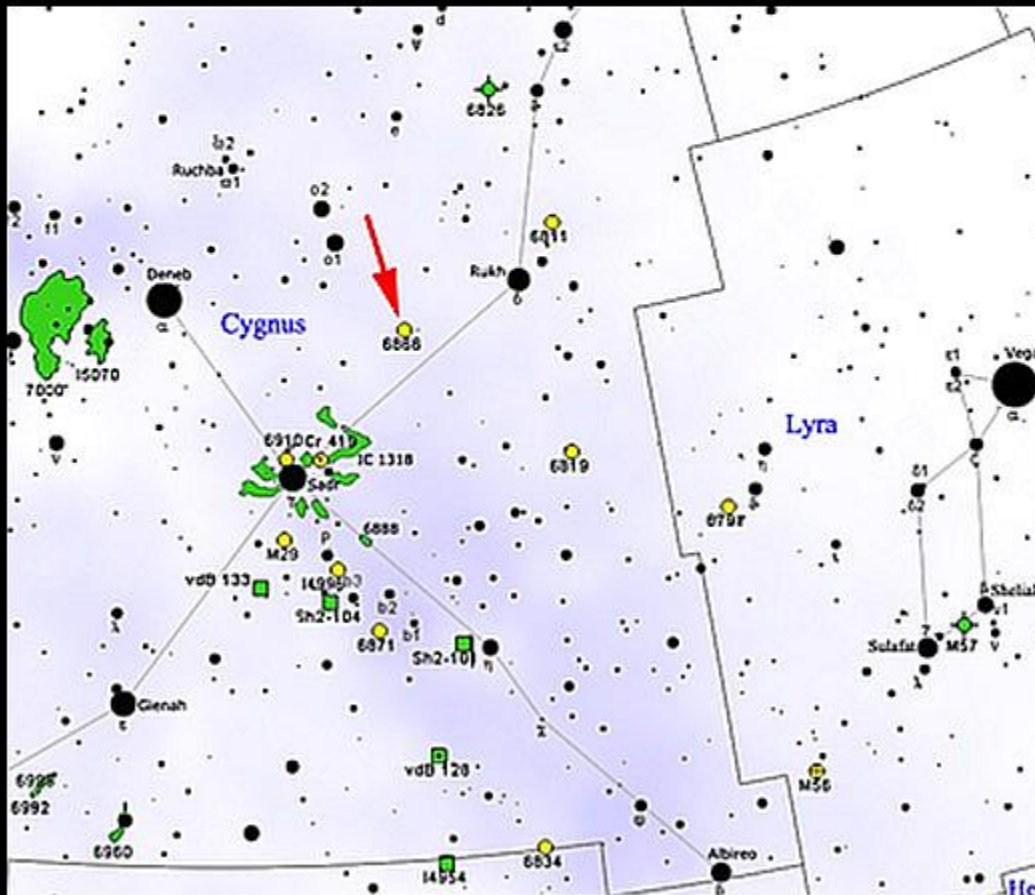
Matrioska Brain

Una variante della sfera di Dyson è il cervello Matrioska (*Matrioshka Brain*), in cui la struttura viene ripetuta in più sfere concentriche, di cui ciascuna sfrutta l'energia ancora utilizzabile dispersa all'esterno dalla sfera più interna.

Matrioska Brain



La Tabby Star (KIC 8462852)



KIC 8462852 si trova a nordest, tra NGC 6866 e α^1 Cygni.

Scoperta 2011

Classificazione Stella di classe F V

Classe spettrale F: F3 V/IV

Distanza dal Sole 1 480 al

Costellazione Cigno

Coordinate

(all'epoca J2000.0)

Ascensione retta $20^{\text{h}} 06^{\text{m}} 15,457^{\text{s}}$

Declinazione $+44^{\circ} 27' 24,61''$

Dati fisici

Raggio medio $1,58 R_{\odot}$

Massa $1,43 M_{\odot}$

Periodo di rotazione 21,11 ore

Velocità di rotazione 84 km/s

Temperatura 6 750 K (media)

superficiale

Luminosità $4,68^{[1]} L_{\odot}$

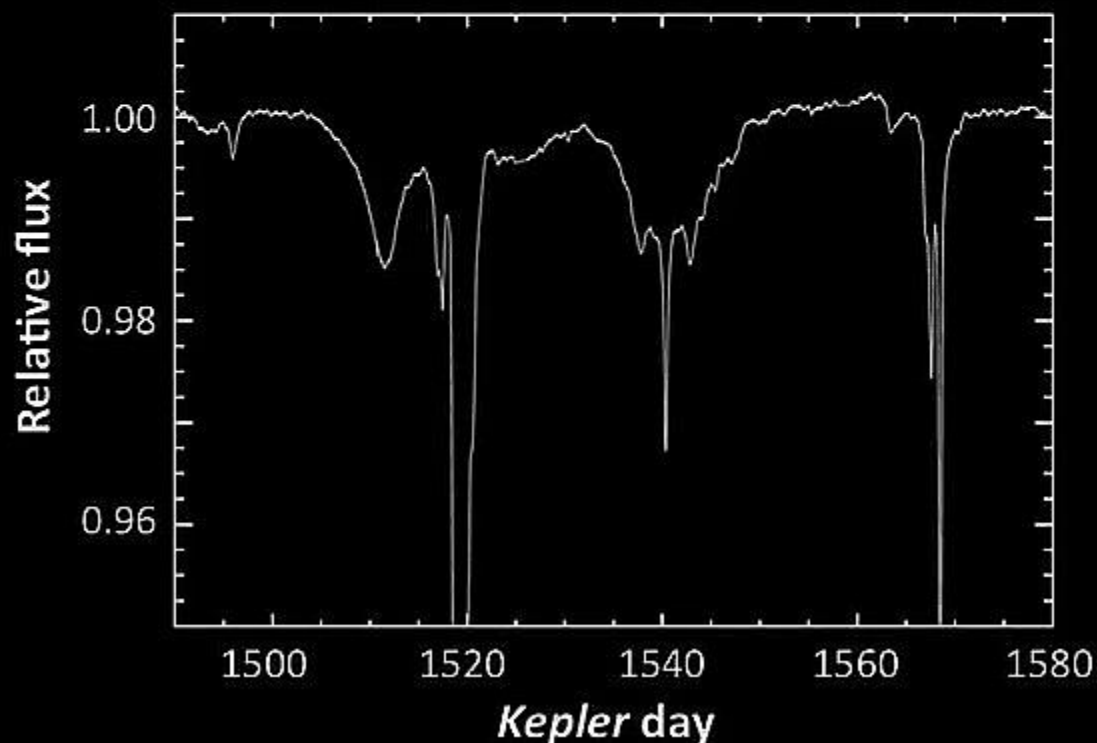
KIC 8462852 è una stella di sequenza principale di classe F situata nella costellazione del Cigno distante circa 454 parsec (1 480 anni luce) dalla Terra. È anche nota come stella di Tabby o Stella di Boyajian, in onore di Tabetha S. Boyajian, l'astronoma statunitense che effettuò i primi studi sulla stella.



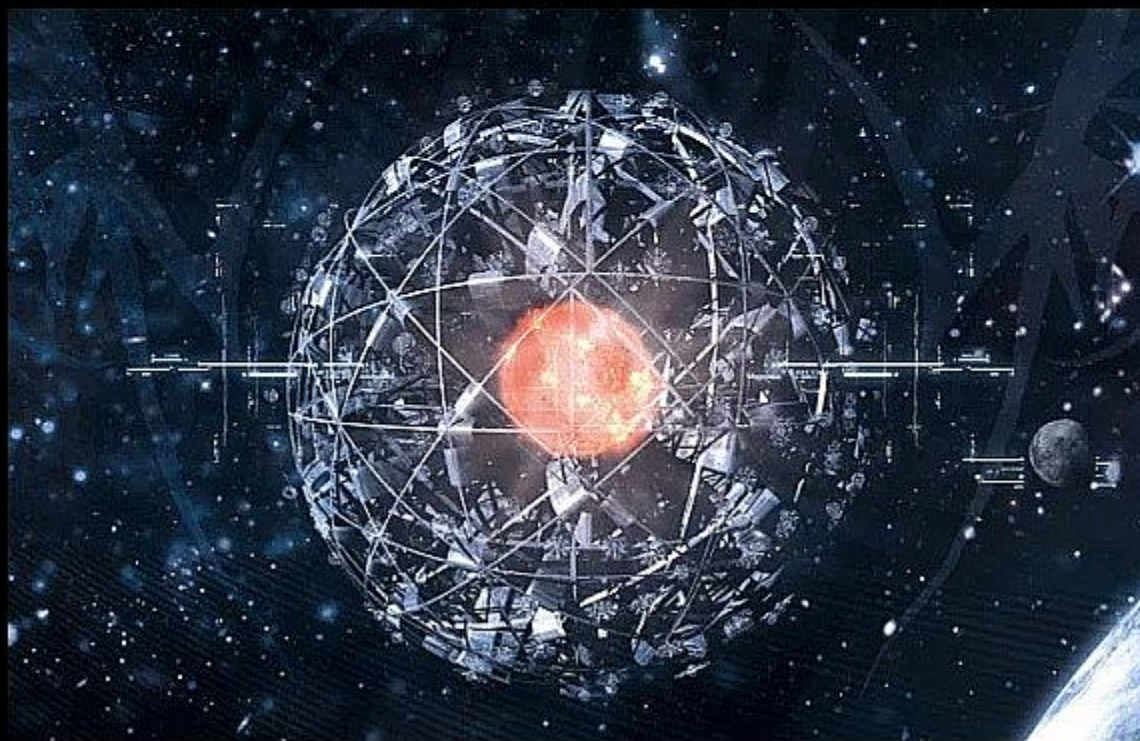
Tabetha S. Boyajian

Nel settembre 2015 numerosi astronomi hanno analizzato le insolite fluttuazioni nell'emissione luminosa di questa stella misurate dal telescopio spaziale Kepler, un sensore che registra le variazioni nella luminosità di stelle distanti per rilevare la presenza di esopianeti.

Portion of *Kepler* light curve showing peculiar dips in flux for the star KIC 8462852



Nell'ottobre 2015 Jason Wright ha avanzato l'ipotesi che l'insolita variazione di emissione di luce potesse essere associata a vita extraterrestre intelligente.



EXTRAGALACTIC SETI: THE TULLY–FISHER RELATION AS A PROBE OF DYSONIAN ASTROENGINEERING IN DISK GALAXIES

ERIK ZACKRISSON^{1,2}, PER CALISSENDORFF², SAGHAR ASADI², AND ANDERS NYHOLM²

¹Department of Physics and Astronomy, Uppsala University, Box 515, SE-751 20 Uppsala, Sweden; erik.zackrisson@physics.uu.se

²Department of Astronomy, AlbaNova, Stockholm University, SE-106 91 Stockholm, Sweden

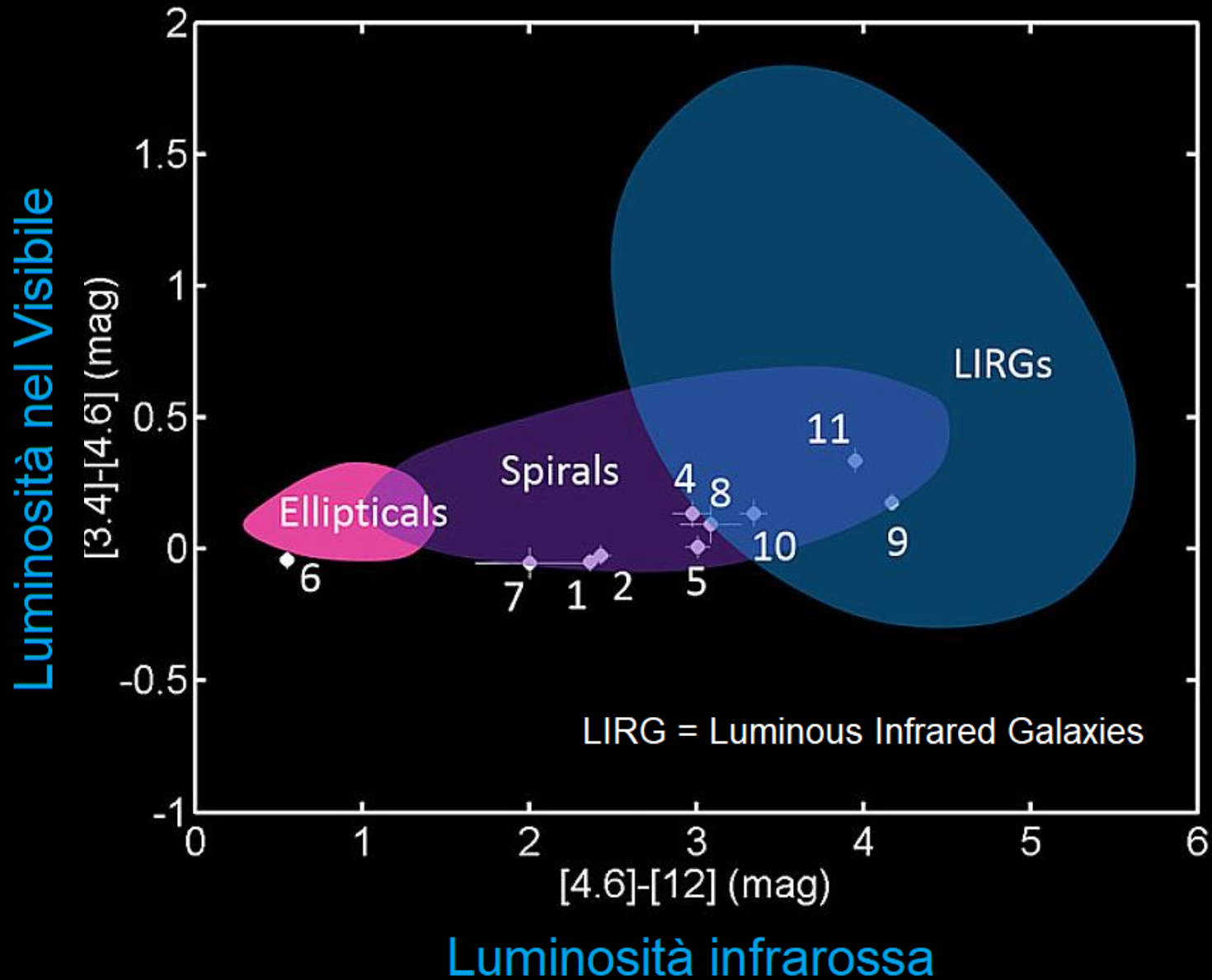
Received 2014 August 26; accepted 2015 June 30; published 2015 August 26

ABSTRACT

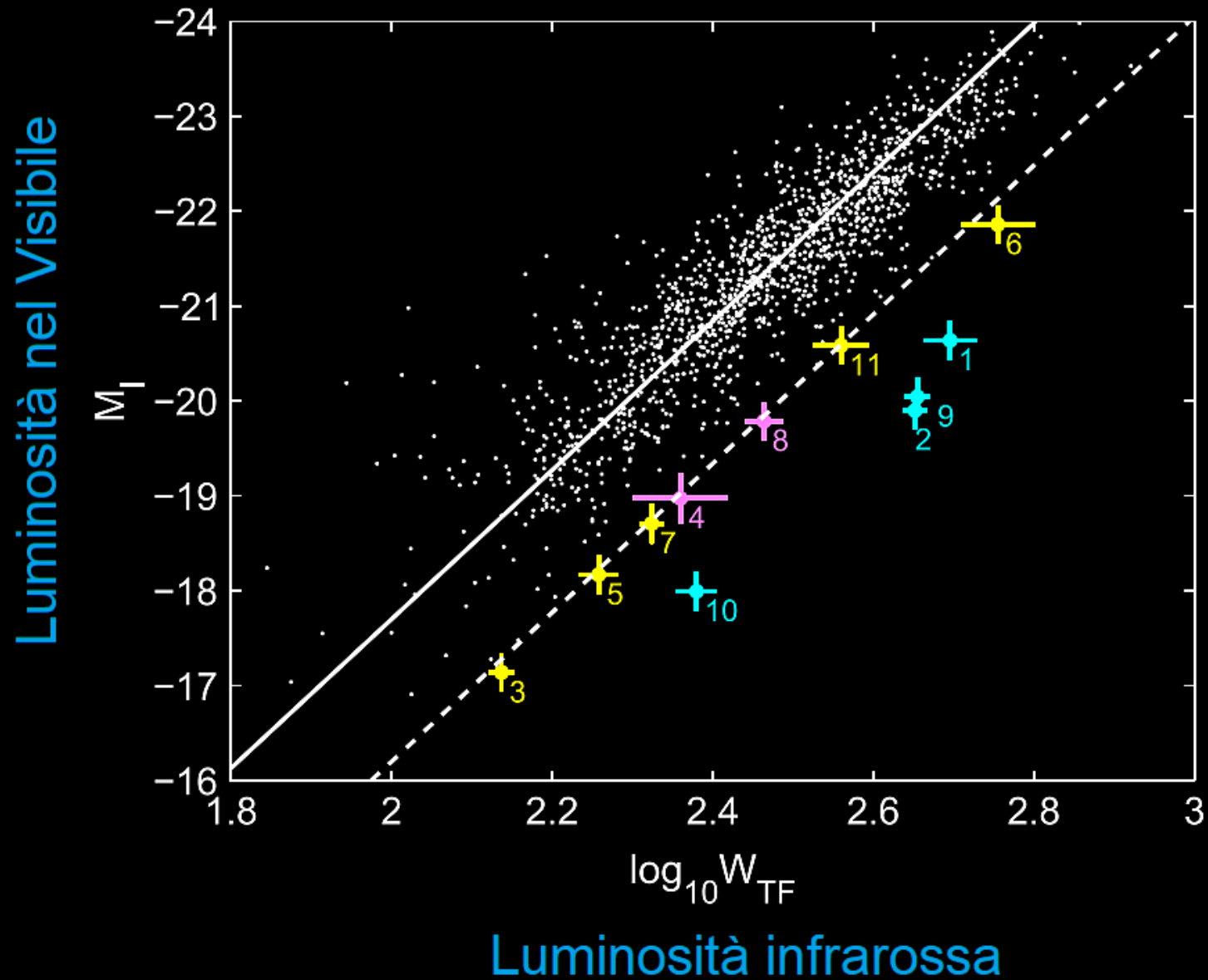
If advanced extraterrestrial civilizations choose to construct vast numbers of Dyson spheres to harvest radiation energy, this could affect the characteristics of their host galaxies. Potential signatures of such astroengineering projects include reduced optical luminosity, boosted infrared luminosity, and morphological anomalies. Here, we apply a technique pioneered by Annis to search for Kardashev type III civilizations in disk galaxies, based on the predicted offset of these galaxies from the optical Tully–Fisher (TF) relation. By analyzing a sample of 1359 disk galaxies, we are able to set a conservative upper limit of $\lesssim 3\%$ on the fraction of local disks subject to Dysonian astroengineering on galaxy-wide scales. However, the available data suggests that a small subset of disk galaxies actually may be underluminous with respect to the TF relation in the way expected for Kardashev type III objects. Based on the optical morphologies and infrared-to-optical luminosity ratios of such galaxies in our sample, we conclude that none of them stand out as strong Kardashev type III candidates and that their inferred properties likely have mundane explanations. This allows us to set a tentative upper limit at $\lesssim 0.3\%$ on the fraction of Kardashev type III disk galaxies in the local universe.

Key words: extraterrestrial intelligence – galaxies: spiral – galaxies: stellar content – infrared: galaxies

1359 galassie



1359 galassie



Galassie con eccesso di infrarosso e difetto di luce visibile

THE ASTROPHYSICAL JOURNAL, 810:23 (12pp), 2015 September 1

ZACKRISSON ET AL.

Table 1
Candidates for Host Galaxies of Star-fed Kardashev Type III Civilizations

No.	R.A. (J2000)	Decl. (J2000)	Name	$\log W_{\text{TF}}$ (km s^{-1})	$\sigma(\log W_{\text{TF}})$ (km s^{-1})	m_{Ic}	M_I	$\sigma(M_I)$	$r_{\text{grp,M}}$ (km s^{-1})	cZ_{gal} (km s^{-1})	Type	Group	Class
1	00 09 48.2	+27 49 55	NGC 0022	2.696	0.033	12.42	-20.64	0.13	2862	7980	Sb	40702	C
2	00 11 45.1	+28 29 56	UGC 00108	2.652	0.007	13.16	-19.90	0.13	2862	7709	Sb	40702	C
3	10 01 47.9	+36 29 56	UGC 05394	2.137	0.009	14.45	-17.14	0.23	1455	1685	Sc	40032	A
4	11 45 41.2	-28 22 03	ESO 440-G004	2.360	0.059	13.11	-18.98	0.29	1827	2182	Scd	30590	B
5	12 32 03.2	+16 41 13	NGC 4502	2.258	0.024	12.89	-18.17	0.28	1140	1944	Scd	30654	A
6	12 48 22.9	+08 29 15	NGC 4698	2.755	0.046	9.20	-21.86	0.27	1140	1330	Sa	30654	A
7	12 54 48.5	+19 10 34	IC 3877	2.324	0.012	12.35	-18.71	0.28	1140	1216	Sc	30654	A
8	13 26 12.8	-27 29 06	AGC 530433	2.464	0.023	16.21	-19.79	0.09	11080	9992	S0/a	1736	B
9	22 13 30.6	-27 33 30	ESO 467-G023	2.655	0.013	11.82	-20.05	0.20	1651	4976	Sb	31043	C
10	22 15 48.2	-27 30 44	ESO 467-G034	2.380	0.025	13.87	-18.00	0.21	1651	4859	Sb	31043	C
11	07 03 26.7	-48 59 40	AGC 470027	2.560	0.035	15.32	-20.91	0.08	12346	12574	Sb	3407	A

Note. The entries in the group column correspond to group identifiers from the SFI++ catalog.

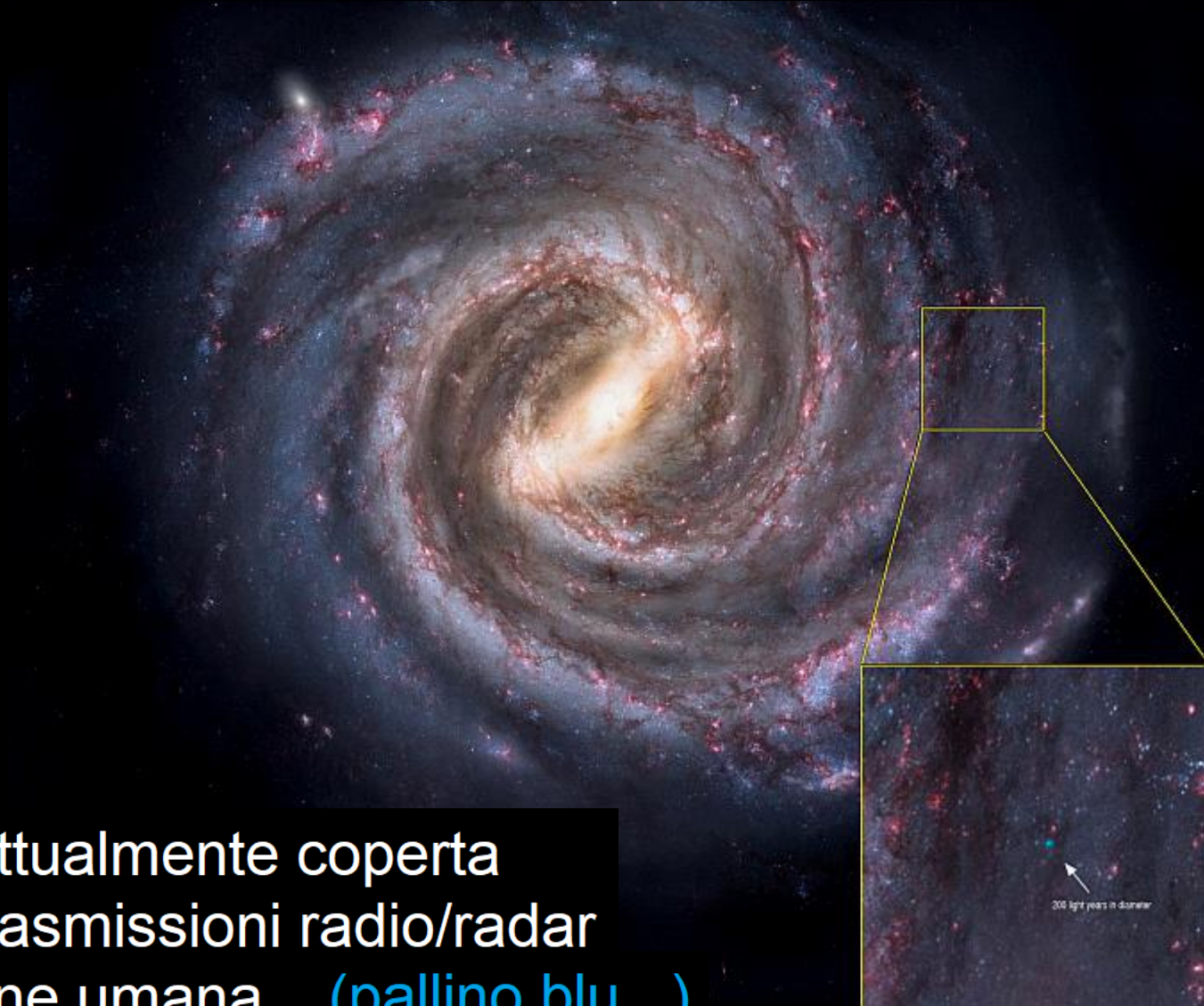
Queste galassie emettono fortemente più calore e meno luce visibile del dovuto (rispetto alla media)

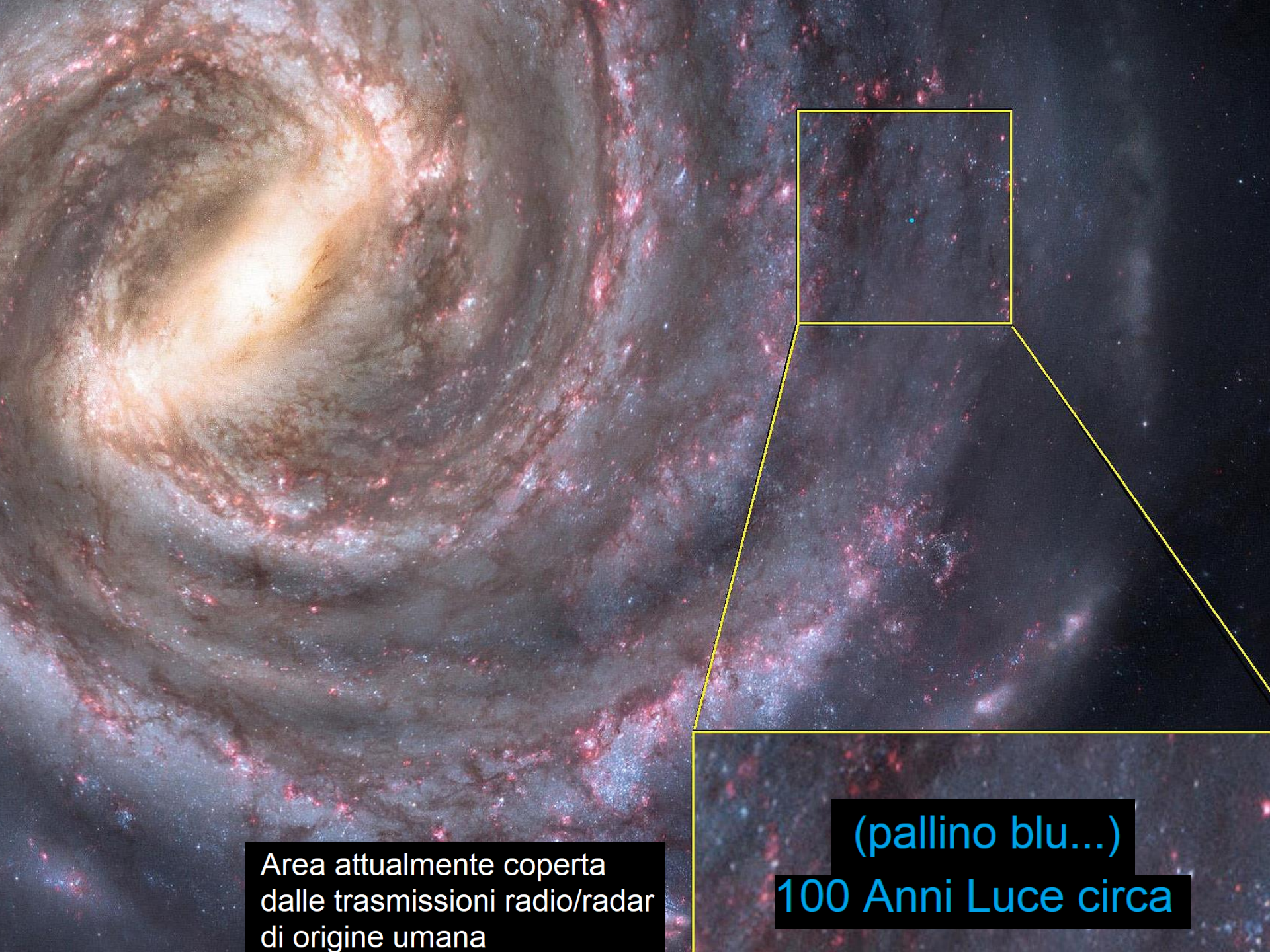
Unica spiegazione possibile (per ora...) è che esista, in ciascuna di esse, una civiltà di tipo KIII che ha costruito Sfere di Dyson intorno a moltissime stelle della rispettiva galassia per catturare l'energia

E' esistito quindi un processo di colonizzazione di ciascuna galassia da parte di una civiltà di tipo KIII di Kardashev

...e se ci trovassero loro?

Area attualmente coperta
dalle trasmissioni radio/radar
di origine umana (pallino blu...)





Area attualmente coperta
dalle trasmissioni radio/radar
di origine umana

(pallino blu...)
100 Anni Luce circa

PROTOCOLLO DI PRIMO CONTATTO



(dal libro di Gilmour e Sephton: Introduction to Astrobiology, Cambridge Univ. Press 2004)

- 1) Superare le barriere di linguaggio**
- 2) Un piccolo gruppo di delegati umani con un capo si dovrebbe incontrare con un gruppo simile di delegati alieni**
- 3) Chiarire subito che l'umanità preferisce la pace**
- 4) Offrire di condividere le nostre conoscenze**
- 5) Parlare della vita sulla Terra, della storia della nostra specie, della nostra scienza**

...al che ci massacrano

**«VENIET TEMPUS QUO ISTA QUAE
NUNC LATENT IN LUCEM DIES
EXTRAHAT ET LONGIORIS Aevi
DILIGENTIA»**

*(Seneca, Naturales
Quaestiones, VII, 25, 4)*

**VERRA' IL GIORNO IN CUI IL TEMPO E
GLI SFORZI CHE VI AVRA' DEDICATO UN
MAGGIOR NUMERO DI GENERAZIONI
PORTERANNO ALLA LUCE CODESTE
NOZIONI CHE PER ORA RESTANO
CELATE**



io rapisco l'umano, tu prendi il gatto...

