



LA GALASSIA VIVENTE

E. Mieli
A. M. F. Valli
C. Maccone

Introduzione: utilizzo dei logaritmi per trasformare il prodotto in una somma

$$N = Ns \cdot fp \cdot ne \cdot fl \cdot fi \cdot fc \cdot fL$$

$$\left\{ \begin{array}{l} D_1 = Ns \\ D_2 = fp \\ D_3 = ne \\ D_4 = fl \\ D_5 = f \\ D_6 = fc \\ D_7 = fL \end{array} \right. \quad N = \prod_{i=1}^7 D_i.$$
$$\ln(N) = \ln\left(\prod_{i=1}^7 D_i\right) = \sum_{i=1}^7 \ln(D_i).$$
$$\left\{ \begin{array}{l} Y = \ln(N) \quad N = e^Y. \\ Y_i = \ln(D_i) \quad i = 1, \dots, 7. \end{array} \right.$$

I prodotti di variabili casuali non sono facili da gestire nella teoria delle probabilità, In realtà, è molto più facile gestire le somme di variabili casuali, piuttosto che i prodotti

Introduzione: la pdf uniforme e la legge generale di trasformazione della pdf

$$y = g(x) = \ln(x). \quad x_1(y) = x(y) = e^y.$$

$$g'(x) = \frac{1}{x} \quad \text{and} \quad g'(x_1(y)) = \frac{1}{x_1(y)} = \frac{1}{e^y}$$

$$f_{\text{uniform}_{D_i}} = \frac{1}{b_i - a_i} \quad \text{with} \quad 0 \leq a_i \leq x \leq b_i$$

$$f_Y(y) = \sum_i \frac{f_X(x_i(y))}{|g'(x_i(y))|} = \frac{1}{b_i - a_i} \cdot \frac{1}{\left|\frac{1}{e^y}\right|} = \frac{e^y}{b_i - a_i}$$

Ricorriamo alla legge di trasformazione generale per le variabili aleatorie. In virtù della funzione di densità di probabilità (pdf) uniforme, otteniamo la pdf dei logaritmi naturali di tutte le variabili aleatorie di Drake uniformemente distribuite D_i

Introduzione: il valore medio e la varianza di $Y_i = \ln(D_i)$

$$\begin{aligned}\langle Y_i \rangle &= \int_{\ln(a_i)}^{\ln(b_i)} y \cdot f_Y(y) dy = \int_{\ln(a_i)}^{\ln(b_i)} \frac{y \cdot e^y}{b_i - a_i} dy \\ &= \frac{b_i[\ln(b_i) - 1] - a_i[\ln(a_i) - 1]}{b_i - a_i}.\end{aligned}$$

$$\sigma_{Y_i}^2 = \sigma_{\ln(D_i)}^2 = 1 - \frac{a_i b_i [\ln(b_i) - \ln(a_i)]^2}{(b_i - a_i)^2}.$$

$$\sigma_{Y_i} = \sigma_{\ln(D_i)} = \sqrt{1 - \frac{a_i b_i [\ln(b_i) - \ln(a_i)]^2}{(b_i - a_i)^2}}.$$

**Troviamo l'espressione
matematica del valore
medio e della
deviazione standard di
 Y_i**

Introduzione: Il teorema del limite centrale (CLT) e la pdf lognormale

Teorema del limite centrale (CLT)

$$\left\{ \begin{array}{l} Y = \sum_{i=1}^7 Y_i \\ \langle Y \rangle = \sum_{i=1}^7 \langle Y_i \rangle \\ \sigma_Y^2 = \sum_{i=1}^7 \sigma_{Y_i}^2 \end{array} \right.$$

$f_N(n; \mu, \sigma) = \frac{1}{n} \cdot \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma}} e^{-\frac{(\ln(n)-\mu)^2}{2\sigma^2}} \quad (n \geq 0, \sigma \geq 0)$	Funzione di densità di probabilità
$\langle N \rangle = e^\mu e^{\frac{\sigma^2}{2}}$	Valore medio
$\sigma_N^2 = e^{2\mu} e^{\sigma^2} (e^{\sigma^2} - 1)$	Varianza
$\sigma_N = e^\mu e^{\frac{\sigma^2}{2}} \sqrt{e^{\sigma^2} - 1}$	Deviazione standard
$\mu = \sum_{i=1}^7 \langle Y_i \rangle = \sum_{i=1}^7 \left(\frac{b_i [\ln(b_i) - 1] - a_i [\ln(a_i) - 1]}{b_i - a_i} \right)$	Espressione di μ in termini di limiti inferiore (a_i) e superiore (b_i)
$\sigma^2 = \sum_{i=1}^7 \sigma_{Y_i}^2 = \sum_{i=1}^7 \left(1 - \frac{a_i b_i [\ln(b_i) - \ln(a_i)]^2}{(b_i - a_i)^2} \right)$	Espressione di σ^2 in termini di limiti inferiore (a_i) e superiore (b_i)

$$X_0 = \prod_j X_j$$

$$\Phi(X_0) = \frac{1}{X_0} \cdot \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{(\ln(X_0) - \mu)^2}{2\sigma^2}}$$

$$\langle X_0 \rangle = e^\mu e^{\frac{\sigma^2}{2}}$$

$$\sigma_{(X_0)} = \langle X_0 \rangle (e^{\sigma^2} - 1)^{\frac{1}{2}}$$

$$\mu = \sum_j \frac{B_j(\ln B_j - 1) - A_j(\ln A_j - 1)}{B_j - A_j}$$

$$\sigma^2 = \sum_j \left(1 - \frac{A_j B_j (\ln B_j - \ln A_j)^2}{(B_j - A_j)^2}\right)$$

A lato si può vedere la distribuzione lognormale della variabile prodotto X_0

Il metodo di Maccone per la distribuzione lognormale può essere utilizzato anche per un approccio analitico al problema della vita nella galassia

Il Teorema del Limite Centrale, applicato alla distribuzione lognormale, ci permette di **fattorizzare l'equazione di Drake...**

$$N = N_s \cdot n_p \cdot f_s \cdot f_l \cdot f_i \cdot f_c \cdot f_L$$

1	N_s	NUMERO DI STELLE DELLA GALASSIA ADATTE ALLA VITA (DI CLASSE SPETTRALE K , G ED F)
2	n_p	NUMERO DI PIANETI PER STELLA NELL'AREA ABITABILE (DI CLASSE SPETTRALE K , G ED F)
3	f_s	FRAZIONE DI PIANETI STABILI NELL'AREA ABITABILE (FUNZIONE DELLA DURATA ΔT)
4	f_l	FRAZIONE DI PIANETI ADATTE DOVE SI SVILUPPA EFFETTIVAMENTE LA VITA
5	f_i	FRAZIONE DI PIANETI ABITATI DA VITA INTELLIGENTE
6	f_c	FRAZIONE DI PIANETI DOVE LA VITA INTELLIGENTE DECIDE DI COMUNICARE
7	f_L	FRAZIONE DELLA DURATA DELLA VITA DEL PIANETA IN CUI LA VITA INTELLIGENTE PERSISTE RISPETTO ALLA POPOLAZIONE STELLARE I (7 Ga)

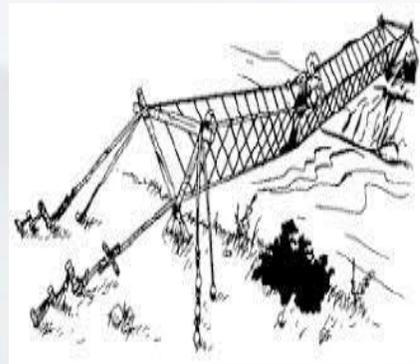
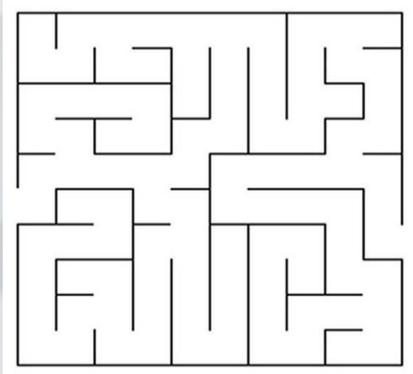
DA
QUESTI
SETTE
FATTORI

Introduzione:

UN APPROCCIO ANALITICO

STEP	DRAKE PAR.	VALUE	DESCRIPTION	STEP	DRAKE PAR.	VALUE	DESCRIPTION
1	DRAKE 1	1,10E+10	NUMBER OF STARS OF THE GALAXY SUITABLE FOR LIFE (OF SPECTRAL CLASS F, G AND K)	26			the penetration of symbionts in the cytoplasm
2	DRAKE 2	1,80E-01	NUMBER OF PLANETS SUITABLE IN THE HABITABLE AREA FOR STAR (SPECTRAL CLASS F, G AND K)	27			the migration of DNA from the genome of the symbiont to that of the guest
	DRAKE3	1,84E-02	FRACTION OF STABLE PLANETS	28			the acquisition of the eukaryotic cytoplasmic membrane
3			multiple star systems	29			incorporation into a single coating and phagocytosis
4			supernove less than 40 ly away		DRAKE 5 metazoa	8,49E-01	FRACTION OF PLANETS WHERE ANIMALS (METAZOA) ARE BORN
5			gamma gamma ray burst less than 5,000 ly away	30			the acquisition of a complex life cycle
6			super flare of the star	31			The aggregation of the zoospores and the formation of the synzoospore
7			transit of the gassy giants on internal orbits	32			the sedentary colony composed of differentiated cells
8			prolonged meteoric bombardment	33			the production of collagen
9			instability of the rotation axis		DRAKE 5 ETC	3,48E-02	FRACTION OF PLANETS WHERE TECHNOLOGICAL CIVILIZATIONS (ETC) ARE BORN
10			absence of the carbon cycle	34			Increased metzoo size (nervous and vascular system)
11			absence of the planetary magnetic field	35			limb development
	DRAKE 4 prokaryota	5,16E-01	FRACTION OF PLANETS WHERE LIFE IS BORN	36			conquest of lands above sea level
				37			differentiation of land animals
12			the abiological synthesis of biological molecules	38			The acquisition of sociality
13			the concentration of the primordial broth	39			upright position and manual skills
14			the formation of lipid bags	40			change of diet and encephal growth
15			inclusion in the lipid membranes of chlorophyll	41			organization of the brain on abstract thinking
16			the "photopump for protons"	42			birth of articulated language and technique
17			the formation of nucleic acid filaments	43	DRAKE 6	5,00E-01	FRACTION OF PLANETS WHERE LIFE DECIDES TO COMMUNICATE
18			the catalytic role of the RNA		DRAKE 7	7,29E-06	FRACTION OF THE STATIC ETCs DURATION (K < 1.4)
19			determination of roles	44			self-destruction due to evolutionary failure
20			cell membrane formation	45			involuntary technological error
21			onset of the genetic code	46			technological insufficiency to face planetary changes
	DRAKE 5 eukaryota	5,45E-01	FRACTION OF PLANETS WHERE EUKARYOTA ARE BORN	47			spontaneous involution
22			the evolution of an aerobio bacterium	48			artificial genetic transition ended up on a dead track
23			the guest-symbiont encounter	49			artificial intelligence transition ended up on a dead track
24			the formation of the pores and the escape of cytoplasmic extensions	50			reaching Ω point
25			the "winding" of the symbionts and the disappearance of the guest's cell wall		DRAKE 7	4,64E-03	FRACTION OF DYNAMICS ETCs THAT EXCEED 7 CHALLENGES AND BECOME ETERNAL (K \geq 1.4)

A QUESTI
CINQUANTA
FATTORI

**A: LABIRINTO**

p_A = probabilità di superare il passo **A**

Per una durata n volte maggiore, abbiamo:

$$p_A = 1 - (1 - p_{A0})^n$$

crescente con n e tendente a **1**

B: PONTE TIBETANO

p_B = probabilità di superare il passo **B**

Per una durata n volte maggiore, abbiamo:

$$p_B = (p_{B0})^n$$

decrescente con n e tendente a **0**

COMPORTAMENTO DELLA PROBABILITÀ DEL PASSO RISPETTO AL TEMPO

Chiameremo **FASI** i passi di tipo **A** (probabilità crescente nel tempo)

Chiameremo **SFIDE** i passi di tipo **B** (probabilità decrescente nel tempo)

Il 1° parametro di Drake :

NUMERO DI STELLE

$1,0 \cdot 10^{10} - 1,2 \cdot 10^{10}$

Classe spettrale	Intervallo di massa (M_{\odot})	% di stelle nel disco	Stelle nucleo ($2,40 \cdot 10^{10} M_{\odot}$)	Stelle disco ($3,79 \cdot 10^{10} M_{\odot}$)	Stelle alone ($2,40 \cdot 10^8 M_{\odot}$)	Stelle seq. pr. ($6,43 \cdot 10^{10} M_{\odot}$)	
O	≥ 16	0,00001%	$8,57 \cdot 10^1$	$1,35 \cdot 10^2$	La produzione di nuove stelle nell'alone è cessata 10 miliardi di anni fa e solo una piccola parte della popolazione II è ancora nella sequenza principale, Le altre si sono estinte	$2,21 \cdot 10^2$	
B	2,1 - 16	0,13%	$2,99 \cdot 10^6$	$4,71 \cdot 10^6$		$7,70 \cdot 10^6$	
A	1,4 - 2,1	0,60%	$6,40 \cdot 10^7$	$1,01 \cdot 10^8$		$1,65 \cdot 10^8$	
F	1,04 - 1,4	3,00%	$5,43 \cdot 10^8$	$8,58 \cdot 10^8$		$14,00 \cdot 10^9$	
G	0,8 - 1,04	7,60%	$1,97 \cdot 10^9$	$3,11 \cdot 10^9$		$5,09 \cdot 10^9$	
K	0,45 - 0,8	12,10%	$4,47 \cdot 10^9$	$7,06 \cdot 10^9$		$1,71 \cdot 10^9$	$1,32 \cdot 10^{10}$
M	0,08 - 0,45	76,45%	$6,44 \cdot 10^{10}$	$1,02 \cdot 10^{11}$		$2,27 \cdot 10^9$	$1,68 \cdot 10^{11}$
Total stars present in the Milky Way			$7,14 \cdot 10^{10}$	$1,13 \cdot 10^{11}$	$3,97 \cdot 10^9$	$1,88 \cdot 10^{11}$	

STIMA DIRETTA

Per ragioni di stabilità stellare, siamo interessati solo alle stelle di classe **F**, **G** e **K** appartenenti al disco galattico: la somma di questi tre insiemi è uguale a $1,10 \cdot 10^{10}$ stelle

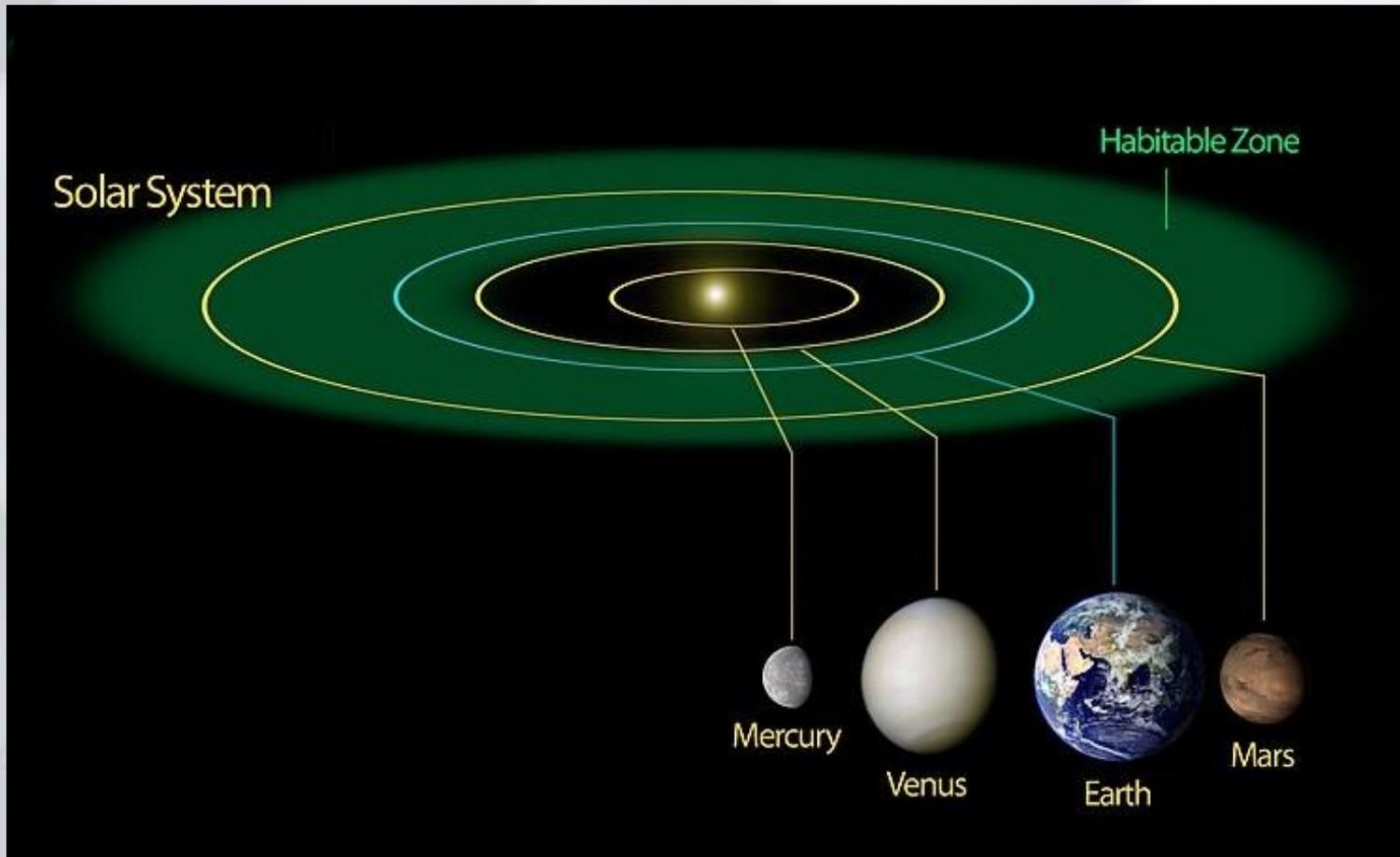
Il 2° parametro di Drake :

PIANETI ADATTI

0,16 - 0,20

STIMA DIRETTA

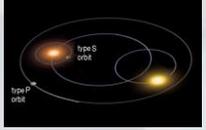
Per pianeti di dimensioni **0,75-1,5 R_{\oplus}** , masse terrestri, orbitanti in un'area abitabile stabile (**0,99-1,70 UA**) attorno alle stelle di tipo G, *Kunimoto (2020)* definisce un valore medio di **0,18** pianeti



Il 3° parametro di Drake :

PIANETI STABILI

LE NOVE SFIDE



sistemi stellari multipli

probabilità **0,7 - 0,9**



supernove a meno di 40 anni luce

probabilità **0,6 - 0,8**



lampi gamma a meno di 5.000 anni luce

probabilità **0,9 - 1,0**



super-brillamenti della propria stella

probabilità **0,5 - 0,7**



transito dei giganti gassosi su orbite interne

probabilità **0,7 - 0,9**



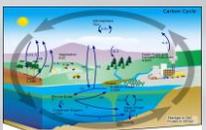
bombardamento meteorico prolungato

probabilità **0,8 - 1,0**



instabilità dell'asse di rotazione

probabilità **0,1 - 0,3**



assenza del ciclo del carbonio

probabilità **0,7 - 0,9**



assenza di campo magnetico

probabilità **0,4 - 0,6**

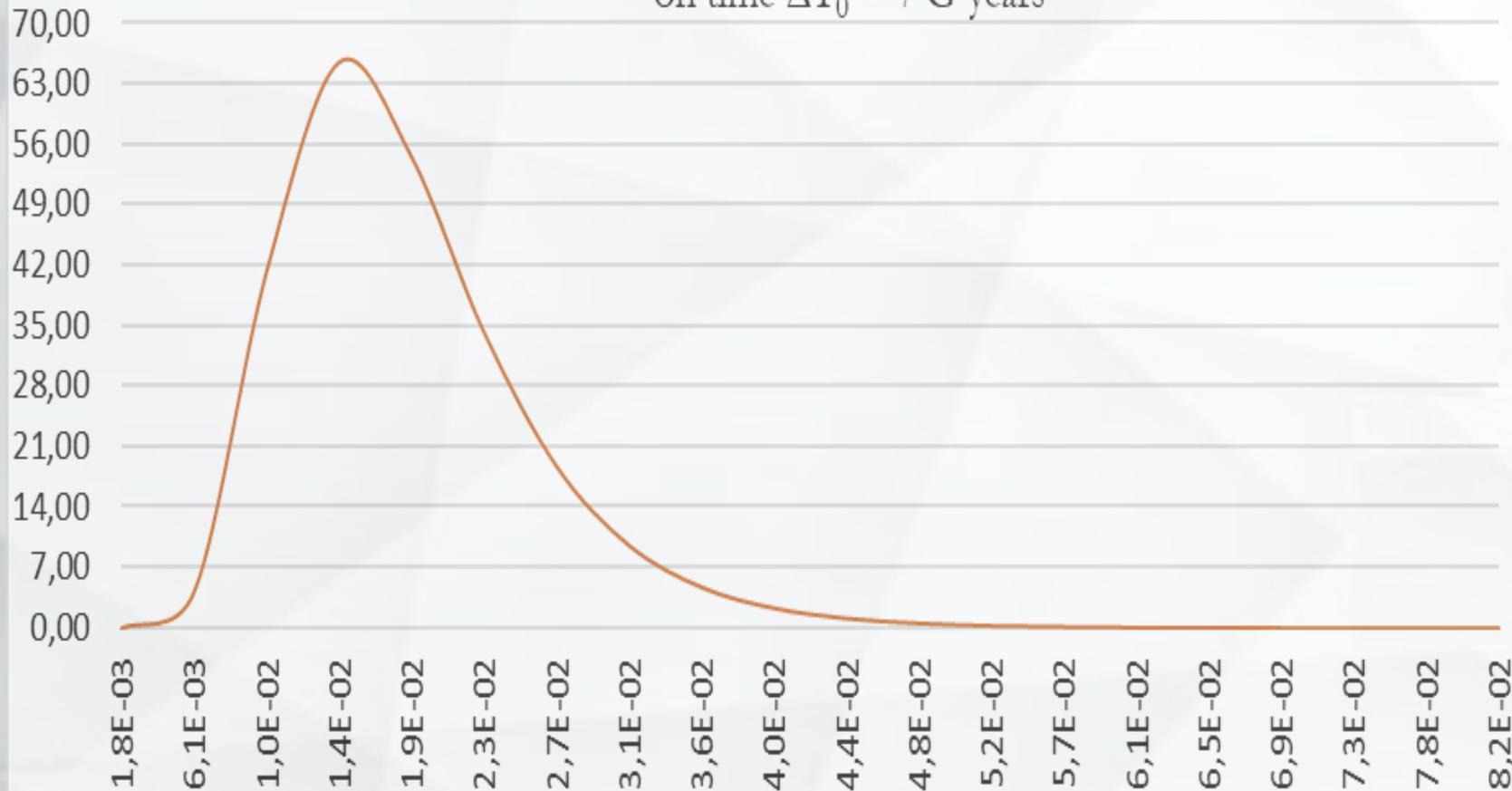
Il 3° parametro di Drake : PIANETI STABILI
 $5,8 \cdot 10^{-3} - 3,1 \cdot 10^{-2}$

LA STIMA CALCOLATA DALLE NOVE SFIDE

La composizione delle nove probabilità stimate per il 3° parametro dà origine ad una probabilità composta, ottenuta con la distribuzione lognormale, di

$1,9 \cdot 10^{-2}$

3rd Drake: lognormal distribution Φ of the Fraction X_0
on time $\Delta T_0 = 7$ G years



Il 4° parametro di Drake :

LA NASCITA DELLA VITA

LE DIECI FASI



la sintesi abiologica di molecole biologiche



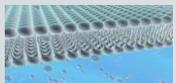
la concentrazione del brodo primordiale.....



la formazione di sacche lipidiche.....



l'inclusione della clorofilla nelle membrane



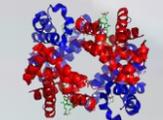
la "fotopompa protonica"



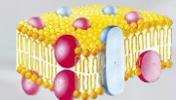
la formazione di filamenti di acido nucleico.....



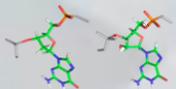
il ruolo catalitico dell'RNA.....



la determinazione dei ruoli.....



la formazione della membrana cellulare.....



l'emergere del codice genetico.....

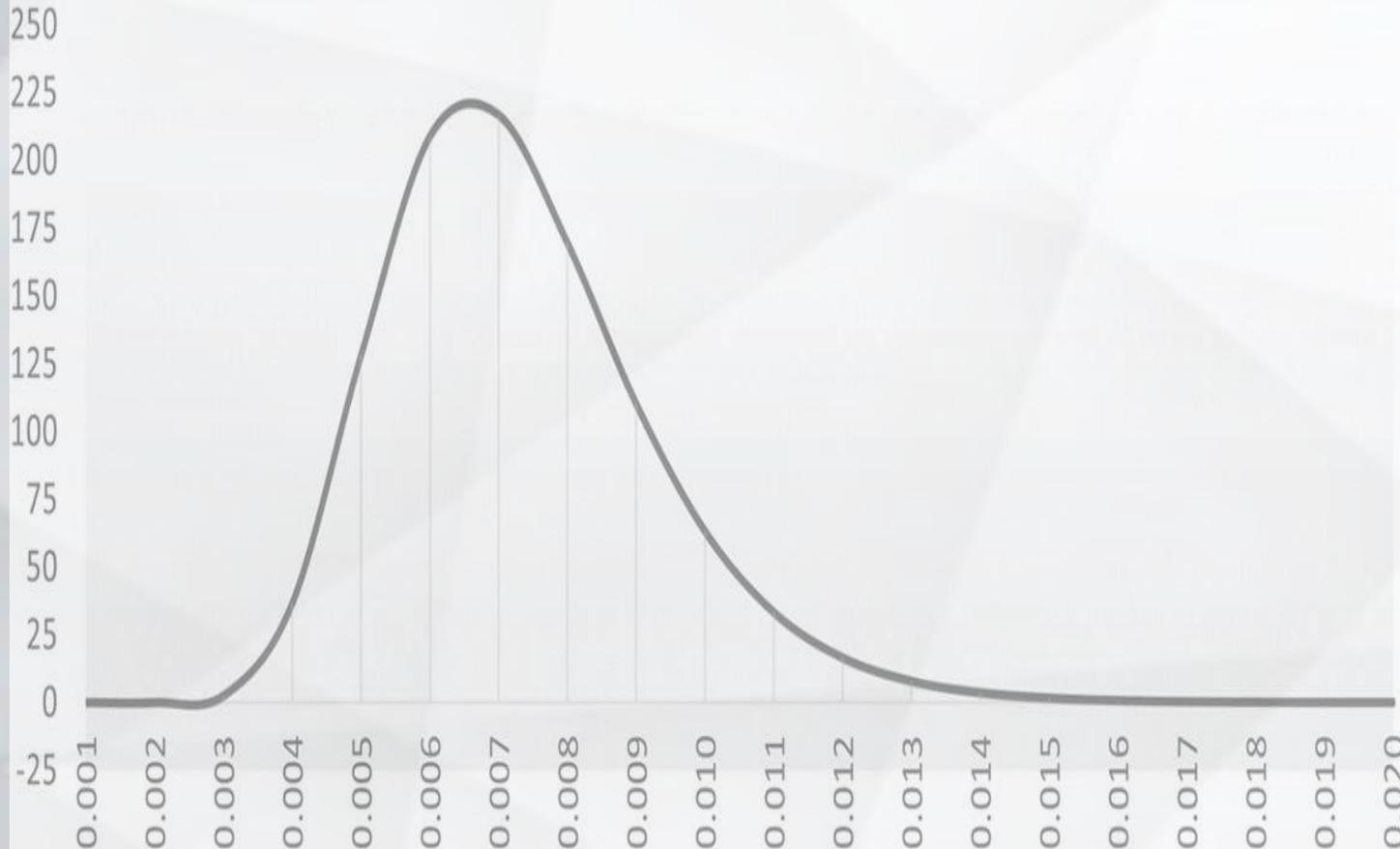
a_j	b_j	ΔT_j	ΔT_{0j}
0,90	1,00	10^6	10^6
0,05	0,15	10^2	10^4
0,90	1,00	0,1	10
0,10	0,20	1,0	10
0,10	0,20	0,01	10
0,02	0,03	0,01	1
0,90	1,00	0,1	1
0,20	0,30	100	100
0,01	0,02	0,01	1
0,01	0,02	5	20

Il 4° parametro di Drake:

LA NASCITA DELLA VITA

$3,2 \cdot 10^{-1} - 6,6 \cdot 10^{-1}$

4th Drake: lognormal distribution Φ of the fraction X_0 of the total process



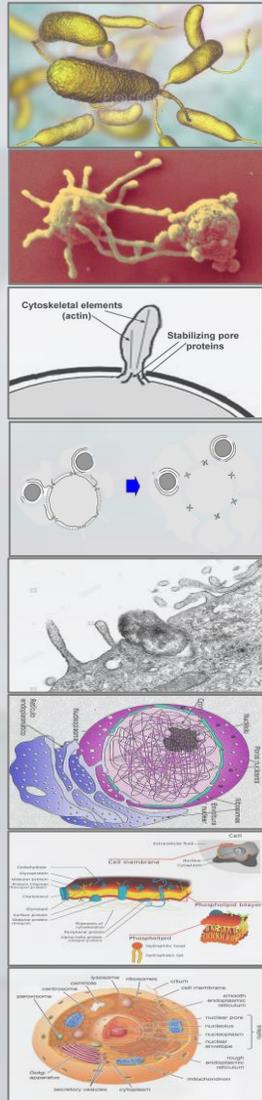
LA STIMA CALCOLATA DALLE DIECI probabilità

Nel medio periodo ΔT_0 (somma dei tempi di micro-catastrofe ΔT_{0j}) il val medio della probabilità è $7,31 \cdot 10^{-3}$

Nel lungo period di 10^6 anni troviamo una probabilità media di $5,2 \cdot 10^{-1}$ che, rispetto a quanto ci aspettavamo, è decisamente alta

Il 5° parametro (A) - la cellula eucariotica

LE OTTO FASI (A)



l'evoluzione di un batterio aerobico

l'incontro ospite-simbionte

l'estrusione di estensioni citoplasmatiche

l'"avvolgimento" dei simbionti

la "penetrazione" nel citoplasma

la migrazione del DNA

l'acquisizione della membrana citoplasmatica

l'incorporazione in un unico rivestimento

	a_j	b_j	ΔT_j	ΔT_{0j}
l'evoluzione di un batterio aerobico	0,400	0,600	2×10^3	10^5
l'incontro ospite-simbionte	0,020	0,030	10^4	10^5
l'estrusione di estensioni citoplasmatiche	0,040	0,060	5×10^3	10^5
l'"avvolgimento" dei simbionti	0,010	0,020	2×10^3	10^5
la "penetrazione" nel citoplasma	0,100	0,200	5×10^3	10^5
la migrazione del DNA	0,500	0,700	10^4	10^5
l'acquisizione della membrana citoplasmatica	0,001	0,002	2×10^3	10^5
l'incorporazione in un unico rivestimento	0,010	0,020	5×10^3	10^5

il 5° parametro (A) –

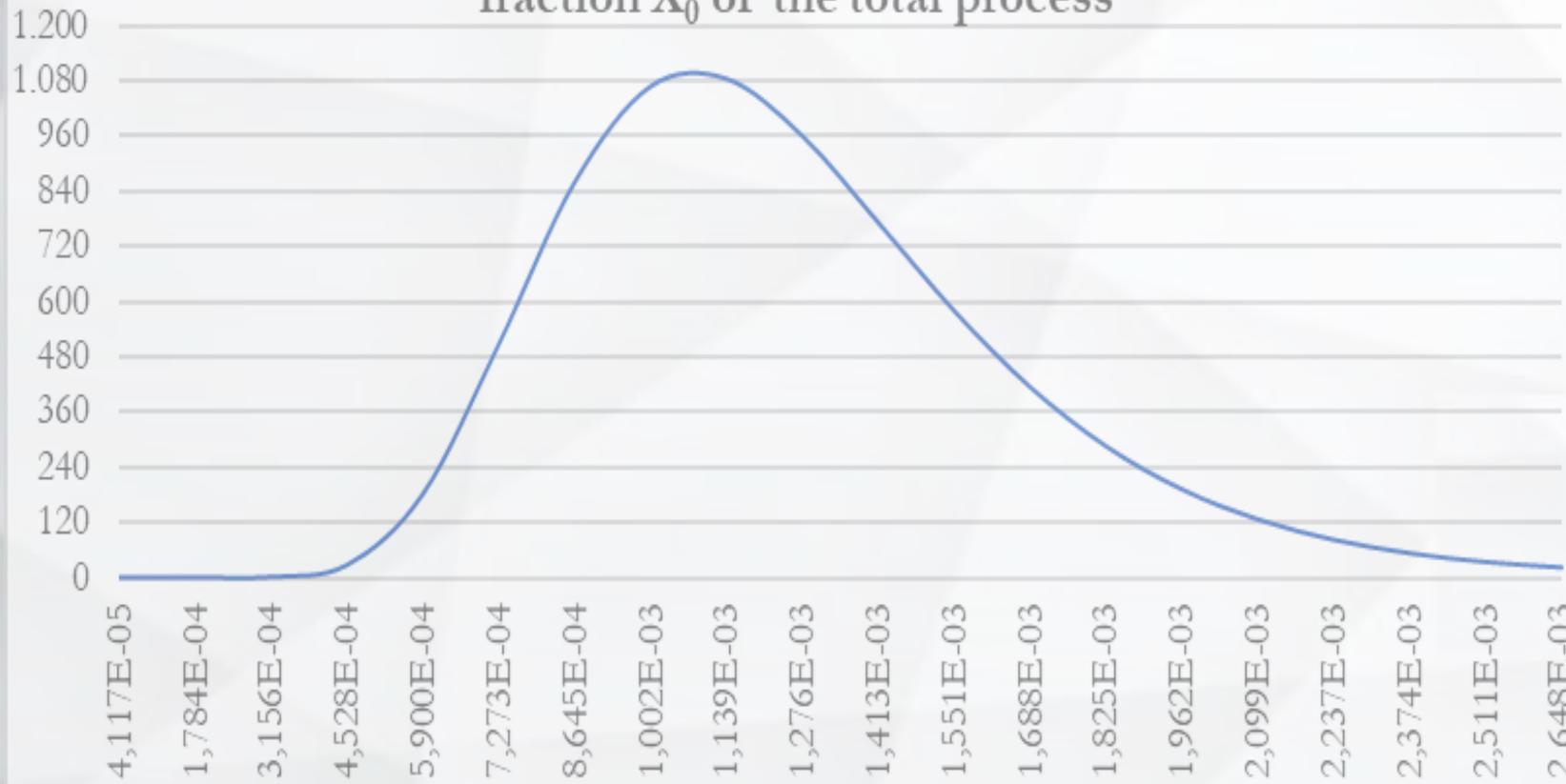
GLI EUCARIOTI

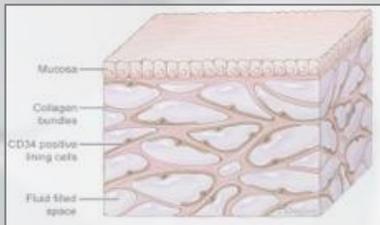
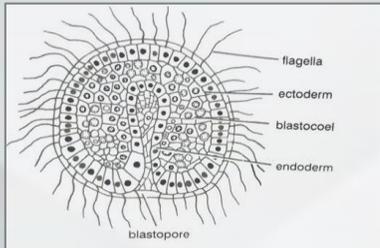
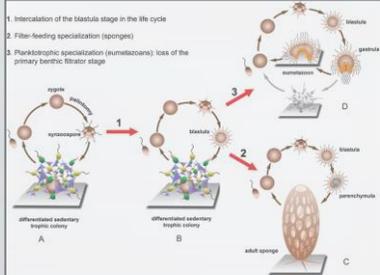
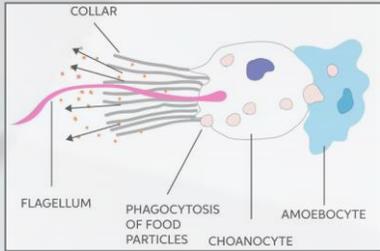
$2,9 \cdot 10^{-1} - 7,1 \cdot 10^{-1}$

**LA STIMA CALCOLATA
DALLE NOVE
probabilità**

La composizione delle otto probabilità stimate per il macrointervallo A (eucarioti) dà origine a una probabilità composta ottenuta con la distribuzione lognormale di **$5,4 \cdot 10^{-1}$**

5th Drake – eukaryotes: lognormal distribution Φ of the fraction X_0 of the total process





l'acquisizione di un ciclo vitale complesso

l'aggregazione delle zoospore e la formazione della sinzospora

la colonia sedentaria composta da cellule differenziate

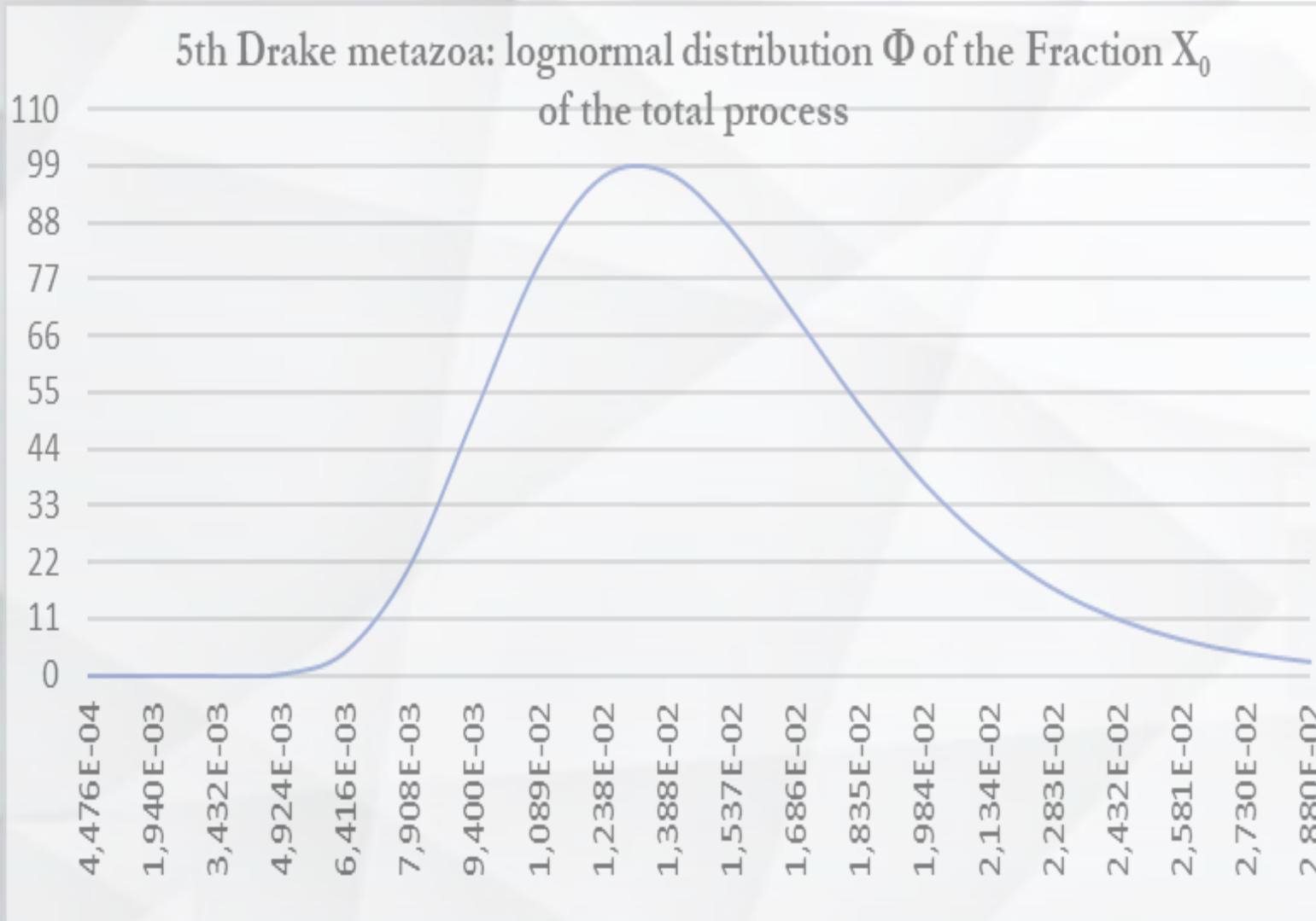
la produzione di collagene

a_j	b_j	ΔT_j	ΔT_{0j}
0,01	0,02	2×10^4	10^6
0,02	0,03	$1,5 \times 10^4$	10^6
0,02	0,04	2×10^5	10^6
0,01	0,02	5×10^4	10^6

Il 5° parametro (B) –

I METAZOI
0,60 - 0,94

LA STIMA CALCOLATA DALLE
QUATTRO probabilità



La composizione delle quattro probabilità stimate per il macrointervallo **B** (metazoi) dà origine ad una probabilità composta ottenuta con la distribuzione lognormale di **$8,5 \cdot 10^{-1}$**

(SEGUENDO KARDASHEV)

$W_1 = 10^{16}$ (Watt) si tratta di tutta l'energia solare che un **pianeta** roccioso riceve orbitando nella zona abitabile

$W_2 = 10^{11} \cdot W_1$ è tutta la potenza irradiata dalla **stella**

$W_3 = 10^{11} \cdot W_2$ è tutta la potenza irradiata dalla **galassia**

$W_4 = 10^{11} \cdot W_3$ è tutta la potenza irradiata dall'**universo osservabile**

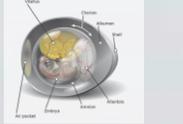
$$K = \frac{\log_{10}(W_{ETC}) - 5}{11}$$

$$K_{umanità} = \frac{\log_{10}(10^{13}) - 5}{11} \approx 0,7$$

La potenza, espressa per chilogrammi di massa corporea, che una specie può gestire è quella che possiamo misurare in termini di energia. Gli animali, sviluppano una potenza chimico-metabolica media di circa **1 W/kg**. Tuttavia, l'attuale civiltà umana ha una potenza stimata in **10 W/kg** grazie alla tecnologia. L'attuale civiltà umana di circa **10.000.000.000** di individui di **100 kg** ciascuno con una potenza di circa **10 W/kg**, ha una potenza totale di **10^{13} Watt** che, nella scala di KARDASHEV, equivalgono ad una $K_{umanità}$ pari a circa **0,7**: **QUESTO È NOSTRO VALORE MINIMO ACCETTABILE PER LA DEFINIZIONE DI INTELLIGENZA**

Il 5° parametro (C) – La Civiltà ExtraTerrestre

LE NOVE FASI (C)



L'aumento delle dimensioni dei metazoi

Lo sviluppo degli arti

La conquista della terraferma

La differenziazione degli animali terrestri

L'acquisizione della socialità

La posizione eretta e la manualità

Il cambiamento della dieta e la crescita del cervello

L'organizzazione del pensiero astratto

Il linguaggio articolato e la tecnica

	a_j	b_j	ΔT_j	ΔT_{0j}
L'aumento delle dimensioni dei metazoi	0,020	0,040	5×10^5	10^7
Lo sviluppo degli arti	0,010	0,020	5×10^5	10^7
La conquista della terraferma	0,020	0,050	5×10^5	10^7
La differenziazione degli animali terrestri	0,500	1,000	5×10^5	10^7
L'acquisizione della socialità	0,400	0,800	5×10^5	10^7
La posizione eretta e la manualità	0,005	0,010	5×10^5	10^7
Il cambiamento della dieta e la crescita del cervello	0,050	0,100	5×10^5	10^7
L'organizzazione del pensiero astratto	0,500	0,900	5×10^5	10^7
Il linguaggio articolato e la tecnica	0,400	0,800	5×10^5	10^7

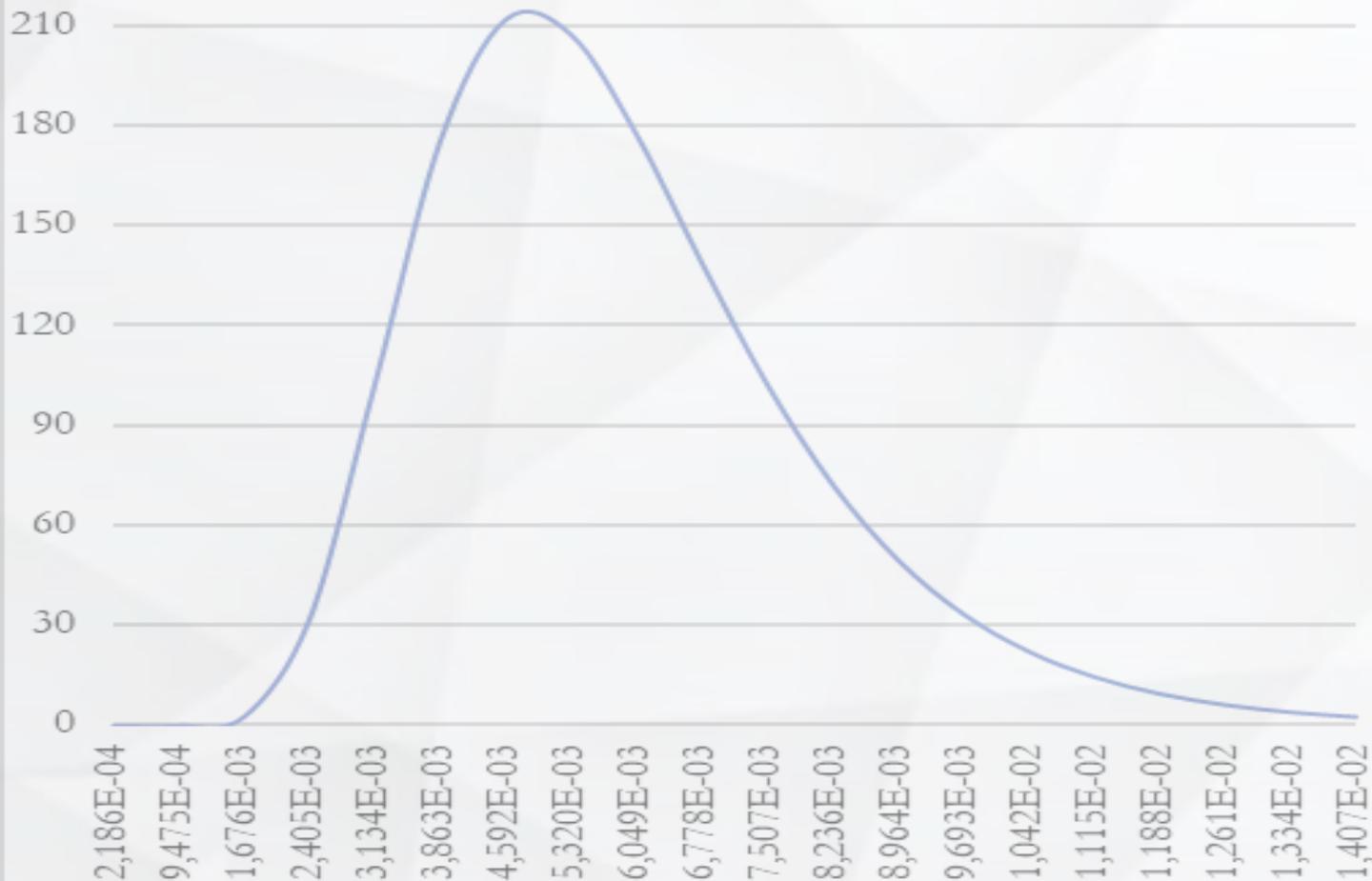
Il 5° parametro (C) –

La CET

$1,3 \cdot 10^{-2} - 5,7 \cdot 10^{-2}$

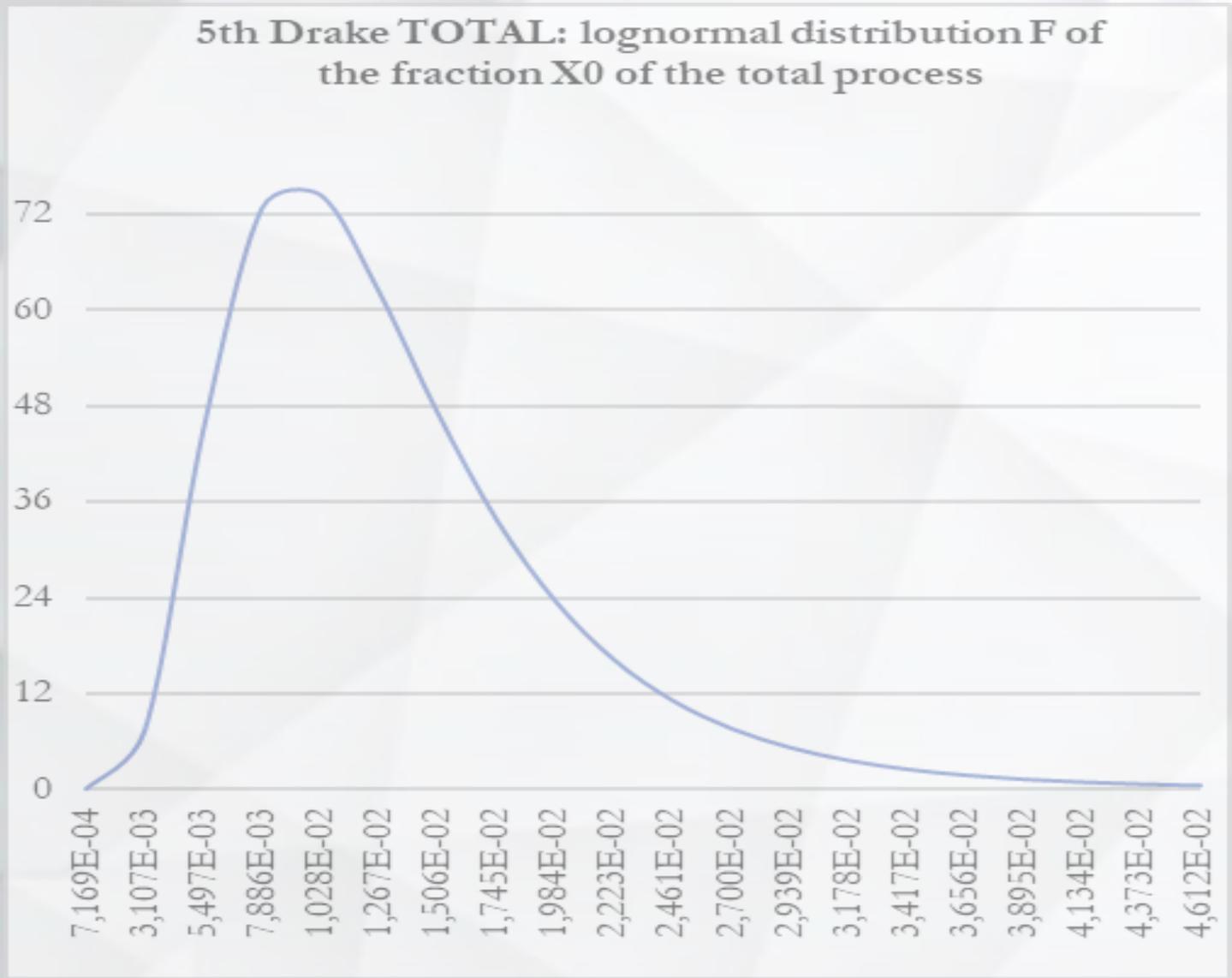
LA STIMA CALCOLATA DALLE
NOVE probabilità

5th Drake ETC: lognormal distribution F of the fraction X0 of the total process



La composizione delle otto probabilità stimate per il macrointervallo C (CET) dà origine ad una probabilità composta ottenuta con la distribuzione lognormale di **$3,5 \cdot 10^{-2}$**

5° parametro di Drake (TOTALE delle fasi A, B e C): $0,6 \cdot 10^{-2} - 2,1 \cdot 10^{-2}$



La composizione totale delle tre probabilità stimate per il macrointervallo **A, B e C** dà origine ad una probabilità composta ottenuta con la distribuzione lognormale di **$1,3 \cdot 10^{-2}$**

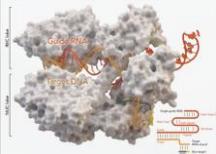


SIAMO SICURI CHE GLI ALIENI VOGLIONO COMUNICARE?

Il sesto parametro è la **DELIBERATA** scelta sociale della civiltà galattica di **NON COMUNICARE** fin dall'inizio della sua storia. Su un argomento così sfuggente non ci sentiamo in grado di esprimere opinioni scientifiche e stabiliamo una probabilità media del **50%** con una deviazione del **10%**.

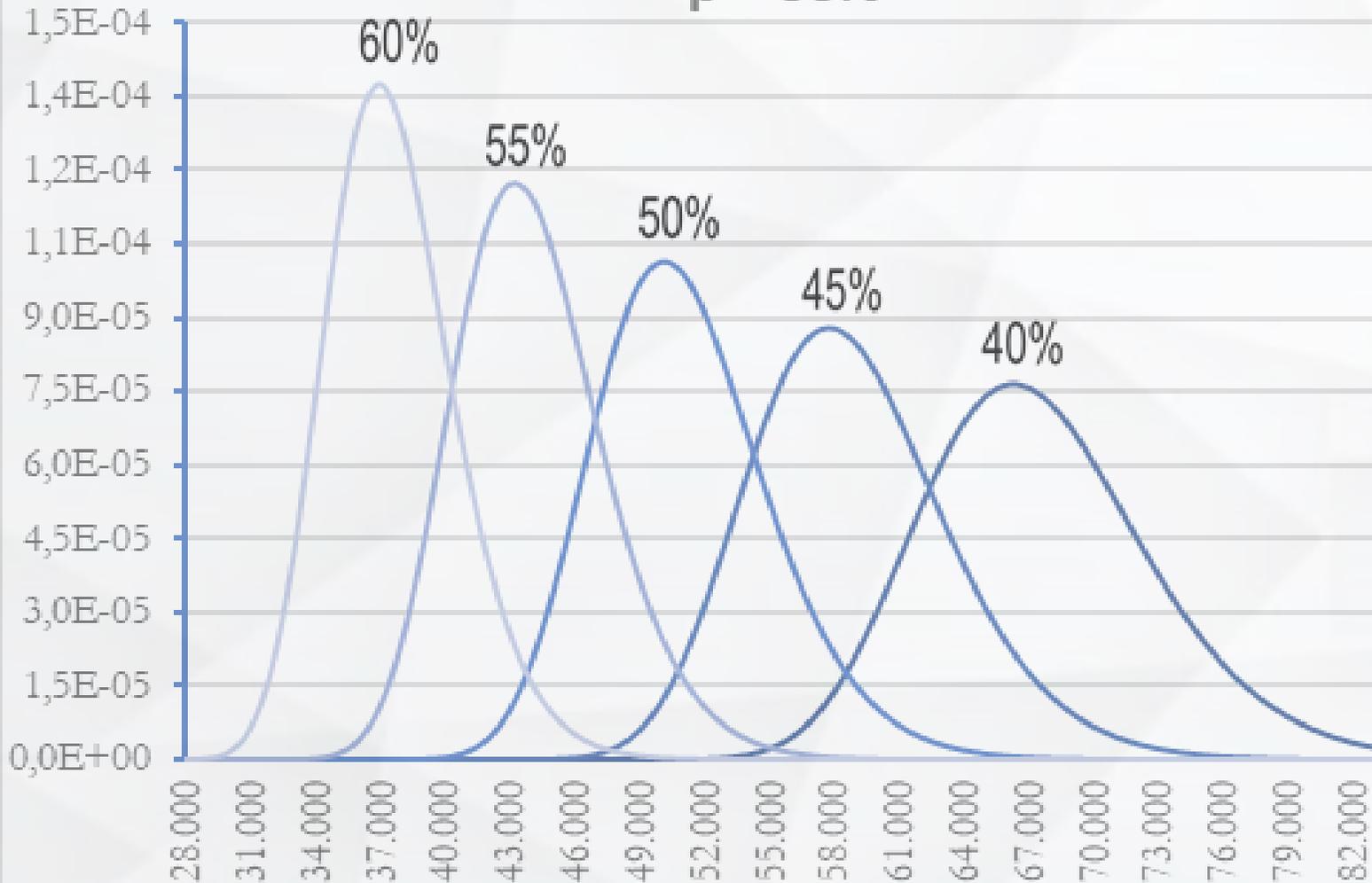
7° parametro di Drake: LA DURATA DI UNA CIVILTÀ

LE SETTE SFIDE

	A_j	B_j	ΔT_{0j}	π_j
 Autodistruzione dovuta a insufficienza evolutiva	0,05	0,15	10^5	1%
 Errore tecnologico involontario	0,10	0,30	5×10^4	3%
 Insufficienza tecnologica per affrontare i cambiamenti planetari	0,40	0,60	2×10^4	5%
 Involuzione spontanea	0,70	0,90	3×10^4	10%
 Transizione genetica conclusa su un binario morto	0,50	0,80	5×10^4	20%
 Transizione dell'intelligenza artificiale conclusa su un binario morto	0,50	0,80	5×10^4	30%
 Raggiungimento del punto Ω	0,50	0,90	10^5	50%

7° parametro di Drake: $6,3 \cdot 10^{-6} - 8,3 \cdot 10^{-6}$
CIVILTÀ STATICA ($K < 1,4$)

Distribution f of time dt from p = 40% up to p = 60%

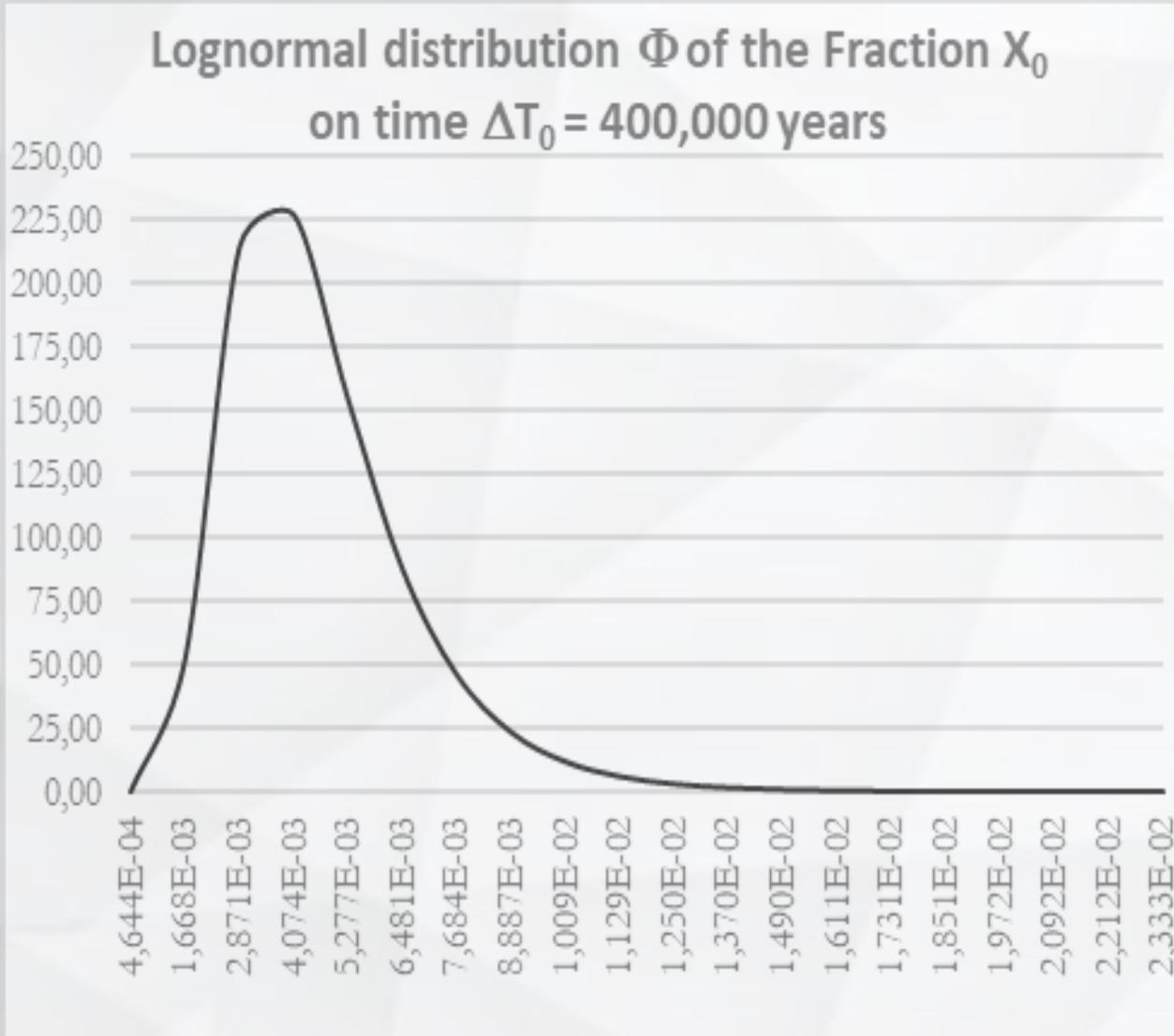


LA STIMA DEL TEMPO CALCOLATA DALLE SETTE PROBABILITÀ

La composizione totale delle sette probabilità stimate per il 7° parametro dà origine a una probabilità composta ottenuta con distribuzione lognormale di **$7,3 \cdot 10^{-6}$** (valore atteso **p=50%**) corrispondente a una durata media della vita di circa **50.000 anni**.

7° parametro di Drake: $1,0 \cdot 10^{-3} - 8,3 \cdot 10^{-3}$
CIVILTÀ DINAMICA ($K > 1,4$)

LO SCENARIO DI TIPLER AND BRIN



Una civiltà in grado di colonizzare la galassia è una civiltà di tipo **K2** (circa **$K > 1,4$**) che ha già superato **TUTTE E SETTE LE SFIDE** dopo **400.000 anni**; ma, se ciò accadesse, la civiltà in questione **NON SAREBBE PIÙ ESTINTA**; quindi, il valore che dovremmo prendere in considerazione nella nostra formula non è **50.000 anni** e una frazione percentuale di $7 \cdot 10^{-6}$, ma direttamente dal valore fornito dalla formula di Maccone per superare tutte e sette le sfide in **400.000 anni**, che è maggiore, cioè **$5 \cdot 10^{-3}$**

L'equazione completa di Drake

Massa dell'astronave:	10^9 kg
Velocità massima (c/2):	$1,5 \cdot 10^8$ m/s
Tempo di accelerazione: (circa tre mesi)	10^7 s
Potenza dell'astronave:	10^{18} W
(1% della potenza totale)	10^{20} W

$$K = \frac{\log_{10} 10^{20} - 5}{11} \approx 1,4$$

CET STATICHE vs CET DINAMICHE

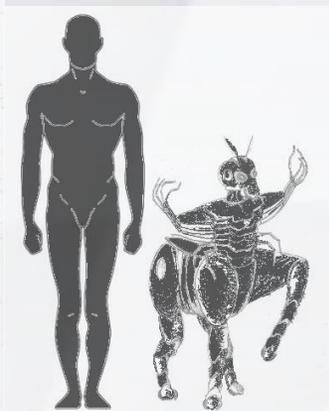
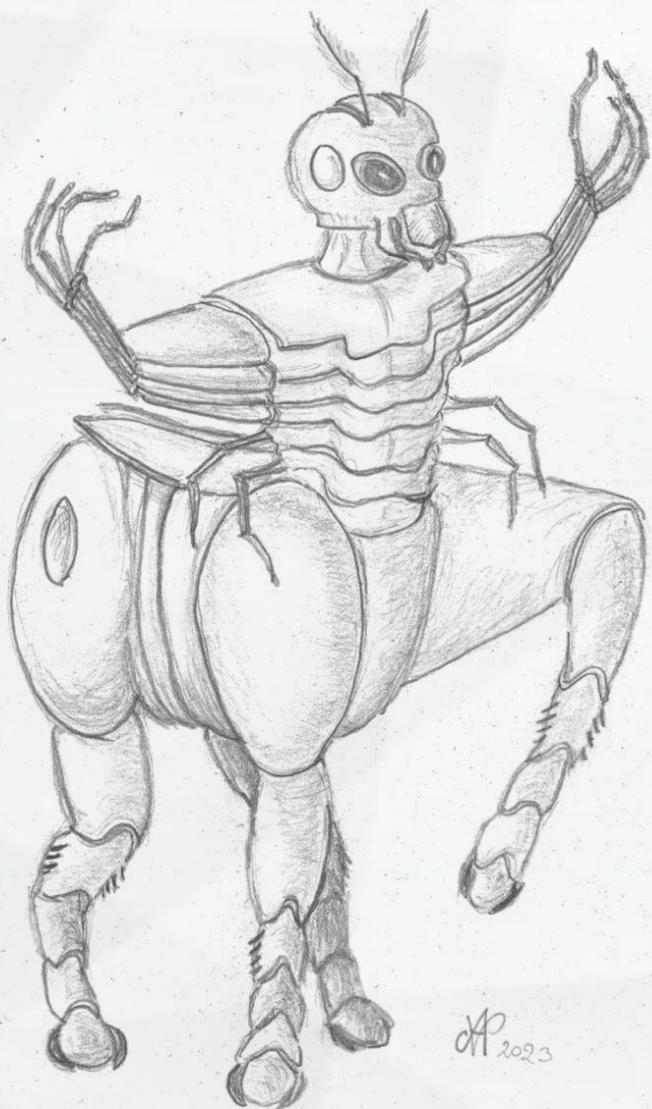
Le civiltà tecnologiche intelligenti possono essere di due tipi: *statiche* ($K < 1,4$) o *dinamiche* ($K > 1,4$).

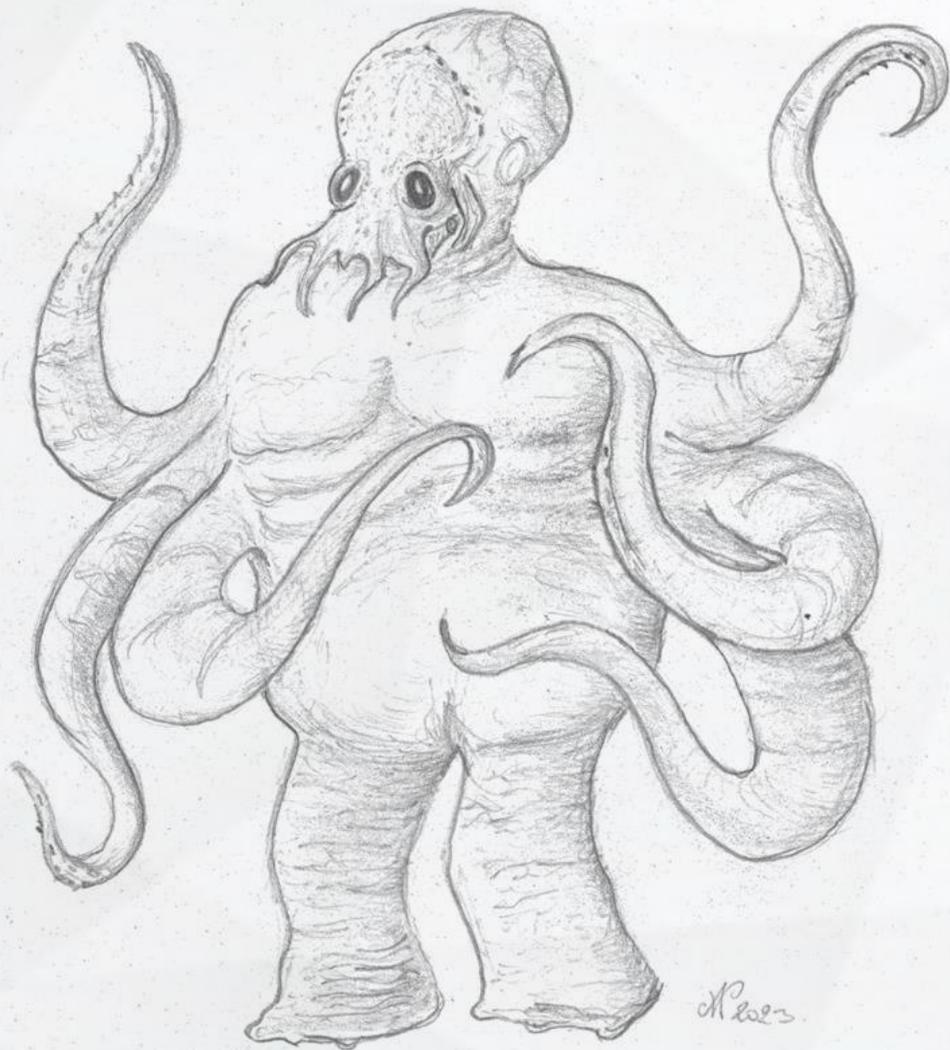
Le prime sono quelle che non hanno avuto, quasi certamente, la possibilità tecnologica di colonizzare altri pianeti; le seconde si sono diffuse oltre il loro sistema planetario di origine. È immediato, da semplici calcoli energetici relativi al costo in termini di potenza di un'astronave interstellare, capire perché fissiamo questo valore limite a circa $K \approx 1,4$.

CET DINAMICHE

Identikit dell'Artropoide

Esaminiamo ora il possibile ritratto di due specie che sono diventate intelligenti secondo gli standard presentati in precedenza. La prima si è evoluta da un piano anatomico sul tipo degli artropodi terrestri (**artropoide**). Questa scelta può facilitare la comprensione del lettore.





CET DINAMICHE

Identikit del Cefalopoide

L'altra specie si è evoluta dal piano di crescita tipico dei molluschi e la chiameremo **cefalopoide**. Il destino di queste due super civiltà è legato alla loro capacità di superare le 7 sfide del 7° parametro

L'EQUAZIONE COMPLETA DI DRAKE

		p_{min_j}	p_{max_j}
1	Numero di stelle della galassia adatte alla vita (di classe spettrale F, G e K)	$1,0 \times 10^{+10}$	$1,2 \times 10^{+10}$
2	Numero di pianeti adatti alla vita (di classe spettrale F, G e K)	$1,6 \times 10^{-01}$	$2,0 \times 10^{-01}$
3	Frazione di pianeti stabili per 7 ga	$3,7 \times 10^{-02}$	$1,1 \times 10^{-01}$
4	Frazione di pianeti dove nasce la vita	$3,2 \times 10^{-01}$	$6,6 \times 10^{-01}$
5	Eucarioti	$2,9 \times 10^{-01}$	$7,1 \times 10^{-01}$
	Metzoi	$6,0 \times 10^{-01}$	$9,4 \times 10^{-01}$
	Civiltà tecnologica intelligente	$1,3 \times 10^{-02}$	$5,7 \times 10^{-02}$
6	Frazione di pianeti dove la vita decide di comunicare	$4,0 \times 10^{-01}$	$6,0 \times 10^{-01}$
7	Frazione temporale di una civiltà statica di tipo K1	$6,3 \times 10^{-06}$	$8,3 \times 10^{-06}$
7B	Frazione di pianeti dove la vita diventa una civiltà dinamica K2	$1,0 \times 10^{-03}$	$8,3 \times 10^{-03}$

IL NUMERO DELLE CIVILTÀ GALATTICHE

Il risultato ottenuto per le civiltà statiche e dinamiche mostra che ora **siamo soli** (o quasi) come civiltà statica, ma ci sono circa **2.000 civiltà dinamiche** molto più avanzate di noi nella galassia

Media Numero CET	Deviation Numero CET	
$\langle N \rangle$	$\sigma(N)$	
3	2	Civiltà (K<1,4) statiche
2.214	2.224	Civiltà (K>1,4) dinamiche

L'EQUAZIONE COMPLETA DI DRAKE

Livello di sviluppo	durata	chronoloGa
1 - ADEANO	0,80	0,80 Ga
2 - procarioti	0,10	0,90 Ga
3 - GOE	1,60	2,50 Ga
4 - eucarioti	0,50	3,00 Ga
5 - NOE	0,50	3,50 Ga
6 - metazoi	0,50	4,00 Ga
7 - CET statiche passate	0,50	4,50 Ga
8 - CET statiche presenti	0,05	4,55 Ga
9 - CET dinamiche	0,40	4,95 Ga

LA CRONOLOGIA DELLE FORME DI VITA

Il **terzo parametro**, come abbiamo visto, ci ha fornito il numero di pianeti stabili in funzione del tempo variabile ΔT . Conoscendo la durata di tutti i processi evolutivi della vita, dal livello procariotico alla civiltà **K2**, possiamo contare:

- quanti sono i pianeti adatti (per ogni livello di sviluppo)
- quanti di questi hanno ospitato la vita
- quanti di questi ospitano la vita attuale

La distribuzione della vita nel Disco Galattico

IL NUMERO DI FORME DI VITA NEL PASSATO E NEL PRESENTE

La tabella mostra la popolazione della vita galattica e le relative distanze da noi dei pianeti adatti e dei pianeti adatti e popolati nel passato e nel presente. Si è ipotizzato un volume medio del disco galattico di $1,53 \cdot 10^{13} \text{ al}^3$, un numero medio di stelle del disco di $1,13 \cdot 10^{11}$ e una distanza media tra le stelle di **5 al**.

Età pianeta (Ga)	numero di pianeti che hanno ospitato o ospitano la vita	distanza (al)	Totale dei pianeti adatti	distanza (al)
0,90	710.000.000 pianeti in cui sono nati procarioti in passato	32	1.500.000.000	25
	92.000.000 pianeti in cui sono presenti procarioti oggi	62	190.000.000	49
3,00	81.000.000 pianeti in cui sono nati eucarioti in passato	65	330.000.000	41
	35.000.000 pianeti in cui sono presenti eucarioti oggi	86	140.000.000	54
4,00	35.000.000 pianeti in cui sono nati metazoi in passato	86	190.000.000	49
	20.000.000 pianeti in cui sono presenti metazoi oggi	104	110.000.000	59
4,50	470.000 pianeti in cui sono nati ETC K1 statici in passato	361	140.000.000	54
	3 pianeti in cui sono presenti ETC K1 statici oggi	18.689	92.000.000	54
4,95	2.200 pianeti attuali con dinamica ETC K2 (eterna)	2.161	92.000.000	54

DESCRIZIONE DEL PARADOSSO DI FERMI

A

Nella galassia, come **civiltà primitiva K1** (in realtà inferiore a K1) siamo quasi soli, essendo presenti al momento circa **3 CET**, noi compresi.

B

Si forma circa una civiltà come la nostra **ogni 20.000 anni** e ha una probabilità di NON estinguersi di poco superiore allo **0,4% (1 su 250)**.

C

Ci sono quasi **mezzo milione** di civiltà come queste **già estinte** nella galassia.

D

Al contrario, nella galassia, **se superassero le sette sfide del 7° parametro**, potrebbero esistere circa **2.000 super-civiltà di livello K2**, o quasi, che se ne formerebbero una **ogni 5 milioni di anni**.

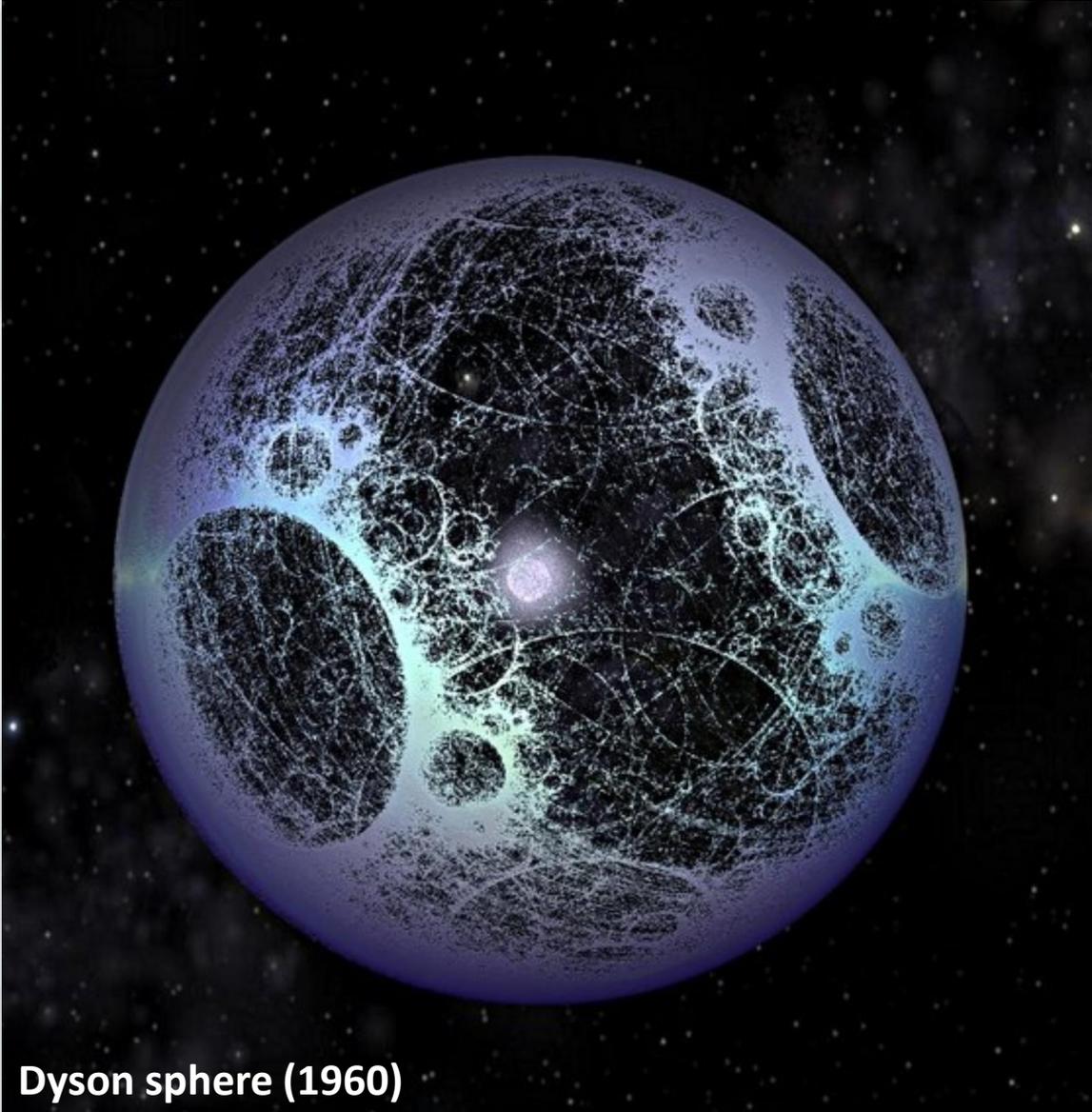
E

In questo caso, queste super-civiltà sarebbero ora libere di muoversi tra i sistemi planetari e dovrebbero probabilmente trovarsi entro **50 anni luce da noi** (distanza primi pianeti abitabili). L'organizzazione e le intenzioni di queste super-civiltà sono al momento sconosciute.

F

Il resto della galassia è una giungla di forme di vita a vari livelli di sviluppo.

LE CONCLUSIONI SUL PARADOSSO DI FERMI



Dyson sphere (1960)

Il paradosso di Fermi si ripropone in un'altra forma: le civiltà come la nostra sono residuali, ma le super-civiltà, quelle ipotizzate da Kardashev, no. Queste civiltà si muovono tra una stella e l'altra e sarebbe molto più facile per loro trovarci piuttosto che il contrario. Quindi, **se fossimo una super-civiltà in grado di muoversi nella galassia, DOVE SCEGLIEREMMO DI ANDARE? SISTEMI SOLARI COME IL NOSTRO SAREBBERO INTERESSANTI PER QUESTE CIVILTÀ?**

TUTTI GLI APPROFONDIMENTI E LE DIMOSTRAZIONI
MATEMATICHE SI TROVANO IN QUESTO LIBRO

ALL INSIGHTS AND MATHEMATICAL PROOFS ARE
TO BE FOUND IN THIS BOOK

