

Analisi dei NEA con l'apprendimento automatico



Alessandro Fumagalli
GAV Gruppo Astrofili Villasanta
Via Bestetti Villasanta (MB)



Fonte: Royal Museums Greenwich

Introduzione

I **NEO (Near Earth Object)** sono corpi rocciosi (asteroidi e comete) costituiti dai detriti rimasti dalla formazione del Sistema Solare che orbitano intorno al Sole: sono le briciole della prima formazione del nostro Sistema Solare avvenuta 4.6 miliardi di anni fa. Essendo le loro orbite molto caotiche, anche una piccola perturbazione gravitazionale come un

passaggio ravvicinato con un altro oggetto celeste è in grado di cambiare la loro traiettoria fino ad intersecare l'orbita terrestre.

Il CNEOS (Centre for Orbital Study) definisce NEO 'asteroidi e comete con $q < 1.3$ AU'.

I **NEA** invece sono una sottoclasse dei NEO a cui appartengono solo asteroidi. Asteroidi con diametri "piccoli" hanno una grossa probabilità di bruciare durante l'ingresso in atmosfera e quindi essere poco pericolosi mentre oggetti grandi 1 Km possono essere distruttivi.

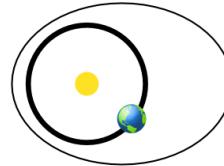
Ci sono programmi che osservano il cielo alla scoperta di nuovi oggetti per migliorare le conoscenze sulle loro orbite e individuarne la pericolosità.

Ci sono 4 classi di NEA

Fonte: https://cneos.jpl.nasa.gov/about/neo_groups.html

Amors

Earth-approaching NEAs with orbits exterior to Earth's but interior to Mars' (named after asteroid (1221) Amor)



$$a > 1.0 \text{ AU}$$
$$1.017 \text{ AU} < q < 1.3 \text{ AU}$$

Apollos

Earth-crossing NEAs with semi-major axes larger than Earth's (named after asteroid (1862) Apollo)



$$a > 1.0 \text{ AU}$$
$$q < 1.017 \text{ AU}$$

Atens

Earth-crossing NEAs with semi-major axes smaller than Earth's (named after asteroid (2062) Aten)



$$a < 1.0 \text{ AU}$$
$$Q > 0.983 \text{ AU}$$

Atiras

NEAs whose orbits are contained entirely within the orbit of the Earth (named after asteroid (163693) Atira)



$$a < 1.0 \text{ AU}$$
$$Q < 0.983 \text{ AU}$$

(q = perihelion distance, Q = aphelion distance, a = semi-major axis)

I PHA sono una sottoclasse di NEA che potenzialmente possono impattare con la Terra e produrre danni significativi. Gli asteroidi PHA hanno le seguenti caratteristiche:

- Minimum Orbit Intersection Distance (**moid**) $< 0.05 \text{ AU}$ (7,480,000 km) oppure
- **H** < 22.0 (diametro inferiore a 140 m assumendo un albedo del 14%)

Nel 2013 l'asteroide **Chelyabinsk** (diametro ~ 20 m) si è avvicinato troppo ed è esploso durante l'ingresso in atmosfera rilasciando una quantità di energia equivalenti a ~ 20 bombe atomiche di Hiroshima

Chelyabinsk

Diametro: 15-20 m

Massa 10.000 t

Velocità d'ingresso: 15 Km/s



Fonte dei dati

https://ssd.jpl.nasa.gov/tools/sbdb_query.html

Small-Body Database Query

Use this query tool to generate custom tables of orbital and/or physical parameters for asteroids and/or comets of interest from our small-body database (SBDB). For details on

— Limit by Object Kind/Group

object group: all objects NEOs PHAs

object kind: all objects asteroids comets

numbered state: all objects numbered unnumbered

comet fragments: exclude comet fragments

satellite(s): include only objects with at least one known (or suspected) satellite

[Reset Limits Above](#)

— Limit by Orbit Class

Asteroid Orbit Classes

[clear all](#)

- Atira ⓘ
- Aten ⓘ
- Apollo ⓘ
- Amor ⓘ
- Mars-crossing Asteroid ⓘ
- Inner Main-belt Asteroid ⓘ
- Main-belt Asteroid ⓘ

- Outer Main-belt Asteroid ⓘ
- Jupiter Trojan ⓘ
- Centaur ⓘ
- TransNeptunian Object ⓘ
- Parabolic Asteroid ⓘ
- Hyperbolic Asteroid ⓘ
- Asteroid (other) ⓘ

	0	1	2	3	4
spkid	20000433	20000719	20000887	20001036	20001221
neo	Y	Y	Y	Y	Y
pha	N	N	N	N	N
full_name	433 Eros (A898 PA)	719 Albert (A911 TB)	887 Alinda (A918 AA)	1036 Ganymed (A924 UB)	1221 Amor (1932 EA1)
diameter	16.84	NaN	4.20	37.67	1.00
class	AMO	AMO	AMO	AMO	AMO
H	10.42	15.59	13.88	9.26	17.38
G	0.46	NaN	-0.12	0.30	NaN
albedo	0.25	NaN	0.31	0.24	NaN
BV	0.92	NaN	0.83	0.84	NaN
UB	0.53	NaN	0.44	0.42	NaN
e	0.22	0.55	0.57	0.53	0.44
a	1.46	2.64	2.47	2.67	1.92
q	1.13	1.19	1.06	1.25	1.08
i	10.83	11.58	9.40	26.69	11.88

	0	1	2	3	4
per_y	1.76	4.28	3.89	4.35	2.66
moid	0.15	0.20	0.08	0.34	0.10
ad	1.78	4.08	3.88	4.09	2.76
first_obs	1893-10-29	1911-10-04	1918-02-03	1924-10-23	1932-03-12

```
    Lista dei campi di intestazione
<class 'pandas.core.frame.DataFrame'>
RangeIndex: 33736 entries, 0 to 33735
Data columns (total 19 columns):
 #   Column      Non-Null Count  Dtype  
--- 
 0   spkid       33736 non-null   int64  
 1   neo         33736 non-null   object  
 2   pha         33710 non-null   object  
 3   full_name   33736 non-null   object  
 4   diameter    1248 non-null   float64 
 5   class        33736 non-null   object  
 6   H            33731 non-null   float64 
 7   G            13 non-null    float64 
 8   albedo      1203 non-null   float64 
 9   BV           38 non-null    float64 
 10  UB           38 non-null    float64 
 11  e             33736 non-null   float64 
 12  a             33736 non-null   float64 
 13  q             33736 non-null   float64 
 14  i             33736 non-null   float64 
 15  per_y        33736 non-null   float64 
 16  moid          33711 non-null   float64 
 17  ad            33736 non-null   float64 
 18  first_obs    33736 non-null   object
```

```
dtypes: float64(13), int64(1), object(5)
memory usage: 4.9+ MB
```

NEA pre elaborazione

- Ispezione generica
- Rimozione colonne inutili all'analisi (BV, UB)
- Rimozione colonne con valori nulli (H, diametro, class)
- Rinominate le classi orbitali (0, 1, 2, 3 al posto di AMO, APO, ATE, IEO)
- Rinominate i tipi di NEA (codifica binaria)

Numero di NEA: 33736

Numero di NEA senza un diametro specificato: 32488

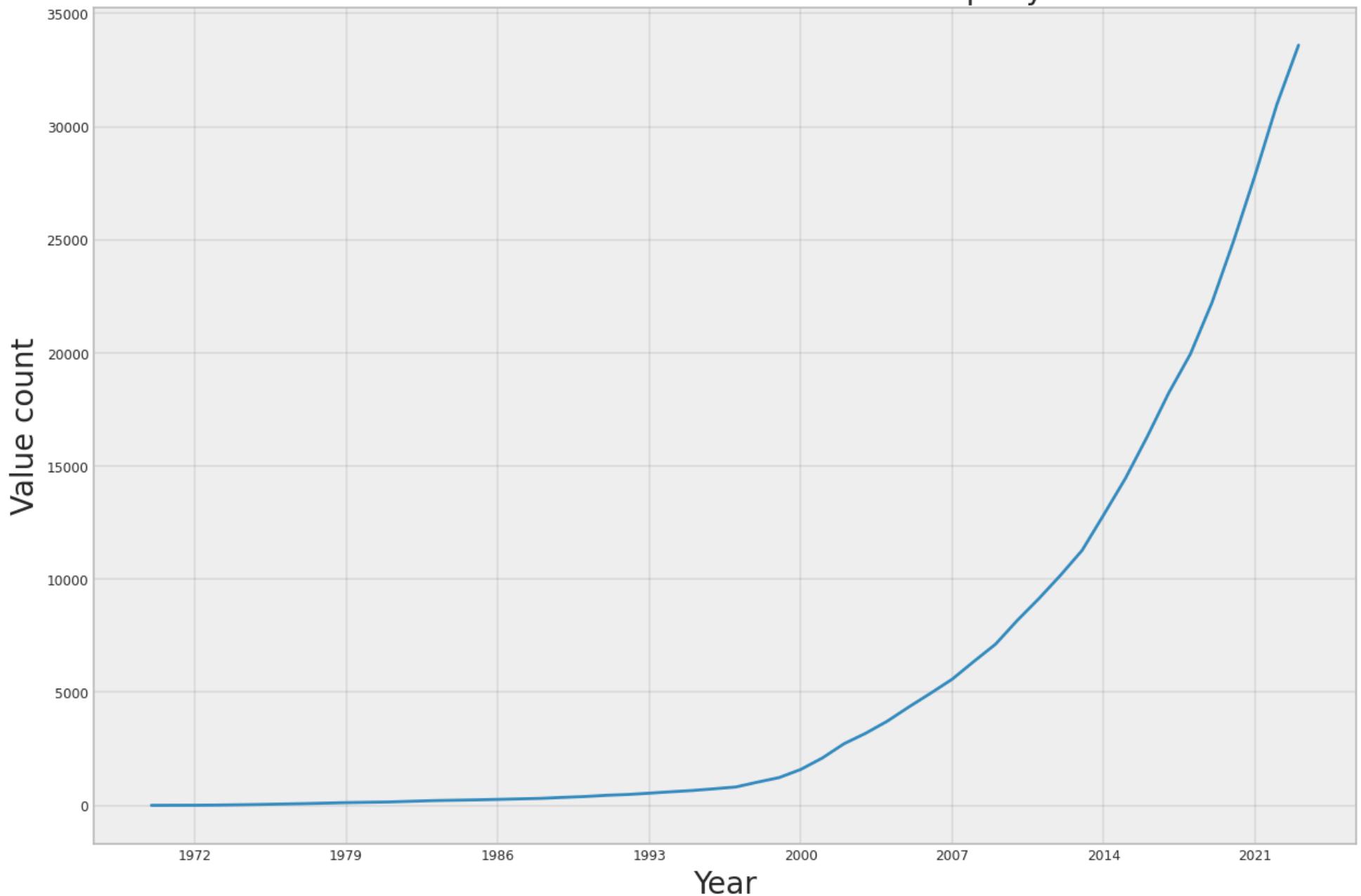
Numero di NEA senza H: 5

Numero di NEA senza l'indice PHA: 26

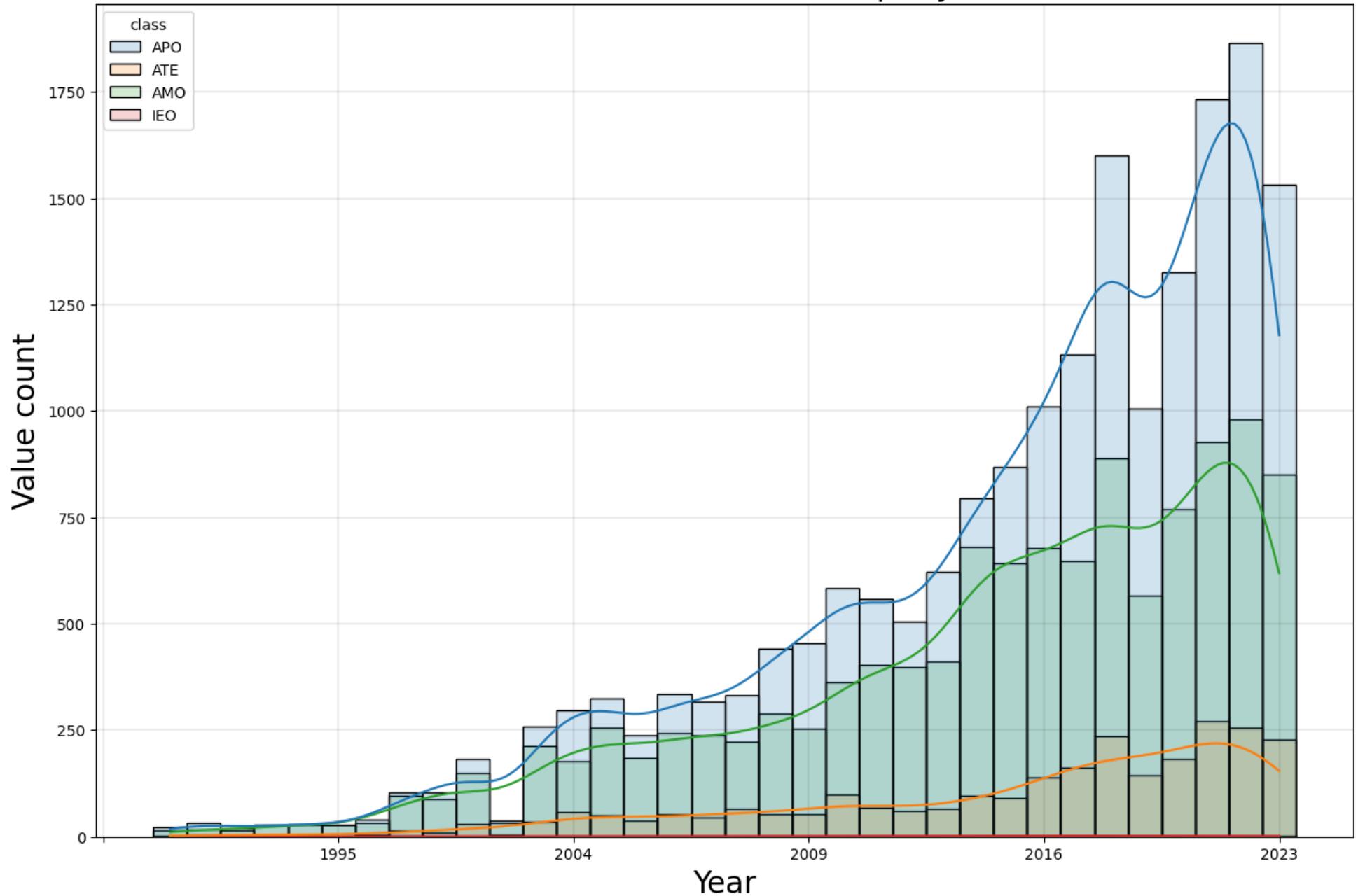
	count	mean	std	min	25%	50%	75%	max
spkid	33706.00	22502202.73	23343002.19	3001703.00	3694019.25	3841716.50	54131698.50	54413300.00
pha	33706.00	0.07	0.26	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00
diameter	1245.00	1.03	1.65	0.00	0.31	0.63	1.25	37.61
H	33706.00	23.44	2.90	9.26	21.29	23.77	25.60	33.58
G	13.00	0.11	0.24	-0.25	-0.03	0.10	0.24	0.60
albedo	1203.00	0.17	0.14	0.01	0.05	0.14	0.26	0.86
e	33706.00	0.44	0.18	0.00	0.30	0.45	0.56	1.00
a	33706.00	1.76	1.96	0.46	1.30	1.70	2.17	326.00
q	33706.00	0.92	0.23	0.07	0.79	0.96	1.06	1.30
i	33706.00	12.05	10.71	0.01	4.43	8.51	16.89	165.51
moid	33706.00	0.09	0.10	0.00	0.01	0.05	0.13	0.71
Q	33706.00	2.61	3.89	0.65	1.67	2.44	3.36	650.82

NEA census

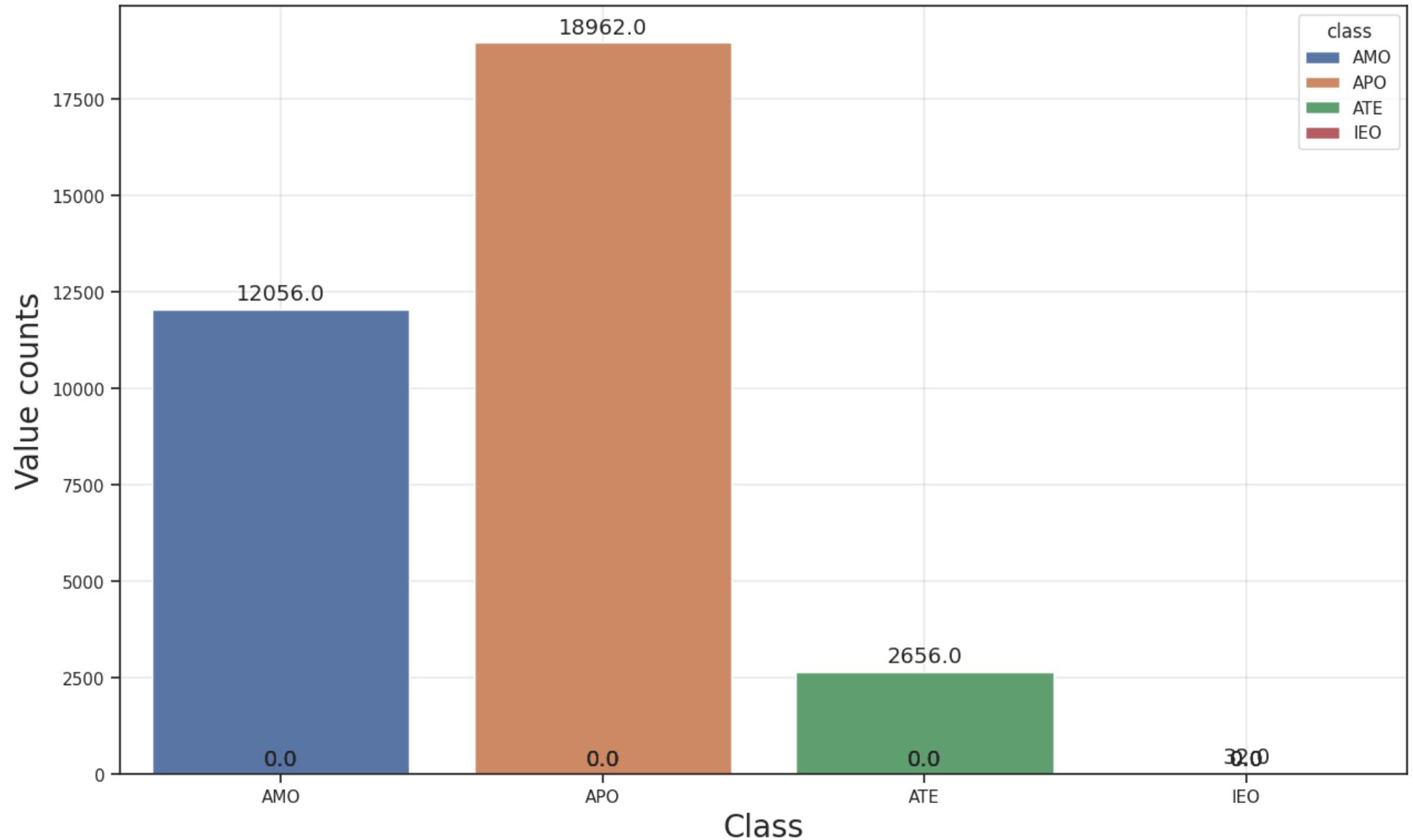
NEA: Cumulative distribution of first orbit detection per year since 1970



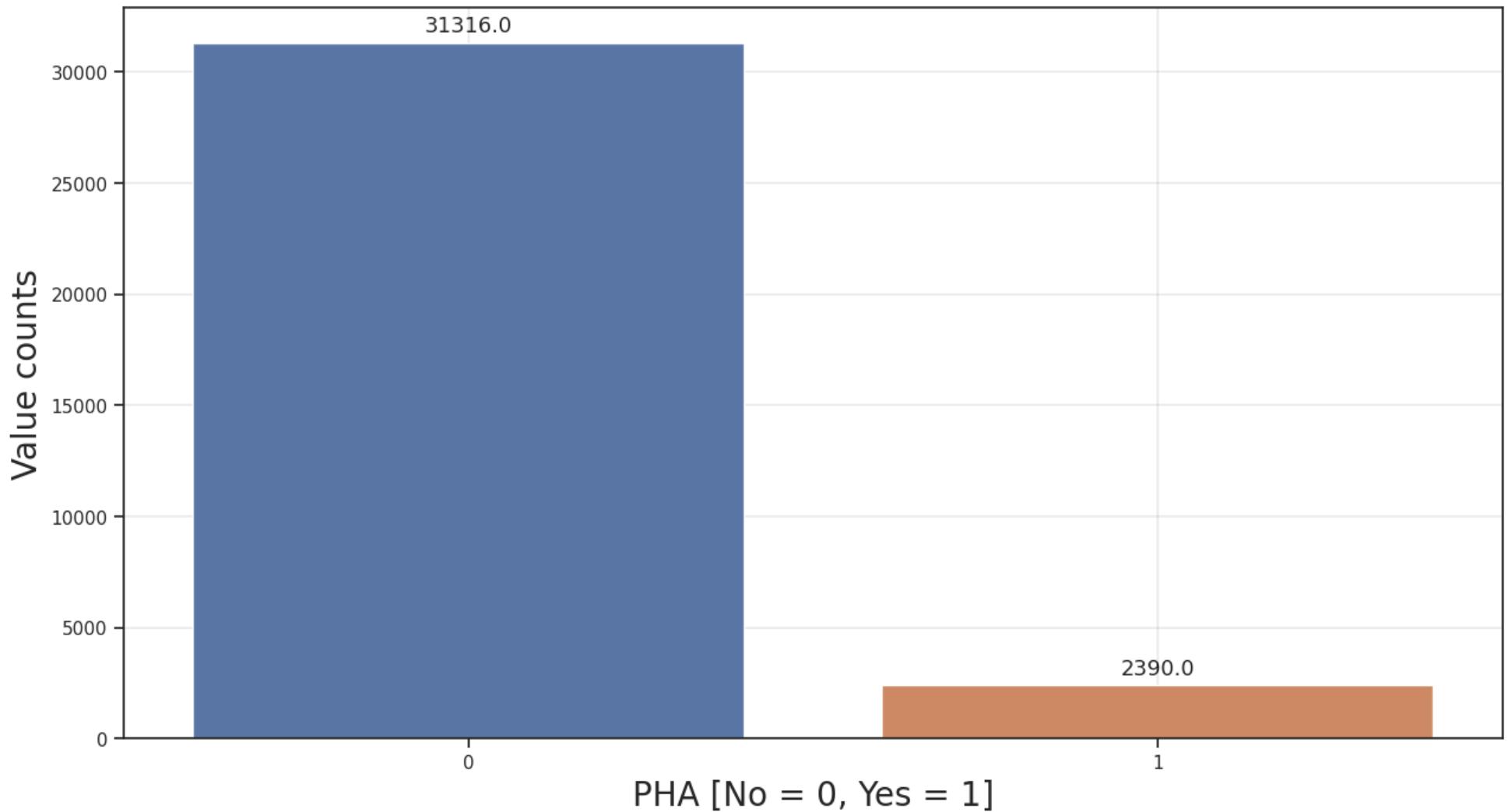
NEA: Distribution of first orbit detection per year since 1990



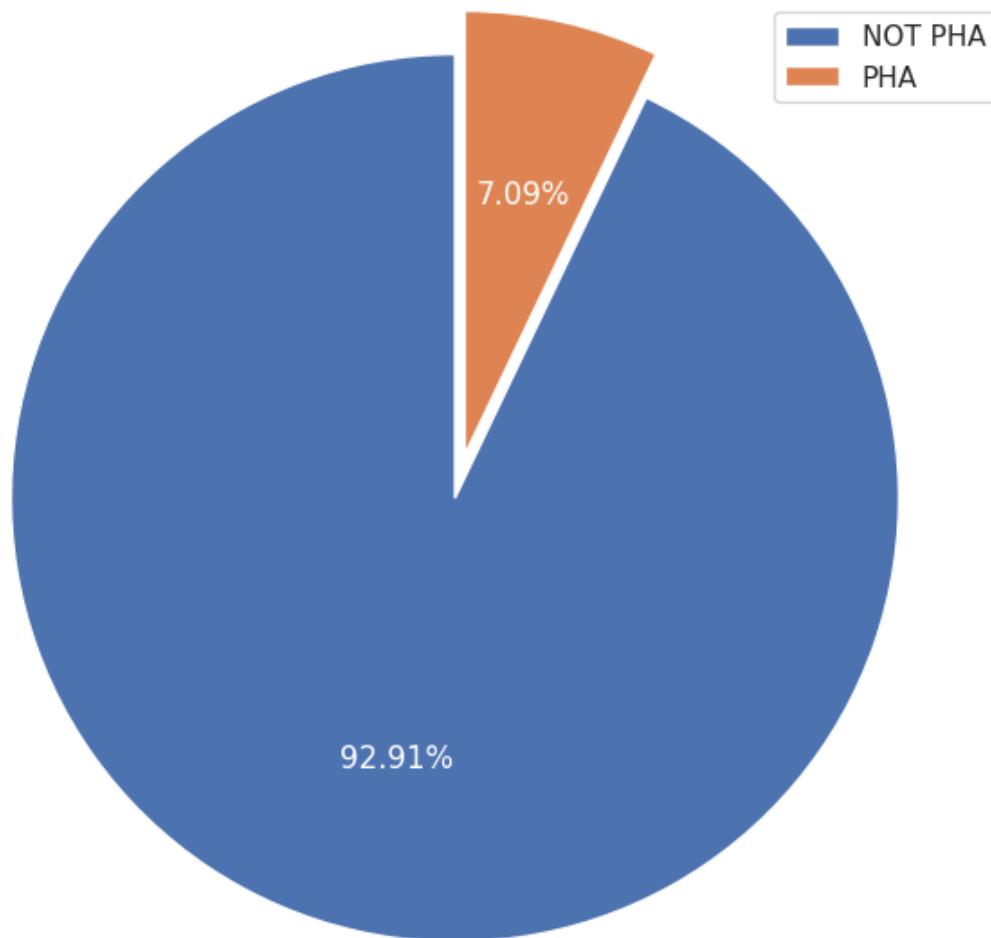
NEA: number of objects per class

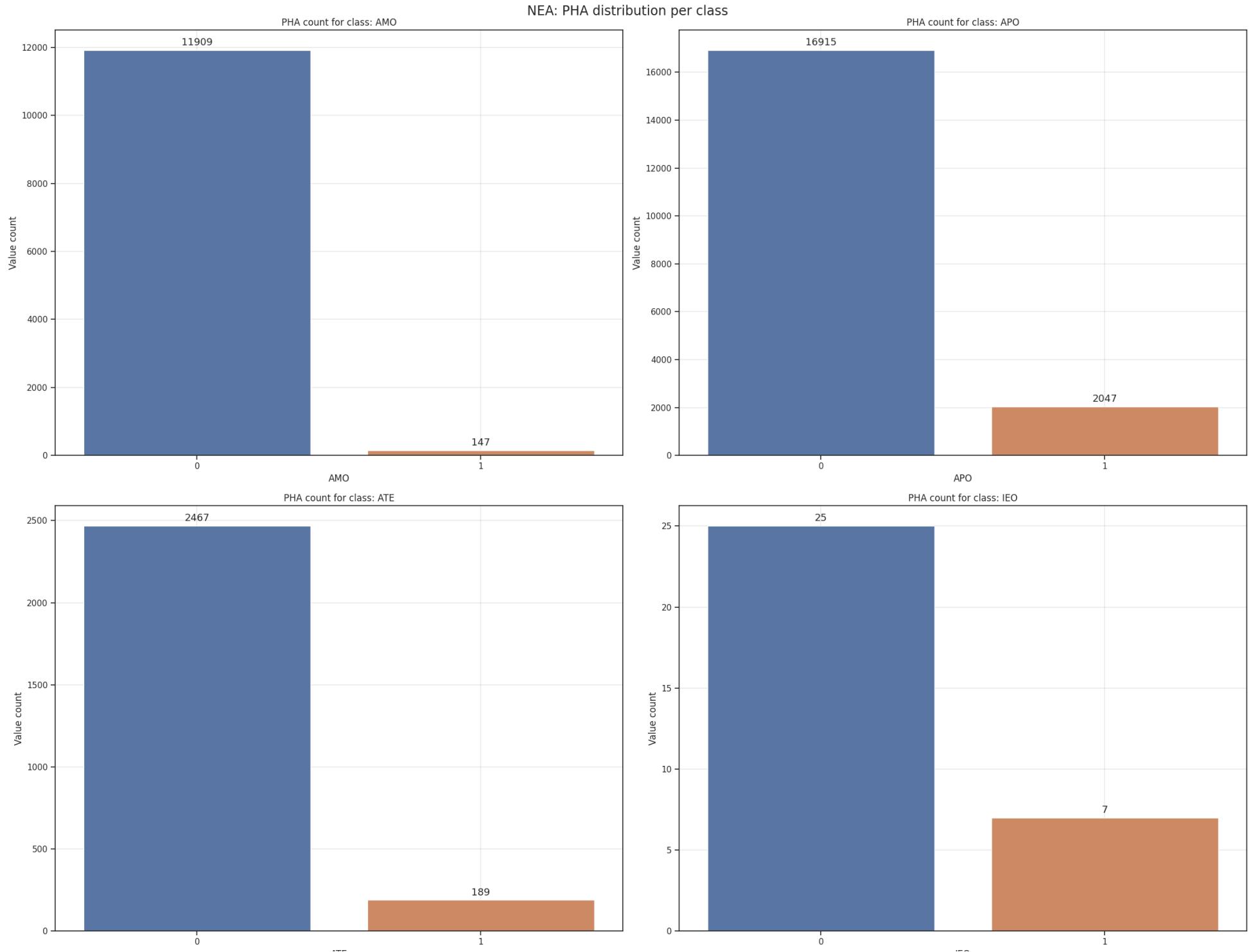


NEA: PHA distribution

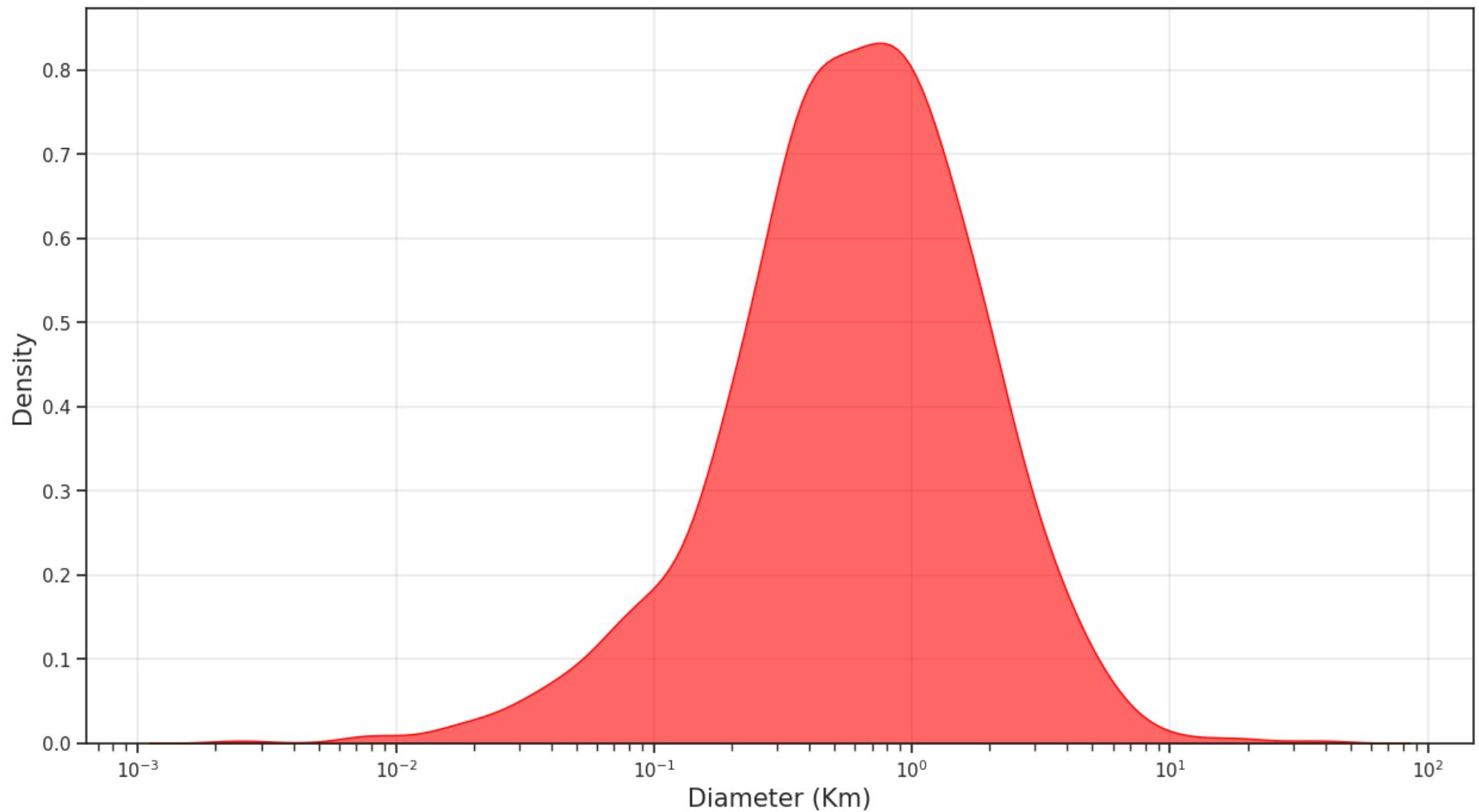


NEA: PHA distribution

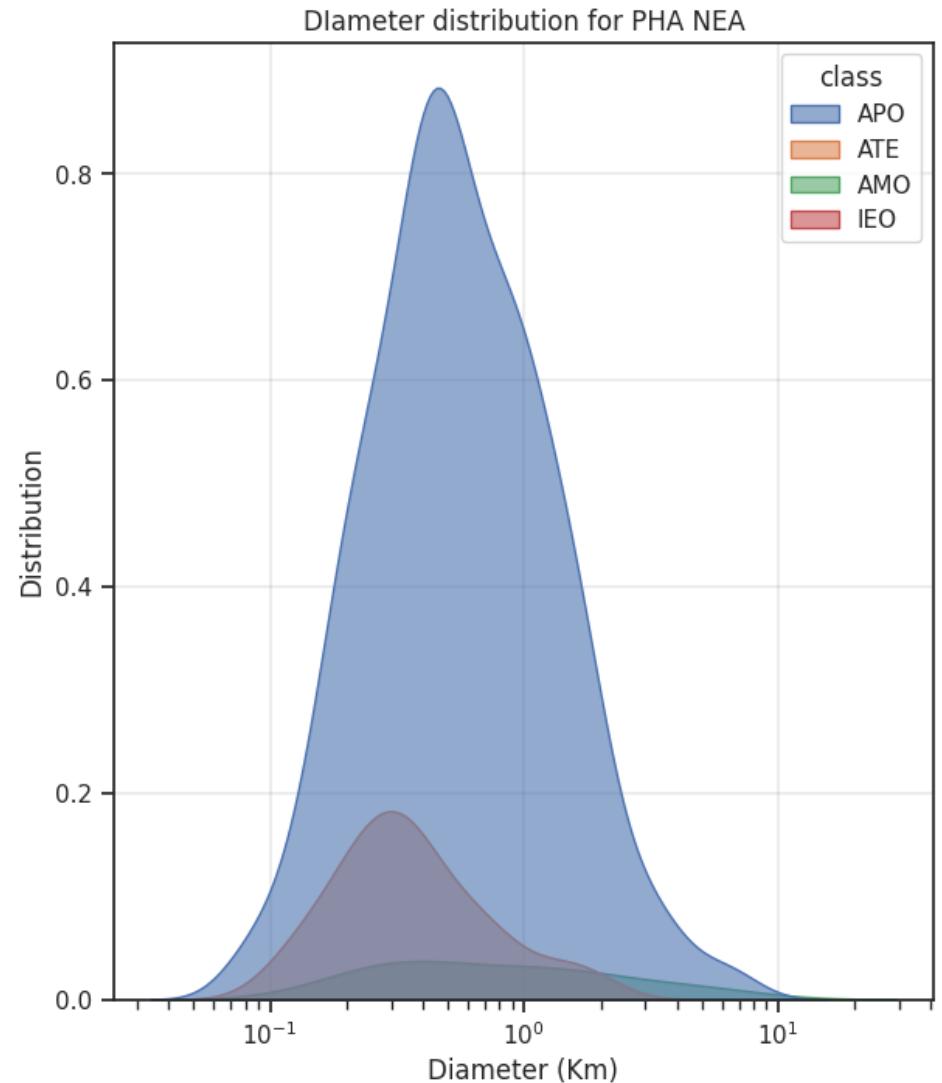
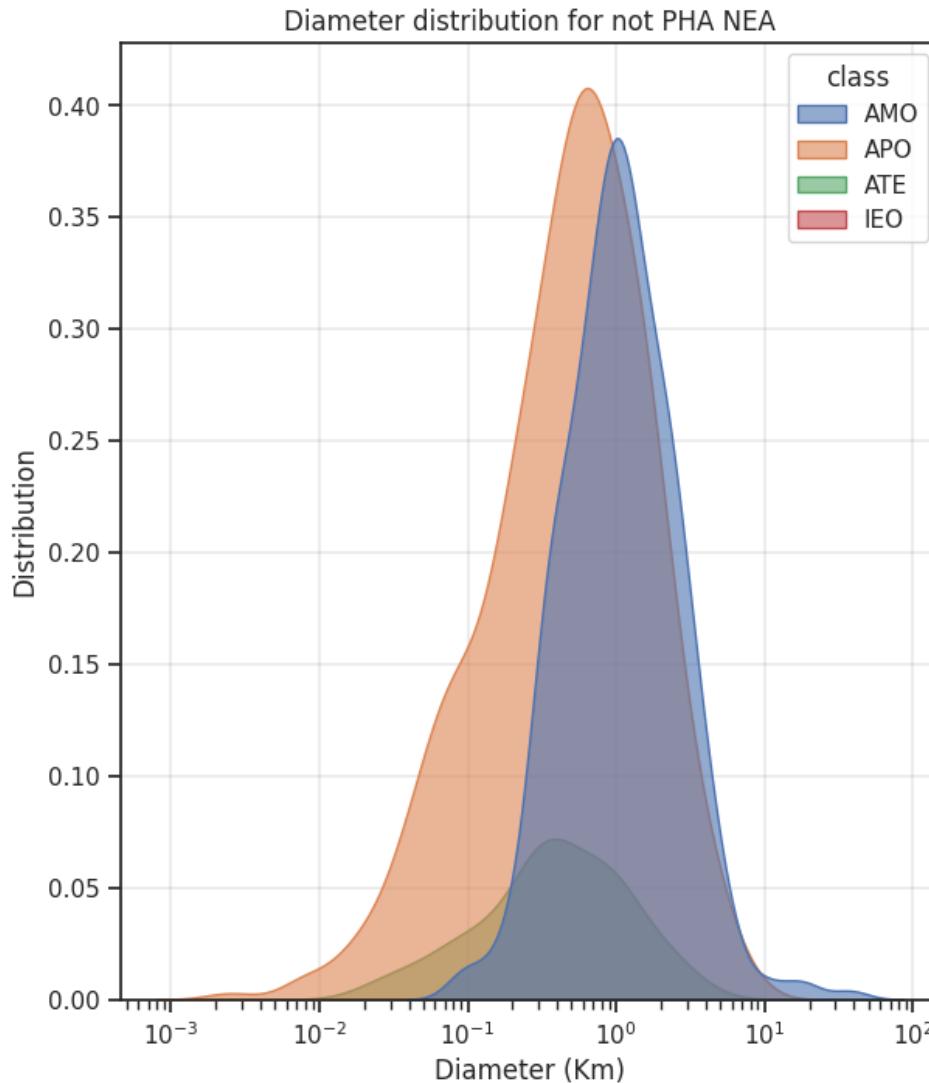




NEA: diameter distribution



NEA: diameter per class



Valore mediano del diametro (Km) per i NEA non PHA: 0.6855 Km

Valore mediano del diametro (Km) per i NEA PHA: 0.495 Km

Valore medio del diametro (Km) per i NEA non PHA: 1.1258655973451328 Km

Valore medio del diametro (Km) per i NEA PHA: 0.7867976539589443 Km

Diametro di un asteroide

Per stimare il diametro di un asteroide ci si basa:

- sull'albedo
- magnitudine assoluta
- alcune tabelle di confronto (https://cneos.jpl.nasa.gov/tools/ast_size_est.html)

$$d = 10^{(3.1236 - 0.5 \log_{10}(\text{albedo}) - 0.2H)}$$

Più grande l'oggetto (**NEA**) minore è la probabilità di impatto sulla Terra

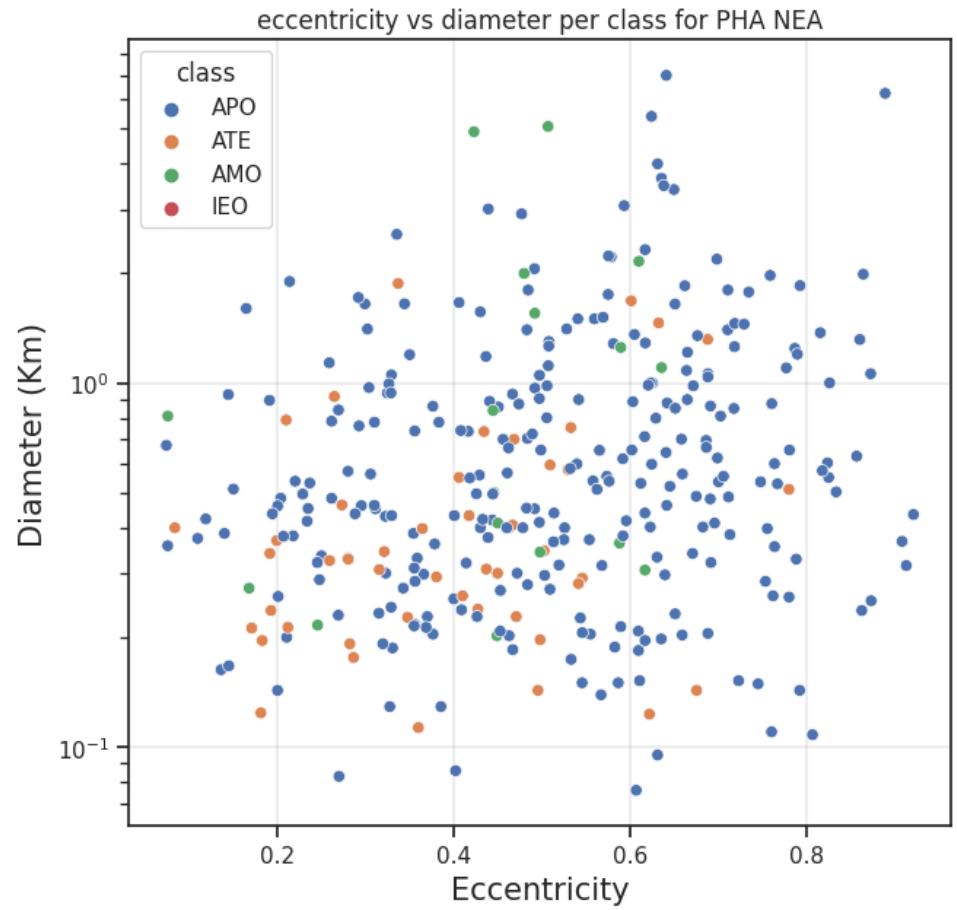
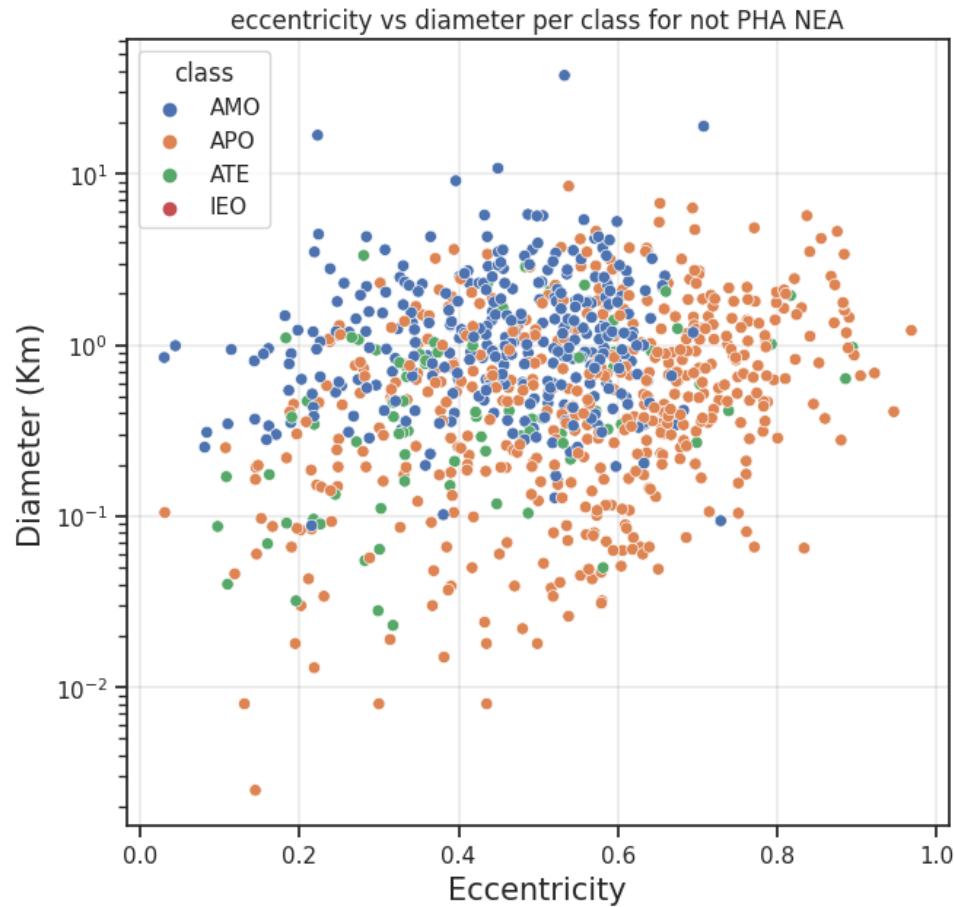
Diametro	Frequenza (anni)
d > 10 Km	50.000.000
1 Km < d < 10 Km	500.000
100 m < d < 1 Km	5.000
30 m < d < 100 m	500

Diagramma di dispersione

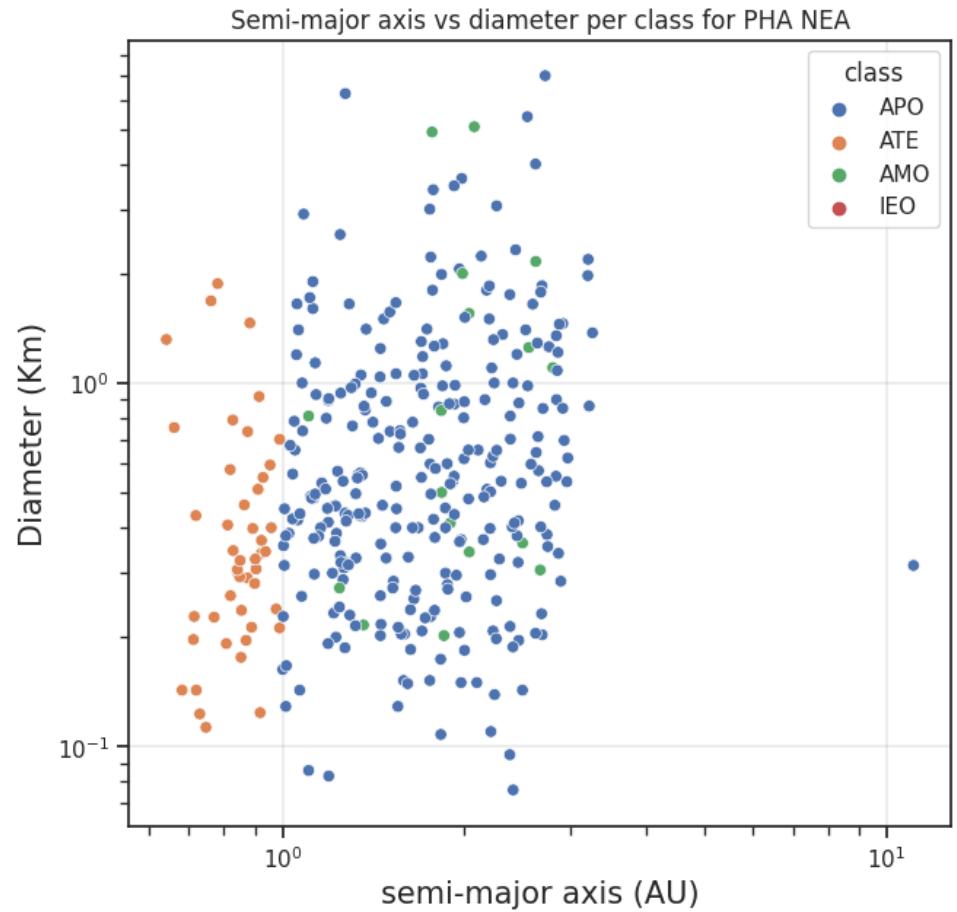
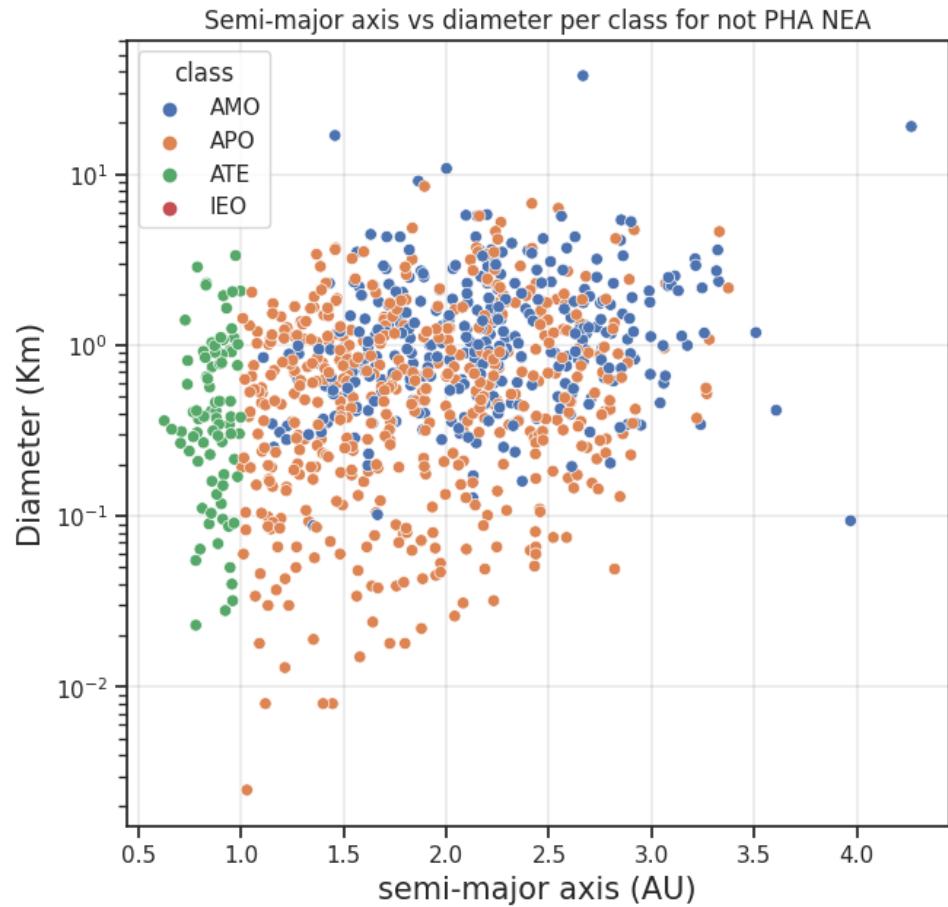
Il diagramma di dispersione (**scatter diagram**) è utilizzato per studiare e identificare la possibile relazione tra due variabili. Viene utilizzato come strumento per convalidare la relazione tra cause ed effetti nell'analisi di un problema.

Si tratta di un grafico in cui i valori di due variabili sono riportati su due assi cartesiani e l'aggregazione dei punti risultanti indica il livello di correlazione o meno tra tali variabili

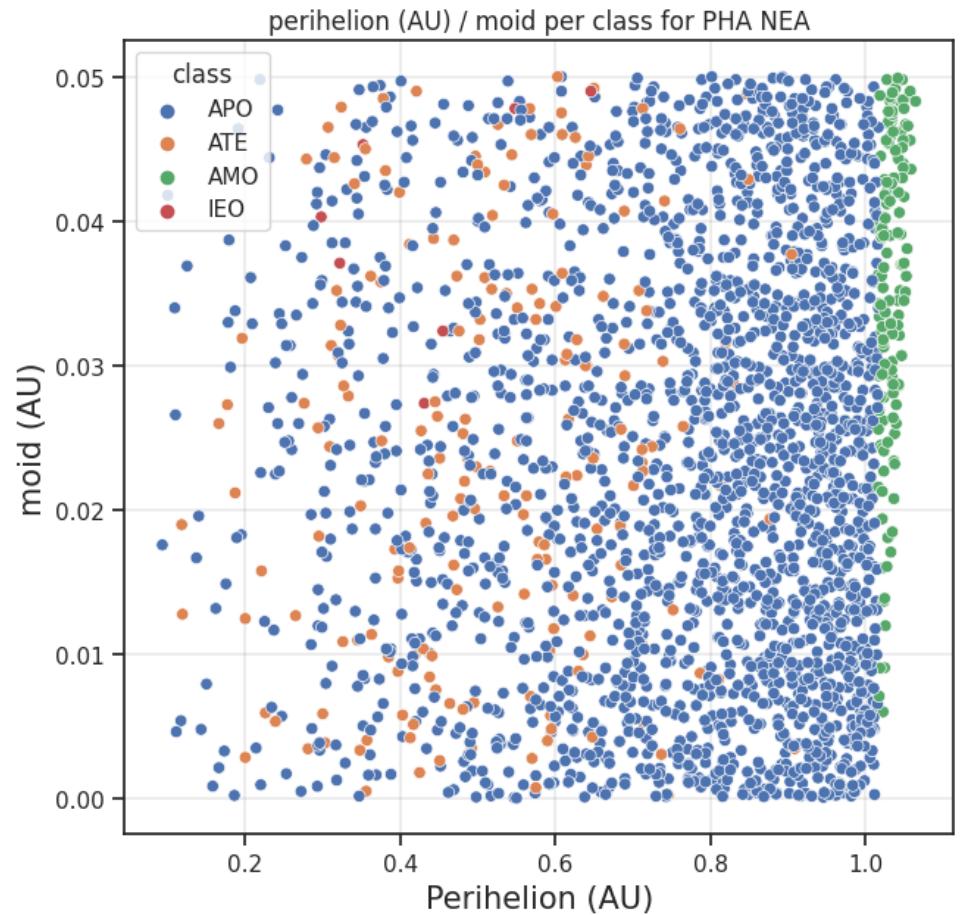
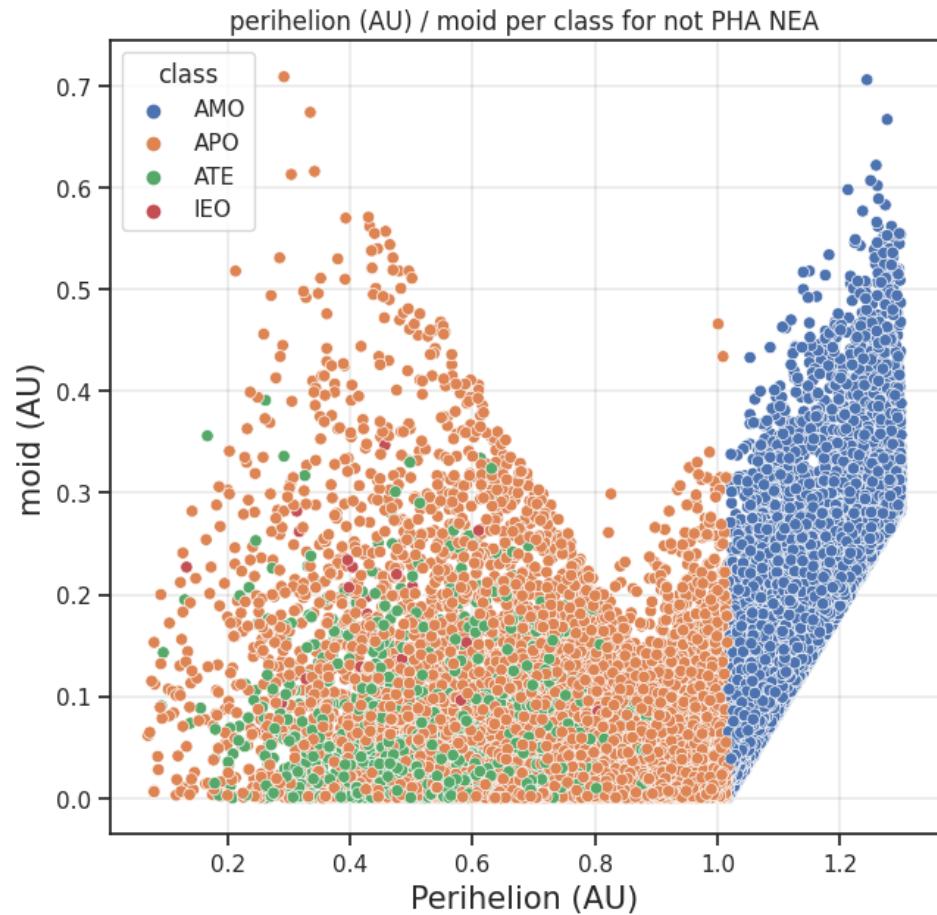
NEA: eccentricity / diameter per class



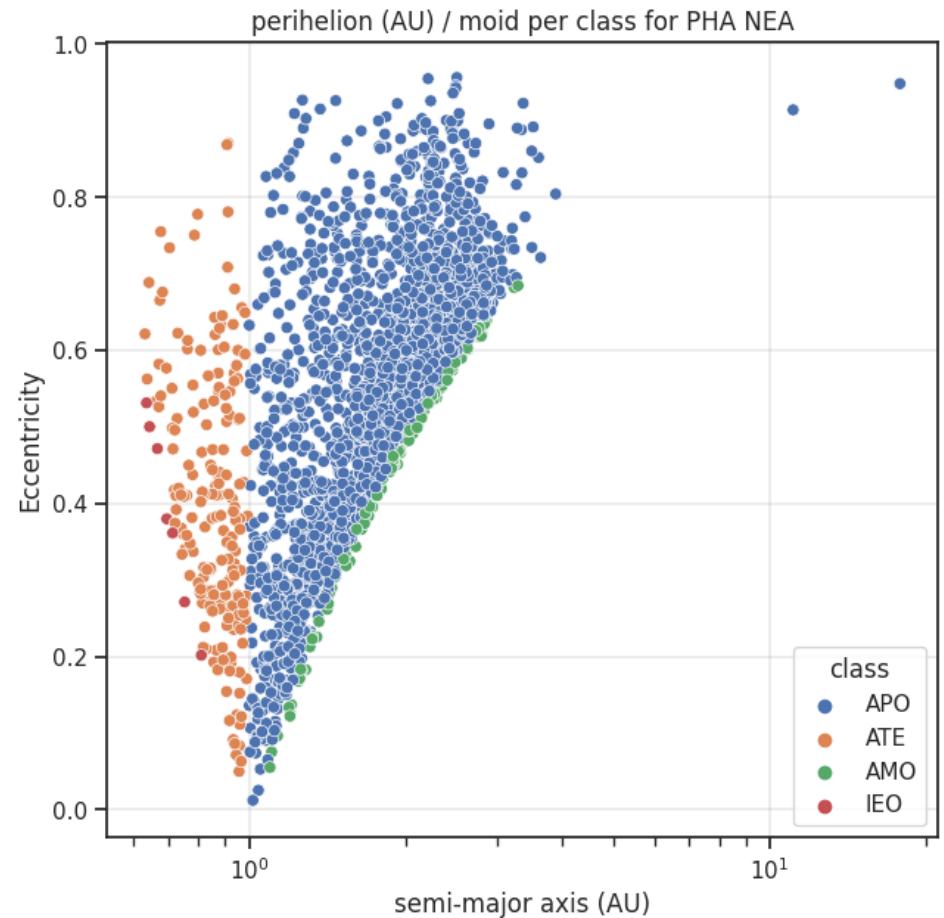
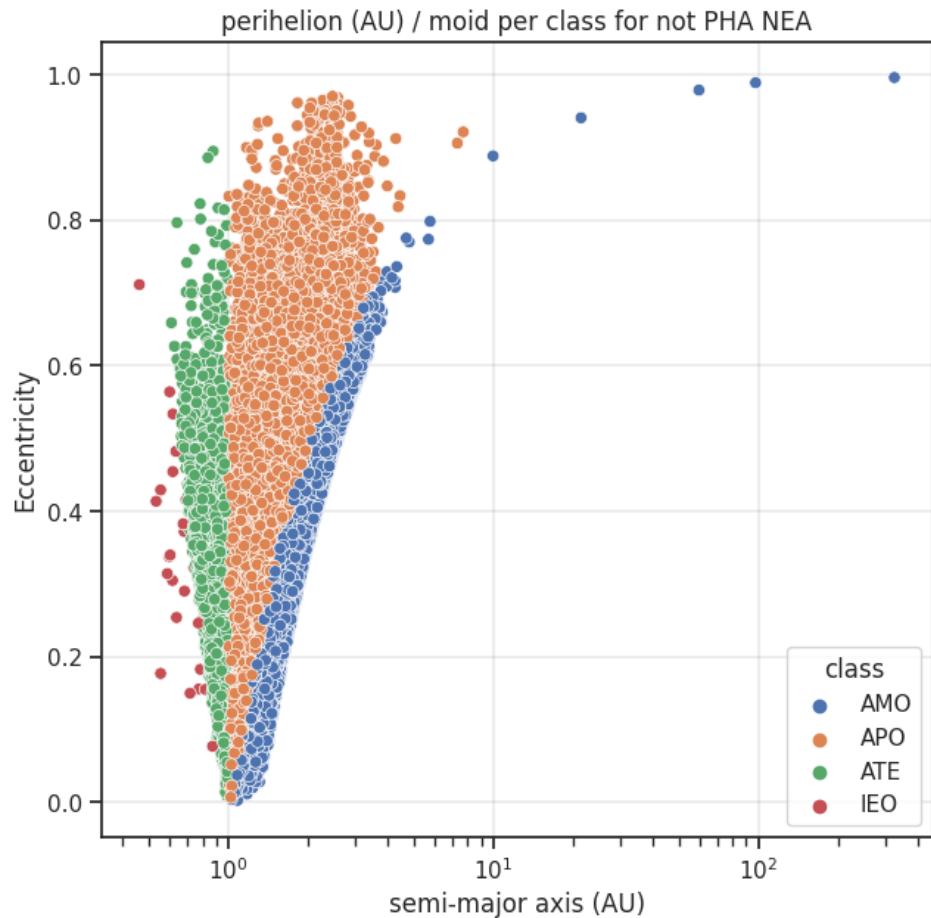
NEA: Semi-major axis / diameter per class



NEA: perihelion (AU) /moid per class



NEA: semi-major axis / eccentricity per class



NEA: perihelion/Absolute magnitude per class

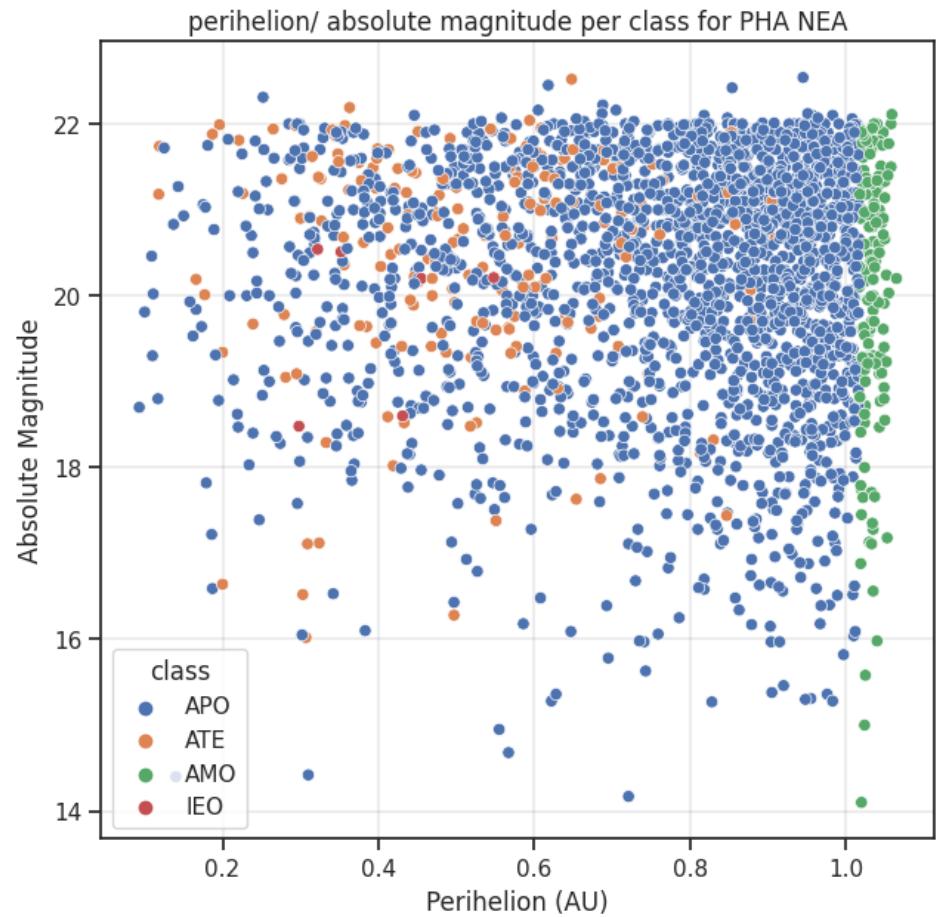
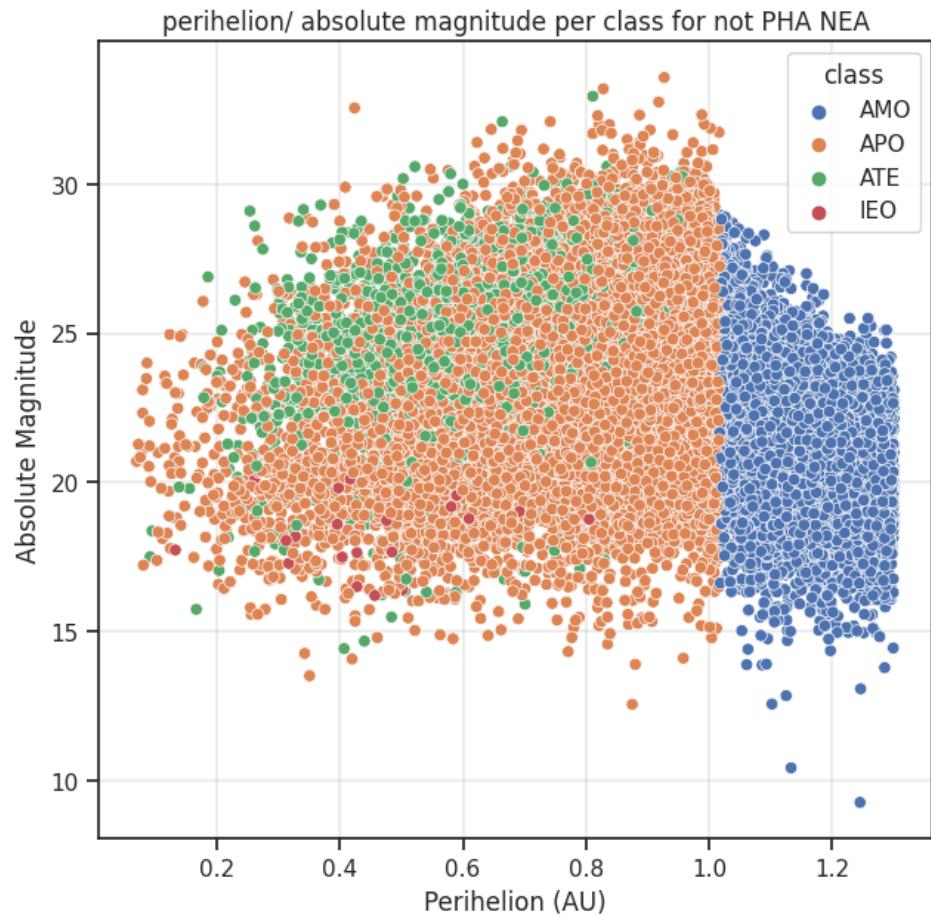
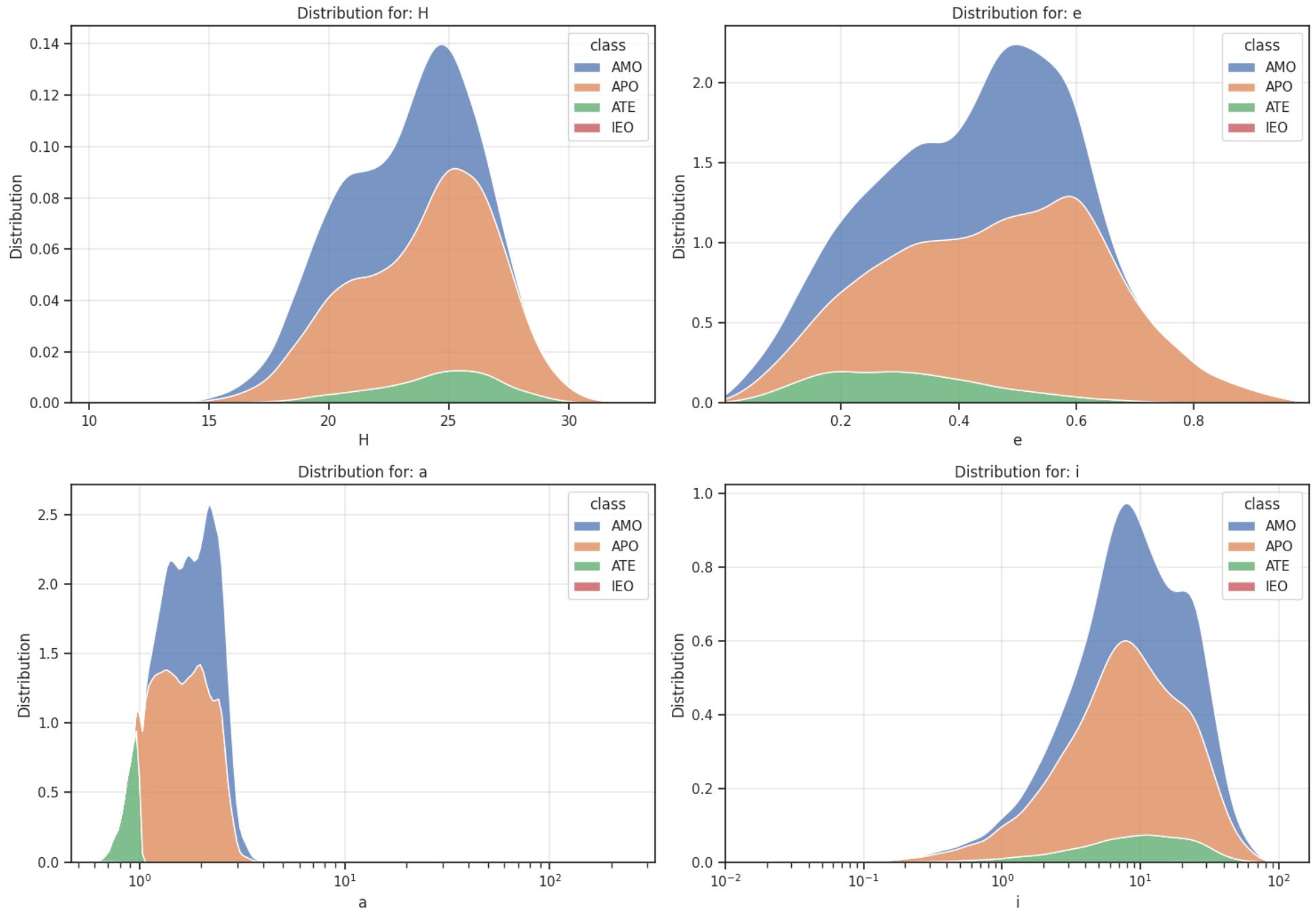


Diagramma dei parametri orbitali

Distribuzione dei valori dei principali parametri orbitali per le 4 classi di NEA

NEA: Distribution of orbit parameters per class



Torino

**E' una scala internazionale qualitativa per la misura del
rischio di impatto da 0 a 10**





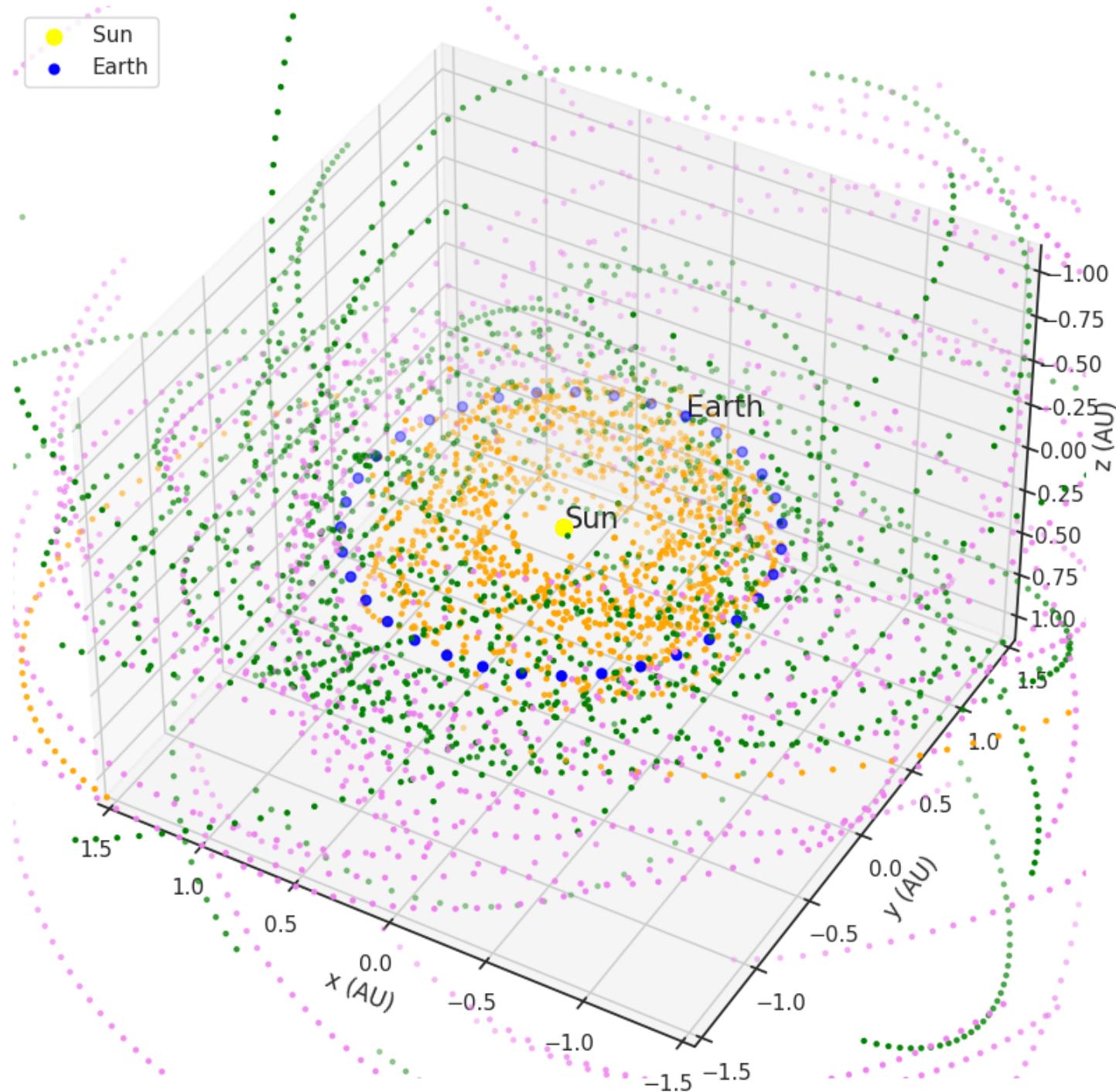
Palermo

*E' una scala internazionale quantitativa per la misura
del rischio di impatto*

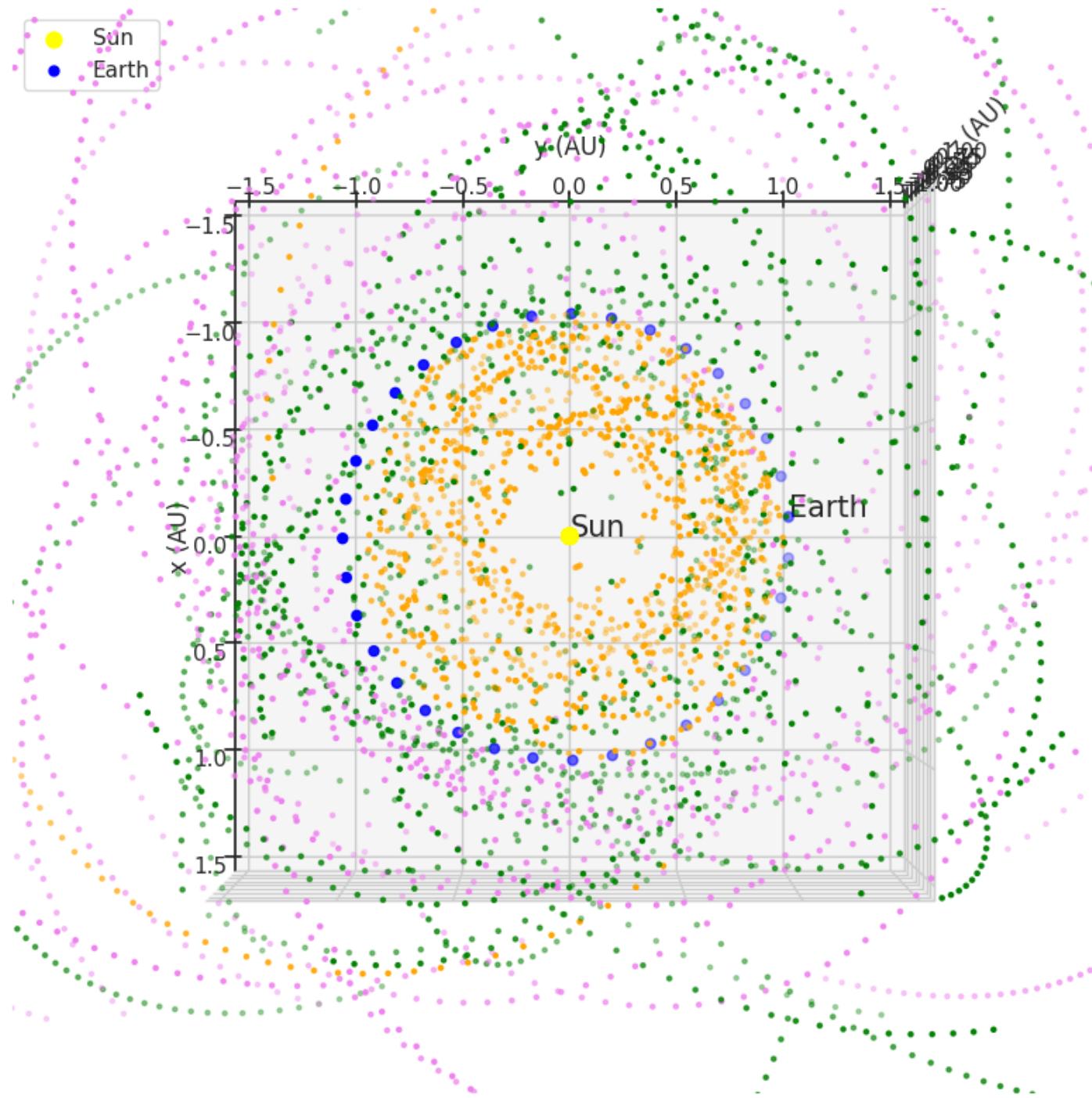
Esprime il rapporto tra la probabilità che avvenga un evento specifico e la probabilità che un oggetto di uguali dimensioni possa colpire la Terra negli anni che ci separano dall'evento considerato

Generate orbital diagram and build gif picture

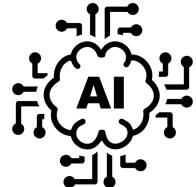
3D orbits for a subset of NEA



3D orbits for a subset of NEA



Introduzione dell'Intelligenza artificiale



Costuiamo due sistemi di **classificazione con supervisione** basato su algoritmi di A.I.

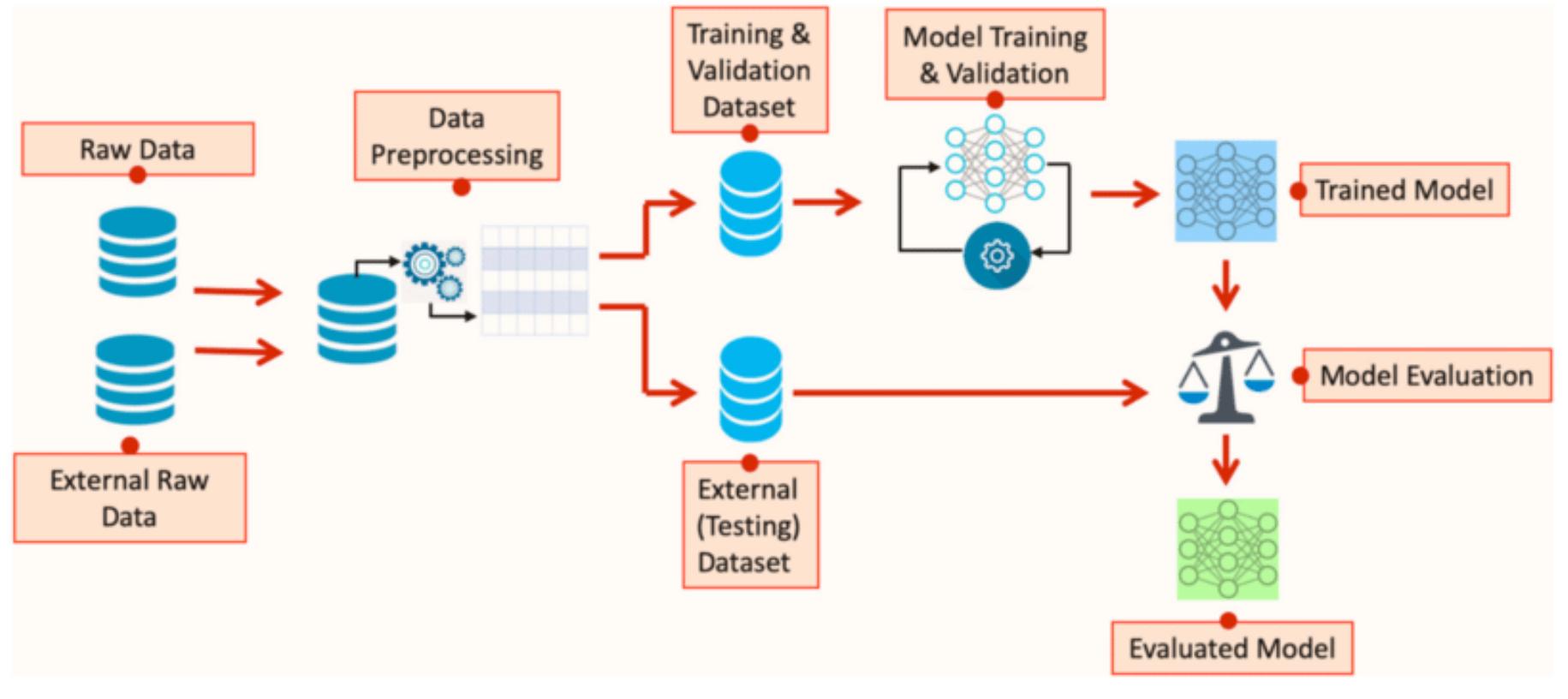
Si vuole classificare i NEA per:

- **pericolosità** (PHA, non PHA)
- per **tipo** (ATE, APO, AMO ed IEO)

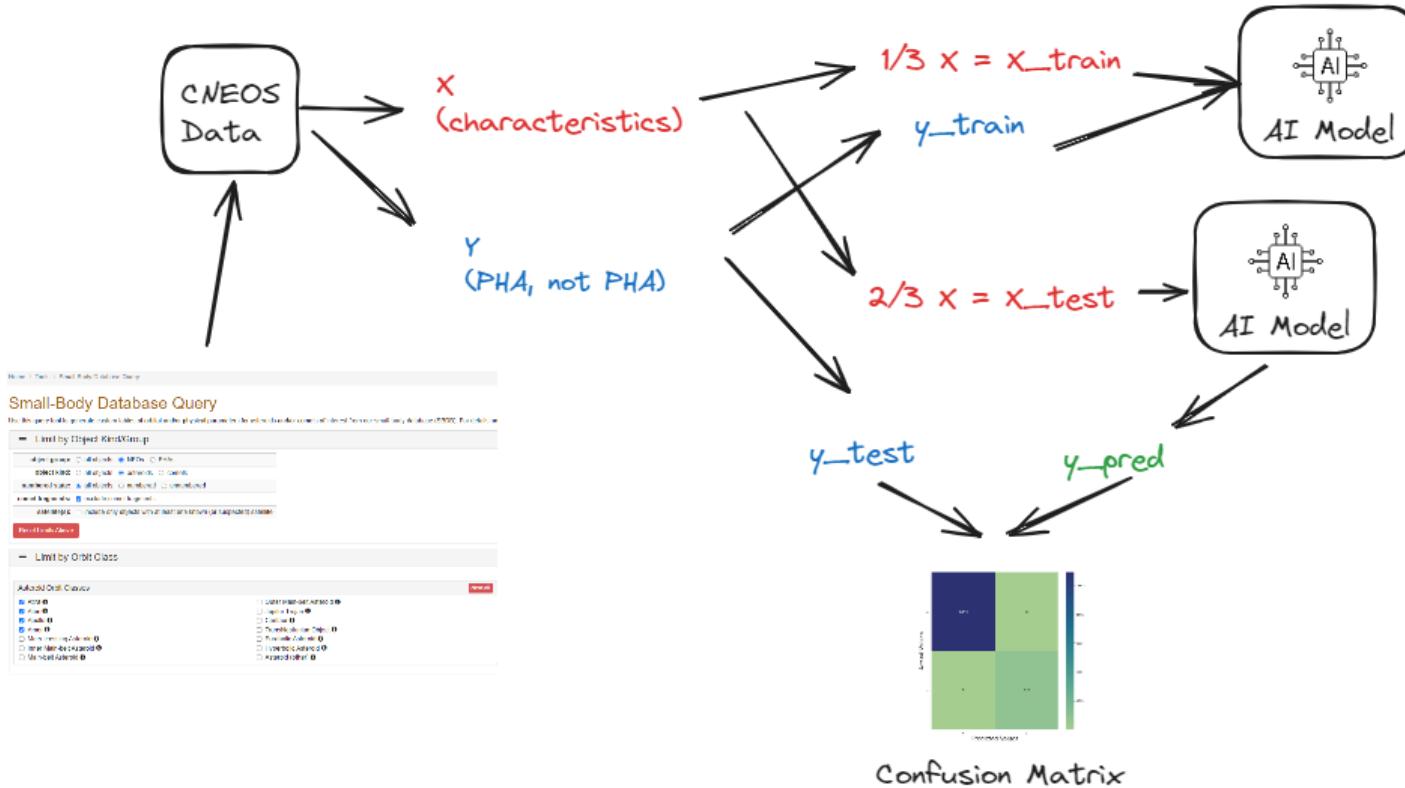
Algoritmi con supervisione: una classe di algoritmi per la classificazione che si basa su un modello di addestramento con dati etichettati per fare previsione su nuovi dati.

Questo genere di algoritmi serve per risolvere problemi di classificazione e regressione.

Il Machine Learning, un sotto campo dell'Intelligenza Artificiale, sostiene il lavoro dell'essere umano, soprattutto nei casi di compiti ripetitivi che possono essere automatizzati ma non lo solleva dal controllo dei risultati forniti dagli algoritmi e dalla validità e consistenza dei dati di ingresso (bias, numerosità, rappresentatività del campione, ...)



Filtriamo sui dati orbitali che ipotizziamo necessari alla classificazione e sostituiamo la classe con una numerazione, per ognuna delle 2 analisi.



Disegno dell'autore

Classificazione dei NEA in funzione della pericolosità

	H	a	q	Q	moid	class	pha
0	10.42	1.46	1.13	1.78	0.15	1	0.00
1	15.59	2.64	1.19	4.08	0.20	1	0.00
2	13.88	2.47	1.06	3.88	0.08	1	0.00
3	9.26	2.67	1.25	4.09	0.34	1	0.00
4	17.38	1.92	1.08	2.76	0.10	1	0.00

Suddivisione del dataset dei NEA in dati di addestramento e test

Suddivisione dei dati iniziali in training (35%) e test (65%) usati per la validazione

Dati di input:

- **moid**
- **H**

Dati di output:

- **pha**

Riscalare:

- Uniformare i dati in un'unica scala commensurabile uguale ad ogni caratteristica

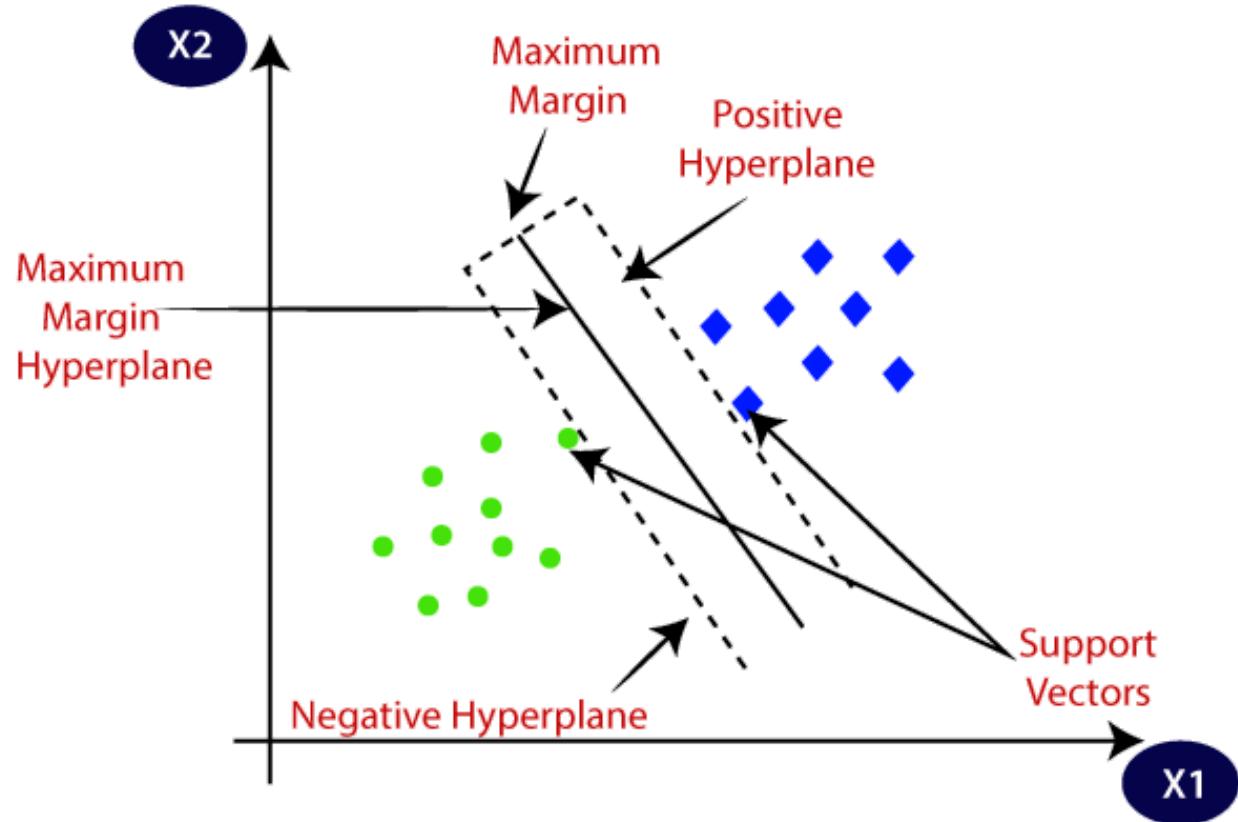
```
0.00    20355  
1.00    1553  
Name: pha, dtype: int64
```

Support Vector Machines (SVM) model

Il classificatore separa i punti usando un iperpiano con il massimo margine di separazione

SVM trova l'iperpiano ottimale (massimo) che separa il dataset in due zone entro i quali i nuovi dati verranno classificati. Lavora in maniera iterativa per minimizzare l'errore.

E' un approccio statistico. (<https://www.datacamp.com/tutorial/svm-classification-scikit-learn-python>)



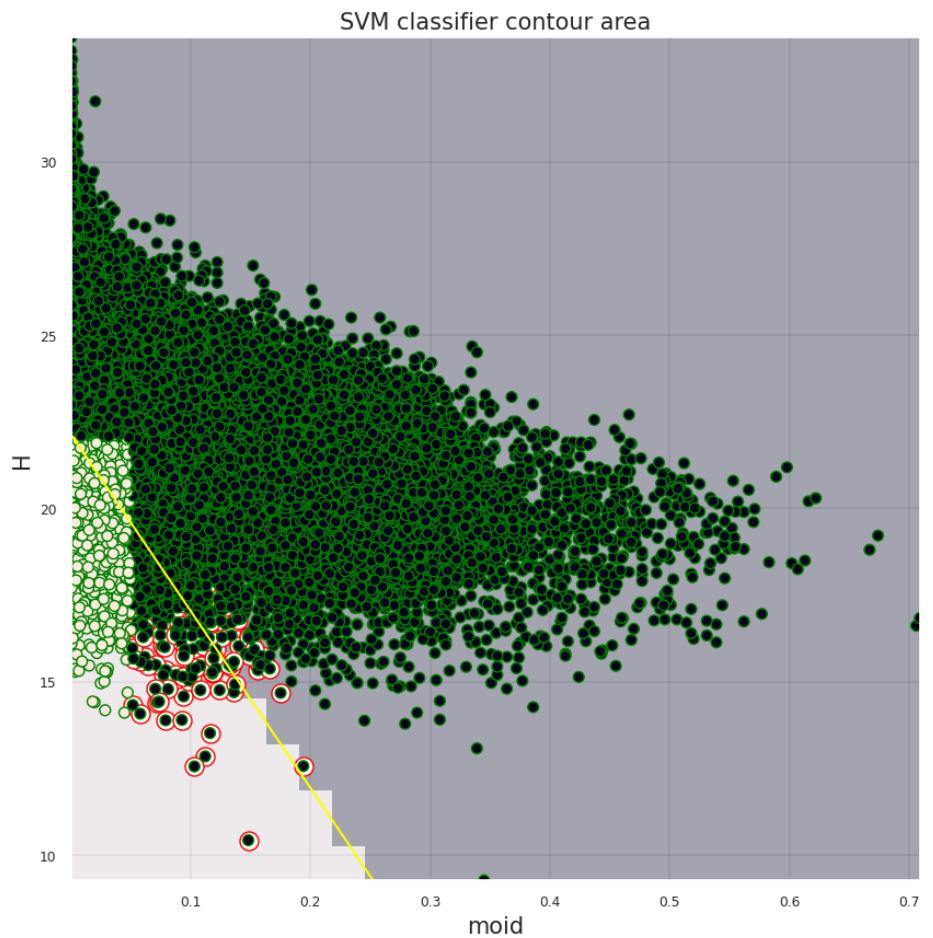
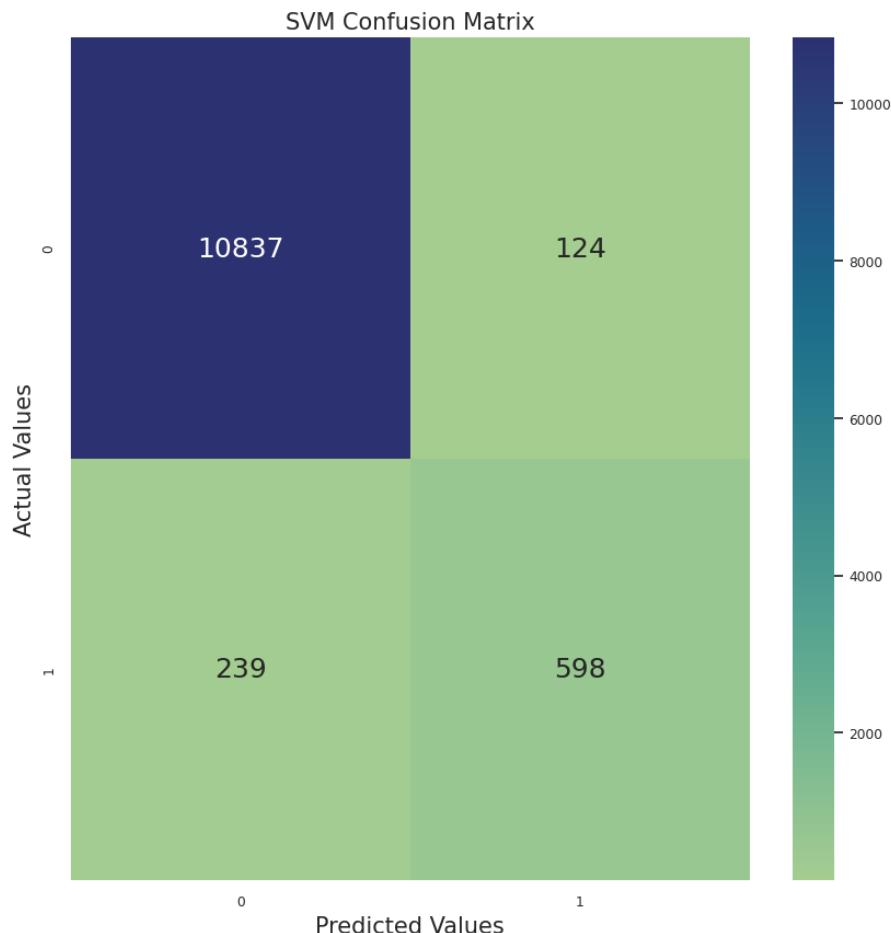
Fonte: <https://www.analyticsvidhya.com/blog/2021/10/support-vector-machinessvm-a-complete-guide-for-beginners/>

SVM Accuracy: 0.9692320732327513

	precision	recall	f1-score	support
0.0	0.98	0.99	0.98	10961
1.0	0.83	0.71	0.77	837
accuracy			0.97	11798
macro avg	0.90	0.85	0.88	11798
weighted avg	0.97	0.97	0.97	11798

- **Accuracy:** quanto le predizioni sono vere?
- **Precision:** fra tutte quelle positive/negative, quante sono vere?
- **Recall:** Tra tutte quelle che dovrebbero essere previste come vere, quante lo sono veramente? (errore primo tipo)
- **F1 Score:** misura statistica che combina Recall e Precision

SVM confusion matrix and decision boundaries



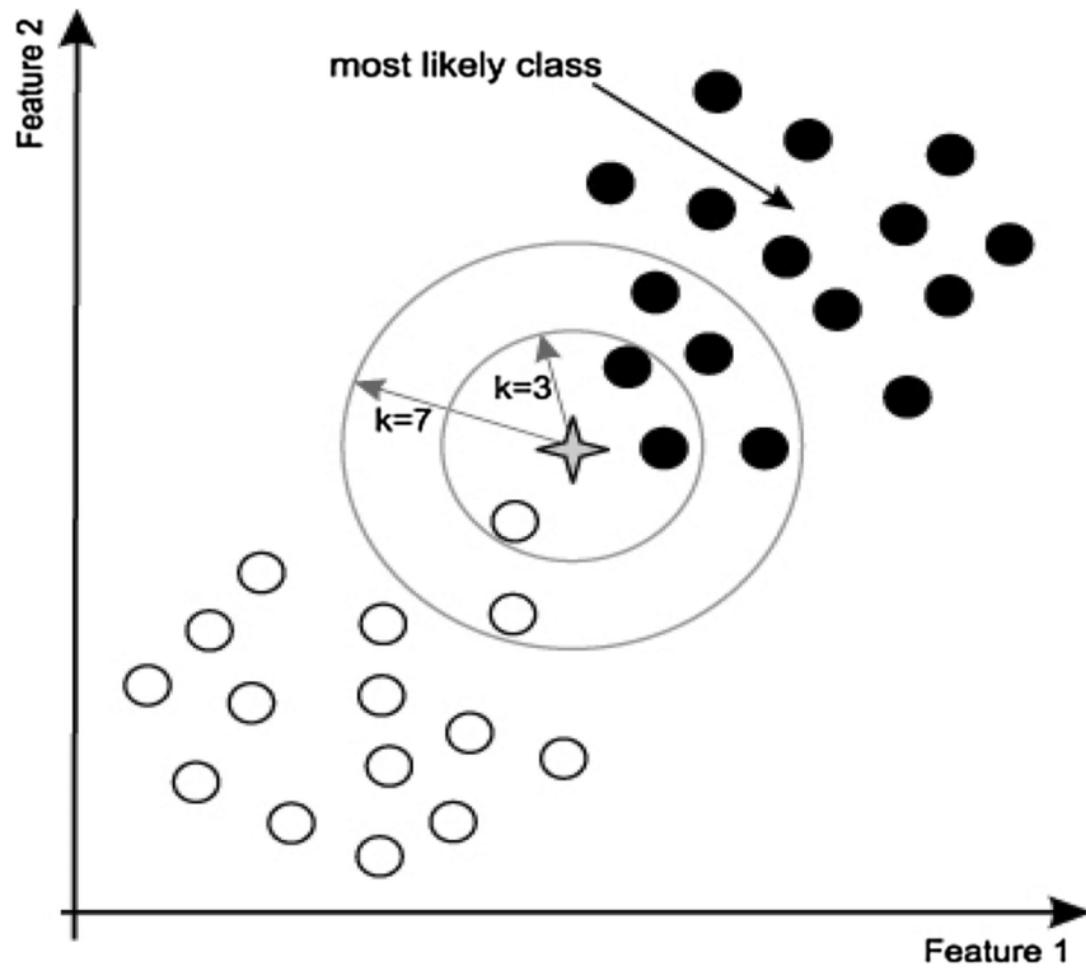
KNeighbors model

Il classificatore usa il concetto di prossimità per fare previsioni sul raggruppamento a cui appartiene il dato in esame/ Si basa sull'ipotesi che punti *simili* possono trovarsi vicini tra loro.

L'assegnazione avviene per maggioranza oppure per superamento di una soglia percentuale.

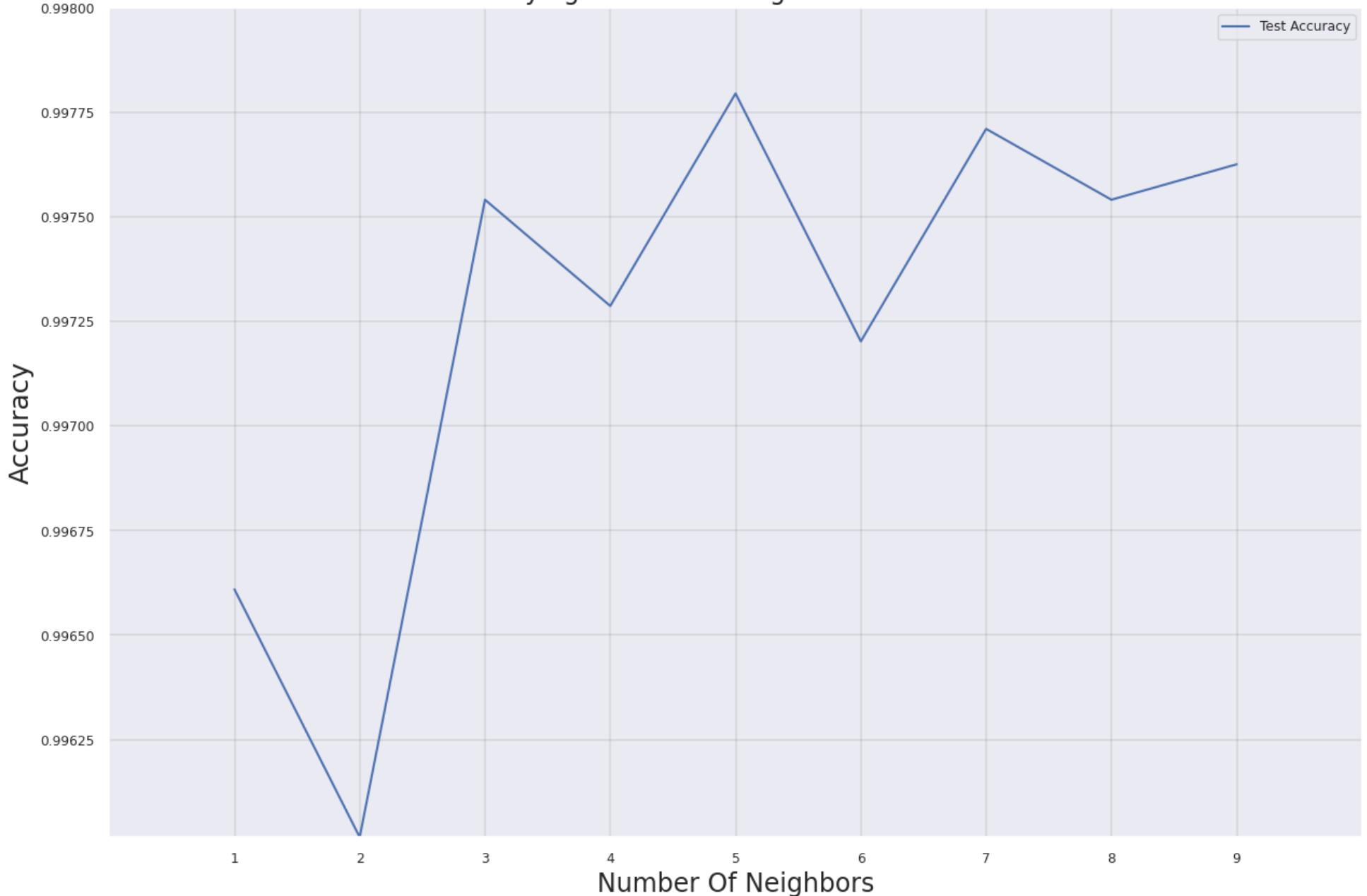
Serve introdurre il concetto di distanza. Bisogna definire una metrica.

- Distanza di **Hamming**
- Distanza di **Manhattan**
- Distanza **Euclidea**



Fonte: https://www.researchgate.net/figure/Binary-classification-of-k-nearest-neighbor-classifier_fig1_338871013

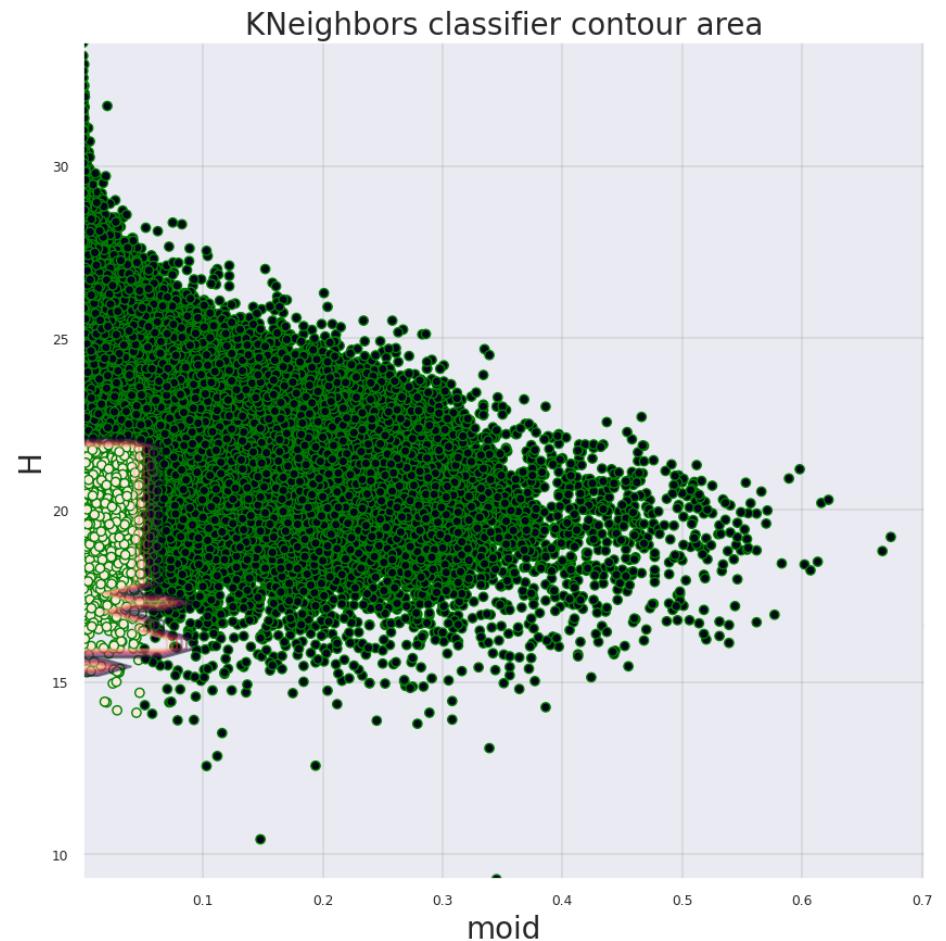
KN: Varying number of Neighbors. Best value: 5



KNeighbors Accuracy: 0.9977962366502797

	precision	recall	f1-score	support
0.0	1.00	1.00	1.00	10961
1.0	0.99	0.98	0.98	837
accuracy			1.00	11798
macro avg	0.99	0.99	0.99	11798
weighted avg	1.00	1.00	1.00	11798

KNeighbors confusion matrix and decision boundaries



Decision tree model

E' un classificatore ad albero decisionale dove:

- ogni nodo rappresenta un attributo
- ogni diramazione una regola di decisione
- ogni foglia un risultato (previsione)

Si parte dalla radice e si partiziona il dataset in funzione del valore di un attributo. Si procede in maniera iterativa. Il processo è simile al procedimento decisionale dell'essere unamo.

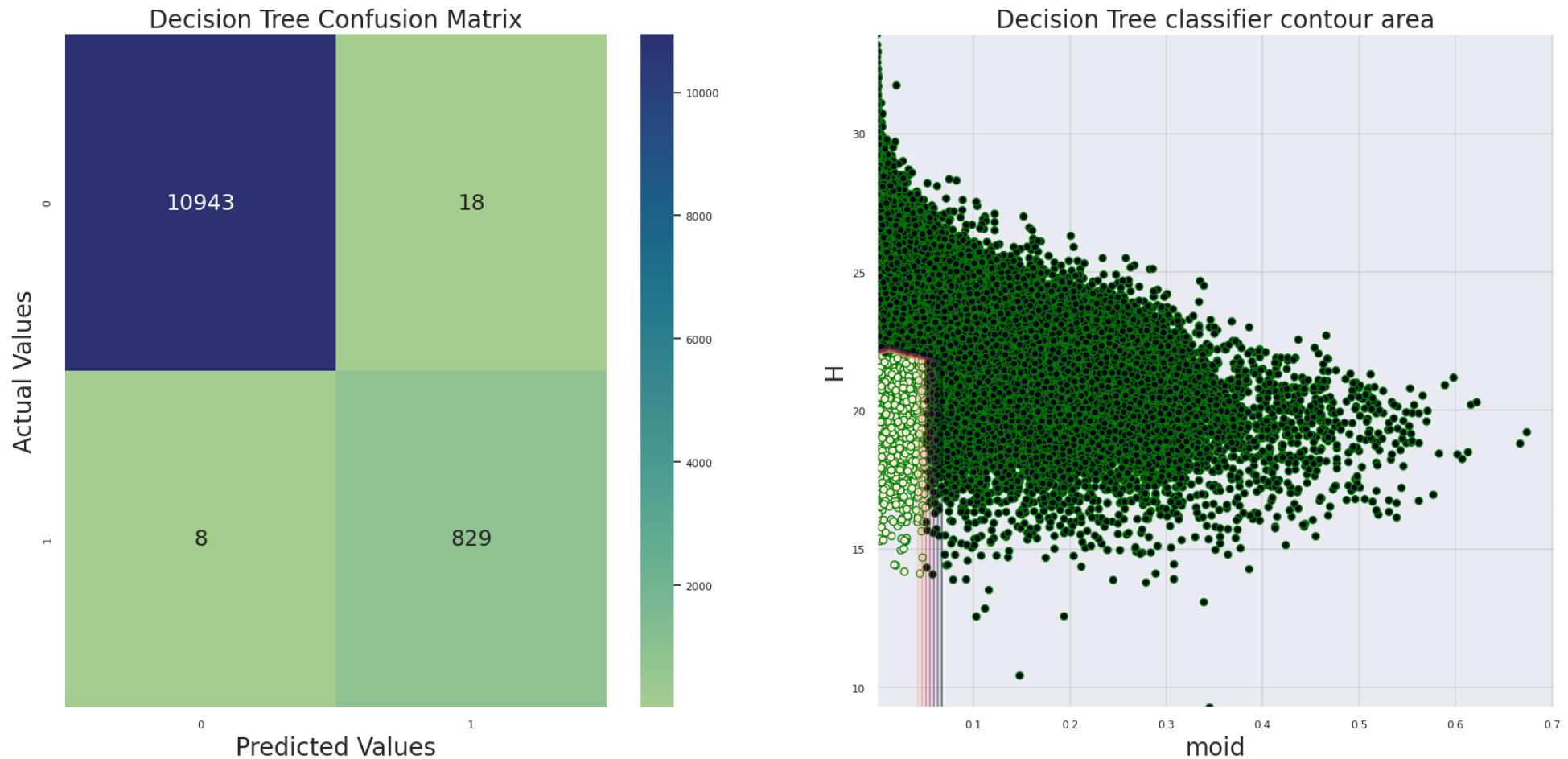
Le principali misure utilizzate per le definizioni di attributo ed assegnamento dei nodi sono:

- **Information Gain** (basata sul valore di entropia)
- **Gain Ratio** (indice preferenza)
- **Gini Index** (basata su un calcolo probabilistico)

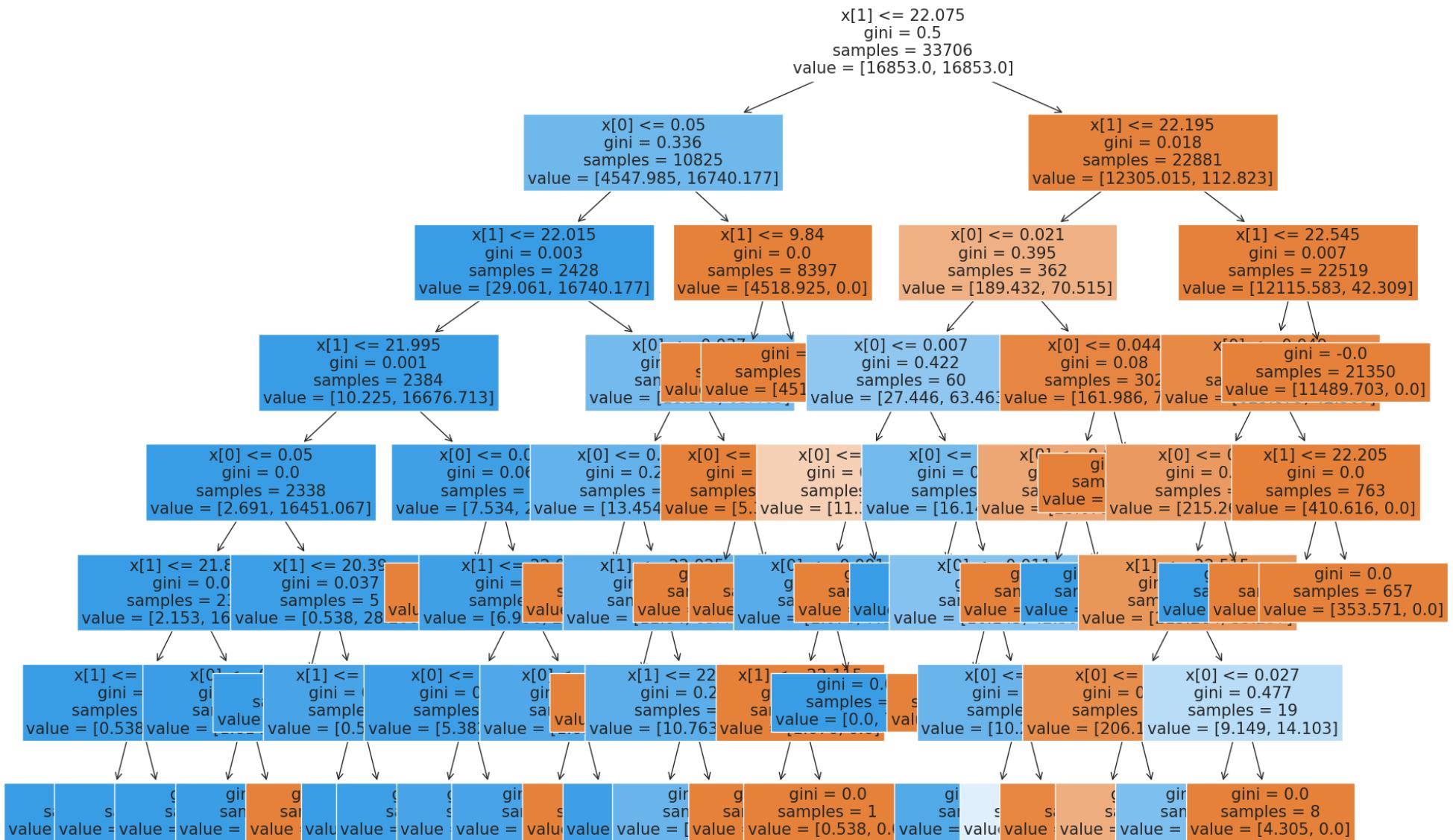
DecisionTree Accuracy: 0.9977962366502797

	precision	recall	f1-score	support
0.0	1.00	1.00	1.00	10961
1.0	0.98	0.99	0.98	837
accuracy			1.00	11798
macro avg	0.99	0.99	0.99	11798
weighted avg	1.00	1.00	1.00	11798

Decision Tree confusion matrix and decision boundaries



Decision Tree



Accuratezza del modello

Tutti gli algoritmi di classificazione con supervisione offrono un valore di accuratezza elevata.

	Model	Accuracy
0	SVM	0.9692321
1	KNeighbors	0.9977962
2	Decision Tree	0.9977962

Classificazione dei NEA per tipo

Suddivisione del dataset dei NEA in dati di addestramento e test

Suddivisione dei dati iniziali in training (40%) e test (60%) usati per la validazione

Dati di input:

- a
- q
- Q

Dati di output:

- **APO, AMO, ATE, IEO** (0, 1, 2, 3)

Riscalare:

- Uniformare i dati in un'unica scala commensurabile uguale ad ogni caratteristica

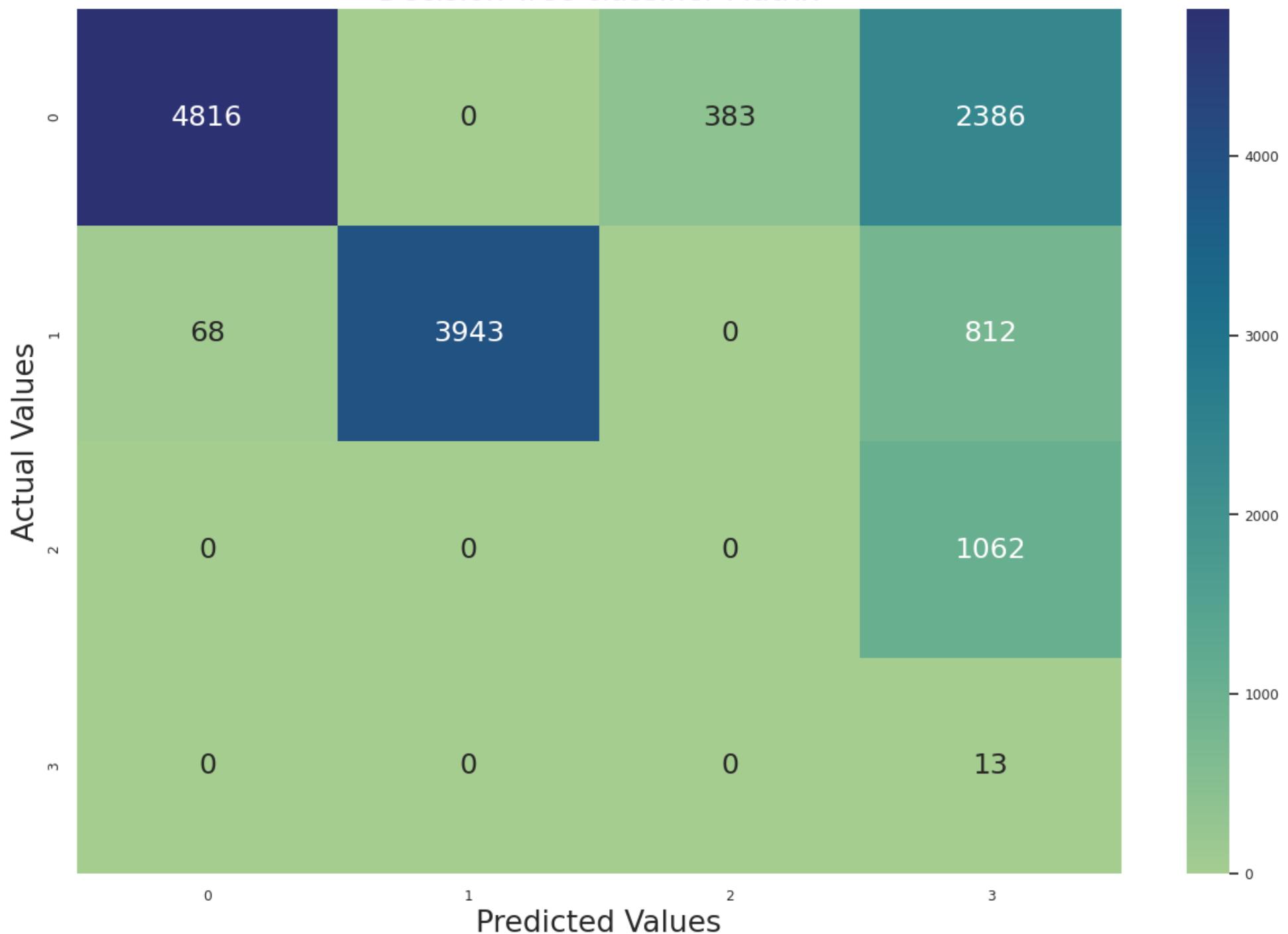
Codifica i tipi di classi con numeri

```
0    11377  
1    7233  
2    1594  
3     19  
Name: class2, dtype: int64
```

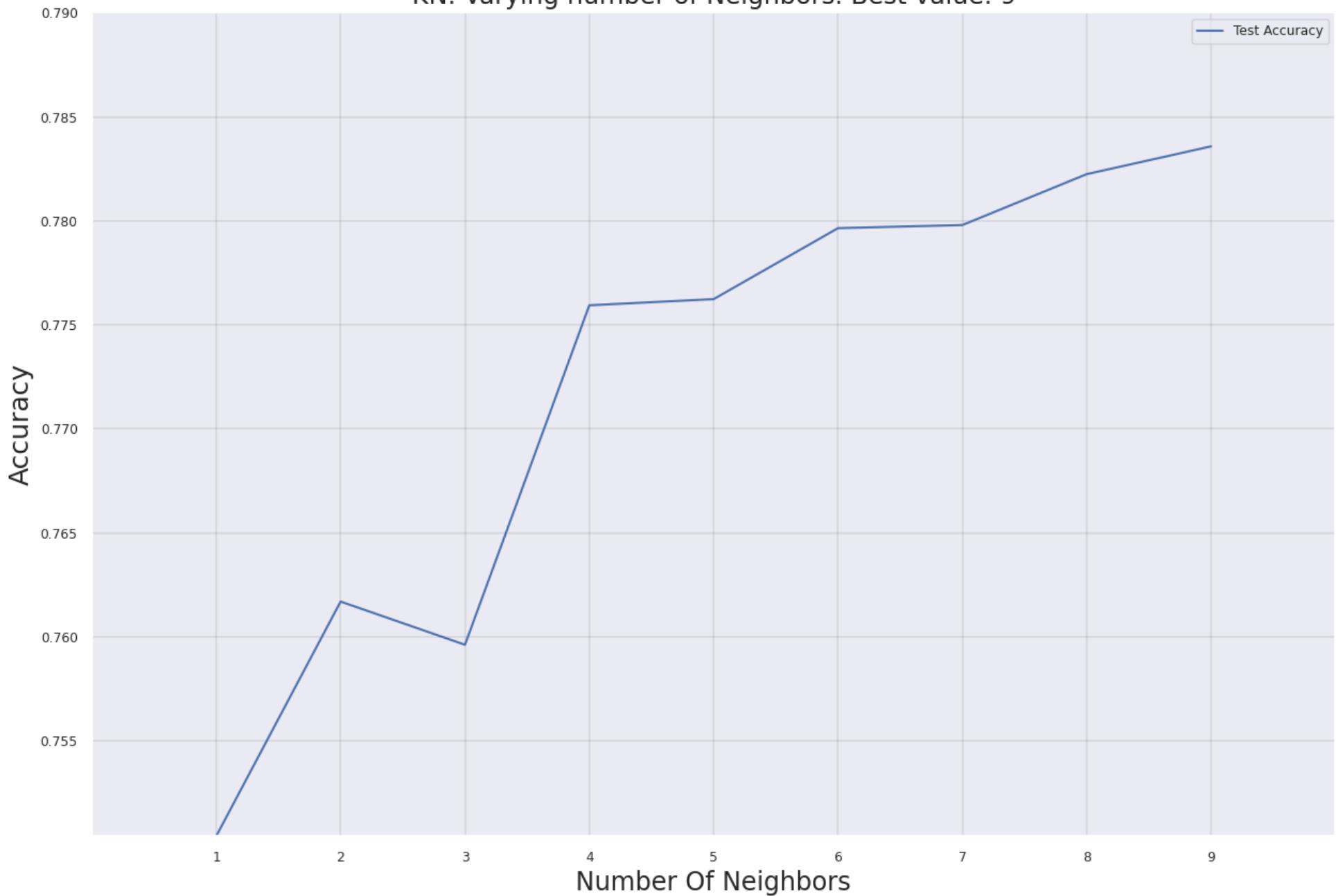
DecisionTree Accuracy: 0.6505970481346881

	precision	recall	f1-score	support
0	0.99	0.63	0.77	7585
1	1.00	0.82	0.90	4823
2	0.00	0.00	0.00	1062
3	0.00	1.00	0.01	13
accuracy			0.65	13483
macro avg	0.50	0.61	0.42	13483
weighted avg	0.91	0.65	0.76	13483

Decision Tree classifier Matrix



KN: Varying number of Neighbors. Best value: 9



KNeighbors Accuracy: 0.7835793221093228

	precision	recall	f1-score	support
0	0.96	0.67	0.79	7585
1	0.99	0.95	0.97	4823
2	0.27	0.84	0.41	1062
3	0.03	0.38	0.05	13
accuracy			0.78	13483
macro avg	0.56	0.71	0.55	13483
weighted avg	0.91	0.78	0.82	13483

KNeighbors classifier Confusion Matrix



Random Forest model

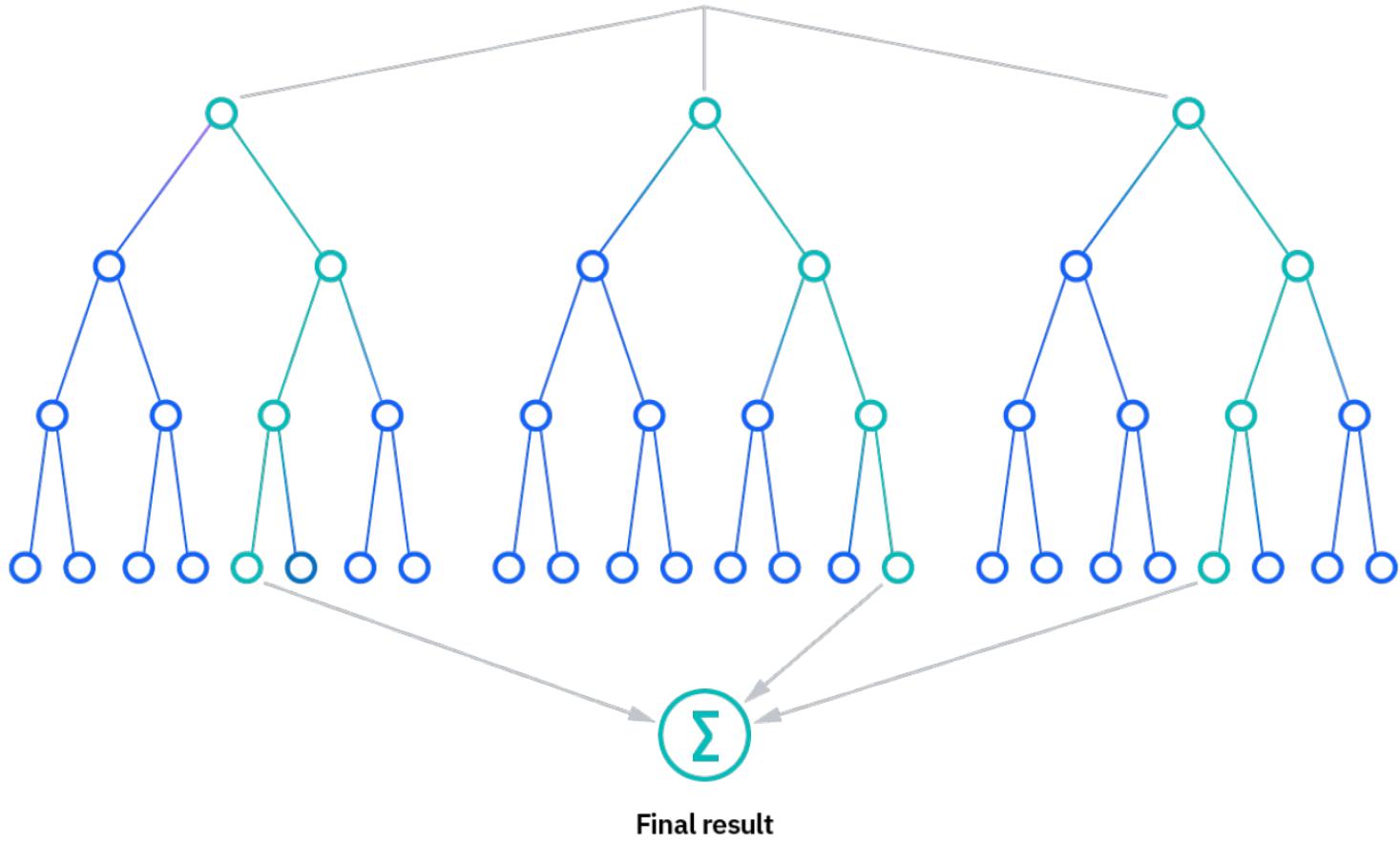
Random Forest è un algoritmo che combina l'output di più strutture ad albero decisionali per raggiungere un unico risultato. Gestisce sia i problemi di classificazione che quelli di regressione.

Gli algoritmi Random Forest hanno tre iperparametri principali, che devono essere impostati prima dell'addestramento.

- **dimensione dei nodi**
- **numero di strutture ad albero**
- **numero di caratteristiche campionate**

Si costruisce una serie di strutture ad albero decisionali e ogni struttura ad albero è un insieme composto da un campione di dati tratto da un set di addestramento con sostituzione La classificazione avviene a maggioranza: la variabile categoriale più frequente

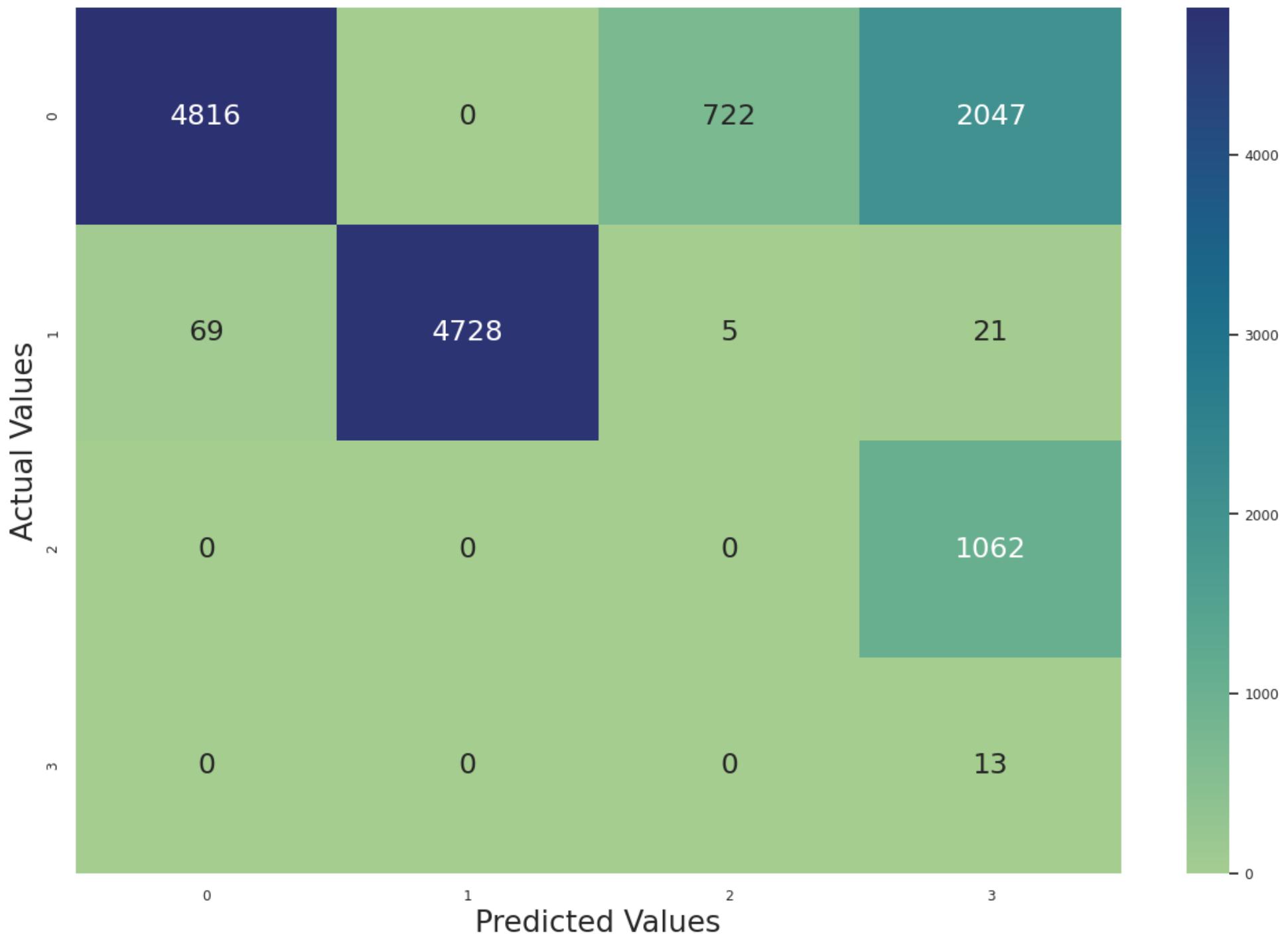
Fonte: <http://www.ibm.com>



Fitting 4 folds for each of 125 candidates, totalling 500 fits
Random Forest Accuracy: 0.7088185122005488

	precision	recall	f1-score	support
0	0.99	0.63	0.77	7585
1	1.00	0.98	0.99	4823
2	0.00	0.00	0.00	1062
3	0.00	1.00	0.01	13
accuracy			0.71	13483
macro avg	0.50	0.65	0.44	13483
weighted avg	0.91	0.71	0.79	13483

Random Forest classifier Confusion Matrix



	Model	Accuracy
0	Decision Tree	0.6505970
1	KNeighbor	0.7835793
2	Random Forest	0.7088185

Vari passaggi NEA negli anni passati e prossimi futuri

Lista avvicinamenti NEO a minima distanza per gli anni dal 2018 fino al 2030 con diametro noto

- per anno
- per mese

Per anni inferiori al 2023 agli avvicinamenti sono già avvenuti, per anni futuri si tratta di proiezioni in base alle orbite attuali

Lista dei NEA con il passaggio alla minima distanza per gli ultimi anni

	Year	des	fullname	cd	dist	Velocity (Km/s)	Diameter (Km)
0	2019	2019 UN13	(2019 UN13)	2019-Oct-31 14:45	0.0328133	12.8450934	NaN
1	2020	2020 VT4	(2020 VT4)	2020-Nov-13 17:21	0.0175482	13.4271195	NaN
2	2021	2021 UA1	(2021 UA1)	2021-Oct-25 03:07	0.0245231	15.8350069	NaN
3	2022	2022 FD1	(2022 FD1)	2022-Mar-25 09:13	0.0386174	18.5120509	NaN
4	2023	2023 BU	(2023 BU)	2023-Jan-27 00:29	0.0259287	9.2672387	NaN
5	2024	2007 XB23	(2007 XB23)	2024-Dec-11 18:08	1.1592817	4.7659415	NaN
6	2025	2022 SS2	(2022 SS2)	2025-Sep-13 14:53	2.3740716	7.2177511	NaN
7	2026	2013 GM3	(2013 GM3)	2026-Apr-14 16:15	0.6777525	7.4095083	NaN
8	2027	137108	137108 (1999 AN10)	2027-Aug-07 07:11	1.0141914	26.2840540	NaN
9	2028	153814	153814 (2001 WN5)	2028-Jun-26 05:23	0.6470144	10.2426018	0.9320000

Year	des	fullname	cd	dist	Velocity (Km/s)	Diameter (Km)
10 2029	99942	99942 Apophis (2004 MN4)	2029-Apr-13 21:46	0.0988853	7.4225373	0.3400000

Histogram of minimum approaching distance per year

(2022 SS2)

Distance (Average Earth-Moon distance)

2.0

1.5

1.0

0.5

0.0

2019

2020

2021

2022

2023

2024
2025

2026

2027

2028

2029

Year

(2019 UN12)

(2020 VT14)

(2021 UA1)

(2022 FD1)

(2023 BU1)

(2007 XB23)

137108 (1999 AN10)

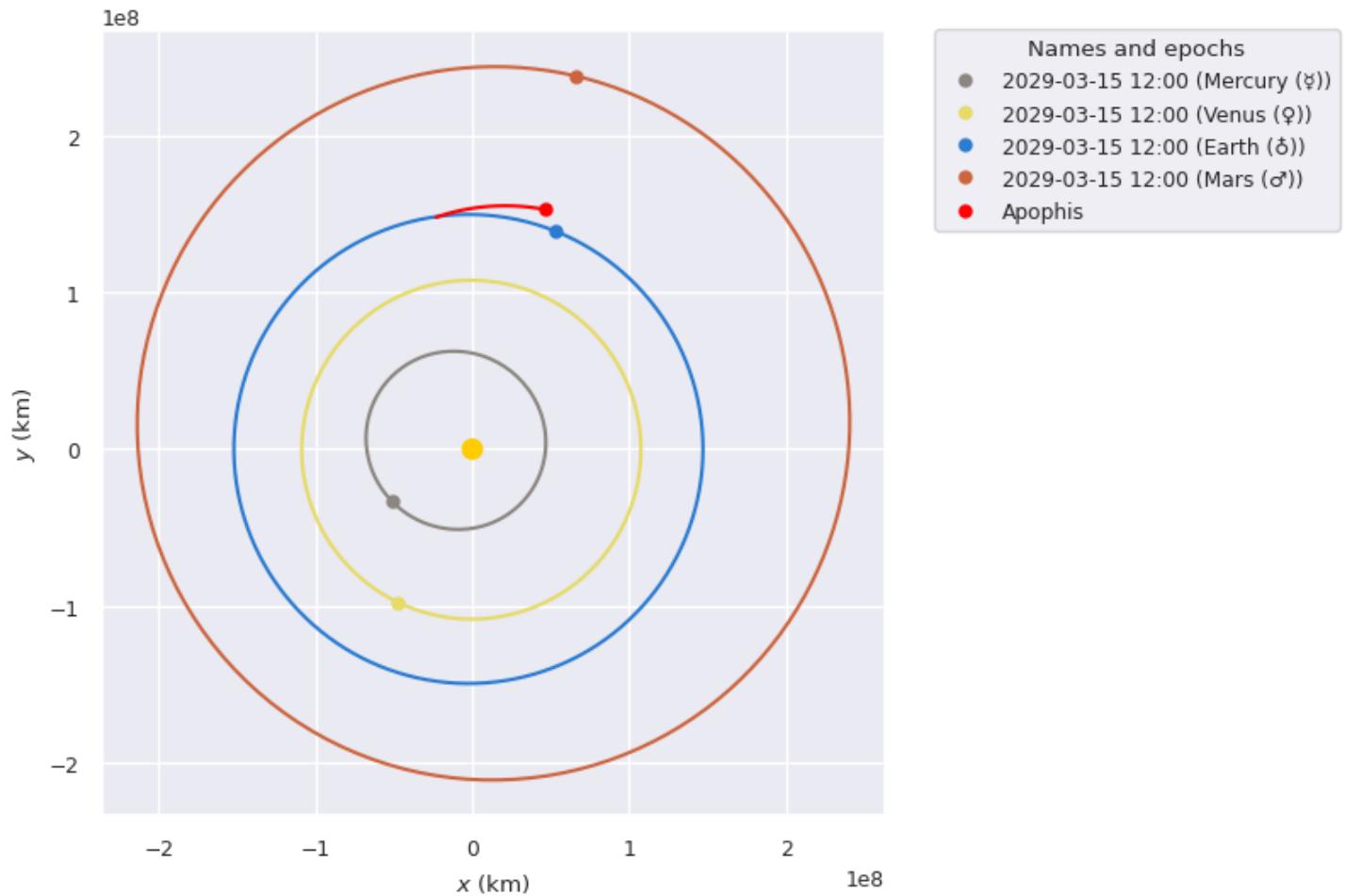
(2013 GM3)

153814 (2001 WN5)

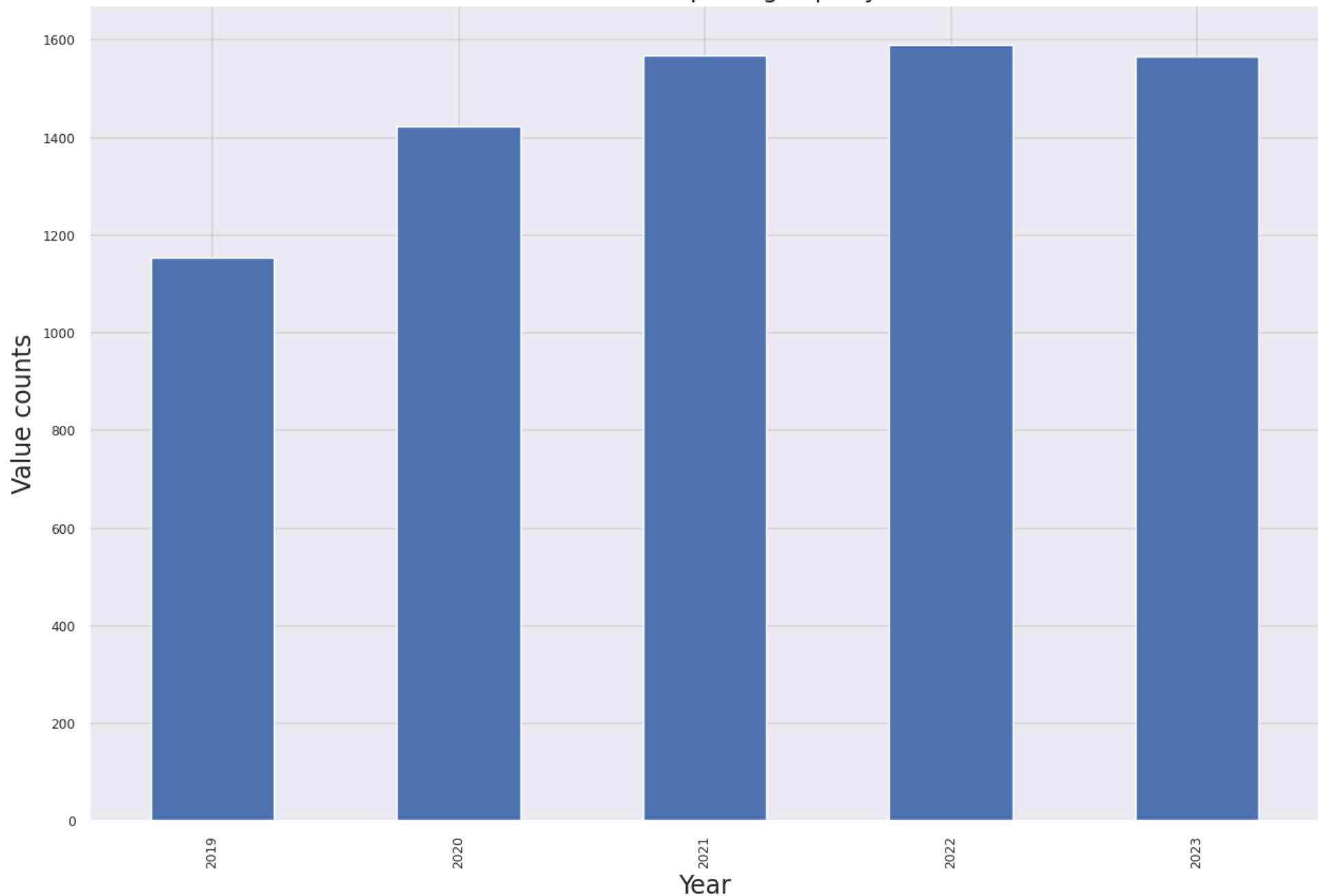
99942 Apophis (2004 MN4)

Orbita di avvicinamento di Apophis nel 2029 visto dall'alto del Sistema Solare

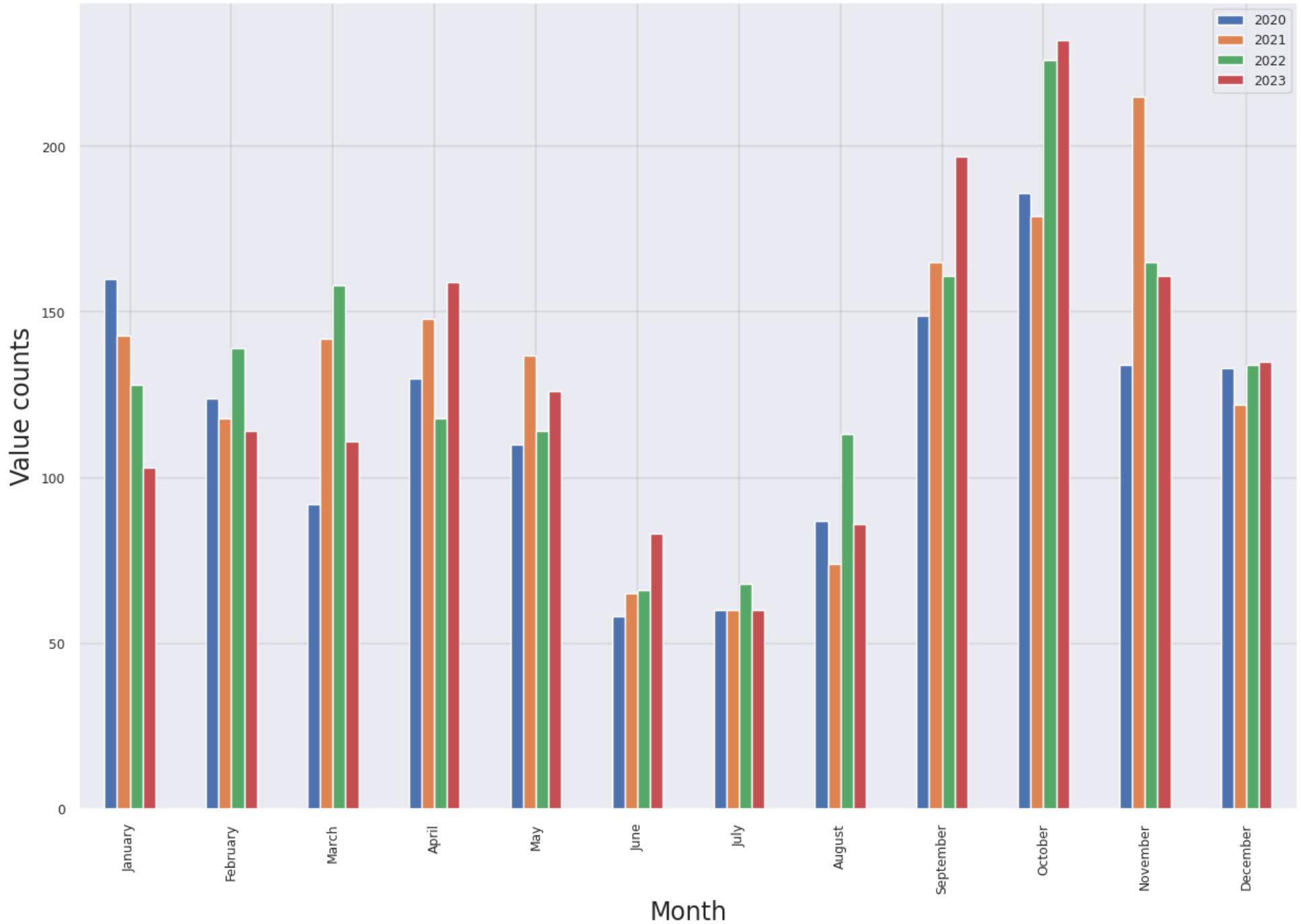
Ephemerides at 50 epochs from 2029-03-15 12:00:00.000 (TDB) to 2029-04-14 12:00:00.000 (TDB)



Number of NEA passages per year



Number of NEA passages per month in the last 4 years



Lista dei passaggi NEA nei primi giorni del 2024

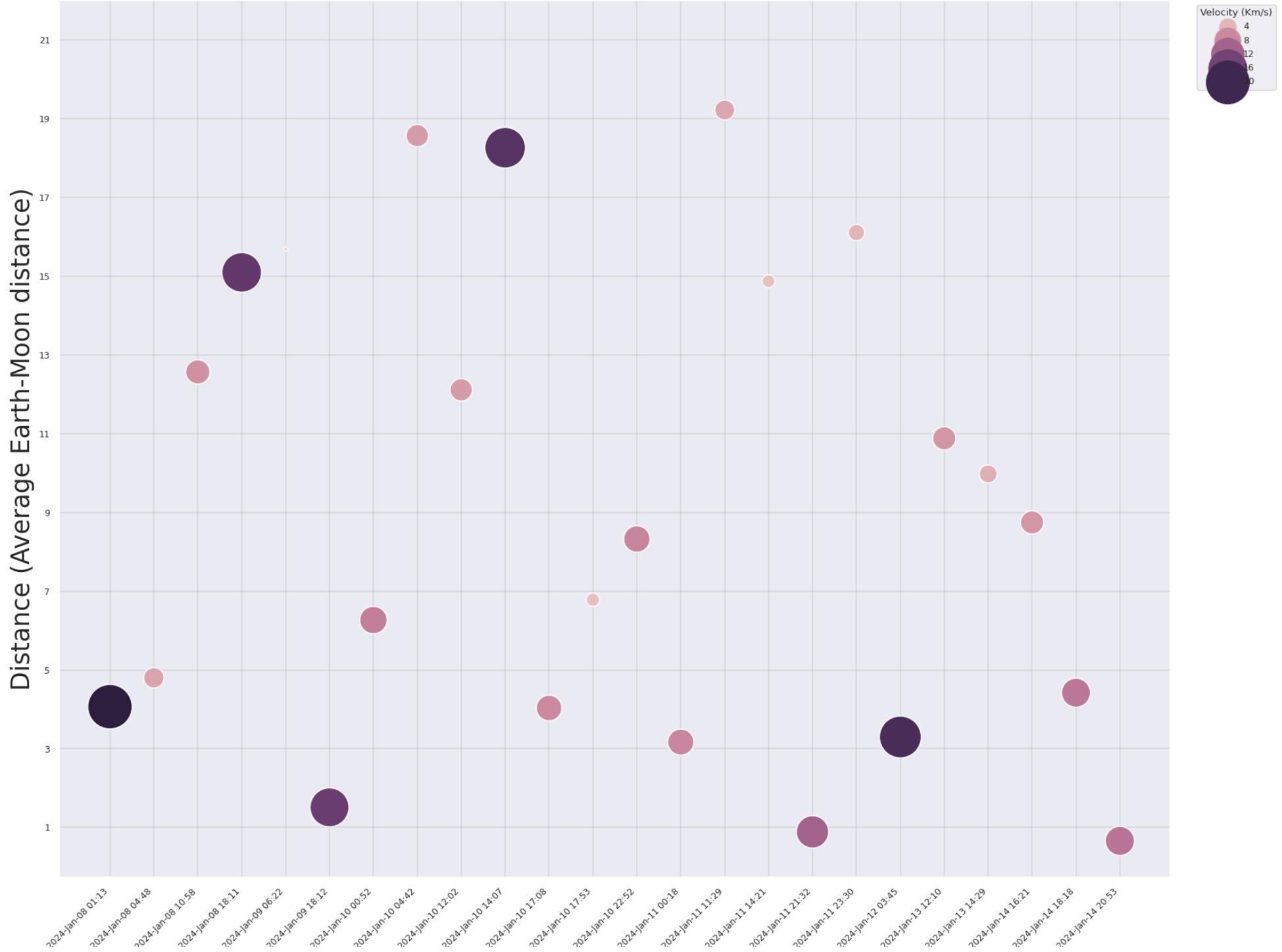
Found 24 NEA passages from date: 2024-01-08 to date: 2024-01-15

	des	cd	dist	Velocity (Km/s)	Absolute Magnitude	fullname	Earth-Moon distance
0	2024 AC3	2024-Jan-08 01:13	0.01045	21.50614	25.20600	(2024 AC3)	4.06580
1	2024 AX3	2024-Jan-08 04:48	0.01233	5.51022	27.62600	(2024 AX3)	4.79872
2	2024 AD2	2024-Jan-08 10:58	0.03229	7.26966	26.38100	(2024 AD2)	12.56812
3	2002 AY1	2024-Jan-08 18:11	0.03879	17.33917	20.94000	(2002 AY1)	15.09628
4	2023 XN13	2024-Jan-09 06:22	0.04032	1.43756	28.08100	(2023 XN13)	15.69195
5	2024 AS1	2024-Jan-09 18:12	0.00388	16.78510	27.21900	(2024 AS1)	1.50846
6	2024 AC4	2024-Jan-10 00:52	0.01610	8.94911	27.26500	(2024 AC4)	6.26590
7	2024 AF4	2024-Jan-10 04:42	0.04772	6.34531	26.16600	(2024 AF4)	18.56974
8	2023 XT14	2024-Jan-10 12:02	0.03113	6.37317	25.58700	(2023 XT14)	12.11389
9	2024 AU1	2024-Jan-10 14:07	0.04693	18.14647	24.17200	(2024 AU1)	18.26233

	des	cd	dist	Velocity (Km/s)	Absolute Magnitude	fullname	Earth-Moon distance
10	2024 AN1	2024-Jan-10 17:08	0.01036	7.94653	26.56900	(2024 AN1)	4.03219
11	2023 YO1	2024-Jan-10 17:53	0.01742	3.07301	25.90900	(2023 YO1)	6.78132
12	2024 AY2	2024-Jan-10 22:52	0.02139	8.39128	26.95800	(2024 AY2)	8.32423
13	2024 AE4	2024-Jan-11 00:18	0.00814	8.22568	28.68800	(2024 AE4)	3.16635
14	2020 AC1	2024-Jan-11 11:29	0.04939	5.31646	28.40000	(2020 AC1)	19.22104
15	2024 AB4	2024-Jan-11 14:21	0.03822	2.96030	26.26100	(2024 AB4)	14.87324
16	2024 AG4	2024-Jan-11 21:32	0.00228	11.96736	28.24300	(2024 AG4)	0.88571
17	2023 WZ3	2024-Jan-11 23:30	0.04139	3.98656	25.03000	(2023 WZ3)	16.10794
18	2024 AR2	2024-Jan-12 03:45	0.00847	19.19486	26.39300	(2024 AR2)	3.29654
19	2024 AW2	2024-Jan-13 12:10	0.02796	6.73245	26.47400	(2024 AW2)	10.88177

	des	cd	dist	Velocity (Km/s)	Absolute Magnitude	fullname	Earth-Moon distance
20	2024 AR1	2024-Jan-13 14:29	0.02564	4.53009	26.04900	(2024 AR1)	9.97751
21	2024 AF3	2024-Jan-14 16:21	0.02247	6.73303	26.92300	(2024 AF3)	8.74507
22	2024 AG3	2024-Jan-14 18:18	0.01136	9.79961	27.74500	(2024 AG3)	4.42011
23	2024 AZ3	2024-Jan-14 20:53	0.00169	9.92721	28.85400	(2024 AZ3)	0.65667

NEA passages from date: 2024-01-08 to date: 2024-01-15



Timestamp

Passaggi NEA pericolosi per questo anno

	des	cd	dist	Velocity (Km/s)	Absolute Magnitude	Diameter (Km)	fullname	Earth-Moon distance
0	2008 OS7	2024-Feb-02 14:41	0.01908	18.16685	20.48000	None	(2008 OS7)	7.42484
1	2019 CC5	2024-Feb-04 07:10	0.04904	14.95966	22.03000	None	(2019 CC5)	19.08509
2	2023 SP1	2024-Feb-07 00:06	0.03665	11.79996	20.71000	None	(2023 SP1)	14.26434
3	2020 BP13	2024-Apr-09 02:32	0.03886	6.80395	21.20000	None	(2020 BP13)	15.12381
4	517681	2024-Apr-15 14:08	0.04699	14.18096	18.91000	None	517681 (2015 DE198)	18.28646
5	439437	2024-Apr-15 14:50	0.02177	16.48970	18.83000	None	439437 (2013 NK4)	8.47213
6	2022 TN1	2024-Apr-30 23:57	0.04766	17.73737	20.43000	None	(2022 TN1)	18.54963
7	415029	2024-Jun-27 20:16	0.04439	25.88222	15.98000	None	415029 (2011 UL21)	17.27675
8	2011 AM24	2024-Jul-26 15:56	0.04311	6.20365	20.51000	0.511	(2011 AM24)	16.77739
9	523664	2024-Jul-	0.03822	23.68534	18.59000	0.346	523664 (2012)	14.87333

	des	cd	dist	Velocity (Km/s)	Absolute Magnitude	Diameter (Km)	fullname	Earth-Moon distance
		28 02:47					OD1)	
10	2013 FW13	2024-Sep-18 06:29	0.02172	15.55928	21.70000	None	(2013 FW13)	8.45346
11	363027	2024-Oct-12 01:52	0.02380	16.62992	19.64000	0.578	363027 (1998 ST27)	9.26404
12	363305	2024-Oct-24 15:48	0.03021	4.87269	21.41000	None	363305 (2002 NV16)	11.75649
13	2020 WG	2024-Oct-28 01:57	0.02161	9.41521	21.73000	None	(2020 WG)	8.41008
14	2023 WK3	2024-Nov-18 14:02	0.04100	14.47382	20.54000	None	(2023 WK3)	15.95532
15	447755	2024-Dec-03 23:16	0.03698	12.22260	19.77000	None	447755 (2007 JX2)	14.39161
16	2020 XR	2024-Dec-04 05:27	0.01477	12.30958	19.90000	None	(2020 XR)	5.74745
17	2020 BC6	2025-Jan-05 21:44	0.02462	22.18301	20.78000	None	(2020 BC6)	9.58214

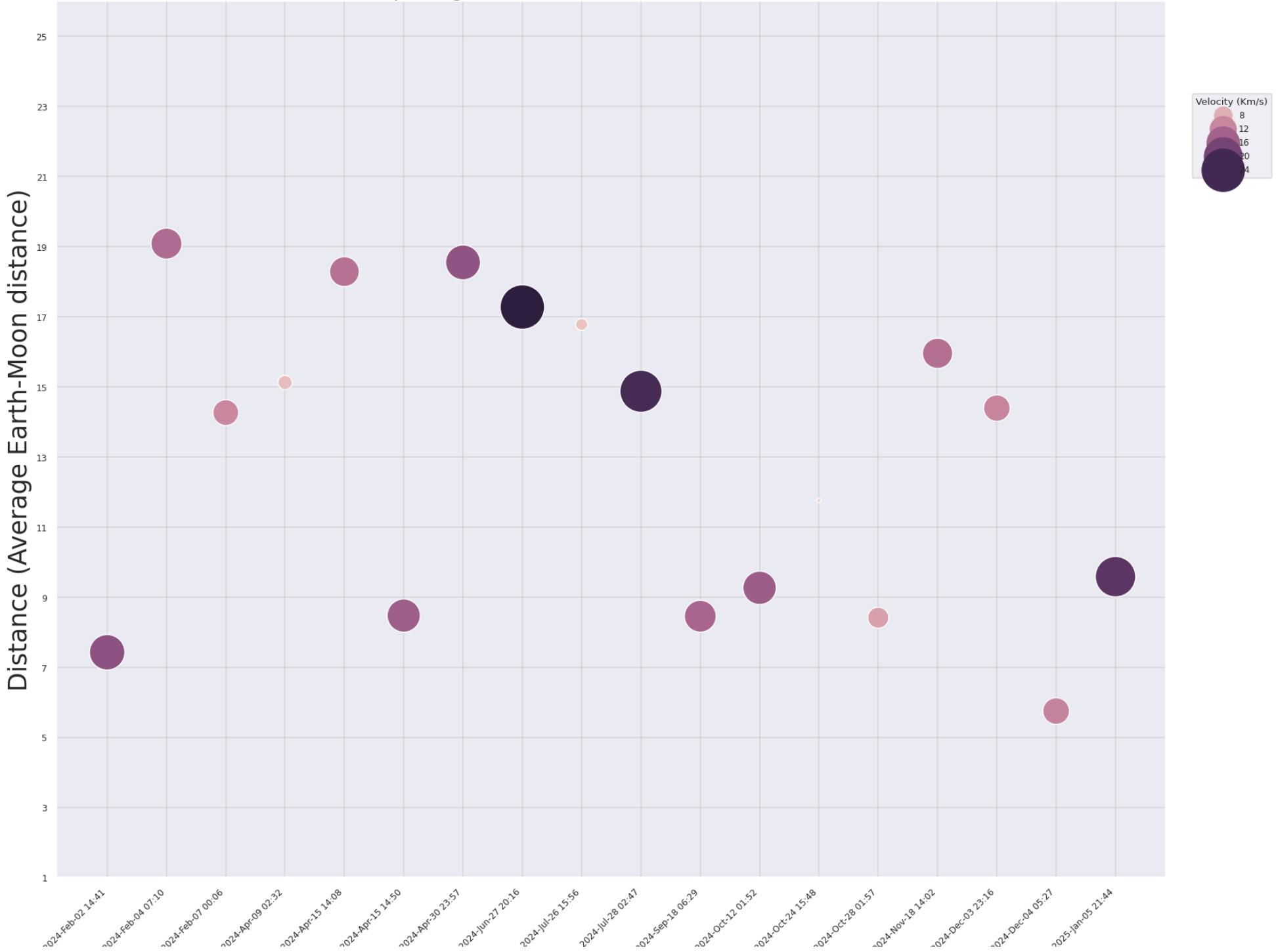
Fonte: <https://cneos.jpl.nasa.gov/ca/>

NEO Earth Close Approaches

Object	Close-Approach (CA) Date	CA Distance Nominal (au)	CA Distance Minimum (au)	V relative(km/s)	V infinity(km/s)	H(mag)	Diameter	Rarity
(2008 OS7)	2024-Feb-02 14:41 ± < 00:01	0.01908	0.01908	18.17	18.16	20.5	210 m - 480 m	2
(2023 SP1)	2024-Feb-07 00:06 ± 00:01	0.03665	0.03665	11.80	11.79	20.7	190 m - 430 m	1
(2020 BP13)	2024-Apr-09 02:32 ± < 00:01	0.03886	0.03886	6.80	6.79	21.2	150 m - 340 m	1
517681 (2015 DE198)	2024-Apr-15 14:08 ± < 00:01	0.04699	0.04699	14.18	14.18	18.9	440 m - 980 m	1
439437 (2013 NK4)	2024-Apr-15 14:50 ± < 00:01	0.02177	0.02177	16.49	16.48	18.8	460 m - 1.0 km	2
(2022 TN1)	2024-Apr-30 23:57 ± 00:02	0.04766	0.04766	17.74	17.73	20.4	220 m - 490 m	1
415029 (2011 UL21)	2024-Jun-27 20:16 ± < 00:01	0.04439	0.04439	25.88	25.88	16.0	1.7 km - 3.8 km	3
(2011 AM24)	2024-Jul-26 15:56 ± < 00:01	0.04311	0.04311	6.20	6.19	20.5	0.511±0.004 km	1
523664 (2012 OD1)	2024-Jul-28 02:47 ± < 00:01	0.03822	0.03822	23.69	23.68	18.6	0.346±0.092 km	2
(2013 FW13)	2024-Sep-18 06:29 ± < 00:01	0.02172	0.02172	15.56	15.55	21.7	120 m - 270 m	1
363027 (1998 ST27)	2024-Oct-12 01:52 ± < 00:01	0.02380	0.02380	16.63	16.62	19.6	0.578±0.228 km	2
363305 (2002 NV16)	2024-Oct-24 15:48 ± < 00:01	0.03021	0.03021	4.87	4.85	21.4	140 m - 310 m	1
(2020 WG)	2024-Oct-28 01:57 ± 2_08:37	0.02161	0.01452	9.42	9.40	21.7	120 m - 270 m	1
(2023 WK3)	2024-Nov-18 14:02 ± 03:37	0.04100	0.03915	14.47	14.47	20.5	210 m - 460 m	1
447755 (2007 JX2)	2024-Dec-03 23:16 ± < 00:01	0.03698	0.03698	12.22	12.22	19.8	300 m - 660 m	1
(2020 XR)	2024-Dec-04 05:27 ± < 00:01	0.01477	0.01477	12.31	12.29	19.9	280 m - 620 m	2
(2020 BC6)	2025-Jan-05 21:44 ± < 00:01	0.02462	0.02462	22.18	22.18	20.8	190 m - 410 m	1

	des	cd	dist	Velocity (Km/s)	Absolute Magnitude	Diameter (Km)	fullname	Earth-Moon distance
16	2020 XR	2024-Dec-04 05:27	0.01477	12.30958	19.90000	None	(2020 XR)	5.74745

PHA NEA passages from date: 2024-01-15 to date: 2025-01-14



Timestamp

Supponete che un asteroide di un diametro **compreso fra 10 e 20 Km** è destinato ad entrare in atmosfera e ad impattare sulla Terra. Avete a disposizione solo **una settimana** prima dell'incontro. Cosa fareste nel tempo rimasto?



Bibliografia

- <https://cneos.jpl.nasa.gov/ca/>
- <https://ssd-api.jpl.nasa.gov/doc/cad.html>
- https://github.com/afshimono/near_earth_object?tab=readme-ov-file
- <https://asteroid.lowell.edu/>
- <http://www.ibm.com>

Database, tool, sky chart from ESA

- <https://neo.ssa.esa.int/neo-toolkit>
- <https://neotools.ssa.esa.int/fvt>
- <https://neo.ssa.esa.int/neo-population-generator>
- <https://theskylive.com/near-earth-objects>
- <https://neotools.ssa.esa.int/scd/setup>

Past impactors

- <https://neo.ssa.esa.int/past-impactors>