
Relazione di Crittografia

**Cryptojacking:
quando il tuo Computer lavora per
qualcun altro.**

Elvis Perlika

0000970373

Corso di Crittografia
A.A. 2023-2024
Prof. Luciano Margara

Indice

1	Introduzione	2
1.1	Definizione	2
1.2	Storia	2
2	Come funziona	4
3	Metodi di attacco	5
3.1	Attaccare direttamente i Personal Computer	5
3.2	Cercare server e dispositivi di rete vulnerabili	5
3.3	Attaccare il sistema di produzione di software	6
3.4	Fare leva sulle infrastrutture cloud	6
4	Aspetti tecnici di Monero	7
4.1	Fondamentali	7
4.1.1	Aritmetica Modulare	7
4.1.2	Curve Ellittiche	8
4.2	Scambio di chiavi Diffie-Hellman con curve ellittiche	8
4.3	Firmare un messaggio	9
4.4	MLSAG	10
4.5	Privacy	10
4.5.1	Stealth Address	11
4.5.2	Ring Signature	12
5	Popolarità	13
6	Prevenire e individuare	14
7	Casi reali	15
8	Bibliografia	16

1 Introduzione

1.1 Definizione

Il Cryptojacking, in Italiano "Dirottamento di risorse", è una forma di attacco informatico che sfrutta la potenza di calcolo di un utente, senza che esso ne sia consapevole, per minare criptovalute. [1]

Gli Hacker hanno come obbiettivo quello di prendere il controllo del maggior numero possibile di sistemi con l'obbiettivo di minare quante più criptovalute, illecitamente. Questo sistema di hacking non punta unicamente la classica utenza di Personal Computer ma cerca di sfruttare anche le risorse di Server e infrastrutture Cloud e in generale ogni tipologia di sistema computazione con un accesso alla rete Internet.

La caratteristica fondamentale di questo malware è far sì che la vittima sia ignara dei processi in background, che si occupano di minare, e permettergli di usare la propria macchina normalmente. Ovviamente, il tutto, a discapito di un sovraccarico della macchina e conseguente surriscaldamento, presenza di lag, maggior consumo elettrico (che nel caso di servizi Server o Cloud porta ad avere fatture particolarmente elevate) e riduzione delle performance generali.

Questo paper si propone di analizzare il fenomeno del cryptojacking, i metodi di attacco, le tecnologie coinvolte e i relativi aspetti tecnici per poi esporre le contromisure per prevenire e individuare questi malware al intero delle proprie macchine. In particolare, nella sezione "Aspetti Tecnici" si andrà ad analizzare nel dettaglio il mining di Monero, una delle criptovalute più utilizzate per il cryptojacking e l'algoritmo CryptoNight, utilizzato per minare Monero.

1.2 Storia

Una delle prime forme di cryptojacking è stata scoperta nel Giugno 2011, quando l'azienda Symantec Corporation iniziò a sospettare che le botnet ¹ potessero minare Bitcoin segretamente, sebbene la GPU di una sola macchina impiegherebbe molto tempo per minare una transazione in criptovalute, utilizzando una grande quantità di macchine si riesce a suddividere il lavoro e ridurre il tempo.

Una serie di attacchi rilevanti di cryptojacking sono stati scoperti dal 2011 al 2021. L'ultimo è relativo al "2021 Microsoft Exchange Server data breach" [3], tale bre-

¹Una botnet è un gruppo di dispositivi connessi a Internet, ognuno dei quali esegue uno o più bot. Le botnet possono essere utilizzate per eseguire attacchi DDoS (distributed denial-of-service), rubare dati, [1] inviare spam e consentire all'aggressore di accedere al dispositivo e alla sua connessione. Il proprietario può controllare la botnet utilizzando un software di comando e controllo (C&C). [2] La parola "botnet" è una parola risultata dalla unione delle parole "robot" e "network". Il termine è solitamente utilizzato con una connotazione negativa o malevola.[2]

cia, creata nel Gennaio 2021 ha permesso numerosi attacchi tra qui diversi di tipo cryptojacking.

Il cryptojacking è emerso come una minaccia significativa nel campo della cybersecurity intorno al 2017, con l'introduzione di Coinhive, dismesso poi a Marzo 2019 era un servizio di mining di criptovalute attraverso i browser web, che andava a utilizzare parte o tutta la potenza di calcolo per minare criptovalute Monero (approfondimento nella sezione "Aspetti Tecnici").

2 Come funziona

Il mining, cioè il processo che Bitcoin e altre cripto valute utilizzano per coniare virtualmente nuove monete digitali e certificare le transazioni, usando le relative monete, è completamente lecito.

Nel dettaglio troviamo vaste reti decentralizzate di computer in tutto il mondo che verificano e proteggono le blockchain, ovvero i registri virtuali che documentano le transazioni di criptovalute. In cambio del contributo della loro potenza di elaborazione, l'utente del computer della rete che per primo risolve i calcoli complessi dovuti alla certificazione della transazione viene premiato con nuove monete. Si tratta di un circolo virtuoso: i minatori mantengono e tutelano la blockchain, la blockchain assegna le monete, le monete fungono da incentivo ai minatori per continuare a mantenere la blockchain. Il mining è l'unico modo per rilasciare nuove cripto monete nella rete ed è un processo che richiede molta potenza di calcolo con un effort inversamente proporzionale al mining effettuato portando così ad un aumento della difficoltà di mining e ad una conseguente crescita dei costi.

Il cryptojacking sfrutta questo processo, ma in modo illecito. Gli hacker inseriscono codice malevolo nei siti web o nei messaggi di posta elettronica che infettano i computer delle vittime e li trasformano in macchine per il mining riducendo i costi e aumentando i guadagni.

3 Metodi di attacco

I metodi per attaccare un sistema con il cryptojacking sono molteplici e variano a seconda del tipo di sistema che si vuole attaccare. I metodi più comuni sono:

3.1 Attaccare direttamente i Personal Computer

Attaccare uno o più PC è il classico metodo per creare un sistema di cryptojacking. Tipicamente l'hacker riesce ad iniettare il suo software di mining all'interno della macchina usando tecniche come:

- **Fileless malware:** possono essere di 2 tipologie:
 - *Fully Fileless Malware:* non esegue nessun file sul disco ma tutte le attività possono essere osservate in memoria. Gli hacker possono anche, attraverso la rete, inviare pacchetti malevoli che installano backdoor che risiedono nella memoria kernel.
 - *Fileless Malware with Indirect File Activity:* non scrive direttamente i file sul disco, ma gli autori delle minacce possono installare un comando PowerShell all'interno del repository WMI configurando un filtro WMI per la persistenza. Anche se in teoria l'oggetto WMI dannoso esiste su un disco, non tocca il file system sul disco. Si tratta quindi di un attacco senza file poiché, secondo Microsoft [34], "l'oggetto WMI è un contenitore di dati multiuso che non può essere rilevato e rimosso".[5]
- **Schemi di phishing:** è il modo più semplice con cui gli aggressori di cryptojacking possono rubare risorse è inviare agli utenti un'e-mail dall'aspetto legittimo che li incoraggi a fare clic su un collegamento che esegue il codice per inserire uno script di cryptomining sul proprio computer. Funziona in background e invia i risultati tramite un'infrastruttura di comando e controllo (C2²).
- **Embedded di script malevoli al interno di siti o web app:** gli hacker possono sfruttare script all'interno dei siti, che eseguiti automaticamente dai browser, minano le cripto valute. Questo metodo è molto più diffuso e meno invasivo rispetto al precedente, poiché non scarica alcun codice nel dispositivo.

3.2 Cercare server e dispositivi di rete vulnerabili

I server sono un obiettivo molto ambito per gli hacker, in quanto sono dispositivi molto potenti e spesso connessi a Internet 24/7. Gli hacker possono sfruttare vulnerabilità come

²Command and Control Infrastructure: anche conosciuto come C&C o C2 è il set di strumenti e tecniche che un hacker utilizza per mantenere la comunicazione con il computer precedentemente compresso.

Log4J³ per iniettare i propri sistemi di cryptojacking in queste potenti macchine. Spesso i server compromessi vengono anche utilizzati come potente per accedere con maggior semplicità ad altri dispositivi per eseguire attacchi più complessi ed orizzontali.

3.3 Attaccare il sistema di produzione di software

Un altro metodo molto comune è quello di attaccare il sistema di seminare repository open-source nelle quali è stato iniettato il loro codice malevolo. Grazie ai programmatori che utilizzano questi codici è possibile per gli hacker raggiungere un numero elevato di macchine e scalare velocemente il loro sistema di mining. Una volta entrati nella macchina del programmatore, possono cercare di accedere anche ai server, ai dispositivi di rete oppure ai servizi cloud ai quali esso è connesso. In alternativa possono puntare a sub-iniettare questi script all'interno dei progetti che i programmatori stanno sviluppando.

3.4 Fare leva sulle infrastrutture cloud

Come per i server, anche le infrastrutture cloud sono un obiettivo molto ambito poiché permettono di effettuare computazioni ancora più veloci. Uno dei metodi più comuni per farlo è scansionare le API dei container esposti e utilizzare tale accesso per avviare il caricamento del software di mining sulle istanze dei container o sui server cloud interessati. L'attacco è in genere automatizzato con un software di scansione che cerca server accessibili alla rete Internet pubblica con API esposte o che permettono l'accesso senza autenticazione. Come per i server, gli aggressori sfruttano il cloud service violato ed attraverso lo stesso puntano a raggiungere altre infrastrutture simili. Questi sono gli attacchi più redditizi.

L'aspetto rilevante, in tutti gli approcci sopra citati, è che gli hacker possano accedere a quante più macchine computazionali.

³”La vulnerabilità Log4j, conosciuta anche come Log4Shell, è una vulnerabilità critica scoperta nella libreria di registrazione Apache Log4j nel novembre del 2021. Sostanzialmente, Log4Shell concede agli hacker il controllo totale dei dispositivi eseguendo versioni di Log4j senza patch.” - IBM

4 Aspetti tecnici di Monero

Non è obbiettivo di questo paper approfondire il tema delle criptovalute in senso generale ma si vuole trattare il tema del mining in modo più specifico. Nella seguente sezione si andrà ad analizzare il mining di Monero, una delle criptovalute più utilizzate per il cryptojacking.

La criptovaluta Monero, inizialmente nota come BitMonero, è stata creata nell'aprile 2014 come deriva della valuta proof-of-concept CryptoNote. Monero significa "denaro" nella lingua esperanto.

CryptoNote è una criptovaluta ideata da vari individui. Un white paper di riferimento che lo descrive è stato pubblicato sotto lo pseudonimo di Nicolas van Saberhagen nell'ottobre 2013. Grazie a CryptoNote e al suo algoritmo di hashing, CryptoNight, Monero è diventata una delle criptovalute più popolari per il mining.

Una delle filosofie di Monero è quella di mantenere un mining egualitario, in modo che tutti possano avere la possibilità di fare mining. Per raggiungere questo obiettivo, utilizza un algoritmo particolare ideato e sviluppato dai membri della community della criptovaluta: RandomX. Questo algoritmo PoW è resistente agli ASIC, il che rende impossibile costruire hardware specializzato per fare mining di Monero. I miner sono obbligati ad utilizzare hardware di livello consumer e competere lealmente.

4.1 Fondamentali

Le curve ellittiche sono la funzione matematica che sta alla base della crittografia delle criptovalute. Queste curve sono utilizzate per creare le chiavi pubbliche e private che permettono di firmare e verificare le transizioni. Procediamo con criterio per capire come funzionano le curve ellittiche, questo sarà fondamentale per comprendere il funzionamento di Monero e delle sue caratteristiche di privacy.

4.1.1 Aritmetica Modulare

L'aritmetica modulare, detta anche *Aritmetica dell'orologio*, è un sistema di aritmetica degli interi, in cui i numeri "si avvolgono su loro stessi" ogni volta che raggiungono i multipli di un determinato numero n , detto **modulo**.

Inconsciamente utilizziamo l'aritmetica modulare ogni volta che guardiamo un orologio. Ad esempio, se sono le 10:00 e aggiungo 3 ore, il risultato sarà 1:00 e non 13:00. Questo perché l'orologio è un sistema di 12 ore, quindi il modulo è 12; questo è il motivo per cui viene chiamata *aritmetica dell'orologio*.

Diciamo che per calcolare $c = a \bmod b$ possiamo immaginare un asse di numeri interi e posizionarci su a e 'saltare' con passi di lunghezza b fino a raggiungere un valore intero che sia ≥ 0 e $< b$, questo sarà il nostro c . Ad esempio:

$$-5 \bmod 3 = 1 \quad \text{oppure} \quad 4 \bmod 3 = 1$$

Formalmente possiamo definire l'equazione $c = a \bmod b$ come $a = bx + c$ dove x è il quoziente e c è il resto di $a \bmod b$.

Ne seguono alcune proprietà che verranno definite in seguito.

4.1.2 Curve Ellittiche

Definiamo una curva ellittica E su un campo finito F_p dove p è un numero primo a 256 bit e la presentiamo in forma di Weierstrass come:

$$E : y^2 = x^3 + ax + b \mid x, y \in F_p$$

in cui a e b sono i parametri della curva che ne definiscono la forma e la posizione. Le coordinate (x, y) sulla curva ellittica che possono prendere qualsiasi valore all'interno di F_p formano un Gruppo Abeliano ⁴. Questo particolare gruppo ci permette, scegliamo 2 punti P e Q sulla curva che useremo per risolvere R andando a eseguire l'operazione di somma $P + Q = R$ con R che sarà un altro punto sulla curva.

Prendiamo gli scalari p, q valori interi random di grandezza n tali che $p, q \in [0, 1^n]$.

Il Standards for Efficient Cryptography (SEC) è un set di curve ellittiche proposte per l'uso nel campo della crittografia. Una delle più note e utilizzate è la **Secp256k1** definita dalla equazione

$$y^2 = x^3 + 7 \bmod p$$

dove

$$p = 2^{256} - 2^{32} \underbrace{- 2^9 - 2^8 - 2^7 - 2^6 - 2^4 - 1}_{-977}$$

Questa curva è la base per la crittografia di Bitcoin e altre criptovalute. Questa funzione possiede diverse qualità tali che è stata applicata, non solo nel ambito delle criptovalute, ma anche in altri campi per rendere le comunicazioni sicure; come quello del IoT.

4.2 Scambio di chiavi Diffie-Hellman con curve ellittiche

Il protocollo di scambio di chiavi Diffie-Hellman (DH), inventato nel 1976, nato dalla collaborazione dei ricercatori Whitfield Diffie e Martin Hellman, è il primo protocollo a permettere a 2 parti di comunicare attraverso un canale insicuro senza necessità di condividere una chiave segreta previa comunicazione. Vennero così introdotti i cifrari a chiave pubblica. Matematicamente, il protocollo DH si basa sul problema della fattorizzazione e sul problema del logaritmo discreto nell'algebra modulare.

⁴Un gruppo abeliano è un gruppo in cui l'operazione beneficia della proprietà commutativa. È anche detto: Gruppo Commutativo

Un classico scambio di segreti tra Bob e Alice, utilizzando le curve ellittiche, avviene nel seguente modo:

1. Alice e Bob generano le proprie chiavi pubbliche e private (p_A, S_A) e (p_B, S_B) rispettivamente. Entrambi condividono le proprie chiavi pubbliche ma non quelle private.⁵
2. Assumendo

$$X = p_A \cdot S_B = p_A \cdot p_B \cdot G = p_B \cdot p_A \cdot G = p_B \cdot S_A$$

Alice e Bob dovranno calcolarsi, privatamente: $X = p_A \cdot S_B$ e $X = p_B \cdot S_A$. Queste saranno le chiavi condivise.

Un osservatore esterno non riuscirà a calcolare S , cioè il segreto, in modo semplice proprio a causa del problema di Diffie-Hellman. Infatti trovare S a partire da S_A e S_B è un problema computazionalmente estremamente difficile.

4.3 Firmare un messaggio

Definiamo il 'messaggio' con la lettera m e andiamo a vedere lo schema per firmare un messaggio, questo ci sarà utile per quando tratteremo le Ring Signature (tradotte: Firme ad Anello). Il seguente schema deriva dallo schema di Schnorr Signature⁶.

Firma

Alice ha le sue chiavi (p_A, S_A) e vuole firmare un messaggio m , per farlo deve:

1. generare un numero random $r \in \mathbb{R} \cap \mathbb{Z}_l$, per \mathbb{Z}_l si intendono i valori *mod*l.
2. crea il messaggio criptato usando una funzione di hash sicura $c = \mathcal{H}(m, [r \cdot G])$
3. definisce una risposta $a = r - c \cdot p_A$
4. pubblica la firma (c, a)

⁵Leggenda:

- p : **p**private key
- S : **S**hared key

⁶Si tratta di un protocollo di autenticazione nato nel 1989 dalle menti di Clauss Schnorr e poi generalizzato da Maurer nel 2009. Questo protocollo permette di dimostrare ad una delle 2 parti in comunicazione che conosce la chiave privata relativa a quella pubblica senza rivelarla.

Verifica

Ora Bob vuole verificare la firma di Alice, per farlo deve:

1. calcolare $c' = \mathcal{H}([r \cdot G])$
2. calcolare $A = a \cdot G$ e $A' = r \cdot G + c' \cdot S$
3. se $A = A'$ allora la firma è valida e possiamo ricavare p_A

Dimostrazione

$$\begin{aligned}a \cdot G &= (r - c \cdot p_A)G \\&= r \cdot G - c \cdot S_A \\r \cdot G &= a \cdot G + c \cdot S_A \\\mathcal{H}_n(m, [r \cdot G]) &= \mathcal{H}_n(m, [a \cdot G + c \cdot S_A]) \\c &= c'\end{aligned}$$

Alice crea la firma (c, a) per il messaggio m e anche se qualche osservatore esterno riuscisse a vedere la firma (c, a) per lui sarebbe difficile risalire al messaggio senza la chiave privata p_A .

È essenziale che il sistema incaricato dell'elaborazione di tali calcoli disponga di adeguata potenza computazionale e capacità di memoria.

4.4 MLSAG

Se si vuole aumentare la complessità della firma, si possono usare sistemi più complessi di Schnorr o simili. Tra i diversi troviamo MLSAG⁷ che è fondamentale nella blockchain di Monero.

4.5 Privacy

Monero può essere estratto sia da CPU che da GPU, ma la prima è molto più efficiente. E' evidente che sia la cripto valuta più pratica per il cryptojacking, poiché può essere minata solo su macchine a livello consumer, le quali sono facilmente accessibili da cyber-criminali attraverso i metodi precedentemente citati. Inoltre, utilizza una blockchain⁸

⁷Multi Layer Signature

⁸Libro contabile digitale condiviso in rete, è il sistema fondamentale di una criptovaluta in quanto tiene memoria di tutte le transizioni eseguite nella storia della realtiva criptovaluta. Viene detta blockchain poiché è una catena di blocchi, ognuno rappresenta una transizione che viene agganciata alla catena attraverso la risoluzione di calcoli complessi (mining).

supportata da un **Privacy-enhancing technologies** sofisticato, il quale derivava da CryptoNight. Al fine di fornire privacy e anonimato, Monero, si basa su due concetti importanti: Stealth Address e Ring Signature.

4.5.1 Stealth Address

In un sistema distribuito, chiunque può vedere le transizioni, la data, l'importo ed i portafogli o le entità coinvolte. Monero, per impedirlo, utilizza la tecnica degli "Stealth address". Questi, consentono e richiedono al mittente di creare indirizzi casuali monouso per ogni transazione per conto del destinatario. Il destinatario può pubblicare un solo indirizzo, ma tutti i suoi pagamenti in entrata vanno a indirizzi univoci sulla blockchain, dove non possono essere ricollegati né all'indirizzo pubblicato del destinatario né agli indirizzi di altre transazioni. Utilizzando gli indirizzi stealth, solo il mittente e il destinatario possono determinare dove è stato inviato un pagamento.

Una volta che qualcuno crea un account Monero, riceve una *view key*, una *spend key* ed un *Public Address*.

- La *spend key* è utilizzata per inviare pagamenti.
- La *view key* è utilizzata per visualizzare le transazioni in entrata nel proprio account.
- Il *Public Address* è utilizzato per ricevere pagamenti.

Sia la *spend key* che la *view key* sono utilizzate per costruire l'indirizzo Monero. L'unico modo per visualizzare il proprio wallet è utilizzare la propria *view key*. Si può anche decidere di condividere questa chiave con altri per permettere loro di vedere il proprio saldo. Monero è privato per default e opzionalmente si può dire che sia semi-trasparente.

Inviare Monero è molto facile, basta conoscere l'indirizzo pubblico del destinatario. Parafrasando Butrin⁹:

Sia il destinatario (chiamiamolo "Bob") che il mittente ("Alice") possono generare un indirizzo invisibile per la transazione. Tuttavia, solo il destinatario, Bob, può controllare la transazione. Un altro modo di pensare a un indirizzo invisibile è come un indirizzo di portafoglio legato crittograficamente all'indirizzo pubblico di Bob, ma che viene rivelato solo alle parti che effettuano la transazione. [6]

Il team di Buterin ha progettato un sistema di indirizzi nascosti (anche detto SAP¹⁰) chiamato BaseSAP. Il protocollo mira a fornire un meccanismo leggero che consenta

⁹Vitalik Buterin, co-fondatore di Ethereum

¹⁰Stealth Address Protocol



Figura 1: Connessione nascosta tra gli Stealth Address e i wallet

agli utenti di generare indirizzi invisibili, mantenendo la completa compatibilità con le versioni precedenti e non richiedendo modifiche alla blockchain principale. BaseSAP è basato sul cifrario asimmetrico su curve ellittiche Secp256k1, migliorato attraverso l'integrazione di "tags di visualizzazione" utili a rendere più efficiente l'analisi rispetto ai comuni DKSAPs ¹¹.

Questo protocolli sono la base per le implementazioni DKSAP usate in Monero. Da quando DKSAP è nato, ha portato molti ricercatori a studiare e trovare nuovi modi per migliorarlo:

Author	Year	Technique	Nr. of Keys	Extra Data Requirement	BaseSAP Compatible
Bytecoin [12]	2011	Elliptic Curve Diffie-Hellman key exchange (ECDH)	One	Yes	Yes
Van Saberhagen [1]	2013	ECDH + Dual-Key Stealth Address Protocol (DKSAP)	Two	Yes	Yes
Todd [2]	2014	ECDH	One	Yes	Yes
Monero [3]	2014	ECDH + DKSAP	Two	Yes	Yes
Courtois and Mercer [13]	2017	ECDH + DKSAP with multiple key pairs	Multiple	Yes	Yes
Fan [14]	2018	ECDH + DKSAP with improved parsing	Two	Yes	Yes
Fan <i>et al.</i> [7]	2019	Bilinear Mapping	One	No	N/A
Liu <i>et al.</i> [8]	2019	Lattice-based SAP	Two	No	N/A
Feng <i>et al.</i> [15]	2020	ECDH + DKSAP with improved parsing	Two	No	N/A
Lee and Song [16]	2021	ECDH	One	Yes	Yes
Feng <i>et al.</i> [5]	2021	Bilinear Mapping	Two	Yes	Yes
Mohideen and Kumar [17]	2022	ECDH + DKSAP with improved parsing	Two	No	N/A

Figura 2: Sommario dei lavori di ricerca sulle Stealth Address e compatibilità BaseSAP

1

4.5.2 Ring Signature

¹¹Dual-Key Stealth Address Protocols

5 Popolarità

La popolarità è dovuta al potenziale guadagno, guadagno molto facile da crearsi poiché per definizione il cryptojacking punta a sfruttare risorse in possesso di altri in modo gratuito. Così, anche considerando la volatilità delle cripto valute, esempio principe BitCoin, i margini di guadagno sono abbastanza alti da rendere il crimine un vero e proprio business.

6 Prevenire e individuare

7 Casi reali

8 Bibliografia

Riferimenti bibliografici

- [1] Cryptojacking explained, CSO
- [2] Botnet, Wikipedia
- [3] 2021 Microsoft Exchange Server data breach, Wikipedia
- [4] Monero, Wikipedia
- [5] Fileless malware, IEEE Xplore
- [6] Valerio Diaco, *Conosci gli Stealth Address per star lontano dai radar?*, Rypto.it, 15 Luglio 2023
- [7] Anton Wahrstatter , Matthew Solomon, Ben DiFrancesco, Vitalik Buterin, and Davor Svetinovic *BaseSAP: Modular Stealth Address Protocol for Programmable Blockchains*, JOURNAL OF LATEX CLASS FILES, VOL. 14, NO. 8, AUGUST 2021, pp. 1–6
- [8] Koe, Kurt M. Alonso, Sarang Noether, *A technical guide to a private digital currency; for beginners, amateurs, and experts* April 4, 2020 (v2.0.0)
- [9] Margara Luciano, *Diffie Hellman, Crittografia su Curve Ellittiche* A.A. 2023-2024