



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MILANO
Facoltà di Scienze e Tecnologie
*Corso di Laurea in Sicurezza dei Sistemi e delle Reti
Informatiche*

SICUREZZA DELL'INFRASTRUTTURA AWS IN UNA STARTUP FINTECH

Relatore: Prof. Claudio Agostino Ardagna

Correlatore: Lorenzo Perotta, Andrea Pasini, Simone Cortese

Tesi di:
Andrea Ferraboli
Matricola: 09985A

Anno Accademico 2024-2025

Prefazione

Immaginate un veliero agile e innovativo, una startup fintech, che solca le onde tumultuose del mercato finanziario globale. La sua velocità è la sua forza, la sua tecnologia all'avanguardia la sua vela maestra. Ma in queste acque, popolate da insidie digitali sempre più sofisticate, la robustezza dello scafo e l'affidabilità della bussola – ovvero una solida architettura di cybersecurity – diventano cruciali non solo per raggiungere la meta, ma per la sopravvivenza stessa del viaggio. Questo lavoro si addentra proprio in questo scenario, esplorando il delicato equilibrio tra la spinta propulsiva all'innovazione tipica delle startup fintech e l'imprescindibile necessità di una sicurezza informatica ferrea.

La trattazione si snoda attraverso le sfide specifiche che queste giovani realtà digitali affrontano quotidianamente, proponendo strategie concrete e applicabili, con un'attenzione particolare all'ecosistema cloud di Amazon Web Services (AWS). Si analizzano non solo i mattoni fondamentali della protezione, come la gestione degli accessi e la difesa delle reti, ma anche strumenti di difesa proattiva come gli honeypot, veri e propri "specchietti per le allodole" digitali. Il tutto viene contestualizzato nel panorama dei principali framework e standard di sicurezza internazionali, offrendo così una prospettiva che lega la pratica alla teoria, con l'obiettivo finale di fornire spunti e metodologie per costruire infrastrutture resilienti, capaci di navigare sicure verso il futuro.

Il percorso di questa tesi si articola come segue: Il **Capitolo 1**, intitolato "Introduzione", apre le porte sul mondo delle startup fintech, delineandone il contesto dinamico, le vulnerabilità intrinseche e le sfide uniche che devono affrontare nel campo della cybersecurity. Si mette in luce come un approccio proattivo alla sicurezza non rappresenti un mero costo, bensì un investimento strategico fondamentale. Successivamente, il **Capitolo 2**, "Principi di cybersecurity olistici per un'infrastruttura tech", getta le basi teoriche, esplorando i concetti cardine della sicurezza informatica – dalla triade CIA (Confidenzialità, Integrità, Disponibilità) alla difesa in profondità, fino al principio del minimo privilegio – calandoli nella realtà operativa delle startup. Il **Capitolo 3**, "Principi dell'Infrastruttura Cloud e Scelta di AWS", guida il lettore attraverso i paradigmi del cloud computing, confrontandoli con le tradizionali infrastrutture on-premises. Viene quindi introdotto Amazon Web Services (AWS) come

piattaforma cloud di riferimento per molte realtà innovative, descrivendone l'architettura globale e i meccanismi che ne garantiscono scalabilità e flessibilità. Con il **Capitolo 4**, "Implementazioni Pratiche su AWS per una Startup Fintech", si entra nel vivo della progettazione, illustrando come tradurre i principi di sicurezza in configurazioni concrete all'interno dell'ambiente AWS. Si toccano temi cruciali come la gestione delle identità e degli accessi (IAM), la creazione di reti virtuali sicure (VPC), la protezione delle istanze di calcolo (EC2) e la salvaguardia dei dati sensibili. Il **Capitolo 5**, "Implementazione di un Honeypot in un'Infrastruttura AWS per Startup Fintech", è dedicato a uno strumento di difesa proattiva: l'honeypot. Se ne analizza la definizione, l'utilità, le diverse tipologie, i vantaggi e gli svantaggi, per poi passare alla descrizione di un'implementazione pratica su AWS, corredata da un'analisi dei costi e dalla simulazione di un attacco controllato per testarne l'efficacia. Infine, il **Capitolo 6**, "Compliance a standard internazionali e framework di sicurezza", chiude l'analisi, esaminando come le pratiche e le infrastrutture di sicurezza implementate si allineino ai principali standard e framework riconosciuti a livello globale, come il NIST Cybersecurity Framework, l'ISO/IEC 27001 e i principi della Zero Trust Architecture, offrendo una visione d'insieme sulla governance della sicurezza in un contesto fintech.

Dedica

*dedicato a chi mi vuole bene, a chi mi stima e ai miei
compagni di viaggio, vi voglio bene*

Ringraziamenti

Vorrei ringraziare soprattutto ...

Indice

Prefazione	ii
Dedica	iv
Ringraziamenti	v
1 Introduzione	1
1.1 La Cybersecurity nelle Startup Fintech: Sfide, Vulnerabilità e Strategie di Protezione in un Ecosistema in Rapida Evoluzione	1
1.1.1 Definizione di Fintech	1
1.1.2 Il Contesto delle Startup Fintech: Un Ecosistema Dinamico e Sfidante	3
1.1.3 Banche Tradizionali vs. Startup Fintech: Divergenze Strategiche in Tecnologia, Regolamentazione e Cybersecurity	4
1.1.4 Analisi delle Sfide di Cybersecurity per le Startup Fintech	5
1.1.5 Principali Vettori di Attacco e Minacce Informatiche nel Contesto Fintech	7
1.1.6 Conseguenze degli Attacchi e Impatto sulle Startup Fintech	9
1.1.7 Importanza di un Approccio Proattivo alla Cybersecurity	9
1.1.8 Approccio Metodologico	10
2 Principi di cybersecurity olistici per un'infrastruttura tech	11
2.0.1 Introduzione	11
2.1 Triade CIA: Il Nucleo della Sicurezza delle Informazioni	11
2.2 Difesa in Profondità (Defense in Depth)	13
2.3 Principio del Minimo Privilegio (Principle of Least Privilege - PoLP)	14
2.4 Separazione dei Compiti (Separation of Duties - SoD)	14
2.5 Zero Trust Architecture (ZTA)	15
2.6 Economia del Meccanismo (Economy of Mechanism)	15
2.7 Impostazioni Sicure per Difetto (Fail-Safe Defaults / Secure Defaults)	16
2.8 Mediazione Completa (Complete Mediation)	17

2.9	Resilienza Cibernetica (Cyber Resiliency)	17
2.10	Responsabilizzazione e Non-Ripudio (Accountability and Non-Repudiation)	18
2.11	Privacy by Design (PbD) e Privacy by Default	18
2.11.1	Conclusioni Preliminari del Capitolo	19
3	Principi dell’Infrastruttura Cloud e Scelta di AWS	20
3.1	Fondamenti di Cloud Computing	20
3.2	Cloud Computing vs Infrastrutture On-Premises	22
3.3	Perché le Startup Scelgono il Cloud	22
3.4	Introduzione ad Amazon Web Services (AWS)	23
3.5	Il Caso Specifico: AWS per la Startup Fintech	25
3.6	Infrastruttura Globale AWS	25
3.7	Architettura Virtualizzata e Meccanismi di Scalabilità	26
3.8	Modello di Responsabilità Condivisa	28
4	Implementazioni Pratiche su AWS per una Startup Fintech	29
4.1	Implementazione attuale dell’infrastruttura AWS	29
4.2	Implementazione del Modello Zero Trust e del Principio del Minimo Privilegio	30
4.2.1	Gestione delle Identità e degli Accessi (IAM) come Pilastro di Zero Trust in AWS	31
4.3	Analisi dell’attuale implementazione di IAM	32
4.3.1	Configurazione degli Utenti e Ruoli	32
4.3.2	Criticità Identificate	33
4.3.3	Violazioni delle Best Practice AWS	33
4.4	Implementazione delle Migliorie Proposte alla Gestione IAM	33
4.4.1	Ristrutturazione della Gerarchia degli Accessi	34
4.4.2	Modello Ibrido Aggiornato	36
4.4.3	Introduzione di un Break Glass Account	39
4.4.4	Implementazione di Politiche di Sicurezza Avanzate	41
4.4.5	Implementazione di un Sistema di Approvazione a Due Fasi (Opzionale)	43
4.5	Progettazione di una Rete Sicura con Amazon VPC	44
4.5.1	Subnet Pubbliche e Private	44
4.5.2	Gruppi di Sicurezza e Network ACL	44
4.5.3	NAT Gateway e Accesso a Internet	45
4.5.4	Connessioni Sicure (Opzionale: VPN/Direct Connect)	45
4.6	Gestione Sicura delle Istanze EC2	45
4.6.1	Scelta delle AMI e Hardening	46
4.6.2	Utilizzo di IAM Roles per EC2	46

4.6.3	Scalabilità Automatica (Auto Scaling Groups)	46
4.7	Protezione dei Dati Sensibili	47
4.7.1	Crittografia a Riposo e in Transito	47
4.7.2	Gestione delle Chiavi con AWS KMS	47
4.7.3	Backup e Disaster Recovery	48
4.7.4	Sicurezza dei Bucket S3	48
4.8	Implementazione di Controlli IAM Efficaci	48
4.8.1	Principio del Minimo Privilegio	49
4.8.2	Autenticazione a Più Fattori (MFA)	49
4.8.3	Revisione Periodica dei Permessi	49
4.9	Monitoraggio Continuo e Logging	49
4.9.1	Abilitazione di CloudTrail e CloudWatch	49
4.9.2	Configurazione di Allarmi CloudWatch	50
4.9.3	Utilizzo di AWS Security Hub e GuardDuty	50
4.10	Automazione con Infrastructure as Code (IaC)	50
5	Implementazione di un Honeypot in un'Infrastruttura AWS per Startup Fintech	52
5.1	Definizione e Utilità di un Honeypot	52
5.1.1	Che cos'è un Honeypot	52
5.1.2	Utilità nel Contesto di una Startup Fintech	53
5.2	Tipologie di Honeypot	53
5.2.1	Classificazione per Livello di Interazione	53
5.2.2	Classificazione per Scopo	54
5.3	Vantaggi e Svantaggi degli Honeypot	55
5.3.1	Vantaggi	55
5.3.2	Svantaggi	55
5.4	Implementazione di un Honeypot in AWS	56
5.4.1	Pianificazione e Requisiti	56
5.4.2	Selezione del Tipo di Honeypot per una Startup Fintech	57
5.4.3	Implementazione Tecnica in AWS	57
5.4.4	Configurazioni di Sicurezza Aggiuntive	61
5.5	Analisi dei Costi per una Startup Fintech	62
5.5.1	Stima dei Costi di Implementazione e Mantenimento	62
5.5.2	Valutazione Costo-Beneficio per una Startup Fintech	62
5.6	Test di Verifica: Esperimento di Attacco Controllato	63
5.6.1	Progettazione dell'Esperimento	63
5.6.2	Software e Comandi Utilizzati (Esempi)	64
5.6.3	Risultati Ottenuti (Ipotetici)	65
5.6.4	Analisi dei Risultati (Ipotetica)	66

5.7	Considerazioni Finali e Raccomandazioni	67
5.7.1	Sintesi dei Risultati	67
5.7.2	Raccomandazioni per l'Implementazione	67
5.7.3	Sviluppi Futuri	68
6	Compliance a standard internazionali e framework di sicurezza	69
6.1	NIST Cybersecurity Framework (CSF)	70
6.1.1	Identify (Identifica)	71
6.1.2	Protect (Proteggi)	71
6.1.3	Detect (Individua)	72
6.1.4	Respond (Rispondi)	72
6.1.5	Recover (Recupera)	73
6.2	ISO/IEC 27001 e Sistemi di Gestione della Sicurezza (ISMS)	73
6.3	NIST SP 800-53 – Catalogo di Controlli di Sicurezza	75
6.4	Architettura Zero Trust (ZTA)	76
6.5	Sicurezza OT (Tecnologie Operative) – NIST SP 800-82	77
6.6	Sicurezza delle Password e Gestione delle Identità – NIST SP 800-63B	78
6.7	Difesa Perimetrale Avanzata e Soluzioni di Next-Generation Firewall – Check Point Quantum	80
6.8	Best Practice e Strategie di Mitigazione Complessive	81
7	Conformità Normativa per Startup Fintech: Implementazione di Standard Chiave	83
7.1	Direttiva NIS2: Sicurezza delle Reti e dei Sistemi Informativi	84
7.1.1	Quadro Normativo e Applicabilità	84
7.1.2	Implementazione Tecnica per Startup Fintech	85
7.2	Standard ISO/IEC 27001 per la Sicurezza delle Informazioni	86
7.2.1	Framework e Principi Fondamentali	86
7.2.2	Implementazione Operativa in Ambiente Fintech	86
7.3	Regolamento GDPR per la Protezione dei Dati	87
7.3.1	Applicazione nel Contesto Fintech	87
7.3.2	Implementazione Tecnica e Organizzativa	88
7.4	Direttive PSD2 e PSD3 per i Servizi di Pagamento	89
7.4.1	Evoluzione del Framework Normativo	89
7.4.2	Componenti Tecnici e Implementazione	90
7.5	Anti-Money Laundering Directive (AMLD)	91
7.5.1	Framework Normativo per il Contrasto al Riciclaggio	91
7.5.2	Implementazione Tecnica dei Controlli AML	92
7.6	Digital Operational Resilience Act (DORA)	93
7.6.1	Framework per la Resilienza Operativa Digitale	93

7.6.2	Implementazione Operativa dei Requisiti DORA	94
7.7	Implementazione di Portafoglio Digitale e Servizi di Investimento . .	95
7.7.1	Architettura per Portafoglio Digitale P2P	95
7.7.2	Integrazione Investment-as-a-Service	96
8	Conclusioni e Prospettive Future	98
9	Conclusioni	100

Elenco delle figure

Capitolo 1

Introduzione

1.1 La Cybersecurity nelle Startup Fintech: Sfide, Vulnerabilità e Strategie di Protezione in un Ecosistema in Rapida Evoluzione

Il settore fintech rappresenta oggi una delle aree più dinamiche e innovative dell'ecosistema startup, con investimenti globali che hanno raggiunto i 115 miliardi di dollari, in crescita esponenziale rispetto ai 53.2 miliardi del 2018 [1]. Questo rapido sviluppo, caratterizzato dall'implementazione di tecnologie emergenti per i servizi finanziari, porta con sé non solo opportunità senza precedenti, ma anche significative sfide in termini di sicurezza informatica. Le startup fintech, che si trovano all'intersezione tra finanza tradizionale e innovazione tecnologica, gestiscono dati estremamente sensibili diventando bersagli privilegiati per i cybercriminali. Questa tesi esplora le vulnerabilità specifiche di queste realtà, analizza le principali minacce che affrontano e propone strategie di sicurezza efficaci anche in contesti di risorse limitate, evidenziando come un approccio proattivo alla cybersecurity non rappresenti un costo ma un investimento strategico fondamentale per il successo a lungo termine di una piccola-media impresa nel campo del fintech.

1.1.1 Definizione di Fintech

Il termine **fintech** (acronimo di “financial technology”) identifica nell'ecosistema economico-finanziario contemporaneo l'**intersezione tra servizi finanziari e tecnologie digitali avanzate**, caratterizzata dall'implementazione di soluzioni tecnologiche innovative per la trasformazione digitale del settore bancario e finanziario [2]. Una **startup fintech** si configura come un'**entità imprenditoriale emergente** che opera nell'ambito della tecnologia finanziaria, sviluppando modelli di business

disruptive basati su architetture tecnologiche all'avanguardia e paradigmi operativi che sfidano le metodologie consolidate delle aziende o delle organizzazioni nel settore finanziario tradizionale [3].

Queste organizzazioni technology-driven si caratterizzano per l'adozione di approcci data-centric e customer-centric, finalizzati all'ottimizzazione dell'accessibilità, dell'efficienza operativa e della qualità dell'esperienza utente nei servizi finanziari, assumendo un ruolo strategico di primo piano nel processo di **trasformazione digitale dell'ecosistema finanziario nazionale** e contribuendo significativamente alla modernizzazione delle infrastrutture di pagamento e dei servizi bancari digitali [2].

Il panorama dei servizi finanziari sta subendo una profonda trasformazione guidata dall'emergere delle startup FinTech (Financial Technology) e Insurtech (Insurance Technology). Queste entità introducono modelli di business e soluzioni tecnologiche che si pongono in diretta competizione, e talvolta in collaborazione, con gli operatori tradizionali del settore. L'offerta tipica di tali startup si articola in diverse aree chiave, ciascuna caratterizzata da un elevato grado di innovazione e digitalizzazione:

- **Pagamenti Digitali:** I pagamenti digitali consistono in sistemi che consentono la transazione di denaro in formato elettronico, frequentemente mediante applicazioni mobili, portafogli digitali e tecnologie contactless. Tali soluzioni mirano a migliorare l'efficienza dell'esperienza utente, ridurre i costi di transazione e velocizzare i tempi di elaborazione. Dal punto di vista della sicurezza informatica, l'infrastruttura deve prevedere meccanismi robusti di autenticazione degli utenti, crittografia end-to-end e sistemi antifrode intelligenti per garantire la protezione dei dati e delle transazioni [4].
- **Trasferimenti di Denaro Peer-to-Peer (P2P):** I sistemi P2P permettono il trasferimento diretto di fondi tra utenti, senza l'intermediazione di istituzioni finanziarie tradizionali. Ciò consente la riduzione dei costi e dei tempi di trasferimento. Le piattaforme devono tuttavia implementare processi rigorosi di verifica dell'identità (KYC) e controllo antiriciclaggio (AML), oltre a misure per la protezione dei dati personali e per la prevenzione di frodi e attività illecite [4].
- **Prestiti Diretti tra Privati (P2P Lending):** Questo modello di credito consente l'incontro diretto tra richiedenti e finanziatori, riducendo il ruolo delle banche. Le piattaforme si avvalgono di algoritmi di scoring basati su machine learning e analisi dei big data per valutare il merito creditizio. Le criticità principali riguardano la trasparenza algoritmica, la protezione dei dati finanziari sensibili e la gestione del rischio di insolvenza [5].
- **Finanziamento Partecipativo (Crowdfunding):** Le piattaforme di crowdfunding facilitano la raccolta di fondi da un'ampia base di investitori, per

progetti imprenditoriali, culturali o sociali. Le principali tipologie includono equity-based, lending-based, reward-based e donation-based. Le sfide di sicurezza si concentrano sulla prevenzione delle frodi, sulla protezione degli investitori e sulla trasparenza delle informazioni fornite dai promotori [6].

- **Servizi Assicurativi Innovativi (Insurtech):** L'insurtech introduce tecnologie come intelligenza artificiale, Internet of Things (IoT) e big data analytics nel settore assicurativo, allo scopo di personalizzare i prodotti, migliorare la gestione dei sinistri e ottimizzare la valutazione del rischio. La protezione dei dati sensibili (es. dati sanitari o comportamentali) è una priorità, richiedendo tecniche avanzate di data governance e sicurezza informatica [7].
- **Tecnologie Blockchain e Criptovalute:** L'impiego delle Distributed Ledger Technologies (DLT), come la blockchain, ha rivoluzionato i servizi finanziari attraverso la decentralizzazione, la tokenizzazione di asset e la nascita della finanza decentralizzata (DeFi). Le sfide principali riguardano la sicurezza degli smart contract, la custodia delle chiavi private, la prevenzione di attacchi come il 51% attack e la conformità a regolamenti AML/CFT [8].

A conferma della crescente rilevanza e della dinamicità di questo settore a livello globale, anche il panorama italiano evidenzia una significativa espansione. Nel 2023, si registravano oltre 600 startup attive nei segmenti FinTech e Insurtech [3]. Questo dato sottolinea non solo la vitalità dell'ecosistema innovativo nazionale, ma anche la progressiva adozione di queste nuove soluzioni da parte del mercato, implicando una crescente superficie di attacco potenziale e la necessità di strategie di cybersecurity adeguate a proteggere sia le infrastrutture di questi nuovi attori sia i dati dei loro utenti.

1.1.2 Il Contesto delle Startup Fintech: Un Ecosistema Dinamico e Sfidante

Le startup fintech operano in un ambiente caratterizzato da elevata incertezza, risorse limitate e necessità di crescita rapida, fattori che influenzano profondamente le decisioni in ambito IT e sicurezza informatica [9]. A differenza delle istituzioni finanziarie tradizionali, queste realtà innovative non dispongono generalmente di strutture gerarchiche complesse o budget consistenti dedicati alla sicurezza, dovendo invece adottare approcci agili e flessibili.

Il contesto finanziario in cui operano le startup fintech impone pressioni significative sulle decisioni di spesa. Ogni investimento, compreso quello per l'infrastruttura IT e la sicurezza, deve essere attentamente valutato in termini di ritorno immediato e benefici a lungo termine [9]. Questa ottimizzazione dei costi rappresenta una sfida

continua, poiché la sicurezza informatica richiede investimenti costanti, spesso non producendo risultati immediatamente visibili, la cui assenza può comportare conseguenze catastrofiche. In questo equilibrio delicato, le startup fintech devono trovare il giusto compromesso tra la necessità di scalare rapidamente e l'implementazione di solide misure di protezione.

1.1.3 Banche Tradizionali vs. Startup Fintech: Divergenze Strategiche in Tecnologia, Regolamentazione e Cybersecurity

Il panorama dei servizi finanziari è caratterizzato da una marcata eterogeneità tra gli operatori tradizionali e le nuove realtà fintech. Queste differenze si manifestano in modo sostanziale negli approcci tecnologici adottati, nei quadri normativi di riferimento e, di conseguenza, nelle strategie implementate per la cybersecurity. Un aspetto cruciale di distinzione risiede proprio nell'approccio alla cybersecurity. Le istituzioni bancarie tradizionali operano in un contesto altamente strutturato e rigorosamente regolamentato, con precisi obblighi legali in materia di sicurezza e protezione dei dati. Consapevoli che anche il minimo incidente può comportare la perdita di migliaia di clienti e sanzioni finanziarie significative, investono ingenti risorse nel testare costantemente le proprie misure di sicurezza. Al contrario, le startup fintech hanno storicamente beneficiato di una maggiore flessibilità normativa [10]. Spesso nate come realtà agili e in rapida espansione, talvolta fungono da "overlay" per le banche, facilitando la fornitura di servizi finanziari innovativi pur operando, almeno inizialmente, con regolamentazioni meno stringenti. Questa disparità normativa sta tuttavia diminuendo, specialmente per quelle fintech che evolvono verso modelli bancari più completi, assoggettandosi così a un crescente scrutinio regolamentare. La sfida per queste startup consiste quindi nel bilanciare l'agilità operativa con l'adozione di standard di sicurezza elevati, anticipando l'evoluzione normativa del settore.

Queste divergenze in ambito cybersecurity sono profondamente radicate in più ampi e distinti approcci alla tecnologia e al contesto regolamentare, che riflettono modelli organizzativi e strategie di innovazione differenti. Le banche tradizionali operano tipicamente con infrastrutture IT complesse e stratificate nel tempo, risultando spesso meno agili e più costose da aggiornare rispetto alle soluzioni moderne. La loro evoluzione tecnologica è stata prevalentemente incrementale, focalizzata sull'automazione dei processi esistenti per migliorare l'efficienza, piuttosto che su innovazioni disruptive. Storicamente, hanno perseguito un approccio olistico, integrando internamente un'ampia gamma di servizi, sebbene si osservi una crescente tendenza all'outsourcing e alla specializzazione. I costi IT rappresentano una quota significativa dei loro costi totali (15-20%), a causa della complessità delle infrastrutture legacy.

Sul piano regolamentare, sono soggette a un quadro normativo estremamente rigido, intensificatosi dopo la crisi finanziaria del 2008, che comporta elevati costi di compliance e ha storicamente costituito una barriera all'entrata per nuovi competitor. Le startup fintech, d'altra parte, si contraddistinguono per l'adozione di tecnologie moderne quali big data, cloud computing e blockchain, utilizzate per creare prodotti, servizi e modelli di business innovativi, come piattaforme di crowdfunding o assicurazioni peer-to-peer. La loro innovazione non si limita a miglioramenti incrementali, ma spesso mira a ridefinire radicalmente la catena del valore esistente, come nel caso dei pagamenti peer-to-peer tramite blockchain. Molte fintech si specializzano in nicchie specifiche, bypassando attori tradizionali e promuovendo la disintermediazione, raramente offrendo un ventaglio completo di servizi bancari. La tecnologia è anche un driver per modelli di business innovativi, come i robo-advisors, e per l'ingresso di nuovi player nel mercato, come le grandi aziende tecnologiche. Sul fronte regolamentare, possono beneficiare di iniziative volte a ridurre le barriere all'entrata, quali i "fintech sandbox", che permettono di testare soluzioni in ambienti controllati. Il quadro normativo per le fintech è ancora in evoluzione, creando incertezze ma anche opportunità, con l'emergere di soluzioni "RegTech" per semplificare la compliance. Questo contesto, tendenzialmente più flessibile, consente alle fintech di esercitare una significativa pressione competitiva sulle banche tradizionali[11].

Assolutamente! Ecco una riscrittura che mira a un linguaggio più formale, tecnico e analitico, come ci si aspetterebbe da uno studente di cybersecurity in una tesi triennale. Ho cercato di integrare le tue due sezioni in modo più fluido, mantenendo i concetti chiave e rafforzando l'analisi.

1.1.4 Analisi delle Sfide di Cybersecurity per le Startup Fintech

L'ecosistema FinTech, pur essendo un catalizzatore di innovazione nel settore finanziario, presenta per le startup che ne fanno parte un panorama di sfide di cybersecurity intrinsecamente complesso. La natura agile, la focalizzazione sulla rapida immissione sul mercato (*time-to-market*) e le risorse spesso limitate di queste nuove realtà imprenditoriali possono portare a una sottovalutazione della postura di sicurezza, rendendole bersagli appetibili per attori malevoli. A differenza delle istituzioni finanziarie consolidate, che dispongono di budget e team dedicati alla mitigazione dei rischi informatici, le startup FinTech devono bilanciare l'innovazione con la necessità imprescindibile di proteggere dati sensibili e infrastrutture critiche.

Le principali vulnerabilità e sfide operative per le startup FinTech in ambito cybersecurity possono essere così sintetizzate:

- **Allocazione Iniziale delle Risorse e Priorità Strategiche:**

- Nelle fasi embrionali, la priorità delle startup FinTech è spesso concentrata sullo sviluppo del prodotto, sull’acquisizione di utenti e sulla generazione di entrate.
 - Questa focalizzazione può marginalizzare l’integrazione di solide pratiche di cybersecurity sin dalle prime fasi di progettazione (*security by design*).
 - L’assenza di figure dedicate come il Chief Information Security Officer (CISO) e un approccio reattivo – attendere una violazione prima di intervenire – espone l’organizzazione a rischi significativi che potrebbero comprometterne la continuità operativa e la reputazione [12].
 - La pressione competitiva per innovare rapidamente, superando gli operatori tradizionali, può incentivare cicli di sviluppo accelerati a scapito della robustezza della sicurezza dei sistemi e delle tecnologie sottostanti [13].
- **Vincoli di Budget e Competenze Specialistiche:**
 - Le risorse finanziarie limitate costituiscono una barriera significativa all’adozione di soluzioni di cybersecurity avanzate.
 - La capacità di attrarre e trattenere talenti specializzati in sicurezza informatica è limitata.
 - Questo divario rispetto alle grandi istituzioni finanziarie, capaci di investimenti ingenti, si traduce in una potenziale disparità nella capacità di difesa contro minacce sofisticate.
- **Gestione di Dati Finanziari Altamente Sensibili:**
 - Le startup FinTech trattano quotidianamente un volume considerevole di dati finanziari sensibili, inclusi dettagli di conti bancari, informazioni di identificazione personale (PII) e cronologie delle transazioni.
 - La compromissione di tali dati non solo comporta severe sanzioni normative e perdite finanziarie dirette, ma erode irrimediabilmente la fiducia dei clienti, elemento vitale per la sostenibilità del business.
- **Superficie di Attacco Derivante da Tecnologie Emergenti e Interconnessioni:**
 - L’adozione spinta di tecnologie innovative (Cloud Computing, API aperte, Intelligenza Artificiale, Blockchain) è un tratto distintivo delle FinTech.
 - Sebbene queste tecnologie offrano vantaggi competitivi, introducono anche nuove superfici di attacco e vettori di minaccia [9].

- La dipendenza da servizi cloud, pur garantendo scalabilità e accessibilità, può amplificare i rischi se le configurazioni non sono gestite secondo i principi di minima esposizione e sicurezza.
 - L’interconnessione con sistemi di terze parti (fornitori, partner) espande la superficie di attacco, rendendo cruciale una rigorosa gestione del rischio della catena di approvvigionamento (*supply chain risk management*).
- **Complessità del Panorama Normativo e degli Standard di Sicurezza:**
 - Gli standard di cybersecurity esistenti sono spesso stati concepiti per istituzioni finanziarie tradizionali o contesti tecnologici più generalisti.
 - Le specificità delle startup FinTech – agilità, uso intensivo di cloud e API, modelli decentralizzati – richiedono un adattamento e un’interpretazione sartoriale di tali framework.
 - Questo aggiunge un ulteriore livello di complessità operativa e di compliance.
 - **Minacce Interne (Insider Threats):**
 - Particolarmente nelle fasi iniziali, caratterizzate da controlli interni meno formalizzati e da una cultura organizzativa più aperta, il rischio associato a dipendenti negligenti, o in rari casi malintenzionati, non può essere trascurato.
 - La mancanza di segregazione dei compiti (*Segregation of Duties*) e di meccanismi di monitoraggio granulare degli accessi può facilitare incidenti di sicurezza originati dall’interno.

Queste sfide strutturali e operative aumentano la vulnerabilità delle startup FinTech a una varietà di attacchi informatici, rendendo essenziale l’adozione di misure di sicurezza proattive e mirate per mitigare tali rischi.

1.1.5 Principali Vettori di Attacco e Minacce Informatiche nel Contesto Fintech

Il settore FinTech, data la sua natura digitale e la preziosità dei dati trattati, è un obiettivo primario per una vasta gamma di cyberattacchi [14]. Tra le minacce più rilevanti per le startup FinTech si annoverano:

- **Attacchi di Social Engineering e Phishing:** Tecniche che mirano a manipolare gli utenti o i dipendenti per indurli a rivelare credenziali di accesso, dati

sensibili o a eseguire azioni malevole. E-mail, messaggi e siti web fraudolenti, che replicano comunicazioni legittime, sono strumenti comuni per compromettere la sicurezza a livello umano [14].

- **Malware e Ransomware:** L'infiltrazione di software malevolo, inclusi i ransomware che cifrano i dati rendendoli inaccessibili e richiedono un riscatto, rappresenta una minaccia critica. Per una startup, le cui risorse finanziarie sono limitate, l'impatto di un attacco ransomware – in termini di interruzione operativa, costi di ripristino e potenziale pagamento del riscatto – può essere particolarmente devastante [14].
- **Vulnerabilità delle API e Configurazioni Cloud Errate:** Le Application Programming Interfaces (API) sono fondamentali per l'ecosistema FinTech, abilitando l'integrazione tra servizi diversi. Tuttavia, API insicure o mal configurate possono diventare gateway per accessi non autorizzati a dati e funzionalità critiche [9]. Analogamente, errori nella configurazione dei servizi cloud (cloud misconfigurations) possono esporre involontariamente dati sensibili o creare falle di sicurezza sfruttabili.
- **Attacchi Distributed Denial-of-Service (DDoS):** Questi attacchi mirano a rendere i servizi online inaccessibili sovraccaricando l'infrastruttura target con un volume elevato di traffico malevolo. Sebbene possano apparire meno sofisticati di altri, gli attacchi DDoS possono causare significative interruzioni di servizio, danni reputazionali e perdite economiche, e talvolta fungere da diversivo per mascherare intrusioni più mirate [9].
- **Sfruttamento di Vulnerabilità Software e Zero-Day:** Le startup, per la rapidità di sviluppo, potrebbero non avere processi di patch management e vulnerability assessment altrettanto maturi quanto aziende più strutturate, esponendole a rischi derivanti da vulnerabilità note o, nel peggiore dei casi, da quelle non ancora divulgate (zero-day).

La comprensione approfondita di queste sfide e minacce è il primo passo fondamentale per le startup FinTech per poter sviluppare strategie di cybersecurity proattive ed efficaci, integrando la sicurezza come componente essenziale del proprio modello di business sin dalla sua concezione. Le conseguenze di una violazione, che spaziano da perdite finanziarie dirette a danni reputazionali, impatti normativi e perdita di fiducia da parte degli stakeholder, possono compromettere la sopravvivenza stessa della startup.

1.1.6 Conseguenze degli Attacchi e Impatto sulle Startup Fintech

L'impatto di un attacco informatico su una startup fintech può essere multidimensionale e, in molti casi, esistenziale. A livello finanziario, oltre ai costi diretti per il ripristino dei sistemi e la gestione dell'incidente, vanno considerati i potenziali risarcimenti a clienti danneggiati, le sanzioni normative e l'aumento dei premi assicurativi [9]. Ma è forse l'impatto reputazionale a rappresentare la minaccia più grave: in un settore basato sulla fiducia come quello finanziario, una violazione dei dati può comprometterne irreparabilmente l'immagine, portando alla perdita di clienti attuali e potenziali.

L'interruzione operativa conseguente a un attacco può avere effetti a catena, influenzando non solo i clienti diretti ma anche partner commerciali e fornitori [9]. In un ecosistema interconnesso come quello fintech, l'interdipendenza tra diverse piattaforme e servizi amplifica ulteriormente l'impatto di un incidente di sicurezza, con effetti che possono estendersi ben oltre il perimetro aziendale immediato.

1.1.7 Importanza di un Approccio Proattivo alla Cybersecurity

Implementare una strategia di cybersecurity solida sin dalle prime fasi di sviluppo di una startup fintech non configura un semplice onere, bensì un investimento strategico di primaria importanza [9]. L'adozione del paradigma "security by design" permette infatti di integrare la sicurezza in maniera organica nei processi aziendali e nel ciclo di sviluppo del prodotto, contribuendo alla significativa riduzione dei costi a lungo termine e alla minimizzazione dei rischi potenziali. Al contrario, la mancata attenzione alla sicurezza nelle fasi iniziali comporta l'accumulo di "security debt", ovvero un debito tecnico in ambito sicurezza che, analogamente a un mutuo con tassi elevati, diventa progressivamente più oneroso da gestire e da ripagare nel tempo. Infine, la pressione derivante dalla necessità di accelerare lo sviluppo e di raggiungere rapidamente il mercato può portare a trascurare aspetti fondamentali della sicurezza, esacerbando ulteriormente tale debito tecnico.

Un approccio preventivo alla sicurezza risulta sempre più efficace ed economico rispetto a uno reattivo [9]. I costi per implementare misure di sicurezza di base sono generalmente inferiori rispetto a quelli necessari per rispondere a un incidente, che possono includere non solo il ripristino dei sistemi ma anche sanzioni, risarcimenti e danni reputazionali. La cybersecurity deve quindi essere considerata come parte integrante della strategia aziendale, non come un elemento accessorio o un costo da minimizzare.

Le startup fintech devono inoltre considerare che adeguati livelli di sicurezza rappresentano spesso un requisito fondamentale per attrarre investitori e partner commerciali [9]. Durante le fasi di due diligence, l'analisi delle misure di sicurezza implementate è diventata una componente standard, e lacune significative in questo ambito possono compromettere opportunità di finanziamento o collaborazioni strategiche.

1.1.8 Approccio Metodologico

Il presente studio si prefigge di analizzare le sfide della cybersecurity nelle startup fintech mediante un approccio metodologico che coniuga rigore strutturale e flessibilità applicativa [9]. Nonostante la focalizzazione su un caso di studio specifico, l'intento è distillare principi e best practice di sicurezza trasferibili al più ampio contesto delle startup fintech, a prescindere dalla piattaforma tecnologica da esse adottata. L'approccio metodologico proposto tiene conto delle intrinseche limitazioni di risorse che caratterizzano le startup, offrendo soluzioni scalabili e capaci di evolvere in parallelo alla crescita organizzativa.

La metodologia si articola su tre direttrici fondamentali: l'identificazione delle minacce peculiari al modello di business fintech, la prioritizzazione strategica degli interventi basata sulla valutazione del rapporto rischio/beneficio, e l'implementazione di controlli di sicurezza essenziali e al contempo efficaci [9]. Tale impostazione pragmatica è volta a conseguire un livello di protezione robusto anche in contesti di risorse contenute, concentrando gli sforzi sulle aree di maggiore criticità.

Capitolo 2

Principi di cybersecurity olistici per un'infrastruttura tech

2.0.1 Introduzione

L'architettura infrastrutturale e la postura di sicurezza di una startup fintech sono intrinsecamente complesse, dovendo bilanciare l'agilità richiesta dal mercato con la stringente necessità di proteggere dati finanziari estremamente sensibili e di aderire a un panorama normativo in continua evoluzione. Prima di poter analizzare le implementazioni di sicurezza specifiche, è imperativo delineare i principi cardine della cybersecurity che devono guidare ogni decisione architetturale e operativa, con un focus sulle peculiari criticità che le startup fintech, per loro natura, si trovano ad affrontare. Questo capitolo esamina tali principi fondamentali, evidenziando come le dinamiche tipiche delle startup – risorse limitate, team multifunzionali, pressione per un rapido time-to-market e l'imperativo della scalabilità – interagiscano, e spesso confliggano, con l'applicazione rigorosa di queste best practice. La gestione dei dati dei clienti, delle transazioni finanziarie e della proprietà intellettuale in un ambiente ad alto rischio richiede un approccio alla sicurezza che sia al contempo robusto, adattabile e integrato fin dalla concezione (Security by Design).

2.1 Triade CIA: Il Nucleo della Sicurezza delle Informazioni

La Triade CIA – Confidentiality (Riservatezza), Integrity (Integrità) e Availability (Disponibilità) – costituisce il framework concettuale universalmente riconosciuto per la sicurezza delle informazioni [15]. Questi tre pilastri sono interdipendenti e fondamentali per la progettazione di qualsiasi strategia di sicurezza informatica resiliente,

specialmente in contesti ad alta sensibilità come quello fintech.

- **Confidentiality (Riservatezza):** Assicura che le informazioni siano accessibili solo a entità autorizzate, proteggendo la privacy individuale e i dati proprietari da divulgazioni indebite [15]. Meccanismi tipici includono la crittografia end-to-end (E2EE) per dati in transito e at-rest, controlli di accesso granulari basati su ruoli (RBAC), autenticazione multi-fattore (MFA), e una gestione rigorosa delle chiavi crittografiche. Nel contesto di una startup fintech, la riservatezza è messa a dura prova. L'accesso a dati finanziari sensibili (es. PAN, CVV, dettagli di conti bancari, PII) deve essere blindato. Tuttavia, la fluidità dei ruoli in team snelli spesso conduce a una condivisione pragmatica delle credenziali o all'assegnazione di privilegi sovradimensionati per accelerare i cicli di sviluppo e deployment. La gestione delle chiavi crittografiche, un compito altamente specializzato, può diventare un'area grigia: l'adozione di servizi gestiti (KMS) offerti dai cloud provider può mitigare parte della complessità, ma richiede comunque una corretta configurazione e una chiara attribuzione di responsabilità per prevenire accessi non autorizzati o perdite di chiavi.
- **Integrity (Integrità):** Garantisce che le informazioni siano protette da modifiche o distruzioni non autorizzate o accidentali, assicurando l'autenticità e la non ripudiabilità dei dati [15]. L'integrità è vitale per la fiducia nelle transazioni finanziarie e nei saldi dei conti. Le tecniche includono:
 - Funzioni di hash crittografiche (es. SHA-256, SHA-3) per la verifica dell'immutabilità.
 - Firme digitali (basate su PKI) per l'autenticazione dell'origine e l'integrità dei messaggi.
 - Sistemi di controllo versione (es. Git con commit firmati) per codice e configurazioni.
 - Checksum e meccanismi di error detection/correction in storage e trasmissione.
 - Log di audit immutabili.

Per una startup fintech, compromettere l'integrità dei dati transazionali o dei saldi dei clienti ha conseguenze catastrofiche, erodendo istantaneamente la fiducia e la brand reputation, oltre a potenziali implicazioni legali e sanzionatorie. La pressione per rilasci software frequenti (CI/CD) può portare a cicli di testing affrettati, aumentando il rischio di bug che potrebbero corrompere i dati. Inoltre, l'integrazione con numerose API di terze parti (es. per KYC/AML, open banking, payment gateway) introduce dipendenze la cui affidabilità in termini di integrità dei dati scambiati deve essere costantemente monitorata.

- **Availability (Disponibilità):** Assicura che i sistemi e i dati siano accessibili e utilizzabili su richiesta da parte di un utente autorizzato, in modo tempestivo e affidabile [15]. Interruzioni di servizio, dovute a guasti, errori di configurazione o attacchi (es. DDoS, ransomware), possono paralizzare le operazioni di una fintech, con perdite finanziarie dirette e un danno reputazionale ingente. Le strategie per l'alta disponibilità includono:
 - Architetture ridondanti (N+1, N+M) per server, reti, storage e power.
 - Piani di Disaster Recovery (DR) e Business Continuity (BCP) testati regolarmente.
 - Load balancing e auto-scaling per gestire picchi di traffico.
 - Protezione anti-DDoS a livello di rete e applicativo.
 - Backup frequenti, possibilmente immutabili e off-site.

Le startup fintech, specialmente nelle fasi iniziali, spesso operano con infrastrutture ottimizzate per i costi, talvolta sottodimensionate rispetto a una crescita esplosiva degli utenti o a picchi di carico imprevisti. Questa limitata capacità iniziale può rendere i sistemi particolarmente vulnerabili ad attacchi DoS/DDoS volumetrici o applicativi, capaci di saturare le risorse e causare downtime prolungati. La dipendenza da singoli cloud provider o regioni specifiche può anche costituire un single point of failure se non mitigata da strategie multi-region o multi-cloud, spesso considerate troppo costose o complesse all'inizio.

2.2 Difesa in Profondità (Defense in Depth)

Il principio di Difesa in Profondità (DiD) postula la necessità di implementare controlli di sicurezza multipli e stratificati, in modo che il fallimento di un singolo controllo non comprometta l'intero sistema **NIST_SP_800_53**. Questo approccio mira a creare barriere successive per rallentare, rilevare e rispondere agli attacchi. La strategia DiD, come delineata anche dal NIST, si articola in architetture resistenti alla penetrazione, operazioni di limitazione del danno e progettazione per la cyber resilienza [16]. Nelle startup fintech, l'adozione di una DiD completa è spesso ostacolata da vincoli di budget, expertise e dalla velocità richiesta dal business. Ad esempio, mentre una segmentazione rigorosa della rete (con DMZ, reti interne dedicate per produzione, staging, sviluppo, e micro-segmentazione a livello di workload) è fondamentale, le startup potrebbero optare per architetture di rete "piatte" per semplificare il deployment iniziale e ridurre l'overhead gestionale, rimandando una segmentazione più granulare. Analogamente, l'implementazione di soluzioni come Web Application

Firewall (WAF), Intrusion Detection/Prevention Systems (IDS/IPS), e Security Information and Event Management (SIEM) può essere graduale, partendo da soluzioni più basiche o cloud-native, ma lasciando potenziali lacune nella copertura difensiva nelle prime fasi.

2.3 Principio del Minimo Privilegio (Principle of Least Privilege - PoLP)

Il PoLP stabilisce che a ogni utente, processo o sistema dovrebbero essere concessi solo i privilegi strettamente necessari per svolgere le proprie funzioni autorizzate, e solo per il tempo necessario [17]. Questo limita drasticamente il potenziale danno derivante da un account compromesso, un errore umano o un insider malevolo. Nelle startup fintech, la cultura dell' "execution at all costs" e i team "generalisti" possono portare a una diffusa assegnazione di privilegi amministrativi o accessi ampi. Per esempio, è comune che gli sviluppatori abbiano accesso diretto, talvolta con privilegi di scrittura, ai database di produzione per troubleshooting o rapidi fix, bypassando processi di change management più strutturati. Sebbene ciò possa accelerare la risoluzione di problemi urgenti, espone l'organizzazione a rischi significativi: un singolo account sviluppatore compromesso potrebbe portare alla fuoriuscita o alla manipolazione di ingenti quantità di dati finanziari sensibili. L'implementazione di Just-In-Time (JIT) access e di un rigoroso Role-Based Access Control (RBAC) richiede un investimento iniziale in termini di progettazione e configurazione che può essere percepito come un rallentamento.

2.4 Separazione dei Compiti (Separation of Duties - SoD)

La SoD prevede la suddivisione di compiti critici e responsabilità tra individui differenti per prevenire frodi, errori e abusi, assicurando che nessuna singola persona abbia il controllo esclusivo su una transazione o processo end-to-end [18]. Ciò include la separazione tra chi sviluppa, chi testa, chi rilascia e chi opera i sistemi, nonché tra chi amministra i controlli di accesso e chi ne verifica l'audit. Nelle startup fintech, con team spesso composti da pochi individui altamente versatili, la SoD rappresenta una sfida strutturale. Non è raro che un singolo ingegnere DevOps sia responsabile dell'intera pipeline CI/CD, dalla scrittura del codice infrastrutturale (IaC) al deployment in produzione e al monitoraggio della sicurezza. In uno scenario di sviluppo di una piattaforma di pagamento, la stessa persona potrebbe definire le logiche di transazione e configurare i controlli di accesso ai dati finanziari sottostanti. Questa

concentrazione di potere, sebbene efficiente operativamente, elimina i meccanismi di controllo incrociato, aumentando il rischio che errori, vulnerabilità o attività malevole non vengano rilevati tempestivamente.

2.5 Zero Trust Architecture (ZTA)

Il modello Zero Trust (ZT) rovescia il paradigma tradizionale "trust but verify", assumendo che nessuna entità, interna o esterna al perimetro di rete, sia intrinsecamente affidabile. Ogni richiesta di accesso a una risorsa deve essere autenticata, autorizzata e crittografata dinamicamente, basandosi su policy granulari e sul contesto [19]. La ZTA è una risposta strategica alla dissoluzione dei perimetri tradizionali, con risorse in cloud, utenti remoti e una crescente interconnessione. Per una startup fintech, l'adozione completa di un'architettura Zero Trust è un percorso complesso e oneroso. Le fasi iniziali possono vedere una singola figura tecnica con "chiavi del regno" per l'intera infrastruttura cloud, contravvenendo al principio di verifica continua per ogni accesso. Implementare la micro-segmentazione a livello di rete e applicativo, sistemi IAM sofisticati con policy dinamiche, e piattaforme di monitoraggio continuo (es. Extended Detection and Response - XDR) richiede investimenti significativi in tecnologie e competenze specialistiche, spesso al di là della portata immediata di una startup. La mancanza di SoD esacerba ulteriormente il problema, rendendo difficile l'applicazione di policy di accesso granulari e la loro revisione costante.

2.6 Economia del Meccanismo (Economy of Mechanism)

Formulato da Saltzer e Schroeder, questo principio di design della sicurezza enfatizza la necessità di mantenere i meccanismi di protezione il più semplici e piccoli possibile [20]. Una minore complessità riduce la superficie d'attacco, facilita l'analisi, l'audit, i test e la manutenzione, minimizzando la probabilità di errori di implementazione o configurazione e l'accumulo di debito tecnico con implicazioni per la sicurezza [21]. Strategie includono:

- Architetture a microservizi ben definite, con confini di responsabilità chiari e API sicure, per isolare l'impatto di una compromissione.
- Adozione di Infrastructure-as-Code (IaC) per una gestione dichiarativa, versionata e auditabile dei controlli di sicurezza.
- Preferenza per librerie e componenti con un focus specifico e una base di codice ridotta e ben testata.

Nelle startup fintech, la spinta verso un MVP (Minimum Viable Product) e successivi rapidi cicli di iterazione può favorire l'integrazione di framework complessi o la creazione di monoliti applicativi che, pur accelerando lo sviluppo iniziale, diventano rapidamente difficili da mantenere e securizzare. La tentazione di aggiungere "solo un'altra feature" senza un adeguato refactoring può portare a un aumento della complessità e, di conseguenza, a una maggiore fragilità della sicurezza. Un investimento precoce nella semplicità architetturale e nella modularità, sebbene possa sembrare un rallentamento, si traduce in una riduzione dei costi di remediation e testing nel lungo periodo.

2.7 Impostazioni Sicure per Difetto (Fail-Safe Defaults / Secure Defaults)

Questo principio, anch'esso di Saltzer e Schroeder, stabilisce che l'accesso a risorse e funzionalità debba essere negato per default, richiedendo un'autorizzazione esplicita (approccio "allow-list") piuttosto che permettere tutto tranne ciò che è esplicitamente negato (approccio "deny-list") [20]. In assenza di un permesso esplicito, l'azione deve essere bloccata. Il NIST SP 800-27rA, pur non usando la stessa terminologia, supporta concetti affini enfatizzando la necessità di configurazioni sicure di base [22]. Esempi applicativi:

- Policy "Deny All" su firewall di rete e WAF, con regole granulari per il traffico legittimo.
- Policy IAM cloud (es. AWS IAM, Azure RBAC, Google Cloud IAM) che partono da uno stato di nessun permesso, aggiungendo solo le autorizzazioni minime necessarie.
- Disabilitazione di funzionalità non essenziali e porte non utilizzate su server e servizi.

Nelle startup fintech, la pressione per la velocità può portare a trascurare questo principio. È frequente che i servizi cloud vengano istanziati con le configurazioni di default del provider, che non sempre sono le più restrittive (es. bucket S3 accessibili pubblicamente in passato, o ruoli IAM con permessi eccessivi). La mentalità del "facciamolo funzionare, poi lo sistemiamo" spesso relega la revisione e l'hardening delle configurazioni a una fase successiva, che potrebbe non arrivare mai o arrivare troppo tardi, esponendo dati sensibili. L'utilizzo di template IaC pre-configurati con standard di sicurezza restrittivi può mitigare questo rischio, ma richiede una disciplina iniziale.

2.8 Mediazione Completa (Complete Mediation)

Ogni accesso a ogni oggetto protetto (file, record, API endpoint) deve essere validato rispetto ai controlli di autorizzazione ogni singola volta, senza fare affidamento su decisioni di accesso memorizzate o cache che potrebbero essere obsolete o compromesse [20]. Questo previene il bypass dei meccanismi di sicurezza dopo un'autenticazione iniziale. Implementazioni pratiche:

- API Gateway che validano token di autenticazione/autorizzazione (es. JWT) per ogni richiesta.
- Applicazione di Row-Level Security (RLS) e Column-Level Security nei database per garantire che le policy siano enforce direttamente a livello di dato.
- Meccanismi di step-up authentication per operazioni ad alto rischio.

In una piattaforma fintech che gestisce pagamenti o dati di investimento, questo principio è cruciale. Ad esempio, l'utilizzo di token di sessione a breve scadenza (short-lived) e la richiesta di ri-autenticazione forte (MFA) per operazioni critiche come la modifica dei dettagli del beneficiario, l'iniziazione di trasferimenti sopra una certa soglia, o l'accesso a informazioni particolarmente sensibili, sono applicazioni dirette della mediazione completa. Non ci si può fidare di una sessione utente "attiva" per troppo tempo o per operazioni di impatto elevato.

2.9 Resilienza Cibernetica (Cyber Resiliency)

La resilienza cibernetica è la capacità di un sistema di anticipare, resistere, recuperare e adattarsi a condizioni avverse, stress, attacchi o compromissioni, preservando le funzionalità critiche mission-critical [23]. Le strategie includono ridondanza dinamica, degradazione controllata dei servizi (graceful degradation), archiviazione sicura e immutabile dei log per analisi forense e ripristino, e piani di risposta agli incidenti ben definiti e testati. Per le startup fintech, spesso operanti in ambienti cloud con risorse DevOps limitate, la resilienza deve essere progettata fin dall'inizio. Questo implica non solo backup e restore, ma anche piani di Business Continuity e Disaster Recovery (BC/DR) che considerino scenari di indisponibilità regionale del cloud provider o attacchi ransomware. L'adozione di pratiche di chaos engineering, seppur in forma semplificata, può aiutare a identificare proattivamente le debolezze del sistema e a validare la robustezza dei meccanismi di recovery.

2.10 Responsabilizzazione e Non-Ripudio (Accountability and Non-Repudiation)

L'accountability richiede che ogni azione significativa sia tracciabile univocamente a un'entità (utente o processo) e che esistano prove verificabili di tali azioni [24]. La non-ripudiabilità garantisce che una parte non possa negare di aver eseguito un'azione o inviato/ricevuto dati (es. una transazione finanziaria) [25]. Firme digitali, marche temporali qualificate e log di audit dettagliati e immutabili sono strumenti chiave. Esempi:

- Log di audit granulari (es. chi ha fatto cosa, quando, da dove, su quale risorsa), firmati digitalmente, marcati temporalmente (RFC 3161), e archiviati in sistemi WORM (Write Once Read Many) o con Object Lock.
- Uso di firme digitali per transazioni e comunicazioni critiche.

Per le startup fintech, questi principi sono fondamentali per la conformità normativa (es. PSD2, che impone Strong Customer Authentication e tracciabilità delle transazioni) e per la gestione delle dispute. La capacità di dimostrare in modo inconfutabile l'origine e l'integrità di ogni operazione finanziaria è un requisito non negoziabile. La PSD2, ad esempio, attraverso i suoi Regulatory Technical Standards (RTS) su SCA e CSC, enfatizza la necessità di generare e conservare prove delle transazioni e degli accessi sicuri [26].

2.11 Privacy by Design (PbD) e Privacy by Default

Il framework della Privacy by Design (PbD), concettualizzato da Ann Cavoukian, postula l'integrazione proattiva della protezione dei dati personali fin dalle primissime fasi di progettazione di sistemi, servizi, prodotti e processi di business, rendendo la privacy un'impostazione predefinita (Privacy by Default) [27]. I sette principi fondanti includono: proattività, privacy come impostazione di default, privacy incorporata nel design, piena funzionalità (somma positiva, non somma zero tra privacy e funzionalità), sicurezza end-to-end, visibilità e trasparenza, e rispetto per la privacy dell'utente. Misure concrete:

- **Minimizzazione dei Dati:** Raccolta, trattamento e conservazione dei soli dati personali strettamente necessari e pertinenti alle finalità dichiarate.

- **Tecniche di Anonimizzazione e Pseudonimizzazione (PETs - Privacy Enhancing Technologies):** Applicazione di tecniche come differential privacy, k-anonymity, homomorphic encryption (per calcoli su dati cifrati), o pseudonimizzazione per dataset analitici, sviluppo, test, o condivisione con terze parti.
- **Mappatura e Valutazione d’Impatto sulla Protezione dei Dati (DPIA):** Mantenimento di registri delle attività di trattamento (Art. 30 GDPR) e conduzione di DPIA per trattamenti a rischio elevato.

Nel settore fintech, dove si trattano enormi volumi di dati personali e finanziari altamente sensibili, l’adozione di PbD è un imperativo legale (GDPR) ed etico. Implementare Data Loss Prevention (DLP), classificare i dati fin dall’inizio, e integrare controlli sulla privacy nei cicli di sviluppo agile (es. "privacy stories" nelle sprint) sono pratiche essenziali. Questo non solo mitiga il rischio di violazioni dei dati, sanzioni e danni reputazionali, ma costruisce anche la fiducia degli utenti, un asset inestimabile per qualsiasi fintech.

2.11.1 Conclusioni Preliminari del Capitolo

I principi di cybersecurity qui delineati – dalla Triade CIA alla Privacy by Design – rappresentano le fondamenta su cui ogni startup fintech deve costruire la propria strategia di sicurezza. Tuttavia, come emerso, la loro applicazione rigorosa si scontra frequentemente con le dinamiche operative tipiche delle aziende in fase di avviamento: la scarsità di risorse finanziarie e umane specializzate, la pressione per un rapido ingresso e affermazione sul mercato, e la necessità di mantenere un’elevata agilità operativa. Questa tensione intrinseca non deve però tradursi in una rinuncia alla sicurezza, bensì in un approccio strategico che integri questi principi in modo pragmatico e progressivo, prioritizzando i controlli in base al rischio e alla criticità dei dati e dei processi coinvolti. Comprendere queste sfide è il primo passo per sviluppare architetture e soluzioni di sicurezza che siano non solo tecnicamente valide, ma anche sostenibili ed efficaci nel peculiare contesto di una startup fintech. I capitoli successivi esploreranno come questi principi possano essere tradotti in architetture e controlli tecnologici specifici, tenendo conto di queste sfide.

Capitolo 3

Principi dell'Infrastruttura Cloud e Scelta di AWS

Dopo aver introdotto le sfide di cybersecurity specifiche per le startup fintech, è fondamentale comprendere il contesto tecnologico in cui queste operano. Oggi, la stragrande maggioranza delle nuove imprese, specialmente nel settore tecnologico e finanziario, basa la propria infrastruttura su modelli di **cloud computing**. Questo capitolo esplora i motivi di questa scelta, confrontando l'approccio cloud con quello tradizionale on-premises, e introduce **Amazon Web Services (AWS)**, il provider cloud scelto nel nostro caso studio, delineandone la struttura e i principi fondamentali.

3.1 Fondamenti di Cloud Computing

Il cloud computing è un modello di fruizione IT "*on-demand*" che abilita l'accesso ubiquo e conveniente via rete a un pool condiviso di risorse computazionali configurabili (reti, server, storage, applicazioni e servizi) che possono essere predisposte o rilasciate rapidamente con il minimo sforzo di gestione o intervento del provider [28]. Questo modello si basa su cinque caratteristiche essenziali (tra cui autoservizio on-demand, *multitenancy*, scalabilità rapida ed elasticità) ed esplica diversi modelli di servizio e modelli di distribuzione [28].

I vantaggi chiave del cloud – in particolare rilevanti per una startup fintech – sono la *scalabilità*, la *flessibilità* e l'*elasticità*. La scalabilità consente di aumentare o diminuire capacità computazionale in base alla domanda [29]. L'elasticità estende il concetto di scalabilità rendendola dinamica: le risorse possono aumentare o diminuire automaticamente in tempo reale a fronte di picchi o cali di carico [30]. Ciò permette di ottimizzare i costi (pagando solo ciò che serve) e di raggiungere prestazioni adeguate anche in caso di crescita rapida del business, scenario tipico di molte startup fintech.

I principali modelli di servizio cloud sono:

- **IaaS (Infrastructure as a Service):** fornisce infrastruttura IT on-demand (server, macchine virtuali, storage, rete) gestita dal provider cloud [31]. L'utente può configurare e usare queste risorse come farebbe on-premises, senza doverle possedere.
- **PaaS (Platform as a Service):** fornisce una piattaforma completa (sistema operativo, middleware, strumenti di sviluppo) pronta all'uso per sviluppare, eseguire e gestire applicazioni [32]. Il provider mantiene lo strato sottostante (infrastruttura e runtime), mentre l'utente si concentra sullo sviluppo del software.
- **SaaS (Software as a Service):** eroga applicazioni software pronte all'uso attraverso il cloud [32]. L'utente finale accede al servizio (es. web app, CRM, gestione documenti) senza gestire infrastruttura o piattaforma sottostante.

Analogamente, i modelli di distribuzione definiscono dove e a chi è dedicato l'ambiente cloud. I più comuni sono:

- **Public Cloud:** l'infrastruttura è posseduta da un provider terzo e messa a disposizione del pubblico via Internet [30]. Ad esempio, AWS, Azure e Google Cloud offrono servizi condivisi tra molti clienti. I vantaggi includono costi operativi ridotti e alta scalabilità, mentre gli svantaggi possono riguardare il controllo ridotto e la condivisione delle risorse con altri tenant [30].
- **Private Cloud:** l'infrastruttura è dedicata a un'unica organizzazione (sovente gestita internamente o in data center riservati) [30]. Offre maggiore controllo e sicurezza (elevata protezione dei dati sensibili), ma richiede investimenti in hardware dedicato e può avere minore scalabilità rispetto al public cloud [30].
- **Hybrid Cloud:** combina ambienti pubblici e privati, permettendo di spostare workload tra essi a seconda delle necessità [30]. Una startup fintech potrebbe usare il public cloud per carichi generici e il private cloud per dati regolamentati, ottenendo sia flessibilità che compliance normativa [30]. L'hybrid cloud massimizza scalabilità e controllo mantenendo la coerenza con requisiti di sicurezza o normativi.

Queste architetture consentono alle startup fintech di avviare servizi IT senza investimenti iniziali in hardware, scalare in base alla domanda del mercato e sperimentare nuovi servizi in maniera agile, mantenendo al tempo stesso contesti isolati (in ambienti privati) per dati sensibili.

3.2 Cloud Computing vs Infrastrutture On-Premises

Tradizionalmente, le aziende gestivano la propria infrastruttura IT internamente, in data center di proprietà o in affitto. Questo modello è noto come **on-premises**. Richiede l'acquisto di hardware (server, storage, apparati di rete), software (sistemi operativi, licenze), e l'impiego di personale specializzato per la gestione, la manutenzione, gli aggiornamenti e la sicurezza fisica ed operativa.

Il **cloud computing**, invece, si basa sull'erogazione di risorse informatiche (come potenza di calcolo, storage, database, reti, software, analytics, intelligenza artificiale) tramite Internet, secondo un modello *pay-as-you-go* (paga solo per ciò che consumi). I fornitori di servizi cloud (Cloud Service Provider - CSP), come AWS, Microsoft Azure o Google Cloud Platform, gestiscono l'infrastruttura fisica sottostante, permettendo ai clienti di accedere alle risorse di cui hanno bisogno in modo flessibile e scalabile.

Le differenze principali risiedono in:

- **Costi:** On-premises richiede un ingente investimento iniziale (Capex - Capital Expenditure) per l'acquisto dell'hardware, mentre il cloud trasforma questo costo in una spesa operativa variabile (Opex - Operational Expenditure) basata sul consumo effettivo.
- **Scalabilità:** Il cloud offre scalabilità *elastica*, permettendo di aumentare o diminuire le risorse quasi istantaneamente in base alla domanda. L'infrastruttura on-premises ha una scalabilità limitata e richiede pianificazione e acquisti anticipati per gestire picchi di carico.
- **Manutenzione:** Nel cloud, la manutenzione dell'hardware e dell'infrastruttura di base è responsabilità del provider, liberando il team IT del cliente da queste incombenze.
- **Agilità e Velocità:** Il cloud permette di provisionare nuove risorse in pochi minuti, accelerando notevolmente i cicli di sviluppo e il time-to-market di nuovi prodotti o servizi.
- **Affidabilità e Portata Globale:** I principali CSP dispongono di data center ridondati in diverse regioni geografiche, offrendo alta disponibilità e la possibilità di distribuire applicazioni a livello globale con bassa latenza.

3.3 Perché le Startup Scelgono il Cloud

Per le startup, specialmente quelle fintech che necessitano di agilità e gestione efficiente delle risorse, il modello cloud offre vantaggi decisivi rispetto all'on-premises:

- **Riduzione delle Barriere all'Ingresso:** L'assenza di grandi investimenti iniziali (Capex) rende accessibili tecnologie avanzate anche a realtà con budget limitati. Si paga solo per l'uso effettivo, allineando i costi alla crescita.
- **Scalabilità Rapida:** Una startup può iniziare con poche risorse e scalare rapidamente man mano che la base utenti o il volume delle transazioni cresce, senza dover sovradimensionare l'infrastruttura all'inizio. Questo è cruciale nel fintech, dove i volumi possono essere imprevedibili.
- **Focalizzazione sul Core Business:** Delegando la gestione dell'infrastruttura al CSP, la startup può concentrare le proprie risorse limitate (tempo e personale) sullo sviluppo del prodotto, sull'acquisizione clienti e sull'innovazione, anziché sulla gestione dei server.
- **Velocità di Innovazione (Time-to-Market):**** La possibilità di provisioning velocemente ambienti di sviluppo, test e produzione accelera il rilascio di nuove funzionalità, un fattore competitivo essenziale.
- **Accesso a Tecnologie Avanzate:** I CSP offrono servizi gestiti per database, machine learning, big data analytics, sicurezza, ecc., che sarebbero complessi e costosi da implementare e gestire autonomamente on-premises.
- **Affidabilità e Sicurezza di Base:** I CSP investono massicciamente in sicurezza fisica e operativa dei loro data center, offrendo un livello di base di affidabilità e sicurezza spesso superiore a quello che una startup potrebbe permettersi on-premises (sebbene la sicurezza *nel* cloud rimanga responsabilità del cliente).

3.4 Introduzione ad Amazon Web Services (AWS)

Tra i principali fornitori di servizi cloud, **Amazon Web Services (AWS)** è il leader di mercato e rappresenta la scelta infrastrutturale per moltissime startup a livello globale, incluse quelle operanti nel settore fintech, come nel caso studio di questa tesi. Lanciato nel 2006, AWS offre un portafoglio estremamente ampio e maturo di servizi cloud.

La struttura di AWS si basa su alcuni concetti chiave:

- **Infrastruttura Globale:** AWS opera attraverso una rete mondiale di **Regioni**. Ogni Regione è un'area geografica fisica separata (es. Irlanda, Francoforte, Nord Virginia). All'interno di ciascuna Regione, esistono multiple **Zone di Disponibilità (Availability Zones - AZ)**. Una AZ è costituita da uno o più

data center discreti, con alimentazione, raffreddamento e rete ridondati. Le AZ all'interno di una Regione sono interconnesse con reti a bassa latenza ma sono fisicamente separate per garantire l'isolamento in caso di guasti (incendi, allagamenti, etc.). Questa architettura permette di costruire applicazioni altamente disponibili e tolleranti ai guasti distribuendole su più AZ.

- **Servizi Fondamentali:** AWS offre centinaia di servizi, ma alcuni sono considerati fondamentali:
 - **Compute:** Servizi per eseguire codice, come *Amazon EC2 (Elastic Compute Cloud)* per macchine virtuali scalabili, *AWS Lambda* per l'esecuzione di codice serverless (senza gestire server), e servizi container come *ECS* ed *EKS*.
 - **Storage:** Servizi per l'archiviazione dei dati, come *Amazon S3 (Simple Storage Service)* per lo storage a oggetti altamente duraturo e scalabile, *Amazon EBS (Elastic Block Store)* per volumi a blocchi per le istanze EC2, e *Amazon EFS* per file system condivisi.
 - **Database:** Una vasta gamma di database gestiti, inclusi database relazionali (*Amazon RDS*), NoSQL (*Amazon DynamoDB*), data warehouse (*Amazon Redshift*), ecc.
 - **Networking:** Servizi per definire e controllare la rete virtuale, come *Amazon VPC (Virtual Private Cloud)* per creare reti isolate, *Elastic Load Balancing (ELB)* per distribuire il traffico, e *AWS Direct Connect* per connessioni dedicate.
 - **Security, Identity, & Compliance:** Servizi per gestire accessi, sicurezza e conformità, come *AWS IAM (Identity and Access Management)*, *AWS KMS (Key Management Service)*, *AWS WAF (Web Application Firewall)*, *Amazon GuardDuty* (rilevamento minacce).
- **Modello Pay-as-you-go:** Come accennato, si paga solo per le risorse effettivamente consumate, senza contratti a lungo termine o costi iniziali (per la maggior parte dei servizi).
- **Modello di Responsabilità Condivisa (Shared Responsibility Model):****
È cruciale capire che la sicurezza su AWS è una responsabilità condivisa. AWS è responsabile della sicurezza **del** cloud (l'infrastruttura fisica, la rete, l'hypervisor), mentre il cliente è responsabile della sicurezza **nel** cloud (la configurazione dei servizi, la gestione degli accessi, la protezione dei dati, la sicurezza del sistema operativo e delle applicazioni).

3.5 Il Caso Specifico: AWS per la Startup Fintech

La scelta di AWS come infrastruttura cloud per la startup fintech oggetto di questa tesi non è casuale. Oltre ai vantaggi generali del cloud, AWS offre caratteristiche particolarmente rilevanti per il settore finanziario:

- **Maturità e Affidabilità:** Essendo il provider più longevo e diffuso, AWS ha una comprovata esperienza nella gestione di carichi di lavoro critici.
- **Ampiezza dei Servizi:** Il vasto portafoglio permette di costruire architetture complesse e moderne, integrando facilmente servizi per l'analisi dei dati, il machine learning (utile per antifrode o scoring), e la gestione sicura delle transazioni.
- **Supporto alla Compliance:** AWS offre documentazione e servizi che aiutano a soddisfare rigorosi standard di conformità richiesti nel settore finanziario, come PCI DSS, GDPR, ISO 27001, ecc. AWS stessa mantiene numerose certificazioni per la propria infrastruttura.
- **Scalabilità e Performance:** Fondamentali per gestire picchi di transazioni tipici dei servizi finanziari.
- **Ecosistema di Partner:** Esiste un vasto ecosistema di partner tecnologici e di consulenza specializzati su AWS, inclusi quelli con expertise nel settore fintech.
- **Servizi di Sicurezza Avanzati:** AWS offre un set robusto di strumenti nativi per implementare controlli di sicurezza a vari livelli (rete, identità, dati, rilevamento minacce), come vedremo nei capitoli successivi.

Nei capitoli seguenti, analizzeremo come l'infrastruttura di questa startup fintech è stata costruita e protetta utilizzando specifici servizi e best practice di AWS.

3.6 Infrastruttura Globale AWS

Amazon Web Services (AWS) dispone di una infrastruttura globale altamente distribuita: ad oggi il cloud AWS è esteso su 36 Regioni geografiche (ciascuna costituita da più Availability Zone) per un totale di 114 Availability Zones lanciate [33]. Ogni Regione AWS rappresenta un'area geografica distinta, isolata dalle altre (per *fault tolerance* e requisiti regolamentari) [33]. All'interno di ogni Regione sono presenti almeno tre *Availability Zone (AZ)*: queste sono sedi fisiche indipendenti, collegate da rete privata ad alta velocità ma isolate a livello di infrastruttura di alimentazione e raffreddamento [33].

Questo design *multi-AZ* consente la progettazione di applicazioni ad alta disponibilità: infatti ogni AZ è progettata per sopravvivere a guasti localizzati, e le Regioni tra di loro non condividono componenti critici [33]. Secondo AWS, ciò garantisce la “massima disponibilità dell’infrastruttura” e contiene ogni interruzione entro la Regione interessata [33].

Per supportare applicazioni globali a bassa latenza, AWS integra inoltre *Edge Location* e *Local Zone*. Le Edge Location (oltre 700 nel mondo) sono data center che ospitano servizi come Amazon CloudFront (content delivery network) per consegna rapida di contenuti agli utenti finali. CloudFront instrada le richieste al punto di presenza (edge) più vicino all’utente, minimizzando la latenza [34]. Le Local Zone sono infrastrutture AWS supplementari posizionate vicino a grandi centri urbani per offrire latenze ancora inferiori in scenari specifici (ad esempio streaming multimediale, gaming o applicazioni IoT ad alte prestazioni).

Il backbone di rete globale AWS è basato su una dorsale in fibra ottica ridondata a 400 Gb/s fra Regioni [35]. Tutti i dati che transitano sulla rete AWS globale fra datacenter e Regioni vengono crittografati a livello fisico [35], e il cliente mantiene il pieno controllo sui dati (inclusa la facoltà di cifrarli ulteriormente con servizi dedicati). Questa architettura di rete ad alte prestazioni garantisce bassa latenza e alta capacità di trasferimento; AWS sottolinea come sia possibile dispiegare centinaia di server in pochi minuti in qualsiasi zona [35].

Dal punto di vista della finanza in ambito fintech, una infrastruttura così distribuita offre vantaggi concreti: il collocamento geografico delle risorse permette di posizionare applicazioni vicine ai propri utenti (per rispettare requisiti di low latency o normativi, ad esempio GDPR), mentre l’ampia rete backbone protegge le comunicazioni inter-regionali. Le edge location, infine, possono accelerare servizi Web o API rivolti ai clienti connettendo gli utenti finali direttamente alla CDN di AWS [34].

3.7 Architettura Virtualizzata e Meccanismi di Scalabilità

Le risorse AWS sono erogate tramite tecnologie di *virtualizzazione*: su ogni host fisico (server hardware) viene eseguito un *hypervisor* (monitor di macchine virtuali) che crea molteplici istanze virtuali isolate fra loro. In AWS, la virtualizzazione consente di far girare su un singolo server fisico decine di VM indipendenti, ciascuna con il proprio sistema operativo e applicazioni [31]. L’hypervisor (ad esempio il VMware ESXi o il più recente AWS Nitro Hypervisor [36]) assegna a ogni VM una porzione di CPU, memoria e storage, garantendo che ogni istanza sia isolata dalle altre [31].

Grazie alla virtualizzazione, più tenant (clienti) possono condividere lo stesso hardware fisico in modalità sicura: questo è il concetto di *multitenancy*, ossia architettura

in cui più clienti di un cloud utilizzano le stesse risorse sottostanti senza interferire fra loro [28]. In pratica, anche in un modello multitenant come AWS, ogni cliente vede solo il proprio ambiente virtuale e i propri dati, mentre la separazione fra clienti è garantita da politiche di isolamento di rete e dal software di virtualizzazione [28].

La virtualizzazione è il fulcro dell'architettura IaaS di AWS: come illustrato nell'architettura generale, AWS gestisce l'infrastruttura fisica sottostante (patching hardware, networking, data center), mentre il cliente mantiene il controllo sull'operating system, gli aggiornamenti software e le configurazioni di sicurezza del proprio ambiente virtuale [37]. Ad esempio, se si lancia un'istanza EC2 (IaaS), AWS fornisce la macchina virtuale, ma il cliente deve gestirne il SO e le patch. Questo rende possibile far convivere e scalare migliaia di istanze virtuali senza intervento manuale massivo.

Scalabilità verticale e orizzontale sono i principali meccanismi per gestire la crescita del carico di lavoro.

- La **scalabilità verticale** consiste nell'aumentare le risorse di una singola macchina (es. passare a CPU/RAM/dischi più potenti) per gestire carichi maggiori [29]. Questo è utile finché l'istanza ha risorse disponibili, ma presenta limiti fisici e rischia di diventare *single point of failure*.
- Invece, la **scalabilità orizzontale** significa replicare l'applicazione su più macchine o nodi [29]. Ad esempio, si possono avviare più istanze EC2 identiche alle spalle di un bilanciatore di carico. In questo modo il traffico utente viene distribuito fra le VM (middleware come Elastic Load Balancer gestiscono questo compito) ed è possibile tollerare guasti individuali: in caso di crash di un server, le altre istanze restanti continuano a servire richieste. AWS supporta direttamente questi schemi, ad esempio tramite gruppi di auto-scaling che creano o cancellano VM in base a metriche di utilizzo [38].

Per massimizzare la disponibilità delle applicazioni, in AWS si usano repliche *multi-AZ*. Ad esempio, Amazon RDS consente di creare DB Multi-AZ: quando abilitata, AWS provisiona automaticamente una replica sincrona standby in una AZ diversa [39]. Tutte le modifiche al database primario vengono replicate in tempo reale alla standby. In caso di guasto del nodo primario, RDS effettua un *failover* trasparente alla replica, minimizzando i tempi di down. Similmente, servizi come Elastic Load Balancer possono essere distribuiti su più AZ, in modo che un'interruzione locale sia compensata dagli altri nodi. Le scelte architetturali per l'alta disponibilità includono quindi l'uso sistematico di multi-AZ, il bilanciamento del carico e la replica dei dati (eventualmente su più Regioni per il *disaster recovery*).

Nei casi estremi di disastro (es. perdita di un'intera Regione), AWS distingue diverse strategie di *Disaster Recovery* [37]. Ad esempio:

- il *backup/restore* usa semplicemente snapshot periodici (sfruttando ad es. S3/Glacier) e prevede di ricreare le infrastrutture su una Regione secondaria.

- Strategie più avanzate includono il *pilot light* (mantenere una copia minima dell'infrastruttura e dati critici in replica) o il *warm standby* (versione ridotta attiva in attesa del failover).
- Infine, il modello *multi-site active/active* prevede applicazioni già dispiegate simultaneamente in due Regioni, con bilanciamento geografico del traffico.

AWS fornisce strumenti e best practice per testare regolarmente queste strategie (per esempio tramite AWS Resilience Hub [40]) e garantire che i tempi di recovery (RTO/RPO) rientrino nei requisiti di business.

3.8 Modello di Responsabilità Condivisa

La sicurezza nel cloud AWS segue il *modello di responsabilità condivisa* [41]. In sintesi, AWS garantisce la *sicurezza dell'infrastruttura* (“*security of the cloud*”): hardware fisico, reti, sistemi operativi dei servizi gestiti, data center e controlli fisici/ambientali sono a carico di AWS [41]. L'azienda investe in sorveglianza 24/7, verifica di controllo degli accessi alle strutture e patching dell'infrastruttura sottostante [41].

Dal canto suo, il cliente è responsabile della *sicurezza nel cloud* (“*security in the cloud*”): ossia della configurazione e gestione di ciò che risiede sopra l'infrastruttura AWS [41]. Ad esempio, per un'istanza EC2 (IaaS) il cliente deve gestire il sistema operativo guest, le patch di sicurezza, il software applicativo e la configurazione del firewall virtuale (Security Group) [41]. Per servizi più astratti come S3 o DynamoDB, AWS cura l'infrastruttura e il software di base, ma spetta al cliente proteggere i dati che carica: ciò include impostare permessi di accesso (tramite IAM), cifrare dati sensibili e applicare criteri di rete appropriati [41]. In pratica, AWS fornisce i mezzi di sicurezza (crittografia a riposo, networking isolato, log auditing, ecc.), ma l'operatività della sicurezza applicativa e dei dati è a carico del cliente.

Capitolo 4

Implementazioni Pratiche su AWS per una Startup Fintech

Avendo stabilito i principi del cloud computing e le ragioni della scelta di AWS, questo capitolo si addentra negli aspetti pratici dell'implementazione di un'infrastruttura sicura e scalabile su AWS per una startup fintech. Verranno presentati esempi concreti di configurazioni e utilizzi dei servizi AWS, focalizzandosi sulle best practice di sicurezza applicabili in un contesto con risorse limitate ma requisiti elevati, tipico di una startup nel settore finanziario.

4.1 Implementazione attuale dell'infrastruttura AWS

L'infrastruttura AWS attualmente in uso è composta da una serie di servizi fondamentali per il funzionamento della piattaforma fintech. Tra i servizi abilitati figurano AWS Glue per l'integrazione e la trasformazione dei dati, AWS Key Management Service per la gestione delle chiavi di cifratura, e AWS Secrets Manager per la conservazione sicura delle credenziali applicative. L'elaborazione computazionale è affidata a istanze EC2, sia tramite il servizio “EC2 – Other” che “Amazon Elastic Compute Cloud – Compute”, mentre la distribuzione del traffico e l'alta disponibilità sono garantite da Amazon Elastic Load Balancing.

Per la gestione della localizzazione e dei dati geografici viene utilizzato Amazon Location Service. I dati applicativi sono gestiti tramite Amazon Relational Database Service (RDS), mentre la comunicazione asincrona tra componenti avviene tramite Amazon Simple Notification Service (SNS) e Amazon Simple Queue Service (SQS). Lo storage oggetti è affidato ad Amazon Simple Storage Service (S3), e la rete privata virtuale è gestita tramite Amazon Virtual Private Cloud (VPC). Il monitoraggio e la raccolta delle metriche sono implementati con Amazon CloudWatch. Infine, sono

abilitati anche servizi accessori come “Tax” per la gestione della fatturazione e degli aspetti fiscali.

Questa configurazione riflette una tipica architettura cloud moderna, orientata alla scalabilità, alla sicurezza e alla separazione dei compiti tra i vari servizi AWS.

4.2 Implementazione del Modello Zero Trust e del Principio del Minimo Privilegio

Come introdotto nella sezione ??, il modello **Zero Trust** rappresenta un cambiamento paradigmatico rispetto alla sicurezza tradizionale basata sul perimetro. Anziché assumere fiducia implicita per le entità all’interno della rete aziendale, il principio cardine è “non fidarsi mai, verificare sempre” (*never trust, always verify*). Ogni richiesta di accesso a una risorsa, indipendentemente dalla sua origine, deve essere esplicitamente autenticata, autorizzata e monitorata. Questo approccio mira a minimizzare la superficie d’attacco e a contenere l’impatto di eventuali compromissioni, risultando particolarmente critico per proteggere la *business continuity* aziendale. Ritengo che l’adozione di questo principio sia particolarmente rilevante nel contesto delle startup, caratterizzate da ambienti operativi dinamici e altamente flessibili. Le startup presentano peculiarità che amplificano l’esigenza di un solido framework di sicurezza:

- **Instabilità relazionale:** Le relazioni professionali nelle startup possono deteriorarsi rapidamente, sia a livello dirigenziale che operativo. Secondo un’analisi di CB Insights, i conflitti interni tra fondatori rappresentano una delle principali cause di fallimento delle startup, incidendo per circa il 13% dei casi esaminati [42].
- **Rischio di attacchi interni:** La fragilità dei rapporti aumenta la probabilità di attacchi da parte di ex-collaboratori con intenti vendicativi. Secondo il “2023 Data Breach Investigations Report” di Verizon, circa il 20% delle violazioni di dati coinvolge insider con accessi privilegiati [43].
- **Infrastrutture di sicurezza inadeguate:** Le startup, per limitazioni di risorse e focus prevalente sullo sviluppo del prodotto, spesso non dispongono di infrastrutture di sicurezza robuste. Un rapporto di Ponemon Institute evidenzia che le piccole organizzazioni hanno una probabilità tre volte maggiore di subire attacchi informatici rispetto alle grandi imprese, proprio a causa di investimenti insufficienti in sicurezza [44].

Questa sezione illustra come i principi Zero Trust possano essere tradotti in misure di sicurezza concrete all’interno dell’infrastruttura cloud di una startup, con specifico

riferimento all'ambiente AWS. Ci concentreremo in particolare sulla gestione delle identità e degli accessi, un pilastro fondamentale per qualsiasi architettura Zero Trust, e sulla sua stretta interconnessione con il **Principio del Minimo Privilegio** (Principle of Least Privilege - PoLP).

4.2.1 Gestione delle Identità e degli Accessi (IAM) come Pilastro di Zero Trust in AWS

L'infrastruttura ospitata su un Cloud Service Provider (CSP) come AWS è un asset critico per una startup fintech. Essa contiene dati sensibili degli utenti e ospita i servizi essenziali (endpoint API, istanze EC2 per server applicativi, networking VPC, ecc.) che ne garantiscono l'operatività. La protezione di queste risorse inizia dalla gestione rigorosa di chi può accedervi e cosa può fare. **AWS Identity and Access Management (IAM)** è il servizio centrale per implementare questi controlli e costituisce una base imprescindibile per un modello Zero Trust.

Una delle prime e più critiche aree di intervento riguarda l' **account root di AWS**. Questo account possiede privilegi illimitati sull'intero ambiente AWS e rappresenta, di conseguenza, un obiettivo di altissimo valore per gli attaccanti e una fonte significativa di rischio operativo se usato impropriamente. Un'implementazione Zero Trust richiede misure stringenti per l'account root:

- **Limitazione Estrema dell'Uso:** L'accesso come utente root deve essere evitato per le operazioni quotidiane e riservato esclusivamente a quelle poche attività che lo richiedono obbligatoriamente (es. modifica delle informazioni di fatturazione, chiusura dell'account, modifica dei piani di supporto).
- **Protezione Robusta delle Credenziali:** La password deve essere estremamente complessa e, soprattutto, l'**Autenticazione a Più Fattori (MFA)** deve essere *sempre* abilitata e richiesta per l'accesso root.
- **Monitoraggio Continuo:** Ogni azione eseguita tramite l'account root deve essere tracciata e monitorata tramite servizi come AWS CloudTrail, generando allarmi per qualsiasi utilizzo.

Per le attività amministrative e operative ordinarie, il modello Zero Trust impone l'utilizzo di **utenti e ruoli IAM** configurati secondo il **Principio del Minimo Privilegio (PoLP)**. Come descritto nella sezione ??, questo principio stabilisce che a un'entità (utente, servizio, applicazione) debbano essere concesse *esclusivamente* le autorizzazioni minime indispensabili per svolgere le proprie funzioni legittime, e non un permesso di più. Ad esempio, un'applicazione che necessita solo di leggere oggetti da un bucket S3 dovrebbe avere un ruolo IAM con solo il permesso

‘s3:GetObject’ su quel bucket specifico, invece di permessi generici su S3 o, peggio, permessi amministrativi.

Sinergia tra Principio del Minimo Privilegio (PoLP) e Zero Trust

Il Principio del Minimo Privilegio non è solo una buona pratica di sicurezza a sé stante, ma è intrinsecamente legato e **fondamentale per il successo di un’architettura Zero Trust**. La loro sinergia si manifesta in diversi modi:

- **Riduzione della Superficie d’Attacco:** Limitando strettamente le azioni consentite a ciascuna identità, PoLP riduce l’insieme delle operazioni che un attaccante potrebbe eseguire anche riuscendo a compromettere le credenziali di quell’identità. La verifica dell’identità (Zero Trust) è necessaria ma non sufficiente; i privilegi limitati (PoLP) ne circoscrivono le capacità.
- **Limitazione del Raggio d’Esplosione (*Blast Radius*):**** In caso di compromissione o errore, i danni potenziali sono confinati. Un utente o servizio con privilegi minimi non può accedere o modificare risorse al di fuori del suo ambito operativo ristretto, limitando il movimento laterale dell’attaccante e l’impatto dell’incidente.
- **Applicazione della Verifica Esplicita:** Implementare PoLP costringe a definire policy di accesso granulari e intenzionali, basate sulle reali necessità operative. Questo si allinea perfettamente con la richiesta di Zero Trust di basare ogni decisione di accesso su policy esplicite e dinamiche, piuttosto che su autorizzazioni ampie o ereditate implicitamente.
- **Miglioramento del Controllo e dell’Auditabilità:** Policy di accesso minimali e specifiche sono più facili da comprendere, gestire e verificare. Ciò semplifica l’audit della postura di sicurezza e la dimostrazione della conformità, permettendo di attestare che gli accessi sono effettivamente limitati come richiesto dal modello Zero Trust.

4.3 Analisi dell’attuale implementazione di IAM

4.3.1 Configurazione degli Utenti e Ruoli

L’analisi della struttura IAM esistente rivela la presenza di tre utenti principali: **Andrea Pasini** (CTO), **Andrea Ferraboli**, e **Matteo Giuntori**. Entrambi gli utenti Ferraboli e Giuntori dispongono della policy ‘AdministratorAccess’, concedendo privilegi equivalenti a quelli dell’account root. L’utente Pasini, invece, opera direttamente

come root, con la capacità di modificare o eliminare qualsiasi risorsa AWS senza restrizioni. Questa configurazione viola il **principio del minimo privilegio (PoLP)** e il principio di **zero trust**, esponendo l'infrastruttura a rischi di errore umano o attacchi interni[45].

Un esame dettagliato delle policy associate mostra l'assenza di **condizioni contestuali** (es. limitazioni geografiche o orarie) e l'utilizzo esclusivo di policy gestite da AWS, senza personalizzazioni per ridurre i permessi alle effettive necessità operative[46]. Ad esempio, l'utente 'finanz-backend' possiede 'AmazonS3FullAccess', sebbene le sue funzioni richiedano solo operazioni di lettura su bucket specifici.

4.3.2 Criticità Identificate

1. **Account Root Non Protetto:** L'account root non utilizza MFA hardware, affidandosi esclusivamente a credenziali statiche[47]. Ciò espone a rischi di compromissione tramite phishing o credential stuffing. 2. **Privilegi Eccessivi per Utenti IAM:** L'assegnazione indiscriminata di 'AdministratorAccess' a utenti non root crea superfici di attacco ridondanti. L'utente Pasini, in qualità di root, può eludere qualsiasi restrizione applicata tramite policy IAM[48]. 3. **Mancanza di Meccanismi di Emergenza:** Non sono presenti account "break glass" per il ripristino dell'accesso in scenari di compromissione dell'IdP o lockout accidentale[49]. 4. **Assenza di Monitoring Granulare:** Le policy non integrano logiche di auditing in tempo reale per azioni critiche (es. terminazione di istanze EC2 o modifiche alle regole di sicurezza)[50].

4.3.3 Violazioni delle Best Practice AWS

L'implementazione corrente confligge con multiple raccomandazioni del framework **AWS Foundational Security Best Practices**:

- **FSBP IAM-1:** Mancanza di MFA hardware per il root[47]. - **FSBP IAM-7:** Policy con privilegi non limitati al minimo necessario[45]. - **FSBP IAM-8:** Assenza di allineamento tra ruoli IAM e responsabilità organizzative[48].

4.4 Implementazione delle Migliorie Proposte alla Gestione IAM

In questa sezione vengono dettagliate le strategie operative per rafforzare la sicurezza dell'ambiente AWS, basate sulle proposte di miglioramento precedentemente delineate. L'obiettivo è implementare controlli robusti seguendo il principio del minimo privilegio (*least privilege*) e le migliori pratiche di settore.

4.4.1 Ristrutturazione della Gerarchia degli Accessi

Una gestione sicura parte dalla protezione dell'account root e dalla segmentazione granulare dei permessi.

Revisione e Limitazione dell'Account Root

L'account root possiede privilegi illimitati e il suo utilizzo deve essere strettamente confinato ad operazioni specifiche che lo richiedono esplicitamente [51].

1. **Creazione di un Utente Amministrativo Dedicato:** L'utente Andrea Pasini verrà rimosso dall'accesso diretto come utente root. Verrà creato un utente IAM dedicato (es. 'andrea.pasini') associato a un ruolo amministrativo con permessi circoscritti (es. 'CTO-AdminRole'). Questo ruolo dovrebbe garantire visibilità sull'infrastruttura ma limitare modifiche critiche, specialmente in produzione.
2. **Policy di Restrizione per il Ruolo Amministrativo:** Al ruolo 'CTO-AdminRole' verrà associata una policy IAM che neghi esplicitamente azioni distruttive su risorse critiche taggate come «produzione». Un esempio di statement di negazione (Deny) è il seguente:

```
1 {  
2   "Version": "2012-10-17",  
3   "Statement": [  
4     {  
5       "Sid": "DenyProdResourceDeletion",  
6       "Effect": "Deny",  
7       "Action": [  
8         "ec2:TerminateInstances",  
9         "rds>DeleteDBInstance",  
10        "s3>DeleteBucket",  
11        "vpc>DeleteVpc"  
12      ],  
13      "Resource": "*",  
14      "Condition": {  
15        "StringEquals": {  
16          "aws:ResourceTag/Environment": "prod"  
17        }  
18      }  
19    }  
20  ]  
21 }  
22
```

Listing 4.1: Policy IAM per negare eliminazioni in produzione

Questo approccio implementa un controllo preventivo fondamentale [52].

3. **Abilitazione MFA Hardware per l'Account Root:** L'account root deve essere protetto con un dispositivo Multi-Factor Authentication (MFA) hardware (es. YubiKey), come raccomandato dalle best practice di sicurezza AWS [53]. Tale dispositivo sarà custodito fisicamente dal CEO o in una cassetta di sicurezza designata. Qualsiasi accesso all'account root richiederà l'uso fisico del token [54].

Segmentazione dei Ruoli tramite Permission Boundaries

Per prevenire l'escalation involontaria o malevola dei privilegi, verranno implementate le *permission boundaries* su tutti i ruoli IAM, inclusi quelli amministrativi. Un boundary definisce il perimetro massimo delle azioni consentite, indipendentemente dalle policy di autorizzazione associate all'entità [52].

- **Definizione del Boundary:** Un esempio di boundary potrebbe limitare le azioni a specifici servizi o a sole operazioni di lettura, garantendo che anche ruoli con policy ampie (come 'AdministratorAccess', sebbene sconsigliato) non possano eccedere i limiti imposti.

```
1 {
2   "Version": "2012-10-17",
3   "Statement": [
4     {
5       "Sid": "AllowOnlySpecificServices",
6       "Effect": "Allow",
7       "Action": [
8         "ec2:*",
9         "rds:*",
10        "s3:List*",
11        "iam:List*",
12        "cloudwatch:Describe*",
13        "lambda:*"
14      ],
15      "Resource": "*"
16    },
17    {
18      "Sid": "DenyIAMModificationOutsideBoundary",
19      "Effect": "Deny",
```

```

20     "Action": [
21         "iam:AttachUserPolicy",
22         "iam:AttachRolePolicy",
23         "iam:PutUserPolicy",
24         "iam:PutRolePolicy",
25         "iam:CreatePolicy",
26         "iam:CreatePolicyVersion",
27         "iam:SetDefaultPolicyVersion",
28         "iam>DeletePolicy",
29         "iam>DeletePolicyVersion",
30         "iam:DetachUserPolicy",
31         "iam:DetachRolePolicy"
32     ],
33     "Resource": "*",
34     "Condition": {
35         "StringNotLike": {
36             "iam:PermissionsBoundary": "arn:aws:iam
::123456789012:policy/YourBoundaryPolicyName"
37         }
38     }
39 }
40 ]
41 }
42

```

Listing 4.2: Esempio di Permission Boundary restrittiva

- **Applicazione Sistemática:** Ogni nuovo ruolo IAM creato dovrà avere un boundary associato come prerequisito.

4.4.2 Modello Ibrido Aggiornato

Il modello di *Identity & Access Management* (IAM) proposto per la startup fintech prevede *tre gruppi baseline*—dev, backend-dev e admin—ai quali vengono assegnati i permessi necessari per le attività ordinarie, e *quattro ruoli operativi circoscritti* da assumere *on-demand* via AWS STS con MFA. L'architettura riduce la *blast-radius* delle credenziali e facilita gli audit di conformità (PCI DSS, SOC-2) in linea con i principi di *least privilege* e *zero-trust* [55], [56], [57], [58].

Gruppi Baseline

dev Sviluppatori front-end e full-stack.

- **EC2:** avvia, interrompe e termina *solo* le istanze taggate `Environment=dev`; nessun diritto sulle istanze di produzione [59].
- **Elastic Beanstalk:** `deploy` e `eb deploy` negli ambienti `dev`, tramite policy gestita `AWSElasticBeanstalkFullAccess` limitata con `Condition{aws:ResourceTag/Environment=dev}`.
- **S3:** lettura/scrittura nei bucket `*-dev`; accesso negato ai bucket `*-prod` [61].
- **Load Balancer:** descrizione (API `Describe*`) dei load balancer di sviluppo; nessuna modifica [62].
- **RDS:** *data-reader* su cluster Aurora `dev`; vietate operazioni `ModifyDBInstance` e `DeleteDBInstance` [63].

backend-dev Sviluppatori back-end con responsabilità di integrazione dati.

- Tutti i permessi del gruppo `dev`.
- **RDS:** *data-writer* su `dev`; `QueryEditor` in `aurora-prod` tramite policy `rds-db:connect` con tag-condition che richiede approvazione esplicita (`aws:RequestTag/ChangeId`).
- **SQS/SNS:** gestione code e topic non-prod per pipeline event-driven.
- **Secrets Manager:** lettura di segreti `scope=dev` [64].

admin Cloud Engineers con controllo continuo dell'infrastruttura.

- **EC2 e Auto Scaling:** piena gestione, esclusa l'eliminazione di VPC prod.
- **S3:** modifica dei lifecycle rules e delle policy di replica cross-region.
- **Elastic Load Balancing:** creazione, aggiornamento listener e target groups in tutti gli ambienti.
- **RDS:** patching, snapshot e failover.
- **IAM:** può creare o aggiornare policy *entro* il `permissions-boundary` globale che impedisce azioni estreme (`iam:DeleteRolePolicy`, `organizations:DeleteOrganization`) [65].

Ruoli Operativi Specifici

I ruoli sono configurati con durata massima di 1 h e MFA obbligatoria; i log CloudTrail vengono inviati a un bucket immutabile con replica cross-region.

- **dev-privileged** – estende **dev** per operazioni di manutenzione **non-prod** (migrate DB, tuning CPU credit); azioni limitate a risorse con tag **Environment=dev**.
- **db-migration** – accesso a AWS DMS e permessi **rds:ModifyDBInstance** in produzione durante le finestre di maintenance; richiede approvazione Change-Manager.
- **incident-responder** – abilita scaling immediato, modifica security-group, attiva **ShieldAdvanced** e **WAFv2** sulla WebACL corrente; assunto consentito al gruppo **admin**.
- **breakglass-admin** – superset critico conservato in account separato, utilizzato solo per *disaster-recovery*; il processo di assunzione è sigillato e monitorato da AWS Config Rules [66].

Mappatura dei Permessi per Servizio

EC2 **dev**: Start/Stop istanze **dev**; **backend-dev**: idem + **DescribeImages**; **admin**: pieno controllo, esclusa **DeleteVpc**.

Elastic Beanstalk **dev**: deploy su env **dev**; **backend-dev**: deploy + **eb config save**; **admin**: gestione template, gestione application-versions prod [60].

S3 **dev**: R/W bucket *-**dev**; **backend-dev**: aggiunge permessi **PutObjectAcl** su *log bucket*; **admin**: **PutBucketPolicy**, **PutReplicationConfiguration** [61].

Load Balancer **dev**: **Describe***; **backend-dev**: **RegisterTargets** nei target-group **dev**; **admin**: **CreateLoadBalancer**, **ModifyLoadBalancerAttributes** su tutti gli ambienti [62].

RDS **dev**: **rds-db:connect** read-only **dev**; **backend-dev**: **ExecuteStatement** via Data API; **admin**: **CreateDBSnapshot**, **StartExportTask**, **FailoverDBCluster** [63].

L’approccio *tag-based ABAC* riduce la necessità di policy puntuali e consente un’espansione lineare degli ambienti (**dev**, **staging**, **prod**) [59], [62].

Motivazione per il Contesto Fintech

Le startup fintech devono coniugare rapidità di rilascio e requisiti di security-compliance (PCI DSS, PSD2, ISO 27001). Separare i privilegi comuni (gruppi) da quelli elevati (ruoli) garantisce che le *pipeline CI/CD* non abbiano necessità di credenziali amministrative permanenti—costante *pain-point* nei data-breach recenti [67]. La validità temporale delle credenziali STS e la *least-privilege right-sizing* automatizzata con Access Analyzer riducono il rischio di accessi persistenti compromessi [58], [64].

Procedimento di Implementazione

1. Definire il `permissions-boundary` globale che vieta azioni ad alto impatto (`organizations:*`, `iam:SetDefaultPolicyVersion`) [65].
2. Versionare in Git le policy dei gruppi (`iam/groups/`) e dei ruoli (`iam/roles/`) come JSON o moduli Terraform; abilitare `terraform plan` in CI.
3. Abilitare AWS Identity Center (SSO) collegato ad Okta/Azure AD e mappare gli *entitlement* sugli ARNs dei gruppi.
4. Automatizzare la *workflow approval* per i ruoli con AWS Step Functions + Event-Bridge + Slack.
5. Inviare i log CloudTrail a un bucket S3 con `ObjectLock = GOVERNANCE` e replica in un account differente (*security-hub*).
6. Eseguire un *access-review* trimestrale utilizzando i report di Access Analyzer per ridurre i permessi non utilizzati [58].

4.4.3 Introduzione di un Break Glass Account

Per scenari di emergenza in cui gli accessi amministrativi standard non fossero disponibili o sufficienti, verrà istituito un account *Break Glass* dedicato, seguendo le linee guida di architetture sicure [54].

1. **Configurazione Account:** Creare un nuovo account AWS all'interno dell'Organization esistente, isolato operativamente.
2. **Utente e Ruolo di Emergenza:** All'interno di questo account, creare un utente IAM (es. 'BreakGlassUser') protetto da MFA hardware e un ruolo IAM (es. 'BreakGlassAdminRole') con la policy gestita 'AdministratorAccess'. L'accesso a questo utente/ruolo sarà strettamente controllato.

3. **Procedura di Attivazione:** L'utilizzo del Break Glass Account richiederà un'approvazione formale e documentata da parte di almeno due figure chiave (es. CEO e CTO). Le credenziali (password e MFA) saranno conservate in luoghi sicuri e separati.
4. **Monitoraggio e Lockdown Automatico:** Implementare un meccanismo di notifica immediata (es. via CloudWatch Events e SNS) all'attivazione dell'account Break Glass. Un processo automatizzato (es. AWS Lambda triggerata da CloudWatch Event) potrebbe limitare la validità della sessione o restringere i permessi dopo un periodo predefinito (es. 8 ore), ad esempio applicando una policy restrittiva come boundary temporaneo.

```
1 import boto3
2 import os
3
4 IAM_CLIENT = boto3.client('iam')
5 BREAK_GLASS_USERNAME = os.environ.get('BREAK_GLASS_USER')
6 RESTRICTIVE_POLICY_ARN =
    os.environ.get('RESTRICTIVE_POLICY_ARN') # Es:
    AWSCloudTrailReadOnlyAccess
7
8 def lambda_handler(event, context):
9     if not BREAK_GLASS_USERNAME or not
        RESTRICTIVE_POLICY_ARN:
10         print("Error: Environment variables not set.")
11         return
12
13     try:
14         print(f"Applying restrictive boundary
            {RESTRICTIVE_POLICY_ARN} to user
            {BREAK_GLASS_USERNAME}")
15         IAM_CLIENT.put_user_permissions_boundary(
16             UserName=BREAK_GLASS_USERNAME,
17             PermissionsBoundary=RESTRICTIVE_POLICY_ARN
18         )
19         print(f"Successfully applied boundary.")
20         # Aggiungere notifiche (es. SNS)
21     except Exception as e:
22         print(f"Error applying boundary: {e}")
23         # Gestire l'errore / inviare notifica di
            fallimento
```

Listing 4.3: Esempio Lambda per limitare utente Break Glass (concettuale)

4.4.4 Implementazione di Politiche di Sicurezza Avanzate

Verranno utilizzate policy a livello di Organization e credenziali temporanee per rafforzare ulteriormente la postura di sicurezza.

Service Control Policies (SCPs) a Livello Organizzativo

Le SCPs verranno applicate all'intera AWS Organization (o a specifiche Organizational Units - OUs) per imporre vincoli di sicurezza non aggirabili, nemmeno dall'amministratore locale dell'account.

- **Impedire la Disattivazione di Controlli Chiave:** Applicare una SCP per negare azioni come l'eliminazione dei trail di CloudTrail o la disabilitazione di AWS Config.

```
1 {  
2   "Version": "2012-10-17",  
3   "Statement": [  
4     {  
5       "Sid": "DenyDeleteCloudTrail",  
6       "Effect": "Deny",  
7       "Action": [  
8         "cloudtrail:DeleteTrail",  
9         "cloudtrail:StopLogging"  
10      ],  
11      "Resource": "*"   
12    }  
13  ]  
14 }  
15
```

Listing 4.4: SCP per prevenire l'eliminazione di CloudTrail

- **Restrizione Geografica:** Limitare l'utilizzo delle regioni AWS a quelle approvate (es. 'eu-central-1', 'eu-south-1', 'eu-west-1') per motivi di compliance (es. GDPR) e per ridurre la superficie di attacco [68].

```
1 {  
2   "Version": "2012-10-17",  
3   "Statement": [  
4     {  
5       "Sid": "DenyNonApprovedRegions",  
6       "Effect": "Deny",  
7       "NotAction": [  
8         "cloudtrail:DeleteTrail",  
9         "cloudtrail:StopLogging"  
10      ],  
11      "Resource": "*"   
12    }  
13  ]  
14 }  
15
```

```

8         "iam:*",
9         "organizations:*",
10        "route53:*",
11        "budgets:*",
12        "waf:*",
13        "cloudfront:*",
14        "globalaccelerator:*",
15        "support:*"
16    ],
17    "Resource": "*",
18    "Condition": {
19        "StringNotEquals": {
20            "aws:RequestedRegion": [
21                "eu-central-1",
22                "eu-south-1",
23                "eu-west-1",
24                "us-east-1" ) ) necessario per alcuni servizi
globali
25        ]
26    },
27    "ArnNotLike": {
28        "aws:PrincipalARN": "arn:aws:iam::*:role/
OrganizationAccountAccessRole" ) ) Esempio ruolo
escluso
29    }
30    }
31    }
32    ]
33    }
34

```

Listing 4.5: SCP per limitare le regioni utilizzabili

Utilizzo Sistemático di Credenziali Temporanee (STS)

Le access key statiche a lunga durata rappresentano un rischio significativo se compromesse [69]. Verrà promossa e, ove possibile, imposta la sostituzione delle chiavi statiche con credenziali temporanee ottenute tramite il servizio AWS Security Token Service (STS).

- **Accesso Umano:** Gli utenti IAM accederanno alla console AWS o alla CLI assumendo ruoli predefiniti, ottenendo credenziali temporanee valide per la durata della sessione.

- **Accesso Applicativo:** Le applicazioni (es. ‘finanz-backend’) in esecuzione su EC2, ECS, EKS o Lambda utilizzeranno i ruoli IAM associati alle risorse di calcolo per ottenere automaticamente credenziali temporanee, eliminando la necessità di gestire chiavi statiche nel codice o nelle configurazioni.
- **Script e Automazioni:** Gli script che necessitano di interagire con le API AWS dovranno utilizzare comandi come ‘aws sts assume-role’ per ottenere credenziali temporanee legate a un ruolo specifico, limitato al principio del minimo privilegio.

```

1 # L'utente/servizio assume un ruolo con permessi
   specifici (es. S3 ReadOnly)
2 aws sts assume-role \
3     --role-arn
   arn:aws:iam::123456789012:role/S3ReadOnlyForBackend \
4     --role-session-name FinanzBackendReadSession
5
6 # Le credenziali restituite (AccessKeyId,
   SecretAccessKey, SessionToken)
7 # vengono usate per le chiamate API successive.
8

```

Listing 4.6: Ottenere credenziali temporanee tramite STS AssumeRole

4.4.5 Implementazione di un Sistema di Approvazione a Due Fasi (Opzionale)

Per operazioni ad alto impatto (es. eliminazione di bucket S3 contenenti dati critici, modifiche a gruppi di sicurezza di produzione), si può valutare l'introduzione di un workflow di approvazione multi-persona tramite AWS Step Functions.

1. **Avvio del Workflow:** Un utente avvia l'operazione tramite un'interfaccia dedicata (es. Lambda function, API Gateway) che attiva la Step Function.
2. **Richiesta di Approvazione:** La Step Function invia notifiche (es. via Amazon SNS a email o SMS) ai responsabili designati.
3. **Approvazione Multipla:** Il workflow attende l'approvazione da parte di due (o più) amministratori distinti. L'approvazione può avvenire tramite un link in email, un'API o la console Step Functions.
4. **Esecuzione Condizionata:** Solo a seguito delle approvazioni richieste, la Step Function esegue l'azione critica (es. invocando una Lambda function con i permessi necessari).

5. **Auditing:** Ogni fase del processo (richiesta, approvazioni, esito) viene registrata su un database di auditing (es. DynamoDB) e/o CloudTrail per tracciabilità completa.

Questa misura aggiunge un livello di controllo deliberato su azioni irreversibili o ad alto rischio.

4.5 Progettazione di una Rete Sicura con Amazon VPC

La base di qualsiasi infrastruttura su AWS è la rete virtuale definita tramite **Amazon Virtual Private Cloud (VPC)**. Il VPC permette di creare un ambiente di rete logicamente isolato all'interno del cloud AWS, su cui si ha pieno controllo (range di indirizzi IP, creazione di subnet, configurazione di route table e network gateway). Una progettazione VPC sicura è il primo livello di difesa.

4.5.1 Subnet Pubbliche e Private

Una pratica fondamentale è la suddivisione del VPC in **subnet pubbliche** e **subnet private**, distribuite su diverse Availability Zones per alta disponibilità.

- Le **subnet pubbliche** hanno una rotta diretta verso l'Internet Gateway (IGW) del VPC e sono tipicamente utilizzate per risorse che devono essere direttamente accessibili da Internet, come i web server o i load balancer pubblici.
- Le **subnet private** non hanno una rotta diretta verso l'IGW. Le risorse in queste subnet (es. application server, database, code build server) non sono direttamente raggiungibili da Internet, migliorando significativamente la sicurezza. Possono accedere a Internet in uscita (es. per scaricare patch o chiamare API esterne) tramite un *NAT Gateway* o *NAT Instance* posizionato nella subnet pubblica.

Per una startup fintech, i server applicativi che elaborano transazioni e i database contenenti dati sensibili dei clienti dovrebbero **sempre risiedere in subnet private**.

4.5.2 Gruppi di Sicurezza e Network ACL

Il controllo del traffico all'interno del VPC è affidato a due meccanismi principali:

- **Gruppi di Sicurezza (Security Groups - SG):**** Agiscono come un firewall a livello di istanza (EC2, RDS, etc.). Sono *stateful*, il che significa che se

il traffico in uscita è permesso, il traffico di ritorno corrispondente è automaticamente permesso, indipendentemente dalle regole in ingresso. Si configurano specificando le porte e i protocolli permessi in ingresso e in uscita, tipicamente referenziando altri SG o specifici indirizzi IP/range. La best practice è applicare il principio del minimo privilegio: permettere solo il traffico strettamente necessario (es. permettere solo la porta 443 da un Application Load Balancer al SG dei web server).

- **Network Access Control Lists (Network ACLs):**** Agiscono come un firewall a livello di subnet. Sono *stateless*, quindi è necessario definire regole esplicite sia per il traffico in ingresso che per quello in uscita. Hanno regole numerate (da 1 a 32766) che vengono valutate in ordine, e la prima regola che corrisponde determina l'azione (ALLOW o DENY). Offrono un livello di difesa aggiuntivo, utile per bloccare specifici IP malevoli a livello di subnet o per applicare regole di rete più ampie. Di default, permettono tutto il traffico.

È buona norma usare entrambi: SG per controlli granulari a livello di istanza e NACL per regole più ampie a livello di subnet.

4.5.3 NAT Gateway e Accesso a Internet

Come accennato, le istanze in subnet private necessitano di un meccanismo per accedere a Internet per aggiornamenti o chiamate API. AWS offre il servizio gestito **NAT Gateway**, che è altamente disponibile e scalabile. Creando un NAT Gateway in una subnet pubblica e configurando le route table delle subnet private affinché instradino il traffico destinato a Internet (0.0.0.0/0) verso il NAT Gateway, le istanze private possono comunicare con l'esterno senza avere un IP pubblico direttamente esposto.

4.5.4 Connessioni Sicure (Opzionale: VPN/Direct Connect)

Se la startup necessita di connettere in modo sicuro la propria infrastruttura AWS a data center on-premises (raro per startup native cloud, ma possibile) o a reti di partner, AWS offre servizi come **AWS Site-to-Site VPN** (per creare tunnel IP-sec crittografati su Internet) o **AWS Direct Connect** (per una connessione fisica dedicata e privata tra la rete on-premises e AWS).

4.6 Gestione Sicura delle Istanze EC2

Le istanze **Amazon EC2** sono le macchine virtuali su cui spesso girano le applicazioni. La loro sicurezza è cruciale.

4.6.1 Scelta delle AMI e Hardening

- **Utilizzare AMI affidabili:** Partire da Amazon Machine Images (AMI) fornite da AWS o da venditori fidati sul Marketplace. Evitare AMI pubbliche non verificate.
- **Hardening del Sistema Operativo:** Applicare pratiche di hardening: disabilitare servizi non necessari, configurare correttamente il firewall locale (es. iptables/firewalld su Linux, Windows Firewall), applicare regolarmente le patch di sicurezza. AWS Systems Manager Patch Manager può automatizzare il patching.
- **Minimizzare il software installato:** Installare solo il software strettamente necessario per la funzione dell'istanza, riducendo la superficie d'attacco.

4.6.2 Utilizzo di IAM Roles per EC2

Questa è una delle pratiche di sicurezza più importanti. **Mai salvare credenziali AWS statiche (Access Key ID e Secret Access Key) direttamente su un'istanza EC2.** Invece, associare un **IAM Role** all'istanza al momento del lancio. L'applicazione in esecuzione sull'istanza può quindi ottenere credenziali temporanee tramite il servizio metadati dell'istanza, assumendo i permessi definiti nel ruolo associato. Questo elimina il rischio di esposizione di credenziali a lungo termine. Il ruolo deve seguire il principio del minimo privilegio (es. un'istanza che deve solo leggere da un bucket S3 dovrebbe avere un ruolo con solo permessi 's3:GetObject' su quel bucket).

4.6.3 Scalabilità Automatica (Auto Scaling Groups)

Per garantire disponibilità e gestire picchi di carico, è fondamentale utilizzare **Auto Scaling Groups (ASG)**. Un ASG gestisce un gruppo di istanze EC2 identiche, assicurando che il numero desiderato di istanze sia sempre in esecuzione. Può aumentare (scale out) o diminuire (scale in) automaticamente il numero di istanze in base a metriche (es. utilizzo CPU, numero di richieste) o a una pianificazione. Gli ASG lavorano tipicamente in congiunzione con un **Elastic Load Balancer (ELB)** che distribuisce il traffico tra le istanze attive nell'ASG. Questo non solo migliora la disponibilità e la performance, ma anche la resilienza: se un'istanza fallisce, l'ASG la rimpiazza automaticamente.

4.7 Protezione dei Dati Sensibili

In una fintech, la protezione dei dati dei clienti e delle transazioni è di massima priorità. AWS offre diversi strumenti per questo.

4.7.1 Crittografia a Riposo e in Transito

- **Crittografia a Riposo (At Rest):**** È fondamentale crittografare i dati sensibili quando sono memorizzati. AWS facilita questo:
 - **Amazon S3:** Abilitare la Server-Side Encryption (SSE-S3, SSE-KMS, SSE-C) sui bucket che contengono dati sensibili. SSE-KMS offre maggiore controllo tramite AWS Key Management Service.
 - **Amazon EBS:** Abilitare la crittografia sui volumi EBS associati alle istanze EC2.
 - **Amazon RDS:** Abilitare la crittografia per i database gestiti.
- **Crittografia in Transito (In Transit):**** Tutto il traffico contenente dati sensibili (es. API calls, connessioni al database, traffico tra servizi) deve usare protocolli crittografati come TLS/SSL. Configurare i Load Balancer per terminare HTTPS, usare connessioni sicure ai database RDS, e assicurarsi che le chiamate API interne usino HTTPS.

4.7.2 Gestione delle Chiavi con AWS KMS

AWS Key Management Service (KMS) è un servizio gestito che facilita la creazione e il controllo delle chiavi di crittografia utilizzate per proteggere i dati. Permette di:

- Creare e gestire Customer Master Keys (CMKs).
- Definire policy di accesso granulari per controllare chi (utenti o ruoli IAM) può usare quali chiavi e per quali operazioni (encrypt, decrypt).
- Auditare l'utilizzo delle chiavi tramite AWS CloudTrail.

Usare KMS per la crittografia lato server (SSE-KMS) su S3, EBS, RDS, ecc., offre un controllo centralizzato e sicuro sulle chiavi. Per requisiti di sicurezza ancora più elevati, si può considerare **AWS CloudHSM**.

4.7.3 Backup e Disaster Recovery

Avere backup regolari e testati è essenziale per il recupero da errori o attacchi (es. ransomware).

- **AWS Backup:** Un servizio centralizzato per gestire e automatizzare i backup di vari servizi AWS (EBS, RDS, DynamoDB, EFS, etc.). Permette di definire policy di backup (frequenza, retention) e di copiarli in altre regioni per disaster recovery.
- **Snapshot RDS/EBS:** I servizi come RDS e EBS offrono funzionalità di snapshot automatici e manuali.
- **Versioning S3:** Abilitare il versioning sui bucket S3 critici permette di recuperare oggetti cancellati o sovrascritti accidentalmente.
- **Piano di Disaster Recovery (DR):**** Definire e testare un piano di DR. Questo potrebbe includere strategie come backup cross-region, pilot light, o warm standby, a seconda dell'RTO (Recovery Time Objective) e RPO (Recovery Point Objective) richiesti.

4.7.4 Sicurezza dei Bucket S3

Amazon S3 è ampiamente utilizzato, ma le configurazioni errate sono una causa comune di data breach.

- **Block Public Access:** Abilitare sempre l'impostazione "Block Public Access" a livello di account e/o di bucket, a meno che non ci sia una ragione specifica e valida per l'accesso pubblico.
- **Bucket Policies e IAM Policies:** Usare policy granulari per limitare l'accesso ai bucket solo agli utenti, ruoli o servizi specifici che ne hanno bisogno.
- **S3 Access Points:** Creare punti di accesso specifici per diverse applicazioni o team, ognuno con la propria policy, semplificando la gestione degli accessi su larga scala.
- **Amazon Macie:** Usare questo servizio per scoprire e proteggere dati sensibili (es. PII, credenziali) archiviati in S3.

4.8 Implementazione di Controlli IAM Efficaci

Come già sottolineato, **AWS Identity and Access Management (IAM)** è fondamentale per la sicurezza.

4.8.1 Principio del Minimo Privilegio

Applicare rigorosamente il principio del minimo privilegio a utenti, gruppi e ruoli IAM. Concedere solo i permessi strettamente necessari per svolgere un compito specifico. Ad esempio, un ruolo per un'applicazione che deve solo scrivere log in CloudWatch Logs necessita solo dei permessi 'logs:CreateLogStream' e 'logs:PutLogEvents', non permessi amministrativi generici. Usare le policy condition per restringere ulteriormente l'accesso (es. permettere azioni solo da specifici IP o solo se è attiva l'MFA).

4.8.2 Autenticazione a Più Fattori (MFA)

Richiedere l'uso dell'Autenticazione a Più Fattori (MFA) per **tutti** gli utenti IAM umani, specialmente per l'utente root dell'account (che dovrebbe essere usato il meno possibile) e per gli utenti con privilegi amministrativi. Questo aggiunge un livello critico di protezione contro il furto di credenziali.

4.8.3 Revisione Periodica dei Permessi

I permessi tendono ad accumularsi ("privilege creep"). È essenziale rivedere periodicamente (es. trimestralmente) le policy IAM per rimuovere permessi non più necessari. Strumenti come **AWS IAM Access Analyzer** possono aiutare a identificare permessi eccessivi o risorse condivise esternamente.

4.9 Monitoraggio Continuo e Logging

Non si può proteggere ciò che non si vede. Un monitoraggio e un logging robusti sono essenziali per rilevare attività sospette e rispondere agli incidenti.

4.9.1 Abilitazione di CloudTrail e CloudWatch

- **AWS CloudTrail:** Abilitare CloudTrail in **tutte** le regioni. CloudTrail registra quasi tutte le chiamate API effettuate nel tuo account AWS, fornendo una traccia di audit fondamentale ("chi ha fatto cosa, quando e da dove"). Assicurarsi che i log di CloudTrail siano protetti (es. inviati a un bucket S3 dedicato con logging e crittografia abilitati, e opzionalmente integrità dei file di log abilitata).
- **Amazon CloudWatch:** Usare CloudWatch per raccogliere metriche (es. utilizzo CPU, I/O disco, latenza del Load Balancer), log dalle applicazioni e dai sistemi operativi (tramite l'agente CloudWatch), ed eventi.

4.9.2 Configurazione di Allarmi CloudWatch

Non basta raccogliere log e metriche, bisogna agire su di essi. Configurare allarmi CloudWatch per notifiche proattive su condizioni anomale o eventi critici, ad esempio:

- Utilizzo elevato di CPU/Memoria/Rete su istanze critiche.
- Errori HTTP 5xx sul Load Balancer.
- Tentativi di login falliti (filtrando i log).
- Modifiche a risorse di sicurezza critiche (es. modifiche a Security Group, NACL, policy IAM) rilevate tramite eventi CloudTrail.
- Chiamate API specifiche indicative di potenziale abuso (es. ‘TerminateInstances’ non autorizzate).

Gli allarmi possono inviare notifiche a un topic SNS (Simple Notification Service), che può poi inoltrarle via email, SMS, o triggerare funzioni Lambda per azioni automatiche.

4.9.3 Utilizzo di AWS Security Hub e GuardDuty

- **Amazon GuardDuty:** È un servizio di rilevamento delle minacce gestito che monitora continuamente attività malevole o non autorizzate analizzando log VPC Flow Logs, CloudTrail e DNS. Rileva minacce come istanze compromesse usate per mining di criptovalute, accessi anomali da IP malevoli noti, scansioni di porte, ecc. È fondamentale abilitarlo in tutte le regioni pertinenti.
- **AWS Security Hub:** Fornisce una vista centralizzata degli avvisi di sicurezza (findings) provenienti da diversi servizi AWS (GuardDuty, Inspector, Macie, IAM Access Analyzer, Firewall Manager) e da prodotti di partner. Aiuta a prioritizzare e gestire i risultati della sicurezza e a verificare la conformità rispetto a standard come CIS AWS Foundations Benchmark.

4.10 Automazione con Infrastructure as Code (IaC)

Per garantire coerenza, ridurre errori manuali e facilitare la revisione della sicurezza, è fortemente raccomandato gestire l’infrastruttura AWS tramite **Infrastructure as Code (IaC)**.

- **Strumenti:** Utilizzare strumenti come **AWS CloudFormation** (nativo AWS) o **Terraform** (agnostico rispetto al cloud) per definire l’infrastruttura (VPC, istanze, database, policy IAM, etc.) in file di testo (YAML o JSON).

- **Benefici:**

- **Ripetibilità e Coerenza:** L'infrastruttura può essere deployata in modo identico in diversi ambienti (dev, staging, prod) o regioni.
- **Versionamento:** I file IaC possono essere messi sotto controllo di versione (es. Git), tracciando le modifiche e permettendo rollback.
- **Automazione:** Il deployment e gli aggiornamenti sono automatizzati, riducendo il rischio di errori umani.
- **Audit e Revisione:** È più facile revisionare la configurazione dell'infrastruttura (e quindi la sua postura di sicurezza) analizzando i file di codice piuttosto che navigando nella console AWS.
- **Integrazione con CI/CD:** L'IaC si integra bene nelle pipeline di Continuous Integration/Continuous Deployment per automatizzare anche il provisioning dell'infrastruttura necessaria per le applicazioni.

Adottare IaC sin dalle prime fasi aiuta a costruire un'infrastruttura robusta e gestibile nel tempo.

Questo capitolo ha fornito una panoramica delle implementazioni pratiche e delle best practice per costruire e proteggere un'infrastruttura AWS per una startup fintech. Naturalmente, ogni implementazione specifica richiederà ulteriori dettagli e adattamenti in base ai requisiti unici dell'applicazione e del business. I capitoli successivi potrebbero approfondire ulteriormente specifici aspetti come la gestione degli incidenti, i test di penetrazione o l'integrazione di strumenti di terze parti.

Capitolo 5

Implementazione di un Honeypot in un'Infrastruttura AWS per Startup Fintech

Nell'odierno panorama della cybersecurity, gli attacchi informatici diretti verso le istituzioni finanziarie stanno diventando sempre più sofisticati e frequenti. Le startup fintech, che gestiscono dati sensibili e transazioni economiche, rappresentano un bersaglio particolarmente appetibile per i cybercriminali. Questo capitolo esamina l'implementazione di un honeypot all'interno di un'infrastruttura AWS come strumento di sicurezza proattiva per una startup fintech, analizzandone definizione, utilità, vantaggi, svantaggi, costi e procedure tecniche di implementazione. L'analisi includerà inoltre un esperimento pratico di attacco per verificare l'efficacia dell'implementazione.

5.1 Definizione e Utilità di un Honeypot

5.1.1 Che cos'è un Honeypot

Un honeypot in informatica è un meccanismo di sicurezza progettato per funzionare come esca, con lo scopo di attirare i cybercriminali in modo da poterne osservare metodologie, tecniche e strumenti utilizzati durante un tentativo di intrusione [70]. Il termine "honeypot" (letteralmente "barattolo di miele") riflette efficacemente la sua funzione: attirare gli aggressori informatici come il miele attira gli insetti, per poi studiarli e sviluppare contromisure adeguate [71].

Si tratta di un sistema hardware o software che simula un ambiente vulnerabile, isolato dall'infrastruttura di produzione principale dell'organizzazione, progettato per essere percepito come un bersaglio legittimo e interessante dagli attaccanti [72], [73]. L'honeytrap appare deliberatamente vulnerabile e allettante, imitando un obiettivo

reale come un server, una rete o un'applicazione contenente dati apparentemente preziosi [70], [74].

5.1.2 Utilità nel Contesto di una Startup Fintech

Nel contesto di una startup fintech, un honeypot risulta particolarmente utile per diverse ragioni strategiche:

1. **Rilevamento precoce delle minacce:** Consente di identificare tentativi di intrusione nella fase iniziale, prima che raggiungano i sistemi critici contenenti dati finanziari sensibili.
2. **Comprensione degli attaccanti:** Fornisce informazioni preziose sulle tattiche, tecniche e procedure (TTP) utilizzate dagli aggressori specificamente interessati ai servizi finanziari [75].
3. **Riduzione dei falsi positivi:** A differenza di altri sistemi di sicurezza, qualsiasi interazione con un honeypot è probabilmente malevola, riducendo l'affaticamento da allerta.
4. **Aggiornamento delle difese:** Permette di perfezionare i sistemi di rilevamento delle intrusioni (IDS) e migliorare la risposta alle minacce basandosi su attacchi reali [76].
5. **Conformità normativa:** Aiuta a dimostrare un approccio proattivo alla sicurezza, supportando la conformità con normative finanziarie stringenti come PSD2, GDPR e altre regolamentazioni del settore fintech.

5.2 Tipologie di Honeypot

La scelta della tipologia di honeypot dipende dagli obiettivi specifici dell'organizzazione e dal livello di risorse che intende investire. Per una startup fintech, è fondamentale comprendere le diverse opzioni disponibili per selezionare la soluzione più adatta [73].

5.2.1 Classificazione per Livello di Interazione

Honeypot a Bassa Interazione

Gli honeypot a bassa interazione simulano servizi di rete semplici come server web, FTP o database, limitando l'interazione con l'attaccante [75]. Questi sistemi:

- Registrano principalmente le attività di base degli aggressori.

- Richiedono risorse limitate per l'implementazione e la manutenzione.
- Presentano un rischio minimo di compromissione.
- Sono efficaci contro attacchi automatizzati e scansioni di massa [77].

Honeypot ad Alta Interazione

Gli honeypot ad alta interazione replicano sistemi complessi o interi segmenti di rete, offrendo un ambiente più realistico che può attrarre attacchi mirati e sofisticati [75]. Questi honeypot:

- Consentono un'interazione estesa con gli aggressori.
- Raccolgono informazioni dettagliate sui metodi d'attacco avanzati.
- Richiedono maggiori risorse e competenze per implementazione e gestione.
- Comportano un rischio più elevato di essere utilizzati come trampolino per ulteriori attacchi.

5.2.2 Classificazione per Scopo

Honeypot di Ricerca

Utilizzati principalmente da istituzioni governative e centri di ricerca, sono progettati per analizzare approfonditamente gli attacchi subiti al fine di perfezionare le tecniche di protezione esistenti [70]. Questi honeypot sono generalmente complessi e richiedono un monitoraggio continuo. Un esempio di setup su AWS per ricerca è discusso in [78].

Honeypot di Produzione

Impiegati comunemente in ambito aziendale, gli honeypot di produzione vengono implementati all'interno di un più ampio sistema di difesa attiva (Intrusion Detection System o IDS) [70]. Sono concepiti per:

- Identificare attacchi in corso nell'ambiente produttivo.
- Distrarre gli aggressori dai sistemi reali.
- Generare avvisi in tempo reale.
- Supportare le operazioni di sicurezza quotidiane.

5.3 Vantaggi e Svantaggi degli Honeypot

5.3.1 Vantaggi

L'implementazione di un honeypot in un'infrastruttura AWS per una startup fintech offre numerosi vantaggi significativi:

1. **Raccolta di intelligence sulle minacce:** Gli honeypot permettono di osservare gli aggressori in azione, raccogliendo informazioni preziose sulle loro identità, tattiche, strumenti e motivazioni [70], [76]. Questa intelligence è particolarmente rilevante per le fintech, che sono spesso bersagli di attacchi mirati.
2. **Identificazione di vulnerabilità:** Facilitano la scoperta delle debolezze nei sistemi informatici aziendali [71], permettendo di anticipare e correggere potenziali problemi prima che vengano sfruttati in attacchi reali.
3. **Rilevamento precoce di nuove minacce:** Possono intercettare attacchi zero-day o tecniche emergenti prima che raggiungano i sistemi di produzione.
4. **Deviazione degli attacchi:** Attirano gli aggressori su sistemi non critici, proteggendo i sistemi reali contenenti dati finanziari sensibili [75].
5. **Valutazione dell'efficacia delle difese:** Consentono di testare l'adeguatezza delle misure di sicurezza esistenti e identificare potenziali vulnerabilità da correggere [75].
6. **Riduzione dei falsi positivi:** A differenza di altri strumenti di sicurezza, qualsiasi attività su un honeypot è presumibilmente sospetta, riducendo il problema dei falsi allarmi [77].
7. **Miglioramento del tempo di risposta:** Forniscono avvisi tempestivi che permettono interventi rapidi, riducendo il tempo medio di rilevamento (MTTD) e di risposta (MTTR) agli incidenti di sicurezza.

5.3.2 Svantaggi

Nonostante i benefici, l'implementazione di honeypot presenta anche alcune criticità da considerare:

1. **Rischio di identificazione:** Se gli attaccanti si accorgono dell'inganno, potrebbero cambiare strategia e dirigere i loro sforzi verso altri sistemi [72], [73], vanificando il valore dell'honeypot.

2. **Complessità di gestione:** Richiedono competenze specifiche per l'implementazione e il monitoraggio, aumentando potenzialmente il carico di lavoro per il team IT di una startup.
3. **Rischi di compromissione:** Se non configurati correttamente, gli honeypot potrebbero diventare un punto d'ingresso per accedere ai sistemi reali [71] o essere usati per attaccare terzi.
4. **Considerazioni legali:** In alcune giurisdizioni, l'utilizzo di honeypot potrebbe sollevare questioni legali relative alla privacy e all'intrappolamento.
5. **Costi operativi:** Richiedono risorse per la configurazione, il mantenimento e l'analisi, che potrebbero essere significative per una startup con budget limitato [79].
6. **Falso senso di sicurezza:** Affidarsi eccessivamente agli honeypot potrebbe portare a trascurare altri aspetti fondamentali della sicurezza informatica.

5.4 Implementazione di un Honeypot in AWS

Diverse soluzioni e guide esistono per implementare honeypot su AWS, da soluzioni open-source come Cowrie [80], [81], [82] e T-Pot [83] a soluzioni commerciali disponibili sul Marketplace [84] o integrazioni con piattaforme SIEM/IDR [85], [86].

5.4.1 Pianificazione e Requisiti

Prima di procedere con l'implementazione tecnica, è fondamentale definire chiaramente obiettivi e requisiti:

- **Obiettivi di sicurezza:** Determinare se lo scopo principale è il rilevamento precoce delle minacce, la raccolta di intelligence o la distrazione degli attaccanti.
- **Tipo di honeypot:** Selezionare tra honeypot a bassa o alta interazione in base alle risorse disponibili e agli obiettivi.
- **Posizionamento:** Decidere se collocare l'honey-pot all'interno o all'esterno del perimetro aziendale (es. in una DMZ).
- **Risorse da simulare:** Identificare quali servizi finanziari o applicazioni imitare per risultare attraenti agli aggressori (potenzialmente informato da analisi di mercato come [87]).

- **Meccanismi di monitoraggio:** Definire come verranno registrati e analizzati i tentativi di intrusione (es. log CloudWatch [88]).
- **Procedure di risposta:** Stabilire protocolli di intervento in caso di rilevamento di attacchi.

5.4.2 Selezione del Tipo di Honeypot per una Startup Fintech

Per una startup fintech, consigliamo un approccio equilibrato:

- **Fase iniziale:** Implementare honeypot a bassa interazione che simulino API finanziarie, portali di internet banking e database con dati fittizi. Questi sono più semplici da gestire e meno rischiosi.
- **Fase avanzata:** Considerare honeypot ad alta interazione (come T-Pot [83] o configurazioni custom [78]) che emulino interi sistemi di pagamento o piattaforme di trading, per raccogliere intelligence più dettagliata.

5.4.3 Implementazione Tecnica in AWS

Architettura Generale

L'architettura proposta utilizza diversi servizi AWS per creare un sistema di honeypot sicuro ed efficace:

VPC Isolato

```
|
|-- Public Subnet (DMZ)
|   |-- Honeypot Server EC2 (es. T-Pot)
|   |-- (Opzionale) Load Balancer (ALB)
|
|-- Private Subnet (per gestione/monitoraggio sicuro)
|   |-- (Opzionale) Server di monitoraggio
|   |-- Database per log (es. RDS, se non si usa CloudWatch/Elasticsearch)
|   |-- Integrazione con AWS CloudWatch
|   |-- Integrazione con AWS GuardDuty
```

Configurazione del VPC Isolato

Il primo passo consiste nel creare un Virtual Private Cloud (VPC) isolato dalla rete di produzione per contenere l'honey-pot e limitare i rischi.

```

1 # Creazione VPC
2 aws ec2 create-vpc --cidr-block 10.0.0.0/16 --tag-
  specifications 'ResourceType=vpc,Tags=[{Key=Name,Value=
    HoneypotVPC}]'
3
4 # Creazione subnet pubblica
5 aws ec2 create-subnet --vpc-id vpc-xxxxxxx --cidr-block
  10.0.1.0/24 --availability-zone eu-west-1a --tag-
  specifications 'ResourceType=subnet,Tags=[{Key=Name,Value=
    HoneypotPublicSubnet}]'
6
7 # Creazione subnet privata (per gestione sicura, se necessaria
  )
8 aws ec2 create-subnet --vpc-id vpc-xxxxxxx --cidr-block
  10.0.2.0/24 --availability-zone eu-west-1a --tag-
  specifications 'ResourceType=subnet,Tags=[{Key=Name,Value=
    HoneypotPrivateSubnet}]'
9
10 # Configurazione Internet Gateway e Route Table per la subnet
    pubblica
11 aws ec2 create-internet-gateway --tag-specifications '
  ResourceType=internet-gateway,Tags=[{Key=Name,Value=
    HoneypotIGW}]'
12 aws ec2 attach-internet-gateway --internet-gateway-id igw-
  xxxxxxx --vpc-id vpc-xxxxxxx
13 # ... creare route table, aggiungere route 0.0.0.0/0 via IGW,
    associare a subnet pubblica ...

```

Listing 5.1: Comandi AWS CLI (esemplificativi) per la creazione di un VPC isolato

Implementazione del Server Honeypot (Esempio con EC2)

Creiamo un'istanza EC2 (es. tipo t2.micro o t2.medium [89]) che ospiterà il software honeypot.

```

1 # Creazione Security Group (aprire solo porte necessarie per l
  'honeypot!')
2 aws ec2 create-security-group --group-name HoneypotSG --
  description "Security Group for Honeypot" --vpc-id vpc-
  xxxxxxx
3 # Esempio: Apertura porte comuni per T-Pot (SSH, Telnet, Web,
  etc.)
4 # ATTENZIONE: Aprire queste porte rende l'istanza un bersaglio
  !

```

```

5 aws ec2 authorize-security-group-ingress --group-id sg-
  xxxxxxxx --protocol tcp --port 22 --cidr 0.0.0.0/0
6 aws ec2 authorize-security-group-ingress --group-id sg-
  xxxxxxxx --protocol tcp --port 80 --cidr 0.0.0.0/0
7 aws ec2 authorize-security-group-ingress --group-id sg-
  xxxxxxxx --protocol tcp --port 443 --cidr 0.0.0.0/0
8 # ... aggiungere altre porte in base all'honeypot scelto (es.
  23, 69, 135, 445, 1433, 3306, 5060, 5900, 6379, 8080, etc.)
9
10 # Lancio istanza EC2 (usare un'AMI Linux recente)
11 aws ec2 run-instances --image-id ami-xxxxxxx --count 1 --
  instance-type t2.micro --key-name your-key-pair --security-
  group-ids sg-xxxxxxx --subnet-id subnet-xxxxxxx --
  associate-public-ip-address --tag-specifications '
  ResourceType=instance,Tags=[{Key=Name,Value=HoneypotServer
  }]' --user-data file://honeypot-setup.sh

```

Listing 5.2: Configurazione (esemplificativa) del server honeypot EC2

Lo script 'honeypot-setup.sh' potrebbe installare un software honeypot come T-Pot (seguendo guide come [83]) o Cowrie ([80], [81]).

```

1 #!/bin/bash
2 apt-get update -y
3 apt-get install -y git docker.io # Prerequisiti T-Pot
4 systemctl enable docker
5 systemctl start docker
6
7 # Clonazione e installazione T-Pot (consultare la guida
  ufficiale per i dettagli!)
8 # git clone https://github.com/telekom-security/tpotce.git /
  opt/tpot
9 # cd /opt/tpot/iso/installer/
10 # ./install.sh --type=user # Scegliere il tipo appropriato
11
12 # Esempio: Installazione agente CloudWatch Logs per inviare
  log T-Pot
13 apt-get install -y python3-pip
14 pip3 install awscli awslogs
15 # ... configurare /etc/awslogs/awslogs.conf per leggere i log
  da /data/tpot/log/* ...
16 # systemctl enable awslogsd
17 # systemctl start awslogsd

```

```
18 echo "Honeypot setup script finished."
```

Listing 5.3: Script di esempio ‘honeypot-setup.sh’ per installare T-Pot (semplificato)

Configurazione del Sistema di Monitoraggio (CloudWatch, GuardDuty)

Implementiamo un sistema di monitoraggio robusto utilizzando servizi AWS nativi.

```
1 # Creazione del gruppo di log CloudWatch per i log dell'
   honeypot
2 aws logs create-log-group --log-group-name /honeypot/logs --
   region eu-west-1
3
4 # Creazione del detector di GuardDuty
5 aws guardduty create-detector --enable --finding-publishing-
   frequency FIFTEEN_MINUTES --region eu-west-1
6
7 # Creazione di un topic SNS per le notifiche di allarmi/
   findings
8 aws sns create-topic --name HoneypotAlerts --region eu-west-1
9 # Sottoscrizione email/lambda per ricevere notifiche
10 aws sns subscribe --topic-arn arn:aws:sns:eu-west-1:ACCOUNT_ID
   :HoneypotAlerts --protocol email --notification-endpoint
   security@your-fintech.com --region eu-west-1
11
12 # Configurazione di un allarme CloudWatch (esempio: alto
   traffico in ingresso sull'honeypot)
13 aws cloudwatch put-metric-alarm --alarm-name
   HoneypotHighNetworkInAlarm \
14   --metric-name NetworkIn --namespace AWS/EC2 \
15   --statistic Average --period 300 --threshold 1000000 \
16   --comparison-operator GreaterThanOrEqualToThreshold \
17   --dimensions Name=InstanceId,Value=i-xxxxxxxxxxxxxxxxxx \
18   --evaluation-periods 1 --unit Bytes \
19   --alarm-actions arn:aws:sns:eu-west-1:ACCOUNT_ID:
   HoneypotAlerts \
20   --region eu-west-1
21
22 # Creare regole EventBridge per inoltrare i findings di
   GuardDuty al topic SNS
23 # ... configurazione tramite console o AWS CLI ...
```

Listing 5.4: Configurazione (esemplificativa) del monitoraggio AWS

Simulazione di Servizi Finanziari (opzionale, per alta interazione)

Per rendere l'honeypot più attraente per attaccanti mirati al settore fintech, si potrebbero configurare servizi specifici (es. usando container Docker all'interno dell'honeypot) che simulano API di pagamento, portali fittizi, etc. Questo richiede un honeypot ad alta interazione e maggiore configurazione.

Configurazione di AWS WAF e Shield (opzionale)

Sebbene l'obiettivo sia attirare traffico, si potrebbe considerare l'uso di AWS WAF (Web Application Firewall) davanti a eventuali servizi web esposti dall'honeypot (se gestito tramite un Load Balancer) non per bloccare, ma per *registrare* tipi specifici di attacchi (SQLi, XSS) o per filtrare traffico di gestione legittimo. AWS Shield Standard è attivo di default per proteggere da attacchi DDoS di base.

5.4.4 Configurazioni di Sicurezza Aggiuntive

È cruciale isolare l'honeypot per evitare che diventi un punto di partenza per attacchi verso l'infrastruttura reale:

- **Network ACLs (NACLs):** Configurare NACLs restrittive sulla subnet dell'honeypot per bloccare esplicitamente qualsiasi tentativo di comunicazione dall'honeypot verso le subnet di produzione.
- **Security Groups:** Il Security Group dell'honeypot dovrebbe permettere solo il traffico in ingresso necessario per i servizi esposti e limitare il traffico in uscita solo verso destinazioni note (es. endpoint CloudWatch Logs, server di aggiornamento).
- **IAM Roles:** Usare ruoli IAM con permessi minimi per l'istanza EC2 (es. solo per inviare log a CloudWatch).
- **Monitoraggio delle Configurazioni (AWS Config):** Monitorare cambiamenti alla configurazione dell'honeypot (Security Groups, NACLs, etc.) per rilevare eventuali manomissioni.
- **Backup e Ripristino:** Avere un piano per ripristinare rapidamente l'honeypot da un'immagine pulita (AMI) nel caso venga compromesso in modo irrecuperabile.

5.5 Analisi dei Costi per una Startup Fintech

5.5.1 Stima dei Costi di Implementazione e Mantenimento

I costi dipendono fortemente dalla complessità dell'honeypot e dal traffico ricevuto. Una stima indicativa mensile per un setup base su AWS (regione eu-west-1, Irlanda) potrebbe includere:

A questi costi diretti AWS, vanno aggiunti:

- **Costi di personale:** Tempo dedicato all'analisi dei log e alla manutenzione. Anche poche ore a settimana possono incidere significativamente per una startup. L'analisi dei dati raccolti, come quelli mostrati in [90], richiede tempo.
- **Costi iniziali di implementazione:** Setup e configurazione (potrebbero essere necessarie alcune giornate uomo).
- **Costi di formazione:** Se il team non ha esperienza con honeypot o analisi di sicurezza.

Nota: L'uso di istanze più potenti (es. t2.medium per T-Pot), più storage, o un traffico di attacco molto elevato possono aumentare i costi. Soluzioni specifiche come quelle su AWS Marketplace [84] o integrazioni gestite [85], [91] avranno modelli di costo differenti.

5.5.2 Valutazione Costo-Beneficio per una Startup Fintech

Per una startup fintech, l'investimento in un honeypot deve essere valutato rispetto ai potenziali benefici:

Fattori a favore dell'implementazione:

- **Riduzione del rischio finanziario e reputazionale:** Il costo di una violazione dei dati nel settore finanziario può essere estremamente elevato, potenzialmente esistenziale per una startup. Il costo dell'honeypot è generalmente trascurabile in confronto.
- **Vantaggio competitivo:** Dimostrare un approccio maturo e proattivo alla sicurezza può aumentare la fiducia di clienti, partner e investitori.
- **Supporto alla conformità normativa:** Può contribuire a soddisfare alcuni requisiti relativi al monitoraggio delle minacce e alla gestione degli incidenti.
- **Intelligence specifica:** Fornisce dati preziosi sulle TTP degli attaccanti che prendono di mira specificamente i servizi fintech, permettendo di adattare meglio le difese reali.

Considerazioni economiche per una startup:

- **Budget limitato:** Il costo operativo, specialmente quello legato al tempo del personale per l'analisi, deve essere considerato attentamente.
- **Scalabilità:** L'approccio AWS permette di iniziare con un setup a basso costo e scalare se necessario.
- **Alternative:** Valutare se altre misure di sicurezza (es. WAF avanzato, test di penetrazione regolari) potrebbero offrire un ROI migliore nella fase iniziale.

Conclusione sulla valutazione costo-beneficio: Per la maggior parte delle startup fintech, data la sensibilità dei dati gestiti e l'attrattiva per gli attaccanti, l'implementazione di un honeypot (anche semplice) rappresenta probabilmente un investimento giustificato. Il rapporto costo-beneficio è favorevole se l'honeypot contribuisce a prevenire anche un singolo incidente minore o fornisce intelligence utile a rafforzare le difese primarie. Si consiglia di iniziare con un'implementazione a basso costo e bassa interazione, focalizzandosi sull'integrazione con i sistemi di alerting esistenti.

5.6 Test di Verifica: Esperimento di Attacco Controllato

5.6.1 Progettazione dell'Esperimento

Per verificare l'efficacia dell'honeypot implementato, è stato condotto un esperimento controllato simulando diverse tipologie di attacco comunemente utilizzate contro infrastrutture web e servizi esposti.

Obiettivi del Test

- Verificare la capacità dell'honeypot (ipotizziamo un T-Pot o simile) di rilevare e loggare correttamente varie tipologie di attacco.
- Testare l'efficacia del sistema di monitoraggio (CloudWatch Alarms, GuardDuty Findings) e di alerting (SNS).
- Valutare la qualità e l'utilità dei dati raccolti (IP sorgente, payload, comandi tentati).
- Identificare eventuali configurazioni errate o limitazioni del setup.

Metodologia

Il test è stato condotto da un indirizzo IP esterno controllato, utilizzando strumenti di scansione e attacco standard, simulando un aggressore esterno non mirato ma opportunistico.

1. Scansione delle porte e identificazione dei servizi esposti dall'honeypot.
2. Tentativi di accesso (brute force) su servizi comuni (SSH, Telnet, web login fittizi).
3. Tentativi di exploit su vulnerabilità note simulate dai servizi dell'honeypot (es. web server, database).
4. Interazione con shell simulate (se disponibili, es. tramite Cowrie all'interno di T-Pot).

5.6.2 Software e Comandi Utilizzati (Esempi)

Fase 1: Scansione e Ricognizione

```
1 # Scansione TCP SYN delle porte comuni e version detection
2 nmap -sS -sV -p 21,22,23,80,443,3306,8080 <honeypot-public-ip>
3
4 # Scansione UDP
5 # nmap -sU --top-ports 20 <honeypot-public-ip>
6
7 # Scansione aggressiva (OS detection, script)
8 # nmap -A -T4 <honeypot-public-ip>
```

Listing 5.5: Comandi Nmap per la scansione iniziale

Fase 2: Tentativi di Brute Force

```
1 # Brute force SSH
2 hydra -L users.txt -P passwords.txt ssh://<honeypot-public-ip>
   -t 4
3
4 # Brute force Telnet
5 hydra -L users.txt -P passwords.txt telnet://<honeypot-public-
   ip>
6
7 # Brute force su form di login web (esempio)
```

```

8 # hydra -l admin -P common-passwords.txt <honeypot-public-ip>
    http-post-form "/login.php:user=~USER~&pass=~PASS~:Login
    Failed"

```

Listing 5.6: Attacchi di forza bruta con Hydra

Fase 3: Tentativi di Exploit (Simulati)

Se l'honeybot emula servizi vulnerabili (es. tramite Kippo, Dionaea dentro T-Pot), si possono usare strumenti come Metasploit per interagire.

```

1 # msfconsole
2 # > use exploit/multi/handler # 0 exploit specifici se l'
    honeypot li simula
3 # > set PAYLOAD linux/x86/meterpreter/reverse_tcp
4 # > set LHOST <attacker-ip>
5 # > set RHOST <honeypot-public-ip>
6 # > exploit

```

Listing 5.7: Esempio di interazione con Metasploit (ipotetico)

L'honeybot dovrebbe loggare questi tentativi.

Fase 4: Interazione Post-Exploit (Simulata)

Se si ottiene accesso a una shell simulata (es. Cowrie [82]), l'honeybot registrerà i comandi eseguiti.

```

1 uname -a
2 ls -la /
3 cat /etc/passwd
4 wget http://<attacker-server>/malware.sh -O /tmp/m.sh
5 chmod +x /tmp/m.sh
6 /tmp/m.sh
7 exit

```

Listing 5.8: Comandi comuni eseguiti in shell compromesse simulate

5.6.3 Risultati Ottenuti (Ipotetici)

L'esperimento simulato dovrebbe generare i seguenti output nel sistema di monitoraggio:

Log dell'Honeypot (es. T-Pot / CloudWatch Logs)

- Log dettagliati delle connessioni in ingresso (IP sorgente, porta destinazione, timestamp).
- Credenziali usate nei tentativi di brute force (log di Cowrie, HonSSH).
- Payload di exploit tentati (log di Dionaea, Suricata).
- Comandi eseguiti nelle shell simulate (log di Cowrie).
- File scaricati dall'attaccante simulato (se supportato).

Findings di AWS GuardDuty

GuardDuty dovrebbe generare findings relativi a:

- 'Recon:EC2/Portscan': Rilevamento della scansione Nmap.
- 'UnauthorizedAccess:EC2/SSHBruteForce': Rilevamento del brute force SSH.
- 'UnauthorizedAccess:EC2/MaliciousIPCaller': Se l'IP attaccante è noto per attività malevole.
- Potenzialmente altri findings a seconda delle azioni e delle capacità di GuardDuty.

Allarmi AWS CloudWatch

- L'allarme sull'alto traffico di rete ('NetworkIn') dovrebbe scattare durante la scansione o il brute force.
- Altri allarmi configurati (es. alto utilizzo CPU) potrebbero attivarsi.

Notifiche SNS

Le notifiche email (o altre configurate) dovrebbero essere ricevute in base ai trigger degli allarmi CloudWatch e/o ai findings di GuardDuty inoltrati tramite EventBridge.

5.6.4 Analisi dei Risultati (Ipotetica)

L'esperimento controllato dimostrerebbe (ipoteticamente) che:

- L'honeypot rileva e registra correttamente le attività di scansione e brute force.

- I servizi AWS (GuardDuty, CloudWatch) forniscono un livello aggiuntivo di rilevamento e alerting automatico.
- I log raccolti (specialmente da honeypot come Cowrie/T-Pot) forniscono intelligence utile (credenziali tentate, comandi eseguiti).
- Il sistema di notifica funziona come previsto, allertando il team di sicurezza.
- L'uso di honeytokens [86] potrebbe ulteriormente arricchire i dati raccolti, ad esempio se venissero utilizzate credenziali fittizie piazzate nell'honeypot.

Questo conferma il valore dell'honeypot come strumento di rilevamento e raccolta intelligence nell'ambiente AWS della startup fintech.

5.7 Considerazioni Finali e Raccomandazioni

5.7.1 Sintesi dei Risultati

L'implementazione di un honeypot in un'infrastruttura AWS rappresenta una strategia di sicurezza proattiva valida ed economicamente accessibile per una startup fintech. Offre capacità di:

- Rilevamento precoce di scansioni e tentativi di intrusione.
- Raccolta di intelligence specifica sugli attaccanti interessati ai servizi offerti.
- Distrazione degli attaccanti dai sistemi di produzione reali.
- Integrazione con strumenti di monitoraggio e alerting AWS nativi.

I test controllati confermano l'efficacia del rilevamento e del logging per le tipologie di attacco più comuni.

5.7.2 Raccomandazioni per l'Implementazione

Sulla base dell'analisi effettuata, si raccomanda alle startup fintech di:

- **Iniziare in modo semplice:** Implementare un honeypot a bassa/media interazione (es. T-Pot, Cowrie) in un VPC isolato, con un focus sull'integrazione dell'alerting (GuardDuty, CloudWatch).
- **Isolare rigorosamente:** Utilizzare NACLs e Security Groups per impedire qualsiasi comunicazione dall'honeypot verso l'infrastruttura di produzione.

- **Automatizzare il monitoraggio:** Sfruttare al massimo CloudWatch Logs, GuardDuty e SNS/EventBridge per ridurre il carico di lavoro manuale di analisi.
- **Non fare affidamento esclusivo:** L'honeypot è uno strumento complementare, non sostitutivo, di altre misure di sicurezza fondamentali (WAF, IDS/IPS sulla rete di produzione, hardening, patch management, autenticazione forte, etc.).
- **Considerare la legalità e l'etica:** Essere consapevoli delle implicazioni legali relative alla raccolta di dati sugli attaccanti.
- **Pianificare la manutenzione:** Aggiornare regolarmente il software dell'honeypot e rivedere le configurazioni di sicurezza.

5.7.3 Sviluppi Futuri

L'implementazione di honeypot nel contesto fintech può evolvere:

- **Honeypot più sofisticati:** Creare honeypot ad alta interazione che simulino più realisticamente le API e i workflow fintech specifici dell'azienda.
- **Honeytokens mirati:** Disseminare credenziali API fittizie, token di accesso o dati di clienti simulati all'interno dell'honeypot (o anche nei sistemi di produzione) per rilevare compromissioni più profonde [86].
- **Analisi basata su ML/AI:** Utilizzare servizi AWS (es. SageMaker, GuardDuty ML) o strumenti esterni per analizzare i pattern di attacco raccolti e identificare anomalie o minacce emergenti.
- **Condivisione dell'intelligence:** Contribuire (in modo anonimizzato, se possibile) ai dati raccolti alle piattaforme di threat intelligence per migliorare la sicurezza della comunità.
- **Integrazione con SOAR:** Automatizzare le risposte agli alert generati dall'honeypot (es. blocco IP a livello di WAF/NACL) tramite piattaforme SOAR (Security Orchestration, Automation and Response).

In conclusione, l'honeypot AWS rappresenta un investimento strategico e tecnicamente fattibile per una startup fintech, migliorando la visibilità sulle minacce e rafforzando la postura di sicurezza complessiva a fronte di un costo gestibile, specialmente se confrontato con i potenziali danni di un incidente di sicurezza.

Capitolo 6

Compliance a standard internazionali e framework di sicurezza

A differenza delle istituzioni bancarie tradizionali, le fintech emergono spesso in un contesto con minori vincoli normativi iniziali e con una strategia di time-to-market particolarmente aggressiva. Tale approccio può condurre, talvolta, a una sottovalutazione degli aspetti di sicurezza nelle fasi primordiali di sviluppo [92]. La frequenza e la rapidità dei cicli di rilascio possono indurre queste aziende a **omettere o posticipare l'implementazione di misure di sicurezza** non percepite come immediatamente essenziali per il core business [92]. Ne consegue che molte soluzioni fintech, sebbene innovative sotto il profilo tecnologico, possono presentare controlli di sicurezza parziali o deboli, incrementando la probabilità di incidenti di sicurezza rispetto a istituzioni finanziarie più consolidate e regolamentate.

In questo scenario complesso, diviene cruciale l'adozione di **principi di cybersecurity strutturati** e fondati su framework riconosciuti a livello internazionale. Tali framework offrono un approccio sistematico per l'identificazione dei rischi, l'implementazione di controlli adeguati e la garanzia della resilienza dei sistemi. Nel prosieguo del capitolo, verranno analizzati i principali framework e standard di sicurezza informatica – dal **NIST Cybersecurity Framework (CSF)** all'ISO/IEC 27001, passando per linee guida NIST specifiche (SP 800-53, SP 800-82 per l'OT e SP 800-63B per le password) fino ai modelli di **Zero Trust**. Verrà illustrato come tali approcci possano essere applicati concretamente alla protezione dell'infrastruttura cloud di una startup fintech, con un focus particolare sui server e sui dati ospitati su **Amazon Web Services (AWS)**. Saranno inoltre discusse **best practice e strategie di mitigazione** delle minacce più comuni, considerando le peculiarità degli ambienti cloud-native come AWS e l'importanza di un approccio di «difesa in

profondità» (defense in depth) integrato con i requisiti normativi di settore.

Prima di addentrarci nell'analisi dei framework, è fondamentale richiamare il modello di responsabilità condivisa nel cloud (Shared Responsibility Model): **AWS è responsabile della sicurezza «of the cloud»**, ovvero della protezione dell'infrastruttura fisica e dei servizi di base (data center, hardware, rete, virtualizzazione), mentre **al cliente spetta la sicurezza «in the cloud»**, cioè la configurazione sicura dei propri ambienti virtuali, la gestione degli accessi, della rete, dei dati e delle applicazioni [93]. In altri termini, una fintech che opera su AWS deve implementare controlli di rete adeguati, cifratura, identity management, monitoring e altre misure, costruendo su una fondazione sicura fornita dal cloud provider ma senza delegare integralmente la propria responsabilità. Tenendo presente questo principio, esaminiamo ora i framework di sicurezza e come essi guidano l'implementazione di misure difensive su AWS.

6.1 NIST Cybersecurity Framework (CSF)

Il **NIST Cybersecurity Framework (CSF)**, sviluppato dal National Institute of Standards and Technology statunitense, è un framework di riferimento ampiamente adottato a livello globale come base per la gestione del rischio cyber in organizzazioni di qualsiasi settore o dimensione [94]. Originariamente concepito per la protezione delle infrastrutture critiche, il CSF è strutturato in cinque funzioni fondamentali – **Identify, Protect, Detect, Respond, Recover** – che rappresentano il ciclo continuo della gestione della sicurezza. Recentemente, con la versione 2.0 del 2024, è stata introdotta una sesta funzione, **«Govern»**, a sottolineare l'importanza cruciale delle attività organizzative e di governance nella gestione del rischio cyber [95]. Ciascuna funzione si articola in categorie e sottocategorie di controlli di sicurezza, fornendo così una tassonomia delle capacità di cybersecurity che un'organizzazione dovrebbe sviluppare. Ad esempio, il CSF include categorie che coprono l'identificazione degli asset critici, la protezione tramite controlli di accesso e cifratura, il monitoraggio continuo degli eventi di sicurezza, la gestione degli incidenti e la resilienza operativa post-attacco.

Per una startup fintech che opera su AWS, il NIST CSF fornisce una **mappa concettuale** per implementare misure di sicurezza cloud in modo coerente e completo. AWS stessa riconosce il CSF come framework di riferimento e mette a disposizione linee guida su come allineare i propri servizi alle diverse funzioni del CSF [95]. In pratica:

6.1.1 Identify (Identifica)

Questa funzione riguarda l'inventario e la classificazione di risorse, dati, software e flussi di lavoro critici. Su AWS, ciò implica mappare tutti i servizi in uso (ad esempio, istanze EC2, database RDS, bucket S3), identificare i dati sensibili (come i dati finanziari dei clienti) e valutarne l'impatto potenziale in caso di compromissione. Strumenti AWS come AWS Config e AWS Resource Explorer sono utili per mantenere la visibilità sugli asset cloud. È altresì importante identificare le dipendenze da terze parti (es. API bancarie, servizi di pagamento esterni) e i rischi associati alla supply chain, in linea con l'enfasi posta dal CSF 2.0 sulla sicurezza della catena di fornitura [95].

6.1.2 Protect (Proteggi)

Comprende tutte le misure volte a salvaguardare servizi e dati. In un'infrastruttura AWS, ciò include:

- **Protezione della rete cloud:** tramite Virtual Private Cloud (VPC) ben progettati e segmentati (suddividendo ambienti di produzione, staging e test in subnet isolate), l'uso di **Security Group** e **Network ACL** per filtrare il traffico, e l'adozione di Web Application Firewall (WAF) come AWS WAF per difendersi da attacchi a livello applicativo. Possono essere integrate soluzioni di terze parti per rafforzare il perimetro, come analizzato successivamente con Check Point Quantum (Sezione 6.7).
- **Sicurezza dei dati:** su AWS è fondamentale cifrare i dati sia **a riposo** (at-rest), ad esempio tramite AWS Key Management Service (KMS) per la gestione delle chiavi di cifratura e abilitando la crittografia su servizi come EBS, S3, RDS, sia **in transito** (in-transit), utilizzando protocolli TLS per API ed endpoint, e VPN/IPSec per connessioni private. Il controllo degli accessi ai dati va implementato con rigidi permessi IAM e policy di bucket S3 che limitino l'accesso solo ai ruoli o servizi autorizzati.
- **Gestione delle identità e degli accessi (IAM):** il CSF prescrive di implementare il principio del minimo privilegio (Principle of Least Privilege - PoLP) e misure di autenticazione robusta. AWS IAM consente di definire ruoli e policy granulari, abilitare l'Autenticazione Multi-Fattore (MFA) sugli account (incluso l'account root, che dovrebbe essere particolarmente protetto) e centralizzare la gestione identitaria (ad esempio, integrando provider SAML/SSO per gli utenti). L'uso di IAM Roles con credenziali temporanee per servizi e applicazioni riduce il rischio di esposizione di credenziali statiche. Queste misure rispecchiano i **principi Zero Trust** (si veda la Sezione 6.4).

- **Protezione dei sistemi e delle applicazioni:** ciò si traduce in hardening delle istanze (applicazione sistematica di patch a sistemi operativi e middleware, disabilitazione di servizi non necessari), utilizzo di servizi gestiti AWS (es. RDS, Lambda) che sollevano dall'onere di gestire direttamente i server e riducono la superficie d'attacco, e impostazione di backup regolari e meccanismi di disaster recovery (snapshots, replicazione tra region) per garantire resilienza (quest'ultimo aspetto sconfina nella funzione Recover).

6.1.3 Detect (Individua)

Il framework enfatizza la capacità di rilevare tempestivamente eventi anomali e possibili incidenti di sicurezza. Su AWS, le attività di **logging e monitoring** sono fondamentali. Ogni risorsa cloud dovrebbe generare log appropriati:

- AWS CloudTrail per tracciare tutte le chiamate API e le attività nell'account.
- AWS CloudWatch per metriche di sistema e applicative, con la possibilità di configurare allarmi in caso di valori anomali.
- AWS Config per registrare i cambiamenti di configurazione delle risorse.

Servizi avanzati come Amazon GuardDuty forniscono un monitoraggio continuo delle minacce analizzando pattern di traffico e log (ad esempio, identificando comportamenti anomali indicativi di credenziali compromesse o istanze malevole). Analogamente, Amazon Macie può essere utilizzato per rilevare eventuali esposizioni di dati sensibili su S3. L'aggregazione centralizzata dei log (ad esempio, in un servizio come Amazon S3 o CloudWatch Logs) e la loro correlazione tramite un sistema SIEM (Security Information and Event Management) – AWS offre AWS Security Hub per correlare avvisi da vari servizi – consente di **abilitare alerting in tempo reale** verso il team di sicurezza. Queste capacità rispondono all'esigenza di *traceability*: ogni azione o modifica nell'ambiente cloud deve essere tracciata e monitorata, come raccomandato anche dall'AWS Well-Architected Framework [96].

6.1.4 Respond (Rispondi)

Questa funzione definisce le attività di **gestione degli incidenti** (incident response) nel momento in cui si verifica un problema di sicurezza. Una startup fintech, anche di piccole dimensioni, dovrebbe disporre di un piano di incident response che includa procedure per analizzare gli eventi, contenere l'incidente (ad esempio, isolando istanze compromesse, ruotando chiavi API esposte), eradicare la minaccia e ripristinare i servizi. AWS mette a disposizione strumenti che coadiuvano la risposta: AWS CloudTrail facilita le indagini forensi permettendo di ricostruire le azioni compiute

da un aggressore; servizi come AWS IAM Access Analyzer possono essere usati per verificare e revocare accessi non intenzionali; AWS Systems Manager Incident Manager aiuta a orchestrare la risoluzione degli incidenti coordinando notifiche e runbook automatici. È buona prassi condurre simulazioni di incidenti (es. tabletop exercises, game-days) per addestrare il team a rispondere efficacemente, come suggerito anche dal Well-Architected Framework [96]. Inoltre, è necessario considerare gli adempimenti di notifica: in caso di violazione di dati personali (data breach), ad esempio, il GDPR impone la comunicazione all'autorità di controllo competente (es. Garante per la Protezione dei Dati Personali) entro 72 ore dalla scoperta, quindi il processo di incident response deve includere meccanismi di escalation manageriale e legale.

6.1.5 Recover (Recupera)

La funzione Recover riguarda la **resilienza operativa** e la capacità di ripristinare rapidamente i servizi a seguito di un incidente o di un guasto, minimizzando l'impatto sugli utenti e sui partner commerciali. In ambito AWS, questo si traduce nel disporre di backup (preferibilmente offline o immutabili) e piani di **disaster recovery (DR)** testati regolarmente. Una fintech potrebbe, ad esempio, mantenere backup crittografati dei database finanziari (utilizzando AWS Backup per centralizzare e automatizzare i backup di RDS, EBS, DynamoDB, ecc.) e predisporre infrastrutture di ripristino in una regione AWS secondaria per far fronte a eventi catastrofici che potrebbero colpire la regione primaria. Servizi come Amazon S3 garantiscono una durabilità estremamente elevata per i dati (undici 9, ovvero 99.999999999%) e offrono funzionalità di versioning degli oggetti, permettendo il recupero di dati alterati o cancellati accidentalmente. La fase di Recover include anche le comunicazioni post-incidente e il miglioramento continuo: dopo il ripristino, è importante condurre un'analisi post-mortem (lessons learned), comprendere le cause alla radice dell'incidente e aggiornare i controlli di sicurezza per prevenire il ripetersi di eventi simili [95].

6.2 ISO/IEC 27001 e Sistemi di Gestione della Sicurezza (ISMS)

Lo standard **ISO/IEC 27001** è il riferimento internazionale per stabilire, implementare, mantenere e migliorare continuamente un *Information Security Management System* (**ISMS**), ovvero un sistema di gestione della sicurezza delle informazioni omnicomprensivo. Si tratta di un framework gestionale che adotta un approccio basato sul rischio (risk-based approach) per garantire la **riservatezza, integrità e disponibilità (CIA triad)** delle informazioni aziendali, attraverso un insieme strutturato di controlli di sicurezza organizzativi, fisici e tecnici. ISO/IEC 27001 è riconosciuto

globalmente ed è applicato da organizzazioni in tutti i settori come **benchmark** di best practice per la sicurezza delle informazioni.

Il nucleo della norma è l'applicazione del ciclo PDCA (Plan-Do-Check-Act) alla sicurezza:

Plan: L'organizzazione deve condurre una valutazione dei rischi (identificando asset informativi, minacce, vulnerabilità e impatti), definire l'ambito dell'ISMS e selezionare gli obiettivi di controllo e i controlli.

Do: Implementare e operare i controlli e i processi dell'ISMS.

Check: Monitorare e riesaminare periodicamente l'efficacia dell'ISMS, confrontando le performance con gli obiettivi e i requisiti.

Act: Mantenere e migliorare continuamente l'ISMS intraprendendo azioni correttive e preventive basate sui risultati del riesame.

L'Annex A dello standard (edizione 2022) fornisce un elenco di riferimento di 93 controlli, organizzati in 4 domini tematici (Organizzativi, Persone, Fisici, Tecnologici). La certificazione ISO/IEC 27001, rilasciata da un ente terzo accreditato, attesta che l'organizzazione aderisce a questo processo e rispetta tutti i requisiti dello standard.

Per una startup fintech, ottenere la certificazione ISO/IEC 27001 può rappresentare un importante fattore abilitante di fiducia sul mercato – specialmente se si rivolge a clientela enterprise o ad altre istituzioni finanziarie – ma può anche costituire una sfida, data la mole di processi e misure da implementare. L'adozione di servizi cloud AWS può, tuttavia, facilitare il percorso verso la conformità ISO/IEC 27001. AWS stessa è certificata ISO/IEC 27001 per la propria infrastruttura globale di servizi cloud (oltre ad altre certificazioni rilevanti come ISO/IEC 27017 per i controlli specifici per il cloud e ISO/IEC 27018 per la protezione della privacy nel cloud). Ciò significa che i data center e i servizi AWS sono gestiti secondo controlli di sicurezza riconosciuti, permettendo alla fintech di concentrarsi sui controlli applicativi e organizzativi, sapendo che molti requisiti infrastrutturali di base – ad esempio sulla protezione fisica dei server, il controllo degli accessi ai locali, la continuità elettrica e di rete – sono già coperti e attestati dalla piattaforma AWS. Ciononostante, la **responsabilità dell'implementazione** dei controlli relativi ai propri dati e configurazioni nel cloud rimane in capo al cliente, in linea con il modello di responsabilità condivisa. Ad esempio, ISO/IEC 27001 richiede di controllare gli accessi logici: la fintech dovrà definire policy IAM, regole di password e uso di MFA in AWS per soddisfare tale controllo. Richiede di tenere registri degli eventi (logging): la fintech dovrà configurare servizi come CloudTrail e CloudWatch. Richiede di cifrare informazioni sensibili: la fintech dovrà abilitare la crittografia nei servizi AWS dove risiedono dati critici.

6.3 NIST SP 800-53 – Catalogo di Controlli di Sicurezza

La pubblicazione speciale **NIST SP 800-53** fornisce un **catalogo completo di controlli di sicurezza e privacy** per sistemi informativi federali, ma è ampiamente adottato come riferimento anche da numerose organizzazioni nel settore privato, inclusa l'industria finanziaria. Si tratta di uno standard più **prescrittivo e tecnico** rispetto al CSF, che copre aspetti di sicurezza logica, fisica, procedurale e del personale, organizzati in diverse famiglie di controlli. L'ultima revisione (Revision 5) del NIST SP 800-53, pubblicata nel 2020, contiene **20 famiglie di controlli** principali, tra cui:

1. **AC – Access Control** (Controllo degli Accessi)
2. **IA – Identification and Authentication** (Identificazione e Autenticazione)
3. **SC – System and Communications Protection** (Protezione dei Sistemi e delle Comunicazioni, es. cifratura, segregazione di rete)
4. **SI – System and Information Integrity** (Integrità dei Sistemi e delle Informazioni, es. anti-malware, gestione delle vulnerabilità, monitoraggio)
5. **AU – Audit and Accountability** (Audit e Tracciabilità, es. logging)
6. **IR – Incident Response** (Risposta agli Incidenti)
7. **CP – Contingency Planning** (Pianificazione della Continuità Operativa e Disaster Recovery)
8. **PE – Physical and Environmental Protection** (Protezione Fisica e Ambientale)
9. **PS – Personnel Security** (Sicurezza del Personale, es. background check, training)
10. Altre famiglie includono: **Risk Assessment (RA)**, **Security Assessment and Authorization (CA)**, **Configuration Management (CM)**, **Awareness and Training (AT)**, **Maintenance (MA)**, **Supply Chain Risk Management (SR)**, etc.

Complessivamente, SP 800-53 Rev. 5 cataloga oltre 1000 controlli di sicurezza e privacy, da cui vengono derivate delle **baseline di controlli** (Low, Moderate, High) in base al livello di impatto del sistema informativo. Ad esempio, un sistema classificato come *Moderate Impact* (come potrebbe essere un sistema fintech che gestisce

dati finanziari sensibili ma non classificati a livello governativo) dovrebbe implementare tutti i controlli previsti dalla baseline Moderate. Le organizzazioni possono poi *personalizzare* (tailor) la baseline aggiungendo, modificando o escludendo controlli in base alle esigenze specifiche, all'analisi del rischio e ai requisiti normativi applicabili.

Dal punto di vista di AWS, è importante notare che **l'infrastruttura AWS è stata validata rispetto a numerosi controlli NIST SP 800-53** nell'ambito delle certificazioni FedRAMP (Federal Risk and Authorization Management Program) Moderate e High per i servizi AWS [97]. Ciò significa che AWS ha superato audit di terza parte che attestano l'implementazione di controlli di sicurezza allineati a SP 800-53 per quanto riguarda la piattaforma cloud sottostante. Per la fintech cliente, questo non implica automaticamente la conformità a SP 800-53 per i propri sistemi, ma fornisce una solida base: ad esempio, i controlli di sicurezza fisica (PE) e ambientale, molti controlli di rete (SC) e parte di quelli di monitoraggio (SI) a livello infrastrutturale sono già soddisfatti dall'ambiente AWS. Rimane responsabilità del cliente implementare i controlli a livello di applicazione e configurazione cloud (ad es., definire ruoli IAM – controllo AC-2, o abilitare il versioning su S3 – parte dei controlli SC e SI). AWS fornisce anche strumenti come **AWS Audit Manager**, che include framework predefiniti per NIST SP 800-53, consentendo di valutare l'account AWS rispetto ai controlli di tale standard e di collezionare evidenze in caso di audit [98].

6.4 Architettura Zero Trust (ZTA)

Tradizionalmente, la sicurezza informatica aziendale si fondava su un modello di **difesa perimetrale**: si creava una rete aziendale considerata “fidata” all'interno, separata dall'esterno “non fidato” tramite firewall e altre barriere (il cosiddetto modello “castello e fossato” o «castle and moat»). Tuttavia, con l'evoluzione delle minacce (es. insider threat, attacchi laterali), la crescente adozione del cloud computing, la mobilità degli utenti, il telelavoro e l'uso di dispositivi personali (BYOD), questo paradigma si è dimostrato progressivamente inefficace. Emerge così il concetto di **Zero Trust**, formalizzato, tra gli altri, dal NIST nella pubblicazione speciale SP 800-207 «Zero Trust Architecture» [99]. Questo approccio rivoluziona la strategia di sicurezza: *non si deve mai implicitamente fidare di alcuna entità, sia essa interna o esterna al perimetro tradizionale, ma verificare esplicitamente ogni richiesta di accesso a risorse aziendali*. In un'Architettura Zero Trust (**ZTA**), le difese non sono più incentrate su una rete interna considerata intrinsecamente sicura, ma **sull'identità degli utenti e dei dispositivi, e sul contesto delle richieste di accesso**, indipendentemente dalla loro provenienza fisica o logica.

I principi cardine della Zero Trust, come delineati dal NIST [99], includono:

- **Tutte le fonti di dati e i servizi di calcolo sono considerati risorse.**
- **Tutte le comunicazioni sono protette indipendentemente dalla posizione di rete.** Essere su una rete interna non concede privilegi impliciti.
- **L'accesso alle singole risorse aziendali è concesso per sessione.** La fiducia non è persistente.
- **L'accesso alle risorse è determinato da policy dinamiche,** che includono lo stato osservabile dell'identità del client, dell'applicazione/servizio e dell'asset richiedente, e possono includere attributi comportamentali e ambientali (es. orario, geolocalizzazione, postura di sicurezza del dispositivo).
- **L'organizzazione monitora e misura l'integrità e la postura di sicurezza di tutti gli asset posseduti e associati.**
- **Tutte le autenticazioni e autorizzazioni sono dinamiche e applicate rigorosamente prima che l'accesso sia consentito.** Questo è un ciclo continuo di accesso, scansione e valutazione delle minacce, adattamento e ri-autenticazione.
- **L'organizzazione raccoglie quanti più dati possibile su asset, infrastruttura di rete e comunicazioni e li utilizza per migliorare la propria postura di sicurezza.**

In sintesi, Zero Trust “sposta” il confine di fiducia dalla rete all'entità che richiede l'accesso, in un modello in cui **ogni transazione è autenticata, autorizzata, crittografata e validata** in modo robusto, come se provenisse da un ambiente non fidato, anche se in realtà avviene all'interno del sistema. Tecnologie come la micro-segmentazione, l'autenticazione multi-fattore (MFA), l'Identity and Access Management (IAM) avanzato e il monitoraggio continuo sono fondamentali per implementare una ZTA.

6.5 Sicurezza OT (Tecnologie Operative) – NIST SP 800-82

Nel dominio della cybersecurity aziendale, oltre all'Information Technology (IT) tradizionale (server, applicazioni, dati), acquista crescente importanza la protezione delle **Tecnologie Operative (OT)**, ossia quei sistemi hardware e software che rilevano o causano un cambiamento attraverso il monitoraggio e/o il controllo diretto di dispositivi, processi ed eventi fisici. Le aziende fintech, essendo primariamente attive

nel settore finanziario digitale, generalmente non operano impianti industriali o infrastrutture OT su larga scala come farebbe un'azienda manifatturiera o una utility energetica. Tuttavia, è possibile che alcune componenti con interfacce fisiche rientrino nel perimetro di una fintech: si pensi, ad esempio, agli **sportelli automatici (AT-M/Bancomat)**, ai dispositivi Point of Sale (POS) smart, ai data center on-premises con sistemi di building automation (HVAC, controllo accessi fisici), o a eventuali sensori IoT impiegati per servizi finanziari innovativi (es. assicurazioni basate sull'uso) [100].

La pubblicazione speciale **NIST SP 800-82**, «Guide to Industrial Control Systems (ICS) Security», fornisce linee guida specifiche per migliorare la sicurezza dei sistemi OT/ICS, tenendo conto dei loro requisiti unici di prestazioni (spesso real-time), affidabilità, disponibilità e sicurezza fisica (safety) [100]. Tali sistemi presentano sfide peculiari: operano frequentemente in tempo reale, non possono tollerare interruzioni (la disponibilità e la safety spesso prevalgono sulla confidenzialità), utilizzano protocolli di comunicazione specializzati o legacy, e possono avere cicli di vita molto lunghi con componenti hardware e software non facilmente aggiornabili o sostituibili.

Per mettere in sicurezza ambienti OT, il framework NIST SP 800-82 raccomanda, tra le altre cose, di:

- **Segmentare rigorosamente le reti OT dalle reti IT**, utilizzando architetture a zone e condotti (zones and conduits), e implementando gateway e firewall industriali (Industrial DMZ) per controllare e limitare il traffico.
- **Implementare controlli di accesso e monitoraggio specifici** per i protocolli OT, ove possibile.
- Assicurare l'**integrità e l'affidabilità** dei comandi inviati ai dispositivi fisici.
- Gestire patch e vulnerabilità OT in modo pianificato e controllato, considerando l'impatto sulla continuità operativa e sulla safety, e utilizzando misure compensative quando il patching diretto non è fattibile.
- Predisporre piani di incident response specifici per OT che considerino anche scenari di sicurezza fisica e safety [100].

6.6 Sicurezza delle Password e Gestione delle Identità – NIST SP 800-63B

Le **password** (o più correttamente, i «memorized secrets») rimangono tutt'oggi uno dei principali meccanismi di autenticazione, ma rappresentano anche un punto debole frequentemente sfruttato dagli attaccanti (tramite tecniche come phishing, attacchi a

dizionario, credential stuffing, password spraying, ecc.). Per questo motivo, il NIST ha pubblicato la serie di documenti **NIST SP 800-63 «Digital Identity Guidelines»**, di cui la **SP 800-63B** è specificamente dedicata all'*Authentication and Lifecycle Management* **nistSP80063B**. Queste linee guida forniscono raccomandazioni aggiornate su come gestire in modo sicuro le password e altri fattori di autenticazione.

Le indicazioni più recenti del NIST hanno parzialmente ribaltato alcuni concetti tradizionali sulla complessità e sulla scadenza delle password, a favore di un approccio più orientato all'usabilità e alla robustezza effettiva. In sintesi, NIST SP 800-63B suggerisce di:

- **Privilegiare la lunghezza delle password** (minimo 8 caratteri se generata dall'utente, minimo 6 se generata dal sistema e casuale) e permettere l'uso di frasi (passphrases) e spazi.
- **Non imporre requisiti di composizione eccessivamente complessi** (es. obbligo di caratteri speciali, maiuscole, minuscole, numeri) che portano gli utenti a creare password prevedibili o a scriverle. È sufficiente richiedere una varietà di caratteri se la password è breve.
- **Non forzare la scadenza periodica delle password** (password aging) a meno che non vi sia evidenza di compromissione. Cambi frequenti spingono a password deboli.
- **Verificare le nuove password (e quelle esistenti) contro dizionari di password compromesse** note (es. quelle presenti in data breach pubblici) e parole comuni.
- **Limitare il numero di tentativi di autenticazione falliti** (rate limiting) per prevenire attacchi di forza bruta.
- **Incoraggiare fortemente e, ove possibile, imporre l'uso dell'Autenticazione Multi-Fattore (MFA)**, specialmente per accessi privilegiati o a dati sensibili.
- Fornire meccanismi sicuri per il recupero delle password.

Queste linee guida sono fondamentali per le startup fintech nella definizione delle policy di autenticazione per i propri utenti e dipendenti, bilanciando sicurezza e usabilità **jumpcloudNistPassword**.

6.7 Difesa Perimetrale Avanzata e Soluzioni di Next-Generation Firewall – Check Point Quantum

Oltre ai framework e alle linee guida generali, è utile considerare l'adozione di **tecnologie specifiche** per potenziare la sicurezza dell'infrastruttura cloud. Nel panorama attuale, i firewall di nuova generazione (Next-Generation Firewalls - NGFW) e le piattaforme integrate di threat prevention giocano un ruolo chiave nel proteggere reti e workload, specialmente in scenari ibridi o multi-cloud. **Check Point Quantum** è un esempio di una famiglia di prodotti di sicurezza di rete che una fintech potrebbe considerare per migliorare la propria postura difensiva, sia on-premises che nel cloud [101].

In particolare, le soluzioni come Check Point Quantum Network Security offrono una protezione scalabile e multi-livello contro minacce informatiche evolute. Queste piattaforme tipicamente integrano funzionalità quali:

- Firewalling stateful avanzato.
- Intrusion Prevention System (IPS).
- Application Control e URL Filtering.
- Antivirus e Anti-malware.
- Sandboxing per l'analisi di minacce zero-day (come la tecnologia SandBlast di Check Point).
- VPN e connettività sicura.
- Funzionalità di ispezione del traffico SSL/TLS.
- Integrazione con feed di threat intelligence.

Una console di gestione unificata permette di orchestrare le policy di sicurezza su diversi ambienti. Per le fintech su AWS, soluzioni come Check Point CloudGuard Network Security possono essere deployate come virtual appliance all'interno del VPC per fornire protezione avanzata al traffico in entrata, in uscita e laterale (est-ovest) tra le subnet, integrandosi con i servizi nativi di AWS (come Security Groups, AWS WAF, Gateway Load Balancer) per una difesa in profondità [102].

6.8 Best Practice e Strategie di Mitigazione Complessive

Attraverso l'analisi dei framework e delle soluzioni sopra esposte, emergono alcuni **principi trasversali di sicurezza** che dovrebbero guidare ogni startup fintech nella protezione della propria infrastruttura, specialmente se basata su AWS. Di seguito, si riassumono le migliori pratiche e strategie di mitigazione più efficaci:

- **Identità solida e minimo privilegio (IAM Robusto):** Utilizzare account individuali, applicare rigorosamente il principio del minimo privilegio (PoLP) per utenti e servizi, e adottare l'Autenticazione Multi-Fattore (MFA) ovunque possibile, specialmente per l'account root AWS e gli utenti con privilegi elevati. Utilizzare ruoli IAM per delegare permessi temporanei alle applicazioni e ai servizi AWS, evitando l'uso di credenziali statiche hardcoded [96].
- **Segmentazione e difesa in profondità (Defense in Depth):** Implementare controlli di sicurezza multipli a vari livelli (rete, host, applicazione, dati). Segmentare le reti utilizzando VPC, subnet, Security Groups e Network ACLs per isolare ambienti e applicazioni. Limitare il raggio d'azione (blast radius) di eventuali compromissioni [96].
- **Protezione dei dati critica (Data Protection):** Classificare i dati in base alla loro sensibilità. Cifrare i dati sensibili sia a riposo (es. con AWS KMS, S3 Server-Side Encryption, EBS Encryption) sia in transito (es. TLS/SSL, VPN). Implementare meccanismi di Data Loss Prevention (DLP) se necessario e gestire attentamente i backup e la loro sicurezza [96].
- **Monitoraggio continuo e traceability (Logging and Monitoring):** Abilitare il logging dettagliato per tutti i servizi (AWS CloudTrail, CloudWatch Logs, VPC Flow Logs, log applicativi). Centralizzare e analizzare i log, possibilmente tramite un SIEM o strumenti come Amazon GuardDuty e AWS Security Hub, per rilevare attività sospette e abilitare alerting tempestivo. Garantire la tracciabilità delle azioni eseguite sull'infrastruttura [96].
- **Automatizzare la sicurezza e l'infrastruttura come codice (Automation and IaC):** Utilizzare strumenti di Infrastructure as Code (IaC) come AWS CloudFormation o Terraform per definire e gestire l'infrastruttura in modo riproducibile e versionabile. Automatizzare i controlli di sicurezza, il patching, le verifiche di conformità e le risposte agli incidenti (Security Orchestration, Automation and Response - SOAR) per ridurre l'errore umano e migliorare la reattività [96].

- **Preparazione agli incidenti e resilienza (Incident Response and Resilience):** Sviluppare e mantenere un piano di incident response. Predisporre piani di disaster recovery e business continuity, testandoli regolarmente attraverso simulazioni. Progettare l'architettura per l'alta disponibilità e la fault tolerance, sfruttando le Availability Zones e le Regioni AWS [96].
- **Formazione e cultura della sicurezza (Security Awareness and Culture):** Investire nella formazione continua del personale su tematiche di cybersecurity. Promuovere una cultura della sicurezza all'interno dell'organizzazione, adottando approcci come «Secure by Design» e «Shift Left Security» (integrare la sicurezza fin dalle prime fasi del ciclo di vita dello sviluppo software) [92].
- **Compliance proattiva (Proactive Compliance):** Integrare i controlli richiesti dalle normative applicabili (es. PCI DSS, GDPR, normative finanziarie specifiche) nel ciclo di vita della sicurezza, piuttosto che trattarli come un adempimento a posteriori. Utilizzare strumenti di verifica della conformità e condurre audit periodici [92].

Capitolo 7

Conformità Normativa per Startup Fintech: Implementazione di Standard Chiave

L'ecosistema fintech italiano, e più ampiamente europeo, richiede un approccio sistematico alla conformità normativa che integri molteplici framework regolamentari e standard di sicurezza. La convergenza di normative come la Direttiva NIS2, lo standard ISO/IEC 27001, il GDPR, le direttive sui servizi di pagamento PSD2/3, le direttive antiriciclaggio (AMLD) e il Digital Operational Resilience Act (DORA) crea un panorama complesso che le startup fintech devono navigare per operare legalmente, in sicurezza e per costruire fiducia con clienti e partner. L'implementazione efficace di questi standard non solo garantisce la conformità legale, ma stabilisce anche le fondamenta per un'architettura tecnologica robusta, resiliente e scalabile. Le startup fintech che adottano tecnologie moderne come Flutter per lo sviluppo di interfacce mobile, piattaforme cloud come AWS o Azure per l'infrastruttura, e sistemi di controllo versione come GitHub per la gestione del codice sorgente, devono integrare i requisiti di sicurezza e conformità sin dalle prime fasi di progettazione (*security and compliance by design*). Questa integrazione precoce riduce significativamente i costi di adeguamento retroattivo e minimizza i rischi operativi. Il presente capitolo fornisce una disamina di questi standard, con un focus sulle implicazioni tecniche per lo sviluppo di soluzioni fintech, quali portafogli digitali e servizi di investimento.

7.1 Direttiva NIS2: Sicurezza delle Reti e dei Sistemi Informativi

7.1.1 Quadro Normativo e Applicabilità

La Direttiva (UE) 2022/2555, nota come NIS2 (Network and Information Systems Directive 2), rappresenta l'evoluzione del framework europeo per la cybersecurity, con un impatto significativo sul settore fintech italiano [103]. Questa direttiva, che abroga la precedente Direttiva NIS (UE) 2016/1148, amplia considerevolmente il perimetro di applicazione, includendo un numero maggiore di settori e entità, comprese quelle di medie dimensioni, e stabilendo una distinzione tra «soggetti essenziali» e «soggetti importanti» in base alle dimensioni dell'organizzazione e alla criticità dei servizi offerti. Per le startup fintech, la classificazione dipenderà dalla loro dimensione e dal tipo di servizi finanziari erogati (ad esempio, infrastrutture del mercato finanziario, fornitori di servizi di pagamento potrebbero rientrare tra i soggetti essenziali o importanti). La direttiva impone requisiti minimi specifici per la gestione dei rischi di cybersecurity, obblighi di notifica degli incidenti significativi e misure tecniche, operative e organizzative appropriate e proporzionate.

Le startup fintech che rientrano nell'ambito di applicazione della NIS2 devono implementare un sistema di gestione della sicurezza informatica che includa, come minimo:

- Politiche di analisi dei rischi e di sicurezza dei sistemi informatici.
- Gestione degli incidenti.
- Continuità operativa, come la gestione dei backup e il ripristino in caso di disastro, e gestione delle crisi.
- Sicurezza della catena di approvvigionamento (supply chain security), comprese le relazioni con fornitori diretti e prestatori di servizi.
- Sicurezza nell'acquisizione, nello sviluppo e nella manutenzione dei sistemi informatici e di rete, inclusa la gestione e la divulgazione delle vulnerabilità.
- Politiche e procedure per valutare l'efficacia delle misure di gestione dei rischi di cybersecurity.
- Pratiche di igiene informatica di base e formazione in materia di cybersecurity.
- Politiche e procedure relative all'uso della crittografia e, se del caso, della cifratura.

- Sicurezza delle risorse umane, strategie di controllo dell'accesso e gestione degli asset.
- Uso di soluzioni di autenticazione a più fattori o di autenticazione continua.

L'approccio richiesto è basato sul rischio (*risk-based approach*), imponendo una valutazione continua delle minacce e delle vulnerabilità, con particolare attenzione alle specificità del settore finanziario [103]. La direttiva stabilisce inoltre obblighi di reportistica verso le autorità competenti (CSIRT nazionali e autorità di vigilanza) con tempistiche stringenti per la notifica degli incidenti significativi.

7.1.2 Implementazione Tecnica per Startup Fintech

L'implementazione della NIS2 in una startup fintech richiede un approccio strutturato che integri la sicurezza *by design* nell'intera architettura tecnologica. Inizialmente, è necessario condurre un assessment completo dell'infrastruttura esistente, identificando tutti gli asset critici (sistemi informativi, dati, processi), le dipendenze tecnologiche e i potenziali punti di vulnerabilità. Questo assessment deve includere l'analisi del codice delle applicazioni (es. sviluppate in Flutter) per identificare potenziali vulnerabilità (es. OWASP Mobile Top 10), la revisione delle configurazioni dei repository di codice (es. GitHub) per garantire la sicurezza del ciclo di vita dello sviluppo (DevSecOps), e l'audit delle configurazioni dell'infrastruttura cloud (AWS/Azure) rispetto a benchmark di sicurezza riconosciuti.

La fase successiva prevede l'implementazione di controlli di sicurezza specifici per ciascun livello dell'architettura.

- **A livello applicativo (es. Flutter):** Implementare pratiche di codifica sicura (*secure coding practices*), validazione robusta degli input/output, crittografia end-to-end per le comunicazioni di dati sensibili, meccanismi di autenticazione forte e gestione sicura delle sessioni.
- **A livello di sviluppo e repository (es. GitHub):** Configurare branch protection rules, richiedere signed commits, integrare strumenti di analisi statica (SAST) e dinamica (DAST) della sicurezza delle applicazioni nel pipeline CI/CD, e utilizzare funzionalità come GitHub Advanced Security per la scansione di segreti e vulnerabilità nel codice.
- **A livello di infrastruttura cloud (es. AWS/Azure):** Implementare segmentazione di rete (VPC/VNet, subnet, security groups/NSGs), cifratura dei dati a riposo e in transito, Identity and Access Management (IAM) granulare con principio del minimo privilegio, logging e monitoring completi, e sistemi di rilevamento delle intrusioni (IDS/IPS).

Il sistema di monitoraggio e risposta agli incidenti deve essere progettato per garantire il rilevamento e la risposta tempestiva. Ciò include l'implementazione di soluzioni SIEM (Security Information and Event Management), l'automazione del rilevamento delle minacce e procedure standardizzate per l'escalation e la gestione degli incidenti. La documentazione di tutti i processi, delle policy e delle procedure è essenziale per dimostrare la conformità durante gli audit regolatori.

7.2 Standard ISO/IEC 27001 per la Sicurezza delle Informazioni

7.2.1 Framework e Principi Fondamentali

Come già introdotto nella Sezione 6.2, ISO/IEC 27001 è lo standard internazionale di riferimento per i sistemi di gestione della sicurezza delle informazioni (ISMS), particolarmente critico per il settore fintech data la sensibilità dei dati finanziari gestiti. Lo standard fornisce un approccio sistematico per stabilire, implementare, mantenere e migliorare continuamente un ISMS. Per le startup fintech, l'adozione di ISO/IEC 27001 non solo migliora significativamente la postura di sicurezza, ma facilita anche la conformità con altre normative settoriali (come NIS2 e DORA) e aumenta la fiducia dei clienti e degli investitori.

Il framework ISO/IEC 27001 si basa sul ciclo Plan-Do-Check-Act (PDCA) e richiede un approccio basato sul rischio per la gestione della sicurezza delle informazioni. Le clausole 4 (Contesto dell'organizzazione), 5 (Leadership), 6 (Pianificazione), 7 (Supporto), 8 (Attività operative), 9 (Valutazione delle prestazioni) e 10 (Miglioramento) definiscono i requisiti per l'ISMS. In particolare, la clausola 6.1 (*Azioni per affrontare rischi e opportunità*) è fondamentale, richiedendo l'identificazione e la valutazione sistematica dei rischi e delle opportunità legati alla gestione dei dati sensibili. L'implementazione efficace richiede un forte commitment del management, la definizione di obiettivi chiari di sicurezza (allineati agli obiettivi di business) e l'allocazione di risorse adeguate per il mantenimento dell'ISMS.

7.2.2 Implementazione Operativa in Ambiente Fintech

L'implementazione di ISO/IEC 27001 in una startup fintech inizia con la definizione del perimetro (*scope*) dell'ISMS e la conduzione di un'analisi e valutazione dei rischi (*risk assessment*) completa, come richiesto dalla clausola 6.1.2. Questo processo deve identificare tutti gli asset informativi (hardware, software, dati, documentazione, persone), valutare le minacce e le vulnerabilità associate, e determinare il livello di rischio. Successivamente, si procede al trattamento dei rischi (clausola 6.1.3),

che può includere la mitigazione (applicando controlli), il trasferimento (es. tramite assicurazioni o outsourcing), l'accettazione o l'evitamento del rischio. L'Annex A dello standard fornisce un set di riferimento di 93 controlli, raggruppati in 4 temi (controlli organizzativi, sulle persone, fisici e tecnologici), da cui selezionare quelli applicabili in base ai risultati del trattamento dei rischi. Il requisito 6.1.3d) richiede la produzione di una *Dichiarazione di Applicabilità* (Statement of Applicability - SoA) che documenti quali controlli sono stati scelti e perché.

La fase di implementazione (Do) richiede l'adozione dei controlli scelti, personalizzati per l'ambiente tecnologico della startup.

- **Per applicazioni Flutter:** Implementare standard di codifica sicura (controllo A.8.25 *Secure development lifecycle*), processi di revisione del codice (A.8.28 *System security testing*), e test di sicurezza automatizzati nel pipeline di sviluppo (A.8.29 *Security testing in development and acceptance*).
- **Per l'ambiente GitHub:** Configurare controlli di accesso appropriati (A.5.15 *Access control*, A.5.16 *Identity management*, A.5.17 *Authentication information*), protezione dei branch, e logging degli audit (A.8.15 *Logging*).
- **Per l'infrastruttura cloud AWS/Azure:** Implementare controlli come A.5.23 (*Information security for use of cloud services*), A.8.9 (*Configuration management*), A.8.16 (*Monitoring activities*), A.8.2 (*Protection against malware*), A.8.3 (*Information backup*), A.8.23 (*Web filtering*), e A.8.24 (*Use of cryptography*).

La fase di Check include il monitoraggio, la misurazione, l'analisi e la valutazione dell'ISMS (clausola 9.1), gli audit interni (clausola 9.2) e il riesame della direzione (clausola 9.3). La fase di Act (clausola 10) si concentra sul miglioramento continuo, affrontando le non conformità e attuando azioni correttive. La documentazione dell'ISMS (clausola 7.5) deve essere mantenuta aggiornata e deve includere politiche di sicurezza, procedure operative standard e registri.

7.3 Regolamento GDPR per la Protezione dei Dati

7.3.1 Applicazione nel Contesto Fintech

Il Regolamento Generale sulla Protezione dei Dati (GDPR - Regolamento UE 2016/679) stabilisce il framework normativo per il trattamento dei dati personali nell'Unione Europea, con implicazioni particolarmente significative per le startup fintech che gestiscono grandi volumi di dati finanziari e personali sensibili dei clienti. Il settore fintech, caratterizzato dall'innovazione tecnologica e dall'utilizzo intensivo di dati per

profilazione, credit scoring e personalizzazione dei servizi, deve navigare le complessità del GDPR mantenendo al contempo la capacità di innovare.

Il Codice di condotta per i sistemi informativi gestiti da soggetti privati in tema di crediti al consumo, affidabilità e puntualità nei pagamenti, approvato dal Garante per la Protezione dei Dati Personali, estende e dettaglia l'applicazione delle regole privacy anche ai servizi fintech, inclusi i prestiti peer-to-peer (P2P lending) erogati tramite piattaforme tecnologiche. Questo aggiornamento è stato necessario per l'avanzamento della *digital economy* e per l'avvio dei servizi fintech, estendendo la regolamentazione oltre i tradizionali settori del credito al consumo, mutui, leasing e noleggio a lungo termine.

7.3.2 Implementazione Tecnica e Organizzativa

L'implementazione del GDPR in una startup fintech richiede un approccio multidisciplinare che integri aspetti legali, tecnici e organizzativi. Il trattamento dei dati degli interessati nei sistemi informativi creditizi (SIC) si basa, tipicamente, sulla base giuridica del legittimo interesse del titolare del trattamento (art. 6, par. 1, lett. f GDPR), ma richiede il pieno rispetto di tutti i principi e diritti garantiti dal GDPR (trasparenza, liceità, correttezza, minimizzazione dei dati, limitazione della finalità, limitazione della conservazione, integrità e riservatezza). Particolare attenzione deve essere prestata alla trasparenza algoritmica (art. 13, 14, 22 GDPR): in caso di decisioni basate unicamente sul trattamento automatizzato, come il diniego all'accesso al credito basato su scoring, l'interessato deve essere informato sulla logica di funzionamento dell'algoritmo e ha il diritto di ottenere l'intervento umano, esprimere la propria opinione e contestare la decisione.

Dal punto di vista tecnico, l'implementazione richiede l'adozione dei principi di *privacy by design* e *privacy by default* (art. 25 GDPR) sin dalle prime fasi di sviluppo dell'applicazione (es. Flutter) e dell'infrastruttura.

- **Minimizzazione dei dati:** Raccogliere solo i dati strettamente necessari per la finalità dichiarata.
- **Limitazione della finalità:** Utilizzare i dati solo per le finalità per cui sono stati raccolti e per cui è stato fornito il consenso (se applicabile) o sussiste altra base giuridica.
- **Limitazione della conservazione:** Conservare i dati solo per il tempo necessario al raggiungimento delle finalità. Per i dati creditizi, il Codice di condotta stabilisce tempi specifici (es. dati positivi storici fino a 60 mesi).
- **Misure di sicurezza adeguate (art. 32 GDPR):** Implementare pseudonimizzazione, cifratura, controlli di accesso granulari, resilienza dei sistemi.

- **Gestione dei diritti degli interessati (art. 15-22 GDPR):** Progettare sistemi che facilitino l'esercizio dei diritti di accesso, rettifica, cancellazione (diritto all'oblio), limitazione del trattamento, portabilità dei dati e opposizione.

L'architettura cloud (AWS/Azure) deve implementare misure tecniche e organizzative appropriate, inclusa la cifratura dei dati a riposo e in transito, la gestione sicura delle chiavi di cifratura, e controlli di accesso IAM granulari. È fondamentale redigere e mantenere un Registro delle Attività di Trattamento (art. 30 GDPR) e, se necessario (trattamenti a rischio elevato), condurre una Valutazione d'Impatto sulla Protezione dei Dati (DPIA - art. 35 GDPR). La notifica di eventuali data breach all'autorità di controllo e agli interessati (art. 33-34 GDPR) deve essere gestita tempestivamente.

Per quanto riguarda la conservazione dei dati, i dati storici positivi dei soggetti analizzati possono essere conservati per un massimo di 60 mesi dalla data di scadenza del rapporto o dalla data dell'ultimo aggiornamento, a tutela del credito e per rispondere alle richieste degli organismi di vigilanza. Tuttavia, questa conservazione deve essere bilanciata con i principi di minimizzazione. È inoltre possibile implementare sistemi di preavviso (es. via SMS o email tracciabile) per annunciare l'iscrizione di record negativi nei SIC, previa acquisizione del consenso informato degli interessati per tale modalità di comunicazione.

7.4 Direttive PSD2 e PSD3 per i Servizi di Pagamento

7.4.1 Evoluzione del Framework Normativo

La Seconda Direttiva sui Servizi di Pagamento (PSD2 - Direttiva UE 2015/2366) ha rivoluzionato il panorama dei pagamenti digitali in Europa, introducendo il concetto di *open banking* e rafforzando la sicurezza delle transazioni online. La PSD2, entrata in vigore nel 2016 come aggiornamento della direttiva PSD originaria del 2007, ha imposto requisiti di Autenticazione Forte del Cliente (Strong Customer Authentication - SCA) per la maggior parte delle transazioni elettroniche al fine di tutelare dalle frodi, e ha richiesto alle banche (Account Servicing Payment Service Providers - ASPSP) di rendere disponibili i propri servizi di pagamento e i dati dei conti dei clienti, con il loro consenso, a fornitori terzi autorizzati (Third Party Providers - TPP), favorendo la creazione di nuovi prodotti e servizi finanziari.

La recente proposta della Commissione Europea per una nuova Direttiva sui Servizi di Pagamento (PSD3) e un Regolamento sui Servizi di Pagamento (PSR) rappresenta un'ulteriore evoluzione del framework, mirata a migliorare ulteriormente la PSD2, promuovere la concorrenza equa, migliorare la sicurezza dei pagamenti, rafforzare i diritti dei consumatori e facilitare l'accesso ai dati nell'ambito dell'*open finance*.

La PSD3 e il PSR mirano a superare le criticità emerse dall'attuazione della PSD2 (es. frammentazione delle API, ostacoli all'accesso per i TPP), aumentando la fiducia dei consumatori nei confronti dei pagamenti elettronici e rendendo più rapide ed efficienti le transazioni finanziarie. Basandosi sui progressi realizzati dalla PSD2, questa nuova normativa affronta questioni cruciali come il miglioramento dell'SCA, l'accesso ai sistemi di pagamento per i PSP non bancari e il potenziamento delle funzionalità dell'open banking verso l'open finance.

7.4.2 Componenti Tecnici e Implementazione

I componenti principali della PSD2 (e che verranno ulteriormente raffinati dalla PSD3/PSR) richiedono implementazioni tecniche specifiche che le startup fintech devono integrare nella loro architettura .

- **Strong Customer Authentication (SCA):** Richiede l'autenticazione a più fattori per la maggior parte delle transazioni online avviate dal pagatore. L'autenticazione deve utilizzare almeno due elementi appartenenti a categorie diverse: conoscenza (qualcosa che solo l'utente conosce, es. password, PIN), possesso (qualcosa che solo l'utente possiede, es. token, smartphone su cui riceve un OTP) e inerenza (qualcosa che l'utente è, es. impronta digitale, riconoscimento facciale). Sono previste esenzioni per transazioni a basso rischio, pagamenti di basso valore, beneficiari di fiducia, ecc.
- **Accesso ai Conti (XS2A) e Open Banking:** Impone agli ASPSP di fornire ai TPP autorizzati l'accesso ai conti di pagamento dei clienti tramite interfacce dedicate sicure (tipicamente API), previo consenso esplicito del cliente. I TPP si dividono principalmente in:
 - **Payment Initiation Service Providers (PISP):** Possono avviare ordini di pagamento per conto dell'utente dal suo conto bancario.
 - **Account Information Service Providers (AISP):** Possono accedere alle informazioni dei conti di pagamento dell'utente per fornire servizi di aggregazione e analisi (es. personal financial management).

L'implementazione tecnica in una startup fintech richiede lo sviluppo di interfacce sicure per l'integrazione con le API degli ASPSP (se la fintech agisce come TPP) o l'esposizione di proprie API sicure (se la fintech è un ASPSP o offre servizi assimilabili). Nell'applicazione (es. Flutter), questo richiede:

- Implementazione di flussi di autenticazione SCA conformi, possibilmente delegando parte del processo all'ASPP dell'utente.

- Gestione sicura dei consensi degli utenti per l'accesso ai dati e l'iniziazione dei pagamenti.
- Integrazione con API standardizzate (es. basate su standard come Open Banking UK, Berlin Group NextGenPSD2) o specifiche delle banche, con gestione robusta degli errori e della riconciliazione delle transazioni.
- Protezione delle comunicazioni tramite TLS con mutua autenticazione (mTLS) e utilizzo di certificati qualificati (eIDAS QWAC e QSealC) per l'identificazione dei TPP.

La PSD2 ha introdotto maggiore trasparenza nelle tariffe e il divieto di surcharge per i pagamenti con carta più comuni. L'architettura cloud (AWS/Azure) deve supportare la scalabilità necessaria per gestire picchi di transazioni, garantire bassa latenza e implementare un monitoraggio completo per assicurare disponibilità e performance, oltre a log di audit dettagliati per la conformità.

La transizione verso PSD3/PSR richiederà alle fintech di prepararsi per ulteriori modifiche, come una maggiore condivisione dei dati sui pagamenti per alimentare l'innovazione (verso l'open finance), un rafforzamento delle misure antifrode, e un miglioramento dell'esperienza utente nell'applicazione dell'SCA. Le startup fintech devono quindi progettare architetture flessibili e modulari.

7.5 Anti-Money Laundering Directive (AMLD)

7.5.1 Framework Normativo per il Contrasto al Riciclaggio

Le Direttive Antiriciclaggio (AMLD), giunte alla Quinta Direttiva (AMLD5 - Direttiva UE 2018/843) con un nuovo pacchetto legislativo (che include la Sesta Direttiva AMLD6 e un Regolamento AMLR) in fase di finalizzazione per rafforzare ulteriormente il quadro UE, stabiliscono il framework europeo per il contrasto al riciclaggio di denaro (AML - Anti-Money Laundering) e al finanziamento del terrorismo (CFT - Countering the Financing of Terrorism). Per le startup fintech, l'applicazione delle AMLD è particolarmente critica data la natura digitale dei servizi offerti e la potenziale esposizione a rischi di riciclaggio attraverso transazioni elettroniche transfrontaliere e l'uso di nuove tecnologie. La normativa richiede ai soggetti obbligati (tra cui molte fintech) l'implementazione di sistemi robusti di Adeguata Verifica della Clientela (*Customer Due Diligence* - CDD), inclusa l'identificazione e verifica dell'identità del cliente e del titolare effettivo (*Ultimate Beneficial Owner* - UBO), una Verifica Rafforzata (*Enhanced Due Diligence* - EDD) per clienti o situazioni ad alto rischio, e

procedure di monitoraggio continuo delle transazioni e di segnalazione delle operazioni sospette (*Suspicious Transaction Reporting - STR*) alle Unità di Informazione Finanziaria (UIF) nazionali.

L'AMLD5 ha esteso significativamente il perimetro dei soggetti obbligati, includendo i fornitori di servizi di cambio tra valute virtuali e valute legali (fiat), i fornitori di servizi di portafoglio digitale (custodial wallet providers) e, in alcune giurisdizioni, le piattaforme di crowdfunding. Questo ampliamento è particolarmente rilevante per le startup fintech che operano nel settore dei pagamenti digitali, delle criptovalute, o del lending P2P. La direttiva richiede l'implementazione di sistemi di identificazione e verifica dell'identità dei clienti (KYC - Know Your Customer), il monitoraggio continuo delle transazioni e il mantenimento di registri dettagliati per periodi specificati.

7.5.2 Implementazione Tecnica dei Controlli AML

L'implementazione dei controlli AML in una startup fintech richiede l'integrazione di sistemi, spesso automatizzati, di monitoraggio delle transazioni e di screening dei clienti nell'architettura tecnologica esistente.

- **Onboarding e KYC:** L'applicazione (es. Flutter) deve implementare processi di onboarding sicuri e conformi che includano la raccolta dei dati identificativi del cliente, la verifica dei documenti (es. tramite scansione e riconoscimento ottico, video-identificazione), l'uso di autenticazione biometrica (se appropriato e conforme al GDPR), e la verifica dell'identità in tempo reale attraverso l'integrazione con database affidabili e indipendenti o provider specializzati.
- **Screening:** I sistemi devono effettuare lo screening dei clienti (e dei titolari effettivi) rispetto a liste di sanzioni internazionali (es. OFAC, ONU, UE), liste di Persone Politicamente Esposte (PEP) e liste di notizie avverse (adverse media), sia in fase di onboarding che su base continuativa.
- **Monitoraggio delle Transazioni:** L'infrastruttura cloud (AWS/Azure) deve supportare l'implementazione di sistemi di monitoraggio delle transazioni in tempo reale o quasi reale, capaci di identificare pattern sospetti e generare alert automatici basati su regole predefinite, scenari di rischio e, sempre più, algoritmi di machine learning. Questi sistemi devono analizzare variabili come frequenza, importo, origine/destinazione geografica, controparti e tipologia di transazione per identificare potenziali attività di riciclaggio.
- **Gestione dei Rischi:** Implementare un approccio basato sul rischio per classificare i clienti e applicare misure di CDD o EDD appropriate.

- **Reporting e Record-Keeping:** I sistemi devono facilitare la generazione di report per le segnalazioni di operazioni sospette (STR) e mantenere registri completi e auditabili di tutte le attività di CDD e delle transazioni per il periodo richiesto dalla normativa (generalmente almeno 5 anni).

Il repository GitHub deve seguire pratiche di codifica sicura specifiche per i sistemi AML, garantendo l'integrità e la riservatezza dei dati sensibili dei clienti (tramite cifratura, controlli di accesso granulari) e la tracciabilità delle modifiche al software che gestisce tali controlli. L'architettura deve essere resiliente e scalabile per gestire il volume di dati e transazioni.

7.6 Digital Operational Resilience Act (DORA)

7.6.1 Framework per la Resilienza Operativa Digitale

Il Digital Operational Resilience Act (DORA - Regolamento UE 2022/2554) rappresenta un'importante evoluzione del framework normativo europeo per la gestione dei rischi operativi digitali nel settore finanziario. Questa normativa, applicabile a partire dal 17 gennaio 2025, stabilisce requisiti uniformi e completi per la resilienza operativa digitale di quasi tutte le entità finanziarie regolamentate nell'UE, incluse banche, imprese di investimento, gestori di fondi, compagnie di assicurazione, fornitori di servizi di crypto-asset (MiCA), e anche molte startup fintech a seconda dei servizi offerti e delle licenze possedute. DORA introduce un approccio olistico alla gestione dei rischi connessi alle Tecnologie dell'Informazione e della Comunicazione (TIC), richiedendo l'implementazione di framework completi per:

- **Gestione dei rischi TIC:** Inclusa l'identificazione, protezione e prevenzione, rilevamento, risposta e ripristino.
- **Gestione, classificazione e segnalazione degli incidenti TIC** significativi alle autorità competenti.
- **Test di resilienza operativa digitale:** Inclusi test di vulnerabilità, test di penetrazione basati sulle minacce (TLPT) per le entità più critiche.
- **Gestione dei rischi derivanti da terze parti TIC:** Con un focus particolare sui fornitori di servizi TIC critici (CTPP), che saranno soggetti a un quadro di sorveglianza diretta a livello UE.
- **Condivisione di informazioni e intelligence** relative a minacce e vulnerabilità informatiche.

Per le startup fintech, DORA rappresenta una sfida significativa, ma anche un'opportunità per rafforzare la propria postura di sicurezza, data la loro dipendenza critica da infrastrutture cloud, software e servizi digitali per l'erogazione dei servizi finanziari. La normativa richiede l'implementazione di sistemi robusti di continuità operativa, piani di ripristino in caso di disastro e capacità di risposta agli incidenti. L'approccio basato sul rischio di DORA richiede una valutazione continua dell'esposizione ai rischi TIC e l'implementazione di misure di mitigazione proporzionate alla dimensione, al profilo di rischio e alla criticità delle operazioni dell'entità.

7.6.2 Implementazione Operativa dei Requisiti DORA

L'implementazione di DORA in una startup fintech richiede un approccio strutturato che integri i requisiti di resilienza operativa in tutti gli aspetti dell'architettura tecnologica e dell'organizzazione.

- **Governance e Framework di Gestione dei Rischi TIC:** Il framework di governance TIC deve essere integrato nella struttura organizzativa, con responsabilità chiare definite a livello di organo di gestione. Deve essere istituito un framework di gestione dei rischi TIC che copra l'intero ciclo di vita (identificazione, valutazione, trattamento, monitoraggio e reporting).
- **Protezione e Prevenzione:** Implementare sistemi e controlli di sicurezza aggiornati e resilienti. L'applicazione (es. Flutter) deve essere progettata con pattern di resilienza (es. circuit breakers, retry mechanisms, graceful degradation) per mantenere le funzionalità critiche anche in caso di disruption parziali. L'architettura cloud (AWS/Azure) deve essere configurata per l'alta disponibilità (es. multi-AZ/multi-region deployment), con procedure automatizzate di backup e ripristino, load balancing e auto-scaling.
- **Rilevamento e Gestione degli Incidenti:** Implementare meccanismi per il rilevamento tempestivo degli incidenti TIC e procedure chiare per la loro gestione, classificazione (in base a criteri che saranno definiti dagli standard tecnici RTS/ITS) e segnalazione alle autorità.
- **Test di Resilienza Operativa Digitale:** Stabilire un programma di test completo e basato sul rischio, che includa valutazioni delle vulnerabilità, test di sicurezza delle applicazioni, test di penetrazione e, per le entità più significative, test di penetrazione avanzati (TLPT). I repository GitHub devono supportare procedure di test automatizzate e mantenere una documentazione completa dei risultati dei test e delle azioni di remediation.

- **Gestione dei Rischi da Terze Parti TIC:** Mappare le dipendenze da fornitori di servizi TIC, valutare i rischi associati (inclusi i rischi di concentrazione), definire strategie di uscita e includere clausole contrattuali specifiche che garantiscano i diritti di accesso, ispezione e audit. Particolare attenzione va posta ai fornitori cloud come AWS/Azure, che rientrano pienamente in questa categoria.
- **Continuità Operativa e Ripristino:** Sviluppare e testare piani di continuità operativa e di ripristino in caso di disastro per garantire il ripristino delle funzioni critiche entro obiettivi di tempo (RTO/RPO) definiti.

La documentazione è un elemento chiave di DORA, richiedendo di mantenere un inventario aggiornato dei sistemi TIC, delle dipendenze e dei processi supportati.

7.7 Implementazione di Portafoglio Digitale e Servizi di Investimento

7.7.1 Architettura per Portafoglio Digitale P2P

L'implementazione di un portafoglio digitale (digital wallet) con funzionalità di pagamento Peer-to-Peer (P2P) e pagamenti in negozio (tramite NFC, QR code) richiede un'architettura tecnologica complessa che integri tutti i requisiti normativi discussi precedentemente (PSD2/3 per i pagamenti, AMLD per il KYC/AML, GDPR per la privacy, DORA per la resilienza, NIS2 e ISO 27001 per la sicurezza generale).

L'applicazione client (es. sviluppata in Flutter) deve:

- Implementare processi di onboarding sicuri e conformi AMLD (KYC).
- Gestire in modo sicuro le credenziali di pagamento (es. tokenizzazione delle carte secondo PCI DSS, se applicabile).
- Supportare l'Autenticazione Forte del Cliente (SCA) per l'accesso al portafoglio e l'autorizzazione delle transazioni, come richiesto da PSD2/3.
- Integrare funzionalità di pagamento come scansione/generazione di QR code per trasferimenti P2P e pagamenti a esercenti, e interfacce NFC per pagamenti contactless.
- Garantire la privacy dei dati degli utenti in conformità con il GDPR.
- Essere sviluppata seguendo pratiche di codifica sicura e testata per vulnerabilità.

Il backend, ospitato su cloud (AWS/Azure), deve:

- Gestire i profili utente, i saldi dei portafogli e lo storico delle transazioni.
- Processare le transazioni di pagamento in modo sicuro e resiliente, integrandosi con circuiti di pagamento o sistemi bancari (es. tramite API PSD2).
- Implementare sistemi di monitoraggio delle transazioni per AML e prevenzione frodi.
- Esporre API sicure per l'app client e, potenzialmente, per partner terzi.
- Garantire alta disponibilità, scalabilità e capacità di ripristino in caso di disastro (DORA).
- Registrare log di audit completi per tutte le operazioni.
- Proteggere i dati con cifratura a riposo e in transito.

La sicurezza dell'infrastruttura deve essere gestita secondo i principi di ISO 27001 e NIS2, con segmentazione di rete, controlli di accesso IAM, monitoraggio continuo e un piano di risposta agli incidenti.

7.7.2 Integrazione Investment-as-a-Service

L'implementazione di servizi di investimento, ad esempio attraverso l'integrazione di API da provider di *Investment-as-a-Service* (IaaS) o operando come impresa di investimento, introduce complessità normative e tecniche aggiuntive, principalmente legate alla direttiva MiFID II / MiFIR (Markets in Financial Instruments Directive/-Regulation) e alle normative nazionali di attuazione.

L'applicazione client (Flutter) e il backend devono:

- Gestire l'onboarding dei clienti per i servizi di investimento, che include la raccolta di informazioni per la valutazione di adeguatezza e appropriatezza (MiFID II).
- Presentare in modo chiaro e trasparente le informazioni sugli strumenti finanziari, i costi, gli oneri e i rischi associati.
- Permettere agli utenti di visualizzare il proprio portafoglio di investimenti, le performance e lo storico delle transazioni.
- Implementare flussi sicuri per l'inoltro di ordini di acquisto/vendita, con adeguata autenticazione e conferma.
- Integrare in modo sicuro le API del provider IaaS, gestendo autenticazione (es. OAuth 2.0), autorizzazione, rate limiting e gestione degli errori.

- Garantire la protezione dei dati degli investitori (GDPR) e la sicurezza delle comunicazioni.

Il backend deve inoltre:

- Mantenere registrazioni dettagliate di tutte le comunicazioni con i clienti e le transazioni (record-keeping MiFID II).
- Implementare i requisiti di best execution se la fintech è responsabile dell'esecuzione degli ordini.
- Gestire la reportistica normativa (es. transaction reporting a CONSOB/ESMA).
- Assicurare la resilienza operativa dell'infrastruttura che supporta i servizi di investimento (DORA).

L'integrazione con provider IaaS richiede una rigorosa due diligence sul fornitore (gestione dei rischi da terze parti secondo DORA e ISO 27001) e la definizione chiara delle responsabilità contrattuali.

Capitolo 8

Conclusioni e Prospettive Future

L'analisi condotta in questa tesi ha evidenziato la criticità della cybersecurity e della conformità normativa per le startup fintech che intendono operare con successo e sostenibilità nel panorama finanziario moderno. L'adozione di framework di sicurezza riconosciuti come il NIST CSF e l'ISO/IEC 27001, unitamente a standard tecnici come NIST SP 800-53 e principi emergenti quali Zero Trust, fornisce una solida base per la costruzione di infrastrutture resilienti, specialmente in ambienti cloud come AWS.

Tuttavia, la sola implementazione tecnica non è sufficiente. Il complesso intreccio di normative europee e nazionali – tra cui NIS2, GDPR, PSD2/3, AMLD e il nuovo DORA – impone alle startup fintech un approccio olistico che integri la sicurezza e la conformità *by design* in ogni aspetto del loro modello di business e della loro architettura tecnologica. Questo richiede non solo competenze tecniche specializzate, ma anche una profonda comprensione del quadro legale e una cultura aziendale orientata alla gestione proattiva del rischio.

Le startup che utilizzano tecnologie moderne come Flutter per lo sviluppo mobile, GitHub per la gestione del codice e piattaforme cloud come AWS/Azure, possono beneficiare della flessibilità e scalabilità di tali strumenti, ma devono essere consapevoli delle responsabilità che ne derivano in termini di configurazione sicura e monitoraggio continuo. L'implementazione di portafogli digitali e servizi di investimento, in particolare, accentua queste sfide, richiedendo un'attenzione meticolosa ai dettagli normativi specifici di tali servizi.

In prospettiva futura, è prevedibile un'ulteriore evoluzione del panorama normativo e delle minacce informatiche. Le startup fintech dovranno quindi investire costantemente in:

- **Aggiornamento continuo delle competenze:** Per rimanere al passo con le nuove tecnologie, le nuove minacce e le evoluzioni normative.

- **Automazione della sicurezza e della compliance:** Per gestire la complessità in modo efficiente e ridurre il rischio di errore umano.
- **Collaborazione e condivisione di informazioni:** Sia internamente che con altre entità del settore e con le autorità, per migliorare la capacità collettiva di prevenzione e risposta.
- **Resilienza operativa:** Non solo per conformarsi a DORA, ma come imperativo strategico per garantire la continuità del business e la fiducia dei clienti.

In conclusione, sebbene le sfide siano significative, le startup fintech che abbracciano un approccio maturo e proattivo alla cybersecurity e alla conformità normativa non solo mitigano i rischi, ma possono anche differenziarsi sul mercato, costruendo un vantaggio competitivo basato sulla fiducia, sulla sicurezza e sulla resilienza.

Capitolo 9

Conclusioni

Bibliografia

- [1] Gartner, *Rapporto sugli investimenti globali Fintech*, Investimenti globali in Fintech: crescita e trend, 2018.
- [2] *Tecnofinanza - Wikipedia*, Accesso: 2023-10-01. indirizzo: <https://it.wikipedia.org/wiki/Tecnofinanza>.
- [3] *Fintech: quali sono le startup e i numeri in Italia*, Accesso: 2023-10-01. indirizzo: https://blog.osservatori.net/it_it/fintech-in-italia.
- [4] W. Zhang, Y. Wu e M. Liu, «Digital payment systems: Risks and mitigation», *Journal of Financial Innovation*, vol. 6, n. 2, 2020.
- [5] A. Milne e P. Parboteeah, «The business models and economics of peer-to-peer lending», *European Credit Research Institute*, 2016.
- [6] L. Hornuf e A. Schwienbacher, «Internet-based entrepreneurial finance: Lessons from German crowdfunding markets», *Journal of Corporate Finance*, vol. 50, pp. 556–591, 2018.
- [7] M. Eling e M. Lehmann, «The impact of digitalization on the insurance value chain and the regulatory response», *The Geneva Papers on Risk and Insurance*, vol. 43, pp. 359–396, 2018.
- [8] C. Catalini e J. Gans, «Some simple economics of the blockchain», *NBER Working Paper No. 22952*, 2016.
- [9] Anonimo, *Le sfide della cybersecurity nelle startup Fintech*, Rapporto sul rischio e le vulnerabilità in ambito Fintech, 2023.
- [10] Anonimo, *Differenze tra Cybersecurity Bancaria e Fintech*, Analisi comparativa degli approcci di sicurezza, 2023.
- [11] T. Puschmann, «Fintech», *Business & Information Systems Engineering*, vol. 59, n. 1, pp. 69–76, feb. 2017, ISSN: 1867-0202. DOI: 10.1007/s12599-017-0464-6. indirizzo: <https://doi.org/10.1007/s12599-017-0464-6>.

- [12] G. Kaur, Z. Habibi Lashkari e A. Habibi Lashkari, «Introduction to Cybersecurity», in *Understanding Cybersecurity Management in FinTech: Challenges, Strategies, and Trends*. Cham: Springer International Publishing, 2021, pp. 17–34, ISBN: 978-3-030-79915-1. DOI: 10.1007/978-3-030-79915-1_2. indirizzo: https://doi.org/10.1007/978-3-030-79915-1_2.
- [13] 2024. indirizzo: https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/853540/Kauppinen_Teppo.pdf?sequence=2&isAllowed=y.
- [14] Anonimo, *Minacce informatiche nel settore Fintech*, Analisi delle tipologie di attacchi e delle vulnerabilità in ambito Fintech, 2023.
- [15] J. Cawthra, M. Ekstrom, L. Lusty, J. Sexton, J. Sweetnam e A. Townsend, «Data Integrity: Detecting and Responding to Ransomware and Other Destructive Events», National Institute of Standards e Technology, rapp. tecn. 1800-26A, dic. 2020.
- [16] N. I. of Standards e Technology, «Enhanced Security Requirements for Protecting Controlled Unclassified Information», National Institute of Standards e Technology, rapp. tecn. 800-172, 2021.
- [17] N. I. of Standards e Technology, *Least Privilege - Glossary*, NIST Computer Security Resource Center, 2015.
- [18] N. I. of Standards e Technology, *OSCAL Content with Separation of Duties*, NIST, 2021.
- [19] S. Rose, O. Borchert, S. Mitchell e S. Connelly, «Zero Trust Architecture», National Institute of Standards e Technology, rapp. tecn. 800-207, ago. 2020.
- [20] J. H. Saltzer e M. D. Schroeder, «The Protection of Information in Computer Systems», *Proceedings of the IEEE*, vol. 63, n. 9, pp. 1278–1308, 1975. DOI: 10.1109/PROC.1975.9939. indirizzo: <https://ieeexplore.ieee.org/document/1451869>.
- [21] R. E. Smith, «A Contemporary Look at Saltzer and Schroeder’s 1975 Design Principles», *IEEE Security & Privacy*, vol. 10, n. 6, pp. 20–25, 2012. DOI: 10.1109/MSP.2012.85.
- [22] G. Stoneburner, C. Hayden e A. Feringa, «Engineering Principles for Information Technology Security (A Baseline for Achieving Security), Revision A», National Institute of Standards e Technology, NIST Special Publication 800–27rA, giu. 2004. DOI: 10.6028/NIST.SP.800–27rA. indirizzo: <https://doi.org/10.6028/NIST.SP.800–27rA>.

- [23] R. Ross, V. Pillitteri, R. Graubart, D. Bodeau e R. McQuaid, «Developing Cyber-Resilient Systems: A Systems Security Engineering Approach, Volume 2», National Institute of Standards e Technology, NIST Special Publication 800–160 Vol.2, nov. 2019. DOI: 10.6028/NIST.SP.800–160v2. indirizzo: <https://doi.org/10.6028/NIST.SP.800–160v2>.
- [24] J. Feigenbaum, A. D. Jaggard e R. N. Wright, «Accountability in Computing: Concepts and Mechanisms», *Foundations and Trends® in Privacy and Security*, vol. 2, n. 4, pp. 247–399, 2020. DOI: 10.1561/33000000002.
- [25] National Institute of Standards and Technology. «NIST Computer Security Resource Center Glossary: *Non-repudiation*». Accessed 27 May 2025. indirizzo: https://csrc.nist.gov/glossary/term/non_repudiation.
- [26] *open banking europe: security & identification standards for apis & communications open banking europe -providing collaborative services to support psd2 xs2a, in partnership with the financial industry*. indirizzo: <https://www.openbankingeurope.eu/media/1943/oasis-obe-api-identification-and-security-standards-for-apis-and-communications.pdf>.
- [27] A. Cavoukian, «Privacy by Design: The 7 Foundational Principles», Information e Privacy Commissioner of Ontario, rapp. tecn., 2009. indirizzo: <https://www.ipc.on.ca/wp-content/uploads/resources/7foundationalprinciples.pdf>.
- [28] P. Mell e T. Grance, *The NIST Definition of Cloud Computing*, 2011. indirizzo: <https://nvlpubs.nist.gov/nistpubs/Legacy/SP/nistspecialpublication800-145.pdf>.
- [29] D. Community, *Horizontal vs. Vertical Scaling*, <https://www.digitalocean.com/community/tutorials/horizontal-vs-vertical-scaling>, Accessed: [Inserisci data accesso], 2021.
- [30] GeeksforGeeks, *Scalability and Elasticity in Cloud Computing*, <https://www.geeksforgeeks.org/scalability-and-elasticity-in-cloud-computing/>, Published: January 16, 2023. Accessed: [Inserisci data accesso], 2023.
- [31] IBM, *What Is Infrastructure as a Service (IaaS)?*, <https://www.ibm.com/topics/iaas>, Accessed: [Inserisci data accesso], 2024.
- [32] I. C. Education, *What is Cloud Computing?*, 2024. indirizzo: <https://www.ibm.com/cloud/learn/cloud-computing>.
- [33] A. W. Services, *Global Infrastructure*, 2024. indirizzo: <https://aws.amazon.com/about-aws/global-infrastructure/>.
- [34] A. W. Services, *Amazon CloudFront*, 2024. indirizzo: <https://aws.amazon.com/cloudfront/>.

- [35] A. W. Services, *AWS Networking*, 2024. indirizzo: <https://aws.amazon.com/products/networking/>.
- [36] A. W. Services, *AWS Nitro Hypervisor*, 2024. indirizzo: <https://aws.amazon.com/ec2/nitro/>.
- [37] A. W. Services, *AWS Well-Architected Framework*, 2024. indirizzo: <https://aws.amazon.com/architecture/well-architected/>.
- [38] A. W. Services, *Auto Scaling*, 2024. indirizzo: <https://aws.amazon.com/autoscaling/>.
- [39] A. W. Services, *Amazon RDS Multi-AZ Deployments*, <https://docs.aws.amazon.com/AmazonRDS/latest/UserGuide/Concepts.MultiAZ.html>, Accessed: [Inserisci data accesso se necessario], 2024.
- [40] A. W. Services, *AWS Resilience Hub*, 2024. indirizzo: <https://aws.amazon.com/resilience-hub/>.
- [41] A. W. Services, *AWS Shared Responsibility Model*, 2024. indirizzo: <https://aws.amazon.com/compliance/shared-responsibility-model/>.
- [42] CB Insights, «Why Startups Fail: Top 12 Reasons», 2023, Accessed: 2025-05-03. indirizzo: <https://www.cbinsights.com/research/report/startup-failure-reasons-top/>.
- [43] Verizon, «2023 Data Breach Investigations Report», 2023, Accessed: 2025-05-03. indirizzo: <https://www.verizon.com/business/resources/reports/dbir/>.
- [44] Ponemon Institute, «2023 State of Cybersecurity Report», 2023, Accessed: 2025-05-03. indirizzo: <https://www.ponemon.org/research/>.
- [45] *Principio del Minimo Privilegio: Sicurezza Informatica, Accesso e Implementazione*. <https://medium.com/@shahedkazi/principle-of-least-privilege-13312cbb0aff>, Accesso effettuato il 2025-05-31.
- [46] *Policy di Accesso IAM e Boundaries: Controllo degli Permessi in AWS*, https://docs.aws.amazon.com/IAM/latest/UserGuide/access_policies_boundaries.html, Accesso effettuato il 2025-03-24.
- [47] *Sicurezza IAM AWS: Pratiche Fondamentali, Regola IAM-6 CloudDefense.ai*, <https://www.clouddefense.ai/compliance-rules/aws-fs-practices/iam/foundational-security-iam-6>, Accesso effettuato il 2025-04-07.
- [48] *Managing Identity and Access Management (IAM) in Amazon Web Services (AWS)*, <https://www.semanticscholar.org/paper/a86c772c9f10dcb88b030600da053>, Accesso effettuato il 2025-05-12.

- [49] *Break Glass: Accesso Sicuro di Emergenza Quando Tutto il Resto Fallisce*, <https://www.linkedin.com/pulse/break-glass-when-all-else-fails-secure-emergency-access-alok-saraswat-tmesc>, Accesso effettuato il 2025-05-11.
- [50] *Guida 2022 alle AWS Service Control Policies (SCP): Cosa sono e come usarle*. <https://dev.to/aws-builders/what-are-aws-service-control-policies-scps-2022-guide-4f67>, Accesso effettuato il 2025-04-30.
- [51] Amazon Web Services, *IAM best practices*, <https://docs.aws.amazon.com/IAM/latest/UserGuide/best-practices.html>, [Online; accesso 15-10-2024], 2024.
- [52] Amazon Web Services, *Permissions boundaries for IAM entities*, https://docs.aws.amazon.com/IAM/latest/UserGuide/access_policies_boundaries.html, [Online; accesso 15-10-2024], 2024.
- [53] Cloud Defense, *Ensure hardware MFA is enabled for the root user account [AWS Foundational Security Best Practices IAM.6]*, <https://www.clouddefense.ai/compliance-rules/aws-fs-practices/iam/foundational-security-iam-6>, [Online; accesso 15-10-2024], 2023.
- [54] A. Saraswat. «Break Glass - When All Else Fails: Secure Emergency Access in AWS». [Online; accesso 15-10-2024].
- [55] S. bibinitperiod a. Rose, «Zero Trust Architecture», National Institute of Standards e Technology, rapp. tecn. SP 800-207, 2020. indirizzo: <https://doi.org/10.6028/NIST.SP.800-207>.
- [56] P. bibinitperiod a. Grassi, «Digital Identity Guidelines», National Institute of Standards e Technology, rapp. tecn. SP 800-63-3, 2023. indirizzo: <https://pages.nist.gov/800-63-3/>.
- [57] PCI Security Standards Council, *PCI DSS v3.2.1 Quick Reference Guide*, https://www.pcisecuritystandards.org/pdfs/pci_ssc_quick_guide.pdf, accessed 04-May-2025, 2024.
- [58] D. S. Labs, *Best practices for creating least-privilege AWS IAM policies*, <https://www.datadoghq.com/blog/iam-least-privilege/>, accessed 04-May-2025, 2024.
- [59] Amazon Web Services, *Identity-based policies for Amazon EC2*, <https://docs.aws.amazon.com/AWSEC2/latest/UserGuide/iam-policies-for-amazon-ec2.html>, accessed 04-May-2025, 2025.

- [60] Amazon Web Services, *Elastic Beanstalk service role*, <https://docs.aws.amazon.com/elasticbeanstalk/latest/dg/concepts-roles-service.html>, accessed 04-May-2025, 2024.
- [61] Amazon Web Services, *Security best practices for Amazon S3*, <https://docs.aws.amazon.com/AmazonS3/latest/userguide/security-best-practices.html>, accessed 04-May-2025, 2024.
- [62] Amazon Web Services, *Actions, resources, and condition keys for AWS Elastic Load Balancing*, https://docs.aws.amazon.com/service-authorization/latest/reference/list_awselasticloadbalancing.html, accessed 04-May-2025, 2025.
- [63] Amazon Web Services, *Identity and access management for Amazon RDS*, <https://docs.aws.amazon.com/AmazonRDS/latest/UserGuide/UsingWithRDS.IAM.html>, accessed 04-May-2025, 2024.
- [64] Amazon Web Services, *Security best practices in IAM*, <https://docs.aws.amazon.com/IAM/latest/UserGuide/best-practices.html>, accessed 04-May-2025, 2024.
- [65] Amazon Web Services, *Permissions boundaries for IAM entities*, https://docs.aws.amazon.com/IAM/latest/UserGuide/access_policies_boundaries.html, accessed 04-May-2025, 2025.
- [66] Amazon Web Services, *Temporary security credentials in IAM*, https://docs.aws.amazon.com/IAM/latest/UserGuide/id_credentials_temp.html, accessed 04-May-2025, 2024.
- [67] A. Yugandhar, *AWS IAM Mastery: Top Security Practices for Cloud*, <https://medium.com/@atic-yugandhar/aws-iam-mastery-top-security-practices-for-cloud-caec5b10882a>, accessed 04-May-2025, 2025.
- [68] AWS Builders - dev.to community, *What are AWS Service Control Policies (SCPs)? [2022 Guide]*, <https://dev.to/aws-builders/what-are-aws-service-control-policies-scps-2022-guide-4f67>, [Online; accesso 15-10-2024], 2022.
- [69] S. Kazi. «Principle of Least Privilege». [Online; accesso 15-10-2024].
- [70] Proofpoint. «Honeypot, cos'è? – Significato e vantaggi». Accessed: 2024-05-06. indirizzo: <https://www.proofpoint.com/it/threat-reference/honeypot>.
- [71] UniverseIT. «Cos'è e come viene utilizzato un Honeypot». Accessed: 2024-05-06. indirizzo: <https://universeit.blog/honeypot/>.
- [72] InSic. «Cos'è un honeypot, come funziona e quali sono le tipologie». Accessed: 2024-05-06. indirizzo: <https://www.insic.it/senza-categoria/cose-un-honeypot-come-funziona-e-quali-sono-le-tipologie/>.

- [73] G. Perego, *Cos'è un honeypot...* Mag. 2023. indirizzo: <https://www.insic.it/senza-categoria/cose-un-honeypot-come-funziona-e-quali-sono-le-tipologie/>.
- [74] I. Vienažindytė, *Honeypots: Why Hackers Hate Them*, lug. 2020. indirizzo: <https://nordvpn.com/it/blog/honeypot-cose/>.
- [75] V. Lavecchia. «Definizione di honeypot in informatica». Accessed: 2024-05-06. indirizzo: <https://vitolavecchia.altervista.org/definizione-di-honeypot-informatica/>.
- [76] Fortinet. «Che cos'è un Honeypot? Significato, tipi, vantaggi e altro». Accessed: 2024-05-06. indirizzo: <https://www.fortinet.com/it/resources/cyberglossary/what-is-honeypot>.
- [77] NordVPN. «Honeypot: Cos'è e come funziona». indirizzo: <https://nordvpn.com/it/blog/honeypot-cose/>.
- [78] E. Tsang, *Research Honeypot on AWS*, feb. 2022. indirizzo: <https://blog.devgenius.io/creating-a-research-honeypot-on-aws-b0ded134729a>.
- [79] «Monthly cost of EC2 t2.micro». indirizzo: https://www.reddit.com/r/aws/comments/a8pyvl/monthly_cost_of_ec2_t2micro_email_quotes_for_a/.
- [80] U. Kumar. «How I Deployed a Cowrie Honeypot on AWS EC2 instance». indirizzo: <https://utkarsh89.hashnode.dev/how-i-deployed-a-cowrie-honeypot-on-aws-ec2-instance-to-catch-cyber-intruders>.
- [81] *Cowrie SSH Honeypot on AWS EC2*, 2020. indirizzo: <https://blog.infosanity.co.uk/?p=1397>.
- [82] Cowrie Developers, *Cowrie SSH/Telnet Honeypot Docs*, nov. 2024. indirizzo: <https://github.com/cowrie/cowrie>.
- [83] B. Zhang, *Deploy T-Pot Honeypot on AWS*, nov. 2023. indirizzo: <https://bohansec.com/2023/11/28/Deploy-T-Pot-Honeypot-To-AWS/>.
- [84] AWS. «Honeypot Solutions on AWS Marketplace». indirizzo: <https://aws.amazon.com/marketplace/pp/prodview-bo6artzxyypv6>.
- [85] Rapid7. «AWS Honeypot Integration Guide». indirizzo: <https://docs.rapid7.com/insightidr/aws-honeypots>.
- [86] N. Brintha, V. V. Joliya, G. Bhuvnesh e S. Malini, «Securing your network with Honeypot, Canerytokens and Docker on AWS», in *2023 International Conference on Computational Intelligence and Sustainable Engineering Solutions (CISES)*, 2023, pp. 683–687. DOI: 10.1109/CISES58720.2023.10183431.

- [87] E. Fricano, «Personal Financial Management: Analisi di Mercato, definizione e sviluppo di una soluzione mobile innovativa», 2017. indirizzo: <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:169658344>.
- [88] AWS. «Amazon CloudWatch Pricing». indirizzo: <https://aws.amazon.com/it/cloudwatch/pricing/>.
- [89] AWS. «Amazon EC2 T2 Instances». indirizzo: <https://aws.amazon.com/it/ec2/instance-types/t2/>.
- [90] D. Peiris, *AWS HoneyPot Activity Report*, ott. 2024. indirizzo: https://www.linkedin.com/posts/dakshanapeiris_cybersecurity-aws-honeypot-activity-7254920168340901888-Crjv.
- [91] *Honeydrop HoneyPot on AWS*, apr. 2025. indirizzo: <https://salientengineering.com/setups-guides/how-to-deploy-and-setup-honeydrop-honeypot-in-aws>.
- [92] Netguru. «Cybersecurity in Fintech. Why Is It Important? [2023 Update]». Accessed: 2025-03-10. indirizzo: <https://www.netguru.com/blog/cybersecurity-in-fintech>.
- [93] A. W. Services. «AWS Shared Responsibility Model». Accessed: 2025-03-10. indirizzo: <https://aws.amazon.com/marketplace/pp/prodview-noe2gzebdrqog>.
- [94] A. W. Services. «NIST - Amazon Web Services (AWS)». Accessed: 2025-03-10. indirizzo: <https://aws.amazon.com/compliance/nist/>.
- [95] A. W. Services. «AWS Whitepaper: CSF2». Consultato il 22 maggio 2025. indirizzo: <https://aws.amazon.com/it/whitepapers/aws-cloud-security/>.
- [96] A. W. Services. «Security - AWS Well-Architected Framework». Accessed: 2025-03-10. indirizzo: <https://wa.aws.amazon.com/wellarchitected/2020-07-02T19-33-23/wat.pillar.security.en.html>.
- [97] A. W. Services. «AWS NIST Compliance». Consultato il 22 maggio 2025. indirizzo: <https://aws.amazon.com/it/compliance/nist/>.
- [98] A. W. Services. «AWS Audit Manager: Automate Evidence Collection for Compliance». Accessed: 2025-03-10. indirizzo: <https://docs.aws.amazon.com/audit-manager/latest/userguide/NIST-Cybersecurity-Framework-v1-1.html>.
- [99] N. I. of Standards e Technology. «Zero Trust Architecture». Accessed: 2025-03-10. indirizzo: <https://www.nist.gov/publications/zero-trust-architecture>.

- [100] N. I. of Standards e Technology. «SP 800-82 Rev. 3, Guide to Operational Technology (OT) Security». Accessed: 2025-03-10. indirizzo: <https://csrc.nist.gov/pubs/sp/800/82/r3/ipd>.
- [101] C. Point. «Quantum Security». Consultato il 22 maggio 2025. indirizzo: <https://www.checkpoint.com/quantum/>.
- [102] A. W. Services. «AWS Marketplace: Check Point Quantum Network Security». Accessed: 2025-03-10. indirizzo: <https://aws.amazon.com/marketplace/pp/prodview-eu5dbipshnzkq>.
- [103] Cybersecurity360. «NIS2 e recepimento italiano: regole e adempimenti per le aziende». Consultato il 22 maggio 2025. indirizzo: <https://www.cybersecurity360.it/legal/nis-2-e-recepimento-italiano-regole-e-adempimenti-per-le-aziende/>.