

# Alma Mater Studiorum Università di Bologna

DIPARTIMENTO DI INFORMATICA - SCIENZA E  
INGEGNERIA

CORSO DI LAUREA IN INFORMATICA PER IL MANAGEMENT

## Applicazione della blockchain alla certificazione della supply chain relativamente al rispetto dei diritti umani e dell'ambiente

*Relatore*

Prof. Edoardo Mollona

*Presentata da*

Nicola Corea

Matricola 0000731446

---

III SESSIONE DI LAUREA  
ANNO ACCADEMICO 2021-2022

Nicola Corea: *Applicazione della blockchain alla certificazione della supply chain relativamente al rispetto dei diritti umani e dell'ambiente*, © 14 Marzo 2023.

# Sommario

Questo elaborato è volto a valutare l'applicazione della tecnologia blockchain e dei registri distribuiti nei processi di certificazione riguardanti il rispetto degli standard sull'impatto ambientale e dei diritti umani da parte delle imprese e delle loro catene di approvvigionamento, utilizzando come pretesto l'attuale proposta di direttiva 2022/0051(COD) in discussione al Parlamento europeo.

Il primo capitolo ha lo scopo di definire il contesto normativo alla base del movente di questo lavoro. Viene dunque illustrata la direttiva sopracitata, le sue caratteristiche e le conseguenze che deriverebbero dalla sua applicazione. Successivamente vengono illustrati i quadri normativi dei singoli stati europei in merito alla questione per fornire una visione generale del contesto normativo in cui si inserisce l'argomento.

Successivamente a questa panoramica verrà presentata nel secondo capitolo la tecnologia della blockchain e più in generale il concetto di registro distribuito, descrivendo le caratteristiche e differenze tra blockchain pubbliche e private, i sistemi *proof of work* e *proof of stake* nonché il concetto di *smart contract*. In tal modo, si offre al lettore un'ulteriore elemento per comprendere il contesto di questa tesi.

Nel terzo capitolo verranno presentate alcune applicazioni adottate in ambito enterprise di queste tecnologie, partendo da un quadro di implementazioni generale e descrivendo casi specifici di alcune società come Barilla e JPM.

Il quarto capitolo entra nel merito degli argomenti proposti descrivendo alcune tipologie di applicazione della blockchain e dei registri distribuiti nei processi di certificazione in merito all'argomento di salvaguardia dell'ambiente e rispetto dei diritti umani. Si analizzano i vantaggi e le limitazioni di queste tecnologie nonché i possibili impatti negativi che potrebbero derivare dalla loro applicazione.

In conclusione, la tesi offre una valutazione dell'applicabilità della tecnologia blockchain e dei registri distribuiti nei processi di certificazione riguardanti il rispetto degli standard sull'impatto ambientale e dei diritti umani da parte delle imprese e delle catene di approvvigionamento, con una particolare attenzione alle sfide e alle opportunità che l'adozione di queste tecnologie potrebbe comportare.

# Ringraziamenti

*Innanzitutto, vorrei esprimere la mia gratitudine al Prof. Edoardo Mollona, relatore della mia tesi, per l'aiuto e il sostegno fornitomi durante la stesura del lavoro.*

*Desidero ringraziare con affetto i miei genitori e mia sorella per il sostegno, il grande aiuto e per essermi stati vicini in ogni momento durante gli anni di studio.*

*Ho desiderio di ringraziare poi i miei amici e mia seconda famiglia per tutti i bellissimi anni passati insieme e le mille avventure vissute.*

*Grazie ad Anna che mi è stata accanto sopportandomi per tutti questi anni.*

*Un immenso grazie ad Alessandro per essermi sempre stato accanto in ogni momento anche a migliaia di chilometri di distanza.*

*Grazie ai miei fratelli e sorelle: Francesco, Luigi, Giulio, Antonia, Luca, Lorenzo, Mattia, Roberto, Simone (tutti e due), Barbara, Giuseppe e Pasquale.*

*Grazie ai miei colleghi che mi hanno sostenuto e spronato a completare questo percorso.*

*Se stai leggendo e non sei stato citato probabilmente è perchè sto scrivendo questi ringraziamenti alle 2 di notte, ti chiedo scusa, prometto che mi farò perdonare.*

*Bologna, 14 Marzo 2023*

Nicola Corea

# Indice

<b>1</b>	<b>Legislazione europea in ambito di certificazione della Supply Chain e Due Diligence</b>	<b>1</b>
1.1	L'attuale legislazione europea in termini di Due Diligence . . . . .	2
1.1.1	Direttiva 2014/95 - Non-Financial Reporting Directive . . .	2
1.1.2	Direttiva 2022/0051/COD - Corporate Sustainability Due Diligence . . . . .	2
1.2	Legislazione dei paesi europei in termini di Due Diligence . . . . .	5
1.2.1	Legislazione italiana . . . . .	5
1.2.2	Legislazione Francese . . . . .	6
1.2.3	Legislazione Tedesca . . . . .	6
1.2.4	Legislazione Olandese . . . . .	7
1.2.5	Altri paesi europei . . . . .	8
<b>2</b>	<b>Introduzione alla blockchain e al suo funzionamento</b>	<b>10</b>
2.1	Definizione . . . . .	10
2.1.1	Breve storia . . . . .	11
2.1.2	Caratteristiche generali . . . . .	12
2.2	Come vengono registrati e verificati i dati . . . . .	12
2.3	Blockchain Proof of Work . . . . .	13
2.4	Blockchain Proof of Stake . . . . .	13
2.5	Smart contracts . . . . .	15
2.6	Blockchain pubbliche, private e ibride . . . . .	17
2.6.1	Blockchain pubblica . . . . .	17
2.6.2	Blockchain privata . . . . .	17
2.6.3	Modello Ibrido . . . . .	18
2.6.4	Modelli a confronto . . . . .	18
2.7	Limiti della blockchain . . . . .	19
2.7.1	Scalabilità . . . . .	19
2.7.2	Costi . . . . .	21
2.7.3	Privacy . . . . .	23
2.7.4	Governance . . . . .	23
<b>3</b>	<b>Pratiche odierne di utilizzo della blockchain in ambito enterprise</b>	<b>24</b>
3.1	Panoramica sulle applicazioni della blockchain da parte delle aziende	24
3.1.1	I report Deloitte sullo stato degli investimenti in ambito blockchain . . . . .	26
3.2	JPM Coin . . . . .	28

3.3	IBM Food Trust e Barilla . . . . .	28
3.4	Coca Cola e il Baseline Protocol . . . . .	29
3.5	Quadro generale sull'adozione della blockchain in Italia . . . . .	30
<b>4</b>	<b>Blockchain per la certificazione del rispetto dei diritti umani e dell'ambiente</b>	<b>31</b>
4.1	Implicazioni sull'obbligo di due diligence sulla supply chain da parte delle imprese . . . . .	31
4.2	Processi di certificazione . . . . .	32
4.3	Le certificazioni ISO . . . . .	33
4.3.1	Standard ISO 9001 . . . . .	33
4.3.2	Standard ISO 14001 . . . . .	34
4.3.3	Standard ISO 26000 . . . . .	34
4.3.4	Standard ISO 45001 . . . . .	35
4.4	Certificazioni ISO da parte dei fornitori per adempiere alla direttiva 0051/2022 (COD) . . . . .	35
4.5	Applicazione della blockchain nei processi di certificazione . . . . .	37
4.5.1	Certificazione della qualità . . . . .	37
4.5.2	Certificazione ambientale . . . . .	41
4.5.3	Certificazione del rispetto dei diritti umani: il caso dell'industria dei diamanti . . . . .	43
4.5.4	Modelli a confronto . . . . .	44
4.6	Limitazioni dell'applicazione della blockchain nei processi di certificazione . . . . .	44
4.6.1	Blockchain e impatto ambientale . . . . .	45
4.6.2	Rischi della blockchain per il rispetto dei diritti umani . . . . .	46
	<b>Conclusioni</b>	<b>47</b>
	<b>Bibliografia</b>	<b>50</b>
	<b>Glossario</b>	<b>56</b>
	<b>Acronimi e abbreviazioni</b>	<b>58</b>

# Elenco delle figure e dei grafici

1.1	Attuale stato della procedura di discussione per la direttiva 2022/0051/COD	3
2.1	Schema di un modello di registro centralizzato a confronto con modello distribuito	11
2.2	Rappresentazione dei riferimenti sequenziali tra i blocchi di una blockchain	12
2.3	Rappresentazione schematica delle differenze tra modello "proof of work" e "proof of stake"	14
2.4	Schema grafico del flusso di gestione di una transazione in una blockchain pubblica	16
2.5	Schema grafico del flusso di gestione di una transazione in una blockchain pubblica	17
2.6	Schema grafico del flusso di gestione di una transazione in una blockchain privata	18
2.7	Transazioni medie al secondo rispetto al numero di nodi che validano la singola transazione	21
2.8	Stima del consumo di elettricità medio della rete bitcoin dal 2016 al 2021	22
3.1	Percentuale di adozione per tipologia di progetto	25
3.2	Approximate blockchain investment that organizations will make in the next calendar year (Deloitte Global blockchain survey 2018)	27
3.3	Approximate blockchain investment that organizations will make in the next calendar year (Deloitte Global blockchain survey 2020)	27
3.4	Interfaccia della piattaforma IBM Hyperledger - IBM Blockchain Platform: Build. Operate. Govern. Grow (Technical Overview)	28
4.1	Diagramma di flusso a loop infinito che schematizza i passi generali da eseguire per implementare uno standard ISO	36
4.2	Architettura a più livelli per un QMS abilitato per Blockchain	38
4.3	Comunicazione tra il QMS e la Blockchain	38
4.4	Esempio di macchina a stati generale per un processo di certificazione ISO.	39
4.5	Modello astratto del processo di certificazione ISO	40
4.6	Architettura blockchain-iot based per supporto a una supply-chain sostenibile	42

## Elenco delle tabelle

2.1	Tipologie di blockchain classificate in funzione di due variabili: tipologia di accesso e tipologia di controllo . . . . .	19
4.1	Schema limiti e vantaggi applicazione blockchain nei processi di certificazione . . . . .	48
4.2	Schema limiti e vantaggi per tipologia blockchain in ambito enterprise	49

# Capitolo 1

## Legislazione europea in ambito di certificazione della Supply Chain e Due Diligence

*Negli ultimi anni, la legislazione europea si è arricchita con l'introduzione di numerosi strumenti legislativi finalizzati alla certificazione della Supply Chain e alla Due Diligence. Questi strumenti sono stati introdotti per garantire l'etica di produzione, sicurezza e qualità dei prodotti dei servizi offerti dalle organizzazioni. In particolare, nel 2022 è stato proposto un nuovo quadro normativo che disciplina la certificazione della Supply Chain e le attività di Due Diligence. Tale quadro normativo ha l'obiettivo di garantire che le organizzazioni rispettino un determinato approccio di vigilanza su tutta la loro filiera di rifornimento. L'obiettivo di questo capitolo è quello di fornire un quadro esaustivo sulla legislazione europea in termini di certificazione della Supply Chain e di Due Diligence. Nello specifico verrà descritta la proposta di direttiva 2022/0051 (COD) e comparata con la legislazione vigente. Successivamente per poter ampliare la visione sullo stato generale della situazione giuridica in materia sarà presentata una panoramica sull'attuale stato legislativo di alcuni stati europei, in particolare Italia, Francia, Germania, Olanda che presentano già delle norme che in qualche modo attuano almeno parzialmente questa direttiva. Questa raccolta di informazioni sarà necessaria per poter infine nei successivi capitoli poter esaminare le possibili strategie per garantire l'adempimento di queste normative da parte delle imprese.*

## 1.1 L'attuale legislazione europea in termini di Due Diligence

Il 23 Febbraio 2022 la Commissione Europea ha presentato la **proposta di direttiva 2022/0051 (COD)**<sup>1</sup> sugli obblighi di sostenibilità aziendale. La normativa mira a introdurre l'obbligo per le aziende di certificare le proprie catene di fornitura in merito al rispetto dei diritti umani e dell'ambiente, all'interno del proprio settore di attività.

Questa direttiva dovrà dunque essere presa in considerazione dagli stati membri dell'UE, che dovranno legiferare in merito per adattare le attuali leggi nazionali al nuovo testo. In questo capitolo viene quindi illustrata l'attuale condizione in materia dei maggiori stati UE.

### 1.1.1 Direttiva 2014/95 - Non-Financial Reporting Directive

Secondo la **Direttiva 2014/95 (EU)**<sup>2</sup> del parlamento e del consiglio europeo, gli enti di interesse pubblico, nell'ambito della legge, devono includere le dichiarazioni non finanziarie come parte integrante dei loro obblighi di rendicontazione pubblica annuale. Le informazioni non finanziarie da includere sono essenzialmente "informazioni nella misura necessaria per comprendere lo sviluppo, le prestazioni, la posizione e l'impatto della attività dell'impresa, relative, come minimo, alle questioni ambientali, sociali e relative ai dipendenti, rispetto dei diritti umani, anticorruzione e concussione".

### 1.1.2 Direttiva 2022/0051/COD - Corporate Sustainability Due Diligence

A dicembre 2020, tutti i 27 Stati membri dell'UE si sono espressi a favore di una legge europea sulla catena di approvvigionamento. Nel marzo 2021 i deputati hanno adottato una proposta legislativa sulla responsabilità delle imprese e la Due Diligence. La Commissione UE ha quindi preparato una bozza e il 23 Febbraio 2022 è stata presentata la proposta di direttiva 2022/0051 (COD) sugli obblighi di sostenibilità aziendale. Attualmente la proposta si trova nella fase di prima lettura (Fig. 1.1) da parte del consiglio dell'Unione Europea.

Se approvata in via definitiva dal parlamento, questa applicherà nuovi standard in termini di Due Diligence da parte delle imprese e organizzazioni con 500 o più dipendenti e un fatturato di almeno 150 milioni di euro operanti nei territori dell'Unione Europea.

---

<sup>1</sup>Directive (EU) 2022/0051 (COD). Proposal for a "Directive of the European Parliament and of the Council on Corporate Sustainability Due Diligence and amending Directive (EU) 2019/1937. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex%5C%3A52022PC0071>.

<sup>2</sup>Directive 2014/95/EU of the European Parliament and of the Council of 22 October 2014 amending Directive 2013/34/EU as regards disclosure of non-financial and diversity information by certain large undertakings and groups. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex%5C%3A32014L0095>.



**Figura 1.1:** Attuale stato della procedura di discussione per la direttiva 2022/0051/COD

Questa direttiva avrà inoltre effetto su tutti i settori il cui potenziale di rischio per l'uomo e per l'ambiente sia percepito come particolarmente elevato. In questi termini la legge si applicherà anche ad organizzazioni con almeno 250 dipendenti e un fatturato di 40 milioni di euro. Questi includono l'industria tessile e della pelle, l'agricoltura e la silvicoltura, la pesca e l'estrazione mineraria. A questi settori si applica un periodo transitorio di due anni.

L'obbligo di Due Diligence si applicherà non solo alle attività aziendali proprie o delle sue controllate, ma anche ai fornitori diretti e indiretti (purché si tratti di un rapporto commerciale stabilito o permanente), nonché all'uso e allo smaltimento dei beni prodotti. Le piccole e medie imprese non sono direttamente interessate dalla legge, ma indirettamente, ad esempio come fornitori di grandi aziende.

Le aziende europee hanno la responsabilità di garantire che i loro fornitori non violino i diritti umani e la protezione dell'ambiente. Esempi di violazioni includono: lavoro forzato, lavoro minorile, inadeguate misure di tutela della salute e sicurezza sul lavoro, sfruttamento dei lavoratori e violazioni ambientali come emissione di gas serra, inquinamento o distruzione della biodiversità ed ecosistemi.

Le aziende interessate dunque devono adempiere ai propri obblighi di Due Diligence aziendale lungo la catena di approvvigionamento.

Questi obblighi includono:

- \* Identificare gli effetti negativi effettivi o potenziali sui diritti umani e sull'ambiente. Adottare, quindi, misure appropriate per prevenire, mitigare e rimediare. (Per i settori ad alto rischio, ciò dovrebbe applicarsi solo a gravi violazioni dei diritti umani e dell'ambiente all'interno del rispettivo settore).

- \* Integrare procedure di Due Diligence nelle politiche e nei sistemi di gestione aziendale.
- \* Utilizzare modalità e strumenti per effettuare segnalazioni e assicurare che tutti i partecipanti alla filiera possano accedervi
- \* Fornire informazioni trasparenti e pubbliche sull'adempimento degli obblighi di Due Diligence.
- \* Se il fatturato annuo supera i 150 milioni di euro, le aziende devono allineare le proprie policy interne all'obiettivo dell'Accordo di Parigi di limitare il riscaldamento del pianeta a 1,5 gradi Celsius.

Le società dell'UE sono anche ritenute responsabili civilmente ai sensi della legge sulla catena di approvvigionamento se la violazione dei diritti umani o della protezione ambientale è stata commessa da un fornitore con cui lavorano in modo permanente o regolare. Le società possono essere esonerate da responsabilità se hanno stipulato codici di condotta con partner commerciali e se ne è stata verificata la conformità.

In altre parole le società avranno l'obbligo di vigilare sulla condotta dei loro fornitori e in caso di illeciti sarà necessario dimostrare la completa estraneità agli illeciti e/o al mancato rispetto delle norme di tutela dell'ambiente e dei diritti umani.

## 1.2 Legislazione dei paesi europei in termini di Due Diligence

Verrà fornita in questa sezione una panoramica sulle leggi specifiche di alcuni stati europei in materia di due diligence di impresa. Le informazioni qui esposte sono state raccolte consultando le fonti ufficiali messe a disposizione dai portali dedicati dei paesi presi in esame e commentati grazie a portali dedicati allo scopo.

### 1.2.1 Legislazione italiana

In Italia, l'8 Febbraio 2022 la Camera dei Deputati ha approvato una proposta di legge che ha modificato l'**articolo 41** della costituzione inserendo la salute delle persone e l'ambiente fra i propri valori primari protetti. Questo enuncia<sup>3</sup>:

*“L’iniziativa economica privata è libera. Non può svolgersi in contrasto con l’utilità sociale o in modo di recare danno alla salute, all’ambiente, alla sicurezza, alla libertà, alla dignità umana. La legge determina i programmi e i controlli opportuni perché l’attività economica pubblica e privata possa essere indirizzata e coordinata a fini sociali e ambientali [cfr. art. 43]”*

Il **Decreto Legislativo 231** introdotto nel 2001<sup>4</sup> ha stabilito la responsabilità amministrativa delle persone giuridiche per reati commessi nel proprio interesse o vantaggio.

Questa legge individua i criteri che rendono responsabili le società e tra i reati vi sono specifiche violazioni dei diritti umani e reati ambientali, tra cui la schiavitù, la tratta di esseri umani, il lavoro forzato, la tutela della salute e sicurezza sul lavoro e l'inquinamento ambientale. Le aziende dovrebbero disporre e attuare efficacemente un programma di conformità in grado di prevenire questi reati, così da essere esonerati da qualsiasi responsabilità nel caso in cui uno di questi reati venga comunque commesso.

Nel 2016 è stata introdotta la **legge n.199** del 29 ottobre dello stesso anno, conseguenza dell'**articolo 6 del DL 91/2014**<sup>5</sup>. Questa legge introduce in quegli anni nuove disposizioni in materia di contrasto ai fenomeni del lavoro nero e dello sfruttamento del lavoro in agricoltura, in particolare queste disposizioni volgono a contrastare il fenomeno criminale del caporalato e ad introdurre nuove forme di supporto per i lavoratori stagionali in agricoltura.

Da gennaio 2017, le grandi imprese in Italia sono obbligate a pubblicare i Report di Sostenibilità in attuazione della Direttiva 2014/95/UE, Questa Direttiva è stata recepita nell'ordinamento italiano dal **Decreto Legislativo 254/2016**<sup>6</sup> pubblicato in gazzetta ufficiale il 30 Dicembre 2016.

---

<sup>3</sup>Costituzione italiana articolo 41. Parte I: Diritti e doveri di cittadini. Titolo III: Rapporti economici.

<sup>4</sup>*Decreto Legislativo 8 giugno 2001, n. 231.* Gazzetta Ufficiale n. 140 del 19 giugno 2001, Serie Generale. 2001.

<sup>5</sup>*Decreto Legislativo 24 giugno 2014, n. 91.* Gazzetta Ufficiale n. 144 del 24 giugno 2014, Serie Generale. 2014.

<sup>6</sup>*Decreto Legislativo 30 giugno 2016, n. 254.* Gazzetta Ufficiale n. 7 del 10 gennaio 2017, Serie Generale. 2017.

## 1.2.2 Legislazione Francese

In Francia è in vigore dal 27 marzo 2017 la legge numero **2017-399**<sup>7</sup> relativa all'obbligo di vigilanza delle società controllanti e delle società committenti. L'intervento normativo si colloca nel solco di quelle misure atte a tentare di arginare i sempre più frequenti e tragici episodi di violazione dei diritti umani, alla stessa stregua della **legge britannica anti-schiavitù**<sup>8</sup>. Questo ordinamento è finalizzato a garantire l'obbligo di diligenza su tutte le operazioni delle società controllanti e controllate, comprese quelle extra territoriali, nell'ottica di un controllo ad ampio raggio delle catene di approvvigionamento globali dunque estensibile anche alle controllate, subappaltatrici che abbiano intrapreso relazioni commerciali con le imprese aventi sede legale in Francia.

La proposta di riferisce in particolare alle imprese che occupano più di 5.000 dipendenti in Francia e 10.000 dipendenti in tutto il mondo e mira sostanzialmente ad un'integrazione delle disposizioni del *code de commerce* francese, con norme aventi la finalità di imporre alle imprese in questione l'obbligo di sviluppare, diffondere e attuare un piano di vigilanza.

Questo dovrebbe contenere misure ragionevolmente idonee a identificare i rischi e prevenire le violazioni dei diritti umani e delle libertà fondamentali, della salute e sicurezza delle persone, nonché dell'ambiente che possono derivare dalle attività aziendali, dalle società controllate e dai loro fornitori e subappaltatori situati in Francia e all'estero.

## 1.2.3 Legislazione Tedesca

La legge tedesca *Gesetz über die unternehmerischen Sorgfaltspflichten in Lieferketten*<sup>9</sup><sup>10</sup>, da qui in avanti abbreviata in LkSG, in vigore dal 1 gennaio 2023, è intesa a incoraggiare le aziende tedesche a monitorare il rispetto dei diritti umani e la protezione dell'ambiente lungo le loro catene di fornitura e, nello specifico, a combattere il lavoro minorile, il lavoro forzato, la discriminazione nonché gli standard di sicurezza e ambientali inadeguati da parte dei loro partner contrattuali e di altri fornitori, obbligando le aziende tedesche ad attuare un sistema di gestione del rischio, a nominare un responsabile dello stesso e ad effettuare analisi regolari (annuali).

La legge stabilisce anche l'adozione di misure preventive e correttive (ivi compresa la cessazione della relazione commerciale con il proprio fornitore), l'introduzione di procedure di reclamo, la documentazione del rispetto degli obblighi di diligenza (da conservare per sette anni) e la redazione e pubblicazione sul proprio sito web di un

---

<sup>7</sup>LOI no 2017-399 du 27 mars 2017 relative au devoir de vigilance des sociétés mères et des entreprises donneuses d'ordre. URL: <https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000034290626/>.

<sup>8</sup>Modern Slavery Act 2015. URL: <https://www.legislation.gov.uk/ukpga/2015/30/contents/enacted>.

<sup>9</sup>Agire sulla due diligence aziendale nelle catene di fornitura

<sup>10</sup>Bundesgesetzblatt Jahrgang 2021 Teil I Nr. 46, ausgegeben zu Bonn am 22. Juli 2021: Gesetz über die unternehmerischen Sorgfaltspflichten in Lieferketten. URL: [https://www.bgbl.de/xaver/bgbl/start.xav?startbk=Bundesanzeiger\\_BGBl&jumpTo=bgbl121s2959.pdf#\\_bgbl\\_%2F%2F%5B%40attr\\_id%3D%27bgbl121s2959.pdf%27%5D\\_\\_1672227346631](https://www.bgbl.de/xaver/bgbl/start.xav?startbk=Bundesanzeiger_BGBl&jumpTo=bgbl121s2959.pdf#_bgbl_%2F%2F%5B%40attr_id%3D%27bgbl121s2959.pdf%27%5D__1672227346631).

rapporto annuale sull'adempimento degli obblighi di diligenza.

La legge si applicherà inizialmente alle aziende con almeno 3.000 dipendenti e la cui sede principale, il luogo principale di attività, la sede amministrativa o la sede legale sia in Germania, applicandosi così de facto anche alle aziende estere che hanno una filiale nel Paese. A partire dal 1 gennaio 2024, i nuovi obblighi saranno estesi alle aziende con 1.000 dipendenti. Le imprese che non rispetteranno gli obblighi legali potranno vedersi comminare delle multe fino a 8 milioni di euro (o fino al 2% del fatturato globale annuo per le imprese con un fatturato superiore a 400 milioni di euro). Nel caso di multe superiori a 175.000 euro, le aziende potranno vedersi precludere la partecipazione agli appalti pubblici per un periodo di tre anni.

Il termine “catena di approvvigionamento” è definito in modo ampio nella LkSG e si riferisce a “tutti i prodotti e servizi di un'azienda e comprende tutte le fasi, in patria e all'estero, necessarie alla fabbricazione dei prodotti o alla fornitura dei servizi, a partire dall'estrazione delle materie prime fino alla consegna al cliente finale”, ovvero a tutte le azioni dell'azienda nel proprio settore d'attività, alle attività di un fornitore diretto e alle azioni di un fornitore indiretto. All'entrata in vigore della legge, l'azienda tedesca dovrà pertanto prendere in considerazione anche i metodi di produzione dei suoi fornitori diretti e in caso di violazione – verificata o ritenuta imminente – dei diritti umani e/o degli standard ambientali, intraprendere azioni correttive volte a mitigare, interrompere o prevenire tale violazione, compresa quindi, se necessario, la cessazione del rapporto di collaborazione con il proprio fornitore. Nel caso di indicazioni concrete della possibile violazione di un obbligo in materia di diritti umani o ambientali da parte di fornitori indiretti, l'azienda dovrà intervenire anche in questo ambito.

#### 1.2.4 Legislazione Olandese

Il 24 ottobre 2019 L'Olanda ha adottato la *Wet Zorgplicht Kinderarbeid*<sup>1112</sup>. Il disegno di legge si applica a tutte le società registrate nei Paesi Bassi, nonché alle società internazionali che forniscono prodotti o servizi nei Paesi Bassi due o più volte all'anno. Con questa legge si introduce l'obbligo per le aziende di valutare se esiste una ragionevole presunzione che i beni e servizi nella loro catena di fornitura siano stati prodotti con lavoro minorile e nel caso dovessero emergere elementi a carico di questa possibilità, elaborare un piano d'azione per eliminarlo. Le aziende che non presentano una dichiarazione di due diligence riceveranno una multa simbolica di 4.100 euro. Se la società non esegue la due diligence secondo gli standard del regolatore, verrà multata. La pena massima per una società che non rispetta la nuova legge è fissata alla reclusione dell'amministratore della società e a una multa pari al 10% del fatturato annuo della società.

<sup>11</sup>Legge sulla due diligence sul lavoro minorile

<sup>12</sup> *Wet van 24 oktober 2019 houdende de invoering van een zorgplicht ter voorkoming van de levering van goederen en diensten die met behulp van kinderarbeid tot stand zijn gekomen (Wet zorgplicht kinderarbeid)*. URL: <https://zoek.officielebekendmakingen.nl/stb-2019-401.html>.

### 1.2.5 Altri paesi europei

Abbiamo fin qui citato e descritto le leggi promulgate dai paesi che, anticipando e/o reagendo alla direttiva 2022/0051 (COD), sono già in qualche maniera allineati anche solo in misura parziale a quest'ultima. Nel resto d'Europa, gli stati membri se pur non ancora dotati di leggi specifiche in merito stanno comunque compiendo i primi passi per poter rimanere al passo. In particolare paesi come Austria, Danimarca, Finlandia e Lussemburgo, stanno valutando normative simili.

In **Austria** è stata presentata dal partito **SPÖ** nel marzo 2021 una proposta di legge sull'obbligo di diligenza per le aziende sulle filiere di approvvigionamento. Secondo la proposta:

*...dovrebbe esserci un obbligo di diligenza per le aziende: ogni volta che vengono create nuove catene di approvvigionamento, e altrimenti una volta all'anno, le aziende dovrebbero verificare se le loro catene di approvvigionamento sono esenti da violazioni dei diritti umani o danni ambientali. Se il dovere di diligenza non venisse rispettato, dovrebbero essere previste sanzioni. Dovrebbe anche essere possibile essere esclusi dagli appalti pubblici.<sup>13</sup>*

Il 24 gennaio 2019 il parlamento danese ha chiesto al governo di esprimersi sull'obbligo di diligenza in materia di diritti umani da parte delle imprese, in particolare per quello operanti in settori ad alto rischio<sup>14</sup>. A ottobre 2021 il governo danese ha dichiarato che la Danimarca avrebbe adottato un quadro giuridico che impone alle imprese di esercitare la dovuta diligenza in materia di diritti umani nelle loro operazioni, compresa la possibilità per le vittime di ricorrere a mezzi di ricorso giudiziari. Alla fine dell'anno, tuttavia, nessuna proposta di questo tipo era stata presentata al parlamento<sup>15</sup>.

Nel giugno 2020, il governo finlandese ha pubblicato un'analisi giudiziaria delle possibili opzioni normative che potrebbero essere imposte alle società all'interno di un quadro legislativo in materia di due diligence.

*...Secondo l'analisi, le operazioni aziendali sono già soggette a vari obblighi di due diligence, che richiedono alle aziende di valutare e prevenire i rischi associati alle loro operazioni. Sarebbe possibile imporre alle imprese un obbligo di diligenza in materia di ambiente e diritti umani nell'ambito dell'ordinamento giuridico nazionale.<sup>16</sup>*

---

<sup>13</sup> Österreich: Sozialdemokraten präsentieren Vorschlag für Lieferkettengesetz. URL: <https://www.business-humanrights.org/en/latest-news/%C3%B6sterreich-sozialdemokraten-pr%C3%A4sentieren-vorschlag-f%C3%BCr-lieferkettengesetz/>.

<sup>14</sup> Proposal for a parliamentary decision on mandatory human rights due diligence. URL: <https://www.business-humanrights.org/en/latest-news/proposal-for-a-parliamentary-decision-on-mandatory-human-rights-due-diligence/>.

<sup>15</sup> Amnesty international - Denmark 2021 report. URL: <https://www.amnesty.org/en/location/europe-and-central-asia/denmark/report-denmark/>.

<sup>16</sup> Finland: Govt. publishes study on possible regulatory options for proposed due diligence legislation. URL: <https://www.business-humanrights.org/en/latest-news/finland-govt-publishes-study-on-possible-regulatory-options-for-proposed-due-diligence-legislation/>.

Due anni dopo, precisamente il 12 aprile del 2022, il governo finlandese pubblica un memorandum che esamina le opzioni per l'applicazione di un obbligo di due diligence per le imprese nella legislazione nazionale. La normativa potrebbe prevedere disposizioni sulle misure richieste alle imprese per identificare, prevenire, mitigare e porre rimedio agli effetti negativi sui diritti umani e sull'ambiente causati dalle operazioni delle imprese stesse e per monitorare le misure da esse messe in atto.

In Lussemburgo nel maggio 2021 è stato commissionato "*A Study on Potential Human Rights Due Diligence Legislation in Luxembourg*"<sup>17</sup> Questo studio esamina le possibilità di una nuova legislazione sulla due diligence per le società domiciliate in Lussemburgo, con l'obiettivo di garantire il rispetto dei diritti umani e dell'ambiente lungo tutta la loro catena del valore.

---

<sup>17</sup>Uno studio sulla potenziale legislazione in materia di due diligence sui diritti umani in Lussemburgo

# Capitolo 2

## Introduzione alla blockchain e al suo funzionamento

*La blockchain è una tecnologia innovativa che sta trasformando il modo in cui ci relazioniamo con i dati ed è una delle strategie di trasformazione dei dati più potenti emerse negli ultimi anni. È una rete distribuita, decentralizzata e incorruttibile che offre una nuova forma di registrazione sicura dei dati digitali che permette a più utenti di verificare e condividere informazioni in modo sicuro. In questo capitolo, esamineremo in linee generali il funzionamento della blockchain, partendo dalla sua definizione, storia e caratteristiche generali. Verrà successivamente illustrato il modo in cui vengono registrati e validati i dati al suo interno e introdotte le differenze tra i meccanismi di consenso Proof of Work e Proof of Stake e tra blockchain pubbliche e private*

### 2.1 Definizione

Con il termine Blockchain si identifica una tecnologia per la registrazione di dati distribuita. Essa consente la creazione di basi di dati condivise in cui le informazioni sono registrate in modo cronologico, immutabile e trasparente.

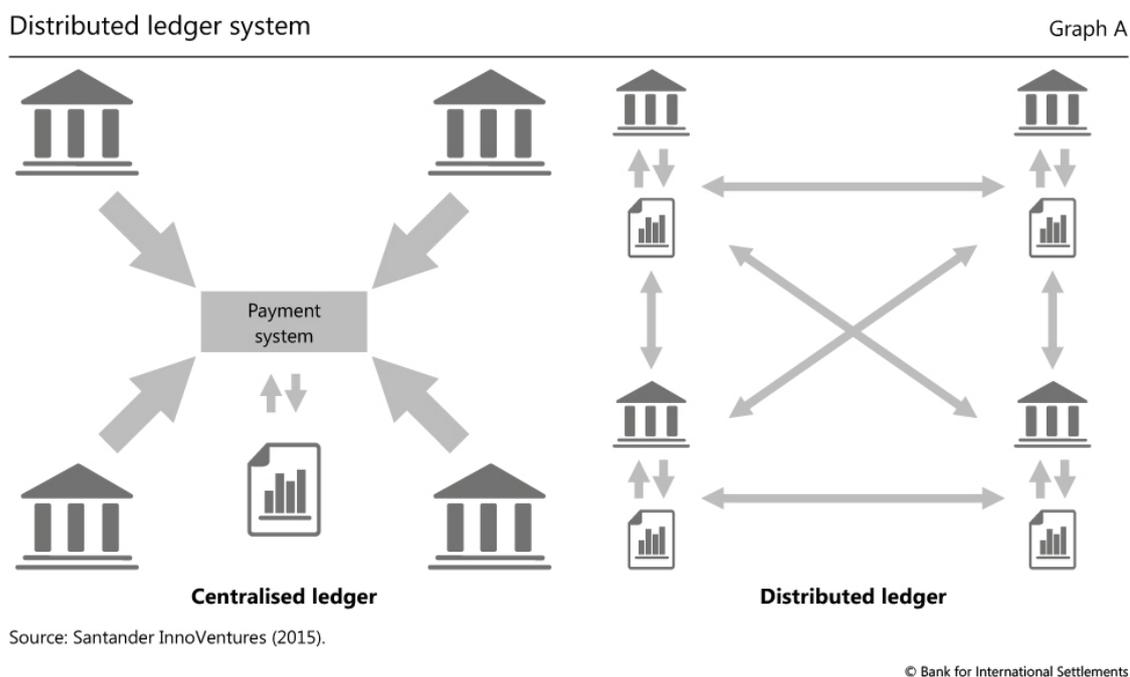
Questa tecnologia è classificata nell'insieme delle tecnologie *Distributed Ledger* ossia che operano come archivi (registri) distribuiti. Questi registri consentono l'accesso a diversi utenti i quali possono anche apportare modifiche. Ciò è possibile tramite l'uso di chiavi crittografate che abilitano alcuni utenti a utilizzare il sistema<sup>1</sup>.

Le tecnologie Distributed Ledger realizzano il vero e proprio cambiamento rispetto ai sistemi centralizzati (Fig. 2.1), poiché la logica è completamente distribuita e non esiste più alcun centro, ma ogni soggetto si fa garante della transazione tra qualsiasi altro partecipante alla rete. Nessuno ha la possibilità di prevalere sugli altri e il processo decisionale passa rigorosamente attraverso un precedente processo di acquisizione del consenso a cui tutti i nodi della rete prendono parte. Da quanto appena detto consegue l'immutabilità della blockchain: danneggiare o distruggere un Centralized Ledger è possibile attaccando direttamente la sua autorità centrale,

---

<sup>1</sup>UK Government Chief Scientific Adviser. «Distributed Ledger Technology: beyond block chain». In: (2016). A cura di Dr Mark Peplow.

nel caso della blockchain è invece impossibile poiché si dovrebbero danneggiare simultaneamente tutte le copie della rete possedute da tutti i partecipanti.



**Figura 2.1:** Schema di un modello di registro centralizzato a confronto con modello distribuito

### 2.1.1 Breve storia

Introdotta nel 2008 come componente di Bitcoin, la prima criptovaluta, da Satoshi Nakamoto (pseudonimo, al momento non si è certi dell'identità di quest'ultimo/inda), con lo scopo di realizzare un sistema di pagamento peer-to-peer senza l'intervento di terze parti.

Nakamoto ha pubblicato il white paper di Bitcoin nel 2008, in cui descrive la blockchain come una "transazione a prova di censura"<sup>2</sup>. Il progetto bitcoin è stato lanciato nel 2009. Tuttavia, la blockchain ha iniziato a raggiungere una maggiore popolarità solo dopo il 2013, quando altre criptovalute hanno iniziato ad utilizzarla.

Nel 2015, la società di software IBM ha lanciato la piattaforma blockchain IBM Bluemix, che ha permesso agli sviluppatori di creare e distribuire applicazioni blockchain. Nel 2016, la società di accountancy Deloitte ha lanciato la propria piattaforma blockchain. Nel 2017, il valore delle criptovalute è esploso e la blockchain è diventata una delle tecnologie più innovative degli ultimi anni.

<sup>2</sup>Satoshi Nakamoto. «Bitcoin: A peer-to-peer electronic cash system». In: *Decentralized business review* (2008).

### 2.1.2 Caratteristiche generali

Le blockchain sono decentralizzate, cioè non dipendono da un unico soggetto autoritativo. Invece, la rete è gestita da tutti i partecipanti e ogni partecipante può verificare e aggiungere dati alla blockchain.

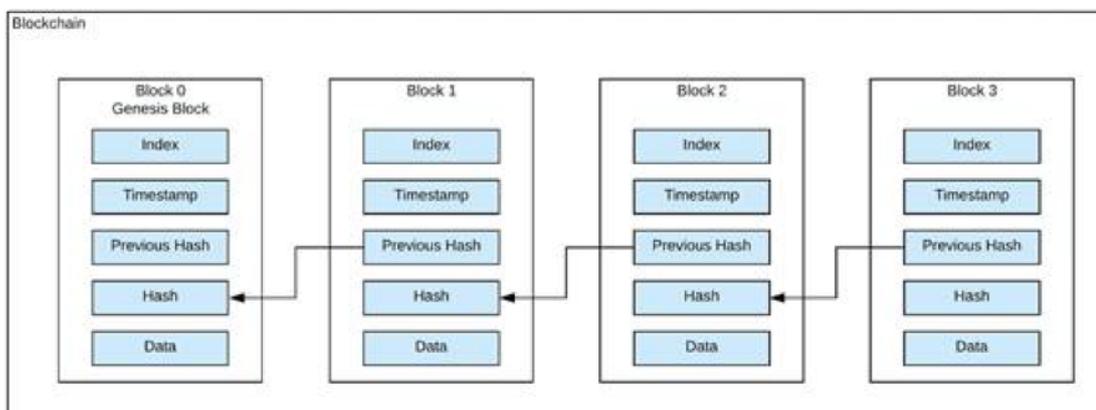
Queste caratteristiche rendono le blockchain ideali per la registrazione di dati sensibili, come ad esempio le transazioni finanziarie. Tuttavia, la blockchain può essere utilizzata per registrare qualsiasi tipo di dato.

Il funzionamento si basa su tre concetti fondamentali: decentralizzazione, trasparenza e immutabilità:

- \* La decentralizzazione consente ai dati di essere gestiti da una rete distribuita di nodi in modo da eliminare il rischio di manipolazione da parte di terzi. Ogni nodo può inserire nuovi dati, che vengono crittografati e aggiunti alla blockchain.
- \* L'immutabilità consente quindi di garantire che le informazioni registrate nella blockchain non possano essere modificate o cancellate.
- \* La trasparenza infine garantisce che tutte le informazioni registrate nella blockchain siano visibili e verificabili da tutti i partecipanti al sistema.

## 2.2 Come vengono registrati e verificati i dati

I dati vengono registrati sulla blockchain in blocchi. Ogni blocco contiene un riferimento al blocco precedente (Fig. 2.2), il che rende la blockchain immutabile.



**Figura 2.2:** Rappresentazione dei riferimenti sequenziali tra i blocchi di una blockchain

I dati vengono crittografati e aggiunti alla blockchain da tutti i partecipanti alla rete detti anche "nodi". Ogni partecipante può verificare e aggiungere dati alla blockchain. Per verificare i dati, ogni noto partecipante alla rete deve eseguire processo di *consensus* per determinare se un nuovo blocco è valido. Se la maggioranza dei nodi conferma la validità del blocco, viene aggiunto alla blockchain, questo è il

modello "Proof of work"(POW)<sup>3</sup>.

Esiste anche un secondo modello denominato "Proof of stake"(POS) che opera in modo simile al "Proof of work" (Fig. 2.3). Tuttavia, invece che eseguire calcoli complessi, i partecipanti alla rete dimostrare di possedere una certa quantità di criptovaluta per essere validato come "stakeholder" e quindi autorizzato a partecipare alla rete.

Se un nodo ritiene di essere in grado di aggiungere un blocco alla blockchain, deve inviare una prova della propria partecipazione (una "prova di stake") nella rete. Una volta ricevuta questa prova, la rete verificherà se è valida o meno. Se la prova è valida, il nodo sarà autorizzato a confermare transazioni e blocchi.

Il modello Proof of Stake è stato progettato per offrire una maggiore sicurezza rispetto ad altri modelli di consenso, come il proof of work. Inoltre, è più economico e veloce da implementare, in quanto non richiede l'esecuzione di complessi calcoli matematici.

Nei successivi paragrafi i concetti di POW e POS verranno ripresi e descritti singolarmente per fornire un maggior livello di dettaglio.

## 2.3 Blockchain Proof of Work

La blockchain basata su proof of work è un tipo di blockchain che utilizza un algoritmo di consenso basato su un sistema di prova del lavoro (PoW). Il PoW è un sistema che richiede ai partecipanti alla rete di risolvere un problema matematico complesso prima di aggiornare la blockchain. Il problema deve essere complicato abbastanza da richiedere una quantità significativa di tempo ed energia, ma allo stesso tempo non deve essere troppo complicato da risolvere. Una volta che un partecipante risolve il problema, viene ricompensato con una criptovaluta, come Bitcoin. Il problema deve essere verificato dai partecipanti alla rete prima che il partecipante possa aggiornare la blockchain. Questa verifica assicura che nessun singolo partecipante possa aggiornare la blockchain in modo fraudolento. Uno dei vantaggi principali di questo sistema è che impedisce ai partecipanti di aggiornare la blockchain senza il consenso degli altri partecipanti.

## 2.4 Blockchain Proof of Stake

Una blockchain basata su proof of stake (PoS) è una forma di consenso decentralizzata che consente ai partecipanti alla rete di gestire un registro distribuito in modo sicuro e affidabile.

A differenza della proof of work (PoW), dove la rete è gestita da minatori che competono tra loro per calcolare un hash su un blocco di dati, la blockchain basata su PoS è gestita da validatori che devono depositare una prova di coinvolgimento (stake) in criptovaluta all'interno della rete.

---

<sup>3</sup>Michael Crosby et al. «Blockchain technology: Beyond bitcoin». In: *Applied Innovation* 2 (ott. 2016).

I validatori devono quindi dimostrare la loro partecipazione e impegno alla rete fornendo una prova di stake. In cambio della loro partecipazione, i validatori ricevono ricompense in criptovaluta in base al loro livello di stake.

Queste ricompense sono un incentivo per i validatori a mantenere la rete sicura e in esecuzione correttamente. Inoltre, i validatori sono responsabili della gestione della blockchain, inclusa la validazione delle transazioni e la creazione di nuovi blocchi. Se un validatore tenta di manipolare la blockchain, può perdere la sua stake, il che è un incentivo per i validatori ad agire correttamente. In sostanza, la blockchain basata su PoS consente ai partecipanti di gestire un registro distribuito in modo sicuro e affidabile senza l'utilizzo di costosi *hardware per il mining*. Inoltre, i partecipanti sono incentivati a mantenere la rete sicura e in esecuzione correttamente attraverso ricompense in criptovaluta.

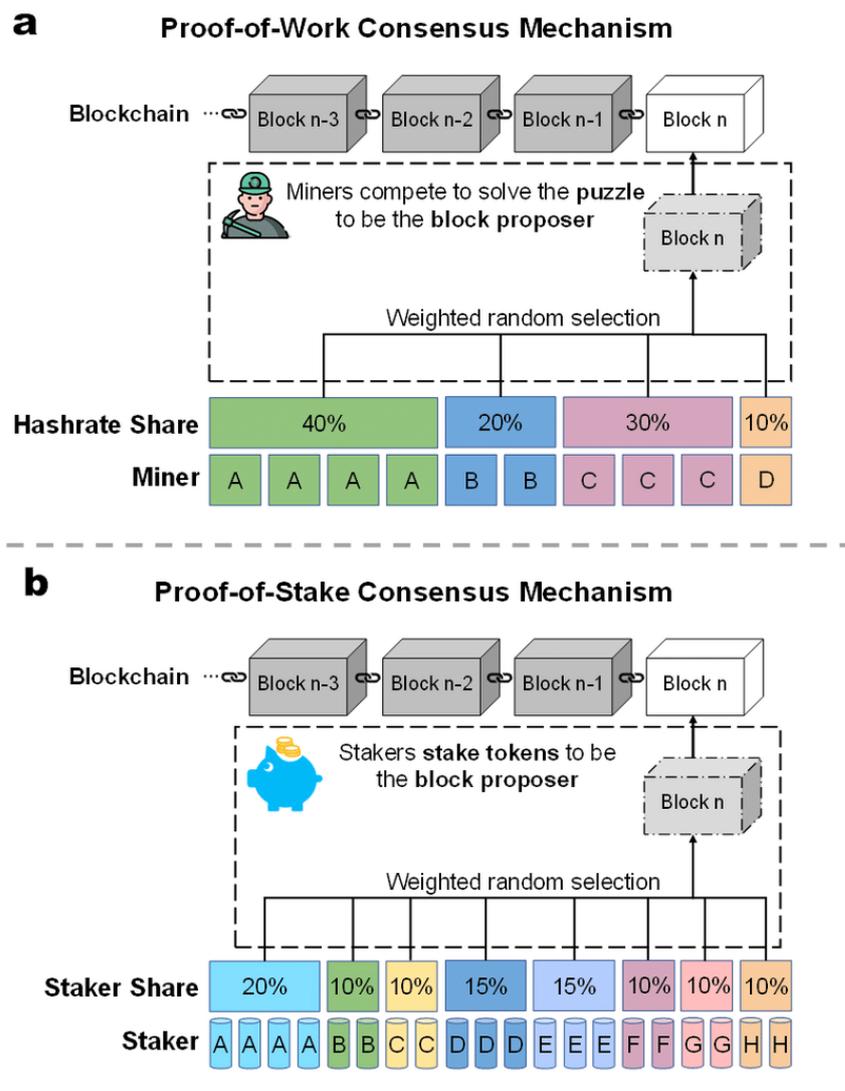


Figura 2.3: Rappresentazione schematica delle differenze tra modello "proof of work" e "proof of stake"

## 2.5 Smart contracts

Il concetto di *smart contract* (contratto intelligente) si sviluppa a partire dalla metà degli anni '70 per essere poi sperimentato negli anni '90 da Nick Szabo<sup>4</sup>, computer scientist statunitense, nell'ambito dei contratti digitali. Il punto di partenza era quello di implementare un programma software che si ponesse di eseguire determinate azioni al verificarsi di precise condizioni, senza l'utilizzo di intermediari come notai o banche.

A partire dal 2009 con l'avvento di Bitcoin, gli smart contracts ebbero un ulteriore spinta innovativa apportata dal framework tecnologico della blockchain.

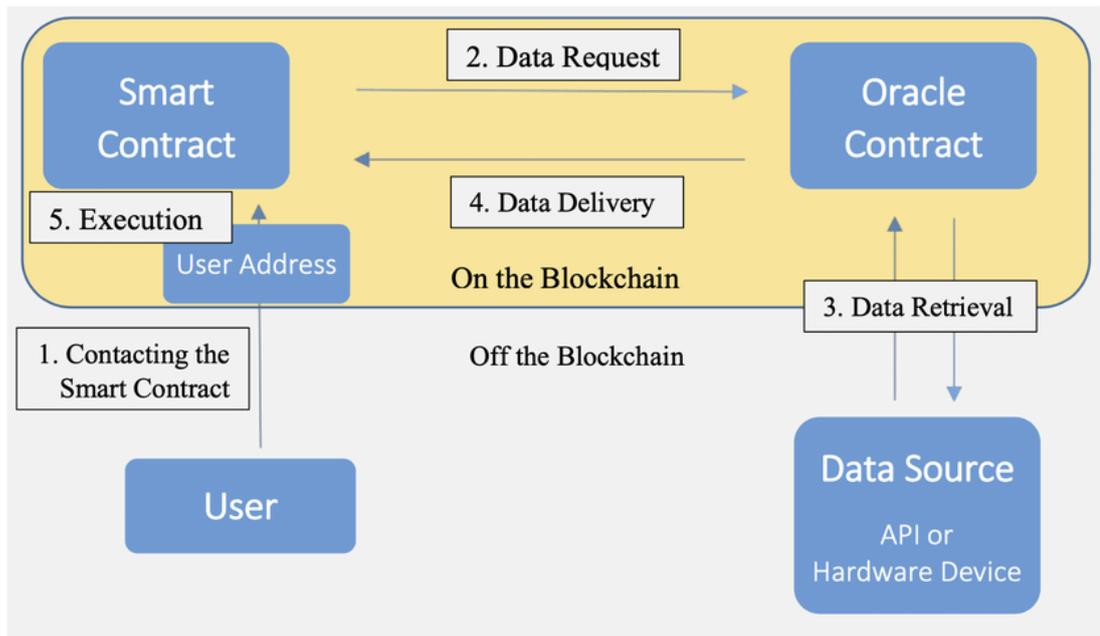
Entrando nel dettaglio uno smart contract è una traduzione in un linguaggio di programmazione di un vero e proprio contratto tra parti, il quale viene aggiunto ad un blocco di una piattaforma blockchain. Si considerino i due soggetti interessati alla compravendita di un bene futuro. I contraenti nel momento dell'accordo fissano condizioni precise affinché si verifichi lo scambio quali prezzo del bene, quantità e data. A questo punto le informazioni vengono trascritte in linguaggio informatico, validate dai nodi e registrate nel blocco di una blockchain. Dato che la sola blockchain non è in grado di raccogliere in maniera diretta informazioni dall'esterno, si deve affidare ai cosiddetti 'oracoli', ossia applicazioni 'ponte' tra la blockchain e il mondo reale le quali forniscono dati al network blockchain<sup>5</sup>. Una volta trasmesse le informazioni la blockchain eseguirà automaticamente lo smart contract. Lo smart contract di un future verifica che le condizioni siano rispettate ad una determinata scadenza ed esegue istantaneamente l'effetto, ovvero la compravendita (Fig 2.4).

Gli smart contracts a differenza dei contratti tradizionali non lasciano spazio ad interpretazioni ma si auto eseguono. Si può ben comprendere l'importanza del tenore letterario e la precisione con cui deve essere trascritto tale contratto, l'efficacia degli smart contracts è infatti direttamente proporzionale alla quantità e qualità dei dettagli inseriti. D'altro canto, gli smart contracts offrono certezza sull'oggettività di giudizio e la sicurezza che i contraenti non vengano meno ai loro obblighi una volta firmato il contratto data la sua inevitabile esecuzione. Tradotto in linguaggio economico-finanziario significa ridurre considerevolmente il rischio di controparte aumentando la tempestività dell'effetto prodotto dal contratto inoltre, unito ai benefici apportati dal framework di blockchain, offre un ulteriore elemento di trasparenza e quindi di fiducia nel contratto.

---

<sup>4</sup>*Smart contract: cosa sono (e come funzionano) le clausole su blockchain.* Giu. 2019. URL: <https://www.ilsole24ore.com/art/smart-contract-cosa-sono-e-come-funzionano-clausole-blockchain-ACsDo2P>.

<sup>5</sup>Abdeljalil Beniiche. «A study of blockchain oracles». In: *arXiv preprint arXiv* (2020).



**Figura 2.4:** Schema grafico del flusso di gestione di una transazione in una blockchain pubblica

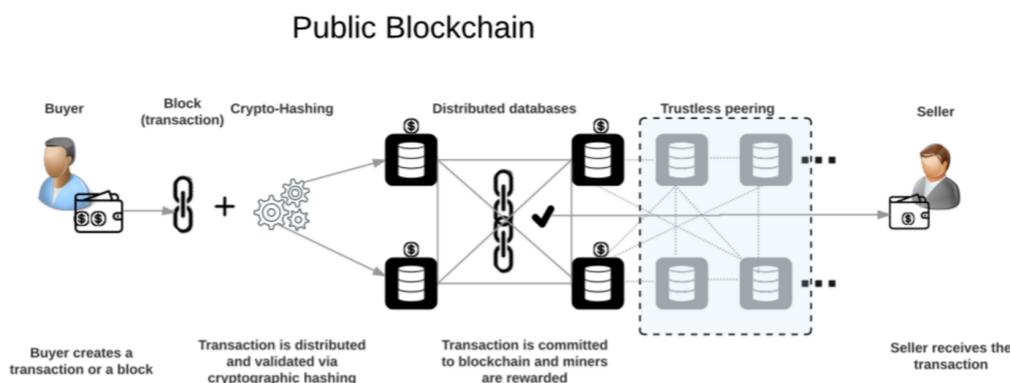
Ad oggi gli smart contracts presentano limiti applicativi derivanti principalmente da due elementi di incertezza. Il primo fa riferimento al tema della sensibilità del contratto al tenore letterario della traduzione in linguaggio digitale che necessita dell'ausilio di un programmatore che sviluppi lo smart contract. Il secondo fa capo all'utilizzo degli oracoli che sono necessari per superare temporaneamente il limite della blockchain ad accedere a dati esterni. Tuttavia, permane il problema dell'affidabilità degli oracoli per la raccolta di informazioni per cui, mentre per semplici clausole è possibile utilizzare uno smart contract, per quelle più articolate che richiedono particolari azioni o sono soggette ad interpretazioni, non sono traducibili in smart contract o quanto meno risulta controproducente l'uso.

## 2.6 Blockchain pubbliche, private e ibride

Dopo aver chiarito a grandi linee le caratteristiche, introduciamo brevemente i concetti di blockchain pubblica, blockchain privata e blockchain ibrida<sup>6</sup>.

### 2.6.1 Blockchain pubblica

Le blockchain pubbliche, di cui flusso di gestione di una transazione, viene presentato graficamente in Fig 2.5; si caratterizzano per la loro apertura a qualunque attore vi voglia partecipare. Esse non implementano sistemi di controllo o regole per la generazione di transazioni. In altre parole non hanno bisogno di generare autorizzazioni affinché gli utenti possano partecipare al controllo e alla validazione delle operazioni; nessuno può impedire che un'operazione venga registrata una volta che è stata approvata da tutti i partecipanti che in questo sistema sono anonimi dunque non vengono considerati come individui affidabili. Fanno parte di questa categoria le blockchain di Bitcoin ed Ethereum. Questo tipo di sistema risulta quindi adeguato a tutti quei documenti di cui va garantita l'assoluta immutabilità nel tempo a meno di modifiche che richiedano il massimo consenso per questioni di sicurezza.



**Figura 2.5:** Schema grafico del flusso di gestione di una transazione in una blockchain pubblica

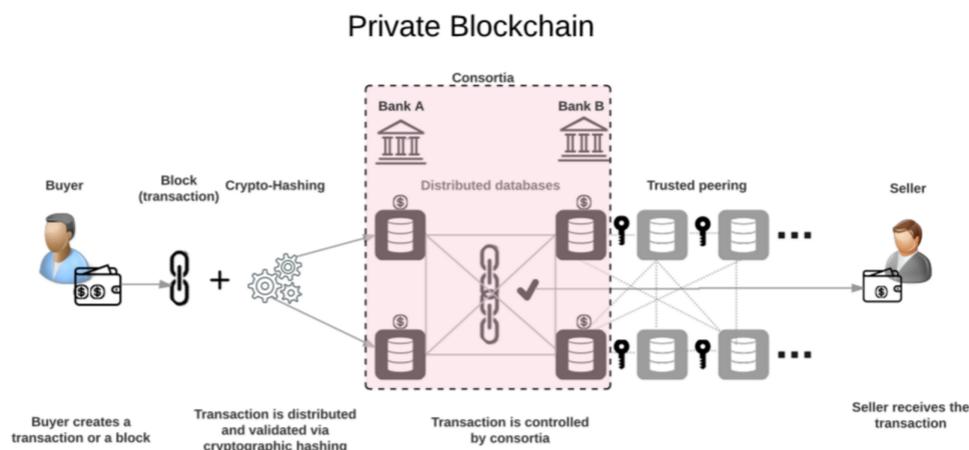
### 2.6.2 Blockchain privata

Le blockchain private di cui flusso di gestione di una transazione, viene presentato graficamente in Fig 2.6; al contrario presentano una sorta di 'proprietà' e implementano sistemi di controllo per l'inserimento e la validazione delle transazioni. Infatti il sistema di inserimento, modifica e approvazione dei dati non è vincolato all'approvazione da parte di tutti i nodi della rete ma ad un numero limitato di utenti che sono definiti come 'trusted'. È il tipo di blockchain più adeguato a istituzioni o grandi imprese e società di servizi che devono intrecciare relazioni con

<sup>6</sup>Valeria Vitale. *La classificazione delle Blockchain*, Spindox blo. 2019. URL: <https://www.spindox.it/it/blog/la-classificazione-delle-blockchain/#gref>.

diversi attori e in cui le operazioni che vengono svolte sono soggette a controllo da parte dei soli che ne abbiano l'autorizzazione.

Questo tipo di blockchain dunque introduce nel sistema il concetto di Governance, ossia regole e criteri in base ai quali sono regolamentati l'accesso e la gestione dei dati. Da ciò si ricava una maggiore prestazione in termini di velocità nella validazione delle informazioni dovendo queste essere approvate da un numero ristretto di attori e non da tutta la rete. La blockchain per funzionare deve quindi poter contare su una rete ristretta, chiusa e affidabile. Il prestigio e la sicurezza di un sistema del genere sono legati alla sua impenetrabilità da parte di soggetti esterni, ne risulta dunque che la rete dovrà essere sufficientemente testata e inviolabile.



**Figura 2.6:** Schema grafico del flusso di gestione di una transazione in una blockchain privata

### 2.6.3 Modello Ibrido

Il modello ibrido non differisce nella sostanza da un modello pubblico se non nella sua caratteristica di implementare un controllo su chi può partecipare alla rete. L'accesso è consentito dunque a un gruppo ristretto di utenti riconosciuti e comprovati.

### 2.6.4 Modelli a confronto

Proponiamo dunque un confronto riepilogativo tra il modello pubblico e quello privato rappresentato anche graficamente dalla tabella 2.1. Il modello pubblico, prevede che l'accesso alla rete sia consentito a chiunque voglia parteciparvi e quindi abbia almeno le capacità necessarie e sufficienti in termini di software e capacità di elaborazione. A questo modello si affianca anche il modello ibrido, in cui il controllo della catena è sempre di tipo distribuito ma l'accesso al network è consentito solamente ad un gruppo ristretto di utenti. Tutti i nodi partecipano alla validazione di una qualsiasi transazione e tutti concorrono alla sicurezza complessiva della Blockchain. Il modello privato d'altro canto prevede che l'accesso, come anche

le attività di controllo, validazione e sicurezza della rete, siano affidate solo ai partecipanti definiti ‘trusted’, coloro che hanno aderito alle regole delineate nella governance della struttura.

		Tipologia di Accesso	
		Chiuso	Aperto
Tipologia di Controllo	Ristretto	Blockchain Privata: Accesso, sicurezza e validazione affidate solo a utenti trusted. Governance alla base dell’infrastruttura e dello sviluppo della rete.	
	Distribuito	Blockchain Ibride: Accesso consentito a un gruppo ristretto e comprovato di utenti. Le attività di validazione possono essere intraprese da chiunque nel network.	Blockchain Pubbliche: Accesso totalmente libero. Attività di validazione e modifica di operazioni consentite a tutti i partecipanti.

**Tabella 2.1:** Tipologie di blockchain classificate in funzione di due variabili: tipologia di accesso e tipologia di controllo

## 2.7 Limiti della blockchain

### 2.7.1 Scalabilità

Attualmente, la blockchain presenta un limite di scalabilità che può influire sulla velocità con cui le transazioni vengono eseguite.

Con limite di scalabilità si intende la capacità della blockchain di elaborare un grande numero di transazioni allo stesso tempo.

Un’alta scalabilità significa una maggiore velocità di esecuzione delle transazioni, ma può anche comportare un aumento delle dimensioni del blockchain, con conseguenti costi di conservazione e di gestione<sup>7</sup>. Questo limite è dovuto al fatto che ogni nodo della rete deve convalidare ogni blocco prima che esso possa essere aggiunto alla

<sup>7</sup>Omar Dib et al. «Consortium Blockchains: Overview, Applications and Challenges». In: *International Journal On Advances in Telecommunications* (2018).

blockchain. Ciò significa che la velocità delle transazioni dipende dal numero di nodi nella rete e dal tempo che impiegano per convalidare un blocco (Fig 2.7). Pertanto, se si desidera aumentare la velocità delle transazioni, è necessario aumentare il numero di nodi nella rete e/o migliorare le tecnologie di convalida dei blocchi.<sup>8</sup>

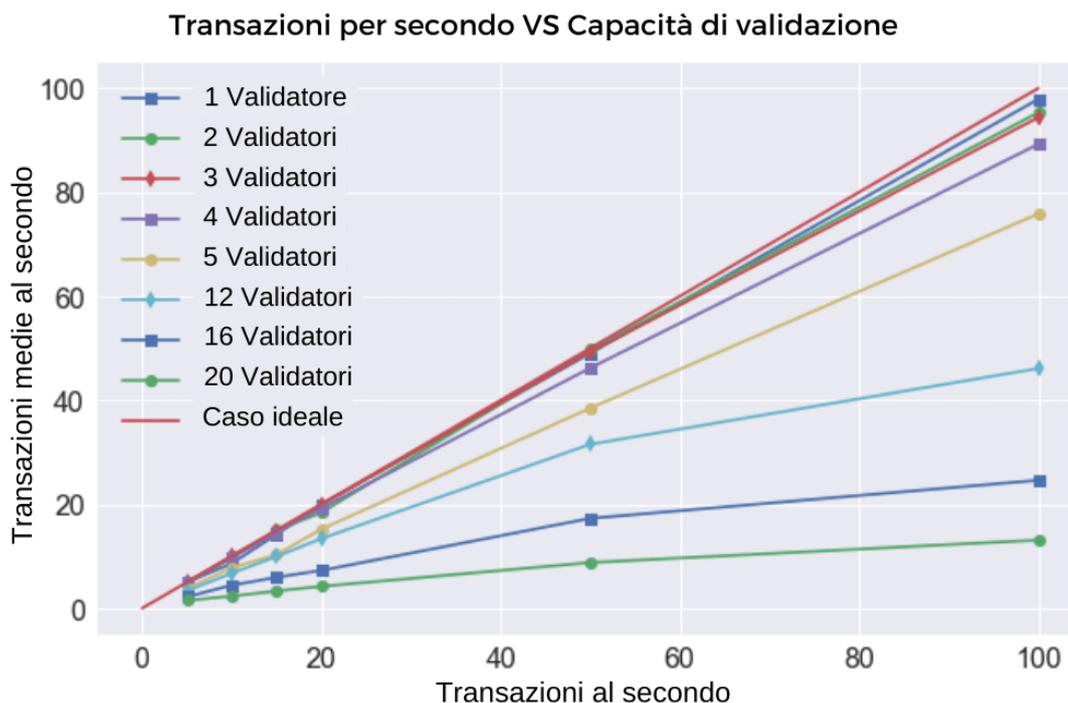
Esistono vari modi per aumentare la scalabilità della blockchain. Uno dei modi più popolari è quello di utilizzare la tecnologia di *sidechain*, che consente la creazione di reti parallele, ognuna delle quali può gestire un numero più elevato di transazioni rispetto alla blockchain principale.

Un altro modo per aumentare la scalabilità è quello di utilizzare la tecnologia di consensus di Proof of Stake. Questa, come precedentemente illustrato, consente ai nodi di convalidare le transazioni in base al loro livello di stake, ossia il loro livello di partecipazione alla rete, invece che in base al loro potere di calcolo. Ciò significa che anche gli utenti con una potenza di calcolo più limitata possono partecipare alla rete, aumentando così il numero di nodi e riducendo la quantità di tempo necessaria per convalidare un blocco. Inoltre, alcuni progetti di blockchain stanno sviluppando tecnologie di *sharding*, che consentono di suddividere la rete in gruppi più piccoli, ciascuno dei quali gestisce un set specifico di transazioni e blocchi. Ciò consente di aumentare la velocità delle transazioni poiché ogni gruppo può gestire un maggior numero di transazioni contemporaneamente.

Infine, un'altra tecnologia che è stata proposta per aumentare la scalabilità della blockchain è la tecnologia *Lightning Network*, che crea canali di pagamento *off-chain* tra due parti che possono quindi effettuare molte transazioni in pochi secondi. Questa tecnologia consente agli utenti di spostare le transazioni su reti private o canali di pagamento separati, riducendo così la quantità di transazioni che devono essere elaborate dalla blockchain principale. Altri sforzi di scalabilità includono lo scambio istantaneo, la creazione di blocchi più grandi e l'aggiunta di più nodi nella rete.

---

<sup>8</sup>Omar Dib et al. «Consortium Blockchains: Overview, Applications and Challenges». In: *International Journal On Advances in Telecommunications* (2018).



**Figura 2.7:** Transazioni medie al secondo rispetto al numero di nodi che validano la singola transazione

Omar Dib et al. «Consortium Blockchains: Overview, Applications and Challenges»

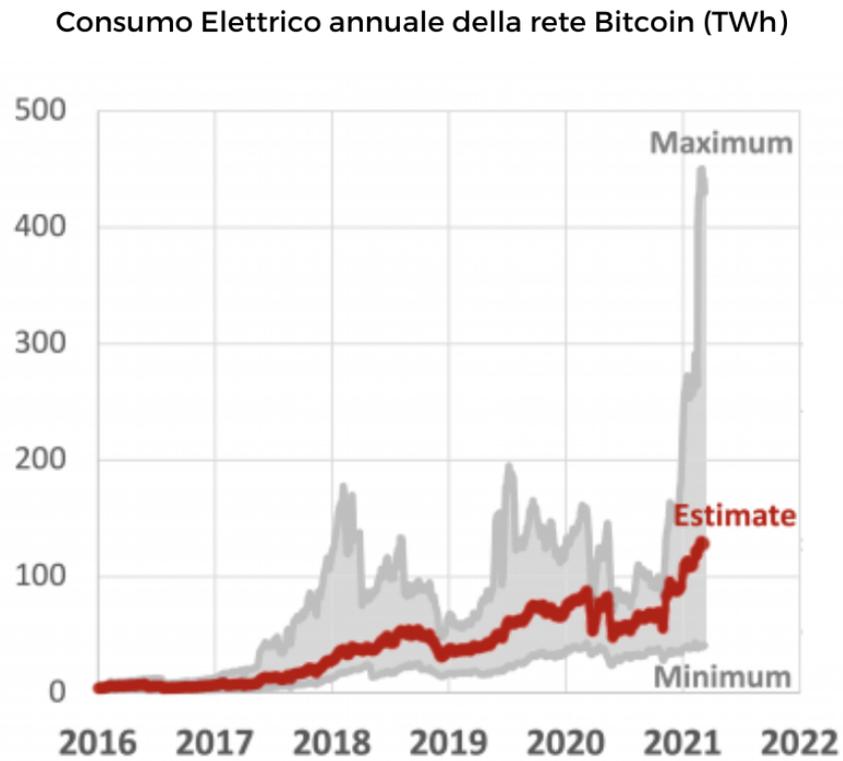
## 2.7.2 Costi

Le transazioni blockchain richiedono spesso commissioni elevate poiché la rete deve essere mantenuta in modo sicuro. Le commissioni sono calcolate in base alla quantità di dati che devono essere processati dalla blockchain. Più dati devono essere elaborati, più alta sarà la commissione. La commissione può anche variare in base alla rete blockchain poiché alcune reti blockchain possono essere più rapide o più sicure rispetto ad altre<sup>9</sup>. Inoltre, le commissioni possono variare a seconda del tempo necessario per elaborare una transazione. Se la rete è sovraccarica, le commissioni possono aumentare poiché ci vorrà più tempo per elaborare una transazione. Inoltre, alcune reti blockchain possono avere sistemi di incentivazione che possono aumentare o diminuire le commissioni in base all'importo di una transazione. In generale, le commissioni variano in base alla rete blockchain, al numero di dati da elaborare e al tempo necessario per elaborare la transazione.

Inoltre il mantenimento di una rete blockchain in termini di energia è notevole (Fig. 2.8), poiché la rete deve essere costantemente monitorata, aggiornata e sicura. Se la quantità di dati da elaborare aumenta, anche il costo energetico

<sup>9</sup>Weiqi Hua et al. «Applications of blockchain and artificial intelligence technologies for enabling prosumers in smart grids: A review». In: *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 151 (giu. 2022).

aumenterà. Con un conseguente impatto sull'ambiente e sulla sostenibilità a lungo termine della blockchain<sup>10</sup>.



**Figura 2.8:** Stima del consumo di elettricità medio della rete bitcoin dal 2016 al 2021

<sup>10</sup>Xiaoyang Shi et al. «Confronting the Carbon-footprint Challenge of Blockchain». In: *Environmental Science & Technology* (dic. 2021).

### 2.7.3 Privacy

Un altro limite della blockchain è la privacy, la blockchain è una tecnologia trasparente, il che significa che le informazioni sulla transazione sono generalmente visibili da chiunque abbia accesso alla rete. Ciò significa che i dettagli privati su tali transazioni diventano pubblici e possono essere raccolti da persone o organizzazioni che cercano informazioni private sugli utenti. Ciò può mettere a rischio la privacy di alcune persone, soprattutto in quelle situazioni in cui la trasparenza della blockchain può essere sfruttata per scopi maligni. Protocolli come lo *zero-knowledge-proof* offrono una soluzione a tali problemi, consentendo alle parti che effettuano una transazione di condividere informazioni senza rivelare i loro dati personali, ma ancora non è stato ampiamente adottato.

### 2.7.4 Governance

La mancanza di un ente centrale che governi e controlli la blockchain può portare a problemi di governance. Senza un ente centrale, ci sono alcune sfide che i sistemi di blockchain pubblici devono affrontare. In primo luogo, la mancanza di un ente che governi e controlli la blockchain significa che non c'è una *single point of failure*<sup>11</sup>. Ciò significa che c'è una maggiore probabilità che la blockchain pubblica sia soggetta ad attacchi maligni, come l'attacco del 51%<sup>12</sup>. Questo può essere fatto per ottenere più ricompense o manipolare i prezzi. Inoltre, non c'è un ente responsabile della gestione delle transazioni, il che significa che il sistema può essere soggetto ai problemi di scalabilità citati in precedenza. Infine, poiché non c'è un ente centrale, non c'è alcun modo per risolvere eventuali problemi di governance che possono sorgere.

Per affrontare questi problemi, alcuni progetti blockchain hanno introdotto modelli di governance decentralizzati. Questi modelli decentralizzati consentono ai partecipanti di votare su decisioni importanti che riguardano il sistema. Inoltre, incoraggiano la partecipazione e la cooperazione tra i partecipanti alla blockchain. Questi modelli possono anche incoraggiare la trasparenza e la responsabilità, poiché i partecipanti alla blockchain possono essere tenuti a rispondere delle loro azioni.

---

<sup>11</sup>Una situazione in cui un sistema è estremamente vulnerabile a guasti o crash a causa di un unico elemento (punto) che non è ridondante. Significa che se questo elemento non funziona più, tutto il sistema può smettere di funzionare o diventare inutilizzabile

<sup>12</sup>Un attacco informatico in cui un utente con una potenza di calcolo superiore alla metà della rete riesce a controllare la blockchain, manipolando transazioni e bloccandone di nuove

# Capitolo 3

## Pratiche odierne di utilizzo della blockchain in ambito enterprise

*In questo capitolo viene presentata una panoramica dei maggiori utilizzi della blockchain in ambito enterprise. Grazie ai report forniti da società come Deloitte e centri come l'osservatorio Blockchain e Distributed ledger verrà illustrato lo stato attuale nell'utilizzo di questa tecnologia sia in ambito B2B che B2C.*

### 3.1 Panoramica sulle applicazioni della blockchain da parte delle aziende

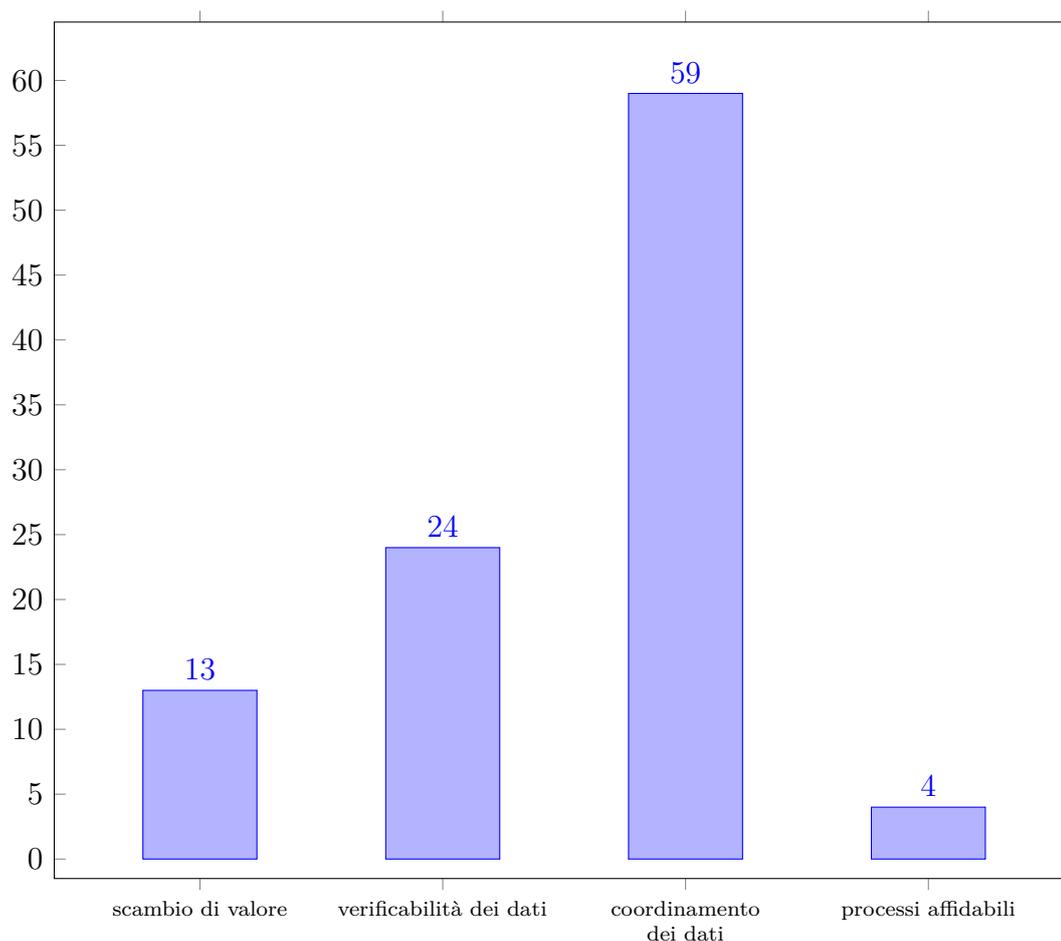
Negli ultimi anni, le blockchain si sono affermate come strumenti sempre più efficaci per le aziende di tutto il mondo. La sua capacità di fornire sistemi diversi di tracciabilità, trasferimento di valore e processi di identificazione sicuri e affidabili ha ridotto al minimo la possibilità di frodi ed errori, fornendo inoltre ai clienti e ai partner delle organizzazioni una migliore trasparenza. Tuttavia non è sempre chiaro in quali modi la blockchain possa migliorare i processi esistenti, né come questa tecnologia possa abilitare nuove opportunità e modelli di business.

Questo capitolo illustra le pratiche odierne della blockchain in ambito enterprise basandosi su report acquisiti da società di consulenza e osservatori di ricerca, dai portali web delle aziende citate o da altri siti informativi con l'obiettivo di descrivere come le aziende stanno adottando la tecnologia e quali sono i principali motivi che le spingono al suo utilizzo. Di seguito dunque si procede con l'illustrazione di alcuni progetti sviluppati per i quali le informazioni sono state reperite dai report o tesi di ricerca, dai portali web delle aziende stesse o da altri siti informativi.

Stando al censimento prodotto dall' Osservatorio Blockchain & Distributed Ledger, gli ambiti applicativi della blockchain in ambito enterprise possono essere distinti in 4 categorie<sup>1</sup>:

- \* scambio di valore;
- \* Verificabilità dei dati;
- \* Coordinamento dei dati;
- \* Realizzazione di processi affidabili;

La suddivisione in percentuale di adozione in base alla tipologia di applicazione viene rappresentata nel seguente grafico a barre 3.1



**Figura 3.1:** Percentuale di adozione per tipologia di progetto

<sup>1</sup>Valeria Portale. *Blockchain for business: in che modo le aziende stanno utilizzando la tecnologia Blockchain*. 2021. URL: [https://blog.osservatori.net/it\\_it/blockchain-business-applicazioni-aziende](https://blog.osservatori.net/it_it/blockchain-business-applicazioni-aziende).

### 3.1.1 I report Deloitte sullo stato degli investimenti in ambito blockchain

Secondo la società di consulenza, Deloitte, la quale ogni anno rilascia un report riguardante lo stato dell'arte sull'applicazione di questa tecnologia in ambito enterprise, già nel 2018<sup>2</sup> erano stati investiti miliardi di dollari in questo ambito e venivano censite oltre 120 startup basate su questa tecnologia.

Il grafico in Fig 3.2 raffigura i risultati della ricerca di Deloitte.

Nella parte sinistra su 1053 executive intervistati a livello globale, la suddivisione delle aziende per investimenti programmati (in dollari). Quanto rappresentato si può riassumere con il 16% degli intervistati dichiarava che nel 2019 avrebbe investito almeno 10 milioni di dollari, a cui segue un 23% che si colloca nella fascia tra i 5 e i 10 milioni, un 26% tra 1 e 5 milioni e il 20% rimane al di sotto del milione. Solamente il 10% dichiarava una previsione di investimento inferiore a 500.000 dollari e il 5% che non avrebbe investito in alcun modo.

Il grafico a barre che occupa la parte destra della figura descrive come le fasce di investimento riportate sopra siano distribuite in sette paesi. Si può notare che i maggiori investimenti in termini di ammontare di milioni di dollari sono affrontati in Messico e Francia, dove all'incirca il 20% dei rispondenti sembra aver creduto in progetti per più di 10 milioni, mentre negli Stati Uniti questa percentuale scende al 13%. In questi ultimi infatti il 16% degli intervistati sembra non avere alcun progetto attualmente in fase di ricerca, mentre nessuno degli executive in Francia, Cina e Messico risulta essere estraneo allo studio della Blockchain.

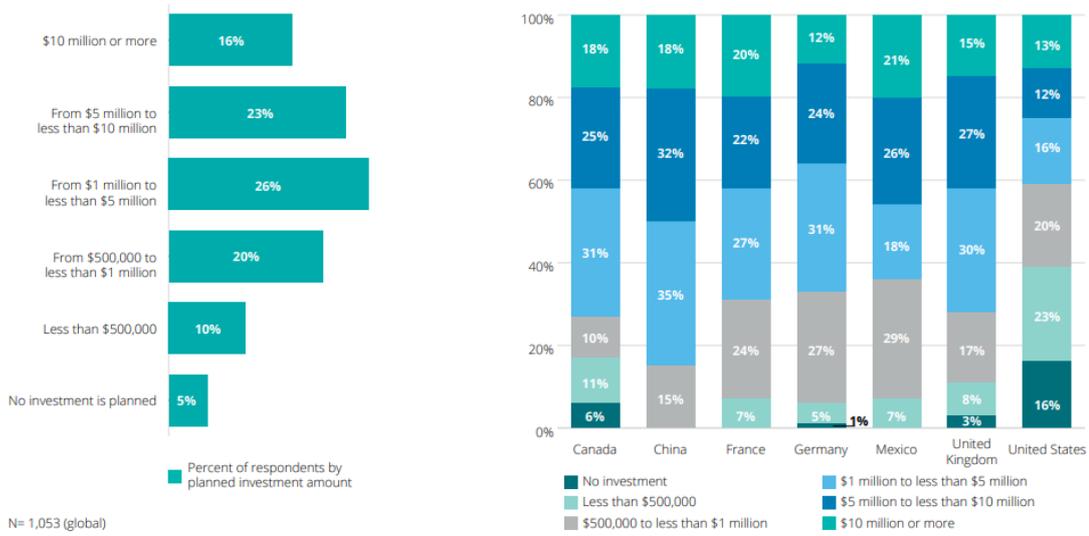
Comparando quest'analisi con la stessa effettuata nell'anno 2020<sup>3</sup> (Fig 3.3) effettuata su campione più grande di circa un terzo di soggetti intervistati in ben 14 paesi nel mondo si riscontra che le stime di investimento oltre i 10 milioni di dollari siano calate di 4 punti percentuali, quelle tra i 5 e i 10 milioni di siano aumentate di un punto percentuale, quelle tra l'1 e i 5 milioni si assestano intorno al 30% e il 29% dichiara una stima di investimento minore o uguale al milione di dollari.

Dall'analisi di questi dati emerge un trend calante nelle stime di investimento a 12 mesi per quanto riguarda gli applicativi in ambito business per questa tecnologia. Nonostante questo trend report posto in esame si enuncia che i sentimenti sulla blockchain rimangono fortemente positivi, ancor più rispetto agli altri anni anche se permane un certo scetticismo. Se ne deduce che le percentuali riportate siano dovute alla più ampia platea di soggetti coinvolti.

---

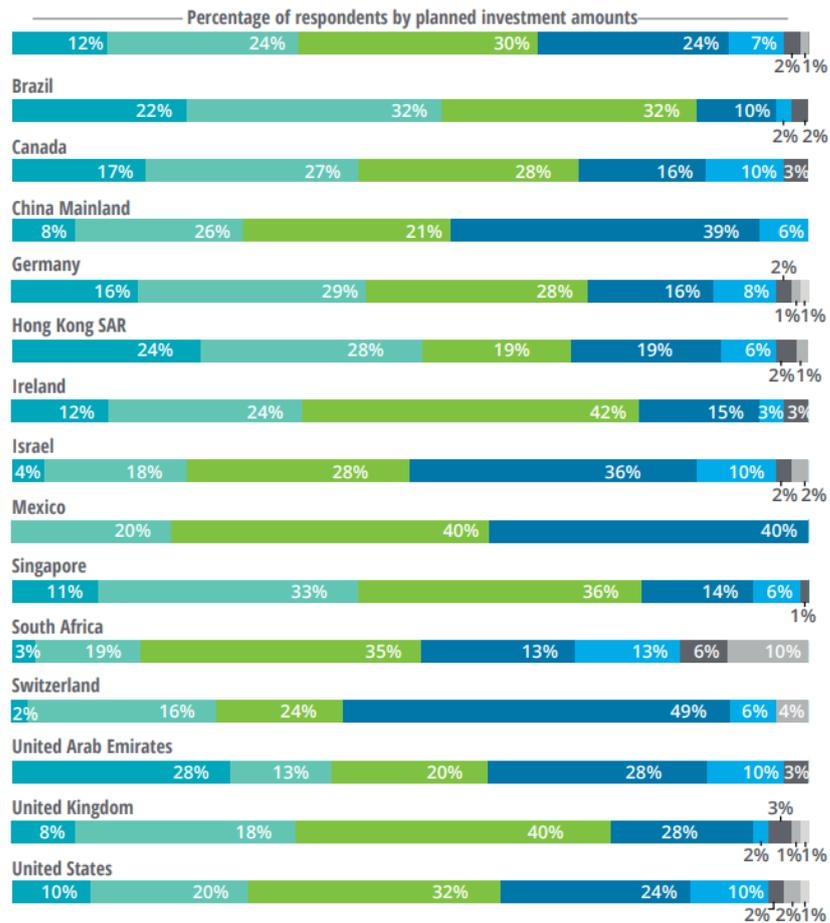
<sup>2</sup>Deloitte's 2018 global blockchain survey: *Breaking blockchain open*. Rapp. tecn. 2018. URL: <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/cz/Documents/financial-services/cz-2018-deloitte-global-blockchain-survey.pdf>.

<sup>3</sup>Deloitte's 2020 global blockchain survey: *From promise to reality*. Rapp. tecn. 2020. URL: <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/tw/Documents/financial-services/2020-global-blockchain-survey.pdf>.



**Figure 3.2:** Approximate blockchain investment that organizations will make in the next calendar year (Deloitte Global blockchain survey 2018)

■ \$10 million or more 
 ■ From \$5 million to less than \$10 million 
 ■ From \$1 million to less than \$5 million 
 ■ From \$500,000 to less than \$1 million 
 ■ Less than \$500,000 
 ■ Not sure 
 ■ No investment 
 ■ Prefer not to answer



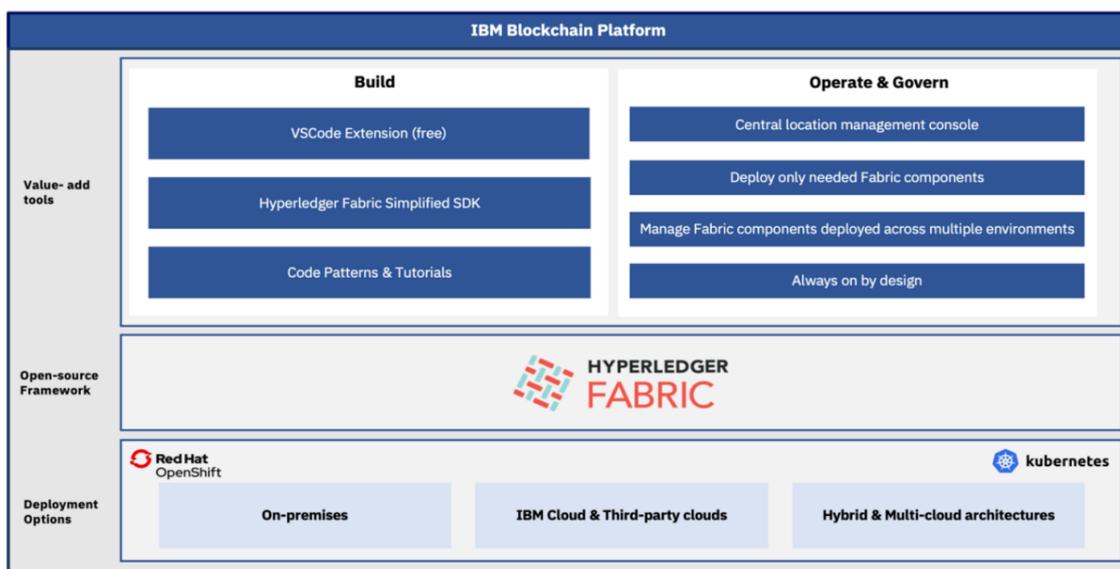
**Figure 3.3:** Approximate blockchain investment that organizations will make in the next calendar year (Deloitte Global blockchain survey 2020)

## 3.2 JPM Coin

Con il progetto JPM Coin, il colosso JP Morgan Chase & CO pone l'obiettivo di efficientare tutti i grossi movimenti di denaro tra paesi tramite l'utilizzo di una versione digitalizzata del dollaro<sup>4</sup>. Applicazioni come queste sfruttano i vantaggi offerti dalle cosiddette stable coin, ovvero crypto valute associate ad asset di valore più o meno stabile; per scambiare valore in modo sicuro e senza passaggi tra intermediari.

## 3.3 IBM Food Trust e Barilla

Con il progetto IBM Food Trust sviluppato per l'appunto da IBM che ha portato allo sviluppo della piattaforma Hyperledger la cui interfaccia è proposta in Fig 3.4. Vengono sfruttati i concetti di immutabilità e trasparenza della blockchain per tracciare i vari passaggi subiti dai prodotti alimentari migliorando la visibilità e l'affidabilità della filiera alimentare. Questo tipo di applicazione viene classificato come "notarizzazione", lo scopo ultimo dunque è quello di effettuare un timestamping di un documento od evento per rendere verificabile la data di creazione e certificare la non alterazione del suo contenuto nel tempo.



**Figura 3.4:** Interfaccia della piattaforma IBM Hyperledger - IBM Blockchain Platform: Build. Operate. Govern. Grow (Technical Overview)

In Italia una delle prime aziende ad aver investito in questo tipo di approccio è stata Barilla nel 2018 con l'intento di poter tracciare tutta la filiera della lavorazione del pesto, dalla coltivazione del basilico alla vendita finale passando per tutte le fasi di elaborazione.

<sup>4</sup>Cristina Cuervo, Anastasiia Morozova e Nobuyasu Sugimoto. «Regulation of crypto assets». In: *Fintech Notes* 2019.003 (2020).

Stando alle dichiarazioni dell'allora direttore acquisti Barilla, Leonardo Mirone, i benefici attesi da questa soluzione sono:

- \* Trasparenza ed efficienza: nella certificazione e in tutti i punti chiave del flusso;
- \* Tracciabilità e controllo: tempo di reazione agli ostacoli ridotto da settimane a minuti, controllo diretto delle azioni intraprese dagli attori;
- \* Sicurezza: prevenzione delle frodi, supporto della reputazione del brand.

Allo stato attuale, questo progetto pilota pare non si sia tramutato in una soluzione definitiva non avendo portato i risultati desiderati<sup>5</sup>.

### 3.4 Coca Cola e il Baseline Protocol

Stando ai report dell'Osservatorio Blockchain & Distributed Ledger, la maggior parte dei progetti b2b utilizzano le blockchain in processi di condivisione dei dati sfruttando gli smart contract per consentire la diffusione e il coordinamento di conoscenze e informazioni tra i diversi attori coinvolti, evitando l'insorgere di divergenze, ambiguità e conflitti. In questi processi la blockchain spesso viene utilizzata per sostituire il ruolo degli intermediari. Un esempio calzante è quello di Coca Cola che sfrutta il protocollo Baseline per mettere in comunicazione gli ERP aziendali tramite la blockchain di Ethereum, ottenendo un migliore coordinamento lungo la filiera di rifornimento delle risorse e permettendo laddove un fornitore dovesse essere in difficoltà di poter usufruire del supporto anche di aziende esterne. Il Baseline protocol (fig 3.3) è uno standard open source introdotto a marzo 2020 grazie a una collaborazione tra Microsoft, ConsenSys ed Ernst & Young, combina discipline di crittografia avanzata, messaggistica e blockchain per implementare processi business privati e sicuri a un costo contenuto utilizzando la mainnet pubblica di Ethereum per l'ordinamento degli eventi. La sua architettura garantisce che due o più sistemi di registrazione possano sincronizzare il proprio stato di sistema su una rete CCSM (Consensus Controlled State Machine) "permissionless" le cui specifiche sono liberamente consultabili sulla piattaforma GitHub.

---

<sup>5</sup>Mattia Bonino. «Impatti della Blockchain nella Supply Chain». Tesi di dott. Politecnico di Torino, 2021.

### 3.5 Quadro generale sull'adozione della blockchain in Italia

Nel 2020 l'OCSE ha pubblicato uno studio con l'obiettivo di esaminare lo stato dell'applicazione della blockchain nelle PMI in Italia<sup>6</sup>.

Da questa analisi emerge immediatamente l'impatto che queste imprese hanno sul tessuto economico del paese essendo praticamente la totalità delle tipologie di attività presenti sul territorio. Da questo studio emerge che buona parte delle start up italiane progetta software basati sulle tecnologie Distributed Ledger destinati a questa categoria di impresa, mentre risulta che solo una minima parte di queste sia interessata alla realizzazione progetti per le pubbliche amministrazioni.

Nel report viene evidenziato come l'introduzione di queste tecnologie all'interno dei processi produttivi, apportino un significativo aumento di fatturato a fronte di una maggiore celerità, trasparenza e sicurezza, non di meno emerge l'apporto di un'immagine di prestigio dall'adozione di tecnologie all'avanguardia.

Nonostante questi ottimi risultati, da questo documento emerge come vi siano numerosi ostacoli nell'introduzione di queste tecnologie legate principalmente alla complessità delle procedure amministrative, al reperimento di finanziamenti<sup>7</sup> e la situazione per le connessioni a banda larga.

Uno dei primi punti affrontati nel documento riguarda l'accesso a internet di cui queste imprese possono disporre. È quasi superfluo ricordare che le tecnologie blockchain sono tecnologie *online*. Il che rende doveroso riportare che più della metà (53,7%) delle PMI italiane ha una connessione a internet inferiore ai 30 Mbps. Questo dato solo, pur non sufficiente, crea un primo indice per poter delineare un'ambiente non sufficientemente florido per l'adozione di tecnologie come le *distributed ledger*. Tuttavia è anche doveroso evidenziare come si stiano effettuando grossi sforzi di ampliamento delle infrastrutture per poter sopperire a queste problematiche.

---

<sup>6</sup>M Bianchini e I Kwon. «Blockchain per Start-up e PMI in Italia». In: *Documenti OCSE sulle PMI e l'imprenditoria*, OECD (2020).

<sup>7</sup>MATTEO GALANTI. «L'impatto della blockchain sulle PMI». tesi di dott. Università Politecnica delle Marche, 2021.

## Capitolo 4

# Blockchain per la certificazione del rispetto dei diritti umani e dell'ambiente

*La certificazione sul rispetto dei diritti umani e dell'ambiente è sempre stata una preoccupazione per le aziende, soprattutto perché le catene di fornitura globali possono essere complesse e non sempre trasparenti. Con l'entrata in vigore della direttiva dell'Unione Europea che obbliga le aziende a certificare il rispetto di questi valori, la sfida diventerebbe ancora più impegnativa. La direttiva rappresenta un passo importante verso un futuro più sostenibile e responsabile, ma le aziende devono essere pronte ad adempiere a questi nuovi requisiti. In questo capitolo, esploreremo come la tecnologia blockchain può essere utilizzata come strumento di certificazione per garantire il rispetto dei diritti umani e dell'ambiente lungo le catene di fornitura.*

### 4.1 Implicazioni sull'obbligo di due diligence sulla supply chain da parte delle imprese

Nel capitolo 1 di questa tesi è stata illustrata la proposta di direttiva 0051/2022 del parlamento e del consiglio europeo che introduce obblighi di due diligence in ambito di rispetto dei diritti umani e dell'ambiente da parte delle aziende lungo le loro catene di rifornimento.

L'introduzione di quest'obbligo avrà un impatto significativo sulle imprese, queste ultime saranno tenute a verificare che i propri fornitori e partner rispettino i requisiti stabiliti dalla direttiva europea, il che potrebbe richiedere un significativo sforzo di conformità. Ad esempio, le aziende potrebbero dover rivedere i loro processi interni, formare il personale e investire in tecnologie per garantire il rispetto dei requisiti.

Allo stesso tempo, le aziende che partecipano alle catene di fornitura dovranno essere in grado di fornire informazioni trasparenti e verificabili e applicare a loro volta processi di due diligence sui loro fornitori innescando un comportamento virtuoso che porterebbe a una gestione sostenibile di tutta la filiera. Ciò potrebbe però richiedere un notevole sforzo per adeguare i processi interni e ottenere la certificazione necessaria.

Tuttavia, l'adozione di un sistema di certificazione basato sulla blockchain potrebbe offrire un modo più efficiente e affidabile per adempiere a questi requisiti.

La blockchain, come introdotto nel capitolo 2 è un registro digitale decentralizzato che permette di registrare e tracciare informazioni in modo immutabile e trasparente. Se applicata in tal senso renderebbe possibile verificare che le informazioni riguardo l'applicazione dei processi di due diligence siano corrette e affidabili. Inoltre, sua adozione potrebbe offrire, una maggiore tracciabilità lungo la catena di fornitura, consentendo alle aziende di monitorare in modo più efficace il rispetto dei requisiti.

In sintesi, l'adozione di un sistema di certificazione basato sulla blockchain potrebbe aiutare le aziende a rispettare l'obbligo di certificare il rispetto dei diritti umani e dell'ambiente, riducendo anche il rischio di frodi o false informazioni. Questo potrebbe contribuire a creare un futuro più sostenibile e responsabile, sia per le aziende che per l'intera società.

## 4.2 Processi di certificazione

Attualmente, i processi di certificazione delle catene di fornitura sono gestiti da diversi enti e organizzazioni. Questo processi sono spesso supportato da audit indipendenti e valutazioni che possono essere eseguite da organizzazioni esterne specializzate come la *Fair Labor Association* (FLA)<sup>1</sup>.

FLA è un'alleanza globale di aziende, università e organizzazioni non governative che lavorano insieme per migliorare le condizioni di lavoro nelle catene di fornitura dell'industria globale. Questa associazione implementa standard di responsabilità sociale a livello globale e conduce audit indipendenti presso le fabbriche per verificare che i lavoratori stiano godendo di condizioni di lavoro eque e sicure. Inoltre, FLA collabora con le aziende affiliate per sviluppare programmi di formazione e miglioramento continui per aiutare le fabbriche a conformarsi ai suoi standard.

Le aziende possono inoltre certificare la propria catena di fornitura in base a standard ambientali, come ad esempio la certificazione *Forest Stewardship Council* (FSC)<sup>2</sup> per la gestione sostenibile delle foreste o la certificazione Fair Trade per la promozione di pratiche commerciali eque nei confronti dei produttori.

FSC è un'organizzazione internazionale che promuove la gestione sostenibile delle foreste attraverso un sistema di certificazione globale. Le aziende che producono o utilizzano prodotti forestali possono richiedere la certificazione FSC per dimostrare il rispetto dei criteri ambientali, sociali ed economici. Il processo di certificazione FSC include un'ispezione indipendente da parte di un organismo di certificazione accreditato che valuta la conformità delle aziende con i suoi criteri. Se le aziende superano la valutazione, possono utilizzare il marchio FSC per dimostrare il rispetto dell'ambiente lungo la loro catena di fornitura.

---

<sup>1</sup>*Fair Labor Association*. URL: <https://www.fairlabor.org/>.

<sup>2</sup>*Fair Labor Association*. URL: <https://www.fairlabor.org/>.

Esistono inoltre degli standard internazionali promossi dall'*International Organization for Standardization*(ISO)<sup>3</sup>. Gli standard ISO sono un insieme di linee guida e norme che hanno lo scopo di migliorare la qualità, la sicurezza e la sostenibilità dei processi aziendali.

La certificazione ISO fornisce una dimostrazione pubblica che un'azienda sta affrontando attivamente questi problemi e che sta lavorando per migliorare continuamente i suoi processi. Questo può aiutare a rafforzare la reputazione e la fiducia dell'azienda nei confronti dei clienti, dei dipendenti, dei fornitori e della società in generale.

## 4.3 Le certificazioni ISO

Gli standard ISO sono un insieme di linee guida e norme che hanno lo scopo di migliorare la qualità, la sicurezza e la sostenibilità dei processi aziendali.

Per ottenere la certificazione ISO, le aziende devono dimostrare la loro conformità ai requisiti specifici dello standard. Questo include la documentazione dei loro processi, la formazione del personale, l'adeguamento ai controlli regolari da parte di un ente terzo di certificazione, la valutazione dei fornitori e la definizione di politiche e procedure per gestire eventuali problemi che potrebbero emergere. Le aziende possono implementare questi standard per dimostrare la loro impegno nel rispetto dei diritti umani e dell'ambiente lungo le catene di fornitura. La certificazione ISO può anche aiutare le aziende a identificare e gestire i rischi associati a questi temi e a migliorare continuamente le loro pratiche.

La certificazione degli standard ISO lungo la supply chain può essere un utile strumento per le aziende che vogliono dimostrare il loro impegno nei confronti della sostenibilità e del rispetto dei diritti umani e dell'ambiente lungo la loro catena di fornitura.

Tuttavia, è importante sottolineare che la certificazione ISO non garantisce necessariamente che un'azienda stia effettivamente rispettando tali standard, ma rappresenta piuttosto un impegno formale a migliorare continuamente le pratiche aziendali in queste aree.

### 4.3.1 Standard ISO 9001

Lo standard 9001, versione del 2015, definisce i requisiti per un sistema di gestione della qualità. Questo standard è stato sviluppato per aiutare le organizzazioni a migliorare la qualità dei loro prodotti e servizi e a fornire una maggiore soddisfazione ai clienti.

La ISO 9001 non è specificamente progettata per la certificazione della supply chain, ma può essere utilizzata per dimostrare che un'azienda sta attuando una gestione della qualità rigorosa lungo tutta la catena di fornitura.

L'obiettivo principale della ISO 9001 è quello di garantire che un'azienda abbia in atto processi e controlli adeguati per garantire la qualità dei suoi prodotti e servizi. Questo include la identificazione e la gestione dei rischi, la pianificazione e

---

<sup>3</sup>*International Organization for Standardization*. URL: <https://www.iso.org/home.html>.

la gestione delle attività, la valutazione della soddisfazione del cliente e la migliore pratica per la gestione dei documenti.

La certificazione ISO 9001 dimostra che un'azienda sta adottando un approccio strutturato per la gestione della qualità e che sta lavorando continuamente per migliorare i propri processi.

Le aziende che utilizzano la ISO 9001 per certificare la loro supply chain possono mostrare ai loro clienti e ai loro stakeholders che stanno attuando controlli rigorosi per garantire la qualità dei loro prodotti e che stanno adottando una cultura di miglioramento continuo. Questo può aumentare la fiducia dei clienti nell'azienda e, a sua volta, migliorare le relazioni con i fornitori e i clienti.

### **4.3.2 Standard ISO 14001**

La certificazione ISO 14001 è uno standard internazionale per la gestione ambientale. Questa certificazione aiuta le aziende a gestire in modo efficace l'impatto ambientale delle loro attività, prodotti e servizi. L'ISO 14001 definisce i requisiti per un sistema di gestione ambientale che le aziende possono implementare per migliorare la loro performance ambientale e conformarsi alle leggi e ai regolamenti ambientali.

Il sistema di gestione ambientale certificato secondo ISO 14001 include la documentazione delle politiche ambientali, l'analisi dei rischi ambientali, la pianificazione dei programmi ambientali, la formazione del personale e la verifica continua della performance ambientale. L'obiettivo è di ridurre l'impatto ambientale e migliorare continuamente la performance ambientale, contribuendo allo sviluppo sostenibile.

La certificazione ISO 14001 è rilasciata da un'organizzazione di certificazione accreditata e richiede un'ispezione annuale per garantire il mantenimento dei requisiti. Avere un sistema di gestione ambientale certificato ISO 14001 può aiutare le aziende a migliorare la loro reputazione, aumentare la fiducia dei clienti e delle parti interessate, e a differenziarsi dalla concorrenza.

### **4.3.3 Standard ISO 26000**

La certificazione ISO 26000 è uno standard di comportamento sociale che fornisce linee guida per la responsabilità sociale delle organizzazioni. ISO 26000 è volontaria e non è destinata a fornire certificazioni o dichiarazioni formali, ma piuttosto a fornire un'impostazione globale per la responsabilità sociale e l'integrità organizzativa.

ISO 26000 copre una vasta gamma di argomenti sociali, tra cui diritti umani, etica, sviluppo sostenibile, responsabilità sociale e ambientale, e diversità e inclusività. Fornisce alle organizzazioni un quadro di riferimento per identificare le proprie responsabilità sociali e per integrare questi aspetti nelle proprie attività commerciali e decisioni.

La certificazione ISO 26000 è rivolta a tutti i tipi di organizzazioni, sia pubbliche che private, grandi e piccole, e fornisce una base comune per la responsabilità sociale

e l'integrità organizzativa. L'adozione di ISO 26000 è un segno di impegno verso la responsabilità sociale e l'impegno nei confronti della comunità e dell'ambiente.

#### **4.3.4 Standard ISO 45001**

La certificazione ISO 45001 è uno standard internazionale per la salute e sicurezza sul lavoro (OSH, Occupational Health and Safety). Essa stabilisce requisiti per un sistema di gestione della salute e sicurezza sul lavoro, mirato a migliorare la sicurezza e la salute dei dipendenti e a prevenire infortuni sul lavoro.

L'obiettivo principale di ISO 45001 è quello di fornire un quadro per la gestione della salute e sicurezza sul lavoro in un'organizzazione, che consenta di identificare i rischi e di prendere misure per gestirli. La certificazione ISO 45001 aiuta le organizzazioni a migliorare la sicurezza e la salute dei lavoratori e a prevenire infortuni e malattie sul lavoro, riducendo il rischio di perdite e di danni legali e reputazionali.

Per ottenere la certificazione ISO 45001, le organizzazioni devono implementare un sistema di gestione della salute e sicurezza sul lavoro, che soddisfi i requisiti stabiliti dallo standard. Questo sistema deve essere sottoposto a verifica da parte di un'organizzazione di certificazione accreditata.

La certificazione ISO 45001 è applicabile a tutte le organizzazioni, indipendentemente dalla loro dimensione, tipo e settore, e rappresenta una best practice globale per la gestione della salute e sicurezza sul lavoro. La certificazione è volontaria, ma molte organizzazioni la richiedono per dimostrare la loro impegno per la sicurezza e la salute dei lavoratori e per migliorare la loro reputazione a livello globale.

### **4.4 Certificazioni ISO da parte dei fornitori per adempiere alla direttiva 0051/2022 (COD)**

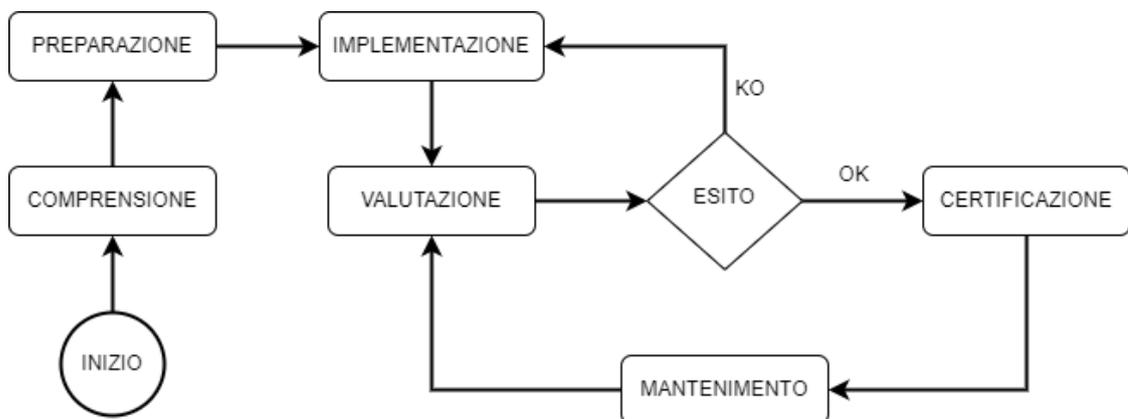
Per adeguarsi alla direttiva 0051/2022 (COD) dell'Unione Europea, un'opzione per le aziende potrebbe essere quella di richiedere ai propri fornitori lungo la catena di fornitura di aderire agli standard ISO che riguardano il rispetto dei diritti umani e la sostenibilità ambientale. Questo significa che i fornitori devono dimostrare di aver attuato una due diligence per identificare e gestire i rischi di violazione dei diritti umani e di impatto negativo sull'ambiente lungo le loro catene di fornitura. Ad esempio, la certificazione ISO 26000 sulla responsabilità sociale, o la certificazione ISO 45001 sulla salute e sicurezza sul lavoro, possono aiutare i fornitori a dimostrare il loro impegno in tal senso.

Inoltre, richiedere ai fornitori di aderire alle certificazioni ISO, può essere visto come un modo per le aziende di dimostrare la loro responsabilità sociale e la loro attenzione per l'impatto ambientale lungo tutta la filiera di rifornimento. In questo modo, le aziende possono contribuire a garantire il rispetto dei diritti umani e dell'ambiente e migliorare la loro reputazione e credibilità agli occhi dei consumatori, dei dipendenti e degli investitori.

L'ottenimento di una certificazione ISO segue generalmente i seguenti passi:

1. Comprensione dei requisiti: Le aziende devono comprendere i requisiti specifici dello standard ISO a cui desiderano/devono aderire.
2. Preparazione: L'azienda deve prepararsi per la certificazione, inclusa la documentazione del sistema di gestione e la formazione del personale.
3. Implementazione: L'azienda deve implementare un sistema di gestione che soddisfi i requisiti stabiliti dallo standard scelto.
4. Valutazione finale: Un'organizzazione di certificazione esterna svolgerà una valutazione finale per verificare che l'azienda abbia implementato tutti i miglioramenti necessari.
5. Certificazione: Se l'azienda supera la valutazione finale, otterrà la certificazione ISO.
6. Mantenimento della certificazione: L'azienda deve mantenere la certificazione continuando a conformarsi agli standard ISO e partecipando a valutazioni periodiche.

Il seguente diagramma schematizza il flusso dei passi enunciati:



**Figura 4.1:** Diagramma di flusso a loop infinito che schematizza i passi generali da eseguire per implementare uno standard ISO

## 4.5 Applicazione della blockchain nei processi di certificazione

Delineato quali processi potrebbero fornire degli standard e certificazioni per adempiere alla due diligence imposta con le normative in discussione, introduciamo dunque in che modo la blockchain possa essere applicata all'automazione dei tali processi.

Attualmente, le aziende sono tenute a dimostrare la loro conformità ai requisiti normativi attraverso una vasta gamma di documenti, processi e audit che spesso sono complessi e costosi. La blockchain può semplificare questo processo attraverso la creazione di una rete distribuita che permetta di registrare e gestire informazioni in modo sicuro, trasparente e permanente.

Sebbene non largamente diffusa, l'idea di applicare questa tecnologia per l'automazione della certificazione, in particolare per standard ISO; non è nuova. Esistono infatti diverse proposte basate sulla blockchain che implementano questi processi di certificazione, incluso l'utilizzo di smart contract per automatizzare l'elaborazione di documenti, la verifica della conformità e l'attestazione dei risultati.

### 4.5.1 Certificazione della qualità

Seppur non legata alle questioni di sostenibilità ambientale e rispetto dei diritti umani, l'adozione di standard come ISO 9001 può essere un facilitatore per l'adozione e l'implementazione di altri standard come ISO 14001. Inoltre, per quanto riguarda le risorse umane, la norma è percepita come un elemento che migliora la efficienza e produttività dei processi produttivi grazie a protocolli ben definiti<sup>4</sup>.

#### Sistema 1

In "A Blockchain-based Approach to Support an ISO 9001:2015 Quality Management System"<sup>5</sup> viene presentato un sistema (di cui si riporta l'architettura in Fig 4.2 e 4.3) che si propone di migliorare l'attuale struttura di certificazione.

Grazie all'automatizzazione dei processi, l'architettura proposta consente di monitorare i dati richiesti e di verificare la conformità ai processi normativi. La componente Blockchain migliora il processo di verifica per la certificazione ISO 9001:2015, mantenendo la tracciabilità e l'immutabilità dei dati archiviati.

Questo viene ottenuto tramite il meccanismo di consenso trasparente della Blockchain, che permette di verificare la validità delle transazioni e di monitorare eventuali modifiche apportate alle informazioni. In questo modo, l'architettura software supporta il QMS nel processo di certificazione.

---

<sup>4</sup>Rocio Carrillo-Labela, Fatiha Fort e Manuel Parras-Rosa. «Motives, barriers, and expected benefits of ISO 14001 in the agri-food sector». In: *Sustainability* 12.5 (2020).

<sup>5</sup>Rafael Bettin-Diaz, Camilo Mejía e Alix E Rojas. «A Blockchain-based Approach to Support an ISO 9001:2015 Quality Management System». In: *ParadigmPlus* 2.2 (2021).

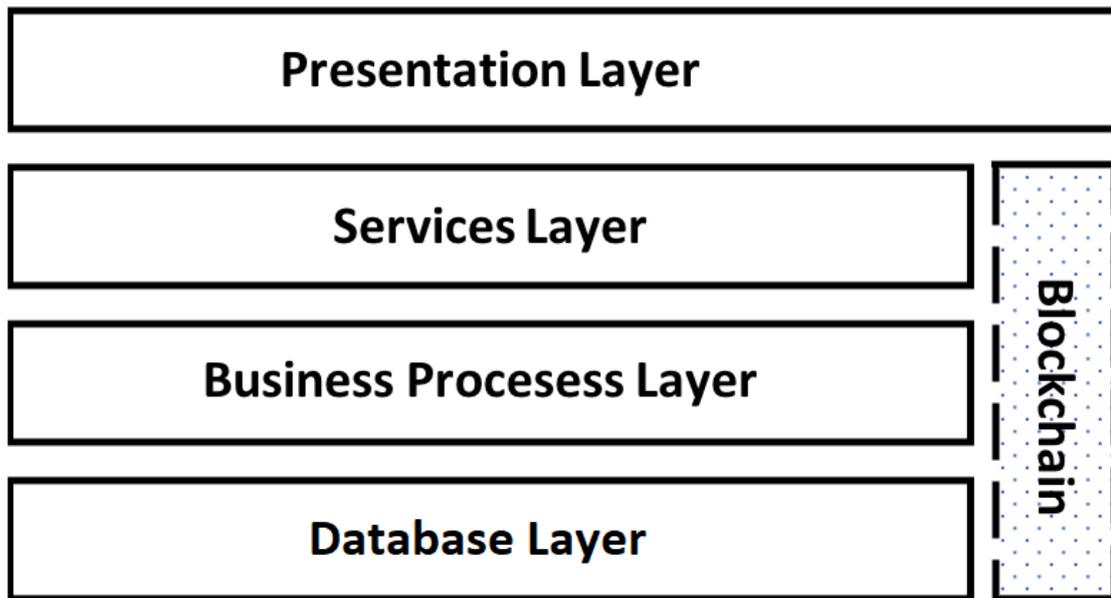


Figura 4.2: Architettura a più livelli per un QMS abilitato per Blockchain

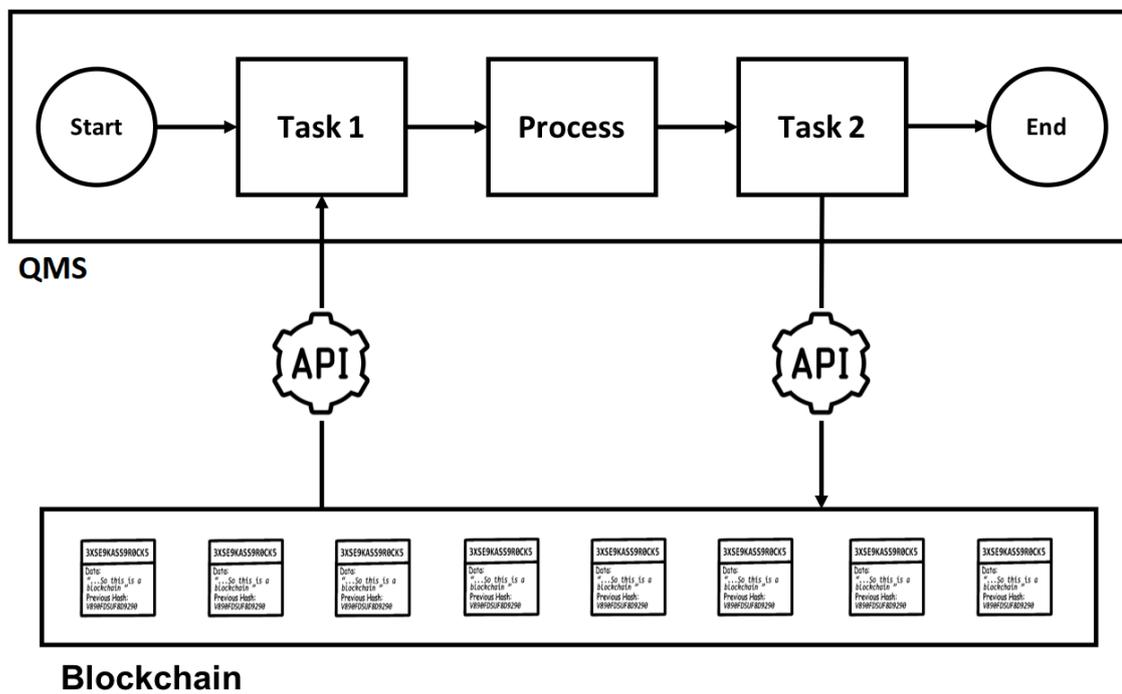


Figura 4.3: Comunicazione tra il QMS e la Blockchain

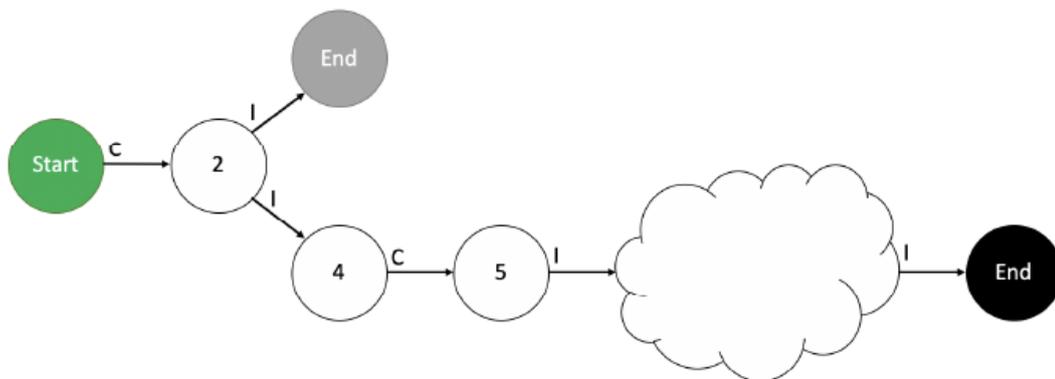
## Sistema 2

In "Applicazione basata sulla tecnologia Blockchain per i processi di certificazione ISO"<sup>6</sup> viene presentato un sistema (di cui si riporta il modello astratto in Fig 4.4), sviluppato con utilizzando *Hyperledger Fabric*[3.3], per la gestione di un processo di certificazione tramite blockchain dello standard ISO 9001.

A differenza del sistema 1[4.5.1], viene proposto anche un meccanismo di controllo dell'intero processo di certificazione tramite un flusso di operazioni (di cui si riporta schema in fig 4.5)verificate dal sistema distribuito.

È importante sottolineare che questo sistema, partito prendendo in esame il flusso di certificazione dello standard ISO 9001, è stato generalizzato per poter essere integrato con qualunque flusso di certificazione ISO. Il modello astratto proposto è stato volutamente privato di tutte quelle componenti che non sono comuni a tutti i processi di certificazione. Nell'articolo in questione, viene comunque proposta una soluzione a questo espediente che consente la creazione di una macchina a stati configurabile per potersi adattare alle necessità dell'utilizzatore.

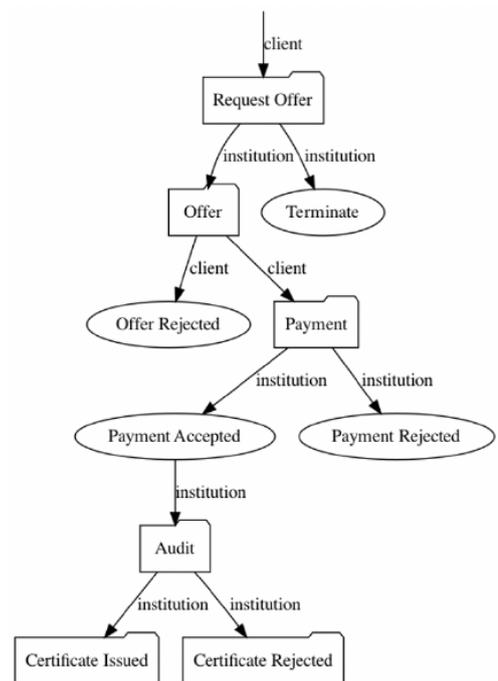
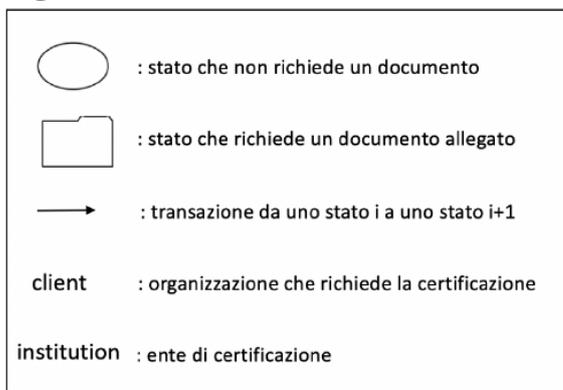
Questa flessibilità consente di prendere in considerazione questa soluzione per poterla adattare a qualunque esigenza di certificazione ISO.



**Figura 4.4:** Esempio di macchina a stati generale per un processo di certificazione ISO.

<sup>6</sup>Paolo Giaccone e Stefano Suraci. «Applicazione basata sulla tecnologia Blockchain per i processi di certificazione ISO». Politecnico di Torino, 2022.

**Legenda**



**Figura 4.5:** Modello astratto del processo di certificazione ISO

### 4.5.2 Certificazione ambientale

Per quanto riguarda i sistemi di gestione ambientale, esistono due sistemi ampiamente accettati in tutto il mondo, lo standard internazionale ISO 14001 (creato dall'Organizzazione internazionale per la standardizzazione—ISO) e il regolamento dell'Unione europea Eco-Management and Audit Scheme (EMAS). Sia EMAS che ISO 14001 sono sistemi volontari che forniscono garanzie imparziali di parte terza sulla corretta gestione delle prestazioni ambientali e possono essere considerati come un insieme di standard adottati a livello strategico e operativo che consentono alle aziende di rispettare correttamente gli standard ambientali contribuendo, in questo modo, alla salvaguardia dell'ambiente<sup>7</sup>.

Sviluppare una filiera di rifornimento e produzione sostenibile, è un processo complesso in cui numerosi attori e incrociano esigenze e attività che devono essere coordinate e soddisfatte.

Le attività generalmente includono: (1) problemi di gestione dei fornitori/venditori a monte, come la selezione e lo sviluppo dei fornitori; (2) acquisti a monte, logistica in entrata e attività di gestione dell'inventario; (3) operazioni interne e attività di produzione; (4) attività a valle tra cui distribuzione, marketing verde e consumismo; e (5) attività di chiusura del ciclo come la logistica inversa e i vari "Re", come il riciclo, il riutilizzo, la rigenerazione e il recupero; (6) Ulteriori attività e risorse necessarie per la catena di approvvigionamento come gestione dei rifiuti, utilizzo dell'energia e problemi di progettazione<sup>8</sup>.

In Figura 4.6 è proposta un'architettura per una blockchain a supporto della selezione dei fornitori per una logistica sostenibile<sup>9</sup>.

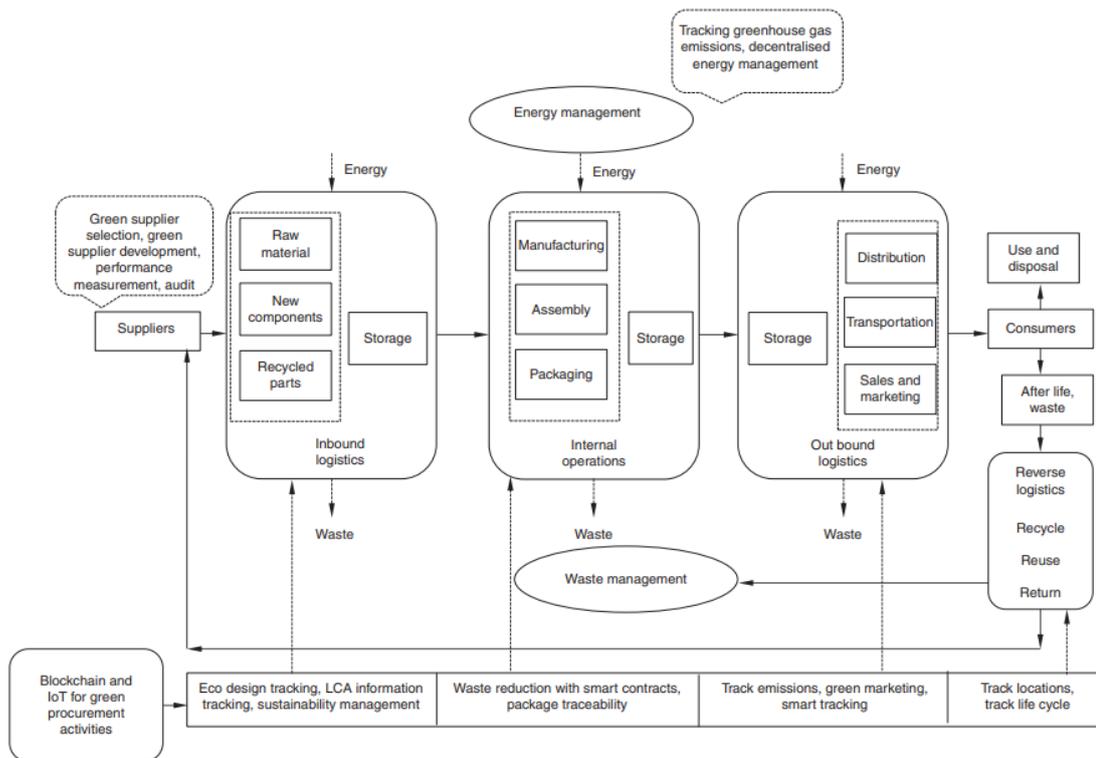
In quest'ambito registri distribuiti come una blockchain possono aiutare a migliorare programmi di sviluppo dei fornitori tramite investimenti e conoscenze scambiabili tra gli attori coinvolti. Il tipo di conoscenza scambiata e il tipo di supporto organizzativo dato ai fornitori sono tacciabili attraverso smart contract. Le informazioni registrate forniscono la base per la misurazione delle prestazioni dei programmi di sviluppo dei fornitori, le aziende in questo modo possono assicurarsi di commerciare con fornitori che rispettino gli standard necessari per poter operare in conformità alle normative europee.

---

<sup>7</sup>Rocio Carrillo-Labela, Fatiha Fort e Manuel Parras-Rosa. «Motives, barriers, and expected benefits of ISO 14001 in the agri-food sector». In: *Sustainability* 12.5 (2020).

<sup>8</sup>Mahtab Kouhizadeh e Joseph Sarkis. «Blockchain practices, potentials, and perspectives in greening supply chains». In: *Sustainability* 10.10 (2018), p. 3652.

<sup>9</sup>Santosh B Rane e Shivangi Viral Thakker. «Green procurement process model based on blockchain-IoT integrated architecture for a sustainable business». In: *Management of Environmental Quality: An International Journal* 31.3 (2020), pp. 741–763.



**Figura 4.6:** Architettura blockchain-iot based per supporto a una supply-chain sostenibile

Vi sono tuttavia alcuni punti da prendere in considerazione: In primo luogo ogni settore e organizzazione avrà requisiti diversi in termini di monitoraggio della supply chain. I finanziamenti in tal senso svolgono un ruolo importante durante l'implementazione di una nuova tecnologia, in più questa architettura è per sua natura complessa e tale natura è dovuta al coinvolgimento di un elevato numero di attori e organizzazioni che devono presentare una formazione rigorosa per permettere il funzionamento del sistema. In ultimo luogo, potrebbero sorgere vincoli legali relativi allo sviluppo degli smart contract e la loro gestione.

### 4.5.3 Certificazione del rispetto dei diritti umani: il caso dell'industria dei diamanti

L'utilizzo della blockchain in ambito di certificazione del rispetto dei diritti umani non è un argomento nuovo per le imprese.

In alcune filiere come quella dei diamanti questo tipo di approccio si è reso necessario per poter certificare l'eticità e l'autenticità della provenienza e dei processi di estrazione e manipolazione delle pietre.

Per dare un contesto più specifico bisogna presentare il *Kimberly Process Certification Scheme* (KPSC). Istituito nel 2003 a seguito della risoluzione 145963 del Consiglio di sicurezza delle Nazioni Unite approvata nel gennaio 2003.

Il *Kimberly Process Certification Scheme* è un accordo internazionale raggiunto da 54 partecipanti, pari a 81 paesi, che insieme costituiscono il 99,8% dell'industria dei diamanti. Sin dalla sua adozione da parte dell'Assemblea generale delle Nazioni Unite, il KPSC mira a monitorare e valutare la produzione e il commercio internazionale di diamanti grezzi attraverso il Kimberley Process Certificate.

In breve, il KPSC è stato ideato per porre un freno alla questione dei "diamanti insanguinati" e per attuare un controllo sulle condizioni di estrazione delle pietre, i processi di raffinamento e la regolamentazione del commercio di diamanti.

Come molti altri strumenti di soft law, questo sistema di certificazioni è stato considerato un meccanismo di monitoraggio e applicazione inadeguato<sup>10</sup> a causa del suo sistema altamente vulnerabile basato principalmente sul passaggio di documentazione cartacea che per sua natura è facilmente soggetta ad errori, smarrimenti e/o manipolazioni malevole.

Il 22 giugno 2015, Everledger ha avviato il processo di registrazione delle iscrizioni laser, potendo tracciare le caratteristiche di ciascun diamante attraverso vari identificatori univoci costituiti da 40 punti di metadati e fattori di verifica in più fasi. Ad esempio, è possibile registrare la provenienza dei diamanti all'origine, verificare che siano stati estratti in conformità con gli standard etici e monitorare il loro percorso attraverso la filiera produttiva fino alla vendita al dettaglio. Questo garantisce che i diamanti non siano stati estratti in condizioni che violano i diritti umani, come ad esempio utilizzando lavoro minorile o in condizioni di lavoro pericolose.

Questo sistema è alimentato da IBM Blockchain sulla blockchain open source di Hyperledger Fabric. In particolare, è un elemento costitutivo supplementare del KPSC con certificati digitali sulla blockchain. Questo è stato creato per garantire che le banche e gli assicuratori, le forze dell'ordine e le parti interessate del mercato online possano partecipare collettivamente per verificare la legittimità di ogni diamante<sup>11</sup>. Inoltre, la piattaforma può anche essere utilizzata per verificare che le imprese che fanno parte della catena di fornitura siano in regola con le leggi e gli standard etici.

---

<sup>10</sup>Don Tapscott. *Supply Chain Revolution: How blockchain is transforming the global flow of assets*. Barlow Books, 2020.

<sup>11</sup>Amanda Graham. «Blockchain as an Instrument for Human Rights Business Practice». Tesi di dott. Columbia University, 2017.

Ad esempio, le imprese possono utilizzare la blockchain per dimostrare che hanno adottato pratiche di lavoro sicure e che hanno fornito condizioni di lavoro adeguate ai propri dipendenti. In questo modo, la blockchain può aiutare a garantire che l'intera catena di fornitura sia sostenibile e rispetti i diritti umani.

#### 4.5.4 Modelli a confronto

In generale, tutti e tre i casi illustrati condividono l'obiettivo di migliorare i processi di certificazione attraverso l'utilizzo della blockchain per facilitarne l'accesso e garantire maggiore efficienza e trasparenza. Tuttavia, ogni soluzione ha il suo specifico focus e scopo.

In termini di caratteristiche tecniche tutti gli ambiti trattati mostrano differenza sostanziali riguardo le modalità di implementazione. Esse infatti devono far fronte a problemi differenti in contesti differenti.

Per quanto riguarda la prima soluzione, l'utilizzo della blockchain per supportare lo standard ISO 9001, può garantire una maggiore efficienza e trasparenza nella verifica della conformità dei processi. Inoltre, la blockchain può fornire una maggiore sicurezza nella conservazione dei dati riguardanti la conformità, garantendo che essi non vengano modificati o alterati in futuro.

Per quanto riguarda la seconda soluzione, l'utilizzo della blockchain per supportare la selezione dei fornitori per una filiera sostenibile e l'adesione allo standard ISO 14001, può aiutare a ridurre l'impatto ambientale e a garantire che i fornitori selezionati abbiano adottato pratiche sostenibili.

La terza soluzione, sebbene presentata sotto l'ottica della certificazione del rispetto dei diritti umani, presenta anche una soluzione inerente alla gestione della qualità, con l'ulteriore vantaggio di non essere legata prettamente a soddisfare i requisiti di uno standard ISO.

Si ritiene importante sottolineare come attualmente quest'ultima sia l'unica soluzione commerciale tra quelle proposte.

## 4.6 Limitazioni dell'applicazione della blockchain nei processi di certificazione

Sebbene la blockchain possa offrire alcuni vantaggi nell'applicazione dei processi di certificazione, è anche importante considerare le limitazioni e i rischi associati alla sua implementazione.

In primo luogo, una blockchain generalmente richiede un consenso tra tutti i partecipanti per aggiornare il registro distribuito. Questo può rendere difficile la modifica delle informazioni o l'adozione di nuove procedure. Tuttavia bisogna considerare che questo limite è mitigato dalle implementazioni di sistemi privati

(2.6.2) o ibridi (2.6.3)

In secondo luogo, la blockchain è ancora una tecnologia relativamente nuova e in fase di sviluppo, quindi potrebbero esserci insicurezze sul suo utilizzo a lungo termine.

In terzo luogo, la blockchain è una tecnologia complessa e richiede competenze specialistiche per essere implementata correttamente. Ciò potrebbe rappresentare un ostacolo per le piccole imprese che non hanno le risorse per affrontare questa sfida.

Infine, la blockchain è basata sulla crittografia e sul consenso decentralizzato, il che significa che potrebbe essere vulnerabile ad attacchi informatici. Questo rappresenta un rischio significativo per i processi di certificazione che richiedono la sicurezza e l'affidabilità dei dati.

### 4.6.1 Blockchain e impatto ambientale

La blockchain è una tecnologia che nasce con l'obiettivo di rendere i sistemi di registrazione e transazione dei dati più sicuri e trasparenti. Tuttavia, l'adozione di questa tecnologia ha anche un impatto ambientale significativo, a causa della sua intensa richiesta di energia elettrica.

La maggior parte delle blockchain attuali, come quella di Bitcoin, utilizzano un processo chiamato "proof of work" per validare le transazioni e mantenere la sicurezza del sistema. Questo processo richiede una grande quantità di potenza di calcolo, che a sua volta richiede una grande quantità di energia elettrica. In effetti, secondo alcune stime, la produzione di Bitcoin consuma più energia elettrica annualmente di paesi interi, come l'Argentina o la Danimarca.

Oltre all'impatto diretto sull'energia, c'è anche l'impatto indiretto causato dall'estrazione delle materie prime utilizzate per produrre le apparecchiature elettroniche necessarie per la blockchain. Ad esempio, l'estrazione di materie prime come il grafite utilizzato nella produzione di batterie al litio ha un impatto negativo sull'ambiente, poiché spesso richiede la distruzione di foreste e la contaminazione di fiumi e acque sotterranee.

Inoltre, l'alto consumo di energia elettrica da parte della blockchain contribuisce anche ai cambiamenti climatici, poiché la maggior parte dell'energia elettrica utilizzata proviene da fonti non rinnovabili come il carbone e il petrolio.

Ci sono, tuttavia, alcuni sviluppi in corso per rendere la blockchain più sostenibile, come l'adozione di modelli di consenso alternativi che richiedono meno energia, come "proof of stake". Inoltre, ci sono anche sforzi per utilizzare fonti di energia rinnovabile per alimentare i sistemi blockchain.

In sintesi, l'impatto ambientale della blockchain è un problema significativo che richiede l'attenzione e la risoluzione da parte della comunità tecnologica. È importante che vengano sviluppate soluzioni sostenibili per la blockchain al fine di garantirne un futuro sostenibile e a basso impatto ambientale.

### 4.6.2 Rischi della blockchain per il rispetto dei diritti umani

La blockchain può avere un impatto sulla protezione dei diritti umani in diversi modi. Da un lato, la tecnologia blockchain può offrire nuove opportunità per la protezione dei dati personali e la tutela della privacy, rendendo i dati più sicuri e meno vulnerabili alla violazione. D'altro canto, sempre sulla questione della privacy può anche rappresentare una minaccia, soprattutto se utilizzata impropriamente o in modo scorretto.

Uno dei maggiori rischi associati all'utilizzo della blockchain per i diritti umani è la difficoltà di cancellare o modificare i dati registrati sulla blockchain. Poiché la blockchain è un registro distribuito e immutabile, una volta che i dati sono stati registrati, non possono essere facilmente modificati o cancellati. Questo può rappresentare un rischio, poiché dati sensibili possono essere resi pubblici e diventare permanentemente disponibili online.

Inoltre, la blockchain può anche essere utilizzata per tracciare transazioni o attività come il finanziamento di attività criminali o la tratta di esseri umani. La sua natura decentralizzata rende difficile per le autorità competenti monitorare e controllare queste attività illecite, poiché i dati registrati sulla blockchain sono difficili da identificare e rintracciare.

Un altro rischio associato alla blockchain è il potenziale per l'utilizzo della tecnologia per la sorveglianza di massa da parte di governi o altre autorità. La trasparenza e l'immutabilità della blockchain possono rendere più facile per le autorità monitorare le attività dei cittadini e raccogliere informazioni personali sensibili, violando così la loro privacy e attuando politiche di controllo e/o repressione.

Infine, come enunciato nel paragrafo precedente, l'estrazione di criptovalute può rappresentare un rischio per l'ambiente e poiché questa attività richiede una grande quantità di energia e spesso utilizza fonti di energia a basso costo e inquinanti, come il carbone, potrebbe avere un impatto negativo sulla salute e sul benessere della popolazione locale.

Queste tecnologia dunque può rappresentare un rischio per i diritti umani a causa della sua natura decentralizzata, trasparente e immutabile, ma al contempo può offrire anche nuove opportunità per la tutela dei diritti umani e della privacy. È importante che gli sviluppatori e gli utilizzatori della tecnologia blockchain siano consapevoli di questi rischi e lavorino per garantire che la tecnologia sia utilizzata in modo responsabile e conforme ai principi di protezione dei diritti umani. In generale, i rischi per i diritti umani associati alla blockchain sono ancora in fase di studio e di valutazione, ma è importante che si presti attenzione a questi rischi e che si lavori per prevenirli e mitigarli.

Con la crescente diffusione della blockchain, è fondamentale che gli sviluppatori, gli utilizzatori e le autorità comprendano e affrontino questi rischi in modo proattivo per garantire un futuro sostenibile e rispettoso dei diritti umani per la tecnologia blockchain.

# Conclusioni

Dalle informazioni raccolte in questo studio emerge come la tecnologia blockchain, insieme ad altre tecnologie basate sui registri distribuiti, rappresenti uno strumento di grande potenziale per molteplici settori e processi.

La direttiva europea 2022/0051 (COD)[1.1.2], se ratificata, avrà conseguenze significative sulle catene produttive sia all'interno che all'esterno dell'Unione Europea.

Grazie alle sue modalità di registrazione e gestione delle informazioni, la blockchain può giocare un ruolo significativo nell'efficientamento dei processi di certificazione e relative documentazioni. Permettendo a tali processi di risultare, in alcuni casi, più efficienti, accessibili e trasparenti, riducendo la possibilità di frodi e falsificazioni e aumentando la fiducia reciproca tra istituzioni, enti certificatori, imprese e consumatori(4.1). Se ne ricava dunque che un eventuale applicazione in tal senso verrebbe dunque a supporto di quelle imprese che avrebbero necessità di certificare le proprie catene di approvvigionamento al fine di rispettare le nuove norme deliberate dalla direttiva sopracitata.

Per quanto riguarda l'implementazione di tale soluzione, è importante sottolineare che le scelte architetturali dipendono dalle esigenze specifiche di ciascuna azienda e dell'applicazione in questione. In alcuni casi, potrebbe essere più conveniente utilizzare una blockchain pubblica, mentre in altri casi una blockchain privata o ibrida potrebbe essere la scelta migliore(4.2). Tuttavia, alla luce dei fatti, le scelte architetturali per quanto riguarda l'implementazione tecnica della blockchain per applicazioni in ambito enterprise ricade nella totalità delle applicazioni, su modelli privati o ibridi. Questo viene giustificato dalle necessità di garantire la privacy e la sicurezza dei dati, nonché di poter gestire l'accesso e i permessi degli utenti in modo granulare. Va inoltre considerato che le blockchain pubbliche, come ad esempio Bitcoin o Ethereum, presentano limitazioni in termini di scalabilità e costi, che potrebbero rendere poco conveniente la loro adozione per applicazioni in ambito enterprise. Per questo motivo, molte aziende preferiscono sviluppare soluzioni basate su blockchain private o ibride, che consentono di sfruttare i vantaggi della tecnologia blockchain in modo più efficace e personalizzato, senza dover rinunciare alla sicurezza e alla flessibilità necessarie per operare nel contesto aziendale.

È importante notare che l'utilizzo di una blockchain privata potrebbe creare diffidenza nei confronti del processo di certificazione, in quanto potrebbe essere percepito come un mezzo per limitare l'accesso ai dati. In questi casi, potrebbe essere importante fornire trasparenza sui processi di certificazione e garantire che le informazioni siano accessibili a tutte le parti interessate, anche se in modo controllato e sicuro.

**Tabella 4.1:** Schema limiti e vantaggi applicazione blockchain nei processi di certificazione

Schema limiti e vantaggi nell'implementazione blockchain nei processi di certificazione		
	VANTAGGI	LIMITI
Caratteristiche generali	Migliore coordinamento tra le parti coinvolte	Richiede che tutti gli attori coinvolti accettino il sistema proposto
	Gestione totalmente digitalizzata dei processi	Alta complessità di implementazione
	Gestione condivisa delle informazioni	Difficilmente può essere implementata su una blockchain pubblica
	Riduzione delle barriere all'entrata per l'ottenimento delle certificazioni	Possibile diffidenza causata dall'elevata complessità e per la mancanza di trasparenza delle informazioni (in caso di blockchain privata)
Certificazione ambientale	Supporto alla creazione di una filiera sostenibile	Se non debitamente progettata può avere un impatto ambientale elevato
	Maggior controllo della filiera di produzione e della logistica	
	Ottimizzazione delle risorse	Difficoltà di implementazione dovuto alla grande eterogeneità di requisiti in base al settore di riferimento
Certificazione rispetto dei diritti umani	Facilitatore al rispetto delle norme ambientali per i mercati di riferimento	
	Modello già parzialmente collaudato dall'industria dei diamanti	Rischio di utilizzo malevolo da parte delle autorità
	Presenta vantaggi anche sotto aspetti di controllo della qualità e ambientale	Rischio di violazione della privacy in caso di utilizzo di una blockchain pubblica
		Potenziali altri rischi ancora in fase di studio

In alcuni casi, l'utilizzo di un modello ibrido, che combina elementi di blockchain pubblica e privata, potrebbe aiutare a superare le preoccupazioni relative alla diffidenza nei confronti del processo di certificazione. Questo consentirebbe a tutti i soggetti che ne hanno necessità, di poter reperire le informazioni conservate, lasciando il compito di verificarne la validità ai nodi autorizzati. In questo modo, sarebbe possibile garantire un alto livello di trasparenza e accessibilità, senza compromettere la privacy e la sicurezza dei dati sensibili. Inoltre, potrebbe essere possibile utilizzare strumenti di crittografia e firma digitale per garantire l'integrità e la validità dei dati, aumentando ulteriormente la fiducia nella validità del processo di certificazione. Tuttavia, l'utilizzo di un modello ibrido richiede una maggiore complessità nell'implementazione e nella gestione, poiché richiede l'integrazione di diverse tecnologie e protocolli. Inoltre, potrebbe essere necessario definire regole e linee guida specifiche per garantire la coerenza e l'efficacia del processo di certificazione.

Indipendentemente dall'approvazione delle norme in discussione, emerge un crescente interesse nello studio e nell'implementazione delle tecnologie basate sui registri distribuiti, sia per l'archiviazione e la validazione di informazioni, sia per il supporto ai processi esistenti o per l'implementazione di nuove soluzioni. La vasta gamma di potenziali applicazioni delle tecnologie blockchain e dei registri distribuiti sta stimolando la loro adozione in diversi settori, a testimonianza della loro flessibilità e versatilità. Tuttavia da questo studio emerge come vi siano delle effettive limitazioni che non possono essere ignorate. Limitazioni che impongono barriere all'entrata che possono anche inibire la capacità di adozione della blockchain.

**Tabella 4.2:** Schema limiti e vantaggi per tipologia blockchain in ambito enterprise

Schema limiti e vantaggi per tipologia blockchain in ambito enterprise					
Pubblica		Privata		Ibrida	
VANTAGGI	LIMITI	VANTAGGI	LIMITI	VANTAGGI	LIMITI
Costi di implementazione relativamente ridotti	Esposizione ad attacchi	Infrastruttura ad hoc per esigenze specifiche	Costi di implementazione elevati	Infrastruttura ad hoc per esigenze specifiche	Costi di implementazione elevati
Massima trasparenza delle informazioni	Scalabilità limitata	Gestione dei dati controllata	Possibile diffidenza per mancanza di trasparenza dei dati	Platea più ampia di utenti coinvolti	Infrastruttura complessa
Platea più ampia di utenti coinvolti		Alta scalabilità		Alta scalabilità	

Innanzitutto, le tecnologie blockchain, seppur in rapida diffusione da ormai più di un decennio, possono ancora essere descritte come premature e potrebbero non essere del tutto comprese da tutti gli attori coinvolti nei processi di certificazione. La sperimentazione e l'adozione di queste tecnologie richiedono un'approfondita e specifica valutazione in base al settore di applicazione, nonché un'attenta considerazione dei costi associati. Ciò implica la valutazione dei costi di investimento, ma anche di quelli di gestione, manutenzione e aggiornamento dei processi e dei sistemi. È inoltre necessario considerare le eventuali sfide e opportunità legate all'implementazione di queste tecnologie, come la necessità di una maggiore interoperabilità, la sicurezza delle informazioni e l'efficacia dell'approccio scelto.

Solo attraverso una valutazione approfondita e attenta di tutti questi fattori sarà possibile valutare correttamente l'opportunità e la fattibilità dell'adozione di queste tecnologie nei diversi contesti applicativi.

Queste motivazioni hanno l'effetto di creare una certa riluttanza anche tra soggetti che potrebbero trarre oggettivi vantaggi nell'investire sull'adozione di queste tecnologie. Riluttanza legata anche alle difficoltà tecniche di comprensione e sviluppo delle soluzioni.

Nel capitolo 4 sezione 4.6 viene illustrato come, se non debitamente sostenuta da obiettivi che portino ad un effettivo vantaggio rispetto alle conseguenze; queste tecnologie possano presentare anche aspetti dannosi proprio per gli ambiti di applicazione discussi in questo testo. In special modo si evince come è necessario valutare in maniera rigorosa le possibili implicazioni per l'ambiente. Inoltre, la blockchain potrebbe non essere adatta a tutti i tipi di informazioni che devono essere registrate nei processi di certificazione. Ad esempio, potrebbe non essere possibile registrare informazioni sensibili o confidenziali sulla blockchain a causa delle sue caratteristiche di trasparenza e accessibilità. Si ritiene anche doveroso sottolineare come l'adozione di tecnologie blockchain potrebbe richiedere una significativa riorganizzazione dei processi esistenti e potrebbe non essere accettata da tutte le parti coinvolte.

In definitiva, l'utilizzo della blockchain nei processi di certificazione presenta sia opportunità che sfide, e sarà necessario un ulteriore sviluppo e una più ampia adozione per valutare appieno il suo potenziale e i suoi limiti.

# Bibliografia

## Riferimenti bibliografici

- [3] *Decreto Legislativo 8 giugno 2001, n. 231*. Gazzetta Ufficiale n. 140 del 19 giugno 2001, Serie Generale. 2001 (cit. a p. 5).
- [4] *Decreto Legislativo 24 giugno 2014, n. 91*. Gazzetta Ufficiale n. 144 del 24 giugno 2014, Serie Generale. 2014 (cit. a p. 5).
- [5] *Decreto Legislativo 30 giugno 2016, n. 254*. Gazzetta Ufficiale n. 7 del 10 gennaio 2017, Serie Generale. 2017 (cit. a p. 5).
- [37] Don Tapscott. *Supply Chain Revolution: How blockchain is transforming the global flow of assets*. Barlow Books, 2020 (cit. a p. 43).
- [39] F. Clementi et al. *La Costituzione italiana: commento articolo per articolo. Principi fondamentali e parte I, diritti e doveri dei cittadini (articoli 1-54)*. La Costituzione italiana. Commento articolo per articolo. Il Mulino, 2021.
- [40] Mauro Bellini. *Blockchain & Bitcoin*. Class Editori, 2018.

## Articoli

- [14] UK Government Chief Scientific Adviser. «Distributed Ledger Technology: beyond block chain». In: (2016). A cura di Dr Mark Peplow (cit. a p. 10).
- [15] Satoshi Nakamoto. «Bitcoin: A peer-to-peer electronic cash system». In: *Decentralized business review* (2008) (cit. a p. 11).
- [16] Michael Crosby et al. «Blockchain technology: Beyond bitcoin». In: *Applied Innovation* 2 (ott. 2016) (cit. a p. 13).
- [18] Abdeljalil Beniiche. «A study of blockchain oracles». In: *arXiv preprint arXiv* (2020) (cit. a p. 15).
- [20] Omar Dib et al. «Consortium Blockchains: Overview, Applications and Challenges». In: *International Journal On Advances in Telecommunications* (2018) (cit. alle pp. 19, 20).
- [21] Weiqi Hua et al. «Applications of blockchain and artificial intelligence technologies for enabling prosumers in smart grids: A review». In: *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 151 (giu. 2022) (cit. a p. 21).

- [22] Xiaoyang Shi et al. «Confronting the Carbon-footprint Challenge of Blockchain». In: *Environmental Science & Technology* (dic. 2021) (cit. a p. 22).
- [26] Cristina Cuervo, Anastasiia Morozova e Nobuyasu Sugimoto. «Regulation of crypto assets». In: *Fintech Notes* 2019.003 (2020) (cit. a p. 28).
- [28] M Bianchini e I Kwon. «Blockchain per Start-up e PMI in Italia». In: *Documenti OCSE sulle PMI e l'imprenditoria, OECD* (2020) (cit. a p. 30).
- [32] Rocio Carrillo-Labela, Fatiha Fort e Manuel Parras-Rosa. «Motives, barriers, and expected benefits of ISO 14001 in the agri-food sector». In: *Sustainability* 12.5 (2020) (cit. alle pp. 37, 41).
- [33] Rafael Bettin-Díaz, Camilo Mejía e Alix E Rojas. «A Blockchain-based Approach to Support an ISO 9001:2015 Quality Management System». In: *ParadigmPlus* 2.2 (2021) (cit. a p. 37).
- [35] Mahtab Kouhizadeh e Joseph Sarkis. «Blockchain practices, potentials, and perspectives in greening supply chains». In: *Sustainability* 10.10 (2018), p. 3652 (cit. a p. 41).
- [36] Santosh B Rane e Shivangi Viral Thakker. «Green procurement process model based on blockchain-IoT integrated architecture for a sustainable business». In: *Management of Environmental Quality: An International Journal* 31.3 (2020), pp. 741–763 (cit. a p. 41).
- [41] Nick Szabo. «Smart Contracts: Building Blocks for Digital Free Markets (c) 1995». In: *Extropy Journal of Transhuman Thought* (1996).
- [42] Sarah Underwood. «Blockchain beyond Bitcoin». In: *Commun. ACM* 59 (nov. 2016).
- [43] Nick Bernards, Malcolm Campbell-Verduyn e Daivi Rodima-Taylor. «The veil of transparency: Blockchain and sustainability governance in global supply chains». In: *Environment and Planning C: Politics and Space* (2022).
- [44] Florence G'ssell e Florian Martin-Bariteau. «The Impact of Blockchains for Human Rights, Democracy, and the Rule of Law». In: *Council of Europe Report* (2022).
- [45] R Muruganandham et al. «TQM through the integration of blockchain with ISO 9001:2015 standard based quality management system». In: *Total Quality Management & Business Excellence* (2022).
- [46] Lise Smit et al. «Human rights due diligence in global supply chains: evidence of corporate practices to inform a legal standard». In: *The International Journal of Human Rights* 25.6 (2021), pp. 945–973.
- [47] «Bitcoin's energy consumption at levels 'beyond what is safe for humanity', says report». In: *The Guardian* (2021). URL: <https://www.theguardian.com/technology/2021/jun/10/bitcoins-energy-consumption-levels-beyond-what-is-safe-for-humanity-says-report>.

- [48] «The Environmental Impact of Cryptocurrency Mining». In: *Forbes* (2021). URL: <https://www.forbes.com/sites/forbestechcouncil/2021/06/07/the-environmental-impact-of-cryptocurrency-mining/?sh=6567a1bb5038>.
- [49] «Bitcoin is a fossil fuel-powered disaster waiting to happen». In: *MIT Technology Review* (2021). URL: <https://www.technologyreview.com/2021/06/08/1224140/bitcoin-fossil-fuel-powered-disaster-waiting-to-happen/>.
- [50] «The Carbon Footprint of Bitcoin». In: *Nature Climate Change* (2021). URL: <https://www.nature.com/articles/s41558-020-00901-9>.
- [51] «Blockchain for a sustainable future: A review of sustainable blockchain solutions». In: *Renewable and Sustainable Energy Reviews* (2021). URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032121005080>.

## Reports & White papers

- [24] *Deloitte's 2018 global blockchain survey: Breaking blockchain open*. Rapp. tecn. 2018. URL: <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/cz/Documents/financial-services/cz-2018-deloitte-global-blockchain-survey.pdf> (cit. a p. 26).
- [25] *Deloitte's 2020 global blockchain survey: From promise to reality*. Rapp. tecn. 2020. URL: <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/tw/Documents/financial-services/2020-global-blockchain-survey.pdf> (cit. a p. 26).
- [53] *An Introduction to Hyperledger*. Rapp. tecn. Hyperledger Foundation. URL: [https://www.hyperledger.org/wp-content/uploads/2018/07/HL\\_Whitepaper\\_IntroductiontoHyperledger.pdf](https://www.hyperledger.org/wp-content/uploads/2018/07/HL_Whitepaper_IntroductiontoHyperledger.pdf).
- [54] *IBM Blockchain Platform: Build. Operate. Govern. Grow (Technical Overview)*. Rapp. tecn. IBM, 2022. URL: <https://www.ibm.com/downloads/cas/Q9DGBLV7>.
- [55] Christian Cachin. *Architecture of the Hyperledger Blockchain Fabric*. Rapp. tecn. IBM Research - Zurich, 2016. URL: [https://www.zurich.ibm.com/dccl/papers/cachin\\_dccl.pdf](https://www.zurich.ibm.com/dccl/papers/cachin_dccl.pdf).
- [56] ISO Central Secretary. *Quality management systems — Requirements*. en. Standard ISO/TC 9001:2015. Geneva, CH: International Organization for Standardization, 2015. URL: <https://www.iso.org/standard/62085.html>.
- [57] ISO Central Secretary. *Environmental management systems — Requirements with guidance for use*. en. Standard ISO/TC 14001:2015. Geneva, CH: International Organization for Standardization, 2015. URL: <https://www.iso.org/standard/60857.html>.

- [58] ISO Central Secretary. *Guidance on social responsibility*. en. Standard ISO/TM-BG 26000:2010. Geneva, CH: International Organization for Standardization, 2015. URL: <https://www.iso.org/standard/42546.html>.
- [59] ISO Central Secretary. *Occupational health and safety management systems — Requirements with guidance for use*. en. Standard ISO/TC 45001:2018. Geneva, CH: International Organization for Standardization, 2015. URL: <https://www.iso.org/standard/63787.html>.

## Tesi

- [27] Mattia Bonino. «Impatti della Blockchain nella Supply Chain». Tesi di dott. Politecnico di Torino, 2021 (cit. a p. 29).
- [29] MATTEO GALANTI. «L’impatto della blockchain sulle PMI». Tesi di dott. Università Politecnica delle Marche, 2021 (cit. a p. 30).
- [34] Paolo Giaccone e Stefano Suraci. «Applicazione basata sulla tecnologia Blockchain per i processi di certificazione ISO». Politecnico di Torino, 2022 (cit. a p. 39).
- [38] Amanda Graham. «Blockchain as an Instrument for Human Rights Business Practice». Tesi di dott. Columbia University, 2017 (cit. a p. 43).
- [52] Roberto Panizzolo Lorenza Rozzi. «La tecnologia blockchain a supporto del Supply Chain Management. Caratteristiche di funzionamento e applicazioni». Università degli studi di Padova, 2019.

## Siti web

- [1] *Directive (EU) 2022/0051 (COD). Proposal for a “Directive of the European Parliament and of the Council on Corporate Sustainability Due Diligence and amending Directive (EU) 2019/1937*. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex%5C%3A52022PC0071> (cit. a p. 2).
- [2] *Directive 2014/95/EU of the European Parliament and of the Council of 22 October 2014 amending Directive 2013/34/EU as regards disclosure of non-financial and diversity information by certain large undertakings and groups*. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex%5C%3A32014L0095> (cit. a p. 2).
- [6] *LOI no 2017-399 du 27 mars 2017 relative au devoir de vigilance des sociétés mères et des entreprises donneuses d’ordre*. URL: <https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000034290626/> (cit. a p. 6).
- [7] *Modern Slavery Act 2015*. URL: <https://www.legislation.gov.uk/ukpga/2015/30/contents/enacted> (cit. a p. 6).

- [8] *Bundesgesetzblatt Jahrgang 2021 Teil I Nr. 46, ausgegeben zu Bonn am 22. Juli 2021: Gesetz über die unternehmerischen Sorgfaltspflichten in Lieferketten*. URL: [https://www.bgbl.de/xaver/bgbl/start.xav?startbk=Bundesanzeiger\\_BGBI&jumpTo=bgbl121s2959.pdf#\\_bgbl\\_%2F%2F\\*%5B%40attr\\_id%3D%27bgbl121s2959.pdf%27%5D\\_\\_1672227346631](https://www.bgbl.de/xaver/bgbl/start.xav?startbk=Bundesanzeiger_BGBI&jumpTo=bgbl121s2959.pdf#_bgbl_%2F%2F*%5B%40attr_id%3D%27bgbl121s2959.pdf%27%5D__1672227346631) (cit. a p. 6).
- [9] *Wet van 24 oktober 2019 houdende de invoering van een zorgplicht ter voorkoming van de levering van goederen en diensten die met behulp van kinderarbeid tot stand zijn gekomen (Wet zorgplicht kinderarbeid)*. URL: <https://zoek.officielebekendmakingen.nl/stb-2019-401.html> (cit. a p. 7).
- [10] *Österreich: Sozialdemokraten präsentieren Vorschlag für Lieferkettengesetz*. URL: <https://www.business-humanrights.org/en/latest-news/%C3%B6sterreich-sozialdemokraten-pr%C3%A4sentieren-vorschlag-f%C3%BCr-lieferkettengesetz/> (cit. a p. 8).
- [11] *Proposal for a parliamentary decision on mandatory human rights due diligence*. URL: <https://www.business-humanrights.org/en/latest-news/proposal-for-a-parliamentary-decision-on-mandatory-human-rights-due-diligence/> (cit. a p. 8).
- [12] *Amnesty international - Denmark 2021 report*. URL: <https://www.amnesty.org/en/location/europe-and-central-asia/denmark/report-denmark/> (cit. a p. 8).
- [13] *Finland: Govt. publishes study on possible regulatory options for proposed due diligence legislation*. URL: <https://www.business-humanrights.org/en/latest-news/finland-govt-publishes-study-on-possible-regulatory-options-for-proposed-due-diligence-legislation/> (cit. a p. 8).
- [17] *Smart contract: cosa sono (e come funzionano) le clausole su blockchain*. Giu. 2019. URL: <https://www.ilsole24ore.com/art/smart-contract-cosa-sono-e-come-funzionano-clausole-blockchain-ACsDo2P> (cit. a p. 15).
- [19] Valeria Vitale. *La classificazione delle Blockchain, Spindox blo*. 2019. URL: <https://www.spindox.it/it/blog/la-classificazione-delle-blockchain/#gref> (cit. a p. 17).
- [23] Valeria Portale. *Blockchain for business: in che modo le aziende stanno utilizzando la tecnologia Blockchain*. 2021. URL: [https://blog.osservatori.net/it\\_it/blockchain-business-applicazioni-aziende](https://blog.osservatori.net/it_it/blockchain-business-applicazioni-aziende) (cit. a p. 25).
- [30] *Fair Labor Association*. URL: <https://www.fairlabor.org/> (cit. a p. 32).
- [31] *International Organization for Standardization*. URL: <https://www.iso.org/home.html> (cit. a p. 33).
- [60] *Costituzione italiana articolo 41. Parte I: Diritti e doveri di cittadini, Titolo III: Rapporti economici*. URL: <https://www.senato.it/istituzione/la-costituzione/parte-i/titolo-iii/articolo-41#:~:text=L>

iniziativa%20economica%20privata%20%C3%A8, alla%20libert%C3%A0%20alla%20dignit%C3%A0%20umana.

- [61] *Finland: Govt. publishes Memorandum on national due diligence obligation.* URL: <https://www.business-humanrights.org/en/latest-news/finland-govt-publishes-memorandum-on-national-due-diligence-obligation/>.
- [62] *Luxembourg: Ministry of Foreign Affairs commissions study to examine the possibilities of due diligence legislation.* URL: <https://www.business-humanrights.org/en/latest-news/luxembourg-ministry-of-foreign-affairs-commissions-study-to-examine-the-possibilities-of-due-diligence-legislation/>.
- [63] Rupali Dhongade. *Blockchain technology basis.* 2019. URL: <https://www.spheregen.com/blockchain-technology-basics/>.
- [64] Renee Cho. *Bitcoin's Impacts on Climate and the Environment.* Set. 2021. URL: <https://news.climate.columbia.edu/2021/09/20/bitcoins-impacts-on-climate-and-the-environment/>.
- [65] *Blockchain and Distributed Ledger: verso l'Internet of Value, INFOGRAFICA BLOCKCHAIN and WEB3.* 2018. URL: [https://www.osservatori.net/it\\_it/blockchain-distributed-ledger-internet-of-value](https://www.osservatori.net/it_it/blockchain-distributed-ledger-internet-of-value).
- [66] LORENZO NOSAR. *Le possibili implementazioni della tecnologia Blockchain nell'ambito dei diritti umani.* 2018. URL: <https://www.cyberlaws.it/en/2018/possibili-implementazioni-blockchain-diritto-umanitario/>.
- [67] *Forest Stewardship Council.* URL: <https://fsc.org/en>.

# Glossario

- API** L'acronimo API sta per "Application Programming Interface" ed indica un insieme di strumenti e protocolli che consentono a due applicazioni software di comunicare tra di loro..
- B2B** Questa sigla viene utilizzata per indicare servizi o transazioni che vengono creati e offerti da imprese per altre imprese.
- B2C** Questa sigla viene utilizzata per indicare servizi o transazioni che vengono creati e offerti da imprese per i consumatori.
- COD** Questa sigla utilizzata per etichettare il processo che una certa proposta di legge seguirà per la sua discussione, si riferisce a una procedura legislativa ordinaria dell'unione europea.
- Consensus** (in italiano: Consenso) utilizzato per indicare un processo che determina la validità di un blocco sulla blockchain.
- DBMS** Il termine DBMS (Database Management System - in italiano: Sistema di Gestione di Database) indica un sistema software che consente la gestione di una o più basi di dati, ovvero insiemi di dati strutturati e interrelati tra di loro..
- Direttiva Europea** Una direttiva è una delle fonti del diritto dell'Unione europea dotata di efficacia vincolante.
- Due Diligence** (in italiano: Diligenze Dovuta) si intende un insieme di comportamenti, verifiche e approfondimenti atti a confermare oppure a smentire tutti i fatti, gli elementi e le circostanze che attengono a una data operazione.
- Framework** Un insieme di strumenti, librerie, convenzioni e linee guida utilizzati per sviluppare software o applicazioni..
- Mining** (in italiano: Estrazione) indica il processo attraverso cui vengono creati nuovi blocchi nella blockchain, che consiste nell'utilizzo di potenza computazionale per risolvere un complesso problema matematico..
- Oracle** In informatica, il termine "Oracle" può assumere diversi significati a seconda del contesto. In generale, si tratta di un sistema di gestione di basi di dati relazionali (DBMS).
- QMS** I *Quality Management System* (QMS) consentono alle aziende manifatturiere di monitorare, gestire e documentare digitalmente i processi di qualità, allo scopo di garantire che i prodotti siano fabbricati entro le tolleranze, siano conformi a tutti gli standard applicabili e non contengano difetti.

**Supply Chain** (in italiano: catena di fornitura) è l'insieme delle attività e dei processi che consentono la produzione e la distribuzione di un prodotto o di un servizio, dal punto di origine al punto di consumo..

# Acronimi e abbreviazioni

**API** Application Programming Interface.

**B2B** Business to Business.

**B2C** Business to Customer.

**COD** Co-decision.

**DBMS** Database Management System.

**DL** Decreto Legislativo.

**POW** Proof of work.

**POS** Proof of stake.

**QMS** Quality Management System.

**UE** Unione Europea.