

Dipartimento di Economia e Management

Cattedra di Economia dei mercati e degli Intermediari Finanziari

Innovazione tecnologica, monete digitali e banche centrali

Prof. Daniele Previtali

RELATORE

Valentini Giammarco

Matr. 235951

CANDIDATO

Sommario

Introduzione	3
Dalla moneta fisica alla moneta digitale	5
1.1. Origine e caratteristiche della moneta	5
1.1.1. Evoluzione e declino della banconota: verso una società <i>cashless</i> ?	10
1.2. Progresso tecnologico e digitalizzazione della moneta	16
2. Central Bank Digital Currency (CBDC)	22
2.1. Caratteristiche della CBDC: la struttura e i possibili scenari	22
2.1.1. L'infrastruttura della CBDC: DLT o account	24
2.2. Le opportunità connesse alla CBDC	26
2.2.1. CBDC come strumento di politica monetaria	26
2.2.2. CBDC come mezzo di pagamento retail	30
2.3. I Rischi derivanti dall'introduzione della CBDC	36
2.3.1. La disintermediazione e i suoi effetti sul settore bancario	36
2.3.2. Il rischio di bank run	39
2.4. CBDC nel mondo: esperienze esistenti	41
2.4.1. Successi e fallimenti	42
3. Euro digitale e moneta programmabile	49
3.1. L'aspetto tecnico dell'euro digitale: la scelta dell'infrastruttura di emissione	50
3.2. L'aspetto finanziario dell'euro digitale: come mitigare i rischi	58
3.3. La moneta programmabile: CBDC basata su tecnologia DLT	62
3.3.1. Smart contracts	62
3.3.2. Blockchain e digitalizzazione	64
3.3.3. Utilizzi della DLT e dell'euro digitale nel sistema finanziario e nell'economia re	ale67
Conclusioni	77
BIBLIOGRAFIA	79
SITOGRAFIA	82

"Tutto ciò che è oggetto di scambio deve essere in qualche modo commensurabile. A questo scopo è stata inventata la moneta, che è divenuta una sorta di termine medio, dato che misura tutto. Misura sia l'eccesso sia il difetto e quindi anche quante scarpe siano uguali a una casa o a del cibo; quindi è necessario che, come un architetto sta a un calzolaio, così questa precisa quantità di scarpe stia a una casa o a una certa quantità di cibo; se non vi è commensurabilità, non si possono avere né scambio né associazione. Quindi è necessario che tutto venga misurato con un qualcosa di unitario, come abbiamo già detto prima. Questo, in verità, è il bisogno, che tiene unita la comunità; se infatti non vi fosse bisogno di nulla, o se non vi fosse bisogno in modo comparabile, lo scambio non avrebbe luogo o non sarebbe lo stesso; perciò la moneta è diventata un sostituto del bisogno per accordo comune e per questo ha il nome di moneta, perché non è per natura ma per convenzione e dipende da noi modificarla o porla fuori corso..." "...Se in un certo momento non abbiamo bisogno di nulla, la moneta è una sorta di garanzia che gli scambi saranno possibili anche in futuro, quando saranno necessari. Anche la moneta subisce l'inconveniente di non avere sempre lo stesso potere d'acquisto; tuttavia il suo valore tende a rimanere piuttosto stabile"

(Aristotele, Etica Nicomachea, V, 1133)

Introduzione

Il progresso tecnologico sta trasformando le infrastrutture del mercato finanziario, innovando i meccanismi transattivi, incentivando la dematerializzazione di prodotti e servizi e, in definitiva, ridefinendo i profili del sistema finanziario. In particolare, il sistema dei pagamenti sta sperimentando i cambiamenti più dirompenti, il cui impatto può potenzialmente riflettersi sulla vita quotidiana di tutti i cittadini.

La moneta digitale, le cui prime forme risalgono agli anni Novanta e agli albori di internet, nel 2009 è entrata in una nuova dimensione grazie al "sistema di moneta elettronica peerto-peer" sviluppato da Satoshi Nakamoto, esperto di crittografia considerato il padre del Bitcoin. Questa nuova moneta circola digitalmente sulla cosiddetta distributed ledger technology (DLT o blockchain), tecnologia fondata su tecniche crittografiche e algoritmi di consenso che le attribuiscono, tra le altre, le caratteristiche della tracciabilità, dell'anonimato e della sicurezza e, grazie all'impiego dei cosiddetti smart contracts, della programmabilità.

La DLT offre la possibilità di ottenere un incremento significativo dell'efficienza del sistema finanziario, grazie alla riduzione di alcune maglie della catena dell'intermediazione finanziaria e, integrata con l'utilizzo degli *smart contracts*, potrebbe sostituirsi ai tradizionali meccanismi di funzionamento del sistema monetario, dei pagamenti e dei mercati finanziari, fino a delineare una nuova architettura del sistema finanziario.

Assieme alla moneta digitale, inoltre, DLT e *smart contracts* costituiscono gli elementi fondanti del progetto per l'introduzione di una Central Bank Digital Currency (CBDC) nell'area euro (BCE, 2021). Tale progetto disegna uno scenario in cui l'euro digitale diventa un pilastro del processo di digitalizzazione del sistema economico-finanziario auspicato dalla Commissione Europea e uno strumento per mitigare i rischi dei servizi di pagamento tradizionali.

Alle opportunità connesse all'utilizzo di una moneta digitale emessa da una banca centrale come strumento di politica monetaria e come mezzo di pagamento *retail*, si affiancano, tuttavia, rischi potenziali per la stabilità finanziaria che solo opportune scelte tecniche, in termini di infrastruttura e tecnologia di emissione dell'euro digitale, possono mitigare.

Offrire una ricognizione delle molteplici prospettive che si delineano in questo contesto costituisce l'obbiettivo principale del presente lavoro, che nasce dall'interesse nei cambiamenti che la rivoluzione digitale in atto sta apportando al sistema finanziario nel suo complesso e si sviluppa tracciando una ricognizione di opportunità e rischi intrinseci delle possibili applicazioni della DLT al sistema monetario, delle possibili soluzioni operative individuate per l'introduzione di una CBDC nell'area euro e delle possibili applicazioni dell'euro digitale nel sistema finanziario e nell'economia reale.

La presente tesi si articola, dunque, come segue. Nel primo capitolo si delineano funzioni e percorsi evolutivi della moneta: dalla moneta merce, alla moneta metallica e, poi, dalle banconote alla moneta bancaria, fino ad arrivare alla moneta digitale. Nel secondo capitolo, in primo luogo si analizzano le possibili caratteristiche della CBDC, dell'infrastruttura sottostante individuata in funzione degli specifici obiettivi che ci si prefigge di perseguire nonché i vantaggi e i possibili rischi che deriverebbero dall'introduzione della stessa nel nostro sistema economico; in secondo luogo, si esaminano le esperienze internazionali esistenti e le cause dei fallimenti più significativi. Il terzo e ultimo capitolo, infine, è dedicato alla CBDC in Europa e alle soluzioni operative individuate dalla *task force* della Banca Centrale Europea per l'introduzione dell'euro digitale e offre una rassegna di esempi pratici delle sue possibili applicazioni.

La ricognizione con cui si chiude il presente lavoro intende, difatti, offrire una prospettiva sugli scenari, più o meno dirompenti, che potrebbero delinearsi nel prossimo futuro. L'auspicio è che il processo innovativo in atto, potenzialmente in grado di ridefinire relazioni economiche, finanziarie e sociali, si traduca in benefici tangibili per tutti gli operatori del sistema finanziario e, in primo luogo, per i cittadini.

1. Dalla moneta fisica alla moneta digitale

1.1. Origine e caratteristiche della moneta

La moneta è il frutto del lungo processo di evoluzione dei mezzi di pagamento che caratterizza la storia degli scambi e dei commerci dell'uomo. In origine gli scambi avvenivano secondo la pratica del baratto, ovvero la cessione di un bene in cambio di un altro, al fine di soddisfare due distinti e rispettivi bisogni. Evidenti sono i limiti e gli svantaggi di questo sistema. Tra le molteplici criticità del baratto troviamo problematiche riguardanti:

a) La doppia coincidenza dei desideri

Si fa riferimento a uno dei presupposti del baratto, ovvero la necessità reciproca dei beni oggetto dello scambio. Di conseguenza il baratto può concludersi solo quando i due soggetti hanno bisogno dell'altrui bene, rendendo pertanto possibile questo tipo di scambio solo in un'economia primordiale, in cui i bisogni sono limitati e i soggetti sono in grado di conoscere le esigenze altrui.

b) La misura comune del valore

Il problema della misura del valore ha costituito un altro motivo rilevante del fallimento della pratica del baratto; difatti non esistendo una misura comune del valore dei diversi beni, vi è l'impossibilità di ricavare un rapporto fisso di scambio tra due distinti beni o merci. È evidente, perciò, come sia complesso estendere questa tipologia di scambi in economie sviluppate in cui gli individui hanno molteplici bisogni e la quantità di beni in circolazione è elevata.

c) La fungibilità dei beni

I beni oggetto del baratto non possono essere beni indivisibili: infatti, per definizione, tali beni perderebbero la loro utilità qualora fossero divisi in parti. La conseguenza diretta sarebbe infatti una sproporzione nelle quantità scambiate, essendo richiesta una quantità minima di merce che compensi almeno il valore del singolo bene non divisibile. Questa

limitazione crea quindi degli squilibri che rendono difficilmente praticabili gli scambi di piccola entità, o peggio, che penalizzano una delle due parti coinvolte nel negozio.

d) Mantenimento del valore dei beni

Nei tempi in cui il baratto era la forma principale di pagamento, la ricchezza degli individui era data dalla quantità di beni posseduti e dal bisogno altrui di questi. È evidente che essendo la maggior parte dei beni deperibili, non vi era una modalità di determinazione e mantenimento della ricchezza di un individuo; essa, infatti, era vincolata allo stato materiale del bene e potenzialmente messa a repentaglio dalla deperibilità dello stesso, di conseguenza il risparmio era impossibile.

Le caratteristiche stesse del baratto appena elencate rendevano la pratica precaria, instabile e inappropriata a essere usata a lungo come metodo di scambio, in una società in evoluzione con bisogni sempre più variegati e complessi. Da qui la necessità di individuare un bene che avesse per tutti un valore unitario, ossia una sola merce come corrispettivo dell'offerta. Nasce quindi l'idea di moneta merce o moneta naturale.

Inizialmente fu utilizzato il bestiame, in latino "pecus", da cui "pecunia", visto che era ampiamente disponibile e necessario. A cambiare definitivamente le dinamiche dei commerci fu l'introduzione dei metalli preziosi nella forma di lingotti o pepite. Questi, dati le loro caratteristiche di durabilità, divisibilità e scarsità, risolvevano al meglio le criticità derivanti dai vincoli del baratto. Tuttavia, anche questo strumento aveva dei seri inconvenienti, ossia l'impossibilità di verificare la purezza e il peso del metallo senza l'utilizzo di strumenti appositi come una bilancia o una pietra di paragone.

La coniazione di monete in metallo prezioso consentì di superare tali inconvenienti: tramite il conio veniva effettuata l'impressione di un'immagine o di un'iscrizione sulla superficie di dischi di metallo liscio, rendendoli così standardizzati ed eliminando i dubbi riguardo la purezza o il materiale della moneta. Lo Stato assunse così per la prima volta il potere di creazione della moneta, attestandone il valore tramite l'immagine impressa sulle facce della stessa. Era lo Stato, perciò, a garantire il valore della moneta, impegnandosi a farla accettare dai cittadini e ad accettarla esso stesso.

La moneta così definita era in grado di superare in maniera definitiva tutti i problemi della pratica del baratto, mettendo a disposizione dei cittadini uno strumento di pagamento duraturo e fungibile, che potesse mantenere il suo valore nel tempo ed essere utilizzato come misura comune di valore tra i vari beni.

È proprio nelle criticità del baratto che si possono identificare le caratteristiche fondamentali della moneta, descritte sin dal VI secolo a.C. dal filosofo greco Aristotele e successivamente riprese e formalizzate nel diritto romano da *Julius Paulus Prudentissimus*. il Prefetto, sotto l'Imperatore Alessandro Severo, descrisse la logica fondamentale di una moneta emessa dal governo usando elementi familiari ai moderni economisti: un'unità di conto per la determinazione del prezzo di beni e servizi; un metodo per la conservazione del valore; un mezzo di scambio che facilita le transazioni economiche e finanziarie. Inoltre, il giurista romano riconosceva che l'utilità della moneta dipende non dalla sua sostanza materiale, ma piuttosto dalla fiducia del pubblico nella gestione del sistema monetario da parte delle autorità.

"Un tempo, infatti, non esisteva una cosa come il denaro. Un materiale è stato selezionato che, avendo un valore stabile da parte dello Stato, evitava i problemi del baratto fornendo un mezzo di scambio costante. Questo materiale, battuto nella forma dovuta dalla zecca, dimostra la sua utilità e il suo titolo non dalla sua sostanza in quanto tale ma dalla sua quantità, così che le cose scambiate non si chiamano più entrambe merci, ma una di esse è chiamata prezzo. E oggi è in dubbio se si possa parlare di vendita quando non passa denaro"

(Julius Paulus Prudentissimus, circa 230 d.c.)

La natura della moneta è quindi variata nel tempo. Inizialmente ha avuto forma di moneta merce, poi di moneta metallica, composta da metalli preziosi come oro o argento. Successivamente, a partire dal XVIII secolo, in Inghilterra, per far fronte alla carenza di monete metalliche la moneta ha assunto forma di banconote. Queste erano biglietti emessi dalle banche, che potevano essere convertite su richiesta in una quantità definita d'oro.

Nelle economie moderne la moneta è fiduciaria, ossia avente corso legale (*fiat*), è emessa dalla banca centrale e, differentemente dal passato, non è convertibile in oro. Dall'abbandono del *gold standard*, nei primi anni Settanta, l'oro non è più garanzia del valore delle banconote e non è più prevista una conversione al portatore. La moneta è piuttosto generata dalle banche centrali attraverso prestiti o acquisti di attività sul mercato. Le banche centrali possono di conseguenza creare moneta di propria iniziativa, rendendo il controllo dell'offerta di quest'ultima uno dei principali strumenti nell'esercizio della politica monetaria.

Le banconote di per sé non hanno un valore intrinseco, se non il valore pressoché nullo della carta con cui sono stampate; ad esse, tuttavia, è attribuito un valore e sono accettate nello scambio di beni o servizi, poiché coloro che le utilizzano hanno fiducia nel fatto che la banca centrale garantirà il valore della moneta del tempo.

La moneta fisica però rappresenta solo una frazione dell'offerta di moneta complessiva: la maggioranza dell'offerta in circolazione – 87% circa nell'area euro secondo le statistiche della Banca Centrale Europea (BCE) – è moneta bancaria, che è usata come mezzo di pagamento attraverso l'utilizzo di carte di debito e credito o attraverso operazioni bancarie¹.

La moneta bancaria è registrata negli *account* dei cittadini presso le rispettive banche ed è creata dalle banche stesse nel momento in cui effettuano un prestito o acquistano attività finanziarie come azioni o obbligazioni. Le banche, infatti, concedono prestiti, per un ammontare complessivo superiore a quello che posseggono in moneta legale attraverso i depositi dei clienti. Il rapporto tra depositi e prestiti concessi è definito tasso di riserva obbligatoria, è stabilito dalla banca centrale e corrisponde alla riserva che deve essere accantonata presso la banca centrale in appositi conti. Le riserve obbligatorie servono a garantire che ogni banca sia in grado di saldare i propri debiti con gli altri istituti in sede di compensazione interbancaria e per garantire un certo livello di liquidità in situazioni critiche e durante scenari limite come quelli che si configurano durante le cosiddette corse agli sportelli.

¹ BCE, Economic Bulletin, Issue 6/2018.

- Alla luce di ciò che è stato detto, è possibile suddividere la moneta nel suo complesso in tre distinte categorie:
- a) Le banconote (o contante): sono l'unica moneta avente corso legale e sono emesse dalla banca centrale. Sono trasferibili *peer-to-peer*, cioè senza un intermediario, hanno aspetto fisico, sono anonime, accessibili da parte di tutto il pubblico e non remunerate. La mancata remunerazione implica che il contante rappresenta un limite inferiore nella determinazione dei tassi di interesse per la politica monetaria: nel caso in cui i tassi sui conti diventassero negativi, infatti, i clienti razionali scambierebbero i propri depositi bancari con i contanti.
- b) La moneta bancaria: è emessa dalle banche commerciali e rappresenta un credito nei confronti della banca per il pagamento del contante. In un sistema bancario a riserva frazionaria, la moneta bancaria è coperta solo in parte dai depositi in moneta legale e presenta, di conseguenza, un profilo di rischio non nullo, in quanto i clienti delle banche sono esposti a rischi di liquidità, rischi di credito e di mercato associati all'attività bancaria. Ciononostante, il denaro bancario è legato in rapporto uno a uno al valore del contante e delle riserve e può essere ritirato allo stesso valore nominale di queste. Il tasso di interesse sui depositi bancari è fissato dalla singola banca e trova dei limiti superiori negli altri tassi di interesse, tra cui il tasso *risk free* sulle obbligazioni, i tassi interbancari e il tasso di rifinanziamento delle riserve presso la banca centrale.
- c) Le riserve della banca centrale: sono accessibili solo a determinate istituzioni finanziarie presso la banca centrale e non al pubblico in generale. Poiché sono una forma di moneta centrale, non presentano alcun rischio di liquidità o di credito, come nel caso della moneta bancaria. L'assenza di rischi è giustificata ovviamente dal fatto che le banche centrali non possono fallire, essendo esse stesse le istituzioni che generano moneta legale e potrebbero, in teoria, operare con un patrimonio netto negativo. A differenza del contante, oltre a non essere accessibili al pubblico, queste sono digitali e remunerate al tasso di deposito determinato dalla banca centrale.

1.1.1. Evoluzione e declino della banconota: verso una società cashless?

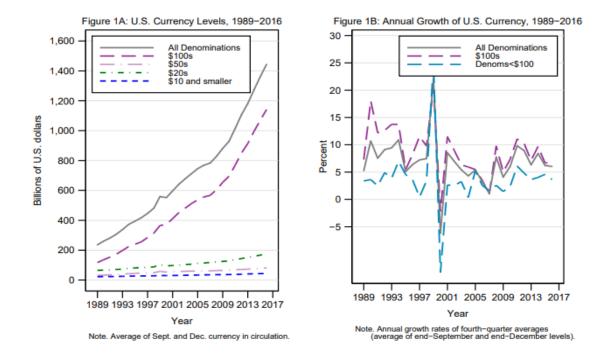
Volendo effettuare un'analisi riguardo alla circolazione di banconote al giorno d'oggi, si può osservare che la domanda di queste continua ad aumentare a un ritmo consistente nelle grandi economie. Come osservato da Ruth Judson (Federal Reserve Board), la domanda di banconote americane ha avuto una tendenza a ribasso tra gli anni Sessanta e Ottanta del secolo scorso, per poi registrare un tasso di crescita costante, con dei picchi durante la crisi finanziaria, che persiste anche oggi².

I dati al 2016 mostrano una impennata nella circolazione di tutte le banconote, che dal 1989 al 2017 hanno registrato una crescita di oltre cinque volte, con un incremento medio di circa il 6% l'anno, ben superiore a quella del PIL statunitense (Figura 1).

È necessario però osservare come la crescita sia dovuta quasi esclusivamente all'incremento delle banconote di taglio più grande, ossia quelle da 100 dollari, che hanno visto una crescita doppia rispetto alle altre denominazioni. Tra le ragioni alla base delle divergenze tra i tagli in circolazione vi è sicuramente la domanda estera da parte delle economie meno solide. Il dollaro, infatti, è utilizzato ben oltre i confini statunitensi come riserva di valore e mezzo di scambio specialmente nei paesi in cui le monete locali risultano deboli o affette da alti tassi di inflazione. Poiché le banconote di grande taglio offrono uno strumento più efficiente rispetto a tagli minori per essere utilizzate come riserva di valore al di fuori dei confini statunitensi, la domanda estera riguarda in larghissima parte le banconote da 100 dollari.

² Judson, R., The Death of Cash? Not So Fast: Demand for U.S. Currency at Home and Abroad, 1990-2016, Conference paper, International Cash Conference, Germany, 2017

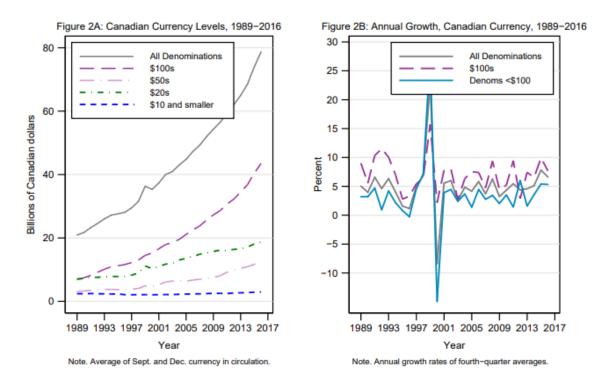
Figura 1. Livelli di crescita del dollaro statunitense



Judson, R., The Death of Cash? Not So Fast: Demand for U.S. Currency at Home and Abroad, 1990-2016, Conference paper, International Cash Conference, Germany, 2017

I dati dell'economia canadese offrono evidenza di quella che si stima possa essere la domanda nazionale di dollari statunitensi epurata della componente estera. Il Canada, infatti, ha simili livelli di reddito, tecnologie di pagamento e tassi di crescita degli Stati Uniti; il dollaro canadese, tuttavia, è scarsamente utilizzato al difuori dei confini nazionali. I dati in figura mostrano come si registri anche in Canada una crescita delle banconote in circolazione (Figura 2). Così come negli Stati Uniti, la crescita è trainata prevalentemente dalle banconote di grande taglio, differentemente però dalla situazione statunitense i grandi tagli ammontano a circa la metà delle banconote circolanti, contro l'80% registrato negli Stati Uniti. I tassi di crescita della moneta in Canada sono perciò meno guidati dai 100 dollari e più da tagli minori come 20 dollari o 50 dollari, che sono le denominazioni primarie nelle transazioni in Canada.

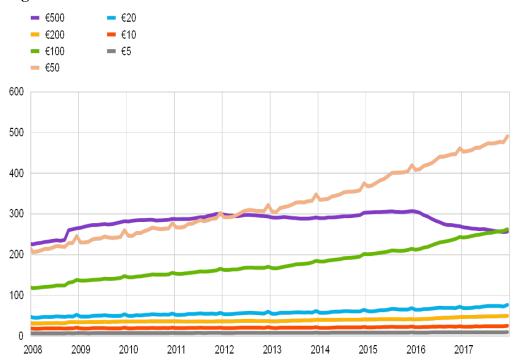
Figura 2. Livelli di crescita del dollaro canadese



Judson, R., The Death of Cash? Not So Fast: Demand for U.S. Currency at Home and Abroad, 1990-2016, Conference paper, International Cash Conference, Germany, 2017

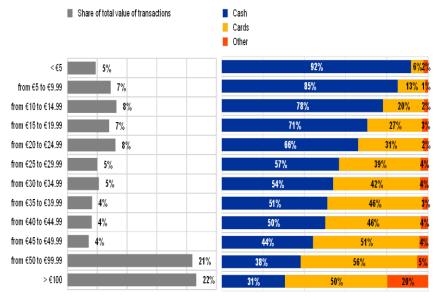
I dati confermano che la stessa tendenza osservata nelle economie statunitensi e canadesi è riscontrabile nell'area euro. La domanda di banconote ha visto un costante aumento, specialmente in concomitanza della crisi finanziaria, tuttora in corso. Come nel caso statunitense, a determinare la tendenza principale sono le banconote di taglio mediogrande, ossia quelle con valore uguale o superiore a 50 euro, che compongono circa l'80% del valore totale delle banconote in circolazione, mentre i tassi di crescita dei tagli inferiori si stanno progressivamente riducendo (Figura 3).

Figura 3. Livelli di crescita delle banconote nell'area euro



Fonte: BCE, Economic Bulletin, Issue 6/2018.

Figura 4: Composizione dei pagamenti in euro



Fonte: BCE, Economic Bulletin, Issue 6/2018.

Osservando non solo la quantità di banconote in circolazione, ma anche il ruolo di queste negli scambi, si nota che nell'area euro il contante ricopre un ruolo principale solo nei pagamenti di piccola entità, con una media del 60% delle transazioni al di sotto dei 50 euro. Nel caso di pagamenti superiori a 50 euro, invece, il contante è usato come mezzo di pagamento solo nel 31% dei casi, mentre la maggioranza dei pagamenti è effettuata attraverso moneta elettronica: più grande è la spesa, più bassa è la propensione a pagare in contanti. Essendo sconosciute le intenzioni dei possessori, risulta più difficile determinare se le banconote detenute dai cittadini siano detenute come mezzo di pagamento o riserva di valore, e se queste debbano essere considerate come riserva di valore dopo uno o tre mesi, un anno o oltre.

I dati sin qui esposti suggeriscono che la circolazione del contante è tutt'altro che in declino e che la domanda di grandi tagli, specialmente come riserva di valore, risulta in costante aumento, mentre il ruolo che queste svolgono nei pagamenti è, seppur consistente, in declino rispetto ad altri mezzi di pagamento di natura elettronica.

Vi sono paesi, però, in cui la situazione è ben diversa. In Svezia e in Norvegia è stato riscontrato un calo significativo nella circolazione delle banconote di qualsiasi taglio, i dati svedesi³ infatti mostrano una diminuzione del 50% della domanda di banconote e una percentuale di utilizzo delle banconote, come mezzo di pagamento nei negozi, pari solo al 13% (Figura 5). Questo fenomeno è decisamente attribuibile al sempre maggior utilizzo della moneta elettronica come mezzo di pagamento: secondo i sondaggi, il 70% dei cittadini svedesi ritiene di non aver bisogno di banconote, mentre metà dei commercianti prevede di smettere di accettare banconote entro il 2025⁴. La diminuzione della domanda di contante come riserva di valore in queste nazioni ha una tendenza ormai ben definita e, se si considera anche la preferenza dei cittadini alla moneta elettronica per i pagamenti quotidiani, si intravede lo scenario di una società *cashless*.

³ BCE, Statistical Data Warehouse.

⁴ Arvidsson, N., Building a Cashless Society, Springer Briefs in Economics, Springer, 2018.

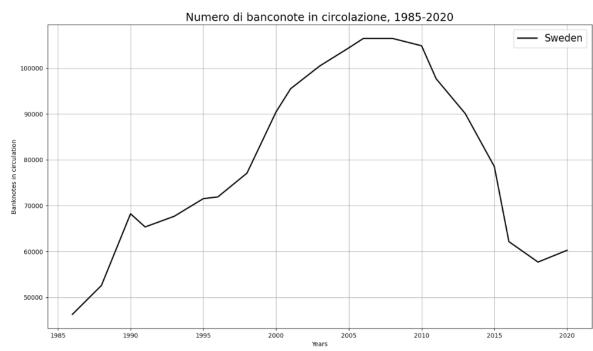


Figura 5. Numero di banconote in circolazione in Svezia nel periodo 1985-2020

Fonte: BCE, Statistical Data Warehouse, elaborazione propria.

Alla definizione di questo scenario contribuisce il dibattito in corso riguardo a una possibile abolizione del contante tesa a comprimere gli spazi per l'uso illecito di una moneta scambiabile in anonimato.

In una recente critica alla posizione di coloro che intendono eliminare le banconote dalla circolazione, specialmente attraverso una apposita legislazione, Yves Mersch (BCE Executive Board) ha sintetizzato la posizione della BCE riguardo alla politica dei mezzi di pagamento come segue:

"The ECB will continue to provide banknotes. We will also facilitate the further development of an integrated, innovative, and competitive market for retail payment solutions in the eurozone. If, one day, cash is replaced by electronic means of payments, that decision should reflect the will of the people, not the force of lobby groups".

⁵ Mersch, Y., Why Europe still needs cash, 2017.

La discussione rimane tuttavia aperta, ma tutti i dati portano a una conclusione: l'utilizzo del contante come mezzo di pagamento è in declino e, per quanto rimanga ancora preferito da molti come riserva di valore, è presumibile che nel corso di questo decennio il suo utilizzo si ridurrà ulteriormente, fino addirittura a scomparire del tutto dalla circolazione in alcuni paesi.

1.2. Progresso tecnologico e digitalizzazione della moneta

Il progresso tecnologico ha incentivato la digitalizzazione di molte delle attività quotidiane. Le lettere sono state sostituite dalla posta digitale, i contenuti multimediali sono quasi interamente digitali, le comunicazioni avvengono oramai in tutto il globo attraverso le applicazioni di messaggistica. Il processo di digitalizzazione è il riflesso della crescente domanda di immediatezza da parte degli individui e ha trasformato tanto il nostro comportamento quotidiano quanto la nostra cultura e la struttura stessa dell'economia.

La digitalizzazione ha trovato terreno fertile nel settore finanziario, gli *assets* finanziari sono ormai dematerializzati e scambiati attraverso sistemi di *trading* elettronici, le banche offrono sempre più servizi di *online banking* al punto da rendere superflue le strutture fisiche e arrivando addirittura alla creazione di banche che offrono servizi esclusivamente *online*. Come ripetutamente osservato, anche i mezzi di pagamento hanno visto una totale innovazione: carte di credito, applicazioni per la gestione digitale dei risparmi e dei pagamenti sono ormai parte integrante nella vita di tutti i giorni. L'ex direttore generale della Banca d'Italia Fabio Panetta, nella sua presentazione riguardante la trasformazione digitale e la quarta rivoluzione industriale, inserisce la digitalizzazione del sistema finanziario tra gli argomenti principali, ponendo in definitiva la questione se anche il denaro contante non possa essere reso digitale⁶.

L'idea della moneta digitale si era andata diffondendo sin dall'esplosione di internet negli anni Novanta, quando fallirono diversi tentativi di crearne una. Tra questi il più noto fu quello di e-gold, una moneta digitale emessa dalla società Gold & Silver Reserve Inc,

⁶ Panetta, F., Il presente e il futuro della moneta nell'era digitale, *Lectio Cooperativa*, 2021.

scambiabile direttamente tra coloro che avevano un *account* e ancorata al valore dell'oro. Il motivo principale del fallimento fu l'anonimato di questa moneta: il fatto che la società emittente non raccogliesse informazioni personali sugli utilizzatori ha reso l'e-gold un ottimo strumento per spostare capitali derivanti da attività illecite. Questo utilizzo ha scatenato una risposta da parte del governo statunitense, che nel 2007 ha intentato causa a Gold & Silver Reserve Inc per aver offerto servizi di pagamento senza il possesso della rispettiva licenza, fattispecie riconosciuta come crimine federale secondo il Patriot Act (2001), portando alla chiusura definitiva della piattaforma e alla condanna dell'amministratore delegato della società⁷. Per quanto conclusasi in un iconico fallimento, questa vicenda ha dato prova di quanto, già all'epoca, fosse elevato l'interesse verso la moneta digitale: in alcuni momenti l'e-gold ha registrato oltre 2 miliardi di dollari di volume annuo scambiati, con una base monetaria di solo 78 milioni di dollari.

La svolta successiva nella creazione della moneta digitale avviene nel 2009, quando un esperto di crittografia, noto con lo pseudonimo di Satoshi Nakamoto, pubblica in un noto forum di criptografia il *white paper* di Bitcoin, definendolo "un sistema di moneta elettronica *peer-to-peer*". Questa nuova moneta esiste digitalmente in un registro distribuito su una rete globale di computer (la cosiddetta *distributed ledger technology* - DLT o *blockchain*) e presenta delle caratteristiche che la rendono unica nel suo genere. La tecnologia DLT è una tecnologia basata su un database distribuito, in cui tecniche crittografiche e algoritmi di consenso sono utilizzati per ottenere caratteristiche come decentralizzazione, tracciabilità, immutabilità, anonimato, trasparenza e sicurezza⁹. La decentralizzazione è la caratteristica chiave di questa tecnologia: solo le transazioni confermate possono essere registrate sulla *blockchain*, e, una volta convalidate da altri nodi, non possono essere alterate. Dal momento che ogni transazione sulla *blockchain* è convalidata e registrata con un "*timestamp*", tutti i nodi della rete *blockchain* possono verificare queste transazioni. Il registro distribuito è condiviso tra tutti i partecipanti alla

 $^{^7\} www.justice.gov/archive/criminal/ceos/pressreleases/downloads/DC\% 20 egold\% 20 indictment.pdf$

⁸ Nakamoto, S., Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System, 2008.

⁹ Zhang, T., Huang, Z., Blockchain and central bank digital currency, Korean Institute of Communications and Information Sciences, ICT Volume 7, Issue 4, 2021

rete *blockchain*, a beneficio della trasparenza. Attraverso funzioni crittografiche, la *blockchain* può garantire che i dati registrati sul libro mastro non possano essere manomessi. La prima applicazione di questa tecnologia è il Bitcoin.

Il Bitcoin è una moneta anonima e scambiabile *peer-to-peer* come il contante. La maggiore differenza con il contante però, oltre alla natura digitale, è l'esistenza di un database pubblico e distribuito contenente tutte le transazioni effettuate, il che rende ogni singola transazione tracciabile. L'anonimato è garantito dal fatto che non vi è un riferimento all'identità dei partecipanti allo scambio, ma vi è un riferimento esclusivamente agli indirizzi dei portafogli interessati nello scambio, che fungono a tutti gli effetti da pseudonimi. La caratteristica che più la differenzia dalle monete a corso legale e dalle altre monete digitali fallite in precedenza è che non è emessa da alcuna banca centrale o ente privato, bensì da un algoritmo che ne determina le modalità di emissione, la quantità massima in circolazione e il funzionamento, in maniera permanente.

Il motivo per cui negli ultimi anni si è assistito a una esplosione nella circolazione del Bitcoin è che il suo valore non è garantito. Non essendovi una autorità emettente che ne garantisca la stabilità, il prezzo del Bitcoin è, infatti, libero di oscillare secondo dinamiche di libero mercato; ciò ha portato a un apprezzamento mai osservato prima con riferimento ad altre monete o *assets* finanziari, fino a culminare in una bolla speculativa nel 2017, in cui il Bitcoin ha raggiunto una capitalizzazione di 400 miliardi di dollari, per poi registrare una caduta di prezzo eccedente l'80%. Date le estreme oscillazioni di prezzo che lo contraddistinguono, è ben comprensibile come il Bitcoin sia estremamente volatile e inadeguato a ricoprire i ruoli tradizionali della moneta, in particolare quello di riserva di valore. Ciononostante, i dati mostrano come l'adozione di Bitcoin sia strettamente crescente: vi sono migliaia di portafogli creati mensilmente e, negli ultimi due anni, il prezzo ha di gran lunga superato i picchi registrati durante la bolla speculativa del 2017, arrivando a superare, ai massimi storici, una capitalizzazione superiore a 1.000 miliardi di dollari¹⁰ (Figura 6).

¹⁰ coinmarketcap.com, Total Cryptocurrency Market Cap 2013-2022.

Oltre al Bitcoin, nell'ultimo decennio sono nate altre migliaia di monete digitali (o criptovalute) che sfruttano la stessa tecnologia; alcune di esse inoltre presentano la caratteristica di essere emesse da società o da protocolli che ne garantiscono il valore attraverso depositi in dollari o in attività estremamente liquide, in rapporto uno a uno con il valore della moneta in circolazione. Ciò fa sì che il prezzo rimanga stabile e ancorato a quello del dollaro statunitense ed elimina perciò la criticità principale che impedisce al Bitcoin di diventare una moneta a tutti gli effetti: la sua volatilità. Queste monete sono definite "stablecoins", ossia monete stabili, e negli ultimi anni hanno visto una crescita esponenziale nella loro circolazione, ammontando a un valore complessivo di oltre 120 miliardi di dollari ad oggi.

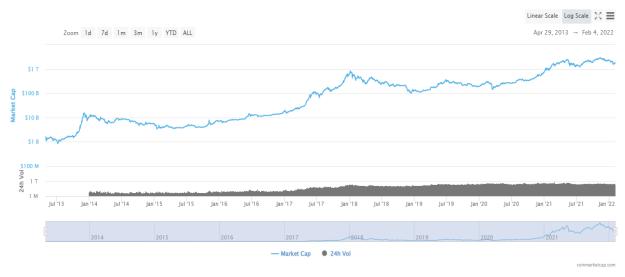


Figura 6. Capitalizzazione totale del mercato delle criptovalute

Fonte: coinmarketcap.com, Total Cryptocurrency Market Cap 2013-2022.

Attualmente le criptovalute sono tutto meno che perfette, ma possono giocare un ruolo significativo nell'aumentare la partecipazione economica globale e la protezione contro potenziali abusi governativi sia riguardo l'espansione monetaria sia riguardo l'intervento nelle materie finanziarie private (si fa riferimento al caso del Venezuela di cui si dirà a breve). A livello globale, la Banca mondiale stima che ci siano circa due miliardi di persone

senza conti bancari, di cui un terzo collocati nell'Africa Sub-Sahariana^{11,12}. Vista la facilità di accesso e la presenza di costi di transazione trascurabili, le criptovalute offrono una alternativa conveniente e sicura. Con uno smartphone e una connessione a Internet chiunque può usare queste monete per inviare e ricevere denaro, con costi estremamente più economici rispetto alle soluzioni tradizionali. Le criptovalute, e il Bitcoin nello specifico, hanno dimostrato di poter fornire inoltre una possibile alternativa in paesi che affrontano livelli insostenibili di inflazione. Il Venezuela, ad esempio, ha transato oltre 20 miliardi di bolivar per Bitcoin nei sette giorni precedenti al 9 febbraio 2019¹³. Questo è stato l'importo più alto (in Bitcoin) registrato per il Venezuela, in un momento in cui la moneta del paese soffriva di iperinflazione dilagante e i controlli sui capitali imposti dal governo hanno impedito l'accesso dei cittadini a valute estere.

Le criptovalute stanno sfidando i pilastri tradizionali del sistema finanziario, e le banche centrali si trovano per la prima volta di fronte alla minaccia di individui in grado di accumulare e spendere valore senza dipendere dalla valuta fiat. Un altro caso di studio importante è rappresentato sicuramente dall'esperienza dello stato di El Salvador, che nel 2021 ha riconosciuto il Bitcoin come moneta a corso legale nei confini nazionali, creando un precedente unico per il riconoscimento di questa moneta come potenziale riserva di valore a livello globale.

Non sorprende perciò che l'introduzione di una moneta digitale emessa da una banca centrale (CBDC – Central Bank Digital Currency) sia attualmente materia dibattuta nei principali fora internazionali. La CBDC rappresenterebbe una innovativa forma di moneta *fiat*, esistente in alternativa sotto forma di *token* digitale¹⁴ o di conti di deposito (*account*) presso la banca centrale e garantita da attività prive di rischio come obbligazioni governative a breve termine. Secondo i dati della BIS – Bank for International Settlements, in questo momento oltre l'80% delle banche centrali nel mondo sta commissionando studi e ricerche riguardo l'effettiva necessità di questa introduzione, cercando in definitiva di determinare se questo tipo di moneta possa essere l'evoluzione naturale del denaro contante

¹¹ The World Bank DataBank, Global Financial Inclusion.

¹² Sul tema della bancarizzazione e dell'inclusione finanziaria si tornerà nel capitolo 2.2.

¹³ http://coin.dance/volume/localbitcoins/VED/BTC

¹⁴ Come spiegato nel capitolo 3, per token si intende la rappresentazione digitale di un asset sulla blockchain.

all'interno del contesto di perpetua innovazione digitale che contraddistingue i giorni nostri¹⁵. La moneta digitale in questa ottica può essere inquadrata come una terza forma di base monetaria, accanto a (i) i depositi presso la banca centrale, come già specificato accessibili solo alle istituzioni finanziarie, e (ii) le banconote, universalmente accessibili ma limitate nell'efficienza e non aventi forma digitale.

Nei capitoli che seguono, si procederà a delineare le caratteristiche della CBDC al fine di valutare se questa rientra nella definizione di moneta, per poi analizzare opportunità e rischi che deriverebbero dall'introduzione della stessa nel sistema economico.

¹⁵ BIS, Central bank digital currencies: foundational principles and core features, Report No.1, 2020.

2. Central Bank Digital Currency (CBDC)

2.1. Caratteristiche della CBDC: la struttura e i possibili scenari

Le proprietà della moneta sono riconducibili a quattro categorie fondamentali: i) accessibilità ii) *privacy*, iii) modalità di scambio e iv) remunerazione. Ognuna delle forme di moneta attualmente esistenti, le banconote, le riserve bancarie, la moneta elettronica e le criptovalute, assume le caratteristiche che le sono peculiari in funzione di una specifica combinazione delle proprietà elencate. Le banconote ad esempio sono universalmente accessibili, garantiscono l'anonimato, sono scambiabili *peer-to-peer* e non presentano alcuna remunerazione. Le riserve, differentemente dal contante, non sono accessibili al pubblico, non sono anonime, non sono scambiabili *peer-to-peer* e sono remunerate a un tasso determinato dalla banca centrale. Le proprietà su menzionate si combinano in diversi modi per creare molteplici tipologie di moneta, ognuna con specifiche qualità e specifici obbiettivi.

Nel caso della CBDC, la determinazione della struttura più adeguata deve tenere in considerazione i possibili obbiettivi che tale moneta si prefissa di raggiungere. Tra questi in letteratura si fa riferimento a: i) il miglioramento dei pagamenti all'ingrosso; ii) l'offerta di una alternativa al contante come moneta centrale; iii) l'incremento degli strumenti di politica monetaria esistenti; iv) la riduzione dell'instabilità del sistema finanziario¹⁶.

i) Miglioramento del funzionamento del mercato dei pagamenti all'ingrosso

Assumendo che la tecnologia della CBDC sia più efficiente del Real Time Gross Settlement (RTGS), potrebbe essere introdotta una CBDC accessibile esclusivamente dalle banche e dalle altre istituzioni finanziarie che partecipano al sistema dei pagamenti all'ingrosso. Il risultato sarebbe una CBDC con accesso ristretto, non anonima e non remunerata: l'accesso è ristretto poiché il pubblico non ha accesso ad essa, non è anonima poiché è necessario che le controparti siano identificabili tra di loro. La banca centrale che nel RTGS è al centro del sistema, in questo nuovo modello sarebbe un altro partecipante al mercato, pur mantenendo il controllo su alcuni meccanismi, come l'ammissione al mercato stesso.

¹⁶ de Lis, S.F., Urbiola, P., Retail Central Bank Digital Currency: means of payment vs store of value, SUERF Issue No.183, 2020.

ii) Offerta di una alternativa al contante come moneta centrale

Ai fini di tale obbiettivo la CBDC, pur essendo digitale, deve mantenere le qualità del contante e perciò essere anonima, universalmente accessibile e non remunerata. Le banche centrali potrebbero essere indotte a sostituire il contante con una moneta digitale anonima, in ragione della tendenziale decrescita della domanda di banconote e della possibilità di un abbandono collettivo di queste in favore di mezzi di pagamento elettronici.

L'introduzione di una CBDC in sostituzione delle banconote trova ulteriore giustificazione nell'incremento di efficienza del sistema di pagamenti *retail*. Il contante infatti presenta diverse inefficienze, tra cui: elevati costi logistici (l'emissione e la circolazione del contante richiedono una infrastruttura costosa), il deterioramento delle banconote nel tempo e non ultimo per importanza il rischio di furto e falsificazione.

iii) Incremento degli strumenti di politica monetaria a disposizione dell'autorità

Una CBDC universalmente accessibile, remunerata e, a seconda dei casi, anche anonima potrebbe contribuire a tale scopo. In questo caso la CBDC deve essere universale, poiché deve raggiungere l'intera popolazione, e remunerata affinché sia efficace come strumento di politica monetaria, eliminando, nello specifico, il cosiddetto *Zero Lower Bound (ZLB)* ossia il limite inferiore ai tassi di interesse. Questa moneta offrirebbe alla banca centrale non solo la possibilità di remunerare la moneta con un tasso maggiore di zero, ma eliminerebbe anche il problema dello *Zero Lower Bound*, ammettendo perciò l'introduzione di tassi negativi. Una CBDC così strutturata, inoltre, potrebbe incrementare gli strumenti non convenzionali di politica monetaria a disposizione della banca centrale, facilitando l'attuazione di politiche espansive e trasferimenti diretti agli individui, ossia il cosiddetto "helicopter money" 17.

iv) Riduzione dell'instabilità del sistema finanziario

Per ridurre il rischio di instabilità finanziaria e l'impatto di crisi bancarie, il modello adeguato è quello di una CBDC universalmente accessibile, non anonima e a seconda dei casi remunerata o meno. L'idea è quella di rendere la banca centrale una istituzione presso

¹⁷ "Helicopter money" è il termine generalmente utilizzato per descrivere questo tipo di politica espansiva; è stato inizialmente coniato da Milton Friedman (1969), che lo definì come un'iniezione di liquidità direttamente dalle tasche del governo in quelle degli individui al fine di stimolare l'inflazione.

cui il pubblico possa effettuare depositi, da cui l'accesso universale e l'identificazione del pubblico come nel caso di depositi bancari. La logica che si vuole seguire è quella di ridurre i possibili rischi di crisi bancarie che possono verificarsi nel sistema a riserva frazionaria. La parziale sostituzione della banca centrale alle banche, nell'attività di raccolta dei depositi ha però come effetto una contrazione dei bilanci delle banche, con una conseguente riduzione del credito concesso da queste. Risulta chiaro come questa sia la soluzione più "disruptive", che rende necessaria una più attenta analisi dei vantaggi e dei rischi che una simile adozione della CBDC potrebbe apportare al sistema finanziario.

2.1.1. L'infrastruttura della CBDC: DLT o account

La CBDC può essere offerta sotto forma di conti di deposito presso la banca centrale a tutte le famiglie e alle imprese. Sotto il profilo tecnologico non si ha nessuna innovazione essendo solo una questione di aumentare il numero di conti di deposito attualmente offerti. Anche se il ridimensionamento non è innovativo di per sé, può essere tecnologicamente impegnativo. Solo nell'Eurosistema, i conti passerebbero da 10.000 a un numero tra 300 e 500 milioni (tutti i principali abitanti registrati dell'area dell'euro, più le imprese)¹⁸. La gestione del servizio e la manutenzione dei conti potrebbero essere assegnati a uno o più terzi, come ad esempio le banche stesse, per assicurare un certo livello di efficienza, ed evitare che il settore pubblico (presumibilmente meno efficiente) si assuma più compiti del necessario.

I conti potrebbero eventualmente offrire le solite funzionalità di accesso e pagamento dei conti di deposito a vista presso le banche, incluse soluzioni basate su internet e mobile apps. Le banche commerciali fornirebbero il servizio di scambiare depositi bancari contro CBDC e banconote, addebitando una tassa (in modo simile alle commissioni dei bancomat).

In alternativa, la banca centrale, attraverso l'utilizzo della tecnologia DLT, potrebbe offrire un *token* digitale che circolerebbe in modo decentralizzato senza registro centrale. La prima

-

¹⁸ Eurostat, European population by country, gennaio 2022.

applicazione di questa tecnologia, Il Bitcoin, esiste ormai da oltre dieci anni e ha superato la prova del tempo in termini di sicurezza, affidabilità e resilienza, dimostrando come la *blockchain* potrebbe essere utilizzata per la creazione della CBDC.

La decentralizzazione è una delle caratteristiche chiave della *blockchain*, che la rende totalmente opposta alla gestione tradizionalmente accentrata della banca centrale. Per questo si potrebbe pensare che tale tecnologia non sia adeguata allo sviluppo di una CBDC. Al fine di determinare l'effettiva possibilità di utilizzo di sistemi distribuiti nell'emissione di CBDC è necessario distinguere due tipologie primarie di *blockchain*, quelle pubbliche e quelle private.

Le *blockchain* pubbliche, come quella del Bitcoin, sono *permissionless* e ognuno può partecipare apertamente alla rete, senza nessuna autorizzazione data l'assenza di un'organizzazione che abbia la titolarità della rete. Queste sono di conseguenza molto decentralizzate e per tale motivo utilizzate per emettere la quasi totalità delle criptovalute e *assets* digitali in circolazione.

Le *blockchain* federate sono invece *permissioned* e costruite da un consorzio di organizzazioni private. Ogni organizzazione è un nodo della *blockchain*, e qualora un nuovo partecipante voglia entrare, è necessaria l'autorizzazione del consorzio stesso. Le *blockchain* federate sono molto meno decentralizzate di quelle pubbliche, ma presentano performance nettamente migliori delle maggiori *blockchain* pubbliche, arrivando a essere più efficienti anche dei circuiti tradizionali di pagamento (ad esempio il circuito VISA)¹⁹. Le *blockchain* pubbliche, in quanto anonime e accessibili a tutti, si prestano difficilmente a un impiego di tale tipo. A differenza di queste però, le *blockchain permissioned* sono più adeguate a questo tipo di funzione. La rete di nodi detenuti dalle banche, o da altre organizzazioni altamente affidabili, garantirebbe la sicurezza del network, un elevato livello di sicurezza rispetto ad attacchi informatici e una certa facilità di monitoraggio dei partecipanti alla rete. Ad oggi oltre 50 banche centrali in tutto il mondo stanno considerando una CBDC emessa attraverso *blockchain permissioned*, escludendo in definitiva un potenziale utilizzo di una rete pubblica.

¹⁹https://www.visa.co.uk/dam/VCOM/download/corporate/media/visanet-technology/aboutvisafactsheet.pdf

2.2.Le opportunità connesse alla CBDC 2.2.1. CBDC come strumento di politica monetaria

Eliminazione dello ZLB

A seguito della grande crisi finanziaria del 2008-2009, specialmente in Europa, le maggiori economie si sono ritrovate in una situazione in cui la caduta della domanda ha richiesto tassi di interesse reali estremamente bassi, al fine di riportare la domanda aggregata verso i livelli desiderati. Diversi paesi hanno raggiunto tassi addirittura negativi; la BCE, per esempio, ha fissato il tasso di deposito a -0.1% nel 2014, riducendolo ulteriormente a -0,4% nel 2016. Tuttavia, come si è potuto osservare, tassi intorno allo zero, e talvolta negativi, non sono stati sufficienti a rimediare alla persistente caduta della domanda e riportarla ai livelli di equilibrio. Questa situazione, nota anche come trappola della liquidità, ha fatto sì che nascesse la necessità di diminuire ulteriormente i tassi, ben al di sotto del limite inferiore determinato dalla remunerazione nulla delle banconote (lo già menzionato *Zero lower bound* - ZLB).

L'esistenza del contante crea, infatti, un ostacolo all'impiego di tassi negativi come strumento di politica monetaria della banca centrale. Come evidenziato dall'ex vicegovernatore della Banca d'Inghilterra (BOE), Charles Ben:

"If, however, the period of negative Bank Rate was likely to be long-lived, it might lead to more substantial changes in behaviour. First, banks might decide to convert their reserves into cash to avoid the charge. To do so might require some further investment in secure storage capacity and an expansion in the market for insuring securely stored bank notes. This would not be worth doing for a short period, but the necessary investment could become worthwhile if the period were longer. Second, banks might be more inclined to introduce or raise charges for running current accounts if Bank Rate were significantly negative for a long period. In turn, that could mean that customers might prefer to hold cash rather than leave it with their bank so as to avoid the associated charges..."

(Bean, 2013)

Bean spiega come osservando gli stimoli a breve termine in risposta dalla depressione postcrisi, il comitato per la politica monetaria della BOE ha determinato che gli strumenti non convenzionali si dimostrino una strada più sicura ed efficace per incrementare la domanda aggregata rispetto a una riduzione sotto lo zero dei tassi di interesse.

Ridurre lo ZLB richiede un incremento nel costo della detenzione di banconote, al fine di ridurre l'utilità di queste come mezzo per aggirare tassi di interesse negativi. Questo implicherebbe l'eliminazione delle banconote stesse o quantomeno quelle di grande taglio, incrementando in questo modo le frizioni nell'utilizzo del contante come riserva di valore. In termini pratici però, come precedentemente osservato, la completa eliminazione delle banconote dalla circolazione, fin quando la domanda di queste da parte del pubblico è ancora elevata, risulta sotto il punto di vista politico una scelta difficilmente attuabile. Se le banconote fossero interamente eliminate dalla circolazione in una sola economia, inoltre, una plausibile risposta del pubblico sarebbe quella di adottare una moneta estera solida come riserva di valore. Al contrario, qualora sia il pubblico stesso a decidere di abbandonare il contante e dirigersi verso una società *cashless*, questo problema non si porrebbe.

Una *retail* CBDC è sicuramente tra le migliori opzioni se si vuole rimuovere il contante dalla circolazione. Essendo accessibile a chiunque, scambiabile in maniera digitale e in condizioni economiche normali remunerata con un tasso di interesse maggiore del contante la CBDC è nettamente superiore al contante come mezzo di pagamento e riserva di valore, in termini sia di costi sia di efficienza.

CBDC e misure non convenzionali: "Helicopter money"

Nel 2015, Andy Haldane, *chief economist* della BOE, ha argomentato come i tassi di interesse negativi non sono necessari come stimolo a breve termine, ma piuttosto come strumento di politica monetaria di lungo periodo. Egli, infatti, partendo dall'osservazione di come i tassi di interesse reali abbiano registrato una netta discesa negli ultimi trenta anni, passando dal 4% negli anni Novanta a livelli negativi al giorno d'oggi, esclude l'efficacia di tassi di interesse intorno allo zero come stimolo monetario a breve termine. Negli anni successivi la BCE si è implicitamente allineata a tale posizione, mantenendo i tassi di interesse nominali intorno allo zero fino ad oggi e facendo delle politiche non

convenzionali (il cosiddetto *Quantitative Easing* – QE) lo strumento per stimoli monetari a breve termine.

La CBDC può supportare queste misure di acquisto sul mercato facilitando il diretto trasferimenti di fondi della banca centrale a imprese e individui, aggiungendo alle politiche di alleggerimento quantitativo un trasferimento indirizzato direttamente ai portafogli dei cittadini. Un trasferimento di tale tipo può essere effettuato anche senza la CBDC, ma la moneta digitale, consentendo un trasferimento diretto da parte della banca centrale, senza necessità di intermediazione, facilità la distribuzione di liquidità, riducendone i tempi e i costi.

CBDC come riserva di valore: effetti sulla politica monetaria

Qualora fossero depositati fondi in un conto CBDC, quale sarebbe il loro valore lungo un certo periodo di tempo? Le possibili risposte a questa domanda sono diverse. Nello specifico i fondi potrebbero i) mantenere un valore nominale costante come le banconote; ii) essere indicizzati al livello dei prezzi, preservando il valore reale; iii) guadagnare un interesse simile a quello pagato sul debito governativo a breve termine.

Di seguito si analizzeranno brevemente le differenze tra le tre diverse opzioni, in termini di benefici e possibili effetti sulla politica monetaria.

i) CBDC con valore nominale costante

I fondi detenuti attraverso la moneta digitale potrebbero mantenere un valore nominale costante nel tempo, così come la moneta cartacea. Non garantendo nessuna remunerazione, durante periodi di tassi interessi positivi il pubblico sarebbe disincentivato dal mantenere la propria ricchezza in CBDC poiché essa presenterebbe lo stesso costo opportunità del contante.

In questo caso la CBDC non sarebbe differente dal contante come riserva di valore (se non per la modalità di conservazione digitale), la domanda di CBDC deriverebbe esclusivamente dalla maggior efficienza come mezzo di pagamento rispetto alle banconote, a condizione che questa presenti l'altra caratteristica distintiva della moneta fisica: l'anonimato.

In questo scenario la banca centrale condurrà la politica monetaria prevalentemente modificando i tassi di interessi nominali. Tuttavia, la possibilità di ridurre i tassi al di sotto dello zero sarebbe totalmente eliminata dalla remunerazione nulla non solo del contante, ma anche della moneta digitale, che in quanto non remunerati costituiscono un limite inferiore ai tassi di interessi nominali (ZLB). Qualora i tassi di interesse fossero negativi per un certo periodo di tempo, infatti, i depositanti potrebbero spostare i propri fondi in CBDC remunerata a tasso zero. Di conseguenza, in quei periodi in cui la domanda aggregata è bassa e vi è deflazione, la banca centrale sarà costretta a ricorrere a politiche monetarie non convenzionali, come il QE; o in alternativa il governo dovrebbe adottare delle politiche fiscali espansive per stimolare la domanda e riportare i prezzi verso il livello desiderato.

ii) CBDC con valore reale costante

Il valore reale dei fondi detenuti in CBDC può essere garantito attraverso una indicizzazione di questi fondi al valore generale dei prezzi. Il valore nominale dei fondi in CBDC, perciò, aumenterebbe nei periodi in cui i prezzi crescono al di sopra dell'obbiettivo prefissato e diminuirebbe quando il livello dei prezzi ritorna sotto il target.

Per quanto l'indicizzazione della CBDC garantirebbe un potere di acquisto costante nel tempo, rendendola una buona riserva di valore, questa risulterebbe estremamente problematica nel momento in cui la domanda aggregata è in diminuzione e i tassi di interesse reali scendono al di sotto dello zero. Durante questi episodi, infatti, è prevedibile uno spostamento dei fondi verso la CBDC che rende un tasso di interesse reale uguale a zero. Tale indicizzazione però, creerebbe un limite inferiore ai tassi di interessi reali, con conseguenti limitazioni più severe per la politica monetaria rispetto a tassi di interesse nominali uguali a zero. Di conseguenza la banca centrale dovrebbe far affidamento ancora di più su politiche non convenzionali e queste, insieme a stimoli fiscali diventerebbero i principali strumenti per stimolare l'economia e ripristinare la stabilità dei prezzi.

iii) CBDC remunerata con tasso di interesse variabile

La banca centrale potrebbe decidere di remunerare allo stesso tasso di interesse tutti i fondi detenuti presso la banca centrale. In questo caso le riserve e la CBDC percepirebbero la stessa remunerazione, a prescindere che i fondi appartengano alle istituzioni o agli individui. Questo approccio rientra nella visione di Milton Friedman, il quale sosteneva che in un sistema monetario efficiente il denaro deve essere remunerato al pari di qualsiasi attività priva di rischio. In una economia crescente l'interesse percepito sui depositi in CBDC sarebbe positivo, però, in caso di situazioni di crisi e discesa dei prezzi, la banca centrale potrebbe ridurre il tasso di interesse anche sulla moneta per stimolare la domanda e favorire il recupero dell'economia e la stabilità dei prezzi.

In tal caso, tuttavia, rimarrebbe il problema del limite inferiore dei tassi di interesse imposto dalla remunerazione nulla del contante. Qualora i tassi di interesse fossero negativi per un lungo periodo di tempo, infatti, i partecipanti al mercato sposterebbero i propri fondi verso il denaro contante che offre sempre una remunerazione pari a zero. Per evitare ciò la banca centrale può imporre una commissione sui trasferimenti tra moneta digitale e denaro contante, specialmente sulla conversione di grandi somme di denaro, al fine di rendere sconveniente per gli investitori spostarsi dalla CBDC al contante durante periodi di tassi negativi.

In questo scenario il tasso di interesse rimarrebbe il principale strumento di politica monetaria, mitigando la necessità di ricorrere a misure non convenzionali o a politiche fiscali espansive al fine di ripristinare e garantire la stabilità dei prezzi.

2.2.2. CBDC come mezzo di pagamento retail

La CBDC garantirebbe l'accesso a una moneta avente corso legale nel momento in cui, per qualsivoglia motivo, il contante non sia più disponibile. Come si è visto in alcune economie, il contante è in netto declino per via dell'introduzione di molteplici mezzi di pagamento elettronici come carte di credito e di debito e applicazioni mobile. Per quanto improbabile che le banche centrali eliminino il contante dalla circolazione, questo presenta delle esternalità negative che potrebbero gradualmente portare alla sua abolizione. Il contante, infatti, essendo scambiabile *peer-to-peer*, è impossibile da tracciare; ciò lo rende adeguato a scopi illeciti come evasione fiscale e riciclaggio. Se a questo si aggiunge la

sempre crescente preferenza degli individui per i pagamenti elettronici, giustificata in parte anche dal commercio *online* e dalla digitalizzazione dei servizi, è chiaro come una transizione a una società senza contante sia tutto meno che improbabile.

Incrementare la contendibilità del settore dei pagamenti

In uno scenario in cui il contante è abolito o caduto in disuso, la totalità dei pagamenti avverrebbe attraverso moneta elettronica. Il settore dei pagamenti è caratterizzato dalla presenza di elevate economie di scala e di rete, per tale motivo risulta essere scarsamente contendibile e presenta un elevato grado di concentrazione. All'aumentare della concentrazione aumenta l'importanza dell'affidabilità operativa dei circuiti di pagamento; infatti, qualora uno di questi avesse dei disservizi, vi sarebbe un blocco di migliaia di transazioni. Una eventuale scomparsa del contante lascerebbe la totalità dei pagamenti retail in mano agli operatori privati, ciò porterebbe a ridurre ulteriormente la contendibilità del mercato, aggravando i problemi economici derivanti da disfunzioni operative. La CBDC avrebbe effetti sull'efficienza del settore dei pagamenti in diversi modi:

- come alternativa alle banconote, carte di debito e credito, bonifici bancari e altre
 operazioni con moneta elettronica, la CBDC introdurrebbe una nuova forma di
 moneta digitale che incrementerebbe la competizione e stimolerebbe
 l'innovazione dal lato degli operatori "incumbent";
- la CBDC potrebbe essere usata anche nelle grandi transazioni tra intermediari finanziari, incrementando la contendibilità anche nel settore dei grandi pagamenti;
- la CDBC potrebbe favorire l'accesso al bilancio della banca centrale a un più ampio numero di istituzioni finanziarie, facilitandole a entrare nel settore dei pagamenti, promuovendo ancora la competizione e la contendibilità del mercato.

Favorire l'inclusione finanziaria

Un altro argomento a favore della moneta digitale come mezzo di pagamento *retail* è che questa potrebbe risultare uno strumento idoneo a favorire l'accesso ai servizi di pagamento elettronici a quelle categorie di individui che non posseggono conti bancari.

Per quanto l'inclusione finanziaria non sia percepita come un problema nelle economie più avanzate è sicuramente una tematica rilevante in alcune economie emergenti. I dati raccolti dalla Banca mondiale sulla percentuale della popolazione bancarizzata mostrano come solo il 63% della popolazione mondiale abbia accesso a servizi bancari. La maggior parte di coloro che possono usufruire di tali è situata nei paesi occidentali (oltre il 95% nell'Eurozona), mentre nelle economie in via di sviluppo, come quella africana, la percentuale di cittadini in grado di accedere a servizi bancari è ben al di sotto della media (Figura 7).

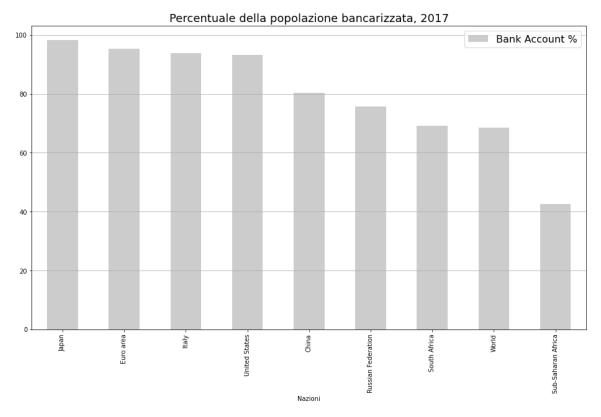


Figura 7. Percentuale della popolazione bancarizzata nel mondo

Fonte: Global Financial Inclusion | DataBank (worldbank.org), elaborazione propria.

Una CBDC universale e anonima, potrebbe favorire l'inclusione finanziaria nelle economie emergenti, in quanto accessibile a tutti coloro che sono in possesso di uno smartphone e di una connessione a internet, senza la necessità di un sistema bancario sviluppato e senza i requisiti patrimoniali e di identificazione che talvolta sono richiesti per accedere ai servizi bancari.

Migliorare la stabilità finanziaria e ridurre l'azzardo morale

I depositi bancari sono l'unica moneta con la quale il pubblico può effettuare pagamenti elettronici. Anche i mezzi di pagamento non offerti dalle banche come le applicazioni mobile (PayPal, Apple Pay) o dalle società che emettono carte di pagamento regolano le transazioni attraverso depositi tra gli *account* detenuti presso le banche. Data l'importanza del settore bancario, sia per la concessione del credito sia per l'emissione di moneta stessa, i governi, a partire dalla grande depressione, hanno istituito schemi di assicurazione dei depositi garantendo le passività del settore bancario. In Europa, ad esempio, sono stati istituiti sistemi di garanzia dei depositi che coprono un importo fino a 100.000 euro per depositante.

L'esistenza di questi sistemi di garanzia dimostra come le autorità abbiano ritenuto troppo pericoloso per la stabilità economica e finanziaria permettere che al fallimento di un'istituzione bancaria, milioni di persone perdessero accesso ai propri fondi. Fino a quando l'intero settore del credito bancario si fonderà sui depositi bancari, questi non devono presentare alcun grado di rischio, altrimenti il venir meno della fiducia indurrebbe i depositanti a convertire i propri depositi in moneta a corso legale, causando una crisi di liquidità per le banche.

Alla luce di ciò c'è una chiara necessità di una moneta sicura nell'economia, una moneta la cui stabilità non possa essere messa in pericolo da crisi del settore bancario. Come osservato da Mervyn King, ex governatore della Banca d'Inghilterra, potrebbe aver poco senso pretendere che i depositi bancari siano sostenuti da attività finanziarie intrinsecamente rischiose come la concessione del credito:

"Many treat loans to banks as if they were riskless. In isolation, this would be akin to a belief in alchemy – risk-free deposits can never be supported by long term risky investments in isolation. To work, financial alchemy requires the implicit support of the taxpayer. ... If there is a need for genuinely safe deposits the only way they can be provided, while ensuring costs and benefits are fully aligned, is to insist such deposits do not coexist with risky assets. For a society to base its financial system on alchemy is a poor advertisement for its rationality."

(King, 2010)

King argomenta come i depositi senza rischio non possano essere supportati da investimenti a lungo termine inevitabilmente rischiosi²⁰. Il funzionamento di questa garanzia è illusorio: ciò che avviene veramente è un trasferimento dei rischi del settore bancario dal depositante al contribuente.

Emettendo moneta digitale, la banca assicurerebbe al pubblico la presenza di una moneta realmente priva di rischio, trasmissibile attraverso mezzi di pagamento elettronici (perciò superiore in termini di efficienza al contante) e in nessun modo affetta da rischi derivanti dal settore bancario.

CBDC Per contrastare l'utilizzo di monete digitali private

Successivamente allo scoppio della bolla speculativa nel 2018, il mercato delle criptovalute ha intrapreso un processo di crescita graduale, fino a superare di oltre tre volte i livelli di capitalizzazione dell'intero settore raggiunti al picco della bolla. Al giorno d'oggi il numero di utenti che utilizza criptovalute a fini di investimento o come mezzo di pagamento è nettamente superiore al passato, e la crescita nel numero di utenti e di portafogli creati ha andamento esponenziale. I dati sul numero di utenti Blockchain.com, un noto portafoglio di *assets* digitali, mostrano come a fine 2021 vi fossero oltre ottanta milioni di utenti in tutto il mondo che utilizzano frequentemente tale servizio, oltre quattro volte il numero di utenti registrati nel 2017 (Figura 8).

²⁰ King, M., Banking – from Bagehot to Basel, and back again, Speech at Second Bagehot Lecture, New York, 2010.

Numero di utenti Blockchain.com

Numero di utenti

Numero di utenti

Numero di utenti

Numero di utenti

Numero di utenti Blockchain.com

Figura 8. Numero di utenti blockchain.com

Fonte: www.blockchain.com/charts/my-wallet-n-users.

Secondo un sondaggio realizzato da Visa Inc sul mercato statunitense, circa un quarto delle piccole imprese sta pianificando di accettare pagamenti attraverso criptovalute, mentre il 13% dei consumatori prevede che i negozi inizieranno a offrire servizi di pagamento in cripto quest'anno e nei prossimi²¹.

Un ulteriore contributo al riconoscimento della legittimità di queste nuove monete è stato dato dalle grandi società del settore dei pagamenti: PayPal ha iniziato a offrire servizi di pagamento in criptovalute nel 2020, Visa e MasterCard hanno entrambe annunciato di pianificare l'offerta di tali servizi entro i prossimi anni. Questa decisione è facilmente comprensibile se si osserva la crescente domanda per queste monete e la capacità che hanno in futuro di eliminare potenzialmente gli intermediari finanziari negli scambi.

 $^{21}\,https://usa.visa.com/dam/VCOM/blogs/visa-back-to-business-study-2022-outlook-jan22.pdf$

La crescita nell'utilizzo di criptovalute come monete digitali private, descritta nel capitolo precedente, ha degli effetti difficilmente prevedibili sulla stabilità delle monete nazionali e del sistema finanziario nel complesso. Per quanto l'elevata volatilità che le contraddistingue non le rende adeguate a svolgere la funzione di moneta, il numero di utenti che utilizza criptovalute a fini non speculativi è crescente nel tempo, così come il numero di attività disposte ad accettarle. Per contrastare l'incertezza derivante dalla sostituzione della moneta nazionale in favore delle monete digitali private, le banche centrali potrebbero pensare di emettere una CBDC *retail* in grado di offrire tutti i vantaggi delle monete private ma che non presenti i rischi derivanti dalla volatilità di quest'ultime (e nel caso delle *stablecoins* i rischi operativi delle società emittenti). Per raggiungere tale obbiettivo però, la CBDC dovrebbe offrire lo stesso livello di anonimato del contante e delle criptovalute, con le esternalità negative che ne derivano.

2.3. I Rischi derivanti dall'introduzione della CBDC 2.3.1. La disintermediazione e i suoi effetti sul settore bancario

I consumatori ad oggi hanno una doppia alternativa, possono scegliere tra banconote e moneta elettronica emessa dalle banche (depositi bancari), con l'introduzione della CBDC i consumatori avranno un ulteriore alternativa, quella di una moneta elettronica emessa dalla banca centrale.

Per quanto esistano delle differenze strutturali importanti tra CBDC e depositi bancari, se si fa riferimento alle scelte dei consumatori queste due monete sono pressoché equivalenti; in termini economici esse sono quasi dei "perfetti sostituti" e di conseguenza, come già detto, in diretta competizione tra di loro.

La differenza principale che prescinde dagli aspetti di *design* della CDBC e che rende quest'ultima più adeguata a uno scopo piuttosto che a un altro è la componente di rischio che le monete presentano. I depositi bancari, per quanto garantiti dallo stato (fino a 100.000 euro in Europa), sono legati all'attività bancaria che presenta un grado di rischio intrinseco

non nullo; la CBDC, invece, in quanto emessa dalla banca centrale è perfettamente priva di rischio.

In ragione del fatto che la CBDC presenta meno rischi dei depositi bancari, si può presumere che, a seguito della sua introduzione, una quota non marginale dei depositi bancari, soprattutto le somme eccedenti le soglie garantite dai governi, venga convertita in moneta digitale centrale. Se gli individui convertono banconote in CBDC, la composizione del bilancio della banca centrale e delle banche commerciali non subisce nessuna variazione. Invece, qualora vengano convertiti i depositi bancari in CBDC, questo implicherebbe una riduzione delle fonti di finanziamento e della liquidità disponibile agli istituti bancari, con conseguenze potenzialmente sistemiche.

Effetti nel caso di eccesso di riserve

In assenza di criticità nel settore bancario, la presenza di due monete concorrenti non dovrebbe avere effetti estremi sulla liquidità delle banche commerciali e sulla gestione delle riserve da parte della banca centrale. Se le riserve nel sistema interbancario eccedono di gran lunga quelle necessarie per regolare i pagamenti giornalieri c'è sufficiente margine per garantire un flusso significativo di depositi bancari verso account CBDC prima che si renda necessario un intervento della banca centrale. Quando l'ammontare di riserve in eccesso è elevato, il declino delle riserve non conduce immediatamente a condizioni più stringenti nel mercato monetario e a un incremento dei tassi di interesse a breve termine. Nel momento in cui il declino delle riserve risultasse eccessivo, i tassi di interesse salirebbero al di sopra del livello target della banca centrale; in tal caso, assumendo che l'obbiettivo sia quello di mantenere stabile il tasso di interesse, la banca centrale può incrementare le riserve nel sistema attraverso misure convenzionali di politica monetaria (ad esempio operazione di pronti contro terminet, o repos, per fornire riserve "acquistando" titoli dalle banche commerciali). Nel caso in cui vi sia un flusso inverso di CBDC verso depositi potrebbe verificarsi un eccesso di riserve nel sistema e un conseguente abbassamento dei tassi al di sotto del target stabilito. In tal caso la banca centrale può intervenire vendendo titoli sul mercato o attraverso reverse repos.

Essendo tutte queste operazioni convenzionali, l'effetto di una introduzione della CBDC in questo caso è solo quello di impedire una contrazione del bilancio della banca centrale in caso di scarsità di riserve derivanti da un flusso eccessivo di depositi verso CDBC, limitando l'esercizio della politica monetaria da parte della banca centrale.

Dal punto di vista della banca commerciale, un trasferimento dei depositi verso la CBDC comporta una perdita di passività (depositi) e di attività (riserve) della stessa misura. Il bilancio della banca si riduce, senza tuttavia effetti sui requisiti di capitale (l'equity rimane costante e le riserve hanno un peso uguale a zero nella ponderazione dei rischi secondo i requisiti di Basilea).

Il flusso di depositi verso CBDC, tuttavia, riduce i coefficienti di liquidità della banca, inducendo una potenziale restrizione del credito concesso da parte degli istituti bancari verso le attività commerciali, con conseguenze negative sugli investimenti e sulla crescita. La banca centrale in questo caso può intervenire garantendo liquidità e credito alle banche commerciali, al fine di compensare la perdita del finanziamento derivante dal calo dei depositi. In una situazione di stabilità finanziaria, e nel caso la carenza di liquidità sia circoscritta a un solo istituto, la situazione si può risolvere in un parziale trasferimento del rischio in capo alla banca centrale. Qualora più banche dovessero far fronte a carenza di liquidità dovuta a flussi di depositi verso la CBDC, la crisi si estenderebbe all'intero settore, con delle ripercussioni decisamente più gravi sulla restrizione dell'attività creditizia e i rischi assunti dalle banche commerciali e dalla banca centrale.

Effetti nel caso di riserve ridotte

Quando le riserve in eccesso sono ridotte, un trasferimento dei depositi bancari verso CBDC conduce immediatamente a una carenza di riserve e a un conseguente incremento dei tassi di interesse. Assumendo anche in questo caso che la banca centrale voglia evitare tali effetti, essa dovrà intervenire immediatamente accomodando la domanda di CBDC con un incremento delle riserve. L'intervento della banca centrale comporta l'espansione del suo bilancio e, di conseguenza, un trasferimento dei rischi in capo alla stessa.

Questo tipo di condotta da parte della banca centrale non è esclusivamente legata all'introduzione della moneta digitale, la banca centrale utilizza i suoi canali convenzionali frequentemente per accomodare la domanda di contante da parte delle banche commerciali nel momento in cui si verifichino carenze di liquidità. L'introduzione della CBDC, tuttavia, comporta un trasferimento del rischio verso la banca centrale maggiore rispetto al contante. Essendo la CBDC più sicura ed efficiente, dato che può essere conservata e scambiata elettronicamente, si può presumere che in condizioni normali la domanda di questa sia maggiore di quella di contante, specialmente se la CBDC è remunerata a un tasso di interesse positivo. A favorire la domanda di moneta digitale contribuisce anche la facilità di conversione tra depositi e CBDC, che può essere effettuata attraverso una semplice operazione bancaria, anche online, evitando tutte le frizioni presenti nella tradizionale conversione tra depositi e contante (limiti di prelievo, costi e sicurezza del trasporto). In tale scenario i depositi bancari subirebbero una forte contrazione, diventando una fonte di finanziamento per le banche molto meno stabile rispetto al passato. Le banche, infatti, in seguito alla contrazione del proprio bilancio, per finanziare la propria attività sarebbero incentivate a emettere debito a lungo termine, più costoso dei depositi che al giorno d'oggi non sono remunerati. Ciò comporterebbe una contrazione degli investimenti e della crescita degli istituti bancari, oltre che una minor propensione a concedere prestiti, con ripercussioni anche sulla capacità di imprese e consumatori di finanziarsi. Tali condizioni nel settore bancario obbligherebbero la banca centrale ad agire sempre più spesso come prestatore di ultima istanza, rendendola impossibilitata a restringere il proprio bilancio nell'esercizio della politica monetaria.

2.3.2. Il rischio di bank run

Yves Mersch (BCE) ha evidenziato come una CBDC può avere effetti destabilizzanti per il sistema, in un momento di crisi finanziaria, facilitando una corsa agli sportelli (*bank run*)²².

"During a systemic banking crisis, holding risk-free central bank issued DBM could become vastly more attractive than bank deposits. There could be a sector-wide run on bank deposits, magnifying the effects of the crisis. Even in the absence of a crisis, readily convertible DBM could completely crowd out bank deposits – putting the existence of the two-tier banking system at risk. In this situation, the efficient flow of credit to the economy would likely be impaired."

(Mersch, 2018)

Uno dei rischi principali del sistema bancario è quello di una possibile corsa agli sportelli. Oggi, se una banca si trova in situazione di crisi e i clienti perdono la fiducia nella solidità dell'istituzione, questi avranno due scelte per rimuovere i propri fondi dalla banca in crisi: possono richiedere un prelievo in contanti o un trasferimento dei fondi presso un'altra banca. Prelevare il contante risulta una scelta problematica, per via delle molteplici limitazioni ai prelievi e per le difficoltà e i problemi di sicurezza che si incontrano nel trasporto e nella detenzione di grandi quantità di banconote. Di conseguenza la scelta più sicura per molti è quella di trasferire i propri fondi presso un'altra istituzione, ritenuta più solida e affidabile. Ciò cambia radicalmente con l'introduzione della CBDC. In una simile situazione di sfiducia verso una banca, i clienti avranno una scelta aggiuntiva, potranno scegliere un'altra banca che ritengono sicura, con la possibilità di sbagliarsi, oppure convertire i depositi in moneta digitale, con la certezza che i loro fondi sono al riparo da qualsiasi rischio, spendibili elettronicamente e disponibili in qualsiasi momento.

La moneta digitale presenta lo stesso rischio nullo del contante, ma offre la convenienza e l'efficienza dei depositi bancari. Ciò potrebbe innalzare la probabilità di corsa agli sportelli nel caso di una crisi di fiducia. E, anche in assenza di una situazione di crisi conclamata, i clienti sarebbero incentivati a spostare i propri depositi verso la moneta digitale, in attesa di un chiarimento sulle cause della sfiducia verso l'istituzione bancaria. Ciò avrebbe

²² Mersch, Y., Virtual or virtuless? The evolution of money in the digital age, Lecture at the official Monetary and Financial Institutions forum, London 2018.

l'effetto diretto di esacerbare il rischio di corsa agli sportelli, con la conseguenza che anche qualora la singola banca non fosse nettamente in crisi, una repentina contrazione dei depositi aggravi la sua situazione contraendo la liquidità a disposizione.

L'effetto di una *bank run* è quello di ridurre i coefficienti di liquidità delle banche, richiedendo l'intervento della banca centrale che dovrà fornire liquidità alle banche (attraverso operazioni convenzionali). Qualora i flussi verso la CBDC fossero tali da esaurire non solo le riserve ma anche i titoli detenuti dalle banche, la banca potrà come ultima misura vendere attività in cambio di liquidità da altre banche. Se tuttavia il fenomeno fosse esteso a molteplici istituzioni, questa non sarebbe più una soluzione efficace. In una situazione di panico generalizzato, se tutte le banche cercassero di liquidare attività, i prezzi di vendita dei titoli crollerebbero al di sotto del prezzo equo (*fire sale*), ciò avrebbe effetti estremamente negativi sulla composizione patrimoniale delle banche, incrementando il rischio di insolvenza.

In tali condizioni critiche, la banca centrale può offrirsi di acquistare non solo titoli obbligazionari *risk free*, ma anche obbligazioni societarie e titoli ipotecari, in cambio di nuove riserve. Questa, tuttavia, sarebbe una soluzione estrema, percorribile in caso di problemi strutturali del settore bancario e non di una carenza di liquidità a breve termine causata dall'introduzione della moneta digitale.

2.4. CBDC nel mondo: esperienze esistenti

Al giorno d'oggi le banche centrali di 87 nazioni, rappresentative di oltre il 90% del PIL globale, stanno esplorando la possibilità di introdurre una CBDC (a maggio 2020 erano solo 35).

Al momento, la maggior parte dei paesi occidentali è ancora in fase di studio e non prevede di introdurre la moneta digitale prima del 2025.

Tra i paesi che stanno sviluppando la CBDC, 14 sono in fase di pilot, con test effettuati su campioni ai quali vengono offerti piccoli depositi in CBDC da spendere presso negozi selezionati. La nazione più avanti nei pilot è la Cina, che è stata tra le prime ad aver

intrapreso le ricerche sulla moneta digitale: il digital yuan (e-CNY), registrando transazioni in CBDC per oltre otto miliardi di dollari negli ultimi sei mesi di pilot²³.

Solo nove nazioni hanno lanciato la moneta digitale: le Bahamas, le isole dei Caraibi (sette su otto, Anguilla esclusa) e la Nigeria. Tutte queste nazioni hanno lanciato una CBDC *retail*, liberamente accessibile ai cittadini e tutte basate su tecnologia DLT (*permissioned blockchain*) o ibrida (Bahamas). I dati in figura mostrano lo stato dello sviluppo delle CDBC nel mondo (Figura 9).

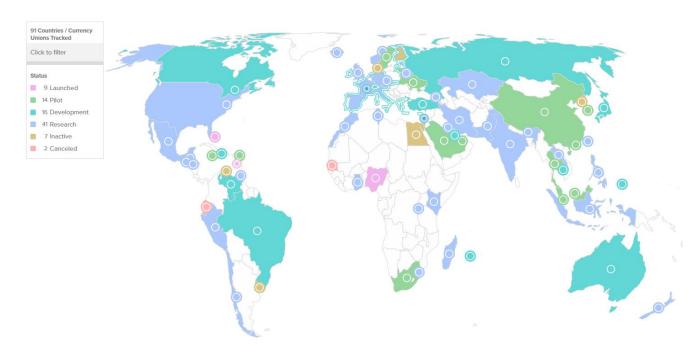


Figura 9. Stato dello sviluppo della CBDC nel mondo

Fonti: Atlantic Council Research, Bank of International Settlements, International Monetary Fund, John Kiff Database.

2.4.1. Successi e fallimenti

Non sorprende come le prime CBDC al mondo siano state emesse in paesi in cui il tasso di inclusione finanziaria è basso, come le isole dell'Atlantico e la Nigeria. Questi paesi più di

 $^{^{23}\} https://asia.nikkei.com/Economy/China-s-digital-yuan-pilot-tally-reaches-5.3bn-in-six-months.$

tutti godono dei vantaggi in termini di accesso a servizi di pagamento elettronici, prima accessibili esclusivamente da coloro in possesso di un conto in banca.

Il primo esempio di CBDC in circolazione, il Sand dollar (Bahamas), presenta diverse caratteristiche che lo rendono una soluzione valida alle necessità dell'arcipelago e alle sfide infrastrutturali che si incontrano nella fornitura di servizi finanziari elettronici. Gli aspetti chiave della soluzione adottata nelle Bahamas sono:

- la possibilità di effettuare pagamenti offline anche quando i mezzi di comunicazione tra le isole sono disconnessi;
- la validazione delle transazioni in tempo reale;
- la tracciabilità dello storico delle transazioni (le transazioni non sono anonime, ma il monitoraggio protegge in qualsiasi caso la confidenzialità ed è soggetto a stringenti standard regolamentari);
- la restrizione dell'utilizzo ai soli confini nazionali;
- l'interoperabilità tra canali esistenti e nuovi per la fornitura di servizi di pagamento (ogni fornitore di servizi finanziari ha la possibilità di accedere al Sand dollar e utilizzarlo per regolare i pagamenti nella moneta locale);
- la previsione di un'identificazione digitale che può essere utilizzata anche per altri servizi finanziari.

Considerazioni riguardo alla stabilità finanziaria e al rischio di *digital bank runs* hanno indotto la banca centrale a determinare una struttura per il Sand dollar tale da mitigare tutti i rischi che si possono incorrere con l'introduzione di una moneta digitale. In fase di ricerca, infatti, è stato escluso del tutto un possibile utilizzo del Sand dollar come strumento di politica monetaria. Ciò ha portato a specifiche scelte di design in merito alla remunerazione della moneta digitale e alle modalità di accesso ad essa: il Sand dollar non è in alcun modo remunerato e sono previsti limiti stringenti alla quantità massima che i cittadini e le istituzioni possono detenere. Qualora gli individui vogliano effettuare transazioni in moneta digitale per un valore superiore alla soglia imposta, il portafoglio digitale deve essere collegato con una istituzione finanziaria locale, presso la quale sono depositati i fondi eccedenti. Essendo l'inclusione finanziaria il principale obbiettivo di questa moneta,

gli individui che non posseggono un conto in banca possono comunque detenere Sand dollars nei loro portafogli digitali e spenderla liberamente; tuttavia, devono sottostare alle restrizioni precedentemente menzionate. In tal modo la moneta digitale non può fungere da sostituto dei depositi bancari e non vi sono rischi di contrazione del bilancio delle banche, in caso di grandi flussi di risorse verso la moneta digitale, né di fenomeni di *digital bank run*, in caso di instabilità degli istituti finanziari.

La banca centrale delle Bahamas, nel suo report sulla moneta digitale riconosce, oltre a una maggior inclusione finanziaria, tre principali benefici per l'economia dell'arcipelago²⁴:

- la riduzione dell'utilizzo del contante che, associata a un maggior monitoraggio sulle transazioni rende più efficaci i meccanismi di difesa contro attività illegali come riciclaggio di denaro, finanziamento del terrorismo e altri illeciti; la riduzione nell'utilizzo del contante riduce anche i costi sopportati da cittadini, imprese e istituzioni per la conservazione del denaro stesso, con benefici sia in termini economici sia in termini di sicurezza;
- la riduzione dei costi di transazione garantita dall'infrastruttura attraverso la quale è emessa la moneta digitale, che è in grado di processare le transazioni in tempi estremamente ridotti e con costi praticamente inesistenti, offendo una alternativa economica ai pagamenti in moneta bancaria, generalmente più costosi;
- una maggiore sorveglianza sulle transazioni, che favorisce la collezione delle informazioni sui pagamenti delle attività commerciali, facilitando i sistemi di vigilanza e la riscossione delle tasse.

Il Sand dollar, per quanto sia la prima CBDC rilasciata al pubblico tra quelle in circolazione ad oggi, non è la prima a essere stata emessa in assoluto. Nel 2015 la banca centrale dell'Equador ha introdotto presso il pubblico la prima forma di CBDC: il Dinero Eletronico (DE). Essendo il dollaro statunitense la moneta ufficiale nello stato dell'Ecuador, il DE non era una moneta nazionale emessa dalla banca centrale, bensì una versione digitale del

-

²⁴ Central Bank of the Bahamas: Project Sand Dollar: A Bahamas Payment System Modernization Initiative, 2019.

dollaro americano, utilizzabile entro i confini ecuadoriani e garantita nel valore da attività liquide denominate in dollari, non necessariamente sotto forma di banconote.

Il DE era stato concepito per massimizzare l'inclusione finanziaria, attraverso l'impiego del protocollo *Unstructured Supplementary Service Data* (USSD), che garantiva la possibilità di accedere al sistema attraverso qualsiasi dispositivo mobile, non necessariamente smartphone. L'introduzione di questa moneta aveva molteplici finalità. Ad esempio, erano state intraprese iniziative per consentire ai cittadini di utilizzarla per usufruire di alcuni servizi pubblici come i trasporti, per i commerci *online* e successivamente sono state avanzate anche proposte per ammettere la possibilità di prendere prestiti in moneta digitale.

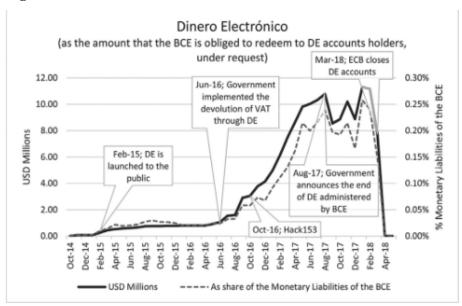


Figura 10. Valore del DE in circolazione

Fonte: Arauz, A., Garrat, R., Ramos, D., Dinero Electrónico: The rise and fall of Ecuador's central bank digital currency, Latin American Journal of Central Banking, Volume 2, Issue 2, 2021.

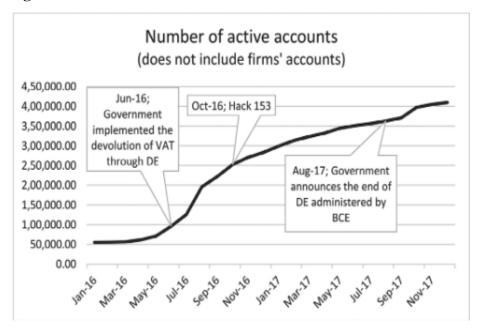


Figura 11. Numero di account DE attivi

Fonte: Arauz, A., Garrat, R., Ramos, D., Dinero Electrónico: The rise and fall of Ecuador's central bank digital currency, Latin American Journal of Central Banking, Volume 2, Issue 2, 2021.

Come mostrano i dati in Figura 10 e 11, tra il 2016 e il 2017 il numero di *account* è cresciuto di oltre sette volte, e anche la quantità di moneta detenuta dai cittadini in DE ha visto una crescita costante fino alla cessazione della moneta. Successivamente al terremoto del 2016, il governo ha proposto un programma di *cashback* del 2% sugli acquisti effettuati con l'utilizzo della moneta digitale, al fine di incrementare il numero di utenti, ciò ha causato un aumento esponenziale del numero di utenti nel biennio 2016-2017.

Nel dicembre del 2017, in seguito al veto presidenziale imposto sulla Ley Orgánica para la Reactivación de la Economía, Fortalecimiento de la Dolarización y Modernización de la Gestión Financiera (Legge organica per la ripresa economica, il rafforzamento della dollarizzazione e l'ammodernamento della gestione finanziaria), la moneta digitale ha visto la sua fine, essendo definitivamente rimossa dalla circolazione dalla banca centrale pochi mesi dopo.

Le principali criticità che hanno portato al declino nell'utilizzo di questa moneta e, infine, alla sua rimozione dalla circolazione sono di seguito sinteticamente illustrate.

- i) Il DE non era garantito al 100% da banconote, ma da attività liquide denominate in dollari presso la banca centrale dell'Ecuador, non era quindi una tipica moneta a corso legale, bensì una pretesa sulle riserve in dollari della Banca Centrale dell'Ecuador. Il fatto che non fosse interamente garantito da banconote comportava che vi fosse una minima componente di rischio creditizio che potrebbe averne disincentivato l'utilizzo.
- ii) I consumatori non erano 'educati' ai pagamenti elettronici. Al momento dell'introduzione del DE, la quasi totalità dei pagamenti era effettuata con denaro contante. La moneta digitale ha portato molti scettici ad affermare che non esistendo materialmente, la moneta non potesse essere utilizzata per comprare oggetti reali. Ovviamente tali critiche sono frutto di un mancato adattamento al paradigma digitale e danno prova che una corretta educazione dei consumatori è necessaria quando si introduce un nuovo e innovativo strumento finanziario.
- L'opposizione da parte delle banche commerciali. Come sostenuto anche dal direttore generale della banca centrale dell'Ecuador: l'opposizione del settore bancario fu una delle principali motivazioni alla base del fallimento del DE: gli istituti di credito, infatti, percepivano il DE come una minaccia alla loro attività, poiché poteva potenzialmente causare una perdita nei ricavi derivanti dall'offerta di servizi di pagamento. Le banche in diverse occasioni criticarono questa moneta, sostenendo che sarebbe potuta evolvere in una moneta nazionale, causando la de-dollarizzazione dello stato ecuadoriano.

L'esperienza ecuadoriana offre validi spunti sull'importanza del settore bancario privato per il successo della CDBC. Le banche ricoprono un ruolo essenziale all'interno della rete CBDC: sono i fornitori diretti di moneta digitale presso i cittadini che la richiedono e, a seconda dei casi, possono avere anche un ruolo nell'infrastruttura stessa della CBDC, ricoprendo il ruolo di validatori del protocollo qualora la CBDC fosse emessa attraverso

un protocollo DLT federato. Un altro suggerimento offerto dall'esperienza del Dinero Electronico è l'importanza di una corretta informazione e educazione dei cittadini nei confronti della moneta digitale. Per quanto nelle economie avanzate i pagamenti digitali siano ormai largamente diffusi e, in alcuni paesi, preferiti di gran lunga al contante, in tanti altri la maggior parte degli scambi avviene ancora con moneta fisica. Una politica educativa riguardo ai vantaggi ottenibili tramite la moneta digitale faciliterebbe il processo di transizione verso gli scambi digitali e l'abbandono del contante, anche per quelle categorie di consumatori tradizionalmente restie alle innovazioni.

3. Euro digitale e moneta programmabile

Così come molte altre banche centrali nel mondo, anche la Banca Centrale Europea (BCE), nel 2020, ha instituito una *task force* con l'obbiettivo di acquisire informazioni riguardo agli aspetti tecnologi dell'euro digitale. I risultati degli esperimenti e delle analisi condotte dalla *task force* hanno fornito diverse soluzioni in merito al design dell'euro digitale, che tengono conto degli obbiettivi che la BCE si figura di raggiungere tramite esso. La conclusione di questo lavoro è riportata nel rapporto ufficiale pubblicato dalla BCE nell'ottobre 2020, "Report on a digital euro" (BCE, 2021).

In questo report la banca centrale analizza i principali scenari che potrebbero portare all'introduzione di un euro digitale, specificando i requisiti che questa moneta deve avere al fine di soddisfare gli obbiettivi della BCE.

I punti chiave messi in luce nel rapporto sono:

- i) l'introduzione della moneta digitale per sostenere il processo di digitalizzazione in Europa e come strumento per far fronte al progressivo declino del contante;
- ii) l'euro digitale come nuovo strumento per il raggiungimento degli obbiettivi che la banca centrale si pone nell'esercizio delle sue funzioni;
- iii) l'euro digitale come strumento per mitigare i rischi dei servizi di pagamento tradizionali:
- iv) la possibilità di consolidare il ruolo dell'euro a livello internazionale;
- v) un possibile efficientamento dei costi di emissione della moneta e miglioramento dell'impatto ambientale dei sistemi di pagamento.

Il gruppo di lavoro europeo, composto da esperti di tutte le banche centrali nazionali dell'Eurozona, ha trattato il tema del design dell'euro digitale con riferimento a quattro aree principali: la scelta dell'infrastruttura e della tecnologia attraverso la quale emettere l'euro digitale; le modalità di accesso alla moneta digitale da parte degli utenti e le limitazioni della circolazione; i profili connessi a privacy e antiriciclaggio (Anti Money Laundering – AML); il possibile impatto ambientale.

Nel paragrafo che segue sono sintetizzate le scelte di design tecnico – in termini di infrastruttura e tecnologia di emissione – esaminate dalla task force, oltre a talune valutazioni in merito alle differenti modalità di funzionamento della moneta digitale (anche in termini di modalità di accesso e circolazione) e all'impronta ambientale.

Il paragrafo successivo, invece, riprende i possibili effetti *disruptive* che l'introduzione della moneta digitale può avere sul settore finanziario, già illustrati nel precedente capitolo, ed esamina come le possibili modalità di circolazione ed emissione dell'euro digitale, che dalle scelte infrastrutturali discendono, possono intervenire a mitigare tali effetti.

Il capitolo si chiude con un paragrafo dedicato a *blockchain* ed euro programmabile e alle loro possibili applicazioni nei vari comparti del sistema finanziario e nell'economia reale.

3.1. L'aspetto tecnico dell'euro digitale: la scelta dell'infrastruttura di emissione

Per la determinazione della miglior tecnologia attraverso la quale emettere l'euro digitale sono stati effettuati diversi test, al fine di valutare la velocità, i costi e la scalabilità delle diverse opzioni. Di seguito si illustrano le possibili opzioni percorribili nella scelta dell'infrastruttura attraverso la quale emettere l'euro digitale.

Struttura centralizzata TIPS

I primi test sono stati focalizzati sull'emissione di un euro digitale sotto forma di *account* presso la banca centrale, attraverso l'utilizzo dell'architettura TARGET Instant Payment Settlement (TIPS)²⁵ operata in maniera centralizzata dall'Eurosistema.

L'architettura TIPS è una innovativa infrastruttura per i pagamenti lanciata nell'Eurosistema a partire da novembre 2018. Questa consente ai fornitori di servizi di pagamento di offrire ai propri clienti un servizio di trasferimento dei propri fondi in tempo

²⁵ TARGET (Trans-European Automated Real-Time Gross Settlement Express Transfer system) è l'infrastruttura per la regolazione del trasferimento di fondi nel mercato interbancario (RTGS), detenuta e operata dall'Eurosistema.

reale, ventiquattro ore su ventiquattro, ogni giorno dell'anno. TIPS presenta delle nuove soluzioni tecniche che la rendono attualmente l'infrastruttura centralizzata più efficiente per pagamenti immediati, garantendo il supporto di grandi volumi di transazioni in pochi secondi di tempo, a costi estremamente ridotti (0,2 centesimi di euro per transazione).

Struttura componibile: TIPS + DLT

Una seconda possibile architettura sperimentata è quella derivante dalla combinazione di un sistema centralizzato con sistemi decentralizzati basati su tecnologia DLT. Al fine di introdurre l'euro digitale sono stati creati due differenti sistemi DLT, con caratteristiche uniche che li rendono adeguati a diversi scopi: itCoin e una piattaforma DLT programmabile.

itCoin è una infrastruttura *back-end blockchain* basata sulla tecnologia del Bitcoin, creata dalla Banca d'Italia, con le modifiche al protocollo necessarie a soddisfare le specificità imposte dall'euro digitale di seguito dettagliate:

- i) l'emissione di moneta non è algoritmica ma controllata dall'Eurosistema;
- ii) l'infrastruttura non è decentralizzata ma controllata dall'Eurosistema, non si rende più necessario, perciò, l'impiego del meccanismo *proof of work*²⁶ per garantire la sicurezza, eliminando l'impronta ecologica che caratterizza il Bitcoin:
- iii) l'intervallo temporale tra i blocchi di dati e il volume di questi sono stati incrementati rispetto alla visione originale di Nakamoto per accomodare un volume fino a 50 transazioni al secondo (contro le 5 TPS di bitcoin).

Il resto del protocollo, e in particolare la struttura crittografica, è rimasto uguale al protocollo originale²⁷.

51

²⁶ Per Proof of Work si fa riferimento all'algoritmo di consenso alla base della rete blockchain di Bitcoin. Questo algoritmo fa affidamento sulla risoluzione di problemi matematici, tramite l'utilizzo di hardware specifici, dall'elevata energia computazionale (mining), al fine di confermare le transazioni e produrre nuovi blocchi nella catena.

²⁷ Banca d'Italia, A digital euro: a contribution to the discussion on technical design choices, 2021.

La piattaforma DLT programmabile è costituita da una *blockchain permissioned* basata su Ethereum²⁸, che offre, rispetto a itCoin, il vantaggio di consentire la programmabilità della moneta, attraverso dei contratti auto-eseguibili programmati nella moneta stessa (i cosiddetti *smart contracts*; si veda il paragrafo successivo).

L'approccio combinato può prevedere una struttura piatta o una struttura su livelli multipli (*tiered*) ed è stato sperimentato per valutare la possibilità di integrare nuove funzionalità proprie dei sistemi DLT (come la programmabilità) con infrastrutture già esistenti (TIPS).

La struttura piatta prevede che il sistema ad *account* TIPS funzioni in maniera complementare rispetto a due piattaforme basate su tecnologia DLT: itCoin e la piattaforma DLT programmabile. Tali due piattaforme consentono di raggiungere diversi obbiettivi, attraverso la creazione di due canali separati, uno per i pagamenti, l'altro per la programmabilità.

In particolare:

- la combinazione di TIPS e itCoin permette la creazione dell'euro digitale al portatore: questa è la soluzione individuata per creare una moneta digitale con le stesse qualità del contante e dunque un livello avanzato di privacy;
- la combinazione di TIPS e della DLT basata su Ethereum permette la creazione di un euro digitale programmabile che, grazie alle sue caratteristiche, è in grado di incrementare l'efficienza del sistema dei pagamenti e la digitalizzazione dell'economia.

Tale struttura è definita piatta perchè le due piattaforme sono poste sullo stesso livello e gli utenti *retail* possono avere portafogli in entrambe le piattaforme con bilanci e posizioni totalmente indipendenti. Questo modello di integrazione fa affidamento sul ruolo di un intermediario che si occupi di reindirizzare i pagamenti da una piattaforma all'altra. Ad esempio, quando un pagamento viene effettuato oltre i confini della piattaforma utilizzata dal pagatore (ad esempio un trasferimento da TIPS verso la piattaforma DLT), il

²⁸ Ethereum è una piattaforma blockchain decentralizzata e open source rilasciata nel 2015. È stata la prima pubblica a consentire lo sviluppo di *smart contracts*, scritti nel linguaggio di programmazione proprietario "*Solidity*".

pagamento è reindirizzato verso il sistema DLT attraverso un meccanismo che funge da ponte, operato direttamente dalla banca centrale. Il ruolo della banca centrale in questo modello è, infatti, quello di organizzatore e gestore del sistema nel complesso: la banca centrale si occupa di garantire il trasferimento dei fondi, fungendo da ponte per la liquidità, garantendo che la liquidità sia sempre disponibile in tutte le piattaforme coinvolte nel sistema.

La seconda struttura, basata su livelli multipli (*tiered*), prevede una gerarchia che bilancia i ruoli del settore pubblico e privato, attraverso una architettura che, pur avendo alla base (al primo livello) la banca centrale, faccia il più possibile affidamento sugli intermediari finanziari (al secondo livello), incaricati di interfacciarsi con gli utenti finali (Figura 12).

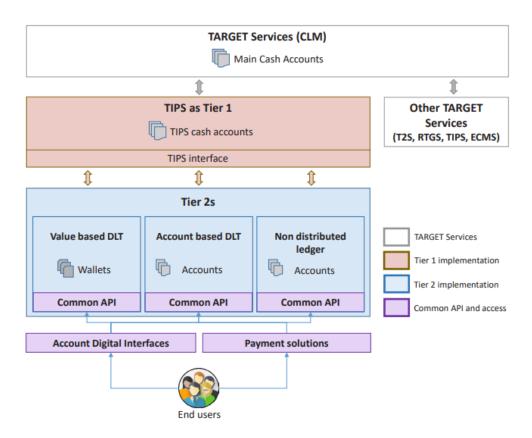


Figura 12: Funzionamento della struttura tiered

Fonte: BCE, Digital Euro experiment Combined feasibility – Tiered model, 2021.

Il primo livello (*tier 1*) è basato su un sistema centralizzato (ad esempio TIPS), utilizzato dalla banca centrale sia per l'emissione della moneta digitale sia per la distribuzione della liquidità attraverso le differenti piattaforme nei livelli inferiori. Solo gli intermediari finanziari vigilati dalla BCE che hanno accesso ai servizi "Target" (TIPS) hanno accesso a questo livello, vedendosi garantita la disponibilità di euro digitale attraverso *account* dedicati. Il ruolo di tali intermediari è quello di accogliere la domanda di CBDC, distribuendola ai consumatori, alle imprese e ad altri intermediari che non hanno accesso al *tier 1* (come i gestori di servizi di pagamento), attraverso l'infrastruttura di secondo livello.

L'infrastruttura di secondo livello è composta da molteplici piattaforme, DLT e non, interoperabili tra di loro, dove gli intermediari che operano nel *tier 1* gestiscono i portafogli o gli *account* (a seconda dei casi) per gli utenti finali.

L'approccio *tiered* ha come obbiettivo quello di rendere interfacciabili le infrastrutture di pagamento già esistenti con le nuove tecnologie: le diverse piattaforme sono combinate in modo da sfruttare le funzionalità innovative dei sistemi DLT, facendo al contempo affidamento su una struttura base già esistente. La struttura gerarchica dei vari livelli evita il coinvolgimento diretto della banca centrale nella gestione dei portafogli e delle transazioni degli utenti finali, delegando tale funzione agli intermediari privati.

Struttura DLT: Banconote digitali

Un'altra possibile infrastruttura testata dalla task force della BCE prevede l'emissione dell'euro digitale sotto forma di *token* dal valore fisso (banconote digitali), attraverso l'uso esclusivo di una piattaforma DLT.

Le "banconote digitali" sono strutture dati digitali contenenti un registro di tutti i dati relativi alla singola banconota, come il valore nominale (da 1 centesimo a 200 euro), il numero seriale, lo storico dei possessori e la prova di validità crittografica verificabile nella *blockchain* principale.

Il meccanismo di funzionamento di questa blockchain si articola su più livelli (Figura 13). Al livello superiore vi è una unità *core*, ossia il libro mastro principale, che ha la funzione di controllare l'offerta di banconote digitali in circolazione e di verificare la corretta operatività del sistema nel complesso. Quando un ordine di pagamento viene effettuato, il registro della banconota trasferita viene aggiornato restituendo una prova crittografica dell'avvenuto trasferimento. I registri delle singole banconote sono raggruppati in delle partizioni intermedie o gateways. I gateways hanno la funzione di verificare lo stato corrente dei registri delle banconote e verificare la validità di ogni ordine di pagamento prima che venga processato. Successivamente al processo di verifica il gateway crea un nuovo blocco di dati, aggiornando i registri delle banconote includendo le prove dell'avvenuto trasferimento di proprietà. Una crittografica prova (hash) dell'aggiornamento avvenuto nel registro della banconota è successivamente inviata all'unità *core* (il registro principale), che si aggiorna in periodi discreti di tempo (rounds) tra 1 e 200ms, includendo le prove delle nuove transazioni avvenute nel registro delle banconote e convalidate dai gateways.

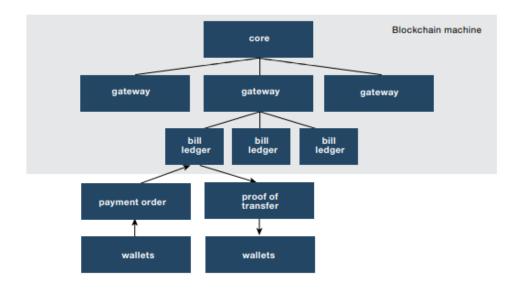


Figura 13: Struttura DLT per l'emissione di banconote digitali

Fonte: BCE, Work stream 3: A new solution – Blockchain & eID, 2021.

Gli esperimenti della *task force* sulle banconote digitali si sono focalizzati su tre aspetti principali: i) scalabilità; ii) identità; iii) privacy.

- Scalabilità: sono stati effettuati diversi stress test per verificare l'ipotesi di scalabilità lineare dell'infrastruttura, valutando le prestazioni e l'utilizzo di risorse delle singole componenti, all'aumentare delle transazioni al secondo (TPS). Inizialmente il sistema è stato testato per un throughput²⁹ di 10.000 TPS (circa 56.000 banconote transate al secondo) senza riscontrare cali di performance o interruzioni. Successivi test hanno dimostrato la scalabilità lineare dell'infrastruttura, attraverso l'incremento nel numero di gateways (fino a 100), arrivando a un throughput massimo di 1 milione di banconote transate al secondo. I test non hanno riportato problemi all'aumentare del volume delle transazioni, verificando l'ipotesi iniziale di scalabilità lineare e confermando l'assenza di un limite al numero dei gateways utilizzabili.
- ii) Identità: è stata esplorata la possibilità di combinare l'infrastruttura *blockchain*, con il sistema di identità digitale (e-ID) esistente, per l'autenticazione e la autorizzazione delle transazioni. A tal fine è stato sviluppato un livello di custodia al di sopra del livello *core* della *blockchain*, avente l'obbiettivo di registrare il collegamento tra la le singole banconote digitali e l'identità dei proprietari. La sperimentazione ha confermato la possibilità per gli utenti di autenticarsi presso i fornitori di portafogli di euro digitale, responsabili successivamente di collezionare le informazioni necessarie alla compliance rispetto alla disciplina in tema di antiriciclaggio (AML) e profilatura del cliente (Know Your Customer KYC) e di comunicare le autenticazioni al livello di controllo.
- iii) Privacy: i test hanno incluso valutazioni in merito ai diversi livelli di privacy che possono essere garantiti tra i partecipanti al sistema (validatori, operatori di portafogli e utenti finali) nel rispetto delle norme AML. È stato verificato che

²⁹ Per *throughput* si intende la quantità di dati processati in una determinata unità di tempo, nel caso di una *blockchain* si fa riferimento alle transazioni processate al secondo.

il sistema supporta lo sviluppo di una infrastruttura CBDC in grado di garantire che informazioni riguardo l'identità dell'utente finale e le sue transazioni siano differentemente accessibili dalle diverse parti coinvolte nel sistema. Attraverso l'utilizzo di indirizzi pseudonimi è possibile mantenere la propria identità nascosta agli altri utenti con i quali vengono effettuati scambi. A effettuare la collezione dei dati necessari per la *compliance* rispetto alle norme AML/KYC sarà il fornitore del portafoglio digitale, il quale dovrà richiedere l'autenticazione dell'identità degli utenti per consentire l'accesso al servizio.

Performance e impatto ambientale

L'interesse principale alla base della sperimentazione condotta sulle possibili infrastrutture di emissione è determinare se vi siano limitazioni tecnologiche all'implementazione dell'euro digitale, in termini di performance e impatto ambientale. I test effettuati su entrambi i sistemi (TIPS e DLT) hanno dimostrato come sia possibile superare la soglia delle 10.000 transazioni al secondo senza riscontrare una riduzione delle prestazioni. Il sistema TIPS è stato in grado di processare oltre 40.000 transazioni al secondo con una latenza minima, il 95% delle transazioni sono state validate in meno di 0.8 secondi. Il sistema DLT è stato dimostrato scalabile linearmente, attraverso l'incremento nel numero dei gateways, fino a raggiungere oltre le 200.000 transazioni al secondo nell'ambiente di sperimentazione, anche in questo caso la latenza è minima e le transazioni sono verificate in meno di 3 secondi.

In merito all'impronta ecologica dell'euro digitale, il consumo energetico del sistema TIPS, in particolare, è stato stimato essere pari a 170.687 kWh/anno, corrispondenti a una emissione di CO2 di 86.367 kgCO2/anno ed equivalenti al consumo medio di circa cinquanta famiglie. I test effettuati sulla piattaforma DLT hanno riportato un consumo inferiore al 50% rispetto al sistema TIPS.

Per concludere, la sperimentazione ha verificato che non vi sono limiti tecnologici che possano prevenire l'introduzione dell'euro digitale attraverso i sistemi sopra esaminati.

L'impatto ambientale dell'euro digitale è pressoché nullo e di gran lunga inferiore ai sistemi di pagamento di moneta elettronica attualmente utilizzati.

3.2. L'aspetto finanziario dell'euro digitale: come mitigare i rischi

Gli effetti sulla profittabilità e sul rischio assunto dalla banca centrale

Come illustrato nei capitoli precedenti, l'introduzione della CBDC influenza direttamente la politica monetaria e può avere effetti negativi sulla stabilità delle banche, incrementando i rischi di instabilità finanziaria. Di conseguenza, la BCE dovrà effettuare una attenta valutazione dei rischi e delle conseguenze derivanti dall'introduzione di tale moneta.

Il maggior fattore di rischio riscontrato dalla BCE è quello dell'utilizzo dell'euro digitale come forma di investimento, che potrebbe dar luogo ad ampi flussi di risorse dai depositi bancari verso l'euro digitale. Come già osservato, ciò comporterebbe un incremento nei costi di finanziamento per le banche, con possibili ripercussioni sul credito bancario concesso alle attività economiche. Tra gli effetti ulteriori dell'introduzione dell'euro digitale vi è quello di modificare la composizione e le dimensioni del bilancio della banca centrale e di influenzarne anche la profittabilità. La moneta digitale, così come le banconote è una passività della banca centrale: se fossero queste ad essere convertite in euro digitale, non vi sarebbe un cambiamento nella composizione del passivo. La situazione sarebbe diversa se vi fosse una conversione dei depositi in euro digitale o se la domanda di CBDC provenisse da individui al di fuori dell'area euro. In questi due casi la banca centrale dovrebbe acquistare titoli sul mercato, da detenere come collaterale rispetto alla CBDC, accrescendo il rischio e la dimensione del proprio bilancio.

La banca centrale, inoltre, potrebbe vedersi costretta a offrire prestiti alle banche commerciali attraverso operazioni di rifinanziamento a lungo termine (Long Term Refinancing Operations – LTROs) per compensare le banche commerciali della perdita dei depositi evitando i problemi di disintermediazione illustrati nei capitoli precedenti. Anche in questo caso il bilancio della banca centrale si espanderebbe e la differenza tra la remunerazione della CBDC e quella dei prestiti concessi alle banche determinerebbe la

profittabilità della banca centrale. Ulteriori effetti sulla profittabilità possono derivare dalla perdita di signoraggio che la BCE sosterrebbe qualora l'euro digitale sostituisse le banconote. Il signoraggio, infatti, è il guadagno derivante dalla differenza tra la remunerazione dell'attivo della banca centrale (i titoli acquistati conto le banconote) e il costo delle passività (pari a zero per le banconote): ipotizzando che il tasso di interesse sull'euro digitale sia positivo, tale differenza si comprimerebbe.

Nelle valutazioni riguardanti le scelte di design dell'euro digitale, occorre perciò tenere in considerazione che la banca centrale potrebbe vedersi obbligata ad acquistare *assets* sul mercato, esponendosi a maggiori rischi di credito e di mercato. Tuttavia, non essendo la profittabilità della banca centrale tra gli obbiettivi dell'Eurosistema, le valutazioni ad essa riferite di per sé non hanno implicazioni sulla ricerca della struttura adeguata alla moneta digitale.

Limitazioni all'accessibilità e alla remunerazione

Al fine di prevenire la diversione di risorse dai depositi bancari alla moneta digitale, la banca centrale potrebbe prendere in considerazione l'introduzione di vincoli all'investimento in euro digitale.

Una opzione esplorata dalla BCE è quella di stabilire una soglia massima alla detenzione personale di euro digitale³⁰. In questo caso, per consentire i pagamenti in euro digitale, a tale vincolo si dovrebbe affiancare un meccanismo per cui ogni euro digitale ricevuto, che comporti il superamento della soglia stabilita, viene automaticamente reindirizzato verso un conto bancario collegato al portafoglio in moneta digitale. Questa soluzione, tuttavia, richiede che tutti gli individui posseggano un conto corrente al fine di partecipare alla moneta digitale.

Un'altra possibile soluzione è quella di applicare all'euro digitale tassi di interesse fortemente negativi, disincentivando la conversione di una quota consistente di depositi in moneta digitale. Questa soluzione solleva diversi dubbi rispetto alla sua efficacia in tempi

59

³⁰ Panetta, F., 21st century cash: Central banking, technological innovation and digital currencies, SUERF Conference Proceedings 2018/2

di crisi. Come evidenziato da Kumhof e Noone (2018), tassi di interesse eccessivamente negativi sono, dal punto di vista politico, difficilmente applicabili. E, anche qualora la banca centrale individuasse il massimo tasso negativo politicamente accettabile, potrebbe esservi un gruppo di individui che preferirebbe comunque convertire i depositi in CBDC, spinto dalla preoccupazione di una possibile insolvenza delle banche³¹.

Il problema dell'accettazione di tassi fortemente negativi può essere risolto attraverso l'introduzione di un sistema di remunerazione della CBDC a scaglioni (*tiered*): il tasso di interesse applicato varia in base alla quantità di CBDC detenuta nel portafoglio (Panetta 2018).

Le banche centrali già attualmente utilizzano il meccanismo della remunerazione *tiered* sui depositi, con l'obbiettivo di controllarne l'ammontare. Nell'Eurosistema, infatti, il meccanismo *tiered* di remunerazione è applicato ai conti di deposito delle istituzioni pubbliche governative, alle banche centrali estere e ai fondi sovrani. Attraverso questo sistema, remunerazioni vantaggiose sono applicate fino a una certa soglia quantitativa, oltre la quale il tasso di interesse scende, rendendo poco (o per nulla) remunerativo detenere quantità superiori. Nell'ottica di ridurre il problema della disintermediazione, una remunerazione *tiered* potrebbe essere applicata anche alla CBDC, prevedendo che coloro che intendano detenere la moneta digitale al fine di utilizzarla come mezzo di pagamento non scontino alcuna penalità. Un sistema a doppia remunerazione (*two-tier*) ha infatti il vantaggio di distinguere nettamente le funzioni della CBDC, assegnando al primo livello (*tier 1*), remunerato positivamente, la funzione di mezzo di pagamento e al secondo livello (*tier 2*), con remunerazione nulla o negativa, la funzione di riserva di valore. In tal modo la banca centrale può controllare la domanda di CDBC a fini di investimento (riserva di valore), senza scoraggiare l'utilizzo della moneta digitale nei pagamenti.

Per la determinazione dei tassi di interesse, la banca centrale dovrà tener conto che il tasso r1 (*tier 1*) in condizioni normali dovrà essere maggiore di zero, mentre il tasso r2 (*tier 2*)

⁻

³¹ Kumhof, M., Noone, C., Central bank digital currencies — design principles and balance sheet implications, Bank of England, Staff Working Paper No. 725, pp. 34-36, 2018.

sarà determinato in maniera tale da rendere la CBDC poco attraente come riserva di valore in relazione ad alternative come i depositi bancari o attività di investimento a breve termine, anche tenendo conto del premio per il rischio.

Bindseil (2020) suggerisce un livello per i tassi di interesse della CBDC parallelo al tasso sui depositi *overnight* presso la banca centrale (*deposit facility rate* - DFR), stabilito dalla banca centrale ogni sei settimane nell'esercizio della politica monetaria³². Prendendo ad esempio uno spread tra DFR e il tasso di remunerazione della CBDC dell'1%, il tasso *tier 1* sarà definito dalla seguente funzione:

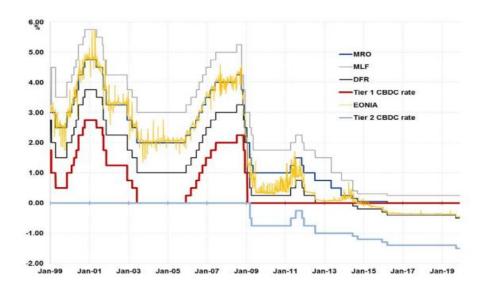
$$r1 = max(0, i_{DFR} - 1\%)$$

Il tasso tier 2 invece sarà dato dalla seguente:

$$r2 = min(0, i_{DFR} - 1\%)$$

In figura 10 si riporta un esempio di remunerazione *tiered* parallela ai tassi ufficiali della banca centrale con *spread* uguale all'1%.

Figura 10: Simulazione di remunerazione *tiered* parallela ai tassi ufficiali della banca centrale con spread uguale all' 1%



³² Bindseil, U., BCE Tiered CBDC and financial system, ECB, Working Paper Series No. 2351, 2020.

61

Fonte: Bindseil, U., BCE Tiered CBDC and financial system, 2020.

La scelta del tasso di riferimento non è vincolante, la BCE potrà decidere di adottare altri criteri base per la determinazione del tasso di interesse della CBDC. In ogni caso, il principale strumento della banca centrale per il controllo della domanda di CBDC sarà lo *spread* tra il tasso di riferimento e il tasso CBDC, che dall'1% preso ad esempio potrà essere ridotto o aumentato a seconda delle necessità.

3.3. La moneta programmabile: CBDC basata su tecnologia DLT 3.3.1. Smart contracts

La caratteristica in assoluto più importante della tecnologia *blockchain*, che la rende una delle innovazioni più *disruptive* del ventunesimo secolo, è la programmabilità di questi sistemi distribuiti attraverso l'impiego dei cosiddetti *smart contracts* (contratti intelligenti). Per *smart contracts* si fa riferimento a un protocollo per le transazioni che è in grado di eseguire e controllare automaticamente gli eventi e le azioni di un dato contratto o accordo. Il termine è stato inizialmente coniato dall'informatico e crittografo Nick Szabo (1996), che descrive gli *smart contracts* come una serie di promesse, in forma digitale, incluse in un protocollo che vincola le parti al rispetto di tali promesse³³. Per comprendere meglio il concetto di *smart contract*, si usa far riferimento all'attività di un distributore automatico, avente la funzione di distribuire i prodotti solo all'introduzione di denaro al suo interno. Tra il distributore automatico e l'acquirente vi è infatti un accordo, ben definito, in forza del quale il distributore si impegna a svolgere la propria funzione solo nel caso in cui il compratore compia una specifica azione (l'inserimento del denaro).

Per quanto questa sia una semplificazione, offre una chiara rappresentazione delle caratteristiche degli *smart contracts*, ovvero la capacità di auto-eseguire clausole e condizioni stabilite, senza possibilità di modifiche o interruzioni, in seguito a un input

_

³³ Szabo, N., View of Formalizing and Securing Relationships on Public Networks, 1997.

(umano o di un altro *smart contract*), e di produrre effetti per entrambi le parti coinvolte nell'accordo.

La prima applicazione degli *smart contracts* è avvenuta nel 2015 con la nascita della piattaforma *blockchain* Ethereum. Nel white paper di riferimento, Buterin (2013), il programmatore russo-canadese creatore della piattaforma, descrive Ethereum come una piattaforma di nuova generazione per gli *smart contracts* e le applicazioni decentralizzate³⁴. Buterin parte da una critica al Bitcoin, definito come una prima e acerba applicazione dell'idea iniziale di Szabo, e crea una piattaforma *blockchain* altamente innovativa, *turing complete*³⁵, in grado perciò di implementare qualsiasi logica del programma, non importa quanto complessa. Ethereum supera Bitcoin nelle proprie funzionalità, introducendo oltre a una moneta digitale propria della piattaforma (l'Ether), anche la possibilità di programmare applicazioni decentralizzate tramite l'impiego di smart contacts (DApps).

Se comparati ai contratti tradizionali, gli *smart contracts* presentano vantaggi fondamentali, in termini di i) efficienza e costi, ii) sicurezza.

i) Efficienza e costi. Negli *smart contracts* le condizioni degli accordi sono eseguite automaticamente, senza la necessità di intermediazione o di processi burocratici. I tempi di esecuzione sono perciò pressoché istantanei e legati esclusivamente alle performance della piattaforma *blockchain* sulla quale lo *smart contract* è sviluppato. I costi per l'applicazione delle clausole e condizioni contenute all'interno del contratto sono nulli, in quanto questo è auto-eseguito, gli unici costi sono costituiti dalla commissione necessaria per validare, all'interno della *blockchain*, la transazione che esegue il contratto (la cosiddetta *gas fee*). Un ulteriore vantaggio in termini di costi è dato dal fatto che la *gas fee* è indipendente dal valore della transazione: all'interno di una

³⁴ Buterin, V., Ethereum: A Next-Generation *Smart contracts* and Decentralized Application Platform, 2013.

³⁵ Per *turing completeness* si fa riferimento alla capacità di un sistema, macchina o linguaggio di programmazione, di eseguire tutte le operazioni e i calcoli possibili, restituendo sempre una risposta in output. Nel caso degli *smart contracts*, l'unica limitazione alle potenzialità di questi è data dalla capacità di memoria e performance della blockchain stessa.

- *blockchain* una transazione da 1 euro e da 1 miliardo di euro hanno lo stesso identico costo.
- ii) Sicurezza. Gli *smart contracts* sono applicazioni software scritte in linguaggio informatico non soggetto a interpretazione. Le condizioni e gli effetti del contratto sono incorporate nel codice e non modificabili, per tale motivo non possono verificarsi dispute riguardo all'interpretazione delle condizioni, come può verificarsi nei contratti tradizionali. Gli *smart contracts*, inoltre, essendo auto-eseguibili, sono indipendenti dall'intervento umano e operano in maniera automatica e trasparente, senza possibilità di errori nell'esecuzione o di inadempienza delle parti. I possibili problemi di sicurezza che possono nascere non sono perciò derivanti dai comportamenti delle parti, ma dalla sicurezza del codice del contratto stesso, che deve essere privo di *bug*, nonché dalla sicurezza della piattaforma *blockchain* sulla quale il contratto è sviluppato.

3.3.2. *Blockchain* e digitalizzazione

Dopo aver esaminato le potenzialità degli *smart contracts* è possibile individuare le funzionalità di base della tecnologia DLT e le applicazioni di *smart contracts* e moneta digitale che tali funzionalità rendono possibili. Nel presente paragrafo, una breve disamina di esempi pratici, in ampia parte illustrati in Sandner et al. (2021), aiuterà a cogliere la portata dell'innovazione connessa alle tecnologie distribuite per il sistema finanziario e l'economia reale.

Programmabilità dei pagamenti

L'intermediazione, sia in finanza sia nell'economia reale, allunga il processo transattivo, incrementando i rischi dovuti a errori umani e la probabilità di discontinuità nei servizi. Gli *smart contracts* consentono di automatizzare un grande numero di transazioni, dal momento che lo scambio è implicito nel codice stesso del contratto e l'esecuzione prescinde dalla presenza di un intermediario. Ciò consente di programmare, pagamenti automatici in molti processi, finanziari e industriali.

Regolazione e liquidazione automatica nei pagamenti DvP

Un altro possibile esempio di automazione consentita dai sistemi DLT è quello delle transazioni digitali cosiddette *Delivery versus payment* (DvP), in cui il trasferimento dei titoli avviene solo dopo che è stato effettuato il pagamento.

Attualmente, processare l'acquisto di un titolo richiede diversi giorni: al momento dell'acquisto, il depositario centrale deve processare la transazione e provvedere al corretto trasferimento dei fondi e della proprietà. Il trasferimento della proprietà, tuttavia, non avviene contestualmente al pagamento, ma è legalmente regolato dalla *clearing house*, in una infrastruttura, separata dopo alcuni giorni.

Attraverso l'impiego della tecnologia DLT e degli *smart contracts*, i fondi possono essere "bloccati" all'interno di uno *smart contract*, fino al momento in cui la controprestazione, ossia il trasferimento della proprietà, è avvenuta e confermata. In questo modo lo scambio può avvenire solo contestualmente, non è possibile che la consegna abbia luogo senza che sia effettuato il pagamento e viceversa. Se per qualsiasi ragione una delle due prestazioni è interrotta, non può finalizzarsi lo scambio e gli *assets* depositati nello *smart contracts* sono automaticamente restituiti (Figura 11).

Figura 11: Ruolo degli smart contracts nelle transazioni DvP

Fonte: P. Sandner, J. Groß, JC. Chung, The Programmable Euro: Review and Outlook, Finanzplatz München Initiative, 2019.

Tokenizzazione e frazionamento

Per *tokenizzazione* si intende la rappresentazione di *assets* reali in un "pacchetto" di informazioni digitali che circolano sulla *blockchain*, consentendo il trasferimento di diritti relativi all'*asset* stesso. Un *token* può rappresentare qualsiasi *asset*, come una moneta, una proprietà immobiliare, uno strumento finanziario o un *asset* fisico in generale. I *tokens* sono emessi attraverso *smart contracts* sulla *blockchain*, e possono essere trasferiti tra portafogli digitali o scambiati in appositi mercati decentralizzati. Teoricamente i *token* emessi su una *blockchain* sono infinitamente divisibili, la frazionabilità è specificata nel codice al momento della creazione del *token*. Il Bitcoin, ad esempio, è divisibile fino alla centimilionesima unità di Bitcoin, definita *satoshi* (sat; del valore unitario di 10⁻⁸ BTC). Così come le monete digitali, per ogni *asset* emesso sulla *blockchain* (*tokenizzato*) è

possibile specificare l'unità minima³⁶. La frazionabilità dei *token* consente di effettuare micropagamenti, anche dal valore inferiore a un centesimo, a costi estremamente contenuti e dipendenti unicamente dalla *gas fee* richiesta dalla *blockchain* utilizzata. Essendo ogni *token* divisibile, attraverso la *tokenizzazione*, è possibile rendere fungibili *assets* tradizionalmente indivisibili, come una proprietà immobiliare, che, nel momento in cui è *tokenizzata*, può essere teoricamente suddivisa in infinite parti, aventi un valore proprio, e liberamente scambiabili (si veda oltre).

3.3.3. Utilizzi della DLT e dell'euro digitale nel sistema finanziario e nell'economia reale

Alla luce delle funzionalità connesse alla *blockchain*, come anticipato, è possibile individuare alcune sue possibili applicazioni in cui l'euro digitale svolge un ruolo cruciale (si veda, tra gli altri, Sandner et al., 2021).

DLT nel settore finanziario

Come già detto, lo scambio di titoli attualmente presenta diverse frizioni, dovute dalla necessità di documentare la proprietà e i trasferimenti di questa attraverso certificati detenuti presso un depositario centrale. Ciò comporta tempi e costi aggiuntivi ogni qualvolta viene effettuato uno scambio. Se i titoli digitali sono raccolti all'interno di una *blockchain*, è possibile incrementare l'efficienza di questo processo, tramite l'automazione delle fasi di liquidazione, regolazione e custodia. Un primo *framework* regolamentare per le digital *securities* è stato stabilito in Germania, tramite la legge introduttiva delle securities digitali (Gesetz zur Einführung elektronischer Wertpapiere³⁷) entrata in vigore nel giugno 2021. Tale legge permette il registro di titoli digitali all'interno di una

_

³⁶ La frazionabilità, tuttavia, non è un requisito essenziale, è possibile anche la creazione di token non divisibili, noti come *non fungible tokens* (NFT), ad oggi usati prevalentemente come rappresentazione digitale di asset collezionabili, come ad esempio opere d'arte digitali o oggetti all'interno degli universi digitali (cosiddetti *metaverses*).

³⁷https://www.bundesfinanzministerium.de/Content/DE/Gesetzestexte/Gesetze_Gesetzesvorhaben/Abteilungen/Abteilung_VII/19_Leg islaturperiode/2021-06-09-einfuehrung-elektronische-wertpapiere/0-Gesetz.html

blockchain, senza la necessità di depositare un documento fisico presso un depositario centrale.

Attualmente le azioni delle piccole e medie imprese (PMI) difficilmente sono listate nelle borse europee, per via di alti costi e barriere all'ingresso. Una piattaforma di scambio basata su *blockchain* potrebbe consentire alle società di collocare sul mercato le proprie azioni in forma *tokenizzata*, raccogliendo capitale di rischio in maniera disintermediata e senza la necessità di effettuare una *initial public offering* (IPO). La tecnologia DLT può essere usata non solo per la raccolta di capitale di rischio, ma anche per finanziamenti tramite prestiti. Daimler AG, ad esempio, in collaborazione con Landesbank Baden-Württemberg (LBBW) ha emesso la prima cambiale interamente digitale, per un prestito dal valore di 25 milioni di euro³⁸. La semplicità ed efficienza dei finanziamenti tramite DLT può contribuire all'efficienza e alla liquidità del mercato dei capitali, consentendo il collocamento di *assets* presso una platea più ampia, a costi estremamente ridotti.

La finanza decentralizzata (DeFi) ha dato esempio di come si possano programmare all'interno di uno *smart contract* una grande varietà di contratti derivati. Al momento sulla *blockchain* di Ethereum, esistono centinaia di piattaforme decentralizzate in grado di offrire agli utenti strumenti come swaps, futures³⁹ e opzioni⁴⁰, in maniera interamente decentralizzata, senza la necessità di una *clearing house* che regoli le transazioni. Attraverso l'introduzione di un euro digitale basato su *blockchain* è possibile digitalizzare una gran parte dei contratti finanziari ad oggi in circolazione, rendendo più efficienti le transazioni, tramite la rimozione di un intermediario che verifichi e regoli gli scambi. Un primo esempio di contratto derivato digitale nella finanza tradizionale è dato dal progetto DZ BANK, da parte di Bayerische Landesbank and Deutsche Börse, che ha portato alla conclusione del primo contratto derivato Over The Counter (OTC) sui tassi di interesse attraverso l'utilizzo di uno *smart contract*⁴¹. I test effettuati hanno portato alla conclusione

_

³⁸https://www.lbbw.de/konzern/medien-center/presseinfos/2020/20200319_lbbw_press_release_lbbw-daimler-first-fully-digital-ssd aaytk6hcht_m.pdf

³⁹ https://dydx.exchange

⁴⁰ https://www.dopex.io

⁴¹ www.deutsche-boerse.com/dbg-en/media/press-releases/DZ-BANK-BayernLB-and-Deutsche-B-rse-prove-functionality-of-digital-smart-derivative-contracts-2637128

che tutte le fasi della transazione possono essere completate digitalmente, ciò dimostra come sia possibile lo sviluppo di nuovi prodotti finanziari più efficienti, tramite l'implementazione delle nuove tecnologie DLT e di un euro digitale.

DLT nel settore bancario

La presenza di molteplici istituzioni finanziarie coinvolte nei pagamenti interbancari talvolta può comportare delle problematiche di sincronizzazione nel controllo dei flussi e nel salvataggio dei dati, che comportano costi e inefficienze. L'utilizzo della blockchain come base tecnologica comune può agevolare lo scambio di informazioni, attraverso l'impiego di regole uniche per le transazioni tra tutti i partecipanti. Una soluzione in merito è quella creata dall'Associazione Bancaria Italiana (ABI): il progetto Spunta⁴². L'applicazione Spunta Banca DLT, attraverso l'impiego di un protocollo DLT comune tra le diverse istituzioni, si propone di standardizzare il processo di salvataggio e comunicazione dei dati, consentendo alle banche aderenti di individuare disallineamenti nelle transazioni interbancarie, rendendo più sicura ed efficiente la condivisione dei dati. L'applicazione consente infatti di riscontrare automaticamente le transazioni non corrispondenti, tramite l'utilizzo di un algoritmo di controllo condiviso tra tutti i partecipanti al sistema. I vantaggi di un tale sistema sono una maggiore trasparenza e la creazione di canali di dialogo in grado di facilitare la comunicazione tra le diverse istituzioni finanziarie qualora dovessero verificarsi delle incongruenze nei dati. L'integrazione dell'euro digitale all'interno di questo sistema incrementerebbe ulteriormente l'efficienza, consentendo di processare attraverso DLT anche i pagamenti stessi e non più solo i dati riguardo le istruzioni di pagamento.

DLT nel settore assicurativo

Essendo in grado di eseguire transazioni automaticamente al verificarsi di un evento, gli *smart contracts* si prestano particolarmente ad essere impiegati nel settore assicurativo, ove i contratti sono generalmente composti da una promessa di pagamento al verificarsi di un

⁴² https://www.abi.it/Pagine/news/Spunta-Project-blockchain-.aspx

determinato evento. L'implementazione di *smart contracts* consente di facilitare i processi burocratici e investigativi, riducendo i costi per le compagnie assicurative e velocizzando i pagamenti verso i clienti. Molte dinamiche assicurative sono complesse e richiedono inevitabilmente un intervento umano, per stabilire le condizioni degli eventi e formulare un giudizio sulla faccenda, per tale motivo, nella grande maggioranza dei casi non è ancora possibile una totale automazione delle pratiche assicurative. È possibile però integrare gli *smart contracts* in un modello semi automatizzato, al fine di raccogliere e processare dati, specialmente attraverso l'utilizzo di strumenti Internet of Things (ad esempio i sensori; si veda il paragrafo successivo), al fine di facilitare la raccolta delle informazioni e la formulazione di un giudizio riguardo l'evento assicurato in questione. È anche possibile utilizzare gli *smart contracts* al fine di automatizzare processi come la gestione dei contratti e la collezione dei premi assicurativi, attraverso l'utilizzo di moneta digitale.

La raccolta di dati attraverso tecnologia DLT consente alle società assicurative di effettuare calcoli più accurati riguardo alla probabilità di alcuni eventi e al pagamento associato ad essi. Attraverso l'impiego di strumenti IOT, le società assicurative possono infatti adeguare i propri prodotti ai comportamenti e alle esigenze del cliente. Si consideri, ad esempio, le assicurazioni sulle automobili: attraverso dei sensori, è possibile raccogliere dati in tempo reale sul comportamento degli utenti (come, ad esempio, velocità di percorrenza media, accelerazione e tempi di utilizzo dei freni), al fine di stabilire un profilo più accurato degli assicurati, identificando con maggior precisione i guidatori ad alto rischio. In questo modo è possibile, sempre attraverso pagamenti DLT, offrire in tempo reale premi personalizzati sulla base di questi dati, consentendo alle società assicurative di gestire al meglio i rischi e, allo stesso tempo, incrementare la propria competitività rispetto ad altri assicuratori. Grazie alla moneta programmabile è inoltre possibile anche stipulare dei contratti assicurativi in cui il premio è pagato attraverso un modello *pay-per-use*⁴³, così che le società possano addebitare i premi assicurativi, in maniera automatizzata, in virtù dell'effettivo utilizzo del bene assicurato, incrementando la personalizzazione dei servizi

_

⁴³ Si veda il paragrafo successivo.

assicurativi, con benefici sulla competitività derivanti dalla riduzione dei costi per gli utenti.

DLT nell'economia reale

Tokenizzazione di proprietà immobiliari

L'acquisto di un immobile è un processo generalmente lungo e costoso. Il trasferimento della proprietà immobiliare, infatti, prevede procedure amministrative e burocratiche volte ad assicurare che il contratto di vendita sia lecito e produttivo di effetti e volte a garantire le parti coinvolte nella transazione da possibili frodi. La tokenizzazione di proprietà immobiliari e il trasferimento del token tramite smart contract non offre tali garanzie, tuttavia, non si può escludere che in futuro non vengano regolamentate nel dettaglio tali pratiche, rendendo possibili i benefici della tokenizzazione di tali assets. La tokenizzaione di un immobile presenta, infatti, diversi vantaggi. Innanzitutto, semplifica il trasferimento della proprietà, riducendo le pratiche amministrative necessarie, tramite la definizione delle condizioni del trasferimento direttamente all'interno dello smart contract. In secondo luogo, la frazionabilità dei token consente di suddividere la proprietà immobiliare in molteplici parti, incrementando la liquidità in un mercato tradizionalmente illiquido come quello immobiliare e creando così la possibilità per piccoli investitori di investire in questa tipologia di asset. Il token può essere anche solo rappresentativo dei diritti patrimoniali sull'immobile, in modo tale da consentire agli investitori di percepire frazioni di una rendita immobiliare tramite l'acquisto sul mercato secondario, in moneta digitale, del token rappresentativo del diritto⁴⁴.

Gestione della supply chain tramite DLT

Nell'ambito del settore produttivo, lo scambio di dati necessario al corretto funzionamento della catena di approvvigionamento (*supply chain*) può essere compromesso da problemi di visibilità, disponibilità e affidabilità. Una soluzione DLT può consentire ai partecipanti alla *supply chain* di registrare e condividere tramite l'utilizzo di una base tecnologica

⁴⁴ https://cdn-realt.junglewp.net/wp-content/uploads/2019/05/RealToken_White_Paper_US_v03.pdf

comune. Tramite l'utilizzo di una infrastruttura condivisa, la comunicazione tra le parti è resa più efficiente; la trasparenza nella condivisione dei dati consente, inoltre, di ridurre gli sprechi e di evitare ordini duplicati e problemi in fase di contabilizzazione. Tracciabilità e immutabilità della *blockchain* consentono anche di verificare facilmente e con accuratezza la provenienza e la destinazione delle materie prime e dei prodotti, con effetti positivi sull'etica e la sostenibilità degli approvvigionamenti. In un progetto comune, Commerzbank, Evonik e BASF nel 2021, hanno condotto con successo il primo test per esplorare una gestione tramite DLT dei pagamenti e dei processi bilaterali lungo la supply chain tra le compagnie tedesche Evonik e BAFS⁴⁵. I pagamenti sono stati effettuati tramite moneta digitale fornita da Commerzbank. Ad esito del progetto, i comunicati ufficiali delle società coinvolte hanno sottolineato l'enorme potenziale dell'utilizzo della moneta programmabile nella digitalizzazione della *supply chain*, rimarcando come la tecnologia DLT sia un elemento costitutivo cardine nello sviluppo di una *supply chain* interamente automatizzata.

Pagamenti tra dispositivi IOT

Per Internet Of Things (IOT) si fa riferimento a un sistema di dispositivi elettronici, macchine e oggetti, in grado di comunicare e condividere una varietà di informazioni direttamente tra di loro, in maniera automatica tramite l'utilizzo di protocolli di rete e sensori. I dispositivi partecipanti alla rete sono molteplici: cellulari, frigoriferi e forni a microonde "smart", auto elettriche e addirittura i chip negli impianti medici. La tecnologia DLT consente di elevare le potenzialità dell'IOT, introducendo per la prima volta la possibilità per i dispositivi di scambiarsi non solo dati ma anche valore monetario. Le potenzialità di automazione dei pagamenti degli *smart contracts* e della moneta digitale rendono possibili, infatti, transazioni automatiche di tipo machine-to-machine (M2M), ovvero tra dispositivi o macchinari, senza la necessità di alcun input umano⁴⁶.

-

 $www.commerzbank.de/en/hauptnavigation/presse/pressemitteilungen/archiv1/2021/2_quartal/presse_archiv_detail_21_02_97290.ht~ml$

⁴⁶ Ensor, A., Shefer-Wenzl, S., Miladinovic, I., Blockchains for IoT Payments: A Survey, 2018.

La sinergia derivante dalla combinazione delle nuove tecnologie DLT, intelligenza artificiale e Internet Of Things consente la creazione di una nuova economia parallela, composta interamente da relazioni e scambi economici tra sole macchine, con benefici in molteplici settori, come nell'industria manifatturiera, nel settore energetico o della mobilità.

- Settore industriale. I pagamenti M2M possono svolgere un ruolo essenziale nell'innovazione di alcuni processi industriali. Un possibile esempio è l'automazione del processo di inventario e dell'approvvigionamento delle scorte. Appositi sensori sono infatti in grado di misurare il livello delle scorte e, tramite l'impiego di *smart contracts* e moneta digitale, provvedere in maniera automatica ad effettuare l'ordine e il pagamento della fornitura necessaria. Sempre all'interno del settore industriale, tramite smart contracts è possibile istruire macchine intelligenti a provvedere in automatico all'acquisto e al pagamento di servizi o materie necessarie nella produzione: un macchinario produttivo, ad esempio, può automaticamente richiedere una fornitura di parti di ricambio nel momento in cui i sensori della macchina rilevano dei malfunzionamenti.
- Settore energetico. L'applicazione dei pagamenti M2M tramite tecnologia DLT rende possibili nuove modalità nella gestione e nello scambio di risorse energetiche, tramite la creazione di nuovi mercati energetici peer-to-peer. Grazie all'istallazione di pannelli solari in un numero sempre maggiore di edifici, i consumatori hanno la possibilità di diventare prosumer, utilizzando e producendo allo stesso tempo elettricità. La *blockchain* ha il potenziale di trasformare il rapporto tra utilizzatori e fornitori di energia, consentendo la creazione di un mercato dell'energia decentralizzato nel quale i produttori e i consumatori finali gestiscono l'offerta e la domanda di energia a livello locale. Alla base di questo sistema vi sono delle microreti IOT: uno "smart meter" in grado di registrare l'elettricità prodotta e tokenizzare i valori in entrata e in uscita⁴⁷. In seguito, i token vengono allocati presso gli altri

⁴⁷ Luke, M., Lee, S.J., Pekarek, Z., Dimitrova, A., Blockchain in Electricity: a Critical Review of Progress to Date, NERA Economic Consulting, 2018.

operatori sul mercato e la transazione viene aggiunta alla *blockchain* finalizzando il pagamento tramite l'utilizzo di moneta digitale. Tramite *smart contracts* è possibile, inoltre, rendere più efficiente il processo di acquisto e vendita dell'energia. Ad esempio, tramite lo *smart charging* nelle auto elettriche, è possibile determinare tramite *smart contract* uno specifico prezzo (in kW/h) a cui la macchina sarà ricaricata, automaticamente, nelle ore in cui l'elettricità avrà un costo tale da consentire la ricarica al prezzo stabilito.

Settore della mobilità. Tra le possibili innovazioni offerte dalla tecnologia DLT vi è la possibilità di automatizzare i pagamenti di servizi automobilistici, quali i pedaggi, la ricarica dei veicoli elettrici o i parcheggi. Un progetto pilota per l'automazione dei pagamenti dei parcheggi è stato lanciato da trive.me, una sussidiaria della società tedesca EDAG Engineering GmbH. Trive ha sviluppato un sistema M2M per la gestione dei parcheggi, in grado di calcolare automaticamente il costo del parcheggio, in base a una mappatura delle zone, e di effettuare in maniera automatica il pagamento. Un altro possibile applicativo della DLT nella mobilità è l'introduzione dei micropagamenti tra veicoli elettrici autonomi, al fine di raccogliere dati dagli altri veicoli e dall'infrastruttura circostante, come ad esempio dati riguardanti la velocità di percorrenza o l'affluenza di veicoli nelle strade. In tal modo è possibile, migliorare la capacità decisionale dell'AI incaricata di guidare il veicolo, incrementando la qualità complessiva del servizio⁴⁸.

Condivisione e monetizzazione dei dati

In molte imprese IT, il raccoglimento, l'analisi e la rivendita dei dati degli utenti sono diventati nell'ultimo decennio una componente sostanziale dell'attività e, in alcuni casi, il *core business* stesso. Al giorno d'oggi, infatti, i dati costituiscono la principale fonte di profitti di tutte le società internet che offrono servizi gratuiti per gli utenti, come ad esempio i social network (Meta, Twitter), produttori di giochi online free-to-play o fornitori di servizi IT gratuiti. Secondo l'analisi di Valuates Reports, nel 2020 il valore stimato del

-

⁴⁸ Ramachandran, G. S., Ji, X., Navaney, P., Zheng, L., Martinez, M, Krishnamachari, B., MOTIVE: Micropayments for trusted vehicular services, 2019.

mercato dei dati era di circa \$200 miliardi di dollari e le proiezioni al 2030 vedono il valore crescere oltre i \$600 miliardi⁴⁹. La tecnologia DLT può introdurre un cambiamento radicale nella pratica commerciale della raccolta dei dati, restituendo agli utenti il valore dei propri dati. Attraverso la blockchain e la moneta programmabile, è possibile creare un nuovo modello per cui i dati privati degli utenti sono accessibili solo agli utenti stessi e collezionabili dalle società interessate solo tramite uno specifico accordo con gli utenti. Tramite *smart contract*, infatti, è possibile corrispondere automaticamente una retribuzione a tutti coloro che decidano di rendere disponibili i propri dati di utilizzo dei servizi online. In tale modo le società che si occupano di data analysis possono continuare a raccogliere i dati necessari alla loro attività, ma il valore di questi non va più a beneficio esclusivo delle società in questione, ma resta in capo anche agli utenti finali, legittimi proprietari dei propri dati. Quando associata a sistemi IoT, la tecnologia DLT consente l'applicazione di un nuovo modello di business definito "Sensing-as-a-Service". L'idea è quella di offrire i dati raccolti da dispositivi e sensori IoT in cambio di un pagamento monetario. Ad esempio, un produttore di automobili può essere interessato a raccogliere dati riguardanti l'utilizzo dei veicoli venduti, retribuendo i proprietari dei veicoli disposti a condividere i propri dati, attraverso flussi, in tempo reale di micropagamenti.

Impiego di modelli pay-per-use

Per *pay-per-use* si fa riferimento a un modello di pagamento per cui il consumatore paga per l'utilizzo del prodotto in misura del tempo di utilizzo: i pagamenti avvengono dunque su base variabile e non predeterminata come, ad esempio, in un contratto di leasing. Attualmente il *pay-per-use* è utilizzato in pochi settori, come quello del noleggio di mezzi di trasporto urbani (ad esempio, i servizi di car sharing) o per l'affitto di server online (nel qual caso il pagamento è proporzionale alla potenza computazionale utilizzata).

L'introduzione di una moneta digitale, tuttavia, grazie alle caratteristiche di programmabilità e frazionabilità che la contraddistinguono, consente di estendere il

⁴⁹ Valuates Reports, Big Data and Business Analytics Market by Component: Global Opportunity Analysis and Industry Forecast, 2021–2030, Allied Market Research, 2021.

modello pay-per-use a settori e servizi generalmente esclusi da questa modalità di business. Nelle industrie in cui sono presenti elevati costi fissi, le società dovranno operare il più vicino possibile alla piena capacità produttiva al fine di coprire i costi di utilizzo dei macchinari, con il rischio che una diminuzione anche ridotta della domanda comporti una diminuzione sostanziale dei profitti. Per contrastare questo rischio, le società potrebbero adottare un modello pay-per-use per il leasing dei macchinari produttivi, riducendo i costi fissi, e pagando l'utilizzo dei beni, solo quando questi sono effettivamente utilizzati. Adottando questo modello, i produttori avranno degli introiti variabili, ma continui, attraverso il leasing dei loro macchinari, mentre gli utenti potranno usufruire dei beni senza acquistarli pagando solo per il reale utilizzo. Un primo esempio in tal senso è costituito dal caso della società austriaca produttrice di trattori Lindner, che nel 2020 ha avviato una collaborazione con la società finanziaria CashOnLedger per consentire agli utenti di pagare per i trattori in base al loro effettivo utilizzo⁵⁰. Attraverso l'utilizzo della tecnologia DLT, e un sistema di sensori, la società riesce a collezionare dati sull'utilizzo, inviando la fattura ai clienti in tempo reale e in maniera automatizzata. I pagamenti sono però successivamente regolati attraverso metodi di pagamento tradizionali, l'introduzione dell'euro programmabile consentirebbe di automatizzare anche la fase di pagamento, rendendo il sistema ancora più efficiente.

⁵⁰ https://cashonledgertech.medium.com/cashonledger-and-lindner-tractors-announce-a-strategic-partnership-f136d390fd8c

Conclusioni

L'innovazione digitale sta velocemente ridisegnando i meccanismi di funzionamento del sistema economico-finanziario e le dinamiche sociali che orientano le interazioni tra i cittadini, gli operatori dell'industria finanziaria e non finanziaria e le Istituzioni pubbliche.

Uno dei motori del cambiamento è senz'altro costituito dalla Distributed Ledger Technology (DLT). Nel settore finanziario, in particolare, la DLT offre la possibilità di ottenere un incremento significativo dell'efficienza operativa, accorciando la catena dell'intermediazione finanziaria e riducendo le frizioni che tradizionalmente caratterizzano tutte le transazioni, nel sistema monetario, in quello dei pagamenti e nel mercato finanziario.

A delineare una nuova e più efficiente infrastruttura del sistema finanziario può contribuire anche l'impiego di *smart contracts*, contratti auto-eseguibili programmati in moneta digitale, che riducono i costi di transazione e conferiscono certezza e immediatezza al trasferimento dei diritti implicito nei contratti.

In tale cornice si inserisce la *Central Bank Digital Currency* (CBDC). L'introduzione di una moneta digitale emessa da una banca centrale offre indubbie opportunità connesse al suo utilizzo sia come strumento di politica monetaria sia come mezzo di pagamento *retail*. I potenziali benefici si accompagnano, tuttavia, a significativi rischi di stabilità finanziaria messi in luce anche dai fallimenti registrati nell'esperienza internazionale.

Nel 2020 la Banca Centrale Europea (BCE) ha instituito una *task force* con l'obbiettivo di individuare le soluzioni operative, in termini di infrastruttura e tecnologia di emissione, più adeguate a disegnare un euro digitale programmabile funzionale agli obbiettivi della BCE e a neutralizzare i rischi sistemici. Gli esperti della *task force* hanno preso in considerazione e testato diverse opzioni e i risultati delle loro analisi aprono la strada a molteplici impieghi della *blockchain* e dell'euro programmabile nel sistema finanziario e nell'economia reale.

La portata innovativa di tali impieghi sarà valutabile appieno solo una volta che le Istituzioni avranno concretamente individuato infrastruttura e modalità di accesso e circolazione della CBDC e avviato la fase di implementazione del progetto sull'euro digitale.

La più ampia e completa trasformazione digitale del sistema economico-finanziario auspicata dalla Commissione Europea (Commissione Europea, 2020⁵¹), tuttavia, non potrebbe realizzarsi senza l'impegno profuso sul fronte delle conoscenze digitali dei cittadini, teso a elevare la loro digitalizzazione e, conseguentemente, l'utilizzo di servizi e strumenti finanziari digitali.

Il contesto che si sta delineando richiede, infatti, competenze specifiche che i cittadini italiani, in particolare, non hanno ancora maturato: nel 2021 l'Italia continua a mostrare un livello di competenze digitali e un grado di digitalizzazione al di sotto della media dell'Unione europea (si vedano a tal proposito i dati per il 2021 della Commissione Europea⁵² e della CONSOB⁵³).

Nell'ottica di un innalzamento delle competenze digitali e, quindi, della cosiddetta 'accettazione tecnologica'⁵⁴ dei cittadini, si sta definendo un nuovo quadro di riferimento: nel 2022 è atteso, infatti, il nuovo *European Digital Competence Framework for Citizens* (*DigComp*)⁵⁵, che si affiancherà al *Financial competence framework for adults in the European Union*⁵⁶ nell'individuazione di un quadro completo delle competenze che possono contribuire a migliorare il benessere degli individui e della società.

_

 $^{^{51}\} https://ec.europa.eu/info/publications/200924-digital-finance-proposals_en.$

⁵² Commissione europea. Digital Economy and Society Index 2021, https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/desi.

⁵³ CONSOB (2021), Rapporto sulle scelte di investimento delle famiglie italiane, https://www.consob.it/web/area-pubblica/report-famiglie.

⁵⁴ Caratelli, M., Giannotti, C., Linciano, N. e Soccorso, P., Valore della consulenza finanziaria e robo advice nella percezione degli investitori. Evidenze da un'analisi qualitativa, CONSOB, Quaderno FinTech n. 6, https://www.consob.it/documents/46180/46181/FinTech_6.pdf/185b1db5-d48f-4bd9-864b-082e356cb992.

⁵⁵ https://ec.europa.eu/jrc/en/digcomp.

⁵⁶ https://ec.europa.eu/info/files/220111-financial-competence-framework-adults_en.

BIBLIOGRAFIA

Arauz, A., Garrat, R., Ramos, D., Dinero Electrónico: The rise and fall of Ecuador's central bank digital currency, Latin American Journal of Central Banking, Volume 2, Issue 2, pp. 5-7, 2021

Arvidsson, N., Building a Cashless Society, Springer Briefs in Economics, Springer, pp. 81-83, 2018

Banca d'Italia, A digital euro: a contribution to the discussion on technical design choices, Mercati, infrastrutture, sistemi di pagamento No.10, pp. 45-50, 2021

BCE, Economic Bulletin, Issue/2018, pp. 89-91

BCE, Report on a digital euro, pp. 9-14 e pp. 36-41, 2020

BCE, Digital Euro experiment Combined feasibility – Tiered model, pp. 5-7, 2021

BCE, Work stream 3: A new solution – Blockchain & eID, 2021

Bindseil, U., Tiered CBDC and financial system, ECB, Working Paper Series No. 2351, pp. 22-25, 2020

BIS, Central bank digital currencies: foundational principles and core features, Report No. 1, pp. 2, 2020

Bean, C., Letter from Treasury Select Committee, 2013, disponibile presso www.bankofengland.co.uk/-/media/boe/files/letter/2013/charles-bean-letter-to-andrew-tyrie-160513.pdf

Buterin, V., Ethereum: A Next-Generation *Smart contracts* and Decentralized Application Platform, 2013, disponibile presso https://ethereum.org/en/whitepaper/

Caratelli, M., Giannotti, C., Linciano, N. e Soccorso, P., Valore della consulenza finanziaria e robo advice nella percezione degli investitori. Evidenze da un'analisi qualitativa, CONSOB, Quaderno FinTech n. 6, pp. 42, 2019

Central Bank of the Bahamas: Project Sand Dollar: A Bahamas Payment System Modernization Initiative, pp. 10-15, 2019

Commissione europea. Digital Economy and Society Index, 2021, disponibile presso https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_21_5481

CONSOB, Rapporto sulle scelte di investimento delle famiglie italiane, 2021, disponibile presso https://www.consob.it/web/area-pubblica/report-famiglie

de Lis, S.F., Urbiola, P., Retail Central Bank Digital Currency: means of payment vs store of value, SUERF Issue No. 183, 2020

Ensor, A., Shefer-Wenzl, S., Miladinovic, I., Blockchains for IoT Payments: A Survey, pp. 3-5, 2018

Haldane, A., How low can you go?, Speech at Portadown Chamber of Commerce, 2015, disponibile presso https://www.bankofengland.co.uk/speech/2015/how-low-can-you-can-go

M. King, Banking – from Bagehot to Basel, and back again, Speech at Second Bagehot Lecture, New York, 2010, disponibile presso https://www.bis.org/review/r101028a.pdf Judson, R., The Death of Cash? Not So Fast: Demand for U.S. Currency at Home and Abroad, 1990-2016, Conference paper, International Cash Conference, Germany, 2017 Kumhof, M., Noone, C., Central bank digital currencies — design principles and balance sheet implications, Bank of England, Staff Working Paper No. 725, pp. 34-36, 2018 Luke, M., Lee, S.J., Pekarek, Z., Dimitrova, A., Blockchain in Electricity: a Critical Review of Progress to Date, NERA Economic Consulting, pp. 21-24, 2018

Mersch, Y., Why Europe still needs cash, Project Syndicate, 2017, disponible presso https://cashessentials.org/mersch-why-europe-still-needs-cash/

Mersch, Y., Virtual or virtuless? The evolution of money in the digital age, Lecture at the official Monetary and Financial Institutions forum, London, 2018, disponible presso www.ecb.europa.eu/press/key/date/2018/html/ecb.sp180208.en.html

Nakamoto, S., Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System, 2008

Panetta, F., Il presente e il futuro della moneta nell'era digitale, *Lectio Cooperativa*, 2021 disponibile presso https://www.ecb.europa.eu/press/key/date/2021/html/ecb.sp211210~09b6887f8b.it.html

Panetta, F., 21st century cash: Central banking, technological innovation and digital currencies, SUERF Conference proceedings 2018/2.

Ramachandran, G.S., Ji, X., Navaney, P., Zheng, L., Martinez, M., Krishnamachari, B., MOTIVE: Micropayments for trusted vehicular services, pp. 1-2, 2019

Sandner, P., Groß, J., Chung, JC., The Programmable Euro: Review and Outlook, Finanzplatz München Initiative, pp. 32-43, 2021

Szabo, N., Formalizing and Securing Relationships on Public Networks, 1997, disponibile presso https://firstmonday.org/ojs/index.php/fm/article/view/548/469

Valuates Reports, Big Data and Business Analytics Market by Component: Global Opportunity Analysis and Industry Forecast, 2021–2030, Allied Market Research, 2021 Zhang, T., Huang, Z., Blockchain and central bank digital currency, Korean Institute of Communications and Information Sciences, ICT Volume 7, Issue 4, 2021

SITOGRAFIA

http://coin.dance/volume/localbitcoins/VED/BTC

https://cashonledgertech.medium.com/cashonledger-and-lindner-tractors-announce-a-strategic-partnership-f136d390fd8c

https://cdn-realt.junglewp.net/wp-

content/uploads/2019/05/RealToken_White_Paper_US_v03.pdf

https://coinmarketcap.com

https://databank.worldbank.org/source/global-financial-inclusion

https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/desi.

https://dydx.exchange

https://ec.europa.eu/info/files/220111-financial-competence-framework-adults_en.

https://ec.europa.eu/info/publications/200924-digital-finance-proposals_en.

https://ec.europa.eu/jrc/en/digcomp

https://www.abi.it/Pagine/news/Spunta-Project-blockchain-.aspx

https://www.blockchain.com/charts/my-wallet-n-users

https://www.bundesfinanzministerium.de/Content/DE/Gesetzestexte/Gesetze_Gesetzesvorhaben/Abteilungen/Abteilung_VII/19_Legislaturperiode/2021-06-09-einfuehrung-elektronische-wertpapiere/0-Gesetz.html

https://www.commerzbank.de/en/hauptnavigation/presse/pressemitteilungen/archiv1/202

1/2_quartal/presse_archiv_detail_21_02_97290.html

https://www.consob.it/web/area-pubblica/report-famiglie

https://www.deutsche-boerse.com/dbg-en/media/press-releases/DZ-BANK-BayernLB-media/press-releases/DZ-BANK-

and-Deutsche-B-rse-prove-functionality-of-digital-smart-derivative-contracts-2637128

https://www.dopex.io

https://www.justice.gov/archive/criminal/ceos/pressreleases/downloads/DC%20egold%2

0indictment.pdf

https://www.lbbw.de/konzern/medien-

 $center/presse in fos/2020/20200319_lbbw_press_release_lbbw-daimler-first-fully-digital-digit$

ssd_aaytk6hcht_m.pdf

https://usa.visa.com/dam/VCOM/blogs/visa-back-to-business-study-2022-outlook-jan 22.pdf

https://www.visa.co.uk/dam/VCOM/download/corporate/media/visanet-technology/aboutvisafactsheet.pdf