

Giochi didattici per il *Green Deal*

Giacomo Bianchin, Eleonora Polo, Alberto Zanelli, Armida Torreggiani

Consiglio Nazionale delle Ricerche - Istituto per la Sintesi Organica e la Fotoreattività (CNR-ISOF)

1. *Introduzione*

Gli studenti e le studentesse di oggi sono coloro che dovranno in un prossimo futuro attuare le azioni di resilienza per realizzare il *Green Deal*, con il quale l'Europa ambisce ad essere il primo continente climaticamente neutro entro il 2050. Tuttavia, l'attuale dipendenza energetica dai combustibili fossili potrebbe trasformarsi in una dipendenza dalle materie prime provenienti da fuori Unione Europea (UE); di queste, le materie su cui si basano filiere industriali di grande valore economico o strategico e che presentano un elevato rischio di approvvigionamento sono definite "materie prime critiche" (*Critical Raw Materials*, CRMs). Infatti già oggi l'industria europea importa tra il 75% e il 100% della maggior parte dei metalli. Per questo motivo, dal 2011 la Commissione Europea (CE) ha pubblicato, con cadenza triennale, lo studio sulle CRMs per l'UE, di cui il più recente nel 2023 (European Commission, 2023). Il rischio di approvvigionamento deve tenere conto di una pluralità di fattori: la concentrazione della produzione mondiale di materie prime in pochi paesi, la conseguente catena di fornitura alla UE, la *governance* dei paesi fornitori (compresi gli aspetti ambientali), il contributo del riciclo (ossia le materie prime secondarie), la possibilità di sostituzione, la dipendenza dell'UE dalle importazioni di materie prime e le restrizioni commerciali nei paesi terzi. Il rischio non può essere mai nullo ma deve essere portato entro limiti accettabili; minimizzare il rischio di approvvigionamento delle materie prime significa quindi aumentare la sicurezza del sistema industriale e di quello sociale ad esso correlato (European Union, 2018).

Il numero di CRMs per l'UE è in continua crescita: l'elenco 2023 contiene 34 voci rispetto alle 30 del 2020 (Commissione Europea, 2020), alle 27 del 2017 (Commissione Europea, 2017), alle 20 del 2014 (Commissione Europea, 2014) e alle 14 del 2011.

Considerata la complessità dell'argomento che integra diverse discipline, unita alla scarsità di cognizione da parte della collettività, risulta fondamentale

intervenire su più fronti al fine di favorire comportamenti consapevoli e partecipati. Il coinvolgimento di un pubblico più ampio, e in particolare dei giovani adulti e degli studenti e studentesse, è fondamentale per indurre un cambiamento culturale della società indirizzato a comportamenti più sostenibili che favoriscano la transizione verso un'economia circolare (EC), come ad es. l'uso prolungato degli oggetti e dei materiali, il loro riutilizzo e la loro riparazione, e aumentino la consapevolezza del valore degli oggetti di uso quotidiano e di una gestione responsabile delle risorse della Terra (Korsunova *et al.*, 2021). Infatti l'EC fa riferimento alle cosiddette strategie-R (dall'iniziale delle parole Rifiuta, Ripensa, Riduci, Riusa, Ripara, Ricicla, ecc.) indirizzate alla conservazione del valore di merci e materiali, con gerarchia di tipologie 9-R per la prevenzione dei rifiuti e il riutilizzo del valore (Kirchherr, 2017). Le azioni come il riutilizzo e la riparazione hanno priorità più alta tra le tipologie 9-R (R1-3) e appartengono alle strategie che forniscono il mantenimento del valore dell'oggetto più elevato, mentre ad esempio il riciclo ha il potenziale di conservazione del valore più basso (R7-9). È pertanto importante, soprattutto per le giovani generazioni, poter disporre di strumenti che facilitino la conoscenza e la percezione degli scenari che potrebbero verificarsi in un futuro che li riguarda direttamente.

2. Educational games *su temi prioritari per lo sviluppo sostenibile*

La formazione, compresa l'istruzione formale, svolge un ruolo cruciale nel diffondere i principi dello sviluppo sostenibile e dell'EC e i metodi di insegnamento che abbracciano la prospettiva ampia del pensiero sistemico, a differenza di quelli tradizionali incentrati maggiormente sul nozionismo e sulle singole discipline, possono stimolare i giovani a considerare in modo più approfondito le interdipendenze, i compromessi e le diverse prospettive delle parti interessate nello sviluppo sostenibile. Tra i metodi educativi, il *game-based learning*, che utilizza i giochi educativi per la veicolazione dei contenuti, sta guadagnando sempre maggiore attenzione come metodologia efficace e coinvolgente per creare consapevolezza e conoscenza (Wouters, 2013) e promuovere cambiamenti comportamentali legati alla sostenibilità. Infatti, nei giochi educativi, anche detti *serious games* o *educational games*, l'apprendimento non ha bisogno di essere esplicito, ma è ottenuto indirettamente integrando i contenuti educativi con gli elementi e le meccaniche di gioco; in questo modo, si ha una sorta di "apprendimento inconsapevole", ma non per questo meno significativo (Nesti, 2017). Nei *serious games* l'attore chiave è il discente, che decide cosa fare, quando farlo,

quali sono gli obiettivi intermedi, come e quando perseguirli: in questo modo, si viene a creare un ambiente di apprendimento proattivo, che coinvolge anche la sfera emozionale dello studente (Breuer, Bente, 2010). Il gioco aumenta la motivazione degli studenti (Papastergiou, 2009), contribuisce a sviluppare inoltre diverse abilità per raggiungere l'obiettivo in modo piacevole (Bevilacqua *et al.*, 2015), migliorare l'acquisizione di conoscenze (Miller, 2011) e a trovare soluzioni per circostanze impreviste, innescando la riflessione, il pensiero critico, e il *problem-solving*. Inoltre incoraggia lo sforzo collaborativo (Ouariachi *et al.*, 2018; Sánchez, 2011).

Gli obiettivi dei giochi didattico-educativi aiutano a sviluppare e consolidare una ampia serie di capacità, conoscenze e competenze (Lean, 2018) come ad es.:

- la comprensione e l'interpretazione di concetti, fatti o opinioni;
- l'interpretazione del mondo e le relazioni con gli altri;
- l'acquisizione di nuove conoscenze;
- l'adattamento a situazioni in evoluzione e la flessibilità;
- l'elaborazione di idee in azioni concrete e la capacità di *team working*.

Per queste ragioni, l'approccio ludico è stato scelto dai ricercatori del CNR per promuovere tra i giovani le conoscenze sui temi della ricerca di frontiera collegata al *Green Deal* e agli obiettivi dell'Agenda ONU 2030, nell'ambito del progetto "Change the Game: giocare per prepararsi alle sfide di una società sostenibile - ChangeGame" (<https://www.changegame.CNR.it>). Questo progetto, promosso da una rete di collaborazione tra istituti CNR dislocati in tutta Italia, sfrutta proprio i giochi didattico-educativi per favorire l'incontro tra le nuove generazioni e le tematiche su cui la ricerca del CNR opera. Il progetto ha infatti tra gli obiettivi quello di produrre giochi educativi da mettere a disposizione delle scuole primarie e secondarie, e il loro inserimento in percorsi multidisciplinari, in modo che ogni insegnante possa utilizzarli in autonomia durante l'anno scolastico.

A seconda della complessità della tematica i giochi sono indirizzati a *target* di età differenti in modo da garantire un'esperienza di apprendimento coinvolgente e di qualità. Alcuni esempi di giochi sviluppati e testati con successo sono i seguenti:

- *Il Gioco del Riciclo*, indirizzato alla fascia di età più giovane (6-11 anni), che invita i partecipanti ad un corretto smistamento dei rifiuti;
- *RauSeekers*, rivolto alle scuole secondarie, focalizzato sul tema delle CRM e sui risvolti geopolitici legati al loro approvvigionamento;

- *Mendeleev's World*, indirizzato principalmente alle scuole superiori (14-19 anni), che affronta il tema delle CRM legate alla transizione energetica, e mostra alcune delle loro applicazioni nelle diverse tecnologie (es. energie rinnovabili, batterie, ecc.).

2.1. *Il Gioco del Riciclo*

I bambini hanno qualche esperienza con la raccolta differenziata quotidiana, ma eseguirla correttamente non è semplice neppure per gli adulti. Se è difficile cambiare le abitudini degli adulti, è più facile trasmettere un messaggio ai bambini in modo che loro stessi diventino ambasciatori delle corrette pratiche di smistamento presso le proprie famiglie.

Il Gioco del Riciclo, pensato per una fascia di età compreso tra i 6 e i 11 anni, è un gioco dell'oca in cui le squadre, lanciando un dado e spostandosi di un numero di caselle uguale a quello ottenuto, devono raggiungere la fine del percorso (figura 1a) superando una serie di sfide come, ad esempio, conferire un rifiuto nel giusto bidone, rispondere correttamente ad alcuni quiz oppure completare dei mini giochi (figura 1b). La dinamica di gioco, nella sua semplicità, ingaggia e intrattiene i giocatori facilitando il percorso educativo che vuole trasmettere un chiaro messaggio: per compiere correttamente la raccolta differenziata è necessario impegno e attenzione, ma questa azione è imprescindibile per realizzare un futuro sostenibile.



Figura 1

a) Partecipanti di una classe del primo anno di scuola primaria, impegnati ne *Il Gioco del Riciclo*; b) esempio di mini gioco, che prevede una sfida ad individuare gli oggetti riciclabili nella lista presentata sulla carta, e fase di riconoscimento e smistamento dei rifiuti rappresentati nelle foto.

Il Gioco del Riciclo introduce e rafforza le competenze sul riconoscimento di diversi materiali e sul loro corretto smistamento (Deganello *et al.*, 2023). Infatti il corretto conferimento dei rifiuti è essenziale per facilitare il lavoro delle aziende che riciclano i materiali: se il centro di riciclo riceve rifiuti gestiti in modo scorretto la separazione dei materiali per ottenere materie prime secondarie sarà più difficile e costosa, fino a diventare economicamente non sostenibile. Ad esempio, se una partita di rottame di imballaggi in vetro contiene per errore anche vetro Pyrex o ceramica, l'intero lotto non potrà essere avviato alla produzione di nuovi imballaggi in vetro ma diventerà definitivamente rifiuto per l'impossibilità di separare i frammenti di ceramica e vetro Pyrex dalla massa del vetro da imballaggio rammollito in fase di lavorazione. Gli oggetti conferiti nel bidone sbagliato possono inoltre ostruire i macchinari dei centri di riciclo, rallentando la filiera di riciclaggio e imponendole costi di manodopera eccessivi.

Il Gioco del Riciclo è stato utilizzato con successo con circa 110 bambini delle classi di I e II elementare dell'Istituto Comprensivo 4 di Bologna e si è rivelato uno strumento efficace per introdurre i primi spunti di riflessione sulla tematica del corretto smistamento e per evidenziare come le decisioni individuali possano fare la differenza su scala più ampia, costruendo il senso civico già in giovane età.

2.2. *RawSeekers: Control new materials - Dominate new technologies*

Il gioco da tavola *RawSeekers: Control new materials - Dominate new technologies*, rivolto ad alunni di età compresa tra i 12 e i 19 anni, si ispira al famoso gioco da tavolo *Risiko!*, ed ha come obiettivo educativo quello di aumentare la consapevolezza degli adolescenti sull'importanza delle CRM per alcune tecnologie strategiche e la complessità della loro fornitura al sistema industriale dell'UE dovuta in gran parte alla distribuzione geografica non omogenea di queste ultime nel mondo.

Il gioco è ambientato in uno scenario futuro immaginario in cui la Repubblica Popolare Cinese, principale produttore di CRM, decide di chiuderne l'esportazione verso il resto del pianeta: ha quindi inizio una "corsa" alle materie prime. Ogni giocatore possiede un'azienda di prodotti high-tech che sono indicati sulla sua carta obiettivo, e per vincere dovrà cercare di realizzare quanti più prodotti possibili presenti su di essa, assicurandosi le forniture commerciali delle materie necessarie per realizzarli.

Ad esempio, come illustrato nelle carte obiettivo in figura 2, per realizzare il prodotto "Luci LED", è necessaria una fornitura di indio, gallio e fosfati, i cui siti

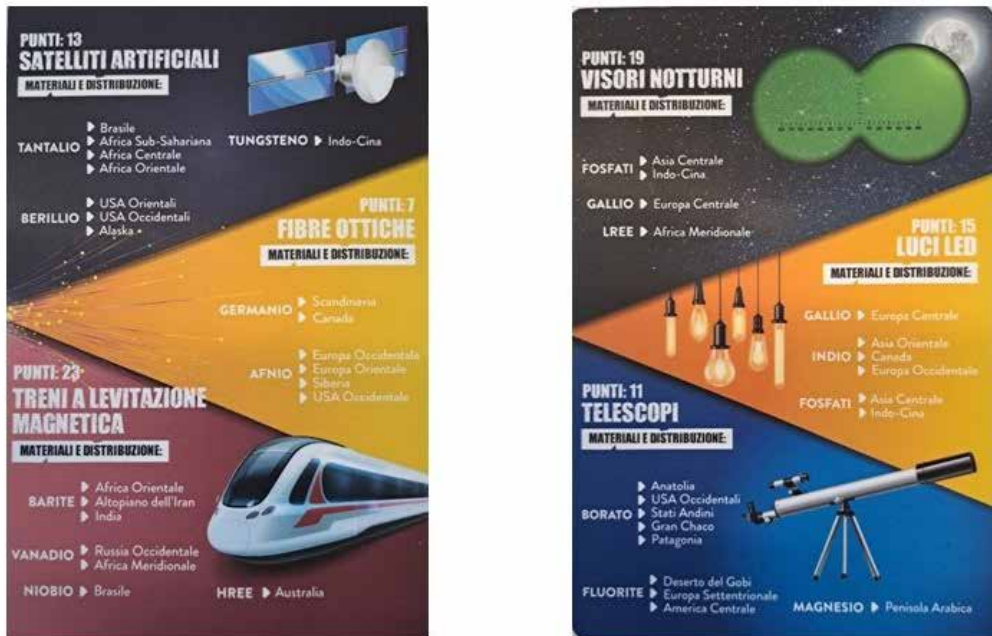


Figura 2
Esempio di carte obiettivo del gioco *RawSeekers*

di estrazione si trovano in regioni geografiche del mondo differenti (per es. gallio in Europa centrale, indio in Canada in Asia orientale e in Europa occidentale, ecc.). I giocatori si scontrano così tra loro per ottenere il diritto di sfruttamento di un territorio, in una “battaglia” commerciale per il controllo delle materie prime. Da sottolineare il fatto che la plancia di gioco di *RawSeekers* è stata sviluppata seguendo, in modo semplificato, la reale distribuzione geografica delle CRM nel mondo (figura 3) e mostra in modo molto evidente come alcune risorse sono concentrate all’interno di singole nazioni o regioni del globo, situazione questa che può comportare la nascita di un monopolio e/o possibili restrizioni dell’offerta dovute a fattori politici, ambientali o regionali. *RawSeekers* fornisce quindi la possibilità ai giocatori di riflettere sulla complessità di alcune dinamiche geopolitiche tipiche del mondo contemporaneo, mostrando in modo chiaro come i rapporti tra Stati sono determinati anche dallo sfruttamento commerciale di territori ricchi di materie prime essenziali all’economia mondiale.

Inoltre i giocatori di *RawSeekers* impareranno giocando che le CRMs sono e saranno sempre più cruciali per la produzione di oggetti high tech, poiché sono alla base di moltissime catene di valore. Ad esempio, i magneti grazie a cui le pale eoliche trasformano il movimento in energia elettrica, contengono alcune delle terre rare (*Rare Earth Elements*, REEs), le batterie delle auto elettriche sfruttano le proprietà elettriche di elementi come cobalto e litio, e il principale costituente delle celle fotovoltaiche è il silicio. Anche l'elettronica di consumo è coinvolta in queste dinamiche: dispositivi elettronici come gli smartphone, i computer e gli elettrodomestici possono contenere fino a 40 diversi elementi chimici molti dei quali rientrano nella categoria di CRMs. Un mercato così ampio, vario e in continua crescita determinerà sempre di più gli equilibri geo-politici mondiali.

Di questo gioco è stata sviluppata anche una versione digitale, giocabile online gratuitamente e disponibile in 13 lingue, chiamata *RAWsiko – Materials around us* (Torreggiani *et al.*, 2020) che utilizza le stesse meccaniche di base della sua controparte analogica (<https://rmschools.isof.CNR.it/toolkits/rawsiko-material-around-us-digital-version/>). Questa versione è stata sviluppata per poter raggiungere un pubblico più ampio e dare modo agli insegnanti di supportare un apprendimento attivo su queste tematiche anche in situazioni di didattica a distanza. *RAWsiko – Materials around us* è stato lanciato online nel 2021 durante vari eventi aperti al pubblico, come la Notte dei Ricercatori a Bologna, il Festival della Scienza di Genova e al Rome Videogame Lab e ha permesso il coinvolgimento di oltre 600 persone su queste tematiche. Si è rivelato inoltre utile anche nell'ambito di percorsi di apprendimento a distanza, come ad esempio in un percorso internazionale frutto di una collaborazione avviata dall'Ambasciata italiana a Boston (USA) e dal Ministero italiano dell'Istruzione. Questo *serious game* è stato così inserito nell'ambito del percorso di apprendimento dal titolo "Raw Materials and their importance to Society" condiviso da dUE classi del Liceo Copernico di Bologna e dUE della Wolburne School a Boston, ed si è rivelato utile per aprire la riflessione su alcune questioni geopolitiche collegate ai CRMs.

Il gioco da tavolo *RawSeekers* è stato più volte testato in contesti di apprendimento formale come ad esempio presso alcune scuole secondarie di Bologna nel 2023-2024 e al primo anno del corso di Scienze Geologiche presso l'Università di Parma. Questa versione si presta particolarmente ad essere giocato in aula per la durata di una partita (circa 50 min) e può essere facilmente integrato all'interno di un'unità didattica di scienze naturali o di educazione civica. *RawSeekers* è stato anche sperimentato in vari eventi informali, come ad esempio nel 2024 alla

Giochi didattici per il Green Deal

fiera Games On Board, al convegno nazionale del progetto “Il linguaggio della ricerca” (<https://ldr-network.bo.CNR.it/>) e durante l’edizione 2022 del festival Futuro Remoto a Napoli.

Per valutarne l’efficacia nel trasmettere alcuni concetti chiave sulle CRM, dopo le sessioni di gioco è stato inoltre somministrato ai partecipanti un breve questionario interattivo, attraverso la piattaforma interattiva Kahoot! (<https://kahoot.com/>). I risultati hanno così mostrato come oltre il 90% degli studenti fosse in grado di rispondere correttamente alle domande sulle tematiche affrontate durante le partite, dopo aver giocato a *RawSeekers* (fig. 4).



Figura 4

a) Esempio di domanda posta tramite la piattaforma *Kahoot!*; b) Grafico delle risposte a questa domanda ottenute mediante il quiz interattivo a fine sessione di gioco.

2.3. *Mendeleev's World*

Mendeleev's World, rivolto alle scuole secondarie di secondo grado, è un gioco di carte per due giocatori, ispirato a popolari giochi di carte collezionabili come *Magic: The Gathering* e *Yu-Gi-Oh!* e si svolge in un’ambientazione fantastica, in cui gli elementi della tavola periodica prendono vita, trasformandosi in esseri potenti e dotati di poteri straordinari, si scontrano senza sosta per dominare le tecnologie che disegnano il futuro del mondo. Attraverso le carte, vengono presentate le principali CRM utilizzate nel campo delle energie rinnovabili, le loro applicazioni e alcune politiche di approvvigionamento energetiche finalizzate alla riduzione dell’impatto climatico.

In *Mendeleev's World* l’obiettivo dei giocatori è sconfiggere l’avversario in un duello, riducendo a zero i suoi punti vita o far sì che egli esaurisca le sue materie

prime, rappresentate dal rispettivo mazzo di gioco. Per fare ciò, i giocatori utilizzano elementi e composti (figura 5a e 5b), che rappresentano CRM, per attaccare l'avversario, carte di *policy* (per es. stoccaggio energetico, recupero di rifiuti da apparecchiature elettriche ed elettroniche [RAE]; processi di sostituzione – figura 5c) che offrono potenziamenti alle carte elemento, e devono gestire i punti energia in loro possesso in quanto ogni carta per essere giocata richiede un costo energetico. Per accumulare più punti energia i giocatori possono mettere in campo delle carte che rappresentano le fonti energetiche (fig. 5d), le quali richiedono di “sacrificare” delle materie prime per essere giocate, simulando il reale consumo di CRM per la creazione degli impianti/dispositivi in grado di generare energia. I giocatori così affrontano sfide di gestione delle risorse e devono pianificare strategie per bilanciare il consumo dei materiali e delle risorse energetiche in loro possesso, aumentando dinamiche legate alla transizione energetica.



Figura 5

Le quattro tipologie di carte presenti nel gioco *Mendeleev's World*: a) elemento; b) materia prima; c) policy; d) fonte energetica.

Nel gioco è stata inoltre inserita la “meccanica” delle sinergie, che enfatizza l'utilizzo combinato di materiali critici esistente nella realtà in alcuni prodotti *hi-tech*; ad esempio, se sul terreno di gioco sono presenti contemporaneamente cadmio e tellurio, entrambi utilizzati nei pannelli fotovoltaici di ultima generazione, le prestazioni in combattimento di queste due carte miglioreranno. Grazie a questo meccanismo di gioco, è possibile quindi rafforzare l'apprendimento sugli utilizzi delle materie prime nelle tecnologie energetiche.

Giochi didattici per il Green Deal

Per rendere il design delle carte più accattivante, si è scelto di rappresentare le materie prime, in particolare gli elementi chimici, in chiave *fantasy*, facendo in modo che ogni immagine sulle carte, corredata da una breve descrizione, rappresentasse una o più caratteristiche reali dell'elemento o materiale (Bianchin *et al.*, 2024). Ad esempio, il rame, metallo ampiamente utilizzato nei cavi elettrici, nelle spire che avvolgono i generatori, negli inverter e nei sistemi di controllo, viene raffigurato come un serpente, immagine che rievoca un cavo elettrico avvolto e le scariche elettriche che lo circondano ricordano inoltre la caratteristica tipica di questo elemento che è quella di essere un ottimo conduttore di elettricità (fig. 6). Il neodimio, invece, sfruttato per le sue proprietà magnetiche eccezionali, è stato immaginato come uno stregone oscuro che controlla delle lame volanti incantate. Ogni carta è corredata inoltre di una breve descrizione dell'oggetto rappresentato, che nel caso degli elementi chimici può includere applicazioni,

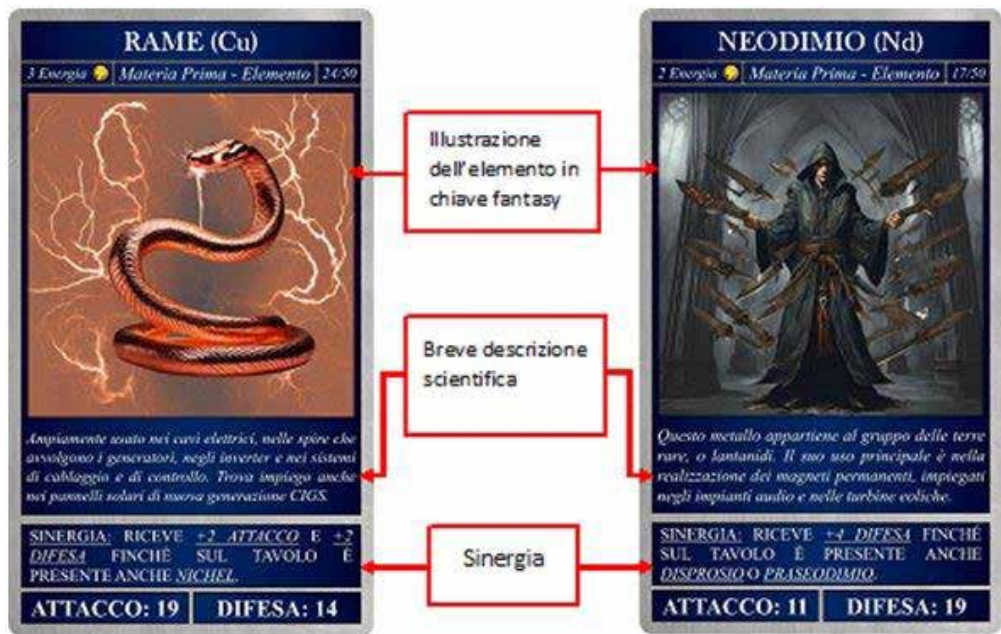


Figura 6

Esempi di carta elemento presenti nel gioco *Mendeleev's World*. Nell'immagine sono evidenziati alcuni elementi educativi delle carte, ovvero l'illustrazione dell'elemento, la sua descrizione e l'eventuale sinergia con altri elementi.

caratteristiche chimico-fisiche, curiosità o l'etimologia stessa del nome dell'elemento (fig. 6).

Mendeleev's World è stato il risultato di una tesi di Laurea magistrale in Didattica e Comunicazione delle Scienze Naturali dell'Università di Bologna (Bianchin, 2024) ed è stato testato in occasione della fiera di giochi da tavolo *GamesOnBoard 2024*, in cui è stato particolarmente apprezzato, sia dagli studenti che da esperti nel settore ludico, per il design e per le meccaniche di gioco coinvolgenti.

3. Conclusioni

Il *Green Deal* e in generale tutta la politica energetica dell'Unione Europea innescherà profondi cambiamenti nelle abitudini dei cittadini, nei modelli economici degli Stati membri e nelle dinamiche geopolitiche che regolano i rapporti con fornitori, alleati e concorrenti. Se vogliamo che l'Europa dipenda sempre meno dall'importazione di materie prime critiche cruciali per la transizione verso le energie rinnovabili, il passaggio a un modello economico circolare sarà fondamentale per ridurre l'impatto di questa dipendenza. I cittadini del futuro vivranno questi mutamenti e avranno la responsabilità di prendere decisioni cruciali per raggiungere la neutralità climatica entro il 2050. Con i giochi sviluppati nell'ambito del progetto "ChangeGame", i ricercatori del CNR hanno messo a punto alcuni strumenti ludico-didattici efficaci nell'accrescere la consapevolezza su problemi e soluzioni della transizione energetica, nell'innescare le prime riflessioni su tematiche complesse e nel costruire il senso civico già in giovane età, che possono essere utilizzati facilmente dagli insegnanti nell'ambito dei percorsi di apprendimento formali ed informali.

Ringraziamenti

Gli autori ringraziano per il supporto finanziario ricevuto, il progetto "Change the Game. Giocare per prepararsi alle sfide di una società sostenibile" (<https://www.changegame.CNR.it>) -Progettidiricerca@CNR (C.U.P. B53C22000720005), e Raw Matters Ambassadors at Schools - RM@Schools4.0 (<https://rmschools.eu/>), finanziato dall'European Institute for Innovation and Technology (EIT) nell'ambito delle Materie Prime (EIT RM), PA no. 20069; Quest'ultimo in particolare ha permesso lo sviluppo del gioco digitale RAWSiko.

Riferimenti bibliografici

- Bevilacqua M., Ciarapica F.E., Mazzuto G., Paciarotti C. (2015), "Cook & Teach": *Learning by playing*, «Journal of Cleaner Production», 106, pp. 259-271.
- Bianchin G., Torreggiani A., Forini L., Braga R., Zanelli A. (2024), *Game-Based Learning to Enhance the Awareness on Raw Materials Necessary for the Energy Transition*, 14th International Conference The Future of Education (Florence, 19-21 June 2024), 584-590, Firenze, Filodritto Editore.
- Bianchin G. (2024), *Sviluppo di un gioco educativo per favorire apprendimento e consapevolezza sulle materie prime critiche per la transizione energetica*, Bologna, Alma Mater Studiorum – Università di Bologna, Dipartimento di Scienze Biologiche, Geologiche ed Ambientali.
- Breuer J., Bente G. (2010), *Why so serious? On the relation of serious games and learning*, «Journal for Computer Game Culture», 4 (1), pp. 7-24.
- Commissione Europea (2014), *Comunicazione della Commissione al Parlamento Europeo, al Consiglio, al Comitato Economico e Sociale Europeo e al Comitato delle Regioni concernente la revisione dell'elenco delle materie prime essenziali per l'UE e l'attuazione dell'iniziativa "materie prime"*, COM (2014) 297.
- (2017), *Comunicazione della Commissione al Parlamento Europeo, al Consiglio, al Comitato Economico e Sociale Europeo e al Comitato delle Regioni concernente l'elenco 2017 delle materie prime essenziali per l'UE*, COM (2017) 490.
 - (2020), *Comunicazione della Commissione al Parlamento Europeo, al Consiglio, al Comitato Economico e Sociale Europeo e al Comitato delle Regioni: Resilienza delle materie prime critiche: tracciare un percorso verso una maggiore sicurezza e sostenibilità*, COM (2020) 474.
- Deganello F., Testa M.L., Zanelli A., Lucentini R., Ienco A., Calamante M., Vineis C., Varesano A., Torreggiani A. (2023), *Chimica e Sostenibilità: un gioco da ragazzi!*, «La Chimica nella Scuola», atti del convegno della Divisione di Didattica della Chimica della Società Chimica Italiana» (Salerno, 2023).
- European Commission (2018), *EIP on Raw Materials*, «Raw Materials Scoreboard».
- (2023), *Study on the Critical Raw Materials for the EU 2023 – Final Report*.
- Kirchherr J., Reike D., Hekkert M. (2017), *Conceptualizing the circular economy: An analysis of 114 definitions*, «Resources Conservation and Recycling», 127, pp. 221-232. DOI: 10.1016/j.resconrec.2017.09.005.
- Korsunova A., Horn S., Vainio A. (2021), *Understanding circular economy in everyday life: Perceptions of young adults in the Finnish context*, «Sustainable Production and Consumption», 26, pp. 759-769.
- Lean J., Illingworth S., Wake P. (2018), *Unhappy families: Using tabletop games as a technology to understand play in education*, «Research in Learning Technology», 26.

- Llanos J., Fernández-Marchante C.M., García-Vargas J.M., Lacasa E., de la Osa A. R., Sanchez-Silva M.L., De Lucas-Consuegra A., Garcia M. T., Borreguero A.M. (2021), *Game-based learning and just-in-time teaching to address misconceptions and improve safety and learning in laboratory activities*, «Journal of Chemical Education», 98, pp. 3118-3130.
- Miller L.M., Chang C. ., Wang S., Beier M. E., Klisch Y. (2011), *Learning and motivational impacts of a multimedia science game*, «Computers & Education», 57 (1), pp. 1425-1433.
- Nesti, R. (2017), *Game-Baesda Learning: gioco e progettazione ludica in educazione*, Pisa, Ed. ETS.
- Ouariachi T., Elving W.J.L. e Pierie F. (2018), *Playing for a Sustainable Future: The case of We Energy Game as an Educational Practice*, «Sustainability», 10 (10), 3639.
- Papastergiou M. (2009), *Digital Game-Based Learning in high school Computer Science education: Impact on educational effectiveness and student motivation*, «Computers & Education», 52 (1), pp. 1-12.
- Sánchez J., Olivares R. (2011), *Problem solving and collaboration using mobile serious games*, «Computers & Education», 57 (3), pp. 1943-1952.
- Torreggiani, A., Zanelli, A., Canino, M. C., Degli Esposti A., Benvenuti E., Lapinska-Viola R., Forini L., Turinetto M. (2021), *RAWsiko – Materials Around Us: A Digital Serious Game to Teach About Raw Materials' Importance for the Transition Towards a Low-Carbon Economy*, 10th International Conference on Education and New Learning Technologies, Firenze, Filodritto Editore.
- Wouters P., van Nimwegen C., van Oostendorp H., van der Spek E.D. (2013), *A meta-analysis of the cognitive and motivational effects of serious games*, «Journal of Educational Psychology», 105 (2), pp. 249-265.