

LA SOSTENIBILITÀ AMBIENTALE DELL'INTELLIGENZA ARTIFICIALE: LUCI E OMBRE IN UNA PROSPETTIVA COMPARANTE

Vittoria Trifiletti*

Abstract

(ITA)

L'idea secondo cui l'intelligenza artificiale possa rappresentare uno strumento prezioso per la tutela della sostenibilità ambientale si è ormai affermata tanto nel dibattito scientifico quanto in quello pubblico. Un simile assunto, tuttavia, richiede un'analisi critica più approfondita. Se, da un lato, è innegabile che l'impiego dell'IA possa contribuire in misura significativa alla riduzione dell'inquinamento, dall'altro non può essere trascurato che l'utilizzo di tali tecnologie comporta inevitabilmente un consumo di risorse naturali e un conseguente impatto ambientale. Il presente contributo si propone di indagare la complessità di tale equilibrio, attraverso il confronto tra l'approccio normativo europeo e quello di altri ordinamenti – in particolare quello statunitense – e di ipotizzare l'introduzione di un marchio ecologico volto a sensibilizzare i consumatori circa l'effettivo impatto ambientale dei singoli sistemi di intelligenza artificiale.

(EN)

The claim that artificial intelligence (AI) could be a valuable tool to assist humanity in protecting the sustainability of the environment has become widespread in both the scientific and the public debate. However, this claim deserves deeper critical analysis. Although the use of artificial intelligence may indeed have significant benefits in terms of pollution reduction, it should not be overlooked that the use of such technology in turn implies an inevitable consumption of natural resources and consequent environmental impact. This paper examines the complexity of this balance by

* Dottoranda in Diritto comparato presso l'Università degli Studi di Torino
vittoriamargheritasofia.trifiletti@unito.it

Il presente contributo è stato presentato al VIII Convegno Nazionale SIRD: "Ambiente, economia, società. La misura della sostenibilità nelle diverse culture giuridiche", Roma, 12-14 settembre 2024.

comparing the European regulatory approach with other legal systems, such as that of the United States, and hypothesises the introduction of an eco-label to raise consumer awareness of the real environmental impact of individual AI devices.

Indice Contributo

LA SOSTENIBILITÀ AMBIENTALE DELL'INTELLIGENZA ARTIFICIALE: LUCI E OMBRE IN UNA PROSPETTIVA COMPARANTE.....	723
Abstract.....	723
Keywords.....	724
1. Introduzione	725
2. I costi ambientali nascosti dell'Intelligenza Artificiale	727
3. I vantaggi ambientali dell'uso dell'Intelligenza Artificiale.....	734
4. Una prospettiva comparata sulle norme e sulle proposte normative per la sostenibilità ambientale dell'intelligenza artificiale	739
5. Conclusioni	747

Keywords

Intelligenza Artificiale – Sostenibilità Ambientale – Diritto Comparato – Bilanciamento –
Marchio Ecologico

Artificial Intelligence – Environmental Sustainability – Comparative Law – Balancing –
Eco-Label

1. Introduzione

L'intelligenza artificiale si sta affermando sempre più come una risorsa essenziale¹ nella nostra vita quotidiana². Sebbene il suo impatto venga spesso percepito in modo positivo, è fondamentale non ignorarne il costo ambientale³ che, in futuro, potrebbe diventare ben maggiore.

In questo contesto l'intelligenza artificiale si presenta con un duplice volto: da un lato, una promessa di sostenibilità; dall'altro, un ulteriore fattore di sfruttamento delle risorse ambientali e di inquinamento, sicché questa ambivalenza richiede una riflessione attenta e approfondita sulla sua vera natura.

Alcune voci ritengono che i costi generati dall'intelligenza artificiale possano superare i suoi benefici⁴; secondo altre analisi, il suo impatto ecologico diventerà in futuro più gravoso e insostenibile⁵.

¹ Si parla, a proposito di terza rivoluzione, quella dell'Intelligenza artificiale (G Sartor, *L'intelligenza artificiale e il diritto* (Giappichelli 2022) xi ss.).

² Basti pensare, tra tutti, all'impatto che questa nuova tecnologia sta avendo nel settore sanitario (sul punto cfr. ex multis U Ruffolo, M Gabbirelli (eds.), *Intelligenza Artificiale, dispositivi medici e diritto* (Giappichelli 2023)).

³ R Dhiman et al., 'Artificial Intelligence and Sustainability – A Review' (2024) 3 Analytics 140 ss.

⁴ Si pensi, ad esempio, alle recenti affermazioni di Bill Gates secondo cui, pur stimando il consumo dei *data centres* pari a circa il 6% dell'energia globalmente consumata, le tecnologie dotate di IA ridurranno in misura sicuramente maggiore i consumi energetici del pianeta (J Ambrose, A Hern, 'AI Will Be Help Rather than Hindrance in Hitting Climate Targets, Bill Gates says' (*The Guardian*, 27 giugno 2024) <<https://www.theguardian.com/technology/article/2024/jun/27/ai-bill-gates-climate-targets-datacentres-energy>> (visitato il 13 gennaio 2025)).

⁵ Lo stesso Sam Altman, CEO di *OpenAI*, ha apertamente ammesso la necessità di una svolta energetica perché l'intelligenza artificiale consumerà più energia di quanto in astratto si prevedesse ('OpenAI CEO Sam Altman Says at Davos Future AI Depends on Energy Breakthrough' (*Economic Times*, 16 gennaio 2024) <<https://economictimes.indiatimes.com/tech/technology/openai-ceo-sam-altman-says-at-davos-future-ai-depends-on-energy-breakthrough/articleshow/106906470.cms?from=mdr>> (visitato il 13 gennaio 2025))).

Alcuni studi suggeriscono invece che le più recenti tecnologie basate sull'intelligenza artificiale potrebbero essere a impatto zero⁶, risultando meno inquinanti degli strumenti attuali, con emissioni inferiori a quelle umane⁷. Tuttavia, resta da valutare la reale comparabilità tra l'impatto ambientale dell'uomo e quello delle macchine nello svolgimento delle stesse attività, così come paiono fondati i dubbi sulla loro effettiva intercambiabilità.

Ad ogni modo, determinare il reale impatto ambientale dell'intelligenza artificiale è un'impresa tutt'altro che agevole, complice la mancanza di trasparenza e l'assenza di un obbligo di rendicontazione circa i costi ecologici legati al suo impiego. Produrre questi dati dipende interamente dalla "buona volontà" delle *Big Tech*⁸, con tutte le conseguenze che ciò comporta in termini di affidabilità di eventuali calcoli basati su di essi⁹.

⁶ Nel 2024 Google ha stimato che le emissioni di gas effetto serra prodotte nei propri *data centres* sono aumentate del 48% negli ultimi 5 anni, con un aumento del 13% rispetto all'anno precedente, dunque, per via dell'uso sempre più significativo dell'intelligenza artificiale, sarà molto difficile raggiungere l'obiettivo di zero emissioni entro il 2030 (D Milmo, 'Google's Emissions Climb Nearly 50% in Five Years Due to AI Energy Demand' (*The Guardian*, 2 luglio 2024) <<https://www.theguardian.com/technology/article/2024/jul/02/google-ai-emissions>> (visitato il 13 gennaio 2025)).

⁷ B Tomlinson, et al., 'The Carbon Emissions of Writing and Illustrating are lower for AI than for humans' (2024) 14 Scientific Report 3732 , secondo cui le attività di scrittura e di illustrazione le emissioni di carbone prodotte sono maggiori laddove esse siano svolte dall'uomo – si noti, da solo od assistito da un computer – rispetto alla loro produzione affidata alla mera intelligenza artificiale.

⁸ Varie *corporations* elaborano modelli sul proprio impatto ambientale, si pensi, a titolo di esempio, a quello predisposto da Apple ('Apple Cuts Greenhouse Gas Emissions in Half' (*Apple*, 18 aprile 2024) <<https://www.apple.com/newsroom/2024/04/apple-cuts-greenhouse-emissions-in-half/>> (visitato il 13 gennaio 2025)), nonché da Microsoft ('2024 Environmental Sustainability Report' <<https://query.prod.cms.rt.microsoft.com/cms/api/am/binary/RW1MjE>> (visitato il 13 gennaio 2025)) e da Google ('Google 2024 Environmental Report' <<https://www.gstatic.com/gumdrop/sustainability/google-2024-environmental-report.pdf>> (visitato il 13 gennaio 2025)).

⁹ Il quotidiano *The Guardian* reputa che questi dati non siano pienamente attendibili. Le reali emissioni prodotte dai *data centres* di Google, Microsoft, Meta ed Apple sarebbero il 662% maggiori di quanto dichiarato da queste società (I O'Brien, 'Data Center Emissions Probably 662% Higher than Big Tech Claims. Can It Keep Up The Ruse?' (*The Guardian*, 15 settembre 2024) <<https://www.theguardian.com/technology/2024/sep/15/data-center-gas-emissions-tech>> (visitato il 13 gennaio 2025)).

2. I costi ambientali nascosti dell’Intelligenza Artificiale

L’analisi dei costi legati ai dispositivi basati sull’intelligenza artificiale rivela un impatto ambientale determinato da molteplici fattori. Oltre ai costi diretti del loro utilizzo, incidono le caratteristiche dei *data centres* che li alimentano¹⁰, la loro localizzazione e il grado di innovazione e di sostenibilità delle tecnologie impiegate. A ciò si aggiungono effetti collaterali rilevanti, come la rapida obsolescenza tecnologica, che amplifica il problema dell’*e-waste*, e l’inquinamento derivante dai materiali impiegati, in particolare dai minerali essenziali alla loro produzione.

È emersa, allora, una netta dicotomia¹¹ tra la *Red AI* e la *Green AI*. Con il primo termine si intendono i sistemi di intelligenza artificiale in rapida espansione¹², focalizzati unicamente sul conseguimento di un’accuratezza sempre maggiore, spesso a scapito di un elevato consumo di energia computazionale. Al contrario, la *Green AI* si riferisce ai sistemi che si attengono a rigorosi *standards* di sostenibilità ambientale. Questa distinzione illustra come un approccio esclusivamente orientato al perfezionamento della precisione possa portare all’aumento dei costi di elaborazione per ciascuna richiesta. Inoltre, l’incremento del volume dei dati di addestramento e delle loro varianti contribuisce in modo significativo al proporzionale aumento del fabbisogno energetico necessario per il funzionamento di tali sistemi¹³.

¹⁰ I *data centres* collocati in paesi caratterizzati da temperature fredde possono essere raffreddati sfruttando la bassa temperatura dell’aria; questa è stata una delle ragioni storiche che ha portato alla collocazione dei primi centri nel Nord-ovest Pacifico e nei paesi nordici (J Saunavaara, A Laine, M Salo, ‘The Nordic Societies and The Development of The Data Centre Industry: Digital Transformation Meets Infrastructural and Industrial Inheritance’ (2022) 69 *Technology in Society* 4 ss.).

¹¹ R Schwartz, et al., ‘Green AI’ (2020) 63 *Communications of the ACM* 54 ss.

¹² PK Lin, ‘The Cost of Teaching a Machine: Lighting the Way for a Climate-Aware Policy Framework that Addresses Artificial Intelligence’s Carbon Footprint Problem’ (2023) 34 *Fordham Environmental Law Review* 6.

¹³ P Spelda, V Stritecky, ‘The future of human-artificial intelligence nexus and its environmental costs’ (2020) 117 *Futures* 2.

La tassonomia delle forme di intelligenza artificiale sostenibile presenta una complessità notevole, poiché è emersa un’ulteriore distinzione tra *Green-in AI*, che designa tecnologie progettate per ridurre l’impatto ecologico, e *Green by AI*¹⁴. Questa seconda modalità si riferisce all’applicazione dell’intelligenza artificiale per gestire in modo più efficiente le risorse naturali, e viene impiegata, ad esempio, in agricoltura¹⁵. In questo contesto, non si riduce l’impatto ambientale attraverso dispositivi intrinsecamente sostenibili, ma ottimizzando l’uso delle risorse naturali tramite macchinari appositamente progettati a tal fine.

Per valutare in modo completo l’impatto ambientale di questi dispositivi, è opportuno esaminare alcune stime riguardanti gli effetti che questa tecnologia esercita sull’ambiente.

In proposito, limitarsi a valutare esclusivamente la fase di *training* del sistema non è soddisfacente, perché genera risultati fuorvianti¹⁶. Infatti, una stima più corretta richiede di considerare l’impatto ambientale di questi strumenti in ogni fase del loro utilizzo, incluse quelle precedenti all’addestramento, come la produzione dell’*hardware*. Ne deriva l’esigenza di una valutazione olistica che abbracci il concetto di *AI compute*, inclusiva di tutte le componenti – *hardware* e *software* – di un dispositivo dotato di questa tecnologia. In tal modo, è possibile analizzare l’impatto ambientale lungo il suo intero ciclo di vita, dalla produzione allo smaltimento, passando per il trasporto e lo stesso utilizzo¹⁷. La valutazione dei costi ambientali dell’intelligenza artificiale si

¹⁴ S Weber, et al., ‘Sustainability in Artificial Intelligence – Towards a Green AI Reference Model’, in M Klein, et al. (eds), *Informatik 2023. Designing Futures: Zukünfte gestalten. 26 – 29 September, Berlin. Proceedings* (Gesellschaft für Informatik e.V 2023) 5 ss.

¹⁵ AA Mana, et al., ‘Sustainable AI-based production agriculture: Exploring AI applications and implications in agricultural practices’ (2024) 7 *Smart Agricultural Technology* 2 ss.

¹⁶ In questo senso la Fondazione per la Sostenibilità Digitale richiede che i sistemi di intelligenza artificiale rispettino il principio di efficienza energetica e che, pertanto, siano progettati tenendo in considerazione il loro impatto ambientale nelle fasi di addestramento, esercizio ed utilizzo (Fondazione per la Sostenibilità Digitale, ‘Manifesto per la Sostenibilità Digitale dell’Intelligenza Artificiale’, Audizione nell’ambito dell’indagine conoscitiva sull’intelligenza artificiale: opportunità e rischi per il sistema produttivo italiano, X Commissione Attività produttive, commercio e turismo della Camera dei deputati, 27 settembre 2023, Roma, 2 ss.).

¹⁷ OECD Publishing, ‘Measuring the Environmental Impacts of Artificial Intelligence Compute and Application. The AI Footprint’ (2022) 341 *OECD Digital Economy Papers* 18 ss.

presenta particolarmente complessa a causa della scarsa trasparenza e qualità dei dati disponibili su questo tema. Di conseguenza, ci si limita a fornire stime probabilistiche, le quali, per loro natura, non possono essere considerate né esaustive, né completamente affidabili.

Alcuni studi stimano che le emissioni di CO₂ durante la fase di addestramento di un *large language model* (LLM) possano raggiungere circa 300.000 kg. Per rendere questo dato più comprensibile, è possibile confrontarlo con le emissioni generate da 125 voli di andata e ritorno tra New York e Pechino¹⁸, oppure con quelle di cinque autovetture nel corso della loro intera vita¹⁹.

Ulteriori studi si sono concentrati sull'impatto ambientale di ChatGPT-3, stimando che l'energia elettrica consumata durante il suo addestramento sia equivalente al fabbisogno annuale di 121 abitazioni negli Stati Uniti. Inoltre, le emissioni di anidride carbonica generate sono state calcolate in un ammontare pari a quello prodotto da 33 voli tra Australia e Regno Unito²⁰. Considerando che ChatGPT-4 è stato addestrato utilizzando un numero significativamente maggiore di variabili, è lecito ipotizzare che i dati relativi ai suoi consumi energetici siano ancor più elevati²¹.

Si stima che per addestrare ChatGPT-3 siano stati necessari circa 700.000 litri di acqua potabile²², un quantitativo equivalente all'utilizzo annuale di acqua di una famiglia

¹⁸ P Dhar, 'The Carbon Impact of Artificial Intelligence' (2020) 2 Nature Machine Intelligence 423 ss.

¹⁹ N Perucica, K Andjelkovic, 'Is the future of AI sustainable? A case study of the European Union' (2022) 16 Transforming Government: People, Process and Policy 350.

²⁰ V Bolon-Canedo, et al., 'A Review of Green Artificial Intelligence: Towards a more sustainable future' (2024) 599 Neurocomputing 1

²¹ S Ren, 'How much water does AI consume? The public deserves to know' (2023) OECD.AI Policy Observatory <<https://oecd.ai/en/wonk/how-much-water-does-ai-consume>> (visitato il 13 gennaio 2025).

²² P Li, et al., 'Making AI Less "Thirsty": Uncovering and Addressing the Secret Water Footprint of AI Models' (2023) ArXiv Preprint 1 ss.

statunitense per vent'anni²³. Studi ulteriori indicano che il sistema consuma circa mezzo litro d'acqua ogni 20-50 sollecitazioni. Questo dato diventa particolarmente significativo se si considera che nel luglio 2024 si è stimato che il numero di utenti mensili della piattaforma fosse pari a circa 180 milioni di utenti con un consumo orario intorno ai 6.000 litri d'acqua²⁴.

Altre statistiche seguono un approccio olistico per valutare l'impatto ambientale di tutti i dispositivi dotati di intelligenza artificiale. Si stima così che il consumo annuale complessivo di questi sistemi si attesti tra i 3 e i 6 milioni di metri cubi d'acqua, un volume corrispondente al fabbisogno annuale di circa 300.000 - 600.000 persone²⁵.

Questi dati si riferiscono sia al consumo diretto di acqua – necessaria per alimentare direttamente la tecnologia, come, ad esempio, l'acqua impiegata per la produzione di *microchips* e per i sistemi di raffreddamento dei *data centres*²⁶ – sia al consumo indiretto, ossia l'acqua utilizzata per generare l'energia elettrica necessaria al funzionamento dell'intelligenza artificiale²⁷.

Pertanto, per valutare l'impatto ambientale di questi dispositivi, è cruciale considerare la quantità di energia elettrica necessaria per alimentarli. Parrebbe che il consumo di questa risorsa sia significativo non solo durante la fase di addestramento, ma anche in quella successiva, ad ogni sollecitazione, soprattutto quando i sistemi sono implementati su larga scala²⁸.

Per ridurre i consumi di energia elettrica, si stanno attuando iniziative finalizzate a ottimizzare i *software* di intelligenza artificiale, rendendoli più efficienti dal punto di

²³ A Shaji George, AS Hovan George, AS Gabrio Martin, "The Environmental Impact of AI: A Case Study of Water Consumption by ChatGPT" (2023) 1-2 Partners Universal International Innovation Journal 96.

²⁴ *Ibidem*, 97.

²⁵ *Ibidem*.

²⁶ Sulla struttura dei *data centres* cfr. T-H Hu, *A prehistory of the cloud* (MIT Press 2015) 79 ss.

²⁷ A. Shaji George, A.S. Hovan George, A.S. Gabrio Martin, *op. cit.*, 91 ss.

²⁸ A Zhuk, 'Artificial Intelligence Impact on the Environment: Hidden Ecological Costs and Ethical-Legal Issues' (2023) 1 Journal of Digital Technologies and Law 936.

vista energetico, oltre a sviluppare modalità di ricerca più efficaci per ogni singola interrogazione della macchina²⁹. È stato dimostrato, infatti, che ogni aspetto della progettazione di questi dispositivi – dal numero di parametri che li compongono alla scelta della struttura dell'*hardware* – può influenzare, in misura più o meno diretta, il loro consumo energetico finale e, di conseguenza, il loro impatto ambientale³⁰.

Inoltre, i dispositivi che utilizzano questa tecnologia dipendono dall'operatività di *data centres*, i quali richiedono anch'essi una notevole quantità di energia elettrica per funzionare.

A tal proposito, si prevede che negli Stati Uniti il consumo di energia elettrica delle strutture per i *data centres* aumenterà considerevolmente nei prossimi anni, passando da 200 TWh nel 2022 – equivalenti al 4% del consumo totale di energia nel paese – fino a 260 TWh nel 2026³¹. Nel contempo, a livello globale, il consumo di energia è stimato raggiungere i 1.000 TWh nello stesso intervallo temporale³². Questi dati si allineano con le stime relative all'Unione Europea, dove il consumo è stato di 45-65 TWh nel 2022, corrispondente all'1,8-2,6% del consumo energetico complessivo

²⁹ E Strubell, A Ganesh, A McCallum, ‘Energy and Policy Considerations for Deep Learning in NLP’ (2020) The 57th Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics (ACL) 5.

³⁰ AS Luccioni, Y Jernite, ‘Power Hungry Processing: Watts Driving the Cost of AI Deployment?’ (2024) ArXiv 10.

³¹ Altre stime ritengono che nel 2026 si avrà un incremento globale tra il 35 e il 128 % dell'energia necessaria ad alimentare i *data centres* (K Bourzac, ‘Fixing AI’s Energy Crisis’ (*Nature*, 17 ottobre 2024) <<https://www.nature.com/articles/d41586-024-03408-z>> (visitato il 13 gennaio 2025)) e che negli Stati Uniti i *data centres* passeranno da un consumo pari al 4,4% del consumo elettrico complessivo, attestato nel 2023, ad un valore compreso tra il 6,7% e il 12% nel 2028 (E Klein, ‘Now Is the Time of Monsters’ (*The New York Times*, 12 gennaio 2025) <<https://www.nytimes.com/2025/01/12/opinion/ai-climate-change-low-birth-rates.html>> (visitato il 13 gennaio 2025)).

³² IEA (International Energy Agency), ‘Electricity 2024. Analysis and forecast to 2026’ (2024) 32 ss.

dell'area³³, con previsioni che indicano un possibile incremento fino al 3,2% entro il 2030³⁴.

Nell'ottica di ridurre i consumi di energia elettrica³⁵, cresce l'attenzione verso la scelta strategica della collocazione geografica dei *data centres*. Alcune infrastrutture, infatti, mostrano prestazioni superiori in aree meno calde, evitando così la necessità di *chillers*³⁶ per il raffreddamento³⁷. Un esempio emblematico è il progetto *Natick*³⁸ di Microsoft, che punta a realizzare *data centres* sottomarini. Sfruttando le temperature dell'ambiente marino, questi impianti potrebbero operare senza alcun ulteriore

³³ G Kamiya, P Bertoldi, 'Energy Consumption in Data Centres and Broadband Communication Networks in the EU' (2024) JRC Publications Repository 21, ma si noti come il predetto report dell'IEA stimi, invece, il consumo dei *data centres* nell'Unione Europea nel 2022 in circa 100 TWh (IEA (International Energy Agency), *op. cit.* (2024) 32 ss.), a riprova del fatto che non vi sono dati certi, ma solo stime.

³⁴ Directorate General for Energy, 'Commission adopts EU-wide scheme for rating sustainability of data centres', 15 marzo 2024, <https://energy.ec.europa.eu/news/commission-adopts-eu-wide-scheme-rating-sustainability-data-centres-2024-03-15_en#:~:text=This%20increase%20in%20absolute%20terms,continues%20at%20the%20current%20trajectory> (visitato il 13 gennaio 2025).

³⁵ Proprio per fornire energia elettrica con un basso contenuto di C0₂ Google si propone di attivare impianti di energia nucleare per alimentare i propri *data centres* (M Moore, 'Google Orders Small Modular Nuclear Reactors For Its Data Centres' (*Financial Times*, 14 ottobre 2024) <<https://www.ft.com/content/29eaf03f-4970-40da-ae7c-c8b3283069da>> (visitato il 13 gennaio 2025)).

³⁶ T Gao, et al., 'Experimental and Numerical Dynamic Investigation of An Energy Efficient Liquid Cooled Chiller-Less Data Center Test Facility' (2015) 91 Energy and Buildings 84 ss.

³⁷ D Mytton, 'Data centre water consumption' (2021) 11 Nature 3.

³⁸ Microsoft, 'Project Natick' <<https://natick.research.microsoft.com/>> (visitato il 13 gennaio 2025).

sistema di raffreddamento³⁹. Tuttavia, al momento, tali iniziative parrebbero essere state temporaneamente accantonate⁴⁰.

La questione è strettamente connessa a un fenomeno noto come *environmental inequity*⁴¹, che rivela come l'impatto ambientale dell'intelligenza artificiale⁴² non sia uniforme a livello globale. Tale disuguaglianza ha il potenziale di amplificare le esistenti disparità tecnologiche e ambientali⁴³, generando legittime preoccupazioni riguardo alla giustizia ecologica e sociale⁴⁴.

L'impatto ambientale dell'intelligenza artificiale va ben oltre i dati già discussi. Questi dispositivi richiedono, infatti, supporti materiali, tra cui minerali⁴⁵ come il tantalio⁴⁶, la cui scarsità rappresenta una questione critica. Inoltre, molti di questi minerali sono classificati come “di conflitto⁴⁷”, poiché estratti frequentemente in violazione dei

³⁹ K Simon, ‘Project Natick – Microsoft’s Self-sufficient Underwater Datacenters’ (2018) 4 IndaStra Global 1 ss.

⁴⁰ R Upadhyay, ‘Microsoft Closes Its Underwater Data Center ‘Project Natick’ After 11 Years’ (*Windowsreport*, 24 giugno 2024) <<https://windowsreport.com/microsoft-closes-its-underwater-data-center-project-natick-after-11-years/>> (visitato il 13 gennaio 2025).

⁴¹ Il fenomeno fu denunciato la famosa *Warren County Protest* che prese avvio negli anni '80 negli Stati Uniti (S Shao, L Liu, Z Tian, ‘Does the Environmental Inequality Matter? A Literature Review’ (2022) 44 *Environmental Geochemistry and Health* 3134 ss.).

⁴² JF Bozeman III, ‘Bolstering Integrity In Environmental Data Science And Machine Learning Requires Understanding Socioecological Inequity’ (2024) 18 *Frontiers of Environmental Science & Engineering* 65 ss.

⁴³ S Ren, A Wierman, ‘The Uneven Distribution of AI’s Environmental Impacts’ (*Harvard Business Review*, 15 luglio 2024) <<https://hbr.org/2024/07/the-uneven-distribution-of-ais-environmental-impacts>> (visitato il 13 gennaio 2025).

⁴⁴ P Li, et al., ‘Towards Environmentally Equitable AI via Geographical Load Balancing’ (2024) The 15th ACM International Conference on Future and Sustainable Energy Systems 291 ss.

⁴⁵ S Taffel, ‘Towards an Ethical Electronics? Ecologies of Congolese Conflict Minerals’ (2015) 10 *Westminster Papers in Culture and Communication* 21 ss.

⁴⁶ P Dauvergne, ‘Is artificial intelligence greening global supply chains? Exposing the political economy of environmental costs’ (2022) 29 *Review of International Political Economy* 709.

⁴⁷ Sul punto si vedano negli Stati Uniti la sezione 1502 del *Dodd Frank Act*, 124 Stat. 1376, 2010 (sulla portata e sui problemi solleati da questa norma cfr. *ex multis* J Schwartz, ‘The Conflict Minerals Experiment’ (2016) 6 *Harvard Business Law Review* 129 ss., KE Woody, ‘Can Bad Law

diritti umani e con proventi che contribuiscono a finanziare gruppi armati locali. Questa situazione solleva non solo problemi di sostenibilità ambientale, ma anche questioni etiche di grande importanza.

Il significativo impiego di risorse naturali, poi, non può non evocare l'eco della nota vicenda di epoca vittoriana relativa alla guttaperca⁴⁸, pianta sfruttata intensamente per produrre i cavi utilizzati per la telegrafia sottomarina, a tal punto da portarla così quasi all'estinzione⁴⁹.

3. I vantaggi ambientali dell'uso dell'Intelligenza Artificiale

Negli ultimi anni, l'impiego di dispositivi dotati di intelligenza artificiale come strumenti per una gestione sostenibile e ottimizzata delle risorse ambientali si è affermato con sempre maggiore vigore, contribuendo in modo significativo alla lotta contro il cambiamento climatico. In questo scenario, le *smart grids* – reti intelligenti per la gestione dell'energia elettrica – emergono come una soluzione chiave, ideate per promuovere un consumo più efficiente e ridurre gli sprechi energetici⁵⁰.

Do Good: Retrospective On Conflict Minerals Regulation' (2019) 78 Maryland Law Review 291 ss., E Veale 'Is there Blood on your Hands-Free Device: Examining Legislative Approaches to the Conflict Minerals Problem in the Democratic Republic of Congo' (2013) 21 Cardozo Journal of International and Comparative Law 503 ss.) e la normativa dello Stato della California in materia (S.B. 861, 2011-2012 Leg., Reg. Sess. (Cal. 2011)), nonché, a livello europeo, il Regolamento 2017/821 (Regolamento (UE) 2017/821 del Parlamento europeo e del Consiglio [2017] OJ L 130, 19.5.2017, pp. 1 – 20). Si noti, inoltre, che la necessità di normare questi minerali è emersa a livello globale con i *Guiding Principles for Business and Human Rights* del 2011 delle Nazioni Unite e anche in Cina grazie allo sviluppo di Linee Guida sul punto ad opera della *China Chamber of Commerce of Metals Minerals & Chemicals Importers & Exporters* (CCCMC).

⁴⁸ K Crawford, *Nè intelligente nè artificiale. Il lato oscuro dell'IA* (Il Mulino 2021) 47 ss.

⁴⁹ H LeFerrand, A Bacha, 'Discovery and Rediscovery of Gutta Percha, a Natural Thermoplastic' (2021) MRS Bulletin 84 ss.

⁵⁰ AL Stein, 'Artificial Intelligence and Climate Change' (2020) 3 Yale Journal on Regulation 904.

In questa prospettiva si colloca anche la creazione di *DeepMind* da parte di Google, un sistema di *machine learning* concepito per massimizzare l'efficienza dei *data centres*⁵¹. Questa innovazione ha consentito di ridurre⁵² del 40% l'energia necessaria per il raffreddamento dell'impianto in cui è stata implementata⁵³. Inoltre, *DeepMind* è stato utilizzato tramite l'algoritmo BCOOLER⁵⁴, che ha ulteriormente ottimizzato il sistema di raffreddamento nei *data centres* di Google, portando a un risparmio energetico del 12,7% nel corso di soli tre mesi di utilizzo⁵⁵.

Al fine di perseguire una maggiore efficienza nella gestione delle risorse e dell'energia è anche da considerare il ruolo giocato dall'intelligenza artificiale nella previsione dei flussi di energia solare⁵⁶ e di quella eolica⁵⁷ e nella conseguente ottimizzazione di queste forme di energia rinnovabile⁵⁸.

L'attenzione verso un utilizzo più razionale e ottimizzato delle risorse naturali si manifesta in modo particolarmente significativo nel settore agricolo. A tal proposito, sono state create macchine dotate di intelligenza artificiale, progettate per offrire

⁵¹ J Gao, ‘Machine Learning Applications for Data Center Optimization’ (2014) Google White Paper 21

⁵² J Gao, ‘Machine Learning Applications for Data Center Optimization’ (2014) Google White Paper 21

⁵³ R Evans, J Gao, ‘DeepMind AI Reduces Google Data Centre Cooling Bill by 40%’ (*Google DeepMind Blog*, 20 luglio 2016) <<https://deepmind.google/discover/blog/deepmind-ai-reduces-google-data-centre-cooling-bill-by-40/>> (visitato il 13 gennaio 2025).

⁵⁴ J Luo, et al., ‘Controlling Commercial Cooling Systems Using Reinforcement Learning’ (2022) ArXiv preprint 5 ss.

⁵⁵ ‘Artificial Intelligence Index Report 2023’ (2023) Stanford University 122.

⁵⁶ A Gligor, C-D Dumitru, H-S Grif, ‘Artificial Intelligence solution for managing a photovoltaic energy production unit’ (2018) 22 Procedia Manufacturing 626 ss.

⁵⁷ S Qureshi et al. ‘Short-term forecasting of wind power generation using artificial intelligence’(2023) 11 Environmental Challenges 100722.

⁵⁸ J Verma et al., ‘Readiness of artificial intelligence technology for managing energy demands from renewable sources’(2024)135 Engineering Applications of Artificial Intelligence 4 ss.

un’irrigazione personalizzata, basata su analisi approfondite delle caratteristiche climatiche e del suolo specifiche di ciascuna area⁵⁹.

I dispositivi dotati di intelligenza artificiale si sono rivelati preziosi alleati anche nello studio e nella previsione dell’evoluzione dell’emergenza climatica in corso. In questo contesto, spicca il *foundation model* sviluppato in collaborazione tra la NASA e l’IBM: il *Prithvi-weather-climate*⁶⁰. Questo innovativo modello, alimentato da un database della NASA, che raccoglie informazioni climatiche degli ultimi quarant’anni, non solo effettua previsioni meteorologiche, ma offre anche approfondite analisi storiche sull’andamento del clima a livello globale, anticipando così possibili futuri disastri naturali⁶¹.

Non si tratta, a ben vedere, della prima collaborazione di questo genere tra la NASA e l’IBM. Invero, già nel 2023 era stato realizzato *Prithvi Geospatial-FM*⁶², un *foundation model* per monitorare, tra le altre cose, i disastri naturali ed i cambiamenti relativi alla gestione del suolo.

Un ulteriore progetto notevole è *AI for Earth* di Microsoft, che si propone di impiegare l’intelligenza artificiale in diversi settori, tra cui l’agricoltura, la gestione delle risorse idriche, lo studio della biodiversità e il cambiamento climatico⁶³. Nel quadro di questo

⁵⁹ FZ Akensous, et al., ‘Artificial Intelligence, Internet of Things, and Machine Learning: To Smart Irrigation and Precision Agriculture’, in V Shikuku (ed.), *Artificial Intelligence Applications in Water Treatment and Water Resource Management*, (IGI Global 2023) 119 ss.

⁶⁰ J Blumenfeld, ‘NASA and IBM Research Apply AI to Weather and Climate’ (*NASA Earthdata*, 22 maggio 2024) <<https://www.earthdata.nasa.gov/learn/blog/nasa-ibm-weather-climate-foundation-model>> (visitato il 13 gennaio 2025).

⁶¹ ‘NASA, IBM Research to Release New AI Model for Weather Climate’(2024) Impact News Service.

⁶² J Blumenfeld, ‘NASA and IBM Openly Release Geospatial AI Foundation Model for NASA Earth Observation Data’ (*NASA Earthdata*, 3 agosto 2023) <<https://www.earthdata.nasa.gov/news/impact-ibm-hls-foundation-model>> (visitato il 13 gennaio 2025).

⁶³ G Spencer, ‘AI for Earth: Helping save the planet with data science’ (*Microsoft Stories Asia*, 4 settembre 2018) <<https://news.microsoft.com/apac/features/ai-for-earth-helping-save-the-planet-with-data-science/>> (visitato il 13 gennaio 2025).

ambizioso programma, è stato sviluppato un sistema di *machine learning* specificamente progettato per monitorare e combattere l'inquinamento da plastica negli oceani⁶⁴.

Secondo alcuni studi, l'adozione di questa tecnologia potrebbe contribuire indirettamente a ridurre le emissioni inquinanti, in particolare attenuando l'impatto della cosiddetta impronta ecologica. Ad esempio, si potrebbe avere un significativo abbattimento delle emissioni di anidride carbonica grazie alla minore necessità di trasporto fisico dei pazienti, un risultato ottenuto attraverso l'integrazione dell'intelligenza artificiale nel settore sanitario⁶⁵.

Infine, l'integrazione dell'intelligenza artificiale nei Choice Engines⁶⁶, strumenti concepiti per orientare gli utenti verso scelte più ecosostenibili, promuove ulteriormente la tutela dell'ambiente. In questo contesto, la funzione cruciale della tecnologia è quella di rendere chiare e accessibili tutte le informazioni relative all'ecosostenibilità e all'impatto ambientale, permettendo così ai consumatori di compiere decisioni più informate e consapevoli. Questi sistemi potrebbero, a fronte delle informazioni inserite da ogni singolo utente, selezionare la scelta migliore per ciascuno – *best for you*⁶⁷ – oppure individuare un catalogo di opzioni graduate fino alla migliore opzione – *good, better, best* –. In questo modo, sarebbe possibile mitigare alcune delle principali distorsioni cognitive che caratterizzano il comportamento umano⁶⁸

⁶⁴ O Lobel 'The Law of AI for Good' (2023) 75 Florida Law Review 1094.

⁶⁵ C Chakraborty et al., 'AI – enabled ChatGPT's carbon footprint and its use in the healthcare sector: a coin has two sides'(2024) 110 International Journal of Surgery 1306 ss.

⁶⁶ CR Sunstein, 'Behavioral Biases, Choice Engines, and Paternalistic IA' (2023) 3 ss. < https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=4539053 > (visitato il 13 gennaio 2025).

⁶⁷ CR Sunstein, 'AI, Reducing Internalities and Externalities' (2024) 4 ss. < https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=4817483 > (visitato il 13 gennaio 2025).

⁶⁸ Ad ogni modo come riconosce Sunstein nell' *op. cit.*, ciò da solo potrebbe non essere risolutivo, visto che anche nei dispositivi dotati di intelligenza artificiale si manifestano *bias* (.sul punto *ex multis* PS Varsha, 'How can we manage biases in artificial intelligence systems – A systematic literature review' (2023) 3 International Journal of Information Management Data Insights 2 ss.).

quali il *present bias*⁶⁹, lo *status quo bias*⁷⁰ e la tendenza degli utenti a disporre di un'attenzione limitata e di un ottimismo spesso irrealistico⁷¹.

Un utilizzo possibile di questi dispositivi sarebbe, allora, quello di prospettare all'utente non solo tutte le informazioni sulla sostenibilità ambientale disponibili e di suggerire allo stesso la scelta migliore, ma di renderla, magari, operativa di default⁷², confermando in sostanza una decisione già delineata⁷³, salva la possibilità di modificare successivamente quella predeterminata scelta.

Seguendo il principio secondo cui, per facilitare l'adozione di una decisione o di un comportamento, è essenziale ridurne al minimo la difficoltà⁷⁴, si è così sviluppata la nozione di *green nudging*⁷⁵. Il motore di ricerca di voli aerei Google Flights, che attua strategie mirate per promuovere scelte più sostenibili, applica un simile approccio. L'algoritmo sottostante mette in evidenza i voli con minori emissioni inquinanti e, quando possibile, anche le alternative ferroviarie. Essi sono contrassegnati con un badge verde, accompagnato dall'indicazione delle emissioni di CO2 risparmiate con

⁶⁹ A.Oliver, 'Nudging, shoving and budging: behavioural economic-informed policy' (2015) 93 Public Administration 704.

⁷⁰ R Korobkin, 'The status quo bias and contract default rules' (1998) 83 Cornell Law Review 625 ss.

⁷¹ CR Sunstein, 'Behavioral Biases, Choice Engines, and Paternalistic IA' (2023) 4 ss. <https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=4539053> (visitato il 13 gennaio 2025).

⁷² CR Sunstein, LA Reisch, 'Automatically Green: Behavioral Economics and Environmental Protection' (2014) 38 Harvard Environmental Law Review. 131 ss.

⁷³ Sulle problematiche delle scelte di *default* cfr. RH Thaler, CR Sunstein, *Nudge The Final Edition* (Penguin 2021) 95 ss.

⁷⁴ *Ibidem*, 93.

⁷⁵ G Dimitropoulos, P Hacker, 'Learning and the Law: Improving Behavioral Regulation from an International and Comparative Perspective' (2017) 25 Journal of Law and Policy 520 ss.

quella scelta⁷⁶. Questa soluzione utilizza il *System 1 nudge* e quindi si colloca sul piano delle decisioni quasi inconsce, “a pilota automatico”, da parte degli utenti⁷⁷.

Si potrebbe anche considerare l'implementazione di *nudges* che attivino il Sistema 2⁷⁸, richiamando l'attenzione degli utenti sulle decisioni da prendere e, dunque, razionalizzandone le condotte. I problemi sottesi a tale scelta si estendono oltre il contesto specifico che stiamo esaminando. L'adozione di *green nudging* di questo tipo avrebbe indubbiamente il pregio di favorire azioni più consapevoli da parte degli utenti⁷⁹, anche se esiste il rischio di una minore garanzia di efficacia per tali meccanismi⁸⁰.

4. Una prospettiva comparata sulle norme e sulle proposte normative per la sostenibilità ambientale dell'intelligenza artificiale

In un contesto globale caratterizzato da un'accentuata sensibilità⁸¹ verso la protezione dell'ambiente, si avverte la necessità che le tecnologie più innovative siano conformi a rigorosi *standards* di tutela ambientale e siano in sintonia con il principio di sviluppo sostenibile⁸².

⁷⁶ M Bartmann, ‘The Ethics of AI-Powered Climate Nudging – How much AI Should We Use To Save the Planet?’ (2022) 14 *Sustainability* 10.

⁷⁷ A Oliver, ‘From nudging to budging: using behavioural economics to inform public sector policy’ (2013) 42 *Journal of Social Policy* 685 ss.

⁷⁸ D Kahneman, *Thinking, Fast and Slow* (Penguin UK 2011) 22 ss.

⁷⁹ O Bar-Gill, ‘Smart disclosure: promise and peril’, in CR Sunstein, LA Reisch, *Research Handbook on Nudges and Society* (Edward Elgar Publishing 2023). 180.

⁸⁰ C Carrel, M-L Gavard-Perret, C Caldara, ‘Factors of effectiveness of green nudges for more eco-responsible behaviour- Systematic review and research directions’ (2023) 38 *Recherche et Applications en Marketing* (English Edition) 51.

⁸¹ Sul punto cfr. C Sartoretti, ‘La via europea al costituzionalismo ambientale e il formante legislativo/costituzionale’ (2023) 2 DPCE online 119 ss.

⁸² Nel 1987 la Commissione Brundtland nel 1987 defì lo sviluppo sostenibile come quello sviluppo che tiene conto delle necessità del tempo presente senza compromettere la possibilità in capo alle generazioni future di far fronte ai propri bisogni: ma il concetto era già delineato nella

D'altra parte, un'analisi approfondita degli Obiettivi di Sviluppo Sostenibile (SDGs) elaborati dalle Nazioni Unite⁸³, in particolare dell'SDG7, rivela l'urgenza di orientare le condotte umane sempre di più verso il ricorso a fonti di energia sostenibili ed efficienti⁸⁴. Parallelamente, l'SDG13 sottolinea la necessità di adottare misure immediate per affrontare il cambiamento climatico e le sue sfide⁸⁵.

Anche l'Unione Europea, che ha da sempre ritenuto la protezione dell'ambiente un valore positivo e trasversale del proprio ordinamento⁸⁶, ha posto una particolare attenzione a questo fenomeno con l'approvazione del *Green Deal*⁸⁷ – e, segnatamente, con la sua attuazione⁸⁸, tramite il Regolamento 2021/1119⁸⁹ – un piano⁹⁰ volto ad

Dichiarazione delle Nazioni Unite di Stoccolma del 1972 (KJ de Graaf, L Squintani, ‘Sustainable development, principles of environmental law and the Energy sector’, in MM Roggenkamp, KJ de Graaf, RC Fleming (eds.), *Energy law, climate change and the environment* (Edward Elgar Publishing 2021) 42 ss.).

⁸³ Nazioni Unite, ‘Obiettivi di Sostenibilità dell’Agenda 2030’.

⁸⁴ F Seatzu, K Akestoridi, ‘SDG7 ‘Ensure Access to Affordable, Reliable, Sustainable and Modern Energy for All’’, in I Bantekas, F. Seatzu (eds.) *The UN Sustainable Development Goals: A Commentary* (Oxford University Press 2023) 518 ss.

⁸⁵ FR Jacur, ‘SDG13 ‘Take Urgent Action to Combat Climate Change and Its Impacts’’, in I Bantekas, F. Seatzu (eds.) *The UN Sustainable Development Goals: A Commentary* (Oxford University Press 2023) 949 ss.

⁸⁶ R Ferrara, ‘I principi comunitari della tutela dell’ambiente’ (2005) 3 Diritto amministrativo 523.

⁸⁷ Comunicazione della Commissione al Parlamento Europeo, al Consiglio, al Comitato Economico e Sociale Europeo e al Comitato delle regioni, *Il Green Deal Europeo*, 11 dicembre 2019, COM(2019)640 final. Si noti come si tratti di una Comunicazione della Commissione, come tale, dunque, di un documento non avente natura vincolante – costituendo *soft law* –, ma poi articolata in successive proposte normative.

⁸⁸ S-L Penttinen, ‘Governing for Net-Zero in the European Union’, in G. Bellantuomo et al. (eds.), *Handbook of Energy Law in the Low-Carbon Transition* (Walter de Gruyter GmbH & Co KG 2023) 310.

⁸⁹ Regolamento (UE) 2021/1119 del Parlamento Europeo e del Consiglio [2021] OJ L 243, 9.7.2021, pp. 1 – 17.

⁹⁰ Sul punto cfr. *ex multis* E Chiti, ‘Il sistema amministrativo italiano alla prova del Green Deal’ (2023) 5 Giornale di diritto amministrativo 573 ss., V Rubino, ‘Il ruolo del consumatore nella strategia verde dell’Unione Europea: considerazioni sulle proposte normative in materia di informazioni ambientali’ (2023) 4 Eurojus 216 ss., T Treu, ‘Politiche europee e nazionali per la transizione verde’ (2024) 1 Diritto delle Relazioni Industriali 2 ss., E Bruti Liberati, ‘Lotta al

innalzare gli obiettivi ambientali previsti per il 2030 per raggiungere il traguardo di emissioni zero nel 2050⁹¹. Si vuole così perseguire una transizione ecologica giusta e pienamente inclusiva⁹², raggiungendo l'equilibrio tra le emissioni e l'assorbimento di carbonio entro quella data⁹³.

Già in quella sede, tra le varie previsioni, è emerso, allora, il ruolo cruciale⁹⁴ attribuito ai dispositivi dotati di intelligenza artificiale nel fronteggiare l'emergenza climatica in atto⁹⁵.

Particolarmente significativo è, a tal proposito, l'approccio che il legislatore dell'Unione Europea ha adottato con l'*Artificial Intelligence Act*⁹⁶. Nella sua prima versione, elaborata dalla Commissione Europea, emergeva l'interesse per il rapporto

cambiamento climatico e sostenibilità ecologica e sociale' (2022) 176 Giornale di diritto del lavoro e di relazioni industriali 546 ss., E Eckert, O Kovalevska, 'Sustainability in the European Union: Analyzing the Discourse of the European Green Deal' (2021) 14 Journal of Risk and Financial Management 4 ss., DV Almeida et al., 'The "Greening" of Empire: The European Green Deal as the EU first agenda' (2023) 105 Political Geography 1 ss. che evidenzia come questo approccio adottato dal legislatore dell'Unione potrebbe sottenderne uno affine ad un ecologismo capitalista e colonialista, M. Leonard et al., 'The Geopolitics of the European Green Deal' (2021) 4 Bruegel Policy Contribution 3 ss. sulle implicazioni geopolitiche del *Green Deal*. Per un inquadramento sulla nozione di sostenibilità cfr. A Pisani Tedesco, *Strumenti privatistici per la sostenibilità ambientale e sociale* (Giappichelli 2024).

⁹¹ C De Vincenti, 'L'European Green Deal e il suo impatto sul quadro finanziario pluriennale 2021-2027', in L Paganetto (ed.), *Eropa e sfide globali. La svolta del Green Deal e del digitale* (Eurilink University Press 2020) 142.

⁹² A Sikora, 'European Green Deal – legal and financial challenges of the climate change' (2021) ERA Forum. 687 ss.

⁹³ S Tagliapietra, *L'energia del mondo. Geopolitica, sostenibilità, Green New Deal* (Il Mulino 2020) 138 ss.

⁹⁴ P Gailhofer et al., 'The role of Artificial Intelligence in the European Green Deal' (*Publications Office of the EU*, 30 novembre 2021) <<https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/2c3de271-525a-11ec-91ac-01aa75ed71a1>> (visitato il 13 gennaio 2025).

⁹⁵ Comunicazione della Commissione al Parlamento Europeo, al Consiglio, al Comitato Economico e Sociale Europeo e al Comitato delle regioni, *Il Green Deal Europeo*, 11 dicembre 2019, COM(2019)640 final, 21.

⁹⁶ Regolamento (UE) 2024/1689 del Parlamento europeo e del Consiglio [2024] OJ L 2024/1689, 12.7.2024.

tra la tutela dell'ambiente e questa nuova tecnologia, sebbene in modo piuttosto limitato, poiché si prevedeva unicamente l'adozione di codici di condotta volontari⁹⁷.

Dopo il primo passaggio al Parlamento Europeo questa attenzione alla sostenibilità ambientale veniva declinata in modo senz'altro più significativo. Più nel dettaglio, già nel primo considerando si richiamava l'attenzione alla promozione di dispositivi dotati di intelligenza artificiale che non arrecassero danni all'ambiente⁹⁸, ma veniva altresì introdotto il generale obbligo di sviluppare e utilizzare dispositivi dotati di intelligenza artificiale in modo sostenibile ed ecosostenibile⁹⁹. Venivano, poi, inseriti dei più stringenti oneri di rendicontazione per i dispositivi considerati ad alto rischio. Infatti, per i medesimi si richiedeva che fosse possibile calcolarne l'esatto consumo energetico, nonché misurarne l'impatto ambientale – anche in termini di risorse ambientali consumate – in ogni momento della loro vita¹⁰⁰, con una previsione *ad hoc* che imponeva di calcolarne il loro prevedibile impatto negativo sull'ambiente¹⁰¹. Veniva anche introdotto l'obbligo di adesione a *standards* espressamente deputati a garantire una maggiore efficienza energetica dei dispositivi, con la riduzione dell'inquinamento da essi generato e del loro consumo di risorse naturali¹⁰².

La versione definitiva del regolamento non recepisce *tout court* queste norme, e quindi il testo approvato propone una versione depotenziata quanto alle garanzie ambientali previste. Pertanto, sebbene l'attenzione alla protezione ambientale sia presente nel considerando iniziale del regolamento¹⁰³, l'introduzione di *standards* ambientali è stabilita esclusivamente per i dispositivi classificati ad alto rischio¹⁰⁴. Questi *standards*

⁹⁷ AI Act Commission Proposal, Art. 69.

⁹⁸ AI Act European Parliament Mandate, Considerando 1.

⁹⁹ *Ibidem*, Art. 4a(f).

¹⁰⁰ *Ibidem*, Art. 12(2a).

¹⁰¹ *Ibidem*, Art. 29a(g).

¹⁰² *Ibidem*, Art. 28b(2)(d).

¹⁰³ Regolamento (UE) 2024/1689 del Parlamento Europeo e del Consiglio [2024] OJ L 2024/1689, 12.7.2024 Considerando 1.

¹⁰⁴ *Ibidem*, Art. 40.

hanno come obiettivo specifico la riduzione del consumo di energia e delle altre risorse naturali. Si richiede, poi, che per i dispositivi dotati di intelligenza artificiale ad uso generale il consumo energetico – si badi bene, anche solo stimato – del modello stesso venga reso palese, nella documentazione tecnica¹⁰⁵. Anche i codici di condotta, la cui adozione è esclusivamente volontaria, devono contenere indicatori per misurare il raggiungimento degli obiettivi legati alla sostenibilità ambientale ed alla maggiore efficienza energetica di queste macchine¹⁰⁶.

Del resto, sembra muoversi in questa prospettiva anche l'*International Organization for Standardization (ISO)*, che ha già avviato un progetto di standardizzazione sull'impatto ambientale dei dispositivi dotati di intelligenza artificiale¹⁰⁷. Tale proposta, dunque, ne analizza la sostenibilità ambientale in modo onnicomprensivo, dal consumo di acqua, a quello di energia, fino alla loro impronta ecologica, passando per i rifiuti in cui essi si trasformano¹⁰⁸.

Si rileva, così, come il *revirement* racchiuso nella versione definitiva dell'*Artificial Intelligence Act* celi un tentativo di mitigare il possibile controllo, altrimenti ben più stringente, che si sarebbe diversamente imposto sulla sostenibilità ambientale di questi dispositivi. Tuttavia, quantomeno per alcuni aspetti collaterali, sono già in vigore altri precetti che impongono di svelare varie componenti dei consumi energetici dei dispositivi in questione. L'articolo 12 della *Energy Efficiency Directive* obbliga i *data centres* con una capacità pari a 500kW a rendere nota la propria *performance* energetica¹⁰⁹, ma va ricordato in proposito anche il collegato regolamento volto all'istituzione di un

¹⁰⁵ *Ibidem*, Allegato XI.

¹⁰⁶ *Ibidem*, Art. 95.

¹⁰⁷ ISO/IEC CD TR 20226, *Information technology – Artificial intelligence – Environmental sustainability aspects of AI systems*.

¹⁰⁸ H Ellens, 'ISO/IEC TR20226 WD Environmental sustainability aspects of AI systems – Context and overview' (2023) <<https://jtc1info.org/wp-content/uploads/2023/12/Harms-TR20226-overview.pdf>> (visitato il 13 gennaio 2025).

¹⁰⁹ Art. 12, Direttiva (UE) 2023/1791 del Parlamento Europeo e del Consiglio [2023] OJ L 231, 20.9.2023, pp. 1 – 111. Su di essa: A Quaranta, 'Nuova Direttiva sull'efficienza energetica: le prime impressioni a caldo' (2023) 12 Ambiente & Sviluppo 734.

sistema comune di classificazione della sostenibilità dei centri dati nell'Unione Europea¹¹⁰.

Norme di questo genere si collocano in un contesto generalizzato volto a controllare l'impatto energetico di questi soggetti, altamente energivori, di cui è un esempio l'*Energieeffizienzgesetz (EnEfg)*¹¹¹. La legge tedesca richiede loro di raggiungere predeterminati valori di efficienza energetica¹¹², nonché di implementare l'utilizzo di energia elettrica rinnovabile¹¹³.

L'attenzione crescente verso l'inquinamento generato dai data center ha indotto anche l'avvio di azioni legali finalizzate a scrutinare la compatibilità di queste strutture con la salvaguardia ambientale. In particolare, in Cile, i *Tribunales Ambientales*, specializzati in questioni climatiche, sono stati interpellati per valutare la conformità dell'intelligenza artificiale e delle sue implicazioni con la salvaguardia dell'ambiente. Il *Segundo Tribunal ambiental cileno*¹¹⁴ ha sospeso l'autorizzazione alla costruzione di un *data center* di Google a Cerrillos¹¹⁵ poiché la multinazionale non ha fornito le idonee

¹¹⁰ Regolamento delegato (UE) 2024/1364 della Commissione [2024] OJ L 2024/1364, 17.5.2024.

¹¹¹ Gesetz zur Steigerung der Energieeffizienz in Deutschland (*Energieeffizienzgesetz - EnE/G*), 13 novembre 2023.

¹¹² A Velte-Schäfer et al., 'Utilizing waste heat from data centers with adsorptive heat transformation – Heat exchanger design and choice of adsorbent' (2024) 310 Energy Conversion and Management 1.

¹¹³ I Varela Soares, M Yarime, M Klemun, 'Balancing the trade-off between data center development and its environmental impacts: A comparative analysis off Data Center Policymaking in Singapore, Netherlands, Ireland, Germany , USA and the UK' (2024) 157 Environmental Science and Policy 9.

¹¹⁴ Si tratta di un Tribunale di primo grado con sede a Santiago, uno dei tre Tribunali Ambientali di primo grado costituiti nel paese che si caratterizzano quanto alla composizione dell'organo giudicante per non essere composti da soli giuristi, ma altresì da tecnici specializzati in questioni ambientali (sul punto cfr. per una ricostruzione storica sulla creazione dello stesso MC Plumer Bodin, 'Los Tribunales Ambientales: Se Completa la Reforma a la Institucionalidad Ambiental' (2013) 1 Anuario de Derecho Publico UDP 297 ss.).

¹¹⁵ Sul tentativo di costruzione del *data centre* a Cerrillos cfr. S Lehuedè, 'An Elemental Ethics For Artificial Intelligence: Water As Resistance Within AI's Value Chain' (2024) AI & Society 5 ss.

garanzie richieste circa l'impatto ambientale delle proprie attività, in particolare in relazione al consumo di acqua previsto¹¹⁶.

Anche il *California Climate Accountability Package*, composto dal *Climate Corporate Data Accountability Act*¹¹⁷ e dal *Greenhouse Gases: Climate-Related Financial Risk*¹¹⁸, intende favorire la conoscenza dell'impatto sull'ambiente delle varie attività dei singoli operatori del mercato.

Si noti, come, anche in questo caso, si tratti di norme con un ambito applicativo ben più ampio rispetto al solo settore dell'intelligenza artificiale. Infatti, la prima legge riguarda tutte le società statunitensi che operano nello stato della California ed il cui fatturato annuo superi un miliardo di dollari¹¹⁹, mentre la seconda si rivolge alle società che operano in California, diverse dalle compagnie assicurative, con un fatturato superiore ai 500 milioni di dollari¹²⁰. Si prevede in capo alle prime di indicare le proprie emissioni di gas effetto serra dirette ed indirette, che dovranno essere verificate da un organo terzo ed indipendente¹²¹. Le seconde devono invece rendere pubblicamente accessibili i propri rischi finanziari legati al cambiamento climatico e le misure impiegate per fronteggiarli¹²².

Questi atti normativi, in quanto *corporate climate disclosure laws*, sono stati impugnati per incompatibilità col Primo Emendamento. Tali leggi sono state sindacate in giudizio¹²³ proprio in base a tale norma costituzionale, sotto l'assunto – invocato dagli attori –

¹¹⁶ Rol R. N. 271-2020 (acumulada causa Rol N. 270-2020).

¹¹⁷ California Senate Bill 253, Climate Corporate Accountability Act (2023).

¹¹⁸ California Senate Bill 261, Greenhouse Gases: Climate-Related Financial Risk (2023).

¹¹⁹ California Senate Bill 253, § 2.

¹²⁰ California Senate Bill 261, § 2.

¹²¹ California Senate Bill 253, § 2.

¹²² California Senate Bill 261, § 2.

¹²³ Sui possibili esiti di questo sindacato giurisdizionale cfr. A.E. Kettler, "The Promise and Peril of State Corporate Climate Disclosure Laws" (2024) 54 Environmental Law Reporter 10293 ss.

che le leggi statali in esame non superassero il vaglio dello *strict scrutiny*, e che, inoltre, fossero in contrasto con la *Supremacy Clause* e la *dormant Commerce Clause*¹²⁴.

L'indicazione offerta dallo Stato della California non è stata isolata. Infatti, anche lo Stato dell'Illinois¹²⁵ e quello di New York¹²⁶ stanno valutando l'introduzione, nei propri ordinamenti, di leggi sulla falsariga del modello californiano.

Questa tendenza si inquadra in quella globale volta ad introdurre obblighi di maggiore trasparenza in relazione al proprio impatto ambientale in capo ai soggetti che operano sul mercato. Infatti, norme analoghe sono state promulgate in Nuova Zelanda¹²⁷, nonché ad opera dell'Unione Europea, con l'*European Sustainability Reporting Standards*¹²⁸ (ESRS)¹²⁹, e negli Stati Uniti, con la recente misura¹³⁰ approvata dalla *U.S. Securities and Exchange Commission* (SEC)¹³¹.

Infine, deve essere menzionata la recente proposta di legge federale statunitense: *Artificial Intelligence Environmental Impact Act*¹³². In base ad essa, infatti, verrebbe conferito un mandato al *National Institute for Standards and Technology*, l'agenzia statunitense che si occupa della standardizzazione, di elaborare uno studio su questa

¹²⁴ Complaint for Declaratory and Injunctive Relief at 3, Chamber of Commerce v. California Air Resources Board, No. 2:24-cv-00801 (C.D. Cal. Jan. 30, 2024) 18 ss.

¹²⁵ IL H.B. 4268, 103d Gen. Assemb.

¹²⁶ NY S.B. 5437.

¹²⁷ Financial Sector (Climate-related Disclosures and Other Matters) Amendment Act 2021, Public Act 2021 No. 39.

¹²⁸ Regolamento delegato (UE) 2023/2772 della Commissione [2023] OJ L 2023/2772, 22.12.2023.

¹²⁹ AE Kettler, 'The Promise and Peril of State Corporate Climate Disclosure Laws' (2024) 54 Environmental Law Reporter 10295 ss.

¹³⁰ Sulle perplessità relative a tale disposizione, incluse quelle di natura costituzionale cfr. NV Andel, 'An Avalanche of Trivial Climate-Related Information: Why the SEC's Enhancement and Standardization of Climate-Related Disclosures for Investors Will Fail' (2024) 56 Texas Tech Law Review 437 ss.

¹³¹ *Enhancement and Standardization of Climate-Related Disclosures for Investors*, Securities Act Release No. 33-11275, Exchange Act Release No. 34-99678.

¹³² S.3732 118th Congress (2023-2024).

tematica, nonché di creare un sistema volontario che consenta agli sviluppatori e agli operatori di indicare i consumi ambientali dei dispositivi dotati di intelligenza artificiale. Beninteso, un'indicazione non vincolante non è in linea generale molto promettente in termini di effettività.

In questa prospettiva si inserisce, altresì, il recente *Executive Order on Advancing United States Leadership in Artificial Intelligence* che prevede la creazione, con la collaborazione di soggetti privati, di nuovi *data centers* per alimentare l'intelligenza artificiale grazie a forme di energia sostenibile¹³³.

Nella stessa ottica si inquadra, a ben vedere, anche il tentativo francese che prevede l'istituzione di un osservatorio espressamente deputato alla valutazione dell'impatto ambientale originato dall'intelligenza artificiale¹³⁴.

5. Conclusioni

Lo sviluppo dell'intelligenza artificiale ha, quindi, fornito un contributo rilevante alla formulazione di strategie per affrontare il cambiamento climatico e ottimizzare la gestione delle risorse ambientali. Tuttavia, ha anche dato origine a un utilizzo consistente di queste risorse, attualmente privo della dovuta trasparenza.

Sarebbe quindi opportuno introdurre requisiti più rigorosi in materia di trasparenza e rendicontazione, al fine di analizzare in modo approfondito l'effettivo impatto ambientale dei dispositivi che adottano questa tecnologia. Un intervento normativo di questo tipo non solo si renderebbe necessario per rendere maggiormente razionale l'uso della tecnologia¹³⁵, ma potrebbe anche sensibilizzare gli operatori del mercato, incoraggiandoli a sviluppare sistemi di intelligenza artificiale più sostenibili ed energeticamente efficienti. Inoltre, faciliterebbe le scelte degli utenti tra i vari dispositivi dotati di tale tecnologia.

¹³³ *Executive Order on Advancing United States Leadership in Artificial Intelligence Infrastructure* [2025, 14 gennaio].

¹³⁴ Loi No. 2021-1485, 15 novembre 2021, Chapitre I, Art. 4.

¹³⁵ Si va in proposito MS Giannini, ““Ambiente”: saggio sui diversi suoi aspetti giuridici” (1973) I Rivista Trimestrale di Diritto Pubblico 20).

Si potrebbe, dunque, introdurre un marchio ecologico pensato per offrire ai consumatori informazioni chiare e immediate sull'impatto ambientale di ogni dispositivo dotato di intelligenza artificiale, incentivandoli così a scegliere modelli più sostenibili¹³⁶. In questo modo si renderebbero evidenti i costi ambientali legati all'uso di questa tecnologia, oggi poco conosciuti, e poco conoscibili. Un marchio così concepito sarebbe un esempio di *green nudging*, basato sul *salience bias*¹³⁷, che sfrutta il principio secondo cui le scelte umane sono fortemente influenzate da determinati stimoli, come colori vivaci e elementi dinamici¹³⁸.

In conclusione, l'intelligenza artificiale nella nostra società può essere vista come un Giano bifronte: da un lato, una preziosa alleata; dall'altro, una potenziale minaccia per l'ambiente naturale in cui opera. Uno sviluppo responsabile e sostenibile di questa tecnologia richiede interventi normativi – preferibilmente di portata sovranazionale – più incisivi, che consentano di valutarne più approfonditamente il suo impatto ambientale e a contenerlo il più possibile.

¹³⁶ Sul fatto che la cosiddetta *smart disclosure* non sia una scelta neutrale, ma sia intrinsecamente paternalistica e in grado di condizionare le scelte dei consumatori e conseguentemente il mercato stesso, cfr. O Bar-Gill, ‘Smart disclosure: promise and perils’, in CR Sunstein, LA Reisch, *Research Handbook on Nudges and Society* (Edward Elgar Publishing 2023) 180 ss. Su come le scelte ecosostenibili siano variamente condizionate cfr. CR Sunstein, ‘Automatically Green: Behavioral Economics and Environmental Protection’ (2014) 38 *Harvard Environmental Law Review* 1.

¹³⁷ M Bartmann, ‘The Ethics of AI-Powered Climate Nudging – How much AI Should We Use To Save the Planet?’ (2022) 14 *Sustainability* 10.

¹³⁸ SE Taylor, ‘The Availability Bias in Social Perception and Interaction’, in D Kahneman, P Slovic, A Tversky (eds.), *Judgment Under Uncertainty: Heuristics and Biases* (Cambridge University Press 1982) 192 ss.

