

# SUSTENABILITATEA CIRCULARĂ A RESURSELOR ȘI ENERGIEI

**Nicolae ILIAȘ, Universitatea din Petroșani, Academia de Științe Tehnice din Romania,**

**Sorin Mihai RADU, Universitatea din Petroșani, Academia de Științe Tehnice din Romania,**

**Iulian OFFENBERG, Universitatea din Petroșani, S. Titan Power SA București**

**Mihail MINESCU, Academia de Științe Tehnice din Romania, Universitatea Petrol-Gaze Ploiești,**

**Alexandra OFFENBERG, Universitatea din Petroșani**

**DOI: <https://doi.org/10.36004/nier.cecg.III.2022.16.20>**

## Summary

*The paper presents in the introductory part an analysis of the need and opportunity of the circular economy. The second part addresses the energy universe in which the opportunities of mankind are abundant and attractive due to the revolution of industrial technologies. Inseparable from resources, from the pre-industrial period to the present, technologies have evolved in leaps and bounds. The four great industrial revolutions are defined, found in the literature as Industry 1.0, 2.0, 3.0 and 4.0, characterized by energy metamorphosis. Two primordial chemical elements are analyzed - C and H<sub>2</sub>, which have irreversibly changed the economies and craft societies through industrialization, electrification, digitalization and interconnectivity (global cyber-energy networks), in conditions of carbonization of energy. The third part presents the concept of the Geoenergetic landscape, in which new economies and "energy smart societies" are preparing for a new leap, an industrial revolution based on hydrogen technology (hydrogenation of energy).*

**Keywords:** circular economy, energy, metamorphosis.

**JEL:** Q53, Q56, Q57.

**UDC:** 330.341

## 1. INTRODUCERE

### 1.1 De ce o economie circulară?

Pentru a asigura o creștere economică durabilă trebuie să utilizăm resursele într-un mod cât mai inteligent și mai sustenabil. Este evident că resursele generatoare de creștere economică, pe care ne-am bazat până acum, nu mai sunt adaptate la nevoile societății moderne și la economia globalizată. Nu ne putem clădi viitorul pe modelul „luăm-producem-aruncăm”<sup>16</sup>. Provocările legate de schimbările climatice și reducerea drastică a resurselor naturale au marcat în mod ireversibil relația dintre Om și Pământ. **Sporirea demografică continuă** cu cca. 200 mii de pers./zi și dezvoltarea clasei de mijloc, consumeristă, fac ca cererea și oferta de resurse să se

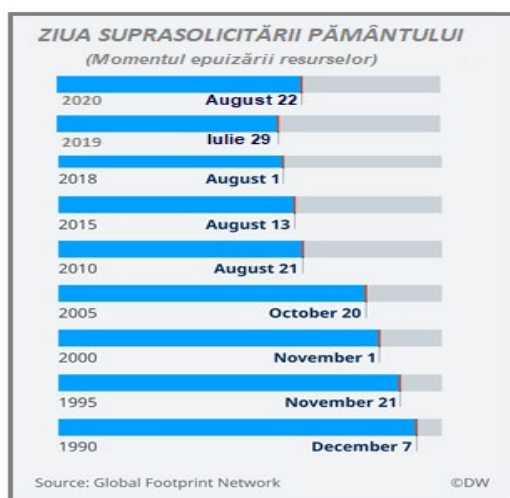
---

<sup>16</sup>[https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/ro/MEMO\\_15\\_6204](https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/ro/MEMO_15_6204)

îndrepte în direcții opuse. Consumul a ”explodat” odată cu dezvoltarea tehnologiei informației și comunicațiilor, stimulată de creșterea demografică la nivel mondial, intensificarea procesului de urbanizare, creșterea continuă a standardului de trai și reducerea ciclului de viață a produselor. Mai multe produse înseamnă mai multă energie și materii prime consumate. Oficiali europeni declară că, *în ultimii o sută de ani utilizarea combustibilului fosil a crescut de 12 ori și extragerea resurselor de 34 de ori. Dacă vom continua să epuizăm resursele în acest ritm, în curând vom avea nevoie de mai mult de două planete pentru a ne întreține*<sup>17</sup>. (Fig.1)

### Omenirea trăiește pe datorie!

Pentru a imagina nivelul cererii de resurse, revista „Mining Report Glückauf”<sup>18</sup> a publicat un calcul privind consumul mediu de minerale al unui european, considerând o durată de viață de 70 de ani.



**Fig.1 – Suprasolicitarea resurselor planetei**

Acesta arată cam așa: nisip și pietriș - 460 tone; cărbune bituminos - 200 tone, petrol - 66 tone; calcar - 99 tone; oțel - 33 tone; ciment - 36 tone; argila - 29 tone; sare de rocă - 13 tone; ghips - 6 tone; dolomită - 3,5 tone; fosfați - 3,4 tone; sulf - 1,9 t; turbă - 1,8 tone; piatră naturală - 1,8 tone; sare de potasiu - 1,6 tone; aluminiu - 1,4 t; cupru - 1 tonă. (fără uraniu, diamante, aur, pietre prețioase ori gaze naturale!).<sup>19</sup>

Situația pandemică excepțională înregistrată la nivel global a influențat mediul economic sinergic cu alți trei factori contextuali: ”Globalizarea”, ”Digitalizarea” și ”Tranziția verde”, context în care apar probleme de volatilizare a piețelor. Toți acești factori, dar în special globalizarea, determină companiile cu o maturizare limitată a ecosistemului de lucru și operare din zona mediană cât și cele

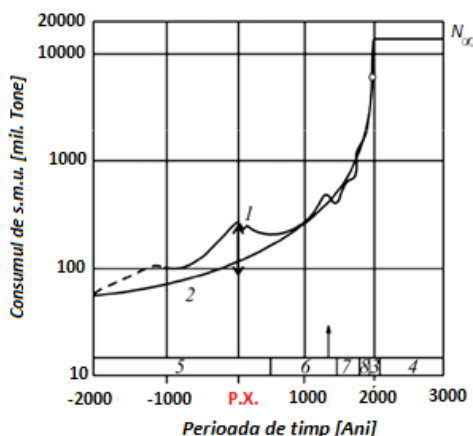
<sup>17</sup> <https://e-circular.org/interviu/interviu-cu-svetlana-zhekova-consilier-ue-in-domeniul-mediului/>

<sup>18</sup> Revista Glückauf. 1984. № 4. P.11-14

<sup>19</sup> Iliăș N., Radu S.M., Offenbergh I., Arens J.V., *O viziune asupra viitorului omenirii, privind resursele minerale cu alți ochi!*, IMINOVA, Chișinău, 2020

aflate în zona de vârf a pieței (de top) să intre în competiție directă cu companii multinaționale sau regionale (inclusiv lideri de piață), pe domeniile lor de activitate. Mai mult, dincolo de situația extremă generată factorii enumerați, în prezent economiile trebuie să facă față agravării situației geopolitice și limitării accesului la resurse, cu influență directă asupra reducerii consumului.

Un grafic al consumului de resurse minerale ne indică și mai clar importanța acestora în viața oamenilor, arătând evoluția crescătoare, în timp, atât în trecut, cât și viitor, în funcție de expansiunea demografică. (Fig. 2)



**Fig.2 – Populația vs. consumul de s.m.u.**<sup>20</sup>

1– populația planetei (; 2– consumul resurselor; 3– tranziția demografică; 4– stabilizarea populației; 5– Lumea antică; 6– Evul mediu; 7– Lumea modernă; 8– Lumea contemporană (istoria recentă). Săgeata– „Moartea Neagră” (ciuma);

**Limita populației: 12-13 mld. de oameni.**

Resursele naturale sunt limitate, prin urmare trebuie să găsim o modalitate sustenabilă de a le menține în economie. Valoarea produselor și materialelor realizate trebuie maximizată în timp ce consumul resurselor și generarea deșeurilor trebuie să fie diminuate, prin *reducere – reparare – reutilizare – reciclare*.

Ideea de circularitate, respectiv de închidere a buclei economice, apare schițată în 1976 în cadrul raportului *Potențialul de a substitui forța de lucru umană pentru energie* (Stahel & Reday-Mulvey, 1977). Stahel și Reday-Mulvey conceptualizează o buclă economică în relație cu crearea de noi locuri de muncă, creșterea competitivității economice, inovațiilor din domeniul științei și al tehnologiei, al comerțului, economisirea resurselor și prevenirea risipei.<sup>21</sup> O altă perspectivă asupra acestui concept este prezentată în cadrul raportului *Către o economie circulară* (Ellen Mac Arthur Foundation, 2013). Într-o economie circulară resursele nu

<sup>20</sup> Arens J.V., *Geotehnologia*, MISiS, 2020

<sup>21</sup> după [http://ier.gov.ro/wp-content/uploads/2019/03/Final\\_Studiul-3\\_Spos-2018\\_Economie-circular%C4%83-1.pdf](http://ier.gov.ro/wp-content/uploads/2019/03/Final_Studiul-3_Spos-2018_Economie-circular%C4%83-1.pdf)

părăsesc fluxul economic după sfârșitul duratei de viață a produselor fiind recuperate și refolosite.

În mod conceptual, economiile circulare se concentrează pe integrarea sistemelor funcționale ale unei societăți cu reciclarea deșeurilor. (Fig. 3)

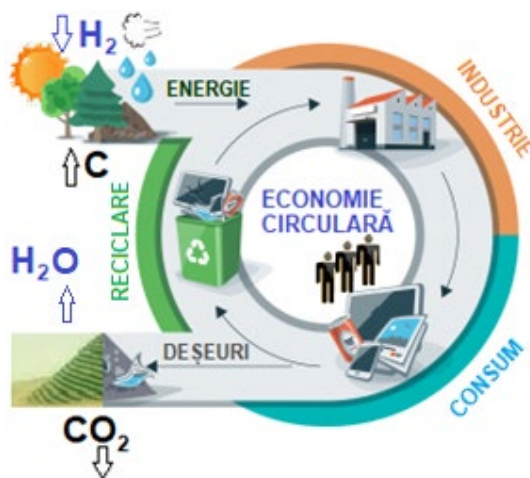


Fig.3 – Conceptul de economie circulară<sup>22</sup>

Conceptul de circularitate este strâns legat de dezvoltare durabilă și eficiența utilizării resurselor naturale la nivel de sistem, respectiv de-a lungul întregului ciclu de viață al produselor, precum și cu transformarea deșeurilor în noi resurse pentru alte industrii. Economia circulară nu se aplică, așadar, unui singur domeniu de activitate sau unei singure resurse, ci la nivelul întregului peisaj economic, datorită diferitelor tipuri de sinergii și complementarități ce pot genera efecte cumulate.

### 1.2. Interesul strategic

Declarația Conferinței de la Rio<sup>23</sup> a tratat politic, pentru prima dată, teme legate de: calitatea vieții, utilizarea resurselor naturale, protecția bunurilor globale, managementul comunităților umane și creșterea economică. Conferința ONU privind *Dezvoltarea Durabilă* (Rio+20)<sup>24</sup>, a elaborat declarația *Viitorul pe care îl dorim*, făcând trecerea către stabilirea obiectivelor strategice de **dezvoltare durabilă**, definită de Comisia Brundland (1987) ca fiind „satisfacerea nevoilor de astăzi fără a sacrifica abilitatea generațiilor viitoare de a-și satisface propriile nevoi”. *Agenda 2030 - Transformarea lumii noastre*, adoptată în 2015 la Paris de șefii de stat și guverne din 193 de țări, conține cadrul conceptual strategic al dezvoltării durabile și cele 17 obiective. (Fig.4)

<sup>22</sup> după <https://www.ecotic.ro/welcome-change/economie-circulara/episodul1/>

<sup>23</sup> Rio Declaration on Environment and Development (1992),

<sup>24</sup> United Nations Conference on Sustainable Development, Rio+20 (2002)



**Fig.4 – Obiectivele dezvoltării durabile<sup>25</sup>**

Acordul de la Paris a fost semnat de 174 de state în cadrul ceremoniei din 22 aprilie 2016, la New York, inclusiv de către România, și a intrat în vigoare în 4 noiembrie 2016 după ce a fost ratificat de 72 de țări semnatare. România a ratificat Acordul de la Paris prin Legea nr. 57/2017.

Uniunea Europeană a integrat conceptul de dezvoltare durabilă încă din anul 2006 în *Strategia pentru o Europă extinsă*<sup>26</sup>. Acest prim document programatic a reprezentat o viziune strategică coerentă și unitară a țărilor membre, având ca obiectiv general îmbunătățirea continuă a calității vieții pentru generațiile prezente și viitoare precum și crearea unor comunități durabile, capabile să-și gestioneze și să-și folosească resursele eficient. În continuarea strategiei dezvoltării durabile UE a adoptat document de promovare a creșterii (1) **inteligente** (prin educație, cercetare, inovare), (2) **durabile** (prin reducerea emisiilor de carbon), (3) **eficientă energetic**, (resurse regenerabile) și (4) **inclusiv** (crearea de locuri de muncă, reducerea sărăciei), denumit *Strategia Europa 2020*<sup>27</sup>. Respectând principiul subsidiarității, țările membre s-au angajat că UE va deveni un lider al aplicării *Agendei 2030* și, implicit, a obiectivelor de dezvoltare durabilă. În acest sens, Comisia a prezentat o Comunicare intitulată *Pașii următori pentru un viitor european durabil*<sup>28</sup>. Documentul reprezintă răspunsul UE la *Agenda 2030* și confirmă integrarea obiectivelor de dezvoltare durabilă atât în cadrul politicii europene cât și între prioritățile Comisiei. Unul dintre elementele asumate juridic, ca parte a dezvoltării

<sup>25</sup> [https://ec.europa.eu/international-partnerships/sustainable-development-goals\\_en](https://ec.europa.eu/international-partnerships/sustainable-development-goals_en)

<sup>26</sup> *Strategia de Dezvoltare Durabilă a UE revizuită – Angajament pentru realizarea dezvoltării durabile*, Consiliul UE, Bruxelles, 26 iunie 2006

<sup>27</sup> *Europa 2020, O strategie europeană pentru o creștere inteligentă, ecologică și favorabilă incluziunii*, COM(2010) 2020 final

<sup>28</sup> COM(2016)793 - Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions “Next steps for a sustainable European future European action for sustainability”

durabile, fiind **viziunea pe termen lung asupra tranziției către economii cu emisii scăzute și rezistente la schimbările climatice, pe parcursul acestui secol**. Așadar, o parte importantă a conceptului dezvoltării durabile o reprezintă **Economia circulară și Economia verde**.

În aceste condiții, la nivelul Uniunii a fost adoptat un plan ambițios de acțiune privind **Economia circulară**, chiar în anul 2015, pentru a stimula tranziția și a accelera tranziția la **Economia verde**. Acest demers poartă numele de *Pachetul privind economia circulară (II)* și conține o serie de propuneri legislative și un plan detaliat de măsuri necesare, adoptate până la finalul anului 2019.

Acest pachet a propus o nouă abordare a consumului resurselor, în corelare cu Programul general al Uniunii de acțiune pentru mediu până în 2020, intitulat *O viață bună, în limitele planetei noastre* (7 EAP), care prevede printre altele:

✓ o viziune la nivelul UE pentru anul 2050 privind realizarea unei „**economii inovatoare, circulare**, în care nu se irosește nimic și în care resursele naturale sunt gestionate în mod durabil”;

✓ obiective prioritare precum „trecerea Uniunii la o economie verde și competitivă cu **emisii reduse de dioxid de carbon** și eficiență din punctul de vedere al utilizării resurselor.” Comunicarea *Investițiile într-o industrie inteligentă, inovatoare și durabilă - O strategie reînnoită privind politica industrială a UE*<sup>29</sup> a urmărit consolidarea capacității industriei de a se adapta noilor exigențe, de a dezvolta noile **tehnologii** necesare tranziției către o economie verde, mai circulară și cu emisii scăzute de CO<sub>2</sub>.

În anul 2019, Comunicarea CE *Pactul verde european*<sup>30</sup> a devenit **Foia de parcurs** pentru a ajunge la o economie europeană dezvoltată durabil. Planul creionează investițiile necesare precum și instrumentele de finanțare disponibile, indicând cum se poate asigura o tranziție justă și incluzivă.

***UE se angajează să devină neutră din punctul de vedere al impactului asupra climei până în 2050!***

Dorind să transforme acest angajament politic în obligație juridică, CE stabilește un set de măsuri pentru toate sectoarele economiei, tranziția energiei reprezentând un pilon principal, prin:

- ✓ **decarbonizarea sectorului energetic**,
  - ✓ investiții în tehnologii ecologice,
  - ✓ sprijin pentru inovare în sectorul industrial,
  - ✓ introducerea unor forme de transport mai puțin poluant, ieftin și sănătos ș.a.
- Pentru a deschide calea către un sector energetic complet decarbonizat, eficient și interconectat, CE solicită țărilor membre, printre altele, adoptarea:

- (1) *Strategiei privind integrarea sistemului energetic*,
- (2) *Strategiei privind **Hidrogenul*** (hidrogenarea energiei),
- (3) *Planului de acțiune al UE pentru economia circulară* (axat pe o utilizare durabilă a resurselor) și

---

<sup>29</sup> COM(2017) 479

<sup>30</sup> COM(2019) 640 final – *Green Deal*

(4) **Strategiei industriale europene** (pentru o economie europeană pregătită pentru viitor).

În ceea ce privește țara noastră, începând din anul 2008 România are în vigoare *Strategia Națională pentru Dezvoltare Durabilă*, denumită *Orizonturi 2013–2020–2030*. De asemenea, a fost legiferată *Strategia națională pentru dezvoltarea durabilă a României 2030* (prin HG nr. 877/2018). Astfel, România pare că s-a angajat să promoveze politici publice în direcția *Economiei circulare* menționând în acest sens hotărârea Senatului nr. 3/2016 cu privire la *Pachetul privind Economia Circulară*.

În zona *Economiei verzi*, România a adoptat o serie de politici publice relevante ce realizează sinergii cu *Economia circulară*, privind: eficiența energetică, instituirea unui cadru pentru stabilirea cerințelor în materie de proiectare ecologică aplicabile produselor cu impact energetic, stabilirea sistemului de promovare a producerii energiei din surse regenerabile, strategia națională privind schimbările climatice și creșterea economică bazată pe emisii reduse de carbon pentru perioada 2016-2020 precum și planul național de acțiune, strategia națională pentru locuri de muncă verzi 2018-2025 ori ghidul de achiziții publice verzi.

Comisarul european Kadri Simson<sup>31</sup> a ținut un discurs pe 26 noiembrie 2020 la *Forumul European pentru Hidrogen*, prin care a subliniat existența condițiilor privind o nouă economie a hidrogenului în Europa, a oportunităților imediate. Simson a spus: „În primul rând, la doar un an de la anunțul *Green Deal* - lumina directoare a acestei Comisii și prioritatea sa numărul unu. Ochii noștri sunt fixați ferm asupra obiectivelor de transformare a sistemului nostru energetic în Europa:

- ✓ un deceniu pentru a ajunge la o reducere de 55% a emisiilor până în 2030, și
- ✓ o generație care va atinge o Europă neutră din punct de vedere al emisiilor de carbon până în 2050.

În al doilea rând, ne găsim calea pentru a ieși din criza COVID-19. Iar cu *Planul de redresare pentru Europa*, avem o oportunitate excepțională pentru investiții ecologice. Nu doar pentru a ne reconstrui economia, ci pentru a reconstrui mai bine. Și în al treilea rând, poziția noastră. Când vine vorba de cursa hidrogenului, Europa aleargă pe pistă, în timp ce alte țări se află încă pe punctul de plecare. În parte, deoarece UE este un lider industrial în dezvoltarea electrolizoarelor. Dar și din cauza cererii pe care o vedem deja pentru aplicațiile pe bază de hidrogen.” După cum se observă, noile economii se pregătesc pentru un nou salt tehnologic, o revoluție industrială fundamentată pe hidrogenarea energiei:

### **Revoluția hidrogenului!**

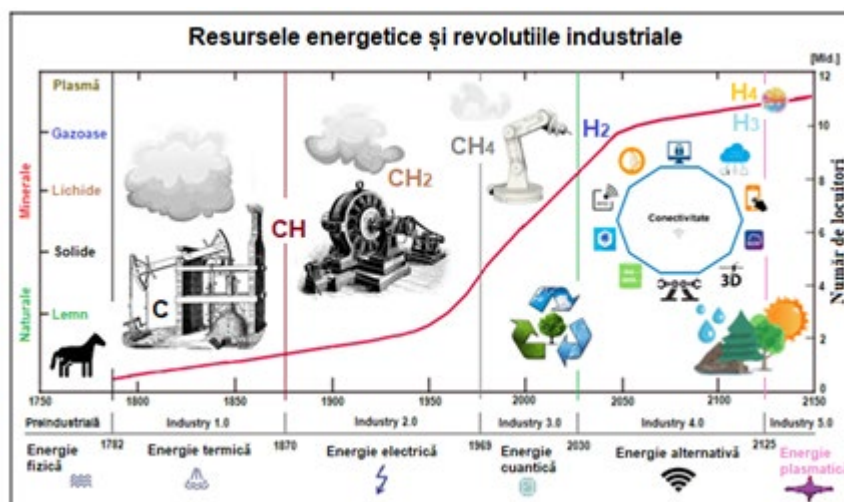
Noua revoluție industrială bate la ușă, gata să înfrunte provocările generate de epuizarea resurselor carbonului, încălzirea globală și creșterea demografică, pentru a realiza tranziția societății umane către dezvoltarea durabilă. Așa cum s-a întâmplat de-a lungul istoriei societății umane, procesul de schimbare a energiei, care stă la baza activităților industriale și de producție, va fi motorul acestei transformări profunde.

---

<sup>31</sup> Comisar european pentru energie, din anul 2019

## 2. REVOLUȚIILE INDUSTRIALE

O **Revoluție industrială** este una dintre cele mai importante etape ale istoriei, constituind premisa principală de dezvoltare a societății, responsabilă de transformări radicale în structura economiilor. Prin schimbarea tipului de energie utilizată și apariția unor noi tehnologii specifice acestora (mașini și forme de organizare a producției) are influență directă asupra calității vieții, evoluției demografice și nivelului de trai. Inseparabile de resurse, încă din perioada preindustrială și până în prezent tehnologiile au evoluat în salturi, definind patru mari revoluții industriale, consemnate în literatura de specialitate ca *Industry 1.0*, *2.0*, *3.0* și *4.0*. (Fig. 5)



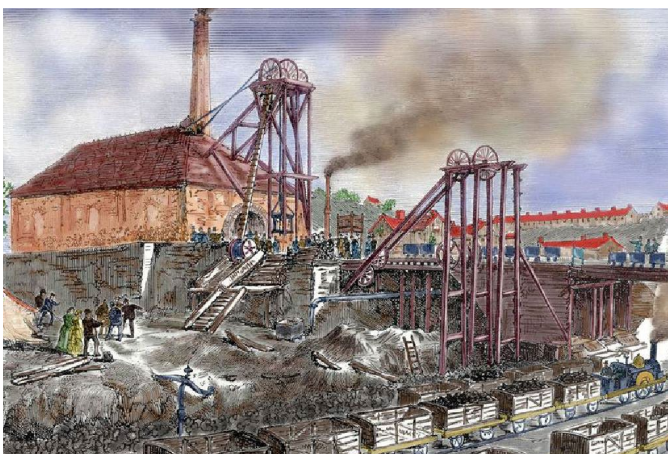
**Fig.5 – Salturile tehnologice**  
(după Offenberg I., 2020)

**Perioada preindustrială târzie** este caracterizată de o societate rurală cu producție manufacturieră, artizanală și intuitivă, combinând meșteșuguri separate. Karl Marx<sup>32</sup> afirmă că, prin combinare unele meserii independente și diferite se dezautonimizează și se unilateralizează într-atât încât ajung să nu mai reprezinte decât operații parțiale ce se completează una pe alta în procesul de producție al uneia și aceleiași mărfi. Cooperarea unor meseriași de aceeași specialitate și descompunerea aceleiași meserii individuale în diferitele ei operații distincte, le-au transformat în funcții exclusive ale unui anume muncitor. Prin acest salt se produce mai mult într-un timp mai scurt sporind forța productivă a muncii. Dar manufactura introducea diviziunea muncii în procesul de producție printr-un mecanism ale cărui organe au rămas tot **oamenii**. Energia mecanică este tot forța umană, animală, hidraulică (mori cu roată) și eoliană (mori de vânt), iar energia termică provine tot

<sup>32</sup> *Capitalul. Critică a economiei politice (Das Kapital. Kritik der politischen Ökonomie)*, 1867

din arderea materiilor prime organice cum ar fi lemnul, diferite uleiuri (ex. de balenă), cărbunele ori "gazele manufacturate".

**Prima revoluție industrială** o regăsim în Anglia, începând cu mijlocul secolului XVIII, care dispunea de rezerve însemnate de fier și cărbune, materii prime esențiale pentru industrializare. De asemenea, Marea Britanie era stabilă politic fiind cel mai mare imperiu colonial. Disponând de cea mai mare varietate de materii prime, cererea crescândă de textile, sticlă și mai ales fier<sup>33</sup> (pentru arme) a condus la necesitatea îmbunătățirii tehnologiilor de manufacturare a produselor realizate din aceste materii prime. Ca o consecință, activitățile tehnologice suport au început să se îmbunătățească pentru a putea asigura creșterea producției de resurse energetice necesare manufacturilor. Cum **energia mecanică brută** nu putea susține această dezvoltare apare o altă formă de energie în anul 1698, când Denis Papin a inventat cazanul cu aburi sub presiune, evidențiind forța energiei termice convertită în abur. Impulsionată de cererea tot mai ridicată de energie, fontă și oțel, inginerii s-au concentrat pe exploatarea și prepararea **cărbunelui**. ( Fig.6)



**Fig.6 – Cărbunele**

Dar tehnologiile exploatărilor miniere erau limitate de adâncimea de extracție și evacuarea continuă a apelor de mină. În acest context, în anul 1712 Thomas Newcomen a realizat prima pompă de evacuare a apei de mină acționată termomecanic, cu ajutorul unui motor cu abur prevăzut cu cilindru și piston cu simplu efect.<sup>34</sup> Din acest moment, declanșarea revoluției industriale este doar la un pas. Și se poate spune că a început în anul 1776, când James Watt a inventat motorul cu abur cu dublu efect. Acesta a permis exploatarea la adâncime din ce în ce mai mare astfel încât cantitatea și calitatea cărbunelui crește continuu.

După numai 6 ani, în anul 1802, Trevithick a utilizat motorul cu abur pentru construcția primei locomotive cu abur. George Stephenson a îmbunătățit

<sup>33</sup> Sec. XVIII este cunoscut ca secolul revoluțiilor

<sup>34</sup>[https://ro.wikipedia.org/wiki/Revolu%C8%9Bia\\_industrial%C4%83](https://ro.wikipedia.org/wiki/Revolu%C8%9Bia_industrial%C4%83)

locomotivele lui Trevithick realizând, 23 de ani mai târziu, în anul 1825, locomotiva "Racheta", ce a tractat vagoane pe prima linie de cale ferată comercială, Stockton-Darlington. Deși britanicii au făcut tot ce le-a stat în putință să oprească extinderea către alte state, multitudinea de progrese tehnice din aceea perioadă au impulsivat fenomenul revoluției industriale care s-a extins mai întâi în Belgia, Franța, Germania și SUA, iar începând cu prima parte a secolului XIX a cuprins toată Europa.

**Tehnologia Carbonului Solid** a provocat o dezvoltare fără precedent a invențiilor, liniilor de cale ferată, schimbului economic, atât material, cât și uman, au apărut ateliere, fabrici, uzine, chiar orașe industriale, iar munca manuală s-a înlocuit treptat cu cea mecanizată; muncitorilor le revine mai mult rolul de supraveghere, reglare și control al mașinilor. Apare clasa de mijloc, categorie socială ce a beneficiat de câștiguri financiare rezonabile, cu un comportament schimbat față de condițiile de viață (igienă, confort), familie, societate și bunuri de consum. Speranța de viață crește, evoluția demografică se accelerează în timp ce **"energia se carbonizează"** odată cu planeta. (Fig. 7)

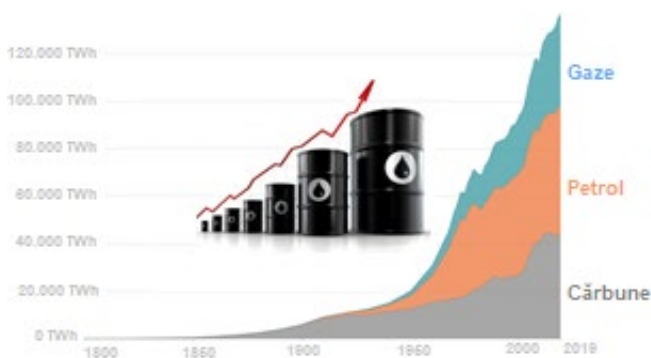


**Fig.7 – Peisaj industrial în sec. XVIII-XIX**

Bazată în mare măsură pe aceste noi tehnologii ale carbonului, Anglia a atins apogeul său economic. Din păcate, carbonul a condus, de asemenea, la apogeul degradării mediului, care includea smog, halde de reziduuri industriale, clădiri impregnate cu cărbune, case pline de praf, pierderi uriașe de productivitate economică și agricolă, creșterea costurilor de sănătate și scăderea duratei de viață.

**A doua revoluție industrială** a debutat la sfârșitul secolului XIX. Încă din prima parte a acestui secol tehnologiile din domeniul generării și utilizării energiei electrice (ex. motoarelor electrice) au cunoscut o dezvoltare fulminantă. Sporirea populației și cererea tot mai mare de produse, bunuri și servicii au făcut ca fabricile să devină tot mai mari, iar echipamentele pe abur tot mai grele. Se caută noi modalități de organizare a producției, diferite de cele ale fabricilor - atelier de la începutul secolului, dar energia termo-mecanică are limitări evidente. Soluția salvatoare o reprezintă energia termo-electrică, electrificarea economiei, industriei și utilizarea acționărilor electrice puternice și suple pentru producție. Inginerii se reorientează și până la sfârșitul secolului motorul electric remodelează industria din temelii. Se dezvoltă industria prelucrătoare a oțelului, apar primele motoare cu ardere

internă, fibrele sintetice, și fertilizatorii, iar mijloacele de comunicație sunt revoluționate prin apariția telegrafului și ulterior a telefonului. Cu ajutorul energiei electrice pe cărbune solid se trece la divizarea și specializarea științifică a activităților în procesul muncii și utilizarea liniilor de producție, respectiv, producția de masă. Au apărut primele automobile și primele avioane, dar și energia atomică. Sporirea populației și producția de masă a automobilelor mărește continuu mobilitatea și parcul auto, făcând carbonul solid să-și arate limitele tehnologice. În aceste condiții, se afirmă noile tehnologii de prelucrare a țițeiului, o resursă pe bază de carbon mai performantă datorită structurii "hidrogenate" și stării de agregare lichide. **Tehnologia Carbonului Lichid** este gata să ia parte la schimbarea condiției planetei prin trecerea către resurse cu hidrogenare din ce în ce mai pronunțată a carbonului - **hidrocarburile**. Prima rafinărie de hidrocarburi a fost deschisă în 1861 și a produs kerosen, prin distilare atmosferică simplă. Curând se produceau uleiuri lubrifiante de înaltă calitate prin distilarea petrolului în vid. Primul proces de cracare termică a fost dezvoltat în 1913, o formă mai sofisticată fiind dezvoltată la sfârșitul anilor 1930 pentru a produce produse mai valoroase. Introducerea proceselor de cracare catalitică și polimerizare, spre sfârșitul anilor '30, a furnizat randamente și cifre octanice îmbunătățite, pentru ca la începutul anilor '40 alchilarea să producă mai multă benzină pentru aviație, dar și materii prime pentru petrochimie, explozivi și cauciuc sintetic. Apariția procedurii de izomerizare catalitică generează cantități tot mai mari de materii prime pentru alchilare, iar petrolul începe să domine planeta. (Fig.8)



**Fig.8 – Hidrogenarea energiei<sup>35</sup>**

Evoluția demografică "explodează", în goană după cărbune și petrol, în timp ce peisajul geocologic evoluează natural, invers proporțional cu schimbarea indusă. Cantitatea de deșeuri și poluanți crește constant transformând planeta. (Fig.9)

<sup>35</sup> <https://ourworldindata.org/fossil-fuels>



**Fig.9 – Poluarea**

**Timpul nu poate fi dat înapoi fiind create premisele următorului salt tehnologic!**

**A treia revoluție industrială** a debutat practic în cea de-a doua jumătate a secolului XX (1969), când s-a utilizat primul Controler Programabil Logic (PLC) - Modicon 084. Are ca punct culminant fiabilizarea unor noi surse de energie, aparținând **energiei cuantice** (electroni, nuclee și atomi). Și-au făcut apariția în peisaj electronica, microprocesorul (1970) și, nu în ultimul rând, energia nucleară. Dezvoltarea noilor tehnologii din domeniile telecomunicațiilor, calculatoarelor și informaticii au dat naștere automatizării proceselor de producție și roboților industriali. Industria chimică dar și cea energetică pune în valoare o nouă tehnologie a carbonului și anume **Tehnologia Carbonului Gazos** rezultată din extinderea utilizării gazului metan ( $\text{CH}_4$ ). Ia naștere o eră nouă - Era spațială, iar epopeea omului în cosmos deschide calea către o nouă tehnologie – **Tehnologia Hidrogenului** și propulsia cu hidrogen. A treia revoluție industrială aduce cu ea „**Un pas mic pentru om, un salt uriaș pentru omenire!**” (Fig.10)



**Fig.10 – Primul om pe Lună (21 iulie 1969)<sup>36</sup>**

<sup>36</sup> Misiunea Apollo 11, lansată pe 16 iulie 1969, la ora 08:32 și încheiată după 8 zile, 3 ore, 18 minute

A patra revoluție industrială începe în *Mileniul 3*, după anul 2000, odată cu apariția internetului. Este considerată o revoluție industrială care nu își are rădăcina într-o nouă formă de energie, ci un nou fenomen tehnologic – **Digitalizarea**. Conceptul de **Industry 4.0** a fost evocat de cancelarul Germaniei Angela Merkel cu ocazia deschiderii *Târgului de la Hanovra* din anul 2011 [după Banabic D., 2018]. Saltul tehnologic specific *Industry 4.0* **pare că are la bază revenirea la manufactură** și cuprinde obiective precum: *Smart Grid, Smart City, Smart Energy, e-Commerce, e-Learning*, internetul obiectelor (*Internet of Things-IoT*), **Imprimare 3D** / manufacturare prin adădire de material (*Additive Manufacturing*), *Big Data*, integrarea sistemelor și manufacturarea în „cloud” (*Cloud Manufacturing*), realitatea augmentată, realitatea virtuală, *Wearables* (dispozitive electronice de mici dimensiuni purtate ca accesorii, direct pe piele, sub haine, deasupra acestora sau chiar incorporate), nanotehnologie, roboții autonomi, inteligența artificială, **Economie circulară** și **Energie verde**. (Fig. 11)



**Fig.11 – Verde și Circular**

Cu toate acestea dezvoltarea digitalizării industriale pare mai degrabă un rezultat al necesității îmbunătățirii eficienței energetice și integrării tuturor formelor de energie alternativă în sistem decât un fenomen în sine. Fundamentul îl constituie traversarea unei perioade în care **întârzierea dezvoltării unei noi forme de energie sustenabilă** a făcut ca evoluția demografică să nu mai poată fi susținută economic. Apar concepte noi cum ar fi dezvoltare durabilă, eficiență energetică și **decarbonizarea energiei** sau **hidrogenarea energiei**. Evoluția geocologică a planetei devine vizibilă prin dezvoltarea unor senzori tot mai performanți, teledetecției, sateliților, conectivității, globalizării și dispariția granițelor. Societatea devine conștientă de transformările natural-tehnice care au loc dar încă nu le poate accepta. Suntem deja înconjurați de inteligență artificială, apar vehicule autonome și drone teleghidate cu asistenți virtuali. Tehnologia a făcut posibilă apariția unor noi

produse și servicii menite să ne ușureze atât viața personală, cât și cea profesională, dar e momentul să ne întrebăm încotro ne îndreptăm.

Industria începe procesul de abandonare a vechii paradigme a *petrolului și gazelor naturale*, în care gazele sunt resursele secundare, un subprodus al petrolului ori, în cazul exploatării cărbunelui, un gaz periculos asociat zăcămintelor grizutoase. Gazul apare ca o resursă abundentă și suficientă pentru următorul salt tehnologic. Gazul natural este diferit de petrol din multe puncte de vedere, fiind mai curat și, în general, mai eficient. Prospectarea, explorarea și exploatarea operațională necesită o abordare diferită de cea a petrolului. Una dintre cele mai semnificative diferențe o reprezintă însă faptul că este un *produs comercial* extras ca atare, din multe roci de rezervor ce nu ar putea conține petrol (ex. cărbune, gresii ori șist), care poate fi utilizat imediat. De asemenea, acest produs este simplu din punct de vedere chimic, cu patru atomi de hidrogen și unul de carbon, în timp ce petrolul este o substanță complexă cu mult mai mult carbon și potențial poluator mai ridicat. În același timp, petrolul trebuie prelucrat pentru a obține subproduse utile în economie.

Ca și răspândire, gazul natural este omniprezent, pe întreaga planetă, în timp ce trei sferturi din toate rezervele de petrol par a fi concentrate în zone relativ mici ale suprafeței terestre. Așadar, resursele globale de gaze naturale sunt mult, mult mai abundente decât petrolul și chiar cărbunele. Spre exemplu, dacă analizăm distribuția gazelor naturale, observăm că oriunde se găsește cărbune este prezent și gazul natural ("grizu") și oriunde se găsește petrol este de asemenea prezent gazul natural (de zăcămint), adesea în cantități egale sau chiar mai mari, dar nu și invers. În același timp, cele mai mari câmpuri de gaze naturale din lume au puțin sau chiar deloc petrol. Așadar, produsul mineral gaz natural nu aparține, practic, industriei petroliere. Considerat un subprodus, timp de decenii a fost ars la sonde, oferind cele mai strălucitoare pete de lumină pe pământ. Amintim flăcările gigantice din câmpurile petroliere nord americane, siberiene, din Arabia Saudită ori Africa de Vest.

Industria gazului natural abia acum începe să se afirme ca o industrie globală de sine stătătoare, dacă nu va mai fi considerat un produs secundar ieftin al petrolului sau, și mai rău, un produs potențial exploziv în activitățile extractive de cărbune. Relativ recent, societatea a început să prețuiască gazul natural ca pe o marfă mai accesibilă decât petrolul. Acest aspect va contribui la atenuarea temerilor privind insuficiența resurselor planetare de gaze naturale și la procesul de înțelegere că această resursă minerală va fi următoarea sursă primară de energie tranzitorie către hidrogen. Pe de altă parte, tot mai multe voci susțin că în evaluarea resurselor energetice trebuie separat gazul metan mineral de petrolul fosil, deoarece:

✓ prin descoperirea unor cantități mari de metan în Univers originea non-biologică a gazelor naturale devine tot mai probabilă. Pe Pământ metanul se poate degaja liber prin sistemul de rifturi oceanice, existând posibilitatea ca volume uriașe de gaze naturale să nu fie de origine fosilă ci să se formeze continuu, ca produs al subducției plăcilor continentale, mișcării magmei sau fenomenelor geologice din scoarța terestră;

✓ există hidrați de metan (gheață de metan) pe fundul mărilor și oceanelor lumii. Se estimează între  $2-5 \times 10^{15}$  mc de hidrați, din care se poate obține mai multă energie decât din tot cărbunele și petrolul la un loc, dar extragerea acestei resurse rămâne încă o operațiune foarte periculoasă și scumpă;

✓ există gaze de șist, exploatabile în toată lumea.

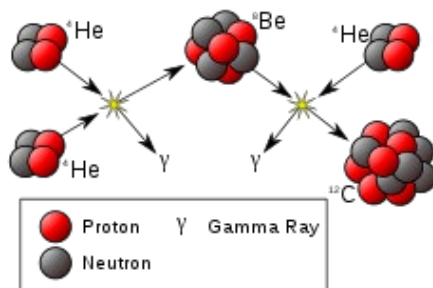
Proiecțiile evoluției gazului natural prognozează creșteri optimiste a cotei de piață în producția mondială a energiei sfârșitului de secol XXI și începutului de secol XXII, la fel ca și cărbunele în secolele XVIII și XIX. Dar rămâne să vedem dacă acest scenariu este sustenabil, având în vedere că cealaltă hidrocarbură – petrolul - a atins cu greu 50% din piață<sup>37</sup>. Pământul fiind în mare parte un solid înconjurat și saturat cu gaze ne va oferi evoluția reală, deoarece un combustibil eficient precum petrolul nu s-a confirmat pe piața globală a energiei așa cum a făcut-o cărbunele. Înțelegând că lichidul este o stare tranzitorie și minimă a materiei putem obține un indiciu că petrolul, un lichid, va rămâne doar o resursă energetică globală relativ limitată comparativ cu carbonul (cărbunele) și gazele ( $\text{CH}_4$ ,  $\text{H}_2$ ). RA Hefner III afirmă că ”nu pare să existe mult lichid nici în Univers, în Calea Lactee și pe Pământ, unde, dacă am scurge toată apa și petrolul de pe planetă în spațiul cosmic, tot lichidul ar lua forma unei bile de apă acoperită cu o peliculă fină de petrol. Pentru comparație, dacă aceasta ar avea diametrul mai mic decât dimensiunea vârfului degetului mare de la o mână diametrul Pământului stors de lichid ar fi de cca. 0,6 m.” (după RA Hefner III, 2007)

*Putem oare să intuim că a 5-a revoluție industrială va avea la bază **Soarele** - legătura energetică dintre **Om** și **Universul** său?*

**3. PEISAJUL GEOENERGETIC.** Originea civilizației umane se regăsește în jurul focului. Resursa lemnoasă la care avea acces omul din vechime a alimentat și prima centrală termică - focul deschis. Pădurile erau luxuriante iar resursa lemnoasă era ușor de procurat (ieftin) și de utilizat. Dar, de-a lungul a mii de ani, au apărut considerente de mediu și resurse. Lipsit de cunoștințele științifice necesare și de unelte adecvate în perioada preindustrială omul a folosit energia cea mai accesibilă. Învățase deja cum să aprindă focul și cum să ajungă la ”piatra neagră care arde” - cărbunele. Fără să fie conștient, de fapt el utiliza resurse minerale solide pe bază de carbon. Carbonul este al patrulea cel mai abundent element din univers (ca masă) după Hidrogen, Helium și Oxigen. Este răspândit în stele, comete și în atmosfera majorității planetelor. Carbonul nu a fost creat în timpul Big Bang-ului deoarece are nevoie de producerea unei coliziuni triple de particule alfa (nuclee de He). Oamenii de știință cred că Universul s-a răcit prea repede după expansiune pentru ca acest fenomen să fie posibil. Astfel, natural carbonul este produs doar în stele, acolo unde nucleele de He sunt transformate prin fuziune nucleară de tipul triplu-alfa. (Fig.12)

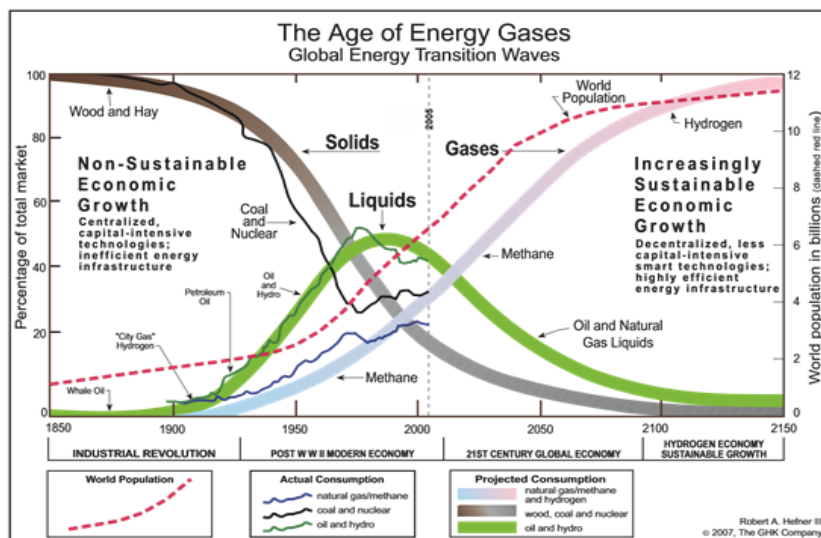
---

<sup>37</sup> petrolul a atins apogeul între 1970 și 1979. În 1973 a atins maximul de 53% pentru ca în 2019 să coboare la 39% în raport cu cărbunele și gazul.



**Fig. 12 – Procesul triplu-alfa**<sup>38</sup>

La rândul său, de regulă Heliul este un rezultat al fuziunii nucleare a Hidrogenului în stele, cu excepția celor super masive în care fuzionează formând elemente mai grele. La final acestea sunt expulzate înapoi în univers, unde materia primă energetică se regăsește sub două forme de bază - Solidă și Gazoasă. Starea Lichidă este doar o stare tranzitorie. În acest proces, energia înmagazinată de materie se metamorfozează continuu. Imaginea holistică a metamorfozei energiei oferă o poză de o simplitate frapantă pe planeta noastră, surprinsă magistral de R.A. Hefner III (Fig. 13)



**Fig. 13 – Epoca gazelor energetice**  
(R.A. Hefner III, 2007)

Analizând ”valorile de energie” descrise de R.A. Hefner III se poate imagina Peisajul Geoenergetic, în care eterogenitatea resurselor energetice solide este

<sup>38</sup> [https://ro.wikipedia.org/wiki/Procesul\\_triplu-alfa](https://ro.wikipedia.org/wiki/Procesul_triplu-alfa)

determinată de legăturile carbonului, diverse și complexe, iar tendința evolutivă spre omogenitate, e determinată de resursa energetică gazoasă bazată doar pe hidrogen, singulară și simplă. Tranziția între cele două stări de bază se face printr-un mix minim, tranzitoriu, al stării lichide. (Fig.14)

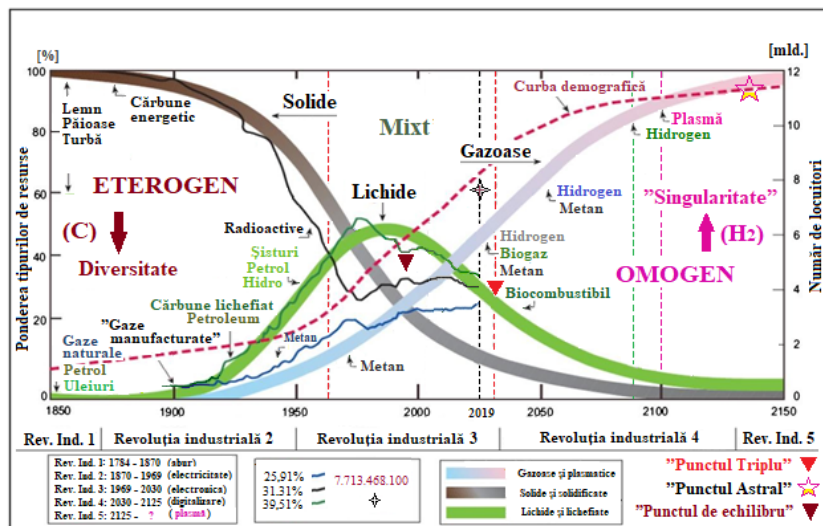


Fig.14 – Peisajul Geoenergetic

Peisajul Geoenergetic ne arată că formele "supreme" de energie ce pot fi produse de om, prin care dezvoltarea civilizației va fi complet sustenabilă, ar trebui să reproducă energia universului.

În acest sens, formele cele mai accesibile pentru noul salt tehnologic par a fi tehnologiile hidrogenului (Verde, Albastru, Gri sau Negru) urmate de fuziunea nucleară, în care Deuteriu ( $H_2$ ) și Tritiul ( $H_3$ ) se combină pentru a ne oferi energia necesară acoperirii integrale a nevoilor civilizației viitoare. Aceste tehnologii nu produc deșeuri și garantează o economie circulară din punct de vedere energetic.

Putem constata că s-a produs un decalaj temporal între "Punctul Triplu" unde regăsim toate cele trei forme de agregare (lichidă, solidă și gazoasă) a resurselor energetice principale utilizate de Om și momentul în care omenirea trebuia să realizeze tranziția ("Punctul de echilibru" al zonei tranzitorii). Datorită apariției acestui decalaj curba demografică, care și-a menținut panta, s-a depărtat de curba energetică producând dezechilibre și "mișcarea Browniană" din energie, pe care o vedem în prezent.

Cum petrolul nu mai poate susține pentru mult timp dezvoltarea societății, iar cărbunele și-a atins la rândul său limitele, Omenirea a intrat pe datorie față de planetă cu consecințele geoecologice previzibile. "Nota de plată" o reprezintă acumularea de carbon în exces, care nu poate fi reasimilat în circuitul natural, necesitând costuri tot mai mari de gestionare. Considerăm că acest decalaj se datorează în principal atât lipsei deciziilor politice, cât și inerției industriilor. Tehnologiile moderne, altele

decât cele energetice, precum: grafenul, fibra de carbon, electrozii de grafit, carbonul activ, spuma de carbon, produse pentru construcții, biotehnologie și medicină – proteze, biosenzori, utilizări agricole – îngrășăminte, ar fi salvat toate industriile.

Având în vedere evoluția natural-tehnică a peisajului Geoenergetic, acum doar prin măsuri politice și economice severe de recuperare a decalajului se va ajunge la punctul de inflexiune ce va marca ireversibil sustenabilitatea energiei și circularitatea economică a planetei – ”Punctul Astral”, cu costuri mult mai mari. Până la atingerea acestui deziderat gazul metan va rămâne pilonul energetic principal prin abundență și eficacitate, chiar dacă contribuie la rândul său la carbonizarea planetei.

Doar când tehnologiile de fuziune vor reuși să reproducă sustenabil fenomenele naturale din Soare omenirea se va regăsi în următoarea Revoluție industrială - *Industry 5.0*.

**CONCLUZII.** Dacă analizăm peisajul Geoenergetic, constatăm că resursele energetice care au alimentat zorii civilizației noastre aparțin fazei solide, în timp ce faza lichidă ne-a dus în „lumea modernă”. Însă desăvârșirea civilizației o poate realiza doar o sursă de energie sustenabilă și cât mai naturală. Transformările natural-tehnice sunt reale și nu pot fi evitate de o civilizație în dezvoltare. Dacă omenirea nu va ajunge la acea resursă planeta nu ne va aștepta, iar deznodământul este previzibil.

Așadar, fie că vorbim de energia fizică brută, termică, electrică, atomică sau cuantică diferitele civilizații au suferit decăderi ori dezvoltări în funcție de: (1) adaptarea la salturile tehnologice evolutive din industrie și (2) metamorfoza energiei definită de vectorul energetic la care societatea a avut acces.

Pornind de la carbon către hidrogen, omul își caută implacabil destinul în universul care l-a zămislit, trecând prin tot atâtea revoluții industriale câte tipuri de energie (tangibilă sau discretă) îl vor susține pe calea sa. (Fig.15)



**Fig.15 – De la Industry 1.0 la Industry 5.0**

De aceea, fie că identificăm în peisajul Geoenergetic ”Valuri de energie”, așa cum foarte frumos le-a definit R.A. Hefner III, fie că identificăm o ”metamorfoză a

energiei” impusă evolutiv de transformarea natural-tehnică a mediului Geoenergetic va trebui să folosim tot ce avem la îndemână pentru a reintra ”în grafic”.

Deși resursele ”verzi” de energie sunt tot mai accesibile, se dovedește că acestea nu asigură încă securitatea în aprovizionarea cu energie și în marea majoritate a cazurilor reprezintă doar surse energetice alternative discontinue, fiind denumite impropriu regenerabile. Numai în combinație cu combustibili minerali aceste resurse alternative pot susține acum volumul uriaș și ritmul necesar **reechilibrării energetice a planetei.**

### **Dar situația se schimbă cu repeziciune!**

Tranziția energetică a ajuns în partea de sus a agendei europene și internaționale pornind de la preocupări legate de disponibilitatea fizică (lipsa noilor zăcăminte), cerere (agravată de problemele de aprovizionare cauzate de instabilitate politică în unele regiuni și dificultăți de infrastructură în altele) și recuperare a petrolului. Termenele fixate pentru hidrogen sunt scurte, deoarece, conform graficului, în jurul anul 2030 mai bine de jumătate din consumul de combustibil fosil ar fi trebuit să fie acoperit sustenabil de alte resurse, de care noi încă nu dispunem în mod durabil în prezent.

”Așadar, am adoptat o abordare europeană prin lansarea *Strategiei UE pentru hidrogen* în iulie 2020 și, împreună cu aceasta, *Alianța pentru hidrogen curat*. Strategia expune viziunea europeană pentru creșterea rapidă a producției de hidrogen regenerabil, reducerea costurilor și creșterea cererii.”, declară Kadri Simson<sup>39</sup>. Această viziune vine și cu un set de ținte ambițioase pentru Europa: **6 GW de electrolizoare instalate până în anul 2024 și 40 GW până în anul 2030**. CE a început planificarea infrastructurii, revizuirea cadrului normativ pentru infrastructura transeuropeană și rețelelor energetice necesare sprijinirii și dezvoltării rețelelor de hidrogen în UE.

---

<sup>39</sup> La *Forumul European pentru Hidrogen* (23-27.11. 2020) derulat de *Organizația Națională Tehnologia Hidrogenului* și a celulelor de combustibili și Întreprinderii Comune Pile de Combustibil și Hidrogen (FCH JU), cu sprijinul *Comisiei Europene - Direcția Generală pentru Piața Internă, Industrie, Antreprenoriat și IMM-uri*, în cooperare cu *Ministerul Federal German al Transporturilor și Infrastructurii Digitale*, în calitate de președinție a Consiliului UE.

S-a demarat lucrul la certificarea hidrogenului care va veni cu pachetul *Fit for 55* planificat pentru luna iunie 2021, astfel că, la doar patru luni după *Strategia hidrogenului* CE creionează atât regulile, cât și cadrul comun pentru apariția pieței de hidrogen în UE, inclusiv lărgirea regulilor pieței gazului metan. Acesta este modul în care CE va facilita absorbția gazelor regenerabile și cu emisii reduse C până la sfârșitul anului 2021.

Pe de altă parte, *Alianța Europeană pentru Hidrogen curat* vizează și o implementare ambițioasă a tehnologiilor hidrogenului, până în anul 2030, reunind: producția de hidrogen regenerabilă și cu emisii reduse de carbon, cererea (industrie, mobilitate și alte sectoare), transportul și distribuția hidrogenului. CE mai intenționează să plaseze hidrogenul pe agenda dialogurilor privind energia, realizate cu alte state, structurate pe toate sferile comerțului, respectiv cu: exportatori (ex. regiunea golfului), importatori (ex. Coreea și Japonia) și parteneri, pentru consolidarea angajamentului în inițiativele multilaterale legate de hidrogen, cum ar fi *Parteneriatul Internațional pentru Hidrogen în economie*.

Până atunci, în cadrul actualului concept de "economie circulară" este bine să luăm aminte la metamorfoza energiei și resursele care o generează. Trebuie să căutăm să înțelegem cum poate fi atins un astfel de potențial, care va fi următorul vector energetic, când și în ce va consta saltul tehnologic pentru că deja suntem purtați pe noul "val de energie" spre viitoarea revoluție industrială - "Industry 5.0".

## REFERINȚE BIBLIOGRAFICE

- [1] Iliăș N, Radu S.M., Offenbergh I, Arens J.V., "O viziune asupra viitorului omenirii, privind resursele minerale cu alți ochi!", IMINOVA, Chișinău, 2020
- [2] Iliăș N, Radu S.M., Offenbergh I, M. Minescu, „Energy metamorphosis and resource sustainability”, Zilele Academiei de Științe Tehnice din România, București, 2020
- [3] Robert A. Hefner III, "The age of energy gases", The GHK Company, 2007
- [4] Offenbergh I, Iliăș N, Radu S.M., Geoecologie și geotehnologii, Ed AGIR, 2019
- [5] Nicolae Iliăș, Mihai Sorin Radu, Iulian Offenbergh, Alexandra Offenbergh, Beyond the depths - The Man and mineral resources viewed with different eyes!, VII International academic conference - Scientific school of Academician I. Zyazyun in works of his colleagues and disciples, Institutul Politehnic Kharkov, 2021;
- [6] Аренс В.Ж., "Геотехнология." Изд. Дом НИТУ МИСиС, 2020, ISBN 978-5-907227-20-0.
- [7] Târțiu, V.E., Ștefănescu M, Petrache A.M. Gurău C.R., "Tranziția către o economie circulară. De la managementul deșeurilor la o economie verde în România", Institutul European din România, 2019
- [8] Strategia națională pentru dezvoltarea durabilă României 2030 (HG nr. 877/2018)