Uzina ISRU + Stație de minerit lunar – Descriere & Bilanț energetic

Data: 25 Aug 2025

# 1) Concept operațional (100 instalații, 24/7)

Flotă de 100 module identice: recoltare regolit (3 m lățime, 5 cm adâncime), degazare în cuptor etanș (750–900 °C), captare volatili (capcane criogenice), separare He/Ne și îmbogățire izotopică pentru ³He. În paralel, o linie opțională de reducere a ilmenitului (FeTiO₃) produce H₂O care este electrolizată pentru a livra O₂ lichid și H₂ reciclat.

Surse de energie: micro-reactoare nucleare modulare (termic+electric) pentru continuitate zi/noapte; solar concentrat/PV doar ca supliment. Căldura reziduală este recuperată pentru preîncălzirea regolitului, scăzând energia specifică de degazare spre 0.8 GJ/m³ în condiții optime.

# 2) Layout de uzină (nivel bloc)

• A. Zona de minerit: excavatoare cu bandă, conveioare etanșe, corturi antipraf; pavaj din reziduu sinterizat.

• B. Degazare & captare: preîncălzire regenerativă → cuptoare (tub rotativ / pat fluidizat) → colectare gaze → capcane criogenice.

• C. Separări gaz: He/Ne, compresie He; îmbogățire izotopică (distilare criogenică + superleak) pentru ³He.

• D. Linia O₂: reducere cu H₂ a ilmenitului → condensare H₂O → electroliză → O₂ lichid, H₂ recirculat.

• E. Utilități: putere (nuclear), apă de proces, criogenie, mentenanță, control praf, laborator geochimie.

• F. Logistică: stocare LOX/LH₂/He, umplere, drumuri interne, habitate și ecranare radiații (din regolit compactat).

# 3) Coș zilnic & energie – scenarii

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Scenariu | Volum (m³/zi) | Regolit (t/zi) | ³He (kg/zi) | He total (t/zi) | H₂O volatili (t/zi) | O₂ lichid (t/zi) | H₂O din reducere (t/zi) | P\_th total (MW) | P\_e O₂ (MW\_e) | P\_e total (MW\_e) |
| Pesimist | 17280 | 27648 | 0.097 | 0.32 (±0.16) | 0.2 | 73 | 82 | 360 | 24.2 | 44.2 |
| Median | 25920 | 41472 | 0.332 | 1.11 (±0.55) | 1.5 | 305 | 343 | 330 | 82.6 | 132.6 |
| Optimist | 32400 | 51840 | 0.933 | 3.11 (±1.56) | 7.3 | 653 | 735 | 315 | 149.7 | 229.7 |

Notă He total: intervalul indică incertitudinea raportului ³He/He în vântul solar (≈2×10⁻⁴…5×10⁻⁴). Valoarea din tabel este mediana; ± este semi-intervalul până la capete.

# 4) Bilanț energetic – explicații

• Degazare: 3 MW\_th/instalație → 300 MW\_th pentru 100. Integrarea termică pentru reducerea ilmenitului adaugă +5–20% termic, în funcție de scenariu (tabel, col. P\_th total).  
• Electroiză O₂: ~5.5–8.0 kWh/kg O₂ ⇒ vezi col. P\_e O₂; aceasta domină consumul electric dacă producția de O₂ e mare.  
• Auxiliare: 0.2–0.8 MW\_e/inst (vid, criogenie, transport), incluse în P\_e total.

# 5) Apă – bilanț & utilizări

Există două fluxuri de H₂O: (i) volatile degazate din regolit (ppm locale), (ii) apă din reducerea ilmenitului. Partea (ii) este de regulă electrolizată pentru a furniza O₂, dar o fracție poate fi deviată ca apă tehnologică / viață. Ex.: în scenariul Median, ~1 t/zi (volatili) + ~343 t/zi (din reducere).

# 6) Dimensionare energetică a stației de minerit

Configurație de referință (scenariu Median):  
• Termic continuu: ~330 MW\_th (degazare + reducere).  
• Electric continuu: ~133 MW\_e (incl. ~83 MW\_e pentru electroiză O₂).  
• Surse: 20 micro-reactoare de ~20 MW\_th fiecare, cu conversie Brayton ~30% → ~120 MW\_e net (suficient pentru O₂ + auxiliare). Redundanță și sarcini de vârf pot fi acoperite cu stocare termică/CRYO și PV.

# 7) Observații și riscuri tehnice

• Cartografierea reală a ilmenitului și a volatilor locale poate schimba ordinea de mărime a producției de O₂ și H₂O.

• Captarea etanșă a gazelor este critică; pierderile de He în vid sunt definitive.

• Întreținerea cuptoarelor (cămași ceramice) și a filtrelor antipraf determină disponibilitatea (>90% target).

• Electroliza este consumatorul principal de electric; optimizarea energetică (căldură deșeu → preîncălzire apă) reduce kWh/kg O₂.

• Logistica LOX: lichefiere/ stocare criogenică dimensionate la sute de t/zi la scenariile superioare.