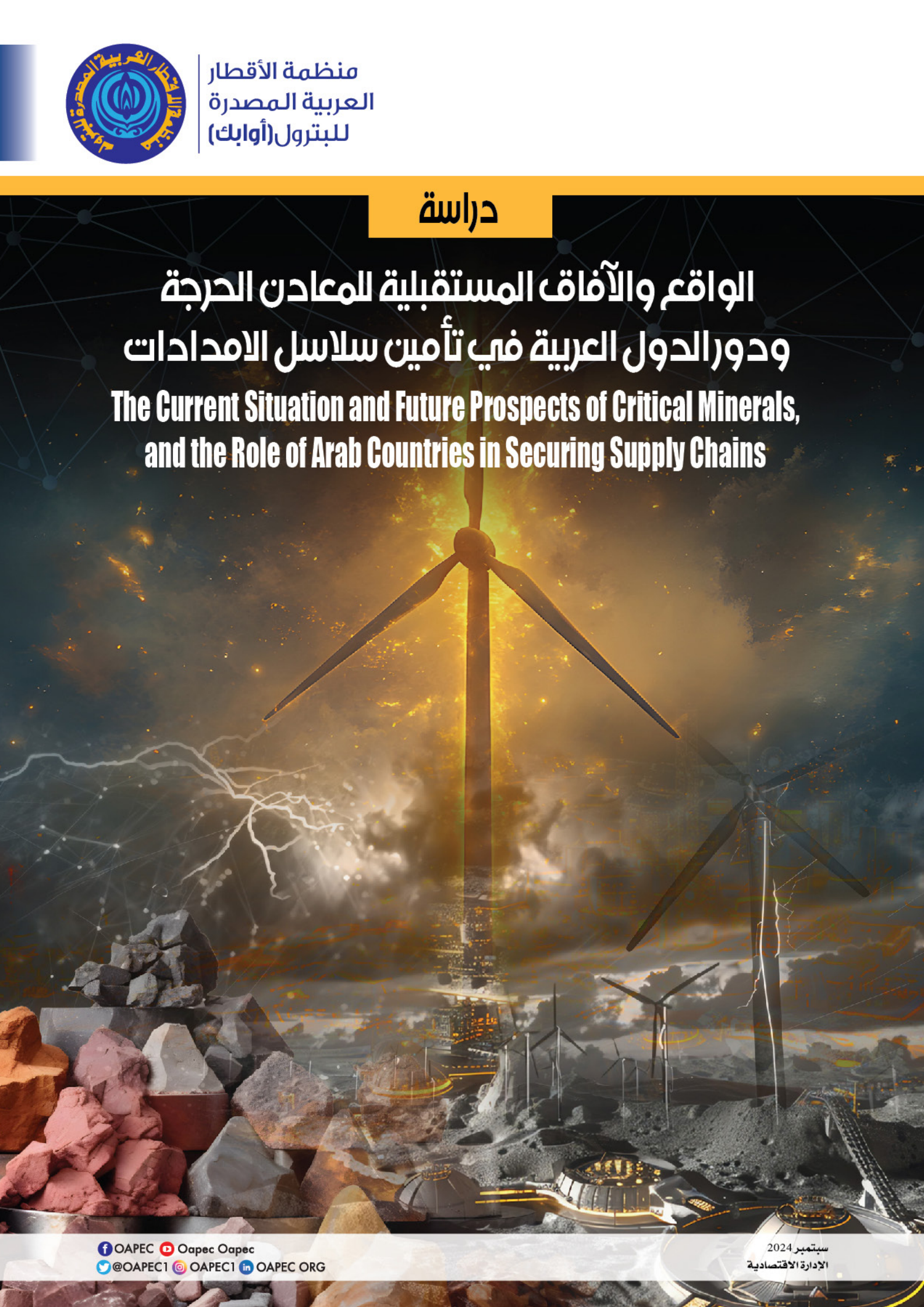
منظمة الأقطار
العربية المصدرة
للبترول (أوابك)

دراسة

الواقع والآفاق المستقبلية للمعادن الحرجة ودور الدول العربية في تأمين سلاسل الامدادات

The Current Situation and Future Prospects of Critical Minerals, and the Role of Arab Countries in Securing Supply Chains



OAPEC Oapec Oapec
@OAPEC1 OAPEC1 OAPEC ORG

سبتمبر 2024
الإدارة الاقتصادية

جميع حقوق الطبع محفوظة، ولا يجوز إعادة النشر أو الاقتباس دون إذن خطي مسبق من المنظمة، 2024.

****

****

منظمة الأقطار العربية المصدرة للبترول (أوابك)

الإدارة الاقتصادية

ص.ب 20501 الصفاة الكويت 13066

هاتف 24959000 (965) فاكسميلي 24959755 (965)

P.O. Box 20501 SAFAT, KUWAIT 13066

WEBSITE: WWW.OAPECORG.ORG

E-MAIL: oapec@oapecorg.org

****

****

منظمة الأقطار
العربية المصدرة
للبترول (أوابك)

دراسة

الواقع والآفاق المستقبلية للمعادن الحرجة ودور الدول العربية في تأمين سلاسل الامدادات

The Current Situation and Future Prospects of Critical Minerals, and the Role of Arab Countries in Securing Supply Chains

إعداد
ماجد إبراهيم عامر
خبير اقتصادي

مراجعة
عبد الفتاح العريفي دندي
مدير الإدارة الاقتصادية
والمشرف على إدارة الإعلام والمكتبة

إعتماد
المهندس جمال عيسى اللوغاني
الأمين العام

مقدمة

حظيت المعادن الحرجة باهتمام عالمي متزايد خلال الأعوام القليلة الماضية، بسبب دورها الأساسي في تحولات الطاقة. وتشكل تلك المعادن التي تشمل العناصر الأرضية النادرة والليثيوم والكوبالت وغيرها، جزءاً لا يتجزأ من مجموعة واسعة من الصناعات، من صناعة مستلزمات الطاقة المتجددة وصناعة المركبات الكهربائية إلى صناعة الإلكترونيات المتقدمة. وقد ارتفع الطلب العالمي على المعادن الحرجة، مدفوعاً بالتقدم التكنولوجي والسعي للانتقال إلى اقتصاد منخفض الكربون. وتتركز العديد من هذه المعادن في مناطق جغرافية محدودة، مما يؤدي إلى مخاوف بشأن اضطرابات سلاسل الإمدادات والمخاطر الجيوسياسية. بالإضافة إلى ذلك، فإن التأثيرات البيئية لعمليات تعدين ومعالجة المعادن الحرجة تزيد من تعقيد إدارتها واستخدامها. وفي ظل مشهد الطاقة العالمي المتغير، يبرز دور الدول العربية في قطاع المعادن الحرجة كعامل هام، لا سيما في ظل امتلاكها لموارد معدنية كبيرة وتمتعها بمواقع جغرافية استراتيجية يمكن أن تؤثر على سلاسل الإمدادات العالمية.

تهدف الدراسة بالدرجة الأساس إلى عرض وتحليل للواقع والآفاق المستقبلية لمؤشرات المعادن الحرجة، بما في ذلك الاحتياطيات والإنتاج وحجم الطلب المتوقع في ظل ما تمثله تلك المعادن من أهمية لتحولات الطاقة، فضلاً عن تناول متطلبات الاستثمار وحجم التجارة العالمية وبيان الآثار البيئية المرتبطة بعمليات استخراج ومعالجة هذه المعادن، وصولاً إلى تسليط الضوء على الكيفية التي يمكن بها للدول العربية أن تلعب دوراً حيوياً في تأمين سلاسل إمداد مستدامة ومرنة من المعادن الحرجة.

خصص **المحور الأول** من الدراسة لاستعراض مفهوم المعادن الحرجة وأهميتها وتصنيفاتها والكارتلات والاستراتيجيات والمبادرات العالمية لتطويرها. أما **المحور الثاني**، فتناول المؤشرات الرئيسية المتعلقة بالمعادن الحرجة كالاحتياطيات والإنتاج والطلب العالمي عليها والتطور في أسعارها. وكرس **المحور الثالث** لإلقاء الضوء على حجم الاستثمارات والتجارة العالمية في المعادن الحرجة. وتطرق **المحور الرابع** إلى التوقعات المستقبلية للطلب

على المعادن الحرجة، وفقاً لمؤسسات الطاقة العالمية المختلفة. وتم من خلال **المحور الخامس** بيان التأثيرات البيئية لعمليات استخراج المعادن الحرجة. وأخيراً بين **المحور السادس** دور الدول العربية بشكل عام، والدول الأعضاء في منظمة أوابك بشكل خاص، في تأمين سلاسل الإمدادات من المعادن الحرجة.

ومن أهم ما خلصت إليه الدراسة أن هناك اختلاف في منهجية التصنيف الخاص بالمعادن الحرجة، اعتماداً على عدد من العوامل منها مستوى التنمية الاقتصادية، ومتطلبات الصناعة والتكنولوجيا والمصالح الوطنية وتغيرات السوق. وقد تكون سلاسل الإمدادات العالمية من المعادن الحرجة معرضة للاضطرابات الناجمة عن بعض الأحداث الطبيعية مثل الزلازل، أو التوترات الجيوسياسية والنزاعات التجارية وانقطاع التيار الكهربائي، كما تتعرض أجزاء من سلاسل الإمدادات أيضاً لآثار تغير المناخ.

ومن المتوقع أن يتزايد الطلب العالمي على المعادن الحرجة بشكل كبير على خلفية ارتفاع الطلب على الطاقة منخفضة الكربون، جنباً إلى جنب مع التوسع الاقتصادي المتوقع. وهناك إمكانية لتأثير الجغرافيا السياسية على توريد المعادن الحرجة ودورها في التجارة الدولية وتحولات الطاقة، مما يؤكد على أهمية تنويع سلاسل التوريد وضمان إمدادات مستقرة وآمنة.

وعلى الرغم من النظر إلى أن كافة المعادن الحرجة ضرورية لتحولات الطاقة في الوقت الحاضر، إلا أن هذه التحولات تنطوي على تفاعل مُعقد ومتغير باستمرار بين مختلف المعادن والتقنيات وسلاسل التوريد. ويمكن أن تشكل أنشطة التعدين تأثيرات بيئية كبيرة تتجاوز الانبعاثات من الغازات الدفيئة، بما في ذلك تفاقم الإجهاد المائي. ومن ثم يجب على أصحاب المصلحة في جميع أنحاء العالم التعاون لإنشاء أطر تنظيمية شفافة، وتعزيز ممارسات التعدين المسؤولة، وإنفاذ المعايير البيئية في جميع مراحل سلسلة القيمة.

والجدير بالذكر أن العديد من محاولات إنشاء كارتلات للمعادن الحرجة لم تدم طويلاً، بسبب مواجهتها لعدد من التحديات مثل الخلافات الداخلية، وعدم مشاركة المنتجين الرئيسيين. ومن الملاحظ أنه لا يمكن تحقيق موثوقية الإمدادات دون ضخ الاستثمارات اللازمة لإنشاء

مخزونات استراتيجية من المعادن الحرجة، ولن تستطيع أي دولة أن تلب الطلب على جميع المعادن الحرجة بمفردها، الأمر الذي يتطلب تعزيز التعاون الدولي بين المنتجين والمستهلكين.

وتُعد الدول العربية غنية بالموارد وتنتج العديد من المعادن التي يمكن استخدامها للتحولات في الطاقة. ومع ذلك، فإن نقص البيانات الجيولوجية وخرائط الموارد المعدنية، مع عدم توافر بيئة تشغيلية متسقة وموثوقة لجذب الاستثمارات، يعيق عملية التطوير، مما يستوجب ضرورة وجود استراتيجية واضحة ومتكاملة، بما في ذلك دعم الشراكة بين القطاعين العام والخاص على طول سلسلة القيمة بأكملها لقطاع التعدين من خلال سياسات واضحة، وتقليل مخاطر الاستثمار، واستخدام نماذج أعمال مبتكرة تساهم في إنشاء سلاسل إمدادات للمعادن الحرجة. بالإضافة إلى تسهيل عملية منح التصاريح والتراخيص لعمليات التعدين، وتعزيز التعاون الإقليمي بهدف نشر أسرع لتقنيات التعدين، مع تشجيع ودعم البحث والابتكار لتطوير التقنيات من اجل تقليل التأثير البيئي والحصول على إنتاجية أعلى على طول سلسلة قيمة قطاع التعدين بأكملها، واعتماد إطار الاقتصاد الدائري للكربون في قطاع التعدين من خلال تعزيز كفاءة الموارد وتوسيع نطاق إعادة التدوير واستخدام المواد البديلة في عمليات التعدين.

وتأمل الأمانة العامة أن تساهم هذه الدراسة في تقديم صورة واضحة عن الواقع والآفاق المستقبلية للمعادن الحرجة ودور الدول العربية في تأمين سلاسل إمداداتها. وترجو أن يجد فيها واضعي سياسات الطاقة والمختصون ما يسعون إليه من فائدة.

والله ولي التوفيق،،،

الأمين العام

جمال عيسى اللوغاني

قائمة المحتويات	رقم الصفحة
المقدمة	**2**
المحور الأول: المعادن الحرجة، المفهوم والأهمية والتصـــنيفات والكارتلات والاستراتيجيات والمبادرات العالمية	**7**
أولاً: مفهوم المعادن الحرجة وأهميتها	7
ثانياً: تصنيفات المعادن الحرجة	8
ثالثاً: كارتلات المعادن الحرجة	12
رابعاً: الاستراتيجيات والمبادرات العالمية لتطوير المعادن الحرجة	13
المحور الثاني: المؤشرات الرئيسية المتعلقة بالمعادن الحرجة	**17**
أولاً: الاحتياطيات العالمية من المعادن الحرجة الرئيسية في نهاية عام 2023	17
ثانياً: تطور الإنتاج العالمي من المعادن الحرجة خلال الفترة (2013 – 2023)	21
ثالثاً: الطلب العالمي على المعادن الحرجة خلال الفترة (2021 – 2023)	29
رابعاً: تطور أسعار المعادن الحرجة الرئيسية	30
المحور الثالث: الاستثمارات والتجارة العالمية في المعادن الحرجة	**33**
أولاً: الاستثمارات العالمية في المعادن الحرجة	33
ثانياً: التجارة العالمية من المعادن الحرجة	34
1. الواردات العالمية من المعادن الحرجة	35
2. الصادرات العالمية من المعادن الحرجة	38
المحور الرابع: التوقعات المستقبلية للطلب على المعادن الحرجة	**42**
المحور الخامس: التأثيرات البيئية لاستخراج المعادن الحرجة	**48**
المحور السادس: دور الدول العربية في تأمين سلاسل إمدادات المعادن الحرجة	**52**
الخلاصة والاستنتاجات	**57**
المراجع	**60**

قائمة الأشكال		رقم الصفحة
الشكل (1)	تصنيف المعادن الحرجة المرتبطة بقطاع الطاقة في الولايات المتحدة	9
الشكل (2)	مقارنة بين قوائم المعادن الحرجة في الصين والاتحاد الأوروبي والولايات المتحدة الأمريكية	11
الشكل (3)	الدول التي اعتمدت استراتيجيات وطنية للتعدين	14
الشكل (4)	التوزيع الجغرافي للاحتياطيات العالمية المُقدرة من المعادن الحرجة	19
الشكل (5)	تطور الإنتاج العالمي من المعادن الحرجة	24
الشكل (6)	التوزيع الجغرافي للإنتاج العالمي من المعادن الحرجة	25
الشكل (7)	الطلب العالمي على المعادن الحرجة وفقاً للاستخدامات	29
الشكل (8)	تطور أسعار بعض المعادن الحرجة	32
الشكل (9)	تطور الانفاق على استكشاف المعادن الحرجة	33
الشكل (10)	تطور الواردات من المعادن الحرجة	36
الشكل (11)	المستوردين الرئيسيين للمعادن الحرجة	37
الشكل (12)	قيمة الواردات من المعادن الحرجة	38
الشكل (13)	المصدرين الرئيسيين للمعادن الحرجة	39
الشكل (14)	الطلب العالمي المتوقع على المعادن الحرجة، اللازم لتحقيق صافي انبعاثات صفرية	42
الشكل (15)	توقعات الطلب على النحاس والليثيوم والنيكل وفقاً لسيناريو المسار الحالي وسيناريو صافي الانبعاثات الصفرية لشركة "BP"	44
الشكل (16)	التفاوت بين الإمدادات الحالية والطلب المتوقع على بعض المواد الحرجة	45
الشكل (17)	التأثيرات البيئية لأنشطة استخراج وتعدين المعادن الحرجة	50
الشكل (18)	إنتاج الدول العربية من المعادن، (أعلى من ألف طن)	52
الشكل (19)	إنتاج الدول العربية من المعادن، (أقل من ألف طن)	53
الشكل (20)	حصة المعادن المستخدمة في تحولات الطاقة بالدول العربية من الإجمالي العالمي	54

قائمة الجداول		رقم الصفحة
الجدول (1)	الاحتياطيات العالمية المُقدرة من المعادن الحرجة في نهاية عام 2023	20
الجدول (2)	الإنتاج العالمي من المعادن الحرجة في عام 2023	26
الجدول (3)	أسعار بعض المعادن الحرجة الرئيسية خلال الفترة 2019 – 2023	31
الجدول (4)	درجة اعتماد تقنيات الطاقة النظيفة على المعادن الحرجة	47

المحور الأول

المعادن الحرجة: المفهوم والأهمية والتصنيفات والكارتلات والاستراتيجيات والمبادرات العالمية

أولاً: مفهوم المعادن الحرجة وأهميتها

المعادن الحرجة هي تلك المعادن التي تعتبر ضـــرورية للتنمية الاقتصـــادية والأمن القومي. وقد يؤدي عدم توفر هذه المعادن أو تركيز استخراجها أو معالجتها في عدد قليل من المواقع الجغرافية إلى نقاط ضـعف في سـلسـلة التوريد وحتى انقطاع الإمدادات. هذا ومن المتوقع أن يعتمد الاقتصـــاد العالمي المســتقبلي على تقنيات تســتخدم المعادن الحرجة مثل الليثيوم، والجرافيت، والكوبالت، والتيتانيوم، والعناصـر الأرضـية النادرة. وتُعد هذه المعادن ضـــرورية للنهوض بالعديد من القطاعات، بما في ذلك قطاع الإلكترونيات عالية التقنية وقطاع الاتصالات وقطاع النقل. كما أن المعادن الحرجة تُعد ضرورية لدعم التحول العالمي إلى اقتصـــاد منخفض الانبعاثات الكربونية، وتكنولوجيات الطاقة المتجددة المطلوبة للوفاء بالتزامات هدف صـــافي الانبعاثات الصـــفرية لعدد متزايد من الدول في جميع أنحاء العالم. فتلك المعادن تعتبر هي الأسـاس الذي بنيت عليه التكنولوجيا الحديثة، من الألواح الشـمسـية إلى أشباه الموصلات، وتوربينات الرياح إلى البطاريات المتقدمة للتخزين والنقل.

وبشكل عام، تعتمد تحولات الطاقة بشكل كبير على المعادن الحرجة، وبالتالي أصبح من الضـروري تحديد وتطوير سـلاسـل القيمة المرتبطة بها والتي تعتبر بالغة الأهمية، كما أصـبحت أيضـاً مرونة سـلاسـل الإمدادات الخاصـة بها أولوية متزايدة بالنسـبة للاقتصـادات العالمية الكبرى.

وتجدُر الإشـارة إلى أن العديد من المعادن الحرجة في الوقت الحالي تعتبر أسـاسـية لقطاعات التكنولوجيا المتقدمة، وهي تشمل العناصر الأرضية النادرة والمعادن الأخرى مثل عناصر مجموعة الليثيوم والإنديوم والتيلوريوم والجاليوم والبلاتين.

ثانياً: تصنيفات المعادن الحرجة

تختلف منهجية التصـــنيف الخاص بالمعادن الحرجة ما بين دول العالم، اعتماداً على مسـتوى التنمية الاقتصـادية، ومتطلبات الصـناعة، والمصـالح الوطنية والمخاوف الأمنية، والتكنولوجيا، وتغيرات السوق، وثروات الموارد الطبيعية. وعلى الرغم من ذلك فإن الأساس المنطقي للتصـنيف يظل متوافقاً بين معظم دول العالم، حيث يتم تحديد قائمة المعادن الحرجة من خلال عاملين رئيســيين وهما، **العامل الأول: الأهمية الاقتصــادية**، التي تبحث بشــكل تفصــيلي في تخصــيص المواد الخام والمعادن للاســتخدامات النهائية بناء على التطبيقات الصــناعية المختلفة، وتقيس التأثير المحتمل لعدم توافرها لدى الموردين. **والعامل الثاني: مخاطر الإمداد**، التي تسلط الضوء على تركيز الإنتاج العالمي للمواد الخام الأولية والمعادن على المستوى الجغرافي، وكيفية إدارة الدول المصدره لها – بما في ذلك الجوانب البيئية، مع تحديد البدائل المتاحة، ودرجة الاعتماد على الواردات، وكذلك القيود التجارية.

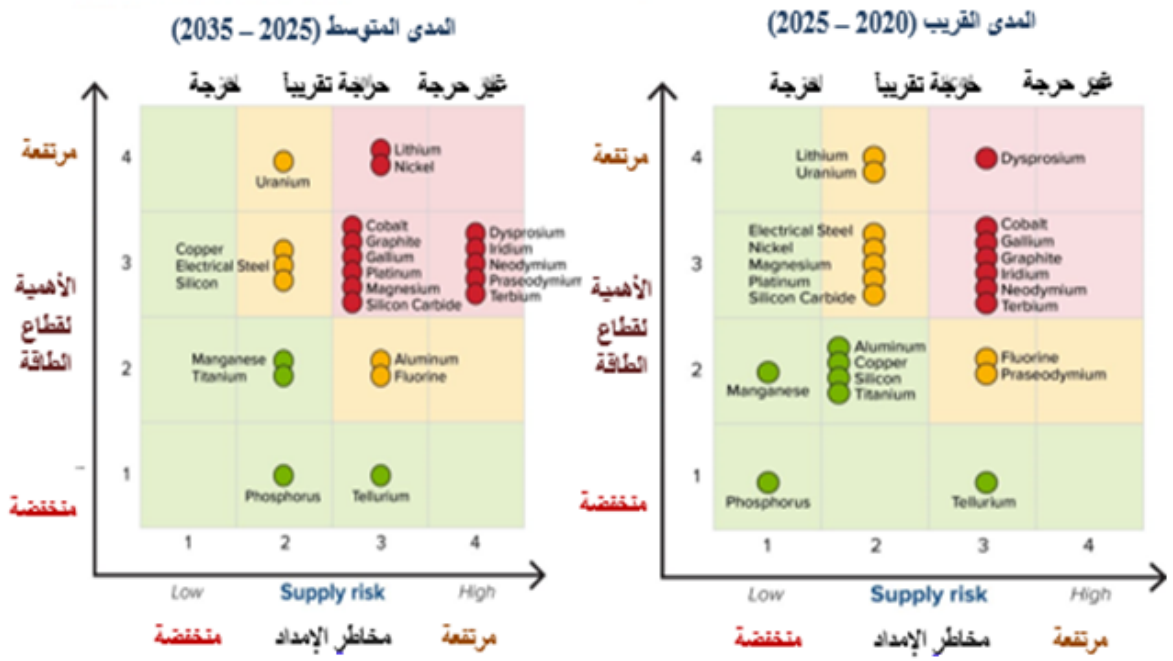
وفيما يلي استعراض لمنهجية تصنيف المعادن الحرجة في بعض دول العالم:

- **الولايات المتحدة الأمريكية:** اعتُمدت منهجية الفحص على مرحلتين لتحديد قائمة المعادن الحرجة، حيث يتم تقييم الأهمية المحتملة للمعدن في المرحلة الأولى باســتخدام ثلاثة مؤشرات أساسية هي: مخاطر الإمداد، ونمو الإنتاج، وديناميكيات السوق، وتعتمد بشكل رئيسي على بيانات هيئة المسح الجيولوجي الأمريكية. ويتبع ذلك تحليل متعمق لسلاسل الإمداد في المرحلة الثانية، من خلال إجراء تحليل مفصل للعوامل الأساسية التي أدت إلى تحديد مجموعة فرعية من المعادن على أنها حرجة خلال المرحلة الأولى. ووفقاً لهيئة المسح الجيولوجي الأمريكية، تشمل قائمة المعادن الحرجة على 50 معدن – من ضمنها سـبعة معادن مرتبطة بقطاع الطاقة بشـكل وثيق، وهي الديسـبروسـيوم، والنيوديميوم، والغاليوم، والجرافيت، والكوبالت، والتيربيوم، والإيريديوم، وتُســتخدم هذه المعادن في تطبيقات مختلفة مثل البطاريات، ومصــابيح LED، ومحلل الهيدروجين الكهربائي، وخلايا الوقود، وإلكترونيات الطاقة، وتصنف باعتبارها معادن حرجة على المدى القريب.

وتتغير أهمية ودرجات مخاطر الإمداد لبعض المعادن على المدى المتوسط، على وجه التحديد، النيكل والبلاتين والمغنيسيوم وكربيد السيليكون والبراسيوديميوم لتصنف ضمن قائمة المعادن الحرجة، ويرجع ذلك في المقام الأول إلى أهميتها في صناعة البطاريات. كما يصبح كل من الألمنيوم والنحاس والسيليكون ضمن المعادن الحرجة تقريباً على المدى المتوسط، على خلفية الطلب العالمي المتزايد على تقنيات الطاقة الشمسية والكهرباء، **كما يوضح الشكل (1)**.

الشكل (1)

تصنيف المعادن الحرجة المرتبطة بقطاع الطاقة في الولايات المتحدة



المصدر: U.S. Department of Energy.

- **المملكة المتحدة:** تم تصنيف المعادن الحرجة في المملكة المتحدة من حيث مخاطر الإمداد العالمية باستخدام ثلاثة مؤشرات، أولها تركيز الإنتاج، وثانيها الجزء المعدني المصاحب، وثالثها معدل إعادة التدوير. ومن حيث الأهمية الاقتصادية تم استخدام ستة مؤشرات، وهي: تطور الإنتاج، وتقلب الأسعار، وقابلية الاستبدال، وتركيز التجارة العالمية، والاعتماد على الواردات، ومساهمة القيمة المضافة الإجمالية. وبناء على ذلك، تم تحديد

ما مجموعه 18 معدن من المعادن الحرجة، باعتبارها ذات أهمية كبيرة لاقتصـــاد المملكة المتحدة.

- **المفوضـــية الأوروبية:** تُصـــدر المفوضـــية الأوروبية قائمة بالمعادن الحرجة منذ عام 2011، ويتم تحديثها كل ثلاث أعوام. أما فيما يخص المعايير الرئيسية المستخدمة لتحديد أهمية المعدن بالنســـبة للاتحاد الأوروبي فهي الأهمية الاقتصـــادية – من حيث تطبيقات الاستخدام النهائي والقيمة المضافة لقطاعات التصنيع. وتعتبر مخاطر الإمداد هي المعيار الأخر، ويتم تحديدها بناء على درجة اعتماد الاتحاد الأوروبي على الاستيراد، والموردين والدول التي يستورد منها الاتحاد الأوروبي من هذه المعادن، وتم اعتبار عاملي الاستبدال وإعادة التدوير بمثابة تدابير للحد من مخاطر الإمداد. وبناء على ما تقدم، حددت المفوضية الأوروبية قائمة تضم 34 معدن من المعادن الحرجة في عام 2023.
- **الصـين:** تُستخدم عدة معايير مختلفة، ولكنها متداخلة في بعض الأحيان لتصـنيف المعادن الحرجة في الصـــين، من ضـــمنها: الأهمية الاقتصـــادية، ومخاطر الإمداد، والقابلية للاستبدال، والمعادن اللازمة لتطوير الصناعات الإستراتيجية الناشئة في الصين، والأمن القومي.
- **اليابان:** تم إعداد القائمة الأولى للمعادن الحرجة في عام 1984، وظلت هذه القائمة دون تغيير يذكر في العقود اللاحقة. وفي مارس 2020، أصـــدرت اليابان أحدث منظور لها حول كيفية تأمين ســـلاســـل الإمداد الخاصـــة بها للمعادن والمواد الحرجة كجزء من اسـتراتيجيتها بشـأن الموارد العالمية الجديدة. وأكدت الاسـتراتيجية على الأهمية المتزايدة للمعادن الحرجة في صـــناعة المركبات الكهربائية ومعدات توليد الطاقة المتجددة المتوقع أن تســـاهم في تخفيف الانبعاثات الكربونية. وقد حددت اليابان قائمة تضـــم 31 معدن من المعادن الحرجة باعتبارها ذات أهمية حيوية لاقتصادها.
- **اســـتراليا:** اصـــدرت في عام 2019، أول قائمة للمعادن الحرجة والاســـتراتيجية الوطنية المرتبطة بها. وتم تحديد 24 معدن من المعادن الحرجة ضـمن تلك القائمة، وتمت إضـافة عنصرين آخرين في أحدث استراتيجية أصدرتها أستراليا في عام 2022.

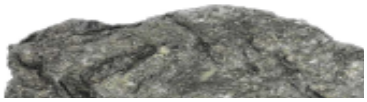
ويوضـــح الشـــكل (2) مقارنة بين قوائم المعادن الحرجة في الصـــين والاتحاد الأوروبي والولايات المتحدة الأمريكية.

الشكل (2)

مقارنة بين قوائم المعادن الحرجة في الصين والاتحاد الأوروبي والولايات المتحدة الأمريكية، عام 2023

	Overlapping		
	US	EU	China
Aluminium/bauxite	●	●	●
Antimony	●	●	●
Cobalt	●	●	●
Fluorspar	●	●	●
Graphite/natural graphite	●	●	●
Lithium	●	●	●
Nickel	●	●	●
Rare earth metals	●	●	●
Tungsten	●	●	●
Arsenic	●	●	
Baryte	●	●	
Beryllium	●	●	
Bismuth	●	●	
Germanium	●	●	
Hafnium	●	●	
Magnesium	●	●	
Manganese	●	●	
Niobium	●	●	
Platinum group metals	●	●	
Tantalum	●	●	
Titanium	●	●	
Vanadium	●	●	
Tin	●		●
Zirconium	●		●
Copper		●	●
Phosphorus		●	●

	Exclusive		
	US	EU	China
Cesium	●		
Chromium	●		
Indium	●		
Rubidium	●		
Samarium	●		
Tellurium	●		
Zinc	●		
Boron/borate		●	
Coking coal		●	
Feldspar		●	
Gallium		●	
Helium		●	
Phosphate rock		●	
Scandium		●	
Silicon		●	
Strontium		●	
Gold			●
Iron ore			●
Molybdenum			●
Potash			●
Uranium			●



المصدر: Geopolitics of the Energy Transition, IREA.

ومن خلال المقارنة، يلاحظ أنه هناك إتفاق بين كل من الولايات المتحدة الأمريكية والصين والاتحاد الأوروبي على 9 معادن كونها حرجة وهي أليومنيوم/البوكسيت (Aluminium/bauxite)، Antimony، كوبالت (Cobalt)، الجرافيت (Graphite Fluorspar) الجرافيت/الطبيعي (Graphite/natural)، الليثيوم (Lithium)، النيكل (Nickle)، التنغستين (Tungsten)، المعادن الأرضية النادرة (Rare earth metals)، كما يوضح الجدول أعلاه.

ثالثاً: كارتلات المعادن الحرجة

يثير التركيز العالي لإنتاج المعادن الحرجة مخاوف بشأن تشكيل كارتلات السلع، وهي مجموعات من المنتجين الرئيسيين الذين يعملون على تعظيم أرباحهم من خلال التعاون في إنتاج وتسعير و/أو توزيع السلع. وتاريخياً، قامت مجموعات المنتجين والحكومات بمحاولات مختلفة للتأثير على أسواق المعادن في أوائل القرن العشرين (البنك الدولي، 2022). وتم إنشاء عدد من الكارتلات في ثلاثينيات القرن العشرين استجابة للأسعار المنخفضة للغاية التي سادت خلال فترة الكساد الكبير. كما شهدت فترة الستينيات والسبعينيات من القرن الماضي موجة أخرى من التكتلات الاحتكارية، في أعقاب إنهاء الاستعمار وازدهار الاقتصاد العالمي، مع إنشاء العديد من التكتلات ونوادي المنتجين للتحكم في أسواق المعادن مثل البوكسيت والنحاس، وخام الحديد، والقصدير، واليورانيوم. ومع ذلك، فإن العديد من هذه المحاولات لم تدم طويلاً، لأنها واجهت قضايا مثل الخلافات الداخلية، وعدم مشاركة المنتجين الرئيسيين، واستبدال المعادن أو الابتكار في تقنيات العرض والطلب.

بالإضافة إلى كارتلات المنتجين، كانت هناك العديد من الاتفاقيات الدولية للسلع الأساسية التي تشمل المنتجين والمستهلكين على حد سواء. على سبيل المثال، اتفاقيات السلع الدولية لسوق القصدير من عام 1956 حتى عام 1985، التي هدفت إلى تحقيق الاستقرار في سوق القصدير من خلال إنشاء نظام مخزون احتياطي يسمح للمنتجين بتخزين الإمدادات الزائدة خلال فترات زيادة العرض والإفراج عنها خلال فترات النقص، مما عمل على إبقاء أسعار القصدير مرتفعة لعدة أعوام، (البنك الدولي، 2022). وخلال الأعوام الأخيرة، نظرت العديد من الدول المنتجة للمعادن مرة أخرى في فكرة التكتلات الاحتكارية، على الرغم من أن الخطط والمقترحات الخاصة بكارتلات المعادن الجديدة لا تستوف معايير إنشاء كارتلات السلع الأساسية.

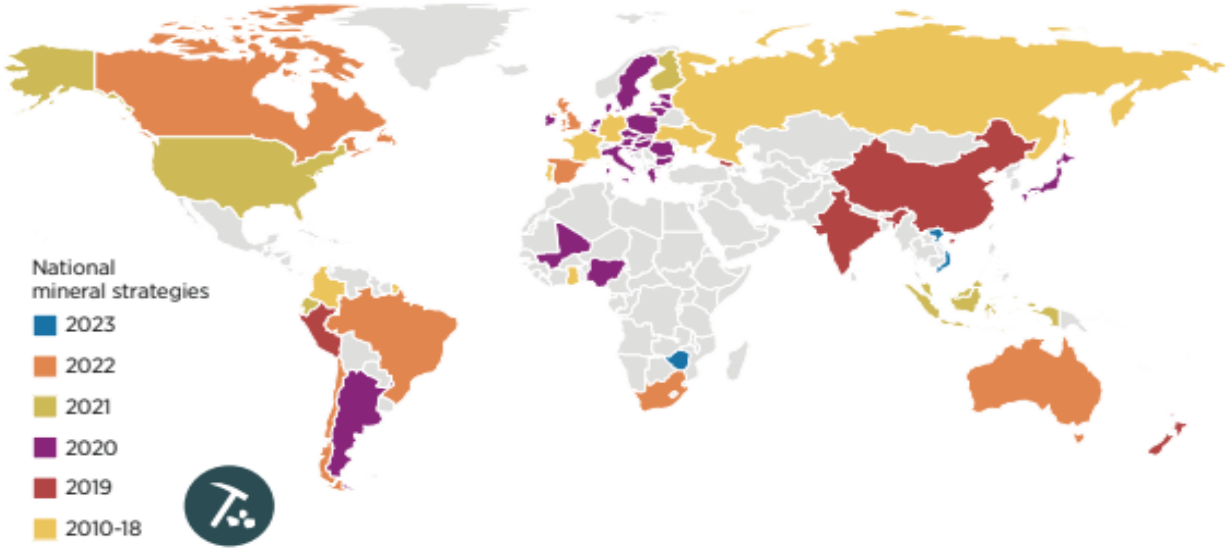
وقد قامت روسيا وجنوب أفريقيا بالتوقيع على مذكرة تفاهم بشأن معادن مجموعة البلاتين في قمة البريكس (البرازيل وروسيا والهند والصين وجنوب أفريقيا) في شهر مارس 2013. حيث تمتلك تلك الدولتين معاً حصة تقدر بأكثر من 80% من إمدادات البلاتين العالمية وأكثر من 96% من الاحتياطيات، مما يعيق دخول المنافسين المحتملين (هيئة المسح الجيولوجي الأمريكية، 2022). وتدرس إندونيسيا، وهي أكبر دولة لتعدين النيكل في العالم، إمكانية إنشاء كارتل لبعض معادن البطاريات مثل النيكل والكوبالت (Dempsey and Ruehl, 2022)، غير أن كبار منتجي النيكل الأخرين مثل أستراليا وكندا والفلبين لا يدعموا مثل هذه الفكرة. كما تجري كل من الأرجنتين وبوليفيا وتشيلي محادثات لإنشاء "كارتل الليثيوم"، حيث تمتلك الدول الثلاث مجتمعة حوالي 65% من موارد الليثيوم عالمياً، وتستحوذ على ما يقرب من 30% من الإنتاج العالمي في عام 2020 (Gielen and Lyons, 2022b).

رابعاً: الاستراتيجيات والمبادرات العالمية لتطوير المعادن الحرجة

يدرك عدد متزايد من الدول الأهمية الاستراتيجية لسلاسل إمدادات المعادن، لذلك تقوم بإنشاء أو تحديث الاستراتيجيات الوطنية للمعادن الحرجة. وبالنسبة للدول التي تعتمد على الواردات، فإن الهدف الأساسي من هذه الاستراتيجيات والمبادرات هو توقع مخاطر الإمدادات المحتملة والتعويض عنها، بينما تسعى الدول الغنية بالمعادن الحرجة إلى تعزيز القدرة التنافسية لقطاعات التعدين لديها وجذب الاستثمارات، **كما يوضح الشكل (3)**.

الشكل (3)

الدول التي اعتمدت استراتيجيات وطنية للتعدين، خلال الفترة (2010-2023)



المصدر: Geopolitics of the Energy Transition, IREA.

وتجدُر الإشارة إلى أنه لا يمكن تحقيق موثوقية الإمدادات دون الاستثمار في إنشاء مخزونات استراتيجية من المعادن الحرجة، ولا يمكن لأي دولة بمفردها أن تلب طلبها على جميع المعادن الحرجة، الأمر الذي يتطلب بدوره تعزيز التعاون الدولي بين المنتجين والمستهلكين، جنباً إلى جنب مع تطوير وتنفيذ استراتيجيات تعاونية تعود بالنفع على كافة الأطراف. ونظراً للفترات الزمنية الطويلة اللازمة لإنشاء مناجم ومصانع معالجة جديدة، فمن المتوقع أن تستمر سلاسل الإمدادات المركزة في المستقبل القريب. وينبغي للدول أن تهدف إلى تطوير استراتيجيات مزدوجة لضمان التعاون للحفاظ على عمل الأسواق، مع العمل على تنويع سلاسل الإمداد على المدى الطويل. وتركز العديد من المبادرات الثنائية والإقليمية والصناعية على تحديات سلسلة الإمداد، والتي يمكن الاستفادة منها في اتخاذ إجراءات منسقة على مستوى السياسات.

وهناك العديد من المبادرات العالمية المتبناة لتطوير المعادن الحرجة، منها:

1. **مبادرة الأمم المتحدة لتسخير المعادن الحرجة المرتبطة بتحولات الطاقة من أجل تحقيق التنمية المستدامة:**

تعمل منظمة الأمم المتحدة من خلال هذه المبادرة مع الدول المنتجة والمستهلكة من أجل بناء الثقة والمرونة وتقاسم الفوائد في سلاسل توريد المعادن الحرجة، ودعم الدول المنتجة في تحويل سلاسل الإمداد لتسخير الفرص وتطوير قدراتها الإنتاجية والتجارية والتنظيمية من أجل التنمية المستدامة طويلة الأجل. وفي المرحلة الأولية من المبادرة، يقوم برنامج الأمم المتحدة للبيئة وعدد من وكالات الأمم المتحدة الأخرى والبنك الدولي، بالإضافة إلى المنتدى الحكومي الدولي للتعدين والمعادن والفلزات والتنمية المستدامة، بالمساعدة في تطوير إطار الأمم المتحدة بشأن الاستخدامات العادلة للمعادن الحرجة المرتبطة بتحولات الطاقة، والذي من المتوقع أن يتم مع نهاية عام 2024.

2. شراكة أمن المعادن

أُطلقت شراكة أمن المعادن في يونيو 2022 وهي عبارة عن تحالف يضم 11 دولة، هي أستراليا وكندا وفنلندا وفرنسا وألمانيا واليابان وكوريا الجنوبية والسويد والمملكة المتحدة والولايات المتحدة الأمريكية والمفوضية الأوروبية. وهناك إلتزام لهذا التحالف بشأن بناء سلاسل إمداد معدنية قوية ومسؤولة لدعم الرخاء الاقتصادي وأهداف المناخ.

3. الإطار التعاوني للمعادن الحرجة اللازمة لتحولات الطاقة

تم إطلاق الأطار التعاوني في مارس 2022 من قبل الوكالة الدولية للطاقة المتجددة لإنشاء منتدى مشترك لتعزيز الحوار وتنسيق الأنشطة حول مواضيع مختلفة وتعزيز التبادلات والتعاون وزيادة الشفافية وتطوير مجموعة من الأفكار حول الفجوات والحلول للتحولات في مجال الطاقة التي تعتمد على المعادن الحرجة.

4. مجموعة استشارات المعادن الحرجة وشراكة العمل من أجل الكوبالت (التحالف العالمي للبطاريات)

تم إطلاق التحالف العالمي للبطاريات في عام 2022، وذلك بناء على المبادرة الناجحة لأصحاب المصلحة المتعددين التي تم تنفيذها في الفترة (2020-2021) في إطار شراكة Cobalt Action. يعمل الأعضاء عبر سلسلة القيمة لضمان توفير الإمدادات الكافية

للســـيارات الكهربائية وتخزين الطاقة، والحصـــول على المعادن الحرجة ومعالجتها ونقلها وتصـنيعها وإعادة تدويرها بطريقة مسؤولة ومستدامة تقلل من الضـرر البيئي وتخلق فوائد لأصحاب المصلحة على طول سلاسل الإمدادات.

5.مبادرة رسم خرائط المعادن الحرجة

قامت منظمات علوم الأرض التابعة لهيئة علوم الأرض الأســـترالية وهيئة المســـح الجيولوجي الكندية وهيئة المسـح الجيولوجي الأمريكية بإطلاق مبادرة رسـم خرائط المعادن الحرجة في عام 2019، والتي توفر هيكلاً دولياً للتعاون بين هيئات المســوحات الجيولوجية الوطنية الثلاثة. وتتمثل أهداف المبادرة في تطوير فهم أفضـــل للموارد المعدنية الحرجة المعروفة، وتحديد الضـــوابط الجيولوجية على توزيع المعادن الحرجة للرواســـب التي تنتج حالياً منتجات ثانوية، وتحديد مصـــادر جديدة للإمداد من خلال رسـم خرائط لموارد المعادن الحرجة وتعزيز اكتشافها في الدول الثلاثة.

6.مبادرة حوكمة موارد الطاقة

بدأت مبادرة حوكمة موارد الطاقة التي تقودها الولايات المتحدة منذ عام 2019 مع أربع دول مؤسسـة أخرى - أستراليا وبوتسـوانا وكندا وبيرو - بهدف الحصـول على أفضـل الممارســات ونشــرها عبر قطاع التعدين الدولي. ومن خلال الاتفاقية، ســتشــارك الولايات المتحدة خبرتها في مجال التعدين مع الدول الأعضـــاء للمســـاعدة في تطوير الموارد مثل الليثيوم والنحاس والكوبالت، فضــلاً عن تقديم المشــورة بشــأن أطر الإدارة والحوكمة. ومن الدول الأخرى التي انضـــمت لاحقاً لهذه المبادرة الأرجنتين والبرازيل وجمهورية الكونغو الديموقراطية، وناميبيا، والفلبين، وزامبيا. وكوسيلة لنشر أفضل الممارسات، طورت الدول المؤسسة مجموعة أدوات لمشاركة وتعزيز أفضل الممارسات لتطوير قطاع التعدين.

المحور الثاني

المؤشرات الرئيسية المتعلقة بالمعادن الحرجة

أولاً: الاحتياطيات العالمية من المعادن الحرجة الرئيسية في نهاية عام 2023

1. الاحتياطيات العالمية من الكوبالت:

قُدرت الاحتياطيات العالمية من **الكوبالت** بنحو 10.6 مليون طن في نهاية عام 2023، استحوذت الدول الأفريقية على الحصة الأكبر من تلك الاحتياطيات بلغت حوالي 60.3% أو ما يعادل نحو 6.4 مليون طن (بلغت حصة جمهورية الكونغو الديموقراطية وحدها نحو 56.4%)، يليها استراليا بحصة 16% من الإجمالي العالمي، وأمريكا الشمالية بحصة 6.9%، وآسيا والمحيط الهادئ بحصة 4.7%، وأوروبا الشرقية بحصة 2.4%، وباقي دول العالم بحصة بلغت 9.7%.

2. الاحتياطيات العالمية من الليثيوم:

بلغت الاحتياطيات العالمية المقدرة من **الليثيوم** حوالي 26 مليون طن في نهاية عام 2023، تركزت بشكل رئيسي في دول أمريكا الجنوبية بحصة تصل إلى 51.1% أو ما يعادل حوالي 13.3 مليون طن (استحوذت تشيلي وحدها على 35.7% من الإجمالي العالمي)، يليها استراليا بحصة 23.8%، وآسيا والمحيط الهادئ بحصة 11.5%، وأمريكا الشمالية بحصة 4.2%، وأفريقيا بحصة بلغت 1.2%، وباقي دول العالم بحصة 8.2%.

3. الاحتياطيات العالمية من الجرافيت:

تُقدر الاحتياطيات العالمية من **الجرافيت** بنحو 364.4 مليون طن في نهاية عام 2023، استحوذت دول آسيا والمحيط الهادئ على نحو 24.2% من تلك الاحتياطيات أو ما يعادل حوالي 88.1 مليون طن (بلغت حصة الصين وحدها نحو 21.4%)، يليها أمريكا الجنوبية وتحديداً البرازيل بحصة 20.3%، وأوروبا الغربية بحصة 19.1%، وأفريقيا

بحصة 13.4% من الإجمالي العالمي، وأوروبا الشرقية بحصة 10.8%، وأمريكا الشمالية بحصة بلغت 2.4%، وباقي دول العالم بحصة 9.8%.

4. الاحتياطيات العالمية من النحاس:

قُدرت الاحتياطيات العالمية من **النحاس** في نهاية عام 2023 بنحو 1 مليار طن، تركزت معظمها في أمريكا الجنوبية بحصة بلغت نحو 31% (استحوذت كل من تشيلي وبيرو على 19% و 12% من الإجمالي العالمي على التوالي)، يليها استراليا بحصة 10%، وأفريقيا بالتحديد الكونغو الديموقراطية على حصة 8%، وآسيا والمحيط الهادئ بحصة 6.5%، وأمريكا الشمالية بالتحديد الولايات المتحدة بحصة 5%، وباقي دول العالم بحصة 39.5%.

5. الاحتياطيات العالمية من المعادن الأرضية النادرة:

بلغت الاحتياطات من **المعادن الأرضية النادرة** حوالي 115.6 مليون طن في نهاية عام 2023، استحوذت دول آسيا والمحيط الهادئ على الحصة الأكبر وهي حوالي 44% (بلغت حصة الصين وحدها نحو 38.1%)، يليها أمريكا الجنوبية وبالتحديد البرازيل بحصة نحو 18.2%، وروسيا بحصة 8.7%، وأستراليا بحصة 4.9%، والولايات المتحدة الأمريكية بحصة 1.6%، وباقي دول العالم بحصة 22.6% من إجمالي الاحتياطيات العالمية من المعادن الأرضية النادرة.

6. الاحتياطيات العالمية من البلاتنيوم:

قدرت الاحتياطيات العالمية من **البلاتنيوم** بنحو 71.6 مليون طن في نهاية عام 2023، تركزت بشكل رئيسي في أفريقيا بحصة 89.7% (منها 88% في جنوب أفريقيا و1.7% في زيمبابوي)، يليها روسيا بحصة 7.7%، وأمريكا الشمالية بحصة 1.6% (منها 1.1% في الولايات المتحدة الأمريكية و0.5% في كندا)، وباقي دول العالم بحصة تبلغ 1%.

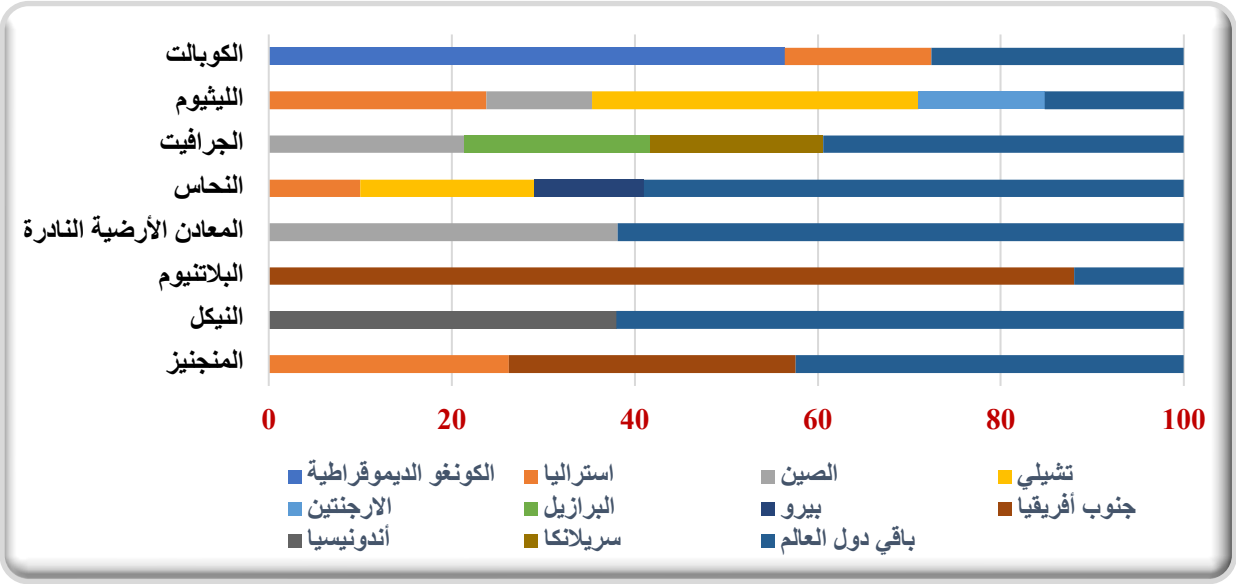
7. الاحتياطيات العالمية من النيكل:

بلغت الاحتياطيات العالمية من **النيكل** في نهاية عام 2023 نحو 144.9 مليون طن، استأثرت دول آسيا والمحيط الهادئ بالحصة الأكبر بلغت نحو 46.2% (منها اندونيسيا بحصة 38% وكاليدونيا الجديدة بحصة 4.9% والفلبين بحصة 3.3%)، يليها استراليا بحصة 16.6%، وروسيا بحصة 5.7%، وكندا بحصة 1.5%، وباقي دول العالم بحصة 30%.

8. الاحتياطيات العالمية من المنجنيز:

قُدرت الاحتياطيات العالمية من **المنجنيز** بنحو 1.9 مليون طن في نهاية عام 2023، تركزت في أفريقيا بحصة بلغت نحو 34.6% (منها جنوب أفريقيا وحدها بحصة 31.4%)، يليها استراليا بحصة 26.2% من الإجمالي العالمي، ودول آسيا والمحيط الهادئ بحصة 16.5% (منها 14.7% في الصين و1.8% في الهند)، وباقي دول العالم بحصة 22.7%، **كما يوضح الشكل (4) والجدول (1).**

الشكل (4)
التوزيع الجغرافي للاحتياطيات العالمية المُقدرة من المعادن الحرجة في نهاية عام 2023، (%)



المصدر: Statistical Review of World Energy 2024, Energy Institute.

الجدول (1)

الاحتياطيات العالمية المُقدرة من المعادن الحرجة

في نهاية عام 2023، (ألف طن)

	الكوبالت	الليثيوم	الجرافيت	النحاس	المعادن الأرضية النادرة	البلاتنيوم	النيكل	المنجنيز
استراليا	1700	6200		100000	5700		24000	500
أمريكا الشمالية، منها:	**730**	**1100**	**8800**	**50000**	**1800**	**1130**	**2200**	**-**
الولايات المتحدة		1100		50000	1800	820		
كندا	230		5700			310	2200	
كوبا	500							
المكسيك			3100					
أوروبا الشرقية	**250**	**-**	**39395**	**-**	**10000**	**5500**	**8300**	**-**
روسيا	250		25645		10000	5500	8300	
أوكرانيا			13750					
أمريكا الجنوبية	**-**	**13290**	**74000**	**310000**	**21000**	**-**	**-**	**-**
تشيلي		9300		190000				
البرازيل		390	74000		21000			
بيرو				120000				
الارجنتين		3600						
أوروبا الغربية	**-**	**60**	**69600**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**
النرويج			600					
البرتغال		60						
تركيا			69000					
آسيا والمحيط الهادئ	**505**	**3000**	**88100**	**65000**	**50900**	**-**	**66900**	**314**
الصين	140	3000	78000	41000	44000			280
الهند			8600		6900			34
اندونيسيا				24000			55000	

"تابع" الجدول (1)

الاحتياطيات العالمية المُقدرة من المعادن الحرجة

في نهاية عام 2023، (ألف طن)

	الكوبالت	الليثيوم	الجرافيت	النحاس	المعادن الأرضية النادرة	البلاتنيوم	النيكل	المنجنيز
الفلبين	260						4800	
سريلانكا			1500					
كاليدونيا الجديدة	56						7100	
بابوا غينيا الجديدة	49							
أفريقيا	**6420**	**310**	**49000**	**80000**	**162**	**64200**	**-**	**661**
الكونغو الديموقراطية	6000			80000				
زيمبابوي		310				1200		
زامبيا	270							
موزمبيق			25000					
مدغشقر	100		24000		162			
الجابون								61
جنوب أفريقيا	37					63000		600
المغرب	13							
باقي دول العالم	**1037**	**2068**	**35500**	**395600**	**26040**	**800**	**43470**	**433**
الإجمالي العالمي	**10642**	**26028**	**364395**	**1000600**	**115602**	**71630**	**144870**	**1908**

المصدر: Statistical Review of World Energy 2024, Energy Institute.

ثانياً: تطور الإنتاج العالمي من المعادن الحرجة خلال الفترة (2013 – 2023)

1. الإنتاج العالمي من الكوبالت:

ارتفع الإنتاج العالمي من **الكوبالت** من 131.6 ألف طن في عام 2013 ليصل إلى 196.9 ألف طن في عام 2023، أي بمعدل زيادة بلغ حوالي 4.1% سنوياً. وفيما يخص التوزيع الجغرافي، استحوذت أفريقيا على الحصة الأكبر من إنتاج **الكوبالت** شكلت نحو 74.4% (منها 71% في جمهورية الكونغو الديموقراطية) في عام 2023، يليها دول آسيا

والمحيط الهادئ بحصة 5.6%، ثم أوروبا الشرقية وبالتحديد روسيا بحصة 4.5%، وأمريكا الشمالية بحصة 2.7%، وأستراليا بحصة 2.3%، وباقي دول العالم بحصة بلغت 10.5%.

2. الإنتاج العالمي من الليثيوم:

بلغ الانتاج العالمي من **الليثيوم** نحو 198 ألف طن في عام 2023، وهو مستوى مرتفع مقارنة بنحو 30.4 ألف طن فقط في عام 2013، أي بمعدل نمو سنوي بلغ حوالي 20.6% خلال تلك الفترة. وفيما يخص التوزيع الجغرافي، تركز إنتاج **الليثيوم** بشكل رئيسي في استراليا بحصة 43.4%، يليها أمريكا الجنوبية بحصة 35.9% (منها 28.5% في تشيلي)، ثم آسيا والمحيط الهادئ وبالتحديد الصين بحصة 16.7%، وباقي دول العالم بحصة بلغت 4.1%.

3. الإنتاج العالمي من الجرافيت:

ارتفع الانتاج العالمي من **الجرافيت** ليصل إلى نحو 1.7 مليون طن في عام 2023، مسجلاً معدل نمو سنوي بلغ 4% خلال الفترة (2013 – 2023). وفيما يخص التوزيع الجغرافي، استحوذت دول آسيا والمحيط الهادئ على الحصة الأكبر من إنتاج **الجرافيت** بلغت حوالي 78.8% (منها 73.7% في الصين وحدها)، يليها أفريقيا بحصة 8.9% من الإجمالي العالمي، ثم أمريكا الجنوبية وبالتحديد البرازيل بحصة 5.8%، وباقي دول العالم بحصة 6.5%.

4. الإنتاج العالمي من النحاس:

ارتفع الإنتاج العالمي من **النحاس** خلال الفترة (2013 – 2023) بمعدل سنوي بلغ نحو 1.7% ليصل إلى 21.5 مليون طن في عام 2023. وفيما يخص التوزيع الجغرافي، استاثرت أمريكا الجنوبية على حصة 35.3% (منها 23.2% في تشيلي و12.1% في بيرو)، يليها آسيا والمحيط الهادئ بحصة 11.8% (منها 7.9% في الصين)، ثم أفريقيا وبالتحديد جمهورية الكونغو الديموقراطية بحصة بلغت 11.6%، والولايات المتحدة

الأمريكية بحصة 5.1%، وأستراليا بحصة 3.8%، وباقي دول العالم بحصة بلغت 32.4%.

5. الإنتاج العالمي من المعادن الأرضية النادرة:

بلغ الإنتاج العالمي من **المعادن الأرضية النادرة** نحو 353.7 ألف طن في عام 2023، أي ما يمثل أكثر من ثلاثة أضعاف المستوى المسجل في عام 2013 البالغ نحو 103 ألف طن. وفيما يخص التوزيع الجغرافي، تركز إنتاج **المعادن الأرضية النادرة** بشكل رئيسي في دول آسيا والمحيط الهادئ بحصة نحو 70.6% (استحوذت الصين وحدها على حصة بلغت 67.9%)، يليها أمريكا الشمالية وبالتحديد الولايات المتحدة الأمريكية بحصة 12.2%، ثم أستراليا بحصة 4.8% من إجمالي الإنتاج العالمي، وأوروبا الشرقية وأفريقيا بحصة 0.7% لكلاً منهما، وباقي دول العالم بحصة 11%.

6. الإنتاج العالمي من النيكل:

حقق الإنتاج العالمي من **النيكل** نمواً بمعدل سنوي 3.6% خلال الفترة (2013 – 2023) ليصل إلى نحو 3.8 مليون طن. وفيما يخص التوزيع الجغرافي، استحوذت آسيا والمحيط الهادئ على الحصة الأكبر من الإنتاج العالمي بلغت 63.8% (منها 47.3% في اندونيسيا، ونحو10.5% في الفلبين، و6% في كاليدونيا الجديدة)، يليها دول أوروبا الشرقية وبالتحديد روسيا بحصة 5.3%، ثم أمريكا الشمالية وبالتحديد كندا بحصة 4.7%، وأستراليا بحصة 4.2%، وباقي دول العالم بحصة بلغت 22%.

7. الإنتاج العالمي من المنجنيز:

قُدر الإنتاج العالمي من **المنجنيز** بنحو 19.8 ألف طن في عام 2023، مقارنة بنحو 17.7 ألف طن في عام 2013. وفيما يخص التوزيع الجغرافي، استحوذت أفريقيا على الحصة الأكبر من الإنتاج العالمي بلغت 63.6% (منها 36.4% في جنوب أفريقيا، و23.2% في الجابون، و4% في غانا)، يليها استراليا بحصة 15.1%، ثم دول آسيا

والمحيط الهادئ بحصـــة 7% (منها 3.5% في كلاً من الصـــين والهند)، وباقي دول العالم بحصة بلغت 13.6%.

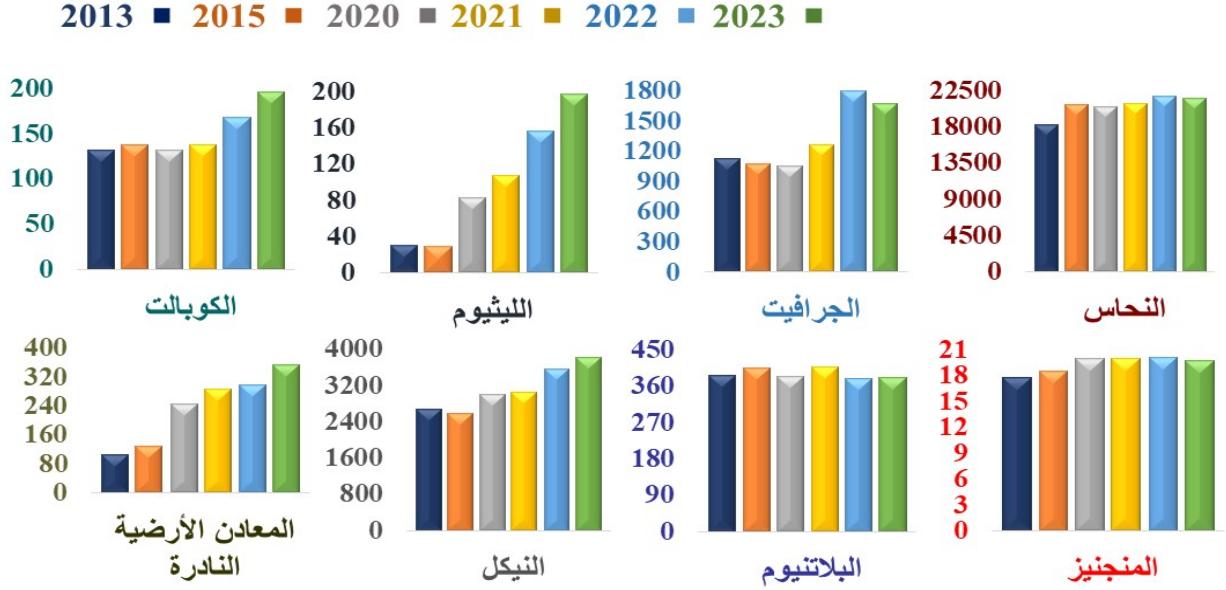
8. الإنتاج العالمي من البلاتنيوم:

سـجل الإنتاج العالمي من **البلاتنيوم** انخفاضـاً بمعدل سـنوي طفيف بلغ 0.1% خلال الفترة (2013 – 2023) ليصـــل إلى نحو 381.5 ألف طن في عـام 2023. تركز إنتـاج **البلاتنيوم** بشكل رئيسي في أفريقيا التي استأثرت بحصة بلغت نحو 59% (منها 50.1% في جنوب أفريقيا، و8.9% في زيمبابوي)، يليها دول أوروبا الشـرقية وبالتحديد روسـيا بحصـة 30.1%، ثم أمريكا الشـــمالية بحصـــة 9% (منها 5.6% في كندا، و3.4% في الولايات المتحدة الأمريكية)، وباقي دول العالم بحصـة بلغت حوالي 1.9%، **كما يوضـح الشـكل (5) والشكل (6) والجدول (2).**

الشكل (5)

تطور الإنتاج العالمي من المعادن الحرجة

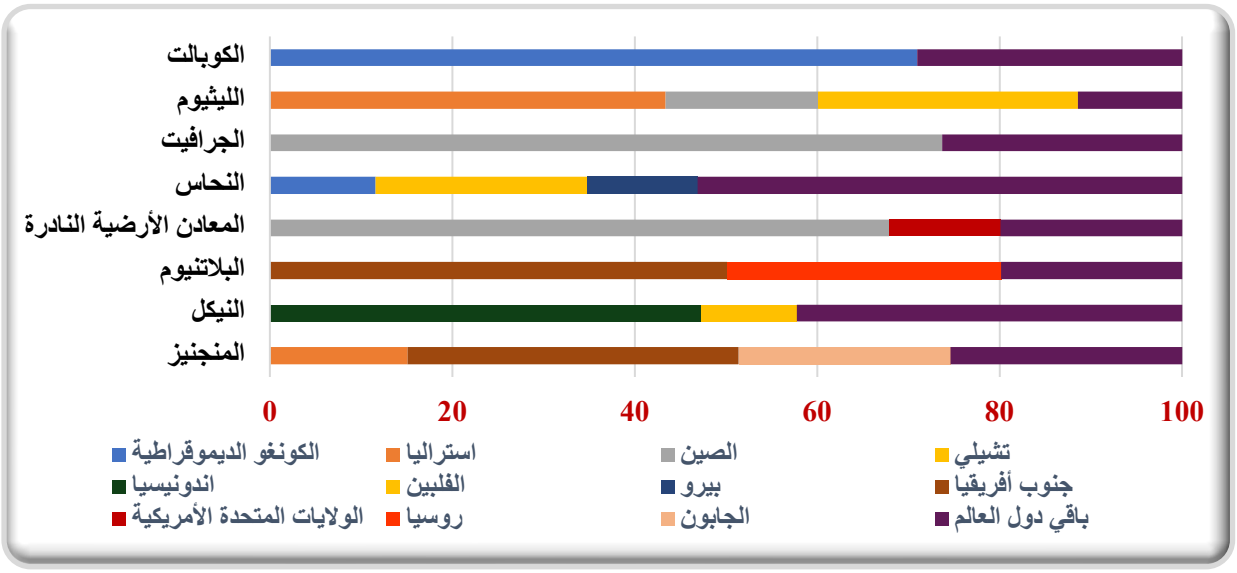
خلال الفترة 2013 – 2023، (ألف طن)



المصدر: Statistical Review of World Energy 2024, Energy Institute.

الشكل (6)

التوزيع الجغرافي للإنتاج العالمي من المعادن الحرجة في عام 2023، (%)



المصدر: Statistical Review of World Energy 2024, Energy Institute.

الجدول (2)

الإنتاج العالمي من المعادن الحرجة

في عام 2023، (ألف طن)

	الكوبالت	الليثيوم	الجرافيت	النحاس	المعادن الأرضية النادرة	البلاتنيوم	النيكل	المنجنيز
استراليا	4.6	86		810	16.8		160	3
أمريكا الشمالية	**5.3**	**0.6**	**5.5**	**1100**	**43**	**34.2**	**180**	**-**
الولايات المتحدة		0.6		1100	43	12.7		
كندا	2.1		3.5			21.5	180	
كوبا	3.2							
المكسيك			2.0					
أوروبا الشرقية	**8.8**	**-**	**18**	**-**	**2.6**	**115**	**200**	**-**
روسيا	8.8		16		2.6	115	200	
أوكرانيا			2					
أمريكا الجنوبية	**-**	**71.0**	**96**	**7600**	**0.1**	**-**	**-**	**-**
تشيلي		56.5		5000				
البرازيل		4.9	96		0.1			
بيرو				2600				
الارجنتين		9.6						
أوروبا الغربية	**-**	**0.4**	**34.2**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**
النرويج			6.5					
البرتغال		0.4						
تركيا			27.7					
آسيا والمحيط الهادئ	**11**	**33**	**1314.6**	**2540**	**249.7**	**-**	**2430**	**1.4**
الصين	1.8	33	1230	1700	240			0.7
الهند			82.4		2.6			0.7
اندونيسيا				840			1800	

"تابع" الجدول (2)
الإنتاج العالمي من المعادن الحرجة
في عام 2023، (ألف طن)

	الكوبالت	الليثيوم	الجرافيت	النحاس	المعادن الأرضية النادرة	البلاتنيوم	النيكل	المنجنيز
الفلبين	4.5						400	
سريلانكا			2.2					
كاليدونيا الجديدة	1.8						230	
بابوا غينيا الجديدة	2.9							
تايلاند					7.1			
أفريقيا	**146.4**	**3.4**	**149.2**	**2500**	**2.6**	**225**	**-**	**12.6**
الكونغو الديموقراطية	139.8			2500				
زيمبابوي		3.4				34		
زامبيا	0.3							
موزمبيق			94					
مدغشقر	3.6		55.2		2.6			
الجابون								4.6
جنوب أفريقيا	1					191		7.2
المغرب	1.7							
غانا								0.8
باقي دول العالم	**20.8**	**3.6**	**50.8**	**7000**	**38.9**	**7.3**	**836.9**	**2.7**
الإجمالي العالمي	**196.9**	**198**	**1668.3**	**21550**	**353.7**	**381.5**	**3806.9**	**19.8**

المصدر: Statistical Review of World Energy 2024, Energy Institute.

يذكر أن سلاسل الإمدادات العالمية من المعادن الحرجة معرضة للاضطرابات التي قد تكون ناجمة عن أحداث طبيعية، مثل الزلازل، أو يمكن أن تنجم عن التوترات الجيوسياسية والنزاعات التجارية أو انقطاع التيار الكهربائي. ففي الأعوام الأخيرة، على سبيل المثال، شهدت مؤخراً سلاسل الإمدادات إضطراباً بسبب الأزمة الروسية الأوكرانية وجائحة كوفيد-19 التي أدت إلى إغلاق اقتصادات بأكملها في عام 2020، مما تسبب في

انخفاض حاد في الطلب العالمي على المعادن. وفي الوقت نفسه، تعطلت الإمدادات بسبب إغلاق مئات المناجم، فعلى سبيل المثال، أغلقت بيرو، التي تمثل 12% من إمدادات النحاس العالمية، جميع مناجمها بين شهر مارس وأوائل شهر يونيو 2020 - وهي أطول فترة إغلاق للمناجم، كما أدى إغلاق منجم في جنوب أفريقيا لمدة 21 يوم إلى تعطل نحو 75% من إمدادات البلاتين العالمية.

وعلى الرغم من سرعة تعافي أسواق المعادن من انهيار الأسعار والطلب الأولي بسبب جائحة كوفيد-19، إلا أنها واجهت العديد من الاضطرابات الأخرى منذ ذلك الحين. فعلى سبيل المثال، تم إغلاق مصانع المغنيسيوم في الصين التي تستحوذ على حوالي 85% من الإنتاج العالم منه، ويعزى ذلك جزئياً إلى نقص الطاقة خلال النصف الثاني من عام 2021، وبالمثل، في جنوب أفريقيا، أدى انقطاع التيار الكهربائي المتكرر منذ عام 2022 إلى الحد من إنتاج معادن مجموعة البلاتين (Njini, 2023). وكانت الأزمة الروسية الأوكرانية بمثابة صدمة خارجية أخرى لبعض سلاسل إمدادات المعادن الحرجة، مثل النيكل والألمنيوم، والتي أدت إلى ارتفاع الأسعار. هذا وتجدر الإشارة إلى أن العقوبات المفروضة على روسيا والتي تحد من وصولها إلى واردات التكنولوجيا المتقدمة يمكن أن تعيق شركات التعدين والمعالجة لأنها تعتمد على تراخيص المعدات والبرمجيات من الشركات الأجنبية.

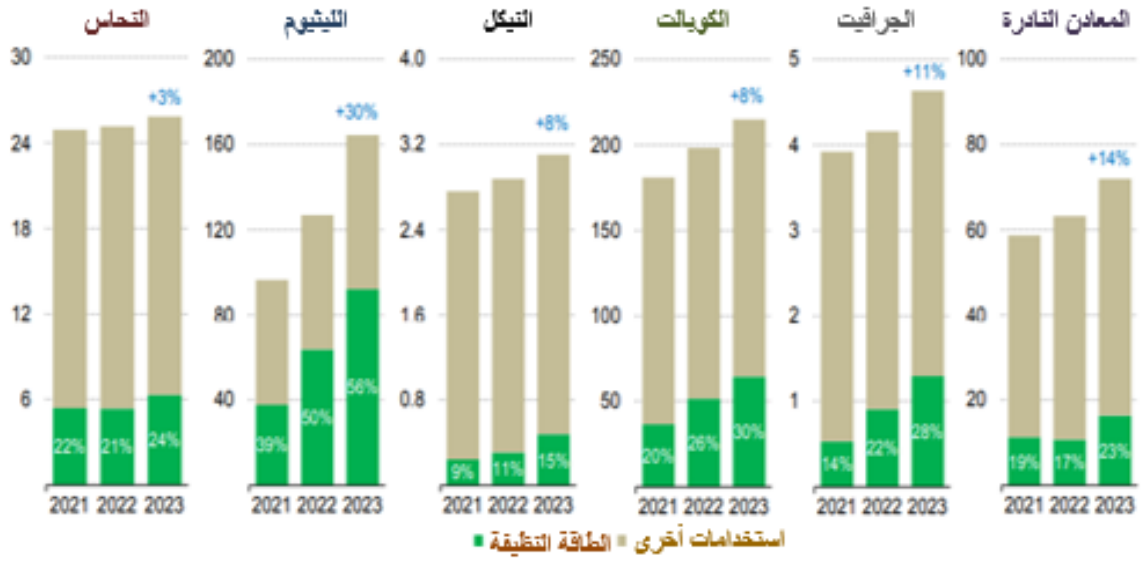
وتتعرض أجزاء أخرى من سلاسل الإمدادات العالمية من المعادن الحرجة أيضاً لآثار تغير المناخ، حيث يتم استخراج بعض المعادن، كالنيكل والكوبالت والمعادن النادرة، ومعالجتها في المناطق التي من المحتمل أن تكون أكثر عرضة لخطر هطول الأمطار الغزيرة والفيضانات. فعلى سبيل المثال، تسبب فيضان مقاطعة Sichuan بجنوب غرب الصين إلى إغلاق مصانع معالجة المعادن النادرة وإتلاف المخزون في عام 2020. ومن المرجح أن تتأثر أنشطة التعدين الأخرى بالجفاف وندرة المياه، لا سيما وأن ما يقرب من 50% من تعدين الليثيوم يقع في مناطق ذات إجهاد مائي مرتفع.

ثالثاً: الطلب العالمي على المعادن الحرجة خلال الفترة (2021 – 2023)

تشـــهد العديد من دول العالم في الوقت الحاضـــر ارتفاعاً ملحوظاً في الطلب على المعادن الحرجة، مع توقع بتزايد الطلب خلال الأعوام القادمة، مدفوعاً بشـــكل رئيســـي بالتحول إلى تقنيات الطاقة النظيفة – وخاصـــة توربينات الرياح والألواح الشـمسـية، وكذلك التوســـع الكبير في شـــبكات الكهرباء، وإنتاج المركبات الكهربائية التي تعتمد أيضـــاً على المعادن الحرجة.

فـقد تضاعـــف الطلـــب على الليثـيـــوم بحـوالي ثـلاث مـرات خـــلال الفتـــرة (2017 – 2022)، وارتفع الطلب على النيكل بنســـبة تبلغ حوالي 40%، وقفز الطلب على الكوبالت بنسبة تصل إلى 70%، وفقا لوكالة الطاقة الدولية التي أشارت إلى أن نمو الطلب ظل قوياً خلال عام 2023، حيث ارتفع الطلب على الليثيوم بنســـبة 30%، في حين شـــهد الطلب على النيكل والكوبالت والجرافيت والعناصر الأرضية النادرة زيادات تتراوح ما بين 8% إلى 14%. **كما يوضح الشكل (7).**

الشكل (7)
الطلب العالمي على المعادن الحرجة الرئيسية، وفقاً للاستخدامات خلال الفترة 2021 - 2023، (مليون طن)



المصدر: Global Critical Minerals Outlook 2024, IEA.

وتشـــير الوكالة الدولية للطاقة المتجددة إلى أن الطلب على المواد الحرجة في عام 2022 تركز في الغالب بالاســتخدامات غير المتعلقة بالطاقة، باســتثناء الليثيوم. على ســبيل المثال، تم اســتخدام أكثر من 90% من النيكل في إنتاج الحديد والصــلب، وتم اســتخدام أكثر من 80% من الجرافيت في صـناعة الفولاذ والألومنيوم والسيراميك، وتم استخدام أكثر من 80% من المنجنيز في إنتاج الصلب والكيماويات وعمليات اللحام.

وبشـــكل عام، يواجه تلبية الطلب المتزايد على هذه المعادن عدة تحديات، من أهمها: **أولا**، تباطؤ عملية التعدين وتطوير الاحتياطيات بســـبب الســـياســـات الحكومية المعقدة. **ثانياً**، تواجه الصـــناعة تحديات تتعلق بالآثار البيئية والاجتماعية. **ثالثاً**، يمكن أن تؤدي العوامل الجيوسياسية إلى تعطيل سلسلة التوريد، حيث يتركز إنتاج ومعالجة هذه المعادن في عدد قليل من الدول (مثل جمهورية الكونغو الديموقراطية، وتشـــيلي، وبيرو، والصـــين، وروسـيا، وجنوب إفريقيا، وأسـتراليا) كما أوضـحنا سـالفاً، وهناك خطر من قيام تلك الدول باستخدام سيطرتها على هذه الموارد كأداة استراتيجية.

رابعاً: تطور أسعار المعادن الحرجة الرئيسية

شـــهدت أســـعـار المعـادن الحرجـة الرئيســـيـة تطورات متبـاينـة خلال الفترة (2000 – 2023)، حيث سـجلت أسـعار **الكوبالت** أقل مسـتوى لها وهو حوالي 15.23 ألف دولار لكل طن في عام 2002، بينما وصـــلت إلى أعلى مســـتوى لها وهو 81.17 ألف دولارلكل طن في عام 2018، وتراجعت في عام 2023 بنسبة 47.2% على أساس سنوي، لتصـــل إلى 35.44 ألف دولارلكل طن. وعلى الرغم من انخفاض أســعار **كربونات الليثيوم** في عام 2023 إلى 40.30 ألف دولارلكل طن، مقارنة بالمسـتوى القياسـي المسـجل في عام 2022 البالغ 59.43 ألف دولارلكل طن، إلا أنها ظلت أعلى بنحو 400% من مسـتويات ما قبل جائحة كورونا في عام 2019. وقد سـجلت أسـعار كربونات الليثيوم أدنى مسـتوياتها في عام 2005 وهو 1.46 ألف دولارلكل طن. وتراوحت أسعار **النحاس** ما بين أدنى مستوياتها البـالغـة 1.56 ألف دولارلكل طن في عـام 2002، وأعلى مســـتويـاتهـا البـالغـة 9.32 ألف

دولارلكل طن في عام 2021، وقد شهدت هي الأخرى انخفاضاً خلال عام 2023 لتصل إلى 8.49 ألف دولارلكل طن.

وسجلت أسعار **الجرافيت** أقل مستوى لها ما بين المعادن الحرجة الرئيسية، حيث تراوحت ما بين أدنى مستوياتها البالغة 0.53 ألف دولارلكل طن في عام 2020، وأعلى مستوياتها البالغة 1.43 ألف دولارلكل طن في عام 2012، وكان لتراجع معدلات التضخم دوراً رئيسياً في تراجع أسعار الجرافيت من 0.76 ألف دولارلكل طن في عام 2022 إلى 0.65 ألف دولارلكل طن في عام 2023. كما انخفضت أسعار **كبريتات النيكل** من أعلى مستوياتها البالغة 27.11 ألف دولارلكل طن في عام 2022، لتصل إلى 20.39 ألف دولارلكل طن في عام 2023، أي بنسبة انخفاض بلغت 25% خلال تلك الفترة، علماً بأن أدنى مستوى مسجل لها بلغ 16.63 ألف دولارلكل طن في عام 2020.

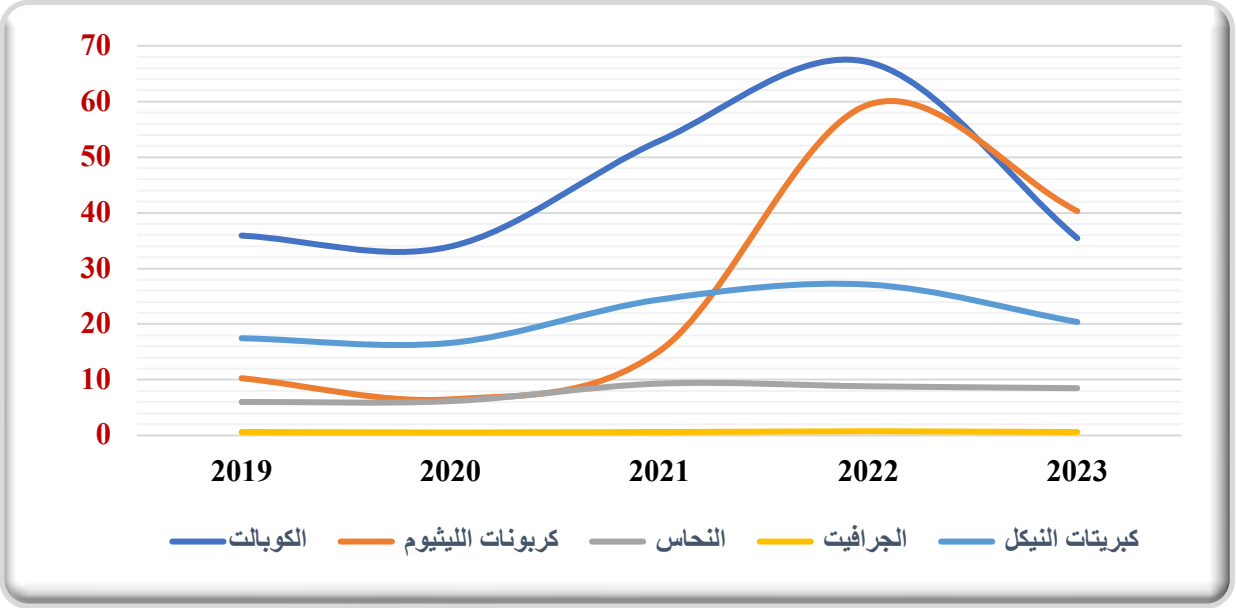
وكان السبب الرئيسي لانخفاض أسعار المعادن الحرجة الرئيسية في عام 2023، هو الزيادة الملحوظة في الإمدادات والمخزونات الوفيرة من التقنيات المصنوعة من المعادن الحرجة، لاسيما في كل من أفريقيا وإندونيسيا والصين التي تجاوزت فيها الإمدادات الجديدة من تلك المعادن نمو الطلب على مدى العامين الماضيين. **ويوضح الجدول (3) والشكل (8) تطور أسعار بعض المواد الحرجة الرئيسية خلال الفترة (2019 – 2023):**

الجدول (3)
أسعار بعض المعادن الحرجة الرئيسية
خلال الفترة 2019 - 2023، (ألف دولار/طن)

	الكوبالت	كربونات الليثيوم	النحاس	الجرافيت	كبريتات النيكل
2019	35.91	10.29	6.01	0.67	17.47
2020	33.95	6.49	6.17	0.53	16.63
2021	52.93	15.17	9.32	0.56	24.42
2022	67.06	59.43	8.83	0.76	27.11
2023	35.44	40.30	8.49	0.65	20.39

المصدر: Statistical Review of World Energy 2024, Energy Institute.

الشكل (8)
تطور أسعار بعض المعادن الحرجة الرئيسية
خلال الفترة 2019 - 2023، (ألف دولار/طن)



المصدر: Statistical Review of World Energy 2024, Energy Institute.

المحور الثالث

الاستثمارات والتجارة العالمية في المعادن الحرجة

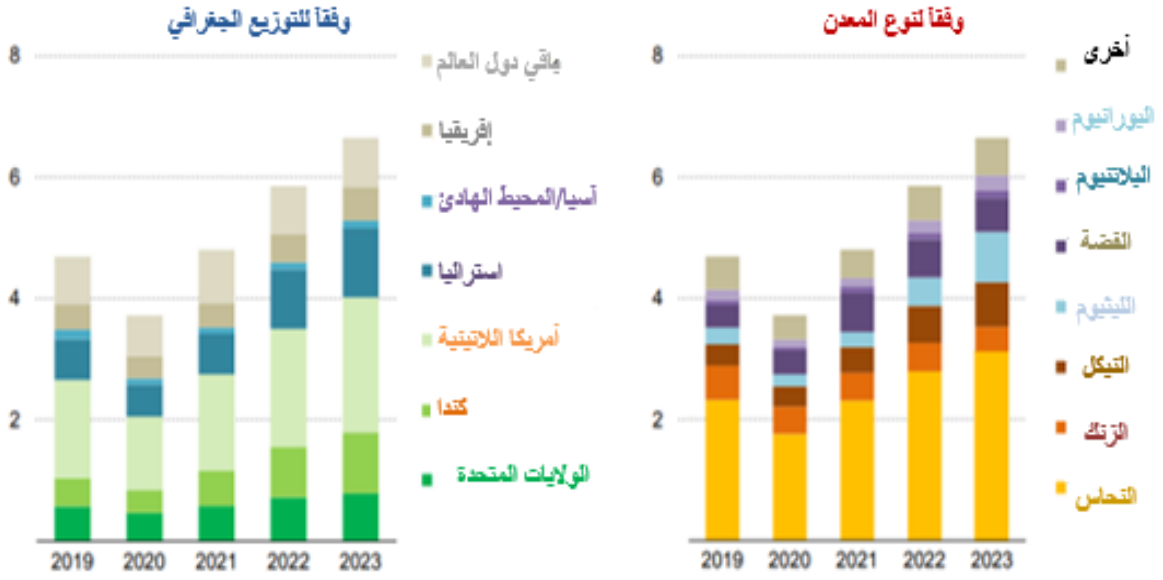
أولاً: الاستثمارات العالمية في المعادن الحرجة

أثر الانخفاض الأخير في أسعار المعادن الحرجة على حجم الاستثمارات، على الرغم من استمرار نموها. حيث ارتفعت الاستثمارات في انتاج تلك المعادن لتصل إلى أكثر من 50 مليار دولار في عام 2023، أي بمعدل نمو بلغ 10%، وهو أقل من المحقق في عام 2022. وعلى الرغم من انخفاض الأسعار، شهدت الاستثمارات في الليثيوم ارتفاعاً حاداً بنسبة 60%، كما ارتفع الإنفاق على الاستكشاف بنسبة بلغت 15% لتصل إلى حوالي 6.5 مليار دولا، بدعم رئيسي من كندا وأستراليا، **كما يوضح الشكل (9)**.

الشكل (9)

تطور الانفاق على استكشاف المعادن الحرجة

خلال الفترة 2019 - 2023، (مليار دولار)



المصدر: Global Critical Minerals Outlook 2024, IEA.

وتشير وكالة الطاقة الدولية إلى أن الصين استثمرت ما بين عامي 2018 والنصف الأول من عام 2021، أكثر من 4 مليار دولار للحصول على أصول الليثيوم، وهو في الواقع ضعف المبلغ الذي استثمرته الولايات المتحدة وأستراليا وكندا خلال ذات الفترة نفسها، لذلك هناك الكثير من النشاط الذي تقوم به الصين لمحاولة إغلاق أسواقها الفرعية. ومن الواضح أنه هناك إمكانية لتأثير الجغرافيا السياسية على توريد المعادن الحرجة ودورها في التجارة الدولية وتحولات الطاقة، مما يؤكد على أهمية تنويع سلاسل التوريد وضمان إمدادات مستقرة وآمنة. هذا وقد قامت الصين بتنويع استثماراتها جغرافياً وتوسيع نفوذها الاقتصادي في الدول الغنية بالمعادن الحرجة. فخلال العقدين الماضيين، كانت دول من أفريقيا وأمريكا الجنوبية وآسيا الوسطى وجنوب شرق آسيا، وهي الأرجنتين والبرازيل وتشيلي وجمهورية الكونغو الديمقراطية وإندونيسيا وكازاخستان وجنوب أفريقيا وزامبيا وزيمبابوي، تتلقى تمويلات كبيرة من الصين في شكل قروض ومنح وائتمانات، وكانت الاستثمارات في قطاعات من ضمنها قطاع التعدين وقطاع الطاقة.

والجدير بالذكر أن هناك أجزاء كبيرة على المستوى العالمي، خاصة في الدول النامية، لا تزال غير مستكشفة. على سبيل المثال، لم تجتذب أفريقيا، التي تبلغ مساحتها 20% من مساحة اليابسة العالمية، سوى حوالي 14% من الاستثمار العالمي في مجال التنقيب عن المعادن. ومعالجة ذلك الوضع لا يتطلب زيادة الإنفاق العالمي على الاستكشاف فحسب، بل تتطلب أيضاً التبادل المستمر لبيانات الموارد المعدنية عبر القارات. ويتم في الوقت الحاضر، تنفيذ معظم العمل من قبل منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية، حيث أطلقت هيئة المسوحات الجيولوجية في استراليا وكندا والولايات المتحدة الأمريكية بشكل مشترك مبادرة رسم خرائط المعادن الحرجة، والتي تغطي أكثر من 60 دولة.

ثانياً: التجارة العالمية في المعادن الحرجة

شكل ارتفاع الطلب على سلع التكنولوجيا النظيفة ضغطاً على سلاسل الإمداد للمعادن الحرجة. حيث تزايد الطلب على المعادن الحرجة بشكل خاص لإنتاج بطاريات السيارات

الكهربائية التي تتطلب الواحدة منها ما يصل إلى 200 كجم من المعادن الحرجة. هذا ويمثل قطاع البطاريات نحو 70% من الطلب العالمي على الكوبالت، كما يتطلب هذا القطاع المعادن الأخرى مثل الألومنيوم والنحاس والليثيوم والنيكل والأتربة النادرة. وتعتمد المحللات الكهربائية – اللازمة لإنتاج الهيدروجين الأخضر – على مجموعة متنوعة من المعادن الحرجة، بما في ذلك البلاتين والإيريديوم، وهما من أندر المعادن وأكثرها تكلفة في العالم. كما إن هناك حاجة إلى المعادن الأرضية النادرة بشكل خاص للمغناطيس، وهو عنصر حيوي في العديد من الآلات الكهربائية، وخاصة تلك الأكثر كفاءة في استخدام الطاقة. وبناء على ما تقدم، ارتفعت التجارة العالمية في المعادن الحيوية المرتبطة بالطاقة على مدى الأعوام العشرين الماضية من حوالي 53 مليار دولار في عام 2002 إلى حوالي 378 مليار دولار في عام 2022، أي بمعدل نمو سنوي بلغ نحو 10%. وفي عام 2021، ارتفع معدل النمو بشكل ملحوظ بلغ نحو 37% تزامناً مع انتعاش التجارة العالمية عقب الركود الناجم عن جائحة كوفيد-19.

1. الواردات العالمية من المعادن الحرجة

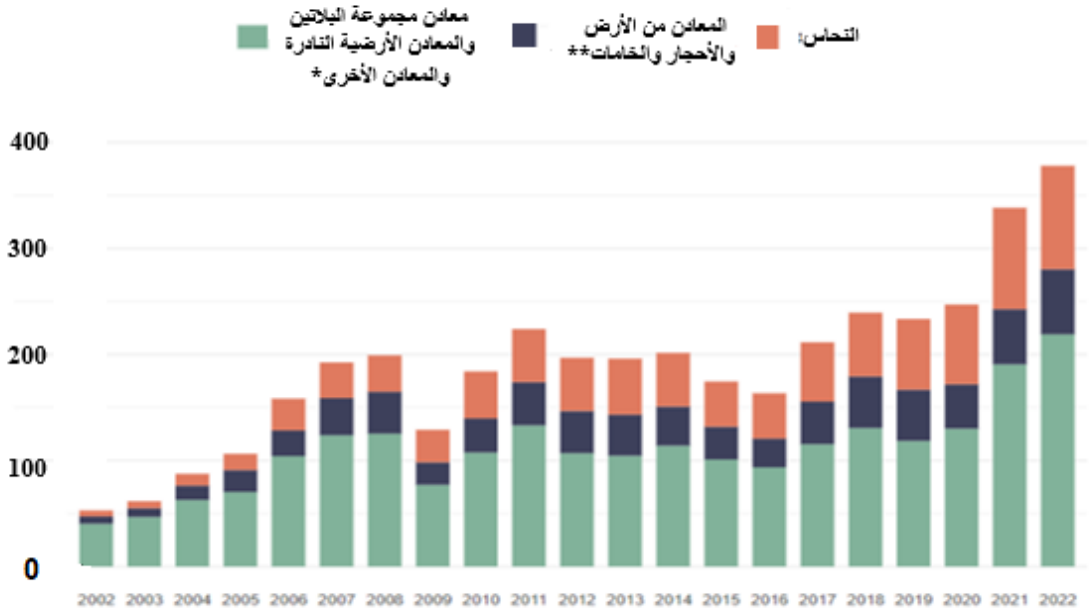
تضاعفت قيمة الواردات العالمية من المعادن الحرجة خلال الفترة (2017 – 2022)، حيث ارتفعت من 212 مليار دولار في عام 2017 إلى 378 مليار دولار في عام 2022، مع ارتفاع كبير في تجارة معادن مجموعة البلاتين، مثل الروديوم والإيريديوم والروثينيوم، والأوسميوم، التي سجلت معدلات نمو سنوية تصل إلى نحو 72% منذ عام 2017. كما سجلت معادن الهيليوم والليثيوم معدلات نمو سنوية ملحوظة بلغت حوالي 53% خلال نفس الفترة.

كما شهدت قيمة الواردات من النحاس زيادة بمتوسط نمو سنوي بلغ 15% منذ عام 2002، مع زيادة بنسبة 12% خلال الأعوام الخمس الماضية فقط. ويعزى ذلك النمو بشكل رئيسي إلى ارتفاع أسعار السلع الأساسية وزيادة واردات الصين واليابان - أكبر المستوردين على المستوى العالمي. فقد ارتفعت واردات الصين بمعدل 24% منذ عام 2002، في حين

شـهدت واردات اليابان زيادة سـنوية بلغت نحو 10%، ليشـكلا معاً نحو 72% من إجمالي واردات النحاس العالمية، وتمثل الصين وحدها ما يقرب من 60% من الإجمالي العالمي.

وواصـلت واردات المعادن "الأرضـية والأحجار والخامات" مسـارها التصـاعدي، حيث ارتفعت بنسـبة بلغت حوالي 24% في عام 2021، وحوالي 18% في عام 2022. وبلغ متوسـط معدل النمو خلال الفترة (2017 – 2022) حوالي 9%، أي أكثر من ضـعف المعدل المسجل منذ عام 2016، **كما يوضح الشكل (10)**.

الشكل (10)
تطور الواردات من المعادن الحرجة
خلال الفترة 2002 - 2022، (مليار دولار)



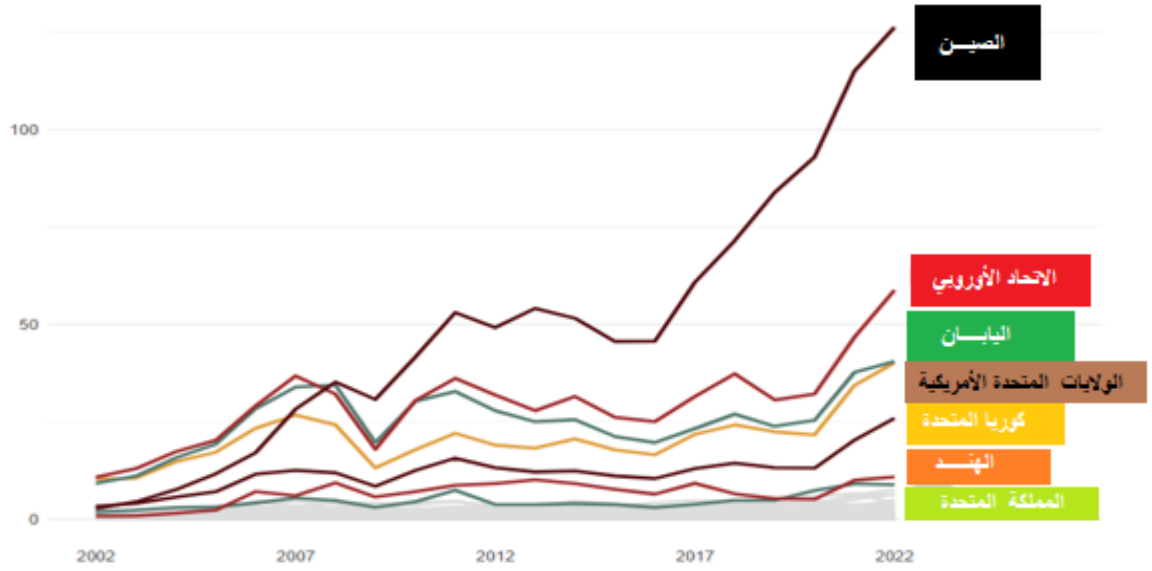
المصدر: World Trade Organization, Analytical Database.

* ألومنيوم خام، روديوم، البلاديوم، نحاس غير مكرر؛ أنودات النحاس للتكرير الكهربائي، النيكل الخام، البلاتين، الزنك الخام، السيليكون، القصدير الخام، الهيليوم، الليثيوم، الإيريديوم، الروثينيوم، الأوزميوم، السيزيوم، المغنيسيوم، الغاليوم، الجرمانيوم، الهافنيوم، الإنديوم، الرينيوم، الأرضية النادرة (السيريوم، الديسبروسيوم، الإربيوم، اليوروبيوم، الجادولينيوم، الهولميوم، اللانثانم، اللوتيتيوم، النيوديميوم، البراسيوديميوم، البروميثيوم، الروبيديوم، السماريوم، سكانديوم، التيربيوم، الثوليوم، الإيتربيوم، الإيتريوم)، التنتالوم، التيلوريوم، البورون، الفاناديوم، السترونتيوم، البزموت، الزركونيوم، الزرنيخ.

** الألومنيوم، الأنتيمون، الباريت، البريليوم، البورات، الكروم، الكوبالت، الفلورسبار، الجرافيت، المنغنيز، الموليبدينوم، النيكل، النيوبيوم، التنتالوم، الفاناديوم، الزركونيوم، القصدير، التيتانيوم، التنغستن، الزنك.

تجدُر الإشـارة إلى أن الصـين قد أصـبحت أكبر مسـتورد للمعادن الحرجة في عام 2022، حيث استحوذت على نحو 33% من الإجمالي العالمي، يليها الاتحاد الأوروبي بنسبة 16%، ثم اليابان والولايات المتحدة الأمريكية بنسـبة 11% لكل منهما، **كما يوضـح الشـكل (11)**.

الشكل (11)
المستوردين الرئيسيين للمعادن الحرجة
خلال الفترة 2002 - 2022، (مليار دولار)



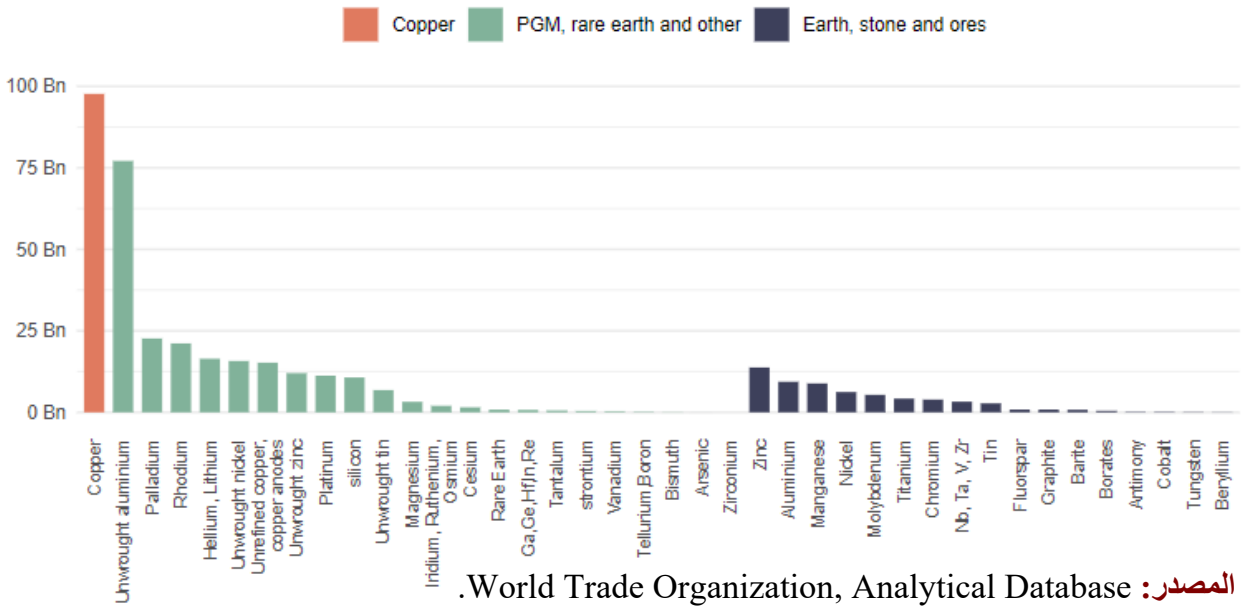
المصدر: World Trade Organization, Analytical Database.

إن المكانة الرائدة التي تحتلها الصـين جديرة بالملاحظة، وبشـكل خاص فيما يتعلق بالواردات من النحاس، حيث تتجاوز بشـكل ملحوظ واردات الاقتصـادات الأخرى مجتمعة. كما تُعد الصين أيضاً المستورد الرئيسي لمعظم المعادن الأرضية والأحجار والخامات.

وفي المقابل، يعد الاتحاد الأوروبي أكبر مسـتورد في العالم لمعادن مجموعة البلاتين والمعادن الأرضـية النادرة والمعادن الأخرى، تليها الولايات المتحدة الأمريكية والصـين واليابان.

ومن جانب آخر، يُعد المعدن الحرج الأكثر تداولاً في التجارة العالمية هو النحاس، الذي يمثل 26% من إجمالي واردات المعادن، يليه الألومنيوم الخام بنسبة 20%، اللذان تم استخدامهما منذ فترة طويلة في الصناعة التقليدية. وباستثناء هذين المعدنين، يبرز الروديوم والبلاديوم باعتبارهما المعادن الأكثر تداولاً خلال عامي 2021 و2022، حيث شكلا معاً نحو 30% من إجمالي الواردات العالمية. وقد ارتفعت قيمة واردات الروديوم والهيليوم والليثيوم بنحو ستة أضعاف بين عامي 2019 و2021، **ويوضح الشكل (12) قيمة الواردات من المعادن الحرجة خلال عام 2022.**

الشكل (12)
قيمة الواردات من المعادن الحرجة
خلال عام 2022، (مليار دولار)



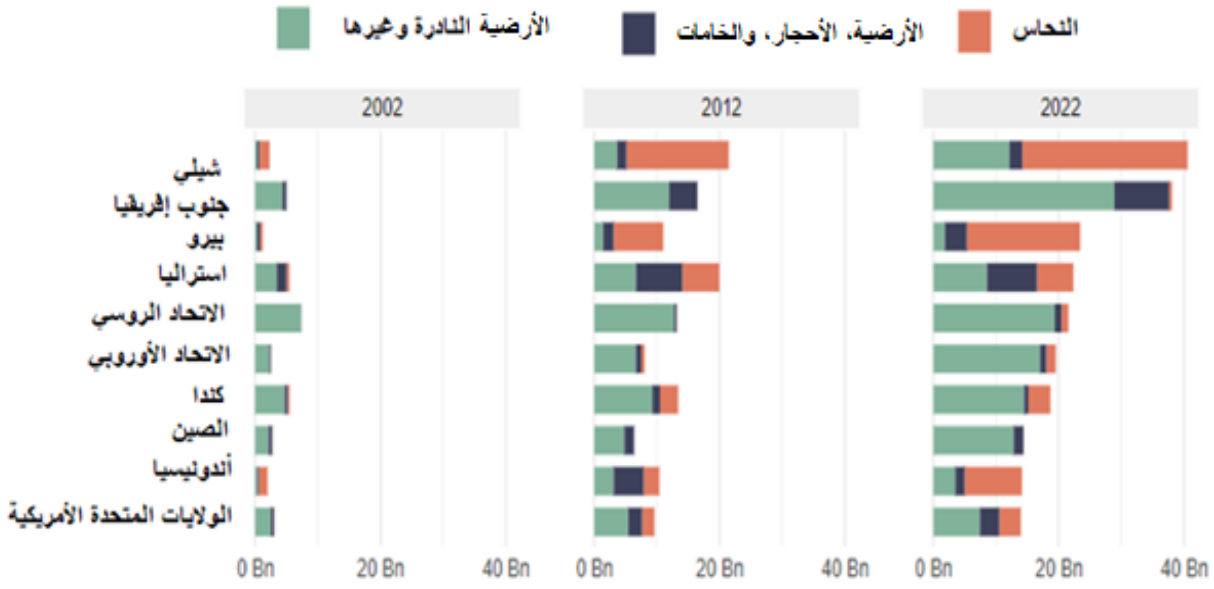
المصدر: World Trade Organization, Analytical Database.

2. الصادرات العالمية من المعادن الحرجة

تُعد تشيلي هي المصدر الرئيسي للمعادن الحرجة في العالم، حيث استحوذت على نحو 11% من إجمالي الصادرات العالمية في عام 2022، تليها جنوب أفريقيا بحصة 10%، ثم كل من أستراليا وبيرو وروسيا بحصة بلغت حوالي 6% لكل منها، **كما يوضح الشكل (13)**. وتجدُر الإشارة إلى إن جنوب أفريقيا هي أكبر مصدر على المستوى العالمي لمعادن مجموعة البلاتين والمعادن الأرضية النادرة والمعادن الأخرى، بحصة بلغت 13% في عام 2022. وبشكل عام، يتم استخراج معادن مجموعة البلاتين والمعادن الأرضية

النادرة والمعادن الأخرى بشكل رئيسي في كل من جنوب أفريقيا وروسيا والولايات المتحدة الأمريكية، في حين تتواجد العناصر الأرضية النادرة في الصين والولايات المتحدة، ويُعد الاتحاد الأوروبي منتجاً عالمياً رئيسياً لمعدن الباريت. وتُعد جنوب أفريقيا المُصدر الرئيسي للمعادن الأرضية والأحجار والخامات (لا سيما من الألومنيوم)، بحصة عالمية تبلغ 14.3%، يليها أستراليا بحصة 13.1%، ثم غينيا بحصة 9% من الصادرات العالمية. وتأتي بيرو في المرتبة الرابعة حيث تستخرج الزنك والقصدير والموليبدينوم. وتعد شيلي المصدر الرئيسي للنحاس، حيث تمثل أكثر من ربع الصادرات العالمية، تليها بيرو بحصة 19% وإندونيسيا بحصة 9% من الإجمالي العالمي، **كما يوضح الشكل (13)**.

الشكل (13)
المصدرين الرئيسيين للمعادن الحرجة
خلال الأعوام 2002، 2012، 2022، (مليار دولار)



المصدر: World Trade Organization, Analytical Database.

تجدُر الإشارة إلى أن المعادن الحرجة يمكن أن تخضع لقيود التصدير أو تعريفات التصدير، إلى جانب تعريفات الاستيراد، ومن المحتمل أن تؤثر هذه القيود على الإمدادات العالمية من المعادن الحيوية، مما يؤدي إلى ضغوط تصاعدية على الأسعار العالمية ومخاوف بشأن مدى تأمين توريد المواد الخام إلى الشركات المصنعة. وقد كشفت قاعدة بيانات منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية بالفعل عن اتجاه تصاعدي للقيود المفروضة على

الصـادرات من المعادن الحرجة المرتبطة بقطاع الطاقة، حيث ارتفعت عدد قيود التصـدير، بما في ذلك التعريفات الجمركية على الصـادرات، من 396 إجراء في عام 2009 إلى 502 إجراء في عام 2021. وتشـير منظمة التعاون الاقتصـادي والتنمية إلى أن حوالي 10% من المعادن الحرجة واجهت إجراء واحد على الأقل لتقييد الصـادرات خلال الأعوام الأخيرة. وتتخذ قيود التصـدير أشـكالاً متعددة، بما في ذلك حصـص التصـدير، وضـرائب التصـدير، والحد الأدنى الإلزامي لأسعار التصدير، أو رسوم الترخيص.

فعلى سـبيل المثال، فرضـت الصـين في عام 2010، قيوداً على تصـدير المعادن الحرجة إلى اليابان بسـبب تصـاعد النزاعات الإقليمية بين الدولتين. وفي شـهر أغسـطس 2023، قامت الصـين أيضـاً بفرض قيود على تصـدير معدن الغاليوم الأرضـي النادر، المسـتخدم في تصـنيع أشـباه الموصـلات التي تلعب دوراً محورياً في التكنولوجيا العالمية، الأمر الذي أدى إلى ارتفاع أسـعاره بنسـبة تزيد على 50%، وجاءت هذه الخطوة كرد فعل على إدخال الولايات المتحدة الأمريكية قواعد شـاملة تهدف إلى منع الصـين من الحصـول على/ أو تصـنيع الرقائق والمكونات الرئيسـية لأجهزة الحاسـب الآلي العملاقة. كما حظرت زيمبابوي تصـدير الليثيوم في شـهر ديسـمبر 2022، وبالمثل حظرت إندونيسـيا تصـدير البوكسـيت وحظرت ناميبيا تصـدير الليثيوم والمواد الحيوية الأخرى في شـهر يونيو 2023. وتعكس هذه التدابير اتجاهاً متزايداً للدول لتشـجيع المعالجة المحلية وجذب الصـناعات التحويلية.

وقد أثار الاتجاه المتزايد لقيود التصدير على المعادن الحرجة سلسلة من الصراعات التجارية، والتي تتم معالجة بعضها من قبل منظمة التجارة العالمية. ولا يمكن ربط هذه القيود بعملية تحولات الطاقة فقط، حيث إن المعادن الحرجة لها تطبيقات أوسـع بكثير خارج قطاع الطاقة، مثل صناعة الصلب أو الصناعة الكيميائية.

يذكر أن القيود الكمية على الاستيراد والتصدير محظورة إلى حد كبير بموجب المادة الحادية عشـر من الاتفاقية العامة لمنظمة التجارة العالمية بشـأن التعريفات الجمركية والتجارة، مع وجود بعض الاستثناءات المحدودة، مثل الحفاظ على البيئة أو الأمن القومي أو

ضمان إمدادات المواد الخام. ويجب أن تستوفي هذه الاستثناءات شروطاً محددة، على سبيل المثال، عدم حماية الصناعات المحلية أو التمييز ضد الدول الأخرى.

بشكل عام، شهدت الأعوام الخمسة الماضية تسارعاً في قيمة التجارة في المعادن الحرجة. ومن المتوقع أن تساهم الالتزامات الأخيرة في مؤتمر تغير المناخ "COP28" بمضاعفة إنتاج الطاقة المتجددة ثلاث مرات والاتجاه نحو السيارات الكهربائية، في زيادة الطلب على المعادن الحرجة المرتبطة بالطاقة، حيث يستخدم النحاس والليثيوم والكوبالت في بطاريات تخزين السيارات الكهربائية. ويعتبر الليثيوم والكوبالت والنيكل والجرافيت ضرورية لأداء البطاريات وكثافة الطاقة وطول عمرها، كما تعتبر المعادن الأرضية النادرة مثل النيوديميوم حيوية لإنتاج مغناطيس توربينات الرياح، والنحاس والألومنيوم ضروريان لإنشاء شبكات الكهرباء، وستكون هناك حاجة إلى بذل جهود خاصة لتنويع توافر المعادن الحرجة في المستقبل من أجل الاستجابة لهذا الطلب المتزايد.

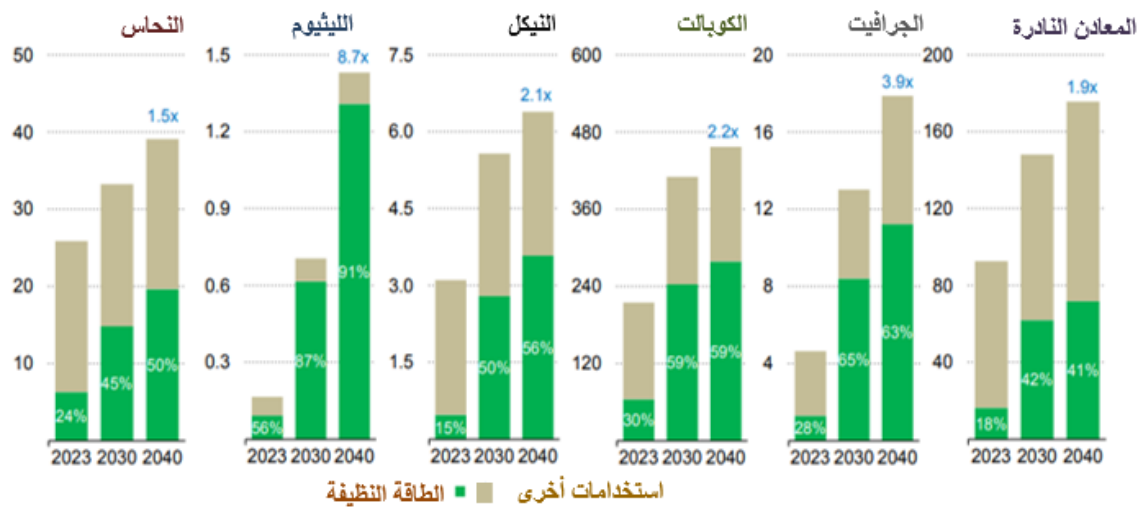
المحور الرابع

التوقعات المستقبلية للطلب على المعادن الحرجة

تشـــير توقعـات منظمـة الأمم المتحـدة للتجـارة والتنميـة (الأونكتـاد) إلى أنـه بحلول عام 2050، ســـيرتفع الطلب العالمي على الليثيوم بنســـبة تزيد على 1500%، مع زيادات مماثلة في الطلب العالمي على النيكل والكوبالت والنحاس. غير أن الاســتثمارات العالمية في المعادن الحرجة لا تواكب الطلب العالمي المتزايد، حيث تتراوح الاســـتثمارات المطلوبة خلال الفترة (2022 – 2030) ما بين 360 إلى 460 مليار دولار، مما يعني وجود فجوة اســـتثمارية تتراوح بين 180 إلى 270 مليار دولار. ويســـتحوذ النحاس والنيكل على نحو 36% و16% تواليا من إجمالي هذه الفجوة. كما تشـــير توقعات وكالة الطاقة الدولية إلى أن تحقيق هدف صـــافي انبعاثات صـــفرية، يتطلب زيادة الطلب العالمي على الليثيوم بنحو 8.7 ضـعفاً، الجرافيت بنحو 3.9 ضـعفاً، والكوبالت بنحو 2.2 ضـعفاً، والنيكل بنحو 2.1 ضـعفاً، وكل من المعادن النادرة والنحاس بنحو 1.9 و1.5 ضـعفاً على التوالي، **كما يوضـح الشـكل (14).**

الشكل (14)

الطلب العالمي المتوقع على المعادن الحرجة الرئيسية، اللازم لتحقيق صافي انبعاثات صفرية خلال الفترة 2023 - 2040، (مليون طن)



المصدر: Global Critical Minerals Outlook 2024, IEA.

وتشير توقعات شركة "BP" إلى أن الطلب العالمي على المعادن الحرجة سيتزايد بشكل كبير على خلفية ارتفاع الطلب على الطاقة منخفضة الكربون، فضلاً عن التوسع الاقتصادي المتوقع. وفي هذا السياق، يتوقع ارتفاع الطلب على النحاس بنسبة تتراوح بين 75% إلى 100% بحلول عام 2050 وفقاً لسيناريو المسار الحالي وسيناريو صافي الانبعاثات الصفرية، ويتركز الجزء الأكبر من الارتفاع في الطلب في الطاقة منخفضة الكربون تزامناً مع توقع توسيع شبكات الكهرباء وبناء قدرات جديدة لطاقة الرياح والطاقة الشمسية.

وتجدُر الإشارة إلى أن **سيناريو المسار الحالي** لشركة "BP" يركز على سياسات المناخ المعمول بها بالفعل وعلى الأهداف والتعهدات العالمية لإزالة الكربون في المستقبل. وفي الوقت نفسه، يأخذ هذا السيناريو في الاعتبار التحديات العديدة المرتبطة بتحقيق هذه الأهداف. ومن المتوقع أن تبلغ انبعاثات مكافئ ثاني أكسيد الكربون (CO_2e) وفق سيناريو المسار الحالي ذروتها في منتصف عشرينيات القرن الحادي والعشرون، وبحلول عام 2050 ستكون أقل بنحو 25% مقارنة بمستويات عام 2022.

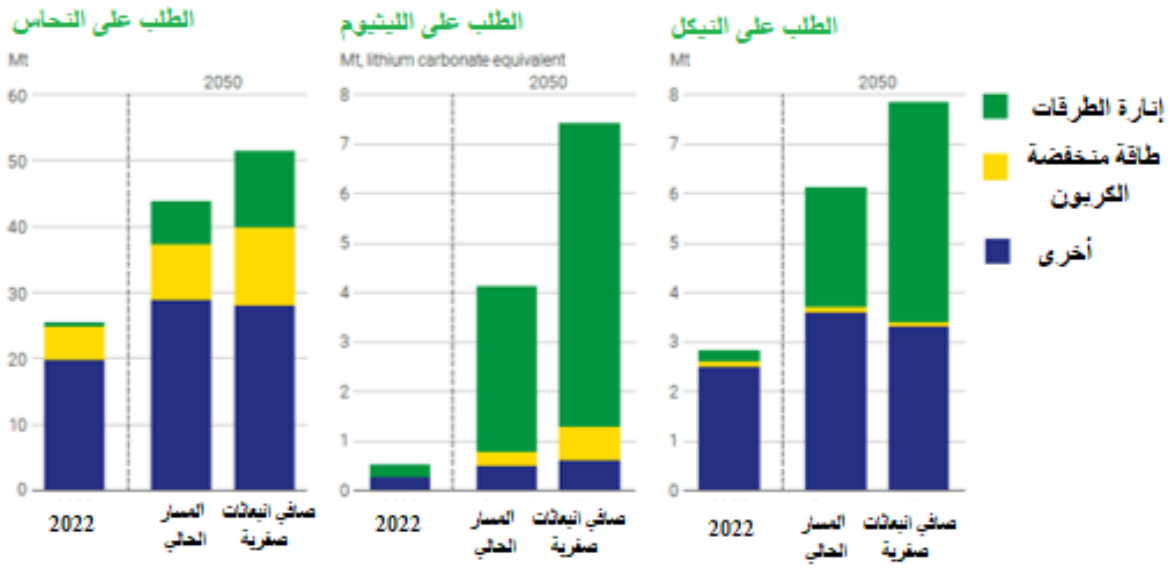
أما **سيناريو صافي الانبعاثات الصفرية** فيأخذ في الاعتبار كيف يمكن لعناصر مختلفة من نظام الطاقة أن تتغير لتحقيق خفض كبير في انبعاثات الكربون. وبهذا المعنى، يمكن النظر إلى سيناريو صافي الانبعاثات الصفرية باعتباره **سيناريو "ماذا لو؟"**: ما هي عناصر نظام الطاقة التي قد تتغير، وكيف يمكن للعالم أن يعمل بشكل جماعي على خفض انبعاثات ثاني أكسيد الكربون بنحو 95% بحلول عام 2050. ويفترض هذا السيناريو أيضاً وجود تشديد كبير في سياسات المناخ. كما يجسد التحولات في السلوكيات والتفضيلات المجتمعية التي تدعم بشكل أكبر المكاسب في كفاءة الطاقة وتبني استخدام الطاقة منخفضة الكربون.

كما يتوقع أن تؤدي الأهمية المتزايدة للبطاريات على مدى فترة التوقعات، وخاصة في المركبات الكهربائية، إلى زيادة كبيرة في الطلب العالمي على الليثيوم، ليرتفع الطلب على الليثيوم ما بين 8 و14 ضعفاً بحلول عام 2050. وسيمثل استخدام الليثيوم في المركبات

الكهربائية نحو 80% من إجمالي الطلب العالمي عليه عام 2050، مقارنة بنحو 40% عام 2022.

ومن المتوقع أن يتضاعف الطلب على النيكل بمقدار يتراوح ما بين ضعفين وثلاثة أضعاف بحلول عام 2050 في ظل كل من سيناريو المسار الحالي وسيناريو صافي الانبعاثات الصفرية على التوالي. ويرجع معظم هذا النمو (65-80%) إلى الاستخدام المتزايد لبطاريات الليثيوم أيون في المركبات الكهربائية، **كما يوضح الشكل (15)**.

الشكل (15)
توقعات الطلب على النحاس والليثيوم والنيكل وفقاً لسيناريو المسار الحالي وسيناريو صافي الانبعاثات الصفرية لشركة "BP"، (مليون طن)



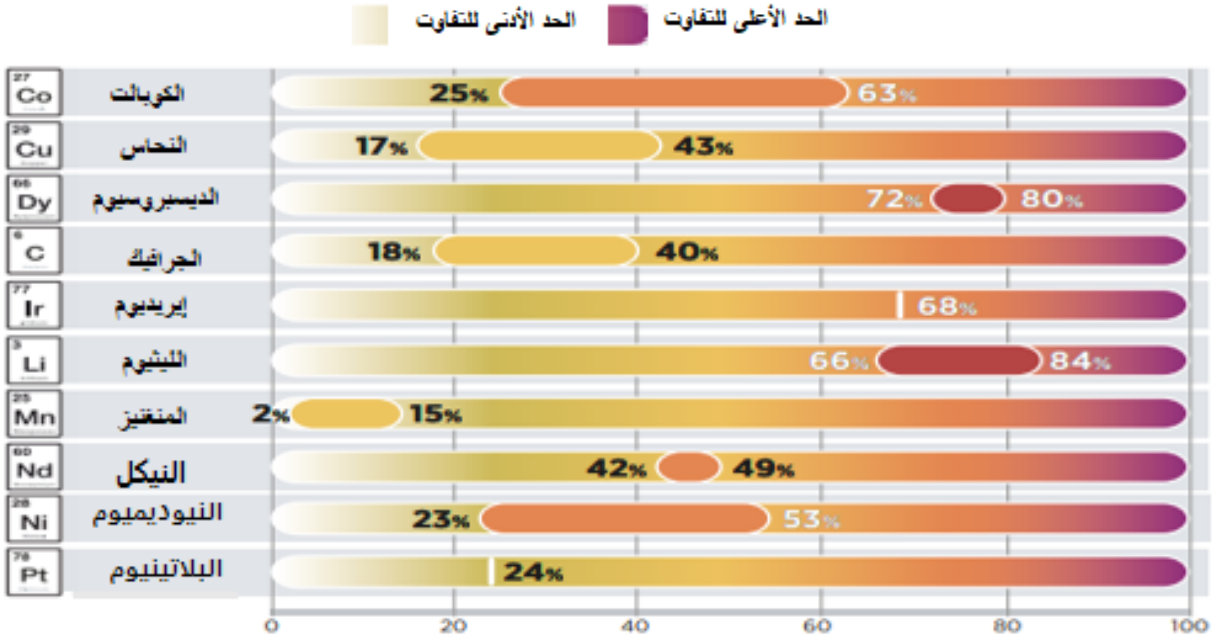
المصدر: Energy Outlook 2024, BP.

إن نقص الإمدادات المحتمل من المعادن الحرجة على المدى القصير إلى المتوسط هو نتيجة لنقص الاستثمار في أنشطة المنبع. ويرجع ذلك إلى عوامل عديدة، بما في ذلك الفترات الزمنية الطويلة لفتح مناجم جديدة ومصانع المعالجة، وعدم اليقين بشأن الطلب المستقبلي، وتقلبات الأسعار. علاوة على إن تعدين ومعالجة المعادن الحرجة يتركز في عدد قليل من الدول.

وتشير الوكالة الدولية للطاقة المتجددة إلى وجود تفاوت بين الإمدادات الحالية والطلب المتوقع على بعض المعادن الحرجة. فعلى سبيل المثال، يتوقع أن يتراوح الطلب العالمي

على الكوبالت في عام 2030 ما بين 0.24 إلى 0.48 مليون طن، وعند المقارنة مع الإمدادات في عام 2022 البالغة نحو 0.18 مليون طن، يلاحظ أن أدنى نسبة تفاوت تبلغ نحو 25%، بينما تصل أعلى نسبة تفاوت إلى نحو 63%. كما يتوقع أن يتراوح الطلب العالمي على النحاس في عام 2030 ما بين 31 إلى 45 مليون طن، وعند المقارنة مع الإمدادات في عام 2022 البالغة نحو 25.7 مليون طن، يلاحظ أن أدنى نسبة تفاوت تبلغ نحو 17%، بينما تصل أعلى نسبة تفاوت إلى نحو 43%. ومن المتوقع أن يشهد الليثيوم أعلى نسبة تفاوت بين الإمدادات في عام 2022 والطلب المتوقع في عام 2030 تبلغ 84%، حيث بلغت الإمدادات في عام 2022 نحو 0.69 مليون طن، ويتوقع أن يصل أعلى مستوى للطلب إلى حوالي 4.4 مليون طن، **كما يوضح الشكل (16).**

الشكل (16)
التفاوت بين الإمدادات في عام 2022 والطلب المتوقع على بعض المعادن الحرجة في عام 2030، (%)



المصدر: Geopolitics of the Energy Transition - Critical Materials, IREA.

ولتجنب الفجوة بين الإمدادات الحالية والطلب العالمي المتوقع على المعادن الحرجة لا بد من زيادة قدرات التعدين والمعالجة وتحسين البحث والابتكار في تقنيات إعادة التدوير، فضلاً عن دعم وتشجيع الاكتشافات الجديدة، وهو ما يتطلب تعزيز الاستثمارات الحكومية في البنية التحتية، وتصميم أطر قانونية تمكينية.

أهم المعادن الحرجة اللازمة لعملية تحولات الطاقة

ومن الصعب تحديد أهم المعادن الحرجة اللازمة لعملية تحولات الطاقة بشكل نهائي، حيث إن أهميتها ستعتمد على مدى تطوير تقنيات وسلاسل توريد محددة. وبالنظر إلى استخدامها على نطاق واسع وتأثيرها على تكنولوجيات الطاقة النظيفة الأساسية، هناك أربعة معادن حرجة رئيسية قد يكون لها دور محوري بشكل خاص وهي: الليثيوم، والكوبالت، والنحاس، والنيكل. يُعد **الليثيوم** مكون أساسي في بطاريات الليثيوم أيون (Li-ion)، التي تعمل على تشغيل المركبات الكهربائية (EVs) وأنظمة تخزين طاقة البطارية. كما أن **الكوبالت** يُعد مكوناً رئيسياً آخر في بطاريات الليثيوم أيون (Li-ion)، حيث يدعم استقرارها وأدائها عن طريق منع ارتفاع درجة الحرارة وإطالة عمرها الافتراضي. ويُعد **النحاس** معدن آخر لا غنى عنه في عملية تحولات الطاقة، حيث يعتبر عنصراً حيوياً في الأنظمة الكهربائية الحديثة المستخدمة في توليد الطاقة والبنية التحتية للنقل والتوزيع، وكذلك في تقنيات الطاقة المتجددة مثل الألواح الشمسية وتوربينات الرياح، ومع انتشار هذه التقنيات وتوسع الشبكات سيستمر الطلب العالمي على النحاس في الارتفاع لضمان كفاءة نقل الكهرباء وتخزينها. أما فيما يخص **النيكل**، فهو عنصر رئيسي آخر في بطاريات الليثيوم أيون، ويساهم في دعم كثافة طاقة أعلى وأداء أفضل للبطارية، مما يحسن نطاق ووظائف المركبات الكهربائية وفعالية أنظمة تخزين طاقة البطارية.

وعلى الرغم من النظر حالياً إلى كافة المعادن الحرجة على أنها ضرورية لتحولات الطاقة، إلا أن هذه التحولات تنطوي على تفاعل مُعقد ومتغير باستمرار بين مختلف المعادن والتقنيات وسلاسل التوريد. وقد يؤدي البحث والتطوير المستمر إلى تغييرات في أهمية بعض المعادن الحرجة أو ظهور بدائل جديدة لها مع مرور الوقت. وقد تختلف أسعار هذه المعادن الحرجة أيضاً بشكل كبير مع تغير ديناميكيات السوق. **ويوضح الجدول (4) درجة اعتماد تقنيات الطاقة النظيفة على المعادن الحرجة.**

الجدول (4)

درجة اعتماد تقنيات الطاقة النظيفة على المعادن الحرجة

نوع التكنولوجيا	نحاس	الكوبالت	النيكل	الليثيوم	العناصر الأرضية النادرة	الكروم	الزنك	معادن البلاتينية	ألومنيوم
الكهروضوئية	H	L	L	L	L	L	L	L	H
الرياح	H	L	M	L	H	M	H	L	M
الهايدرو	M	L	L	L	L	M	M	L	M
تركيز الطاقة الشمسية	M	L	M	L	L	H	M	L	H
الطاقة الحيوية	H	L	L	L	L	L	M	L	M
الطاقة الحرارية الأرضية	L	L	H	L	L	H	L	L	L
النووية	M	L	M	L	L	M	L	L	L
شبكات الكهرباء	H	L	L	L	L	L	L	L	H
المركبات الكهربائية وتخزين البطارية	H	H	H	H	H	L	L	L	H
الهيدروجين	L	L	H	L	M	L	L	H	M

H: High - مرتفعة، M: Medium - متوسطة، L: Low - منخفضة

المصدر: The Role of Critical Minerals in Clean Energy Transitions, IEA.

المحور الخامس

التأثيرات البيئية لاستخراج المعادن الحرجة

يمكن أن تشكل أنشطة التعدين تأثيرات بيئية كبيرة قد تتجاوز الانبعاثات من الغازات الدفيئة، حيث تسبب هذه الأنشطة في استنزاف المياه وتغير استخدام الأراضي والتلوث في فقدان التنوع البيولوجي وتؤثر سلباً على الموارد الطبيعية، وتنعكس هذه التأثيرات البيئية بدورها سلباً على رفاهية المجتمعات المحلية. وقد كان استخراج المعادن الحرجة ومعالجتها مسؤولاً عن نسبة تبلغ نحو 10 % من انبعاثات الغازات الدفيئة، منها نحو 7% بسبب إنتاج الصلب، ونحو 2 % بسبب إنتاج الألومنيوم، والباقي بسبب إنتاج المعادن الأخرى – مثل تعدين ومعالجة المواد الحيوية (KU Leuven, 2022)، وهي نسبة من المتوقع أن ترتفع بسبب زيادة الطلب (Azadi et al., 2020). بالإضافة إلى ذلك، فإن تداعيات هذه الأنشطة الاستخراجية مثيرة للقلق أيضاً، لا سيما التلوث الكيميائي، بما في ذلك تلوث المياه والتربة، (Balaram, 2019, Jiang et al., 2020, Marx et al., 2018).

وعلى الصعيد العالمي، تشير التقديرات إلى أن مساحة المناجم تصل إلى 100 ألف كم^2، في حين أن ما يقرب من 1 مليون كم^2 من الأراضي مغطاة بالنفايات المرتبطة بأنشطة التعدين. كما أظهرت تقديرات عام 2016، أن استخراج المعادن قد تسبب في أكثر من 70 مليار طن متري من النفايات الصخرية وأكثر من 8 مليار طن من المخلفات في ذلك العام. وتتعدى تلك الأنشطة بشكل متزايد على المناطق الغنية بالتنوع البيولوجي: حيث تتأثر ثلث الغابات في جميع أنحاء العالم تقريباً بشكل مباشر. كما أن جزء كبير من أنشطة التعدين كثيفة الاستخدام للمياه يتم في المناطق التي تعاني بالفعل من الإجهاد المائي، مثل أفريقيا جنوب الصحراء الكبرى ومنطقة الأنديز في أمريكا الجنوبية. ومن ناحية أخرى، تعتمد بطاريات السيارات الكهربائية على النيكل، الذي من الممكن أن يكون قد تم استخراجه من منجم في الفلبين الذي يقوم بالتخلص بشكل قانوني من مخلفاته السامة في المحيطات.

ويمكن لمشروعات تعدين المعادن الحرجة أن تؤدي إلى تفاقم الإجهاد المائي. على سبيل المثال، يتركز نحو نصف الإنتاج العالمي من النحاس والليثيوم في المناطق التي تعاني

من إجهاد مائي مرتفع. وعلى الصعيد العالمي، تبرز سبع مناطق رئيسية للتعدين تعاني من إجهاد مائي، هي: آسيا الوسطى، ومنطقة الأنديز في أمريكا اللاتينية، وأستراليا، ومنطقة الشرق الأوسط، وجنوب أفريقيا، ومنطقة كبيرة في غرب أمريكا الشمالية.

وعمليات التعدين بطبيعتها عملية كثيفة الاستهلاك للطاقة، ولها تأثيرات واسعة النطاق على سطح الكرة الأرضية. وإلى جانب المناجم نفسها، تشمل مناطق التعدين أيضاً مقالب النفايات وبرك المياه ومرافق المعالجة الصناعية (Maus et al., 2020). وفي حين أن تحديث المناجم الحالية لأغراض الكهرباء هو أمر مكلف ومعقد من الناحية الفنية، إلا أنه ينبغي تصميم المناجم الجديدة مع الأخذ في الإعتبار الحياد الكربوني. وبطبيعة الحال، قد يكون ذلك صعباً بشكل خاص في الأماكن التي تواجه تحديات البنية التحتية، مثل خيارات الطاقة المتجددة المحدودة أو منخفضة الكربون.

وتختلف البصمة البيئية للمعادن الحرجة بشكل كبير اعتماداً على عدة عوامل، مثل نوع المعدن والطريقة المستخدمة لمعالجته. على سبيل المثال، تحتاج المعادن التي تأتي من خامات الأكسيد، مثل الألومنيوم والليثيوم إلى كميات كبيرة من المواد الكيميائية لاستخراجها. ومن ناحية أخرى، تتطلب المعادن المشتقة من خامات الكبريتيد، مثل النحاس والنيكل، الكثير من الطاقة، وغالباً ما تكون في شكل حرارة.

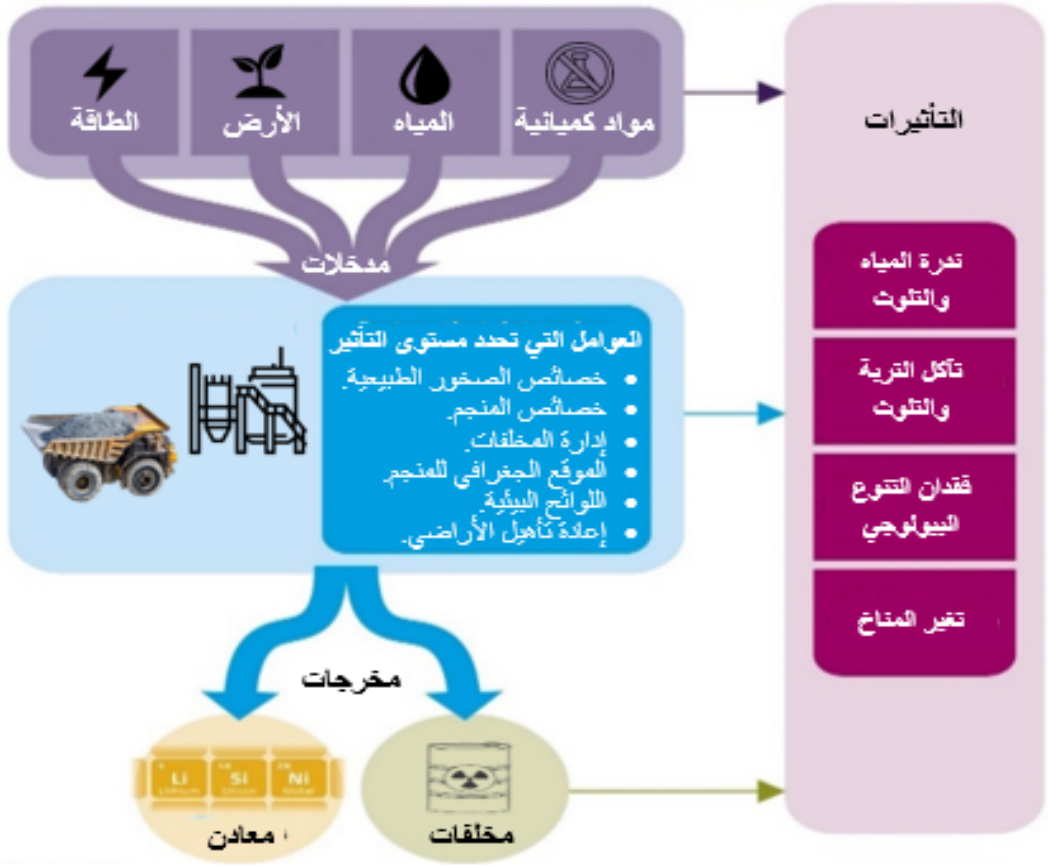
ويعتمد بناء تقنيات الطاقة النظيفة، مثل توربينات الرياح والمركبات الكهربائية (EV)، عموماً على كثافة معدنية أكبر من استخدام الوقود الأحفوري. حيث تتطلب السيارات الكهربائية معادن أكثر بستة أضعاف من السيارات التقليدية (بدون احتساب الفولاذ والألمنيوم)، وتتطلب محطة طاقة الرياح تسعة أضعاف الموارد المعدنية التي تحتاجها محطة تعمل بالغاز بنفس القدرة. ويتركز الطلب على الألومنيوم في قطاع الطاقة على استخدام الطاقة الشمسية الكهروضوئية (87%) وطاقة الرياح (10%)، في حين يأتي الطلب على إنتاج الكوبالت والجرافيت والليثيوم والنيكل في المقام الأول من تقنيات تخزين الطاقة، ولا سيما البطاريات.

وبناء على ما تقدم، فإن تزايد الطلب المستقبلي المتوقع على المعادن الحرجة يعني المزيد من المناجم الأكبر حجما، الأمر الذي ينطوي على مخاطر حقيقية على البيئة والتنوع

البيولوجي. وفي حين يمثل النمو في إمدادات المعادن الحرجة دوراً حيوياً في تحولات الطاقة، فإن إنتاج ومعالجة هذه المعادن إذا تمت إدارتها بشكل سيئ يمكن أن يؤدي إلى الكثير من التداعيات السلبية، **كما يوضح الشكل (17)**.

يذكر أنه، لم يتم حتى الآن اعتماد المعايير البيئية الحالية إلا بدرجة محدودة من قبل الصناعات الاستخراجية، كما أنها تقتصر على معالجة الآثار البيئية غير المباشرة والتراكمية. وفي هذا السياق، تجدُر الإشارة إلى إن الإدارة المسؤولة للمعادن الحرجة ليست مجرد مسألة ذات أهمية اقتصادية، ولكنها مسؤولية جماعية تجاه البيئة والمجتمع والأجيال القادمة.

الشكل (17)
التأثيرات البيئية لأنشطة استخراج وتعدين المعادن الحرجة



وبينما يتسارع عدد من دول العالم نحو مستقبل الطاقة النظيفة، فإن العديد من الاقتصادات النامية سينتهي بها الأمر في نهاية المطاف إلى الإضرار ببيئتها. وهذا يثير التساؤل حول مدى استعداد العالم للتوجه نحو انتقال عادل ومنصف إلى مستقبل صافي

إنبعاثات صفرية. ولمواجهة هذه التحديات، من الضروري وجود سياسات وآليات حوكمة قوية. ويجب على أصحاب المصلحة في جميع أنحاء العالم التعاون لإنشاء أطر تنظيمية شفافة، وتعزيز ممارسات التعدين المسؤولة، وإنفاذ المعايير البيئية في جميع مراحل سلسلة القيمة. بالإضافة إلى ذلك، يُعد الدعم المالي والابتكارات التكنولوجية أمراً بالغ الأهمية لتعزيز استدامة وكفاءة إنتاج المعادن واستخدامها. ومن ثم، سيساهم تبني الممارسات المستدامة، وتعزيز التعاون، والاستفادة من التكنولوجيا لتحقيق الشفافية، في بناء سلسلة قيمة مرنة تدعم التحولات إلى الطاقة النظيفة، وتدفع النمو الاقتصادي.

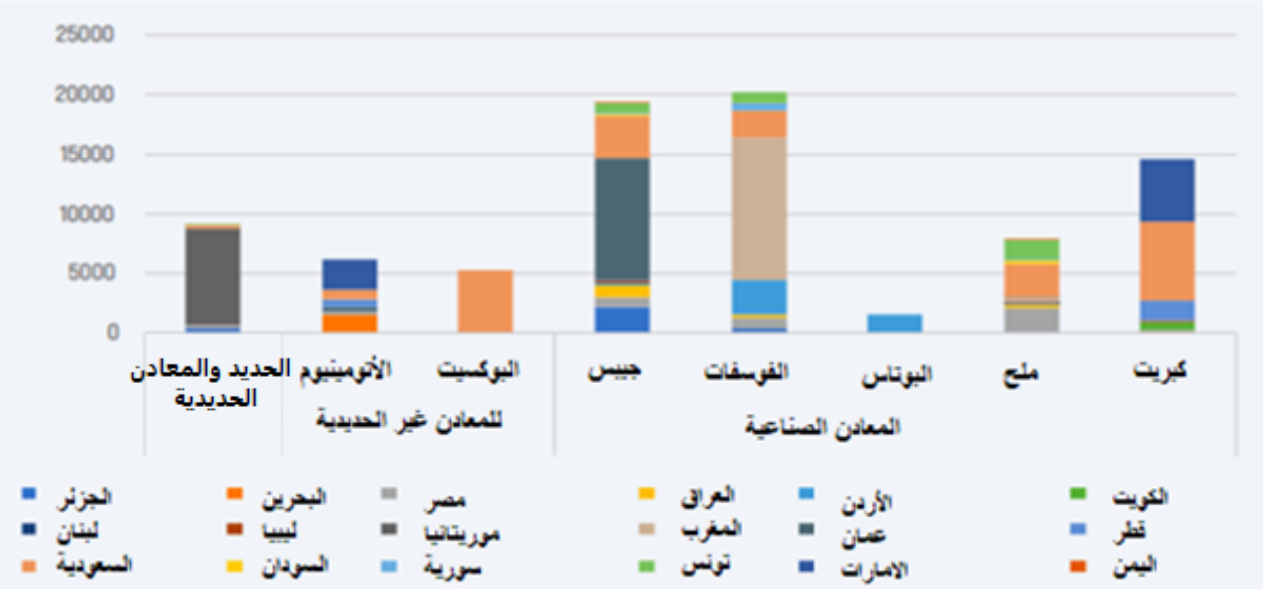
يذكر أن الأمين العام للأمم المتحدة قد أعلن خلال مؤتمر تغير المناخ (COP28) الذي عُقد بدولة الإمارات العربية المتحدة في نهاية عام 2023، عن خطة لإنشاء فريق معني بالمعادن الحرجة، يتألف من الحكومات والمنظمات الدولية والصناعة والمجتمع المدني لوضع مبادئ مشتركة وطوعية كعنصر أساسي في عملية تحولات الطاقة. وينبغي على الاقتصادات المتقدمة أن تدعم الحكومات في المجتمعات النامية التي تعتمد بشكل كبير على استخراج المعادن الحرجة.

المحور السادس

دور الدول العربية في تأمين سلاسل الإمدادات من المعادن الحرجة

كانت منطقة الشـرق الأوسـط ولاتزال مورد رئيسـي موثوق به للإمدادات من النفط والغاز الطبيعي اللازمة لدعم نمو الاقتصـاد العالمي، ويمكنها أن تلعب دوراً رئيسـياً في ضـمان توافر المعادن الحيوية اللازمة لعملية تحولات الطاقة، وتأمين سـلاسـل إمدادات مسـتدامة ومرنة. حيث تتمتع منطقة الشـرق الأوسـط بمزايا واضـحة عندما يتعلق الأمر بإمكانية توريد المعادن الحيوية الضرورية لإزالة الكربون على مستوى العالم، لا سيما ثروة المعادن غير المستغلة، مما يقلل من الحاجة إلى قدرات استخراجية جديدة، فضلاً عن إمكانية الاسـتفادة من القدرات الحالية في قطاعات التعدين والمعالجة والخدمات اللوجسـتية التي تم تطويرها لتعزيز صـناعة النفط والغاز. وتشـير التقديرات إلى أن حصـة الدول العربية من الإنتاج العالمي للمعادن تبلغ 10% من حيث الكمية و15% من حيث القيمة، ويسـاهم الوقود المعدني بأكبر حصة تليها المعادن الصناعية والمعادن غير الحديدية، **ويوضح الشكل (18) والشكل (19) إنتاج الدول العربية من المعادن وفقاً لأحدث البيانات المتاحة.**

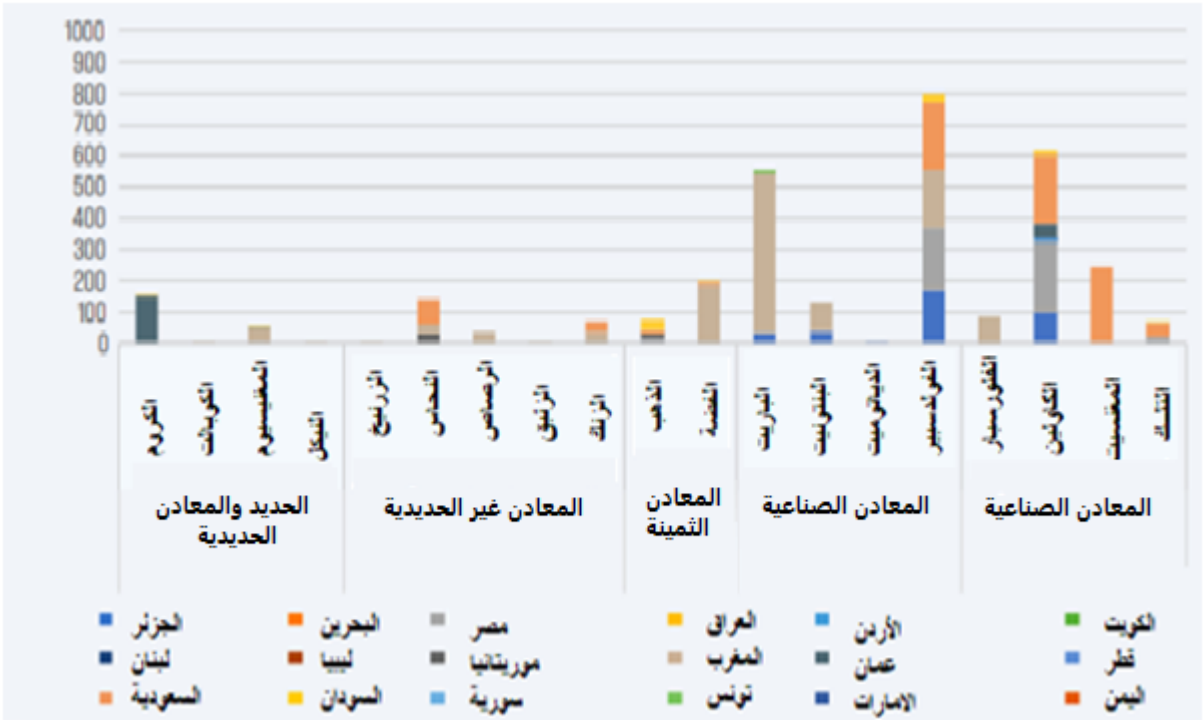
الشكل (18)
إنتاج الدول العربية من المعادن في عام 2020، (أعلى من ألف طن)



المصدر: The role of minerals and raw materials in supporting the energy transition in the Arab region, ESCWA.

الشكل (19)

إنتاج الدول العربية من المعادن في عام 2020، (أقل من ألف طن)

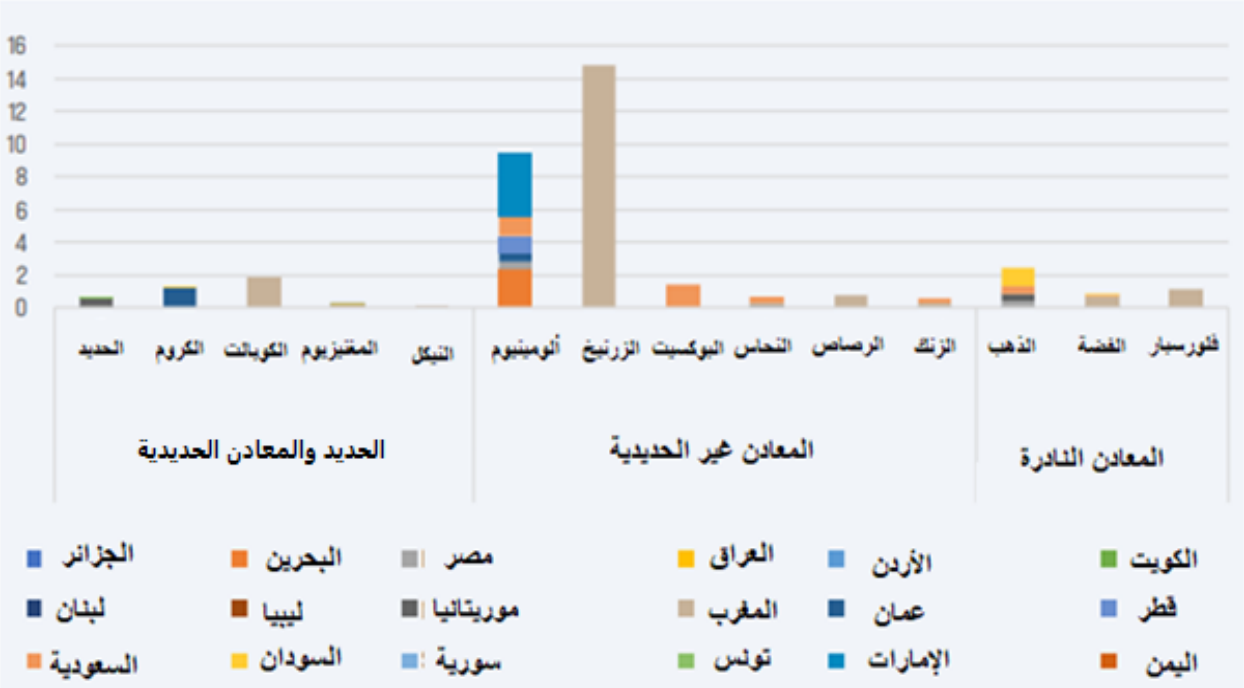


المصدر: The role of minerals and raw materials in supporting the energy transition in the Arab region, ESCWA.

ومن بين 44 معدن تعتبر هامة لتحولات الطاقة، يتم إنتاج 14 معدن في الدول العربية، تستحوذ المعادن مثل الزرنيخ والألمنيوم على حصة كبيرة من الإنتاج العالمي، مقارنة بالمعادن الأخرى التي تصل حصتها إلى نحو 2% من الإنتاج العالمي، **كما يوضح الشكل (20)**.

الشكل (20)

حصة الدول العربية من المعادن المستخدمة في تحولات الطاقة على المستوى العالمي، (%)



المصدر: The role of minerals and raw materials in supporting the energy transition in the Arab region, ESCWA.

وعلى الرغم من ثراء العديد من الدول العربية بالموارد المعدنية، فهناك إمكانية كبيرة للعثور على احتياطيات معدنية إضافية بعد إجراء المسوحات الجيولوجية وتطوير خرائط الموارد المعدنية. وعلى سبيل المثال، تبرز المملكة العربية السعودية باحتياطياتها المعدنية الهامة وجهودها الحثيثة لتطوير تلك الاحتياطيات من خلال الشراكات الدولية، حيث تمتلك معادن ثمينة مثل الذهب والفضة، بالإضافة إلى معادن صناعية مثل الألمنيوم والحديد والنحاس والزنك والمنجنيز والكروم، وعناصر أرضية نادرة، مثل التنتالوم الذي تستحوذ على 25% من احتياطياته العالمية وله تطبيقات في الصناعات عالية التقنية مثل الإلكترونيات، والنيوبيوم الذي يستخدم في السبائك الصناعية وتطبيقاته مثل المحركات النفاثة.

يذكر أن المملكة العربية السعودية رفعت تقديراتها لمواردها المعدنية غير المستغلة بما في ذلك الفوسفات والذهب والمعادن النادرة إلى 2.5 تريليون دولار، مقارنة بتوقعات عام 2016 البالغة 1.3 تريليون دولار، وتأتي نسبة 10% من الزيادة في التقديرات من

إضافة معادن نادرة هامة لصناعة السيارات الكهربائية والمنتجات عالية التقنية. وقد أعطت المملكة العربية السعودية الأولوية لقطاع التعدين في خطة التنمية الاقتصادية لرؤية 2030 كوسيلة للحد من اعتمادها على النفط والغاز، حيث تهدف إلى تحفيز استثمارات القطاع الخاص في المناطق غير المستكشفة وأساليب الاستخراج الجديدة السليمة بيئياً، في ظل امتلاكها للقدرة على الوصول إلى التكنولوجيا وكذلك التمويل اللازم. وأنشأت المملكة العربية السعودية صندوق الاستثمار **"منارة للمعادن"** بهدف شراء أصول في الخارج أو الشراكة مع دول مختلفة.

كما تسعى دولة الإمارات العربية المتحدة إلى تعزيز الاستفادة من المعادن الحرجة، لا سيما وأنها تمتلك وفرة من المعادن الأساسية مثل الكروميت والألمنيوم والصلب الخام. حيث تركز استراتيجية دولة الإمارات على تأمين احتياجاتها من المعادن، وخاصة المعادن الاستراتيجية، من خلال تعزيز عمليات البحث والاستكشاف والاستخراج، فضلاً عن زيادة الاستثمارات الأجنبية من خلال إنشاء أطر قانونية وتنظيمية قوية في قطاع التعدين.

وأولت دولة الإمارات العربية المتحدة اهتماماً كبيراً بالمشاركة في صناعة المعادن الحرجة في أفريقيا، وهو ما يتوافق مع أهدافها بشأن توطين صناعة الطاقة المتجددة، ودعم الأهداف الطموحة للحد من الاعتماد على مصادر الطاقة التقليدية.

كما تُعد جمهورية مصر العربية موطنًا للموارد المعدنية مثل الذهب والنحاس والفضة والزنك والبلاتين وعدد من المعادن الثمينة والأساسية الأخرى، وتمتلك أيضاً رواسب النحاس واليورانيوم، إلى جانب الجرانيت. هذا وقد تم إطلاق استراتيجية لتطوير قطاع الثروة المعدنية بجمهورية مصر العربية، لتحقيق أقصى استفادة اقتصادية، من خلال زيادة مساهمة قطاع التعدين في الناتج المحلي الإجمالي، وزيادة الاستثمار الأجنبي المباشر في قطاع التعدين.

وبشكل عام، تُعد الدول العربية غنية بالموارد وتنتج العديد من المعادن التي يمكن استخدامها للتحولات في الطاقة. ومع ذلك، فإن نقص البيانات الجيولوجية وخرائط الموارد المعدنية، وعدم توافر بيئة تشغيلية متسقة وموثوقة لجذب الاستثمارات الرأسمالية طويلة

الأجل، يعيق عملية التطوير. مما يستوجب ضرورة وجود استراتيجية واضحة ومتكاملة، بما في ذلك دعم الشراكة بين القطاعين العام والخاص على إمتداد سلسلة القيمة بأكملها لقطاع التعدين من خلال سياسات واضحة، وتقليل مخاطر الاستثمار، واستخدام نماذج أعمال مبتكرة تساهم في إنشاء سلاسل إمدادات للمعادن الحرجة، فضلاً عن تسهيل عملية منح التصاريح والتراخيص لعمليات التعدين، وتعزيز التعاون الإقليمي بهدف نشر أسرع تقنيات التعدين، مع تشجيع ودعم البحث والابتكار لتطوير تقنيات محسنة لتقليل التأثير البيئي والحصول على إنتاجية أعلى على إمتداد سلسلة قيمة قطاع التعدين بأكملها، واعتماد إطار الاقتصاد الدائري للكربون في قطاع التعدين من خلال تعزيز كفاءة الموارد وتوسيع نطاق إعادة التدوير واستخدام المواد البديلة في عمليات التعدين.

الخلاصة والاستنتاجات

تُعد المعادن الحرجة ضـــرورية للتنمية الاقتصـــادية، حيث تدخل في صـــناعات التكنولوجيا العالية والطاقة المتجددة مثل الألواح الشـمسـية، وتوربينات الرياح، والبطاريات المتطورة. ويعتمد الاقتصـاد العالمي المسـتقبلي بشـكل كبير على هذه المعادن، التي تشـمل الليثيوم، الجرافيت، الكوبالت، التيتانيوم، والعناصـــر الأرضـــية النادرة. وعلى وقع تلك المعطيات، تزايد الاهتمام العالمي بهذه المعادن وأصبح تأمين سلاسل إمدادات مستقرة منها أولوية عالمية.

ويختلف تصنيف المعادن الحرجة بين الدول، حيث تُحدد بناء على الأهمية الاقتصادية ومخاطر الإمدادات. فعلى سبيل المثال، تعتمد الولايات المتحدة والاتحاد الأوروبي والصين معايير متعددة لتصـنيف المعادن، مع التركيز على مخاطر الإمدادات والأهمية الاقتصـادية. ويعكس الاتفـاق بين هـذه الـدول على أهميـة بعض المعـادن مثـل الألومنيوم والنيكـل في الصناعات المختلفة.

وتواجه سـلاسـل إمدادات المعادن الحرجة تحديات كثيرة مثل الاحتكار، حيث يتحكم عدد قليل من الدول في إنتاج معادن معينة، مما يثير مخاوف من تشـكيل كارتلات تؤثر على الأســـعار وعلى توافر تلك المعادن. وتهدف المبادرات الدولية لتطوير المعادن الحرجة مثل شـــراكة أمن المعادن ومبادرة الأمم المتحدة لتســـخير المعادن الحرجة إلى تعزيز التعاون الدولي وتحسين سلاسل الإمدادات، مع التركيز على التنمية المستدامة.

وتُعد الدول العربية غنية بالموارد وتنتج العديد من المعادن ويمكن أن يكون لها دور في تأمين سـلاسـل الإمدادات من المعادن الحرجة التي يمكن اسـتخدامها في تحولات الطاقة. ومع ذلك، فإن نقص البيانـات الجيولوجيـة وخرائط الموارد المعدنيـة، مع عدم توافر بيئـة تشغيلية متسقة وموثوقة لجذب الاستثمارات، يعيق عملية التطوير.

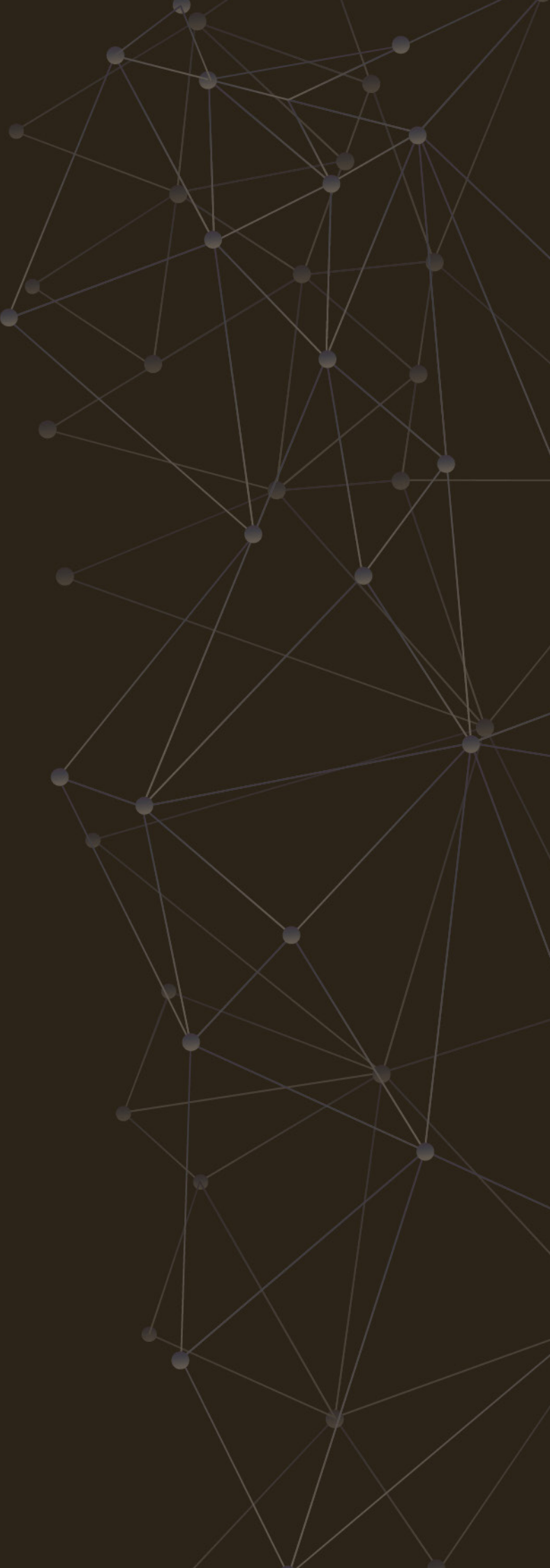
ويمكن إبراز أهم الاستنتاجات التي توصلت إليها الدراسة في النقاط التالية:

- **أهمية المعادن الحرجة في التحول إلى اقتصـاد منخفض الكربون**: تزايدت أهمية المعادن الحرجة في دعم تقنيات الطاقة المتجددة مثل البطاريات والمركبات الكهربائية. ولذلك، ينبغي تعزيز اسـتراتيجيات وطنية وعالمية لتأمين إمدادات هذه المعادن وتطوير البنية التحتية اللازمة لاستغلالها.
- **المخاطر الجيوسياسية والاقتصادية**: تتركز إمدادات العديد من المعادن الحرجة في عدد محدود من الدول، مما يعرض سلاسل الإمدادات للمخاطر الجيوسياسية والتجارية. كما إن تشكيل كارتلات بين الدول المنتجة قد يؤدي إلى تقلبات كبيرة في الأسعار والإمدادات. وبناء على ذلك فالحاجة تدعو إلى تعزيز التعاون الدولي وتطوير سـياسـات تجارية أكثر مرونة لتقليل هذه المخاطر، وتحقيق استدامة سلسلة الإمدادات من المعادن الحرجة.
- **الطلب المتزايد والتوقعات المستقبلية:** تشير التوقعات إلى ارتفاع كبير في الطلب العالمي على المعادن الحرجة بحلول عام 2050، خاصـة الليثيوم، النيكل، والكوبالت، بسـبب الاعتماد المتزايد على تقنيات الطاقة النظيفة. ولتحقيق هذه المتطلبات، يجب على الدول تعزيز قدراتها في إنتاج ومعالجة هذه المعادن، مع التركيز على الاسـتدامة والتعاون الدولي لتأمين سلاسل الإمدادات.
- **الاسـتثمارات والتطوير المسـتدام**: لا تزال الاسـتثمارات في اسـتخراج ومعالجة المعادن الحرجة متواضـعة، على الرغم من النمو في الطلب. ومن ثم يجب زيادة الاستثمارات في البحث والتطوير لتحسـين تقنيات إعادة التدوير واكتشـاف مصـادر جديدة. بالإضـافة إلى ذلك، ينبغي وضـع أطر قانونية تدعم الاكتشافات الجديدة وتشجع على الاستثمار في البنية التحتية.
- **التأثيرات البيئية**: لأنشطة استخراج المعادن الحرجة آثار بيئية سلبية، تشمل فقدان التنوع البيولوجي وتلوث المياه. ويتطلب الأمر تطوير معايير بيئية صـارمة وتبني تقنيات صـديقة للبيئة للحد من هذه الآثار. ويجب التركيز على اسـتخدام تقنيات تقلل من الأثر البيئي لهذه الأنشطة، مثل إعادة التدوير واستخدام الموارد بشكل أكثر كفاءة.

- **دور الدول العربية في تأمين الإمدادات من المعادن الحرجة**: المطلوب من الدول العربية هو تعزيز قدراتها في تأمين إمدادات المعادن الحرجة، لتلبية أهدافها الطموحة، سواء من خلال زيادة الإنتاج المحلي أو من خلال تنويع مصادر الاستيراد. كما يجب دعم الشراكة بين القطاعين العام والخاص على إمتداد سلسلة القيمة بأكملها لقطاع التعدين من خلال سياسات واضحة، وتقليل مخاطر الاستثمار، واستخدام نماذج أعمال مبتكرة تساهم في إنشاء سلاسل إمدادات للمعادن الحرجة، فضلاً عن تسهيل عملية منح التصاريح والتراخيص لعمليات التعدين، مع تشجيع ودعم البحث والابتكار لتطوير تقنيات محسنة لتقليل التأثير البيئي والحصول على إنتاجية أعلى على كامل امتداد سلسلة قيمة قطاع التعدين بأكملها.

المراجع:

- Energy Outlook 2024, BP.
- Geopolitics of the Energy Transition- Critical Materials, IREA.
- Global Critical Minerals Outlook 2024, IEA.
- Statistical Review of World Energy 2024, Energy Institute.
- The Role of Critical Minerals in Clean Energy Transitions, IEA.
- The role of minerals and raw materials in supporting the energy transition in the Arab region, ESCWA.
- U.S. Department of Energy.
- World Trade Organization, Analytical Database.



منظمة الأقطار
العربية المصدرة
للبترول (أوابك)