

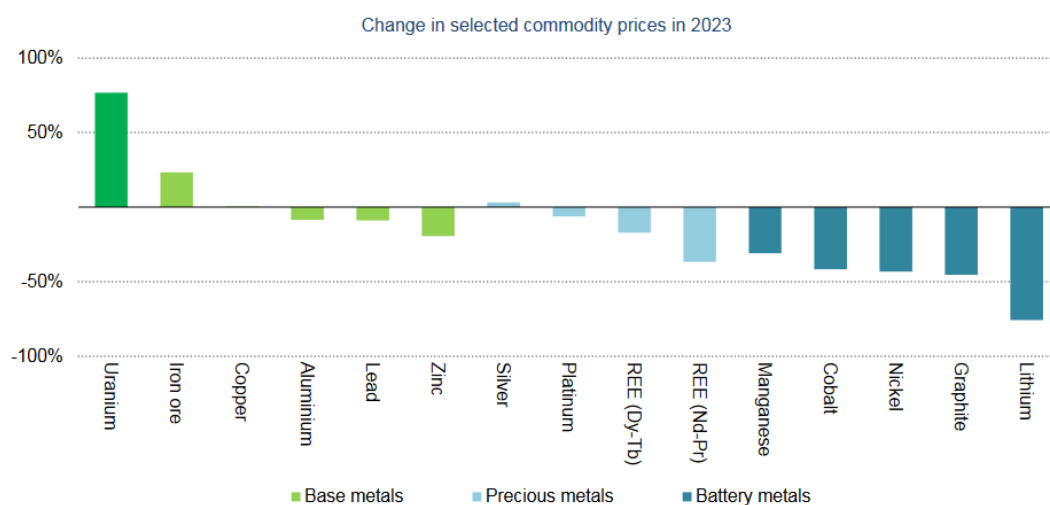
چشم انداز جهانی مواد معدنی حیاتی در سال ۲۰۲۴



بازارهای مواد معدنی حیاتی که به سرعت در حال رشد هستند، همچنان متلاطم می‌باشند و قیمت‌ها به شدت در سال ۲۰۲۳ پس از دو سال افزایش چشمگیر، کاهش یافت.

مواد باتری با کاهش شدید قیمت مواجه شدند به گونه‌ای که لیتیوم به میزان ۷۵ درصد و قیمت کبالت، نیکل و گرافیت نیز به میزان ۳۰ تا ۴۵ درصد کاهش یافت. شاخص آژانس بین‌المللی انرژی (IEA) در خصوص قیمت مواد معدنی مرتبط با گذار انرژی، که قیمت بر اساس سبدهی از مس، فلزات اصلی باتری و عناصر خاکی کمیاب ایجاد شده است، در دو سال پس از ژانویه ۲۰۲۰ سه برابر شد، اما تا پایان سال ۲۰۲۳ بیشتر این افزایش به حالت اولیه برگشت است اما در این بین قیمت مس همچنان در سطوح بالا باقی مانده است.

Prices for minerals and metals experienced a widespread decline in 2023, with battery metals experiencing particularly sharp reductions



IEA, CC BY 4.0.

Notes: REE = rare earth elements; Dy-Tb = dysprosium and terbium; Nd-Pr = neodymium and praseodymium. Change in prices between December 2022 and December 2023.

Sources: IEA analysis based on Bloomberg and S&P Global.

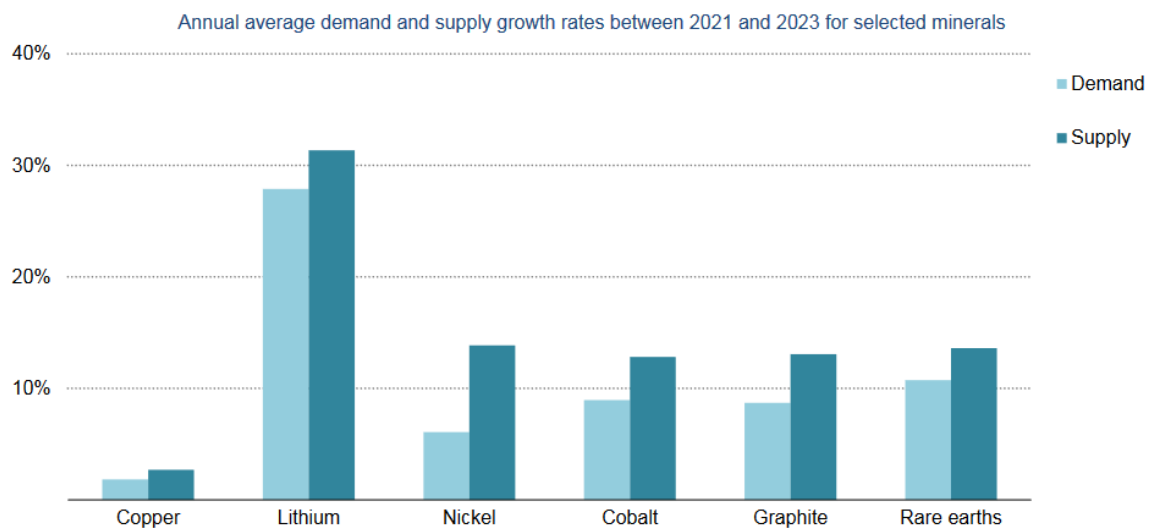
رشد تقاضا همچنان قوی باقی مانده است

تقاضا برای مواد معدنی حیاتی در سال ۲۰۲۳ رشد چشمگیری را تجربه کرد، تقاضای لیتیوم ۳۰ درصد افزایش یافت، در حالی که تقاضا برای نیکل، کبالت، گرافیت و عناصر خاکی کمیاب همگی بین ۸ تا ۱۵ درصد افزایش داشته است. کاربردهای انرژی پاک به محرک اصلی رشد تقاضا برای طیف وسیعی از مواد معدنی حیاتی تبدیل شده است. وسایل نقلیه الکتریکی (EVs) موقعیت خود را به عنوان بزرگترین بخش مصرف کننده لیتیوم تثبیت کردند و سهم خود را به طور قابل توجهی در تقاضا برای نیکل، کبالت و گرافیت افزایش دادند.

دلیل اصلی کاهش قیمت، افزایش شدید عرضه و توسعه فناوری های استحصال مواد معدنی حیاتی بوده است.

از آفریقا گرفته تا اندونزی و جمهوری خلق چین، افزایش عرضه جدید از رشد تقاضا در دو سال گذشته پیشی گرفته است. همراه با افزایش موجودی در بخش پایین دستی (مانند سلول های باتری، کاتدها) و اصلاح افزایش شدید قیمت در سال های ۲۰۲۱-۲۰۲۲، باعث ایجاد فشار نزولی بر قیمت ها شده است.

However, supply has expanded at a faster rate than demand, resulting in downward pressure on prices



IEA. CC BY 4.0.

Notes: Supply growth rates are based on refined output. The figure for graphite includes both natural and synthetic graphite.

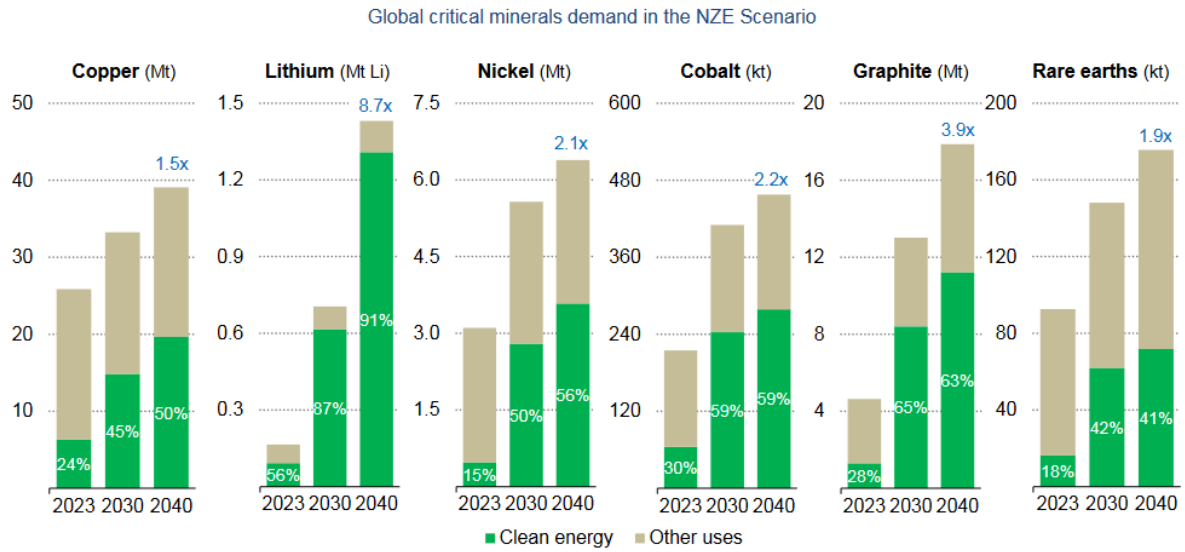
توسعه انرژی پاک در تمام سناریوهای موجود اتفاق خواهد افتاد البته در بحث خودروهای برقی موضوع جدی تر است.

پس از رشد ۷۵ درصدی در تجدیدپذیرها در سال ۲۰۲۳، فتوولتائیک خورشیدی و بادی بیشترین ظرفیت اضافه شده در هر منطقه را در تمام سناریوهای آژانس بین المللی انرژی به خود اختصاص داده اند. این امر با گسترش قابل توجه شبکه های برق همراه است و تقاضا برای مس و آلومینیوم را افزایش می دهد. فروش خودروهای برقی در سال ۲۰۲۳ به ۱۴ میلیون رسید که نسبت به سال قبل ۳۵ درصد افزایش داشت و با پیشرفت بازارهای اصلی و افزایش پذیرش در اقتصادهای نوظهور، رشد مداوم پیش بینی می شود. در سناریوی (سناریوی انتشارات صفر خالص تا سال ۲۰۵۰ [NZE]) که گرمایش زمین را به ۱.۵ درجه سانتیگراد محدود می کند، سهم فروش خودروهای الکتریکی از ۱۸ درصد امروز به ۶۵ درصد در سال ۲۰۳۰ افزایش می یابد و تقاضا برای باتری را ۶ تا ۷ تراوات ساعت در سال ۲۰۳۰ افزایش می دهد. خودروهای برقی منبع اصلی تقاضا برای باتری هستند، اما نیاز به باتری در شبکه برق رشد سریع تری را تجربه خواهد کرد.

مقدار عرضه مواد مورد نیاز شاید راهنمای خوبی برای آینده نباشد، زیرا تقاضا برای مواد معدنی حیاتی همچنان در حال افزایش است.

همانطور که استقرار انرژی پاک افزایش می یابد، تقاضا برای مواد معدنی حیاتی نیز افزایش می یابد. تقاضای مواد معدنی برای فناوری های انرژی پاک بر اساس سناریوی که منعکس کننده سیاست اتخاذ شده یا سناریوی سیاست های بیان شده فعلی است (STEPS) تا سال ۲۰۳۰ دو برابر می شود. در سناریوی که تمام اهداف ملی انرژی و اقلیمی را به طور کامل برآورده می کند، یعنی سناریوی تعهدات اعلام شده (APS) حتی بالاتر است و تا سال ۲۰۳۰ تقریباً سه برابر می شود و در سناریوی NZE تا سال ۲۰۴۰ چهار برابر می شود و به نزدیک به ۴۰ میلیون تن می رسد. لیتیوم به دلیل افزایش نیاز در باتری های خودروهای برقی، سریع ترین رشد تقاضا را دارد. به عنوان مثال، در سناریوی NZE، تا سال ۲۰۴۰ با ضریب ۹ افزایش می یابد. از نظر حجم تولید، مس که نقش اتصال دهنده را در سیستم انرژی الکتریکی دارد بیشترین افزایش را دارد. تقاضای گرافیت در سناریوی NZE تا سال ۲۰۴۰ تقریباً چهار برابر می شود، در حالی که تقاضا برای نیکل، کبالت و عناصر خاکی کمیاب دو برابر می شود.

Limiting global warming to 1.5 °C, as in the NZE Scenario, means very rapid growth in demand for key minerals



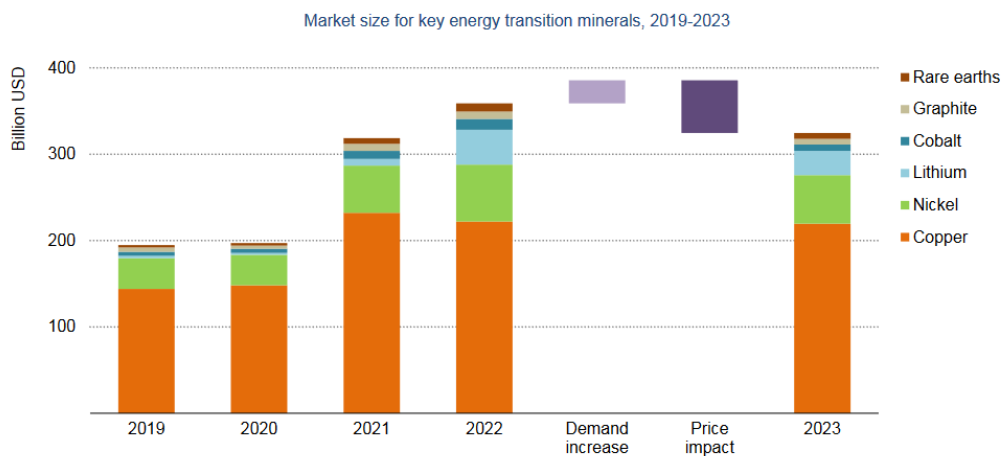
IEA. CC BY 4.0.

Notes: The figures for copper are based on refined copper. Those for rare earth elements are for magnet rare earth elements only. Growth rates (in blue) are between 2023 and 2040.

رشد شدید تقاضا باعث افزایش شدید در ارزش کلی بازارهای مواد معدنی حیاتی می شود

مجموع ارزش بازار مواد معدنی کلیدی گذار انرژی شامل مس، لیتیوم، نیکل، کبالت، گرافیت و عناصر خاکی کمیاب در سناریوی NZE تا سال ۲۰۴۰ به بیش از دو برابر یعنی ۷۷۰ میلیارد دلار می رسد. در واقع ارزش کل بازار امروز مواد معدنی کلیدی گذار انرژی به طور کلی با حجم بازار سنگ آهن که نزدیک به ۳۲۵ میلیارد دلار است همخوانی دارد و تا سال ۲۰۴۰، مس به تنهایی به این میزان خواهد رسید.

Due to falling prices, the market size for key energy transition minerals contracted by 10% to USD 325 billion in 2023, despite demand growth



IEA. CC BY 4.0.

Notes: The market size for rare earth elements is based on the aggregate size of four magnet materials. In this year's assessment, rare earth elements and refined copper based on secondary scrap were included in the calculation, which raised the 2022 market size to USD 360 billion (up from USD 320 billion in the [Critical Minerals Market Review 2023](#)).

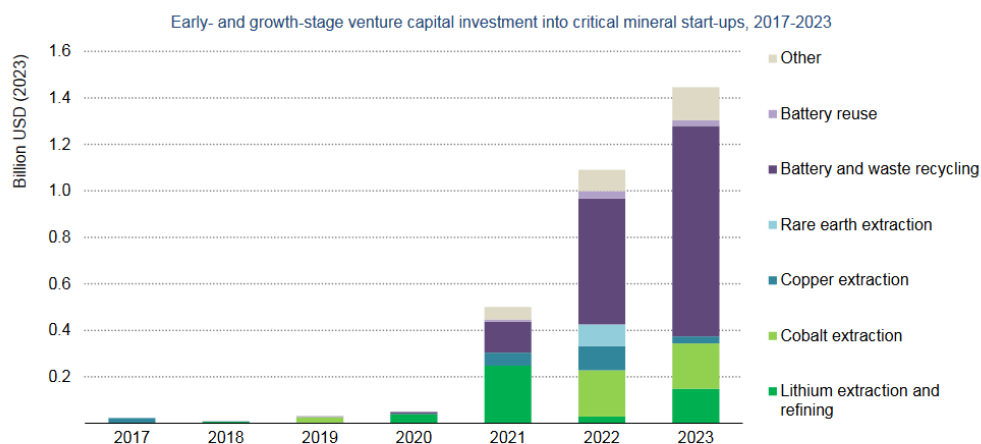
گسترش بازار در مناطق مختلف منافع مشترکی را ایجاد خواهد کرد به ویژه در معدن کاوی و استخراج

آمریکای لاتین بیشترین ارزش بازار را برای استخراج با حدود ۱۲۰ میلیارد دلار تا سال ۲۰۳۰ به خود اختصاص داده است. اندونزی سریع ترین رشد را تجربه می کند و ارزش بازار خود را تا سال ۲۰۳۰ به دلیل تولید رو به رشد نیکل دو برابر می کند. آفریقا شاهد افزایش ۶۵ درصدی ارزش بازار تا سال ۲۰۳۰ است. نزدیک به ۵۰ درصد از ارزش بازار حاصل از خالص سازی مواد معدنی تا سال ۲۰۳۰ در چین متمرکز شده است. چین همچنین با افزایش تولید مس و لیتیوم خود شاهد افزایش ارزش بازار مواد معدنی خواهد بود.

کاهش اخیر قیمت ها بر سرمایه گذاری در عرضه مواد معدنی جدید تأثیر گذاشته است، اما آنها همچنان در حال رشد هستند

افزایش در سال ۲۰۲۳ کمتر از آنچه که در سال ۲۰۲۲ روی داد بود اما با این وجود سرمایه گذاری در معادن حیاتی معدنی ۱۰ درصد رشد داشت. سرمایه گذاری در لیتیوم به رغم قیمت های ضعیف شاهد افزایش زیاد و نزدیک به ۶۰ درصدی بود. هزینه های اکتشاف نیز که بیشتر در کانادا و استرالیا روی داده است ۱۵ درصد افزایش یافته است. م سرمایه گذاری خطرپذیر ۳۰ درصد افزایش یافت و رشد قابل توجهی در بازیافت باتری کاهش سرمایه گذاری در معدن و شرکت های دانش بنیان نوپای حوزه خالص سازی را جبران کرد. مخارج چین در خرید معادن خارج از کشور در ده سال گذشته رشد قابل توجهی داشته است و به رکورد ۱۰ میلیارد دلار در نیمه اول سال ۲۰۲۳ با تمرکز ویژه بر فلزات باتری مانند لیتیوم، نیکل و کبالت رسیده است.

Venture capital investment in the critical mineral sector continued to rise in 2023, with significant growth in battery recycling offsetting reductions in mining and refining start-ups



IEA. CC BY 4.0.

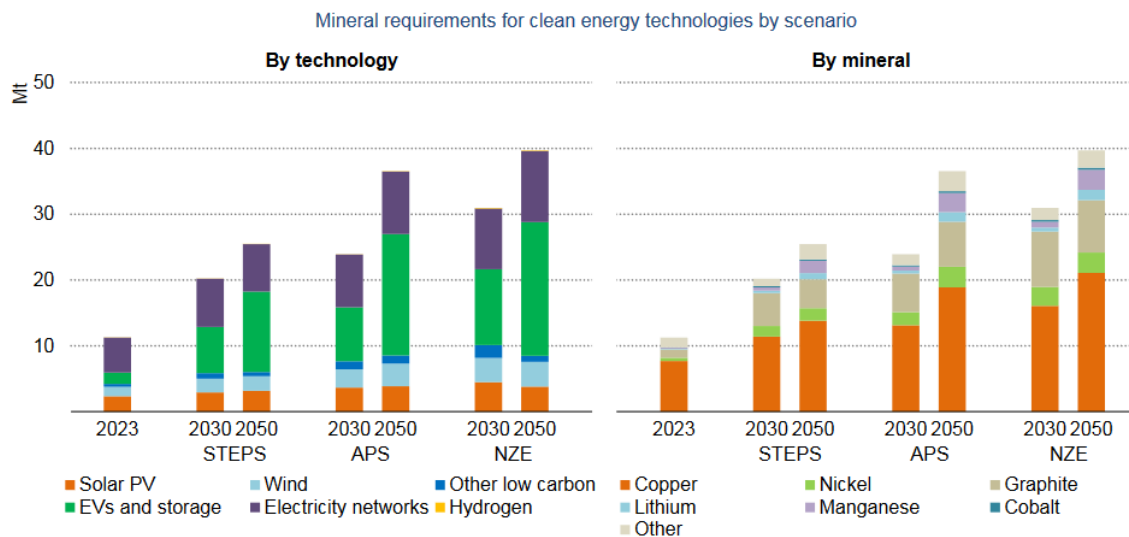
Note: The USD 450 million deal for Energy Exploration Technologies was excluded from the 2022 records as it was subject to the initial public offering process in 2024. This adjustment resulted in a lower 2022 figure compared with the previous year's [Critical Minerals Market Review 2023](#).
Source: IEA analysis based on Cleantech Group i3 database.

پیش‌بینی‌های ما تصویری ترکیبی را برای تعادل عرضه و تقاضا در آینده نشان می‌دهد

براساس بررسی دقیق همه پروژه‌های اعلام شده، دو سناریوی تامین ایجاد شده است. سناریوی پایه شامل تولید از دارایی‌های موجود و دارایی‌های در حال ساخت، همراه با پروژه‌هایی است که شانس بالایی برای پیشرفت دارند. سناریوی تولید در سطح بالا به پروژه‌هایی که در مرحله پیشبرد هستند و به دنبال تأمین مالی و یا مجوز می‌باشند را هم در بر می‌گیرد. با استفاده از سناریوی تعهدات اعلام شده (APS) به عنوان یک معیار، وضعیت در سال ۲۰۳۵ به شرح زیر است:

- شکاف قابل توجهی بین عرضه و تقاضای آینده برای مس و لیتیوم وجود دارد: تامین پیش‌بینی شده معدن از پروژه‌های اعلام شده تنها ۷۰ درصد مس و ۵۰ درصد نیاز لیتیوم را برآورده می‌کند.
 - توازن نیکل و کبالت نسبت به پروژه‌های تایید شده ضعیف به نظر می‌رسد، اما اگر پروژه‌های آینده‌نگرانه در آن گنجانده شود، بهتر است (سناریوی تولید سطح بالا).
 - گرافیت و عناصر خاکی کمیاب ممکن است با مشکلات حجم عرضه مواجه نباشند، اما از نظر تمرکز بازار جزو مشکل‌سازترین آنها هستند: بیش از ۹۰ درصد گرافیت با درجه باتری و ۷۷ درصد از خاک‌های کمیاب تصفیه شده در سال ۲۰۳۰ از چین منشا می‌گیرند.
- مجموعاً سناریوی NZE مستلزم توسعه بیشتر پروژه‌ها در اکثر مواد معدنی است.

Mineral demand for clean energy technologies doubles between today and 2030 in the STEPS and APS and grows by almost three times in the NZE Scenario



IEA. CC BY 4.0.

Note: Includes most of the minerals used in various clean energy technologies but does not include steel and aluminium.

تجزیه و تحلیل ما از پروژه های اعلام شده پیشرفت محدودی را در تنوع بخشیدن به عرضه نشان می دهد.

تمرکز جغرافیایی عملیات معدن قرار است بیشتر افزایش یابد یا در طول دوره پیش بینی در حالت پایه بالا بماند. وضعیت در سناریوی تولید بالا تا حدودی بهبود می یابد، که نشان می دهد بسیاری از پروژه های بالقوه در حال توسعه در مناطق جغرافیایی متنوع جزو پیشتازان توسعه نیستند. برای مواد تصفیه شده، سهم سه کشور تولیدکننده برتر از سال ۲۰۲۰ افزایش یافته است و این روند بیشتر برای نیکل و کبالت است. پروژه های اعلام شده نشان می دهد که تولید مواد تصفیه شده قرار است در چند کشور بسیار متمرکز باقی بماند. بین اکنون تا سال ۲۰۳۰، حدود ۷۰ تا ۷۵ درصد رشد پیش بینی شده عرضه برای لیتیوم، نیکل، کبالت و عناصر کمیاب خاکی از سه تولیدکننده برتر امروزی است. ۹۵ درصد رشد در تولید گرافیت کروی و مصنوعی با درجه باتری تقریباً در چین روی می دهد که این سطوح بالای تمرکز در عرضه، خطری را برای سرعت گذار انرژی نشان می دهد، زیرا زنجیره های تامین و مسیرها را در برابر اختلالات آسیب پذیرتر می کند، چه در اثر آب و هوای شدید، چه در اثر اختلافات تجاری یا ژئوپلیتیک.

تجزیه و تحلیل مبتنی بر مالکیت دارایی تصویر کمی متفاوت را نشان می دهد

اگر از دریچه مالکیت دارایی ها نگاه شود، تمرکز در بخش معدن متفاوت به نظر می رسد، شرکت های آمریکایی و اروپایی نقش اصلی را برای تامین مس و لیتیوم ایفا می کنند، در حالی که شرکت های چینی با وجود اینکه این مواد معدنی در جاهای دیگر استخراج می شوند (به عنوان مثال اندونزی برای نیکل و جمهوری دموکراتیک کنگو برای کبالت)، نقش بیشتری در تولید نیکل و کبالت دارند.

کاهش قیمت امروز یک شمشیر دولبه است - یک موهبت برای استقرار انرژی های پاک اما آفتی برای سرمایه گذاری و تنوع مواد معدنی حیاتی است.

قیمت های پایین تر خبر خوبی برای مصرف کنندگان و مقرون به صرفه بودن آنها بوده است و هزینه های فناوری پاک را به یک مسیر نزولی باز می گرداند، از جمله کاهش ۱۴ درصدی قیمت باتری در سال ۲۰۲۳. با این حال، کاهش قیمت ها همچنین باعث می شود هزینه هایی برای اطمینان از عرضه قابل اعتماد و متنوع برای سرمایه گذاران کمتر جذاب باشد.

اولین ارزیابی ریسک ما در نوع خود نقاط ضعف بالقوه هر ماده معدنی را در حمایت از اهداف گذار انرژی نشان می دهد.

این چشم انداز شامل یک چارچوب ارزیابی ریسک جدید برای مواد معدنی کلیدی گذار انرژی، در چهار بعد عمده است: ریسک های عرضه، ریسک های ژئوپلیتیکی، موانع پاسخگویی به اختلالات عرضه و قرار گرفتن در معرض خطرات زیست محیطی، اجتماعی و حاکمیتی (ESG) و ریسک تغییرات آب و هوا. به طور کلی، لیتیوم و گرافیت در معرض بیشترین خطر هستند. لیتیوم و مس بیشتر در معرض خطرات عرضه و حجم هستند در حالی که گرافیت، کبالت، خاک های کمیاب و نیکل با خطرات ژئوپلیتیکی قابل توجهی روبرو هستند. بیشتر مواد معدنی در معرض خطرات زیست محیطی بالایی قرار دارند. به عنوان مثال، امروزه عملیات پالایش در مکان هایی اتفاق می افتد که شدت انتشار کربن بالاتری دارند و عمدتاً به برق مبتنی بر زغال سنگ متکی هستند.

برای رسیدن به سناریوی ۱.۵ درجه سانتی گراد تا سال ۲۰۴۰ حدود ۸۰۰ میلیارد دلار سرمایه گذاری در معدن مورد نیاز است.

در سناریوی تعهدات اعلام شده (APS)، تقریباً ۵۹۰ میلیارد دلار در مدت مشابه مورد نیاز است. این افزایش ها باید به گونه ای انجام شوند که مجموعه ای متنوع تر از منابع تأمین را در آینده تقویت کنند. تأمین مالی زنجیره های تأمین مواد معدنی حیاتی متنوع با چالش های متعددی مانند تورم هزینه ها، عدم قطعیت بلندمدت قیمت و ارزش محدودی که برای تنوع توسط مصرف کنندگان گذاشته می شود، مواجه است. این مستلزم اقدامات سیاستی خاصی برای تقویت سرمایه گذاری برای تنوع زنجیره تأمین است.

تشدید تلاش ها برای بازیافت، نوآوری و تشویق تغییرات رفتاری برای کاهش فشارهای بالقوه بر عرضه، حیاتی است.

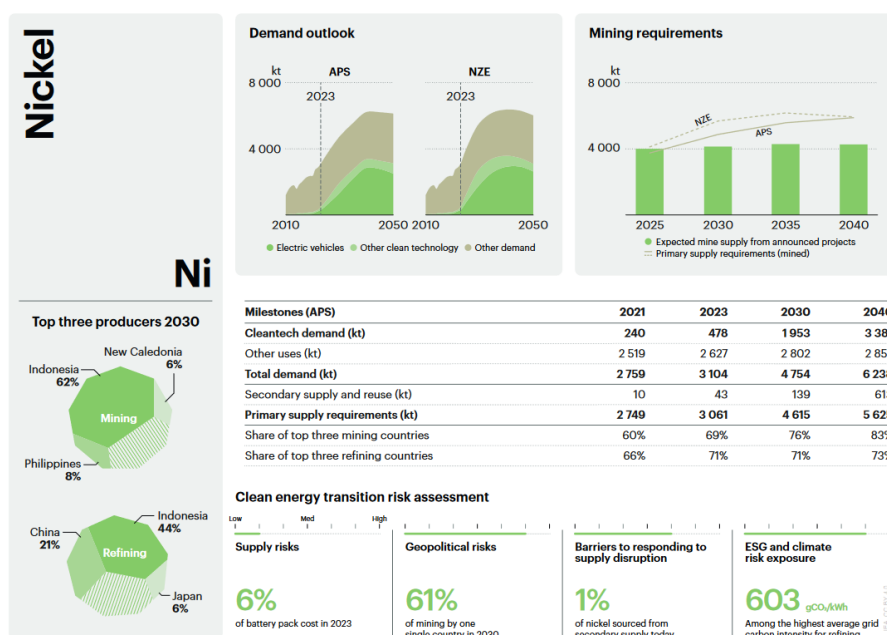
در مورد لیتیوم، ترکیب باتری های خودرو های برقی با اندازه مناسب، مواد شیمیایی جایگزین و بازیافت می تواند تقاضا را تا ۲۵ درصد در سال ۲۰۳۰ در سناریوی NZE کاهش دهد و مقداری تقریباً معادل تولید امروزی را ذخیره کند. نرخ بازفرآوری در بسیاری از مواد رشد محدودی را در گذشته نشان داده است. با این

حال، در سناریوی NZE، با توجه به سیاست رو به رشد به افزایش نرخ بازفرآوری، این میزان باید تغییر کند. مقادیر بازیافتی مس و کبالت می تواند نیازهای عرضه اولیه سال ۲۰۴۰ را تا ۳۰ درصد و ۱۵ درصد برای لیتیوم و نیکل کاهش دهد. بدون بازیافت و استفاده مجدد، نیاز به سرمایه معدنی باید یک سوم بیشتر از مقدار پیش بینی شده باشد.

تامین منابع جدید معدنی نباید به قیمت نابودی جوامع محلی یا محیط زیست تمام شود

ردیابی سیستماتیک عملکرد زیست محیطی، اجتماعی و حاکمیتی (ESG) یک تصویر ترکیبی است. این صنعت در زمینه ایمنی کارگران، تعادل جنسیتی، سرمایه گذاری اجتماعی و استفاده از انرژی های تجدیدپذیر پیشرفت خوبی کرده است اما در مورد تولید زباله، انتشار آلودگی و مصرف آب چنین چیزی صدق نمی کند و زمینه های زیادی برای بهبود وجود دارد. منافع حاصله از تولید مواد معدنی، مانند ایجاد درآمد و اشتغال، باید در کشورهای تولیدکننده و جوامع تبیین شود. استانداردهای پایداری زیست محیطی داوطلبانه می تواند به بازیگران در بهبود عملکرد زیست محیطی، اجتماعی و حاکمیتی (ESG) کمک کند، اما شفافیت بیشتر، دقت نظر، رویکردهای هماهنگ برای اعتبار و مشوق های مناسب برای بهره گیری از پتانسیل کامل آنها مورد نیاز است.

در انتهای گزارش تحلیل کاملی از پیش بینی وضعیت هر یک از عناصر حیاتی گذار انرژی شامل مس، لیتیوم، نیکل، کبالت، گرافیت و عناصر خاکی کمیاب طی سالهای آتی مطابق نمونه شکل زیر بیان شده است



ترجمه و تنظیم: مریم صحراگرد، مهدی تفضلی