সঠিক সিদ্ধান্ত গ্রহণের বাঁকে বাংলাদেশের বিদ্যুৎ খাত

২ অক্টোবর, ২০২৩

BloombergNEF

Contents

Section 1.	সারসংক্ষেপ	1
Section 2.	সূচনা	3
Section 3.	নতুন বিদ্যুৎ কেন্দ্র	6
	3.1. নতুন বিদ্যুৎ কেন্দ্র	6
	3.2. হাইড্রোজেন ও অ্যামোনিয়া ব্যবহারে তাপ বিদ্যুৎ কেন্দ্রগুলোর পরিমার্জন	10
	3.3. কার্বন ধারণ ও সংরক্ষণ পদ্ধতির ব্যবহার	15
Section 4.	বিদ্যুৎ উৎপাদনে জ্বালানি হিসেবে হাইড্রোজেনের চ্যালেঞ্জসমূহ	16
	4.1. হাইড্রোজেন ও অ্যামোনিয়া ব্যবহারে তাপ বিদ্যুৎ কেন্দ্রের পরিমার্জনে প্রান্তিক প্রত্যাহার খরচ	17
	4.2. নিরাপত্তা	19
Section 5.	বাংলাদেশের অগ্রযাত্রার পথ	20
	5.1. নবায়নযোগ্য শক্তির বিস্তার ত্বরান্বিত করা	20
	5.2. তাপ বিদ্যুৎ কেন্দ্রের বিস্তার রোধ	22
পরিশিষ্ট		24
Appendix A.	গড় উৎপাদন খরচ (LCOE) অনুমান	24
Appendix B.	বাংলাদেশের জন্য পরিচ্ছন্ন জ্বালানির অনুমিত খরচ	27
Appendix C.	হাইড্রোজেন ও অ্যামোনিয়ার উৎপাদন খরচ	30
Appendix D.	মিশ্রিত পরিচ্ছন্ন জ্বালানির দাম	32
Appendix E.	সেনসিটিভিটি বিশ্লেষণ	35
Appendix F.	প্রযুক্তিগত ফ্যাক্টশীট	41

© Bloomberg Finance L.P.2023

No portion of this document may be reproduced, scanned into an electronic system, distributed, publicly displayed or used as the basis of derivative works without the prior written consent of Bloomberg Finance L.P. For more information on terms of use, please contact sales.bnef@bloomberg.net. Copyright and Disclaimer notice on page 59 applies throughout.

Section 1. সারসংক্ষেপ

২০২৫

সৌর বিদ্যুৎ বাংলাদেশে নতুন বিদ্যুৎ উৎপাদনে সবচেয়ে সস্তা উৎস হয়ে উঠবে।

৪.২ গুণ

২০৫০ সালে ব্যাটারিযুক্ত সৌরবিদ্যুৎ কেন্দ্রের গড় উৎপাদন খরচের (এলসিওই) তুলনায় পরিমার্জিত কয়লা বিদ্যুৎ কেন্দ্রে অস্ট্রেলিয়া থেকে আমদানিকৃত ১০০% গ্রিন অ্যামোনিয়া (পরিবেশবান্ধব উপায়ে প্রস্তুত) দিয়ে বিদ্যুৎ উৎপাদনের খরচ

৩.৭ গুণ

২০৫০ সালে ব্যাটারিযুক্ত সৌরবিদ্যুৎ কেন্দ্রের গড় উৎপাদন খরচের (এলসিওই) তুলনায় পরিমার্জিত গ্যাস বিদ্যুৎ কেন্দ্রে বাংলাদেশে প্রস্তুতকৃত ১০০% গ্রিন হাইড্রোজেন দিয়ে বিদ্যুৎ উৎপাদনের খরচ

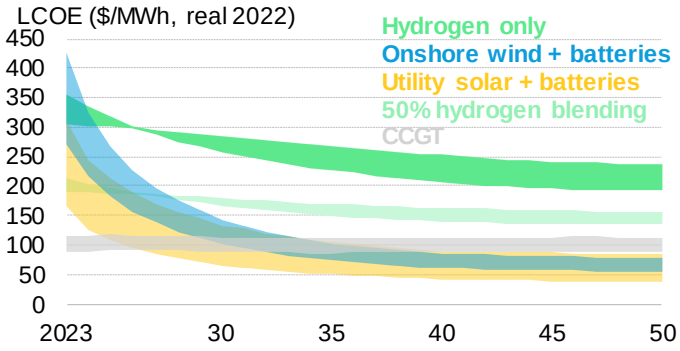
জীবাশ্ম-জ্বালানিনির্ভর তাপ বিদ্যুৎ কেন্দ্রের ওপর ব্যাপক নির্ভরশীলতা জ্বালানি নিয়ে বাংলাদেশের ত্রিমুখী দোলাচল জোরদার করেছে। এই প্রতিবেদনে বাংলাদেশের জন্য প্রযোজ্য ভিন্ন ভিন্ন বিদ্যুৎ উৎপাদন প্রযুক্তি খতিয়ে দেখা হয়েছে; আরও দেখানো হয়েছে, সৌর ও বায়ু বিদ্যুতে বিনিয়োগ কী করে জ্বালানি নিরাপত্তা ও সামর্থ্য বাড়াতে সাহায্য করবে, সেই সঙ্গে দূষণও কমাবে।

- বাংলাদেশ এখন তার মোট বিদ্যুৎ উৎপাদনের ৯৭ শতাংশের জন্য জীবাশ্ম জ্বালানির ওপর নির্ভরশীল। আগামী তিন বছরে এর সঙ্গে কয়লাভিত্তিক আরও ৪ দশমিক ৫ গিগাওয়াট এবং গ্যাসভিত্তিক ৫ দশমিক ২ গিগাওয়াট বিদ্যুৎ যুক্ত করার কথা রয়েছে। ২০২২ সালে জীবাশ্ম জ্বালানির দাম বেড়ে যাওয়ায় বাংলাদেশের রাষ্ট্রীয় পরিষেবা সংস্থাগুলোকে জ্বালানি কেনা কমাতে হয়েছে, যার ফলশ্রুতিতে লোডশেডিংয়ের পরিমাণ বেড়েছে। জীবাশ্ম-জ্বালানিনির্ভর তাপবিদ্যুৎ কেন্দ্র আরও বাড়ালে তা দেশটির জ্বালানি নিরাপত্তাকে ক্রমশ বিপন্ন করে তুলবে।
- ক্রমবর্ধমান বিদ্যুতের চাহিদা মেটাতে বাংলাদেশের জন্য নবায়নযোগ্য বিদ্যুৎ, বিশেষ করে সৌরবিদ্যুৎ হতে যাচ্ছে সবচেয়ে সস্তা বিকল্প। আজকের দিনে একটি নতুন বৃহদাকার সৌর বিদ্যুৎ প্রকল্পে বিদ্যুতের গড় উৎপাদন খরচ (এলসিওই) হচ্ছে প্রতি মেগাওয়াটঘণ্টায় ৯৭-১৩৫ ডলার, গ্যাসভিত্তিক কম্বাইন্ড সাইকেল গ্যাস টারবাইনে (সিসিজিটি) এই খরচ ৮৮-১১৬ ডলার, কয়লাভিত্তিক বিদ্যুৎকেন্দ্রে ১১০-১৫০ ডলার। প্রযুক্তির খরচ ক্রমাগত কমতে থাকায় ২০২৫ সাল নাগাদ সৌরবিদ্যুৎই সবচেয়ে সস্তা হয়ে দাঁড়াবে। আর ২০৩০ সালের মধ্যে ব্যাটারিযুক্ত সৌরবিদ্যুতের গড় উৎপাদন খরচও (এলসিওই) নতুন তাপ বিদ্যুৎকেন্দ্রগুলোর চেয়ে অনেক সাশ্রয়ী হবে।
- এরপরও বাংলাদেশ চলতি দশকে আরও তাপ বিদ্যুৎকেন্দ্র বানানোর কথা ভাবছে। ২০৩০-র দশকের শুরু থেকে তারা কয়লার সঙ্গে অ্যামোনিয়া পুড়িয়ে এবং প্রাকৃতিক গ্যাসের সঙ্গে হাইড্রোজেন মিশিয়ে বিদ্যুৎ উৎপাদনের মাধ্যমে দূষণ কমানোর কথা চিন্তা করছে। কিন্তু দূষণ কমানোর ক্ষেত্রে এই দৃষ্টিভঙ্গি যে মোটেও লাভজনক হবে না, বিএনইএফের বিশ্লেষণ তা-ই দেখাচ্ছে। উল্লেখযোগ্য পরিমাণ দূষণ কমাতে এখনকার কয়লা বিদ্যুৎ কেন্দ্রগুলোতে অ্যামোনিয়া ও কয়লা পোড়ানোর এমন প্রযুক্তি সংযুক্ত করতে হবে, যেন উৎপাদিত বিদ্যুতের ৫০ শতাংশের বেশি অ্যামোনিয়া থেকেই আসে। এর পরও সেসব কেন্দ্রে বিদ্যুৎ উৎপাদনে যে খরচ পড়বে, তা ব্যাটারিযুক্ত সৌরবিদ্যুৎ বা ব্যাটারিযুক্ত বায়ু-বিদ্যুতের চেয়ে অনেক বেশি হবে। একই কথা প্রযোজ্য কম্বাইন্ড সাইকেল গ্যাস টারবাইন (সিসিজিটি) কেন্দ্রগুলোতে হাইড্রোজেন সংযোজনের ক্ষেত্রেও।

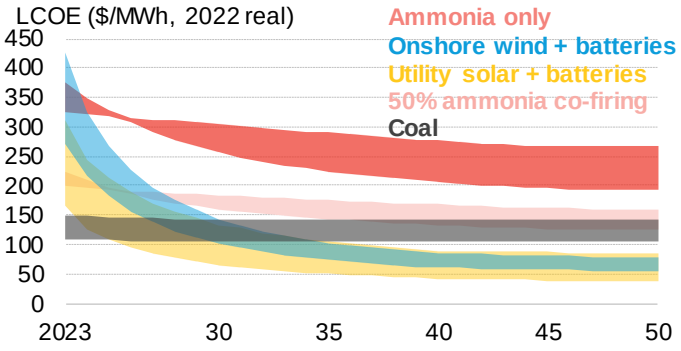
No portion of this document may be reproduced, scanned into an electronic system, distributed, publicly displayed or used as the basis of derivative works without the prior written consent of Bloomberg Finance L.P. For more information on terms of use, please contact sales.bnef@bloomberg.net. Copyright and Disclaimer notice on page 59 applies throughout.

© Bloomberg Finance L.P.2023

চিত্র ১: নতুন নবায়নযোগ্য এবং কম্বাইন্ড সাইকেল গ্যাস টারবাইনে হাইড্রোজেন মিশ্রণ ব্যবহারে গড় বিদ্যুৎ উৎপাদন খরচের তুলনা



চিত্র ২: নতুন নবায়নযোগ্য এবং পরিমার্জিত কয়লা বিদ্যুৎ কেন্দ্রে অ্যামোনিয়া কো-ফায়ারিংয়ে গড় বিদ্যুৎ উৎপাদন খরচের তুলনা



উৎস: ব্লুমবার্গএনইএফ দ্রষ্টব্য: শক্তির পরিমাণের ভিত্তিতে মিশ্রণ অনুপাত। আমদানি করা হাইড্রোজেন ও অ্যামোনিয়া পোড়ানোর খরচ দেখানো হয়েছে। কয়লা, সিসিজিটির ক্ষেত্রে গড় উৎপাদন সক্ষমতাকে (ফ্লিট-লেভেল ক্যাপাসিটি) বিবেচনা করা হয়েছে। পিভি (ফটোভোল্টাইকস) ও স্থলে বায়ু বিদ্যুতের সঙ্গে ৪ ঘণ্টা বৈদ্যুতিক শক্তি সংরক্ষণ করতে সক্ষম এমন ব্যাটারি যুক্ত করে মডেলটি করা হয়েছে।

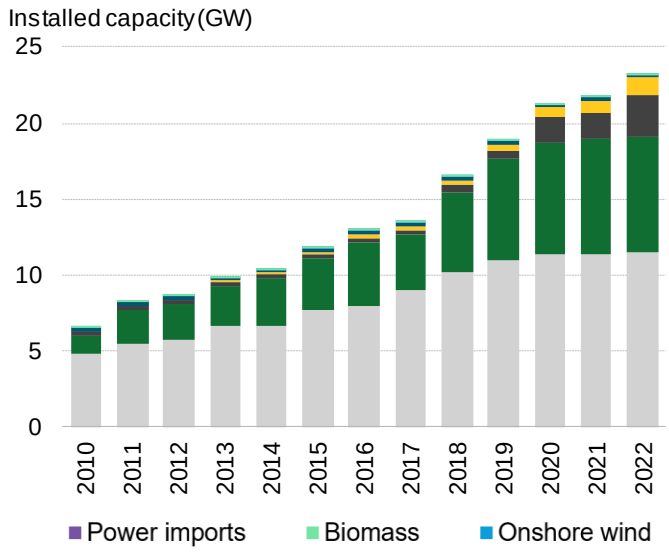
© Bloomberg Finance L.P.2023

No portion of this document may be reproduced, scanned into an electronic system, distributed, publicly displayed or used as the basis of derivative works without the prior written consent of Bloomberg Finance L.P. For more information on terms of use, please contact sales.bnef@bloomberg.net. Copyright and Disclaimer notice on page 59 applies throughout.

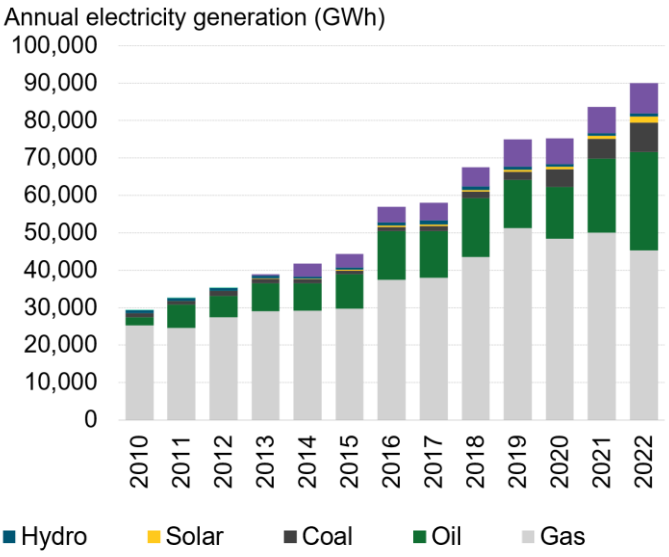
Section 2. সূচনা

বাংলাদেশের বিদ্যুৎ সরবরাহ ব্যবস্থাপনায় গ্যাসচালিত বিদ্যুৎ কেন্দ্রগুলোই এতদিন ধরে প্রভাব বিস্তার করে আসছে; সুদূর অতীত থেকে আমাদের নিজস্ব গ্যাস ক্ষেত্রগুলো এই কেন্দ্রগুলোকে জ্বালানি সরবরাহ করে যাচ্ছে। ২০২২ সালের শেষে এসে বাংলাদেশের বিদ্যুৎ উৎপাদন সক্ষমতা দাঁড়িয়েছে ২৩ দশমিক ২ গিগাওয়াটে, যে সক্ষমতার ৫০ শতাংশ আসছে গ্যাসভিত্তিক কেন্দ্র থেকে, এরপর আছে তেলভিত্তিক কেন্দ্র- ৩৩%, আর কয়লাচালিত কেন্দ্র ১২ শতাংশ। ২০১৫ সাল থেকে সৌরবিদ্যুৎ কেন্দ্রও ধীরে ধীরে বাড়ছে, ২০২২ এর শেষে এসে এর উৎপাদন সক্ষমতা এক গিগাওয়াট ছাপিয়ে গেছে।

চিত্র ৩: অতীতে স্থাপিত বিদ্যুৎ কেন্দ্রের সক্ষমতা



চিত্র ৪: অতীতের বিদ্যুৎ উৎপাদন



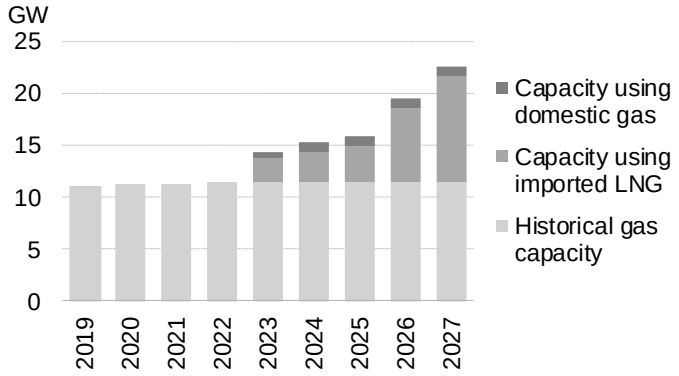
উৎস: ব্লুমবার্গএনইএফ, বাংলাদেশ বিদ্যুৎ উন্নয়ন কর্তৃপক্ষ

২০২২ সালে বাংলাদেশে উৎপাদিত বিদ্যুতের ৯৭ শতাংশ এসেছে জীবাশ্ম-জ্বালানিভিত্তিক তাপ বিদ্যুৎ কেন্দ্রগুলো থেকে; এর মধ্যে গ্যাসে উৎপাদিত বিদ্যুৎ ৫৫ শতাংশ, তেলে ৩২ শতাংশ আর কয়লায় ১০ শতাংশ। বাংলাদেশ প্রতিবেশী দেশগুলো থেকে বিদ্যুৎ আমদানিও বাড়াচ্ছে; ২০২২ সালে আমাদের মোট বিদ্যুৎ সরবরাহের ৯ শতাংশ এসেছে এই আমদানি করা বিদ্যুৎ থেকে। ২০২২ সালে প্রতিবেশী দেশগুলো থেকে ৮ দশমিক ২ টেরাওয়াটঘণ্টা বিদ্যুৎ আমদানি করা হয়েছে- যা ২০১৮ সালের তুলনায় ৫৮% বেশি।

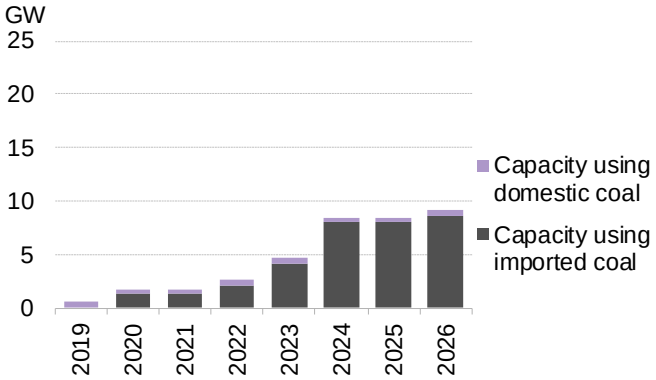
© Bloomberg Finance L.P.2023

No portion of this document may be reproduced, scanned into an electronic system, distributed, publicly displayed or used as the basis of derivative works without the prior written consent of Bloomberg Finance L.P. For more information on terms of use, please contact sales.bnef@bloomberg.net. Copyright and Disclaimer notice on page 59 applies throughout.

চিত্র ৫: গ্যাসভিত্তিক বিদ্যুতের বিকাশ, অতীত পরিস্থিতি ও সম্প্রসারণ পরিকল্পনা



চিত্র ৬: কয়লাভিত্তিক বিদ্যুতের বিকাশ, অতীত পরিস্থিতি ও সম্প্রসারণ পরিকল্পনা



উৎস: ব্লুমবার্গএনইএফ, বাংলাদেশ বিদ্যুৎ উন্নয়ন কর্তৃপক্ষ। দ্রষ্টব্য: LNG = তরলীকৃত প্রাকৃতিক গ্যাস।

বাংলাদেশ ২০২৭ সালের মধ্যে নতুন করে গ্যাসভিত্তিক আরও ১১ দশমিক ১ গিগাওয়াট বিদ্যুৎ উৎপাদন সক্ষমতা (চিত্র ৫) যুক্ত করার কথা ভাবছে, নিজস্ব গ্যাস সরবরাহ ক্রমাগত হ্রাস পেতে থাকায় এই বিদ্যুতের সিংহভাগই উৎপাদিত হবে আমদানি করা তরলীকৃত প্রাকৃতিক গ্যাস বা এলএনজি দিয়ে। এর সঙ্গে ২০২৬ সালের মধ্যে (চিত্র ৬) কয়লা বিদ্যুৎ উৎপাদনও ৬ দশমিক ৫ গিগাওয়ার বাড়ানোর পরিকল্পনা রয়েছে, যার পুরোটাই আমদানি করা কয়লার ওপর নির্ভরশীল হবে।

২০২১ সালের সেপ্টেম্বরে ২৬তম জাতিসংঘ জলবায়ু সম্মেলনের (কপ২৬) প্রাক্কালে যে মুজিব জলবায়ু সমৃদ্ধি পরিকল্পনা প্রকাশ করা হয়েছিল, তাতে বাংলাদেশ 'আন্তর্জাতিক ও অন্যান্য বিনিয়োগ সহায়তায়' ২০৩০ সালের মধ্যে নবায়নযোগ্য বিদ্যুতের অংশ ৩০ শতাংশে এবং ২০৪১ সালের মধ্যে অন্তত ৪০ শতাংশে উন্নীত করার লক্ষ্যের কথা জানিয়েছিল। সৌর ও বায়ু বিদ্যুতের মতো নবায়নযোগ্য বিদ্যুতের বাইরে অন্যান্য কিছু প্রযুক্তিও আছে, যেগুলোতে সামান্য কার্বন নির্গত হয়, যেমন পারমাণবিক বিদ্যুত। এমন প্রযুক্তি বিস্তারের পরিকল্পনাও বাংলাদেশের সরকারের আছে। বিদ্যুতের ক্রমবর্ধমান চাহিদা মেটানোর পাশাপাশি এ খাত থেকে কার্বন নিঃসরণ কমাতে তারা কয়লার সঙ্গে অ্যামোনিয়া পোড়ানো, প্রাকৃতিক গ্যাসের সঙ্গে হাইড্রোজেন মেশানো এবং কার্বন ধারণ ও সংরক্ষণ (সিসিএস) পদ্ধতি ব্যবহারের কথাও ভাবছে।

বাংলাদেশ এখন জাপানের ইনস্টিটিউট অব এনার্জি ইকোনমিকস (আইইইজে) ও জাপান ইন্টারন্যাশনাল কোঅপারেশন এজেন্সির (জাইকা) সহায়তায় একটি নতুন মহাপরিকল্পনার (IEPMP) খসড়া তৈরি করছে। এই IEPMP-তে তিনটি দৃশ্যপট বিবেচনা করা হচ্ছে বলে জানা গেছে। এগুলো হচ্ছে- চলমান ব্যবস্থার ওপর দাঁড়ানো দৃশ্যপট, উন্নত প্রযুক্তিনির্ভর দৃশ্যপট ও নেট-জিরো দৃশ্যপট।

এই প্রতিবেদনে বাংলাদেশের জন্য প্রযোজ্য আলাদা আলাদা বিদ্যুৎ উৎপাদন প্রযুক্তি, যেমন সৌর, বায়ু, কম্বাইন্ড সাইকেল গ্যাস টারবাইনস (সিসিজিটি) ও কয়লা বিদ্যুৎ কেন্দ্রের গড় উৎপাদন খরচ (এলসিওই) খতিয়ে দেখা হয়েছে। এলসিওই ছাড়াও প্রতিবেদনে বাংলাদেশের জ্বালানি নিরাপত্তা, সক্ষমতা এবং দূষণের ক্ষেত্রে প্রতিটি প্রযুক্তির সুবিধা-অসুবিধার ওপরও আলোকপাত করা হয়েছে।

লেভেলাইজড কস্ট অব ইলেকট্রিসিটি (এলসিওই) বা গড় উৎপাদন খরচ

এলসিওই দীর্ঘমেয়াদে প্রাপ্ত ঘণ্টাপ্রতি মেগাওয়াট বিদ্যুতের দাম এমনভাবে নির্ধারণ করে, যাতে প্রকল্পের পুরো খরচ যেমন উঠে আসে, তেমনি বিনিয়োগকারীরাও ন্যূনতম হারে লাভ পেতে পারে।

© Bloomberg Finance L.P.2023

No portion of this document may be reproduced, scanned into an electronic system, distributed, publicly displayed or used as the basis of derivative works without the prior written consent of Bloomberg Finance L.P. For more information on terms of use, please contact sales.bnef@bloomberg.net. Copyright and Disclaimer notice on page 59 applies throughout.

বিএনইএফ তাদের হিসাবে কোন কোন স্থানে বিদ্যুৎ প্রকল্পগুলো হতে পারে তা বিবেচনায় নিয়ে আলাদা আলাদা প্রযুক্তি সংশ্লিষ্ট নানান তথ্যকে কাজে লাগিয়েছে। প্রকল্পের পুরো জীবদ্দশায় যা খরচ হবে তার ওপর ভিত্তি করে এই হিসাব করা হয়েছে। এতে নগদ অর্থ প্রবাহের সময়, উন্নয়ন ও নির্মাণ খরচ, অর্থায়নের বিভিন্ন পর্যায়, দীর্ঘমেয়াদে ঋণের ওপর সুদ ও করের প্রভাব এবং সম্পদের মূল্যমান কমে আসাসহ নানান বিষয় বিবেচনায় নেওয়া হয়েছে। এই প্রতিবেদনে গড় উৎপাদন খরচ বের করতে যেসব তথ্য-উপাত্ত ব্যবহার করা হয়েছে, সেগুলো দেখতে পরিশিষ্ট A দেখুন।

© Bloomberg Finance L.P.2023

No portion of this document may be reproduced, scanned into an electronic system, distributed, publicly displayed or used as the basis of derivative works without the prior written consent of Bloomberg Finance L.P. For more information on terms of use, please contact sales.bnef@bloomberg.net. Copyright and Disclaimer notice on page 59 applies throughout.

Section 3. নতুন বিদ্যুৎ কেন্দ্র

প্রাকৃতিক গ্যাসের মজুদ বাংলাদেশকে গ্যাস ব্যবহার করে সস্তায় বিদ্যুৎ উৎপাদনের সুযোগ করে দিয়েছে। এখন নতুন একটি সিসিজিটি কেন্দ্রের এলসিওই সীমা হবে ৮৮-১১৬ ডলার/মেগাওয়াটঘণ্টা। সোলার মডিউলের দাম কমে যাওয়ায় ইতিমধ্যে বৃহদাকার সৌরবিদ্যুৎ প্রকল্পও ওই সিসিজিটির গড় উৎপাদন খরচ (এলসিওই) সীমার মধ্যে পৌঁছে গেছে।

3.1. নতুন বিদ্যুৎ কেন্দ্র

বৃহদাকার সৌরবিদ্যুৎ এরই মধ্যে বাংলাদেশে নতুন কয়লাবিদ্যুৎ কেন্দ্রের খরচের সঙ্গে প্রতিদ্বন্দ্বিতায় চলে এসেছে

হদাকার সৌর প্রকল্পগুলো এরইমধ্যে সিসিজিটির গড় উৎপাদন খরচ সীমার মধ্যে পৌঁছে গেছে।

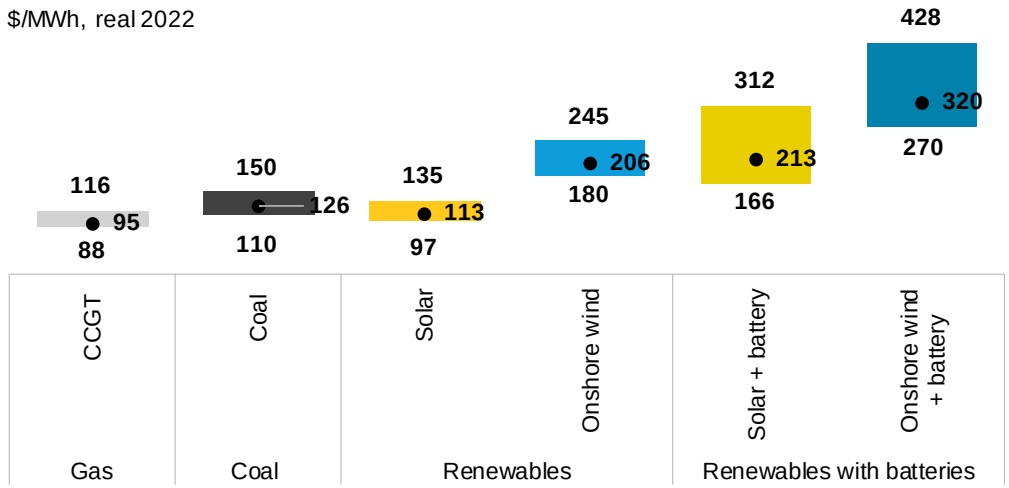
প্রাকৃতিক গ্যাসের মজুদ বাংলাদেশকে গ্যাস ব্যবহার করে সস্তায় বিদ্যুৎ উৎপাদনের সুযোগ করে দিয়েছে। এখন নতুন একটি সিসিজিটি কেন্দ্রের এলসিওই সীমা হবে ৮৮-১১৬ ডলার/মেগাওয়াটঘণ্টা। সোলার মডিউলের দাম কমে যাওয়ায় ইতিমধ্যে বৃহদাকার সৌরবিদ্যুৎ প্রকল্পও ওই সিসিজিটির গড় উৎপাদন খরচ (এলসিওই) সীমার মধ্যে পৌঁছে গেছে।

দেশীয় গ্যাস উৎপাদন ক্রমশ হ্রাস পেতে থাকায় বাংলাদেশকে জ্বালানির জন্য অন্যদিকেও হাত বাড়াতে হয়েছে। কয়লা, এলএনজি ও বিদ্যুৎ আমদানি করতে হচ্ছে; পাশাপাশি নবায়নযোগ্য বিদ্যুতের দিকেও ঝুঁকতে হয়েছে। কয়লায় অপ্রত্যক্ষ ভর্তুকির সুবিধা থাকায় বাংলাদেশ ২০১৮ থেকে ২০২২ সাল পর্যন্ত ২ দশমিক ২ গিগাওয়াটের কয়লা বিদ্যুৎকেন্দ্র যুক্ত করতে পেরেছে। কিন্তু একমাত্র সচল কয়লাখনি ক্রমবর্ধমান চাহিদা মেটাতে না পারায় আমাদেরকে ক্রমশ আমদানি করা কয়লার ওপর নির্ভরশীল হয়ে পড়তে হচ্ছে। বিশ্বব্যাপী কয়লার দামে উল্লম্ফন এবং কয়লা আমদানিতেউচ্চ কর[1] থাকায় কয়লা দিয়ে বিদ্যুৎ উৎপাদনে খরচও বাড়ছে। এখন নতুন একটি কয়লা বিদ্যুৎ কেন্দ্রের গড় উৎপাদন খরচের সীমা দাঁড়িয়েছে ১১০-১৫০ ডলার/মেগাওয়াটঘণ্টা, যা নতুন সৌরবিদ্যুৎ কেন্দ্র বানিয়ে বিদ্যুৎ উৎপাদনের খরচের চেয়ে বেশি হয়ে দাঁড়াচ্ছে। বাংলাদেশে স্থলভাগে থাকা বায়ু-বিদ্যুতের পরিমাণ অত্যন্ত নগণ্য, উৎপাদন সক্ষমতা মোটে ৩ মেগাওয়াট। গড় বাতাসের গতি কম হওয়ায় এখন স্থলভাগে নতুন বায়ু-বিদ্যুৎ কেন্দ্রের গড় উৎপাদন খরচ অনেক বেশিই হবে।

[1] বাংলাদেশে কয়লা আমদানি বাবদ ১৫% ভ্যাট (VAT), ৫% অগ্রিম আয় কর ও ৫% অগ্রিম কর দিতে হয়

No portion of this document may be reproduced, scanned into an electronic system, distributed, publicly displayed or used as the basis of derivative works without the prior written consent of Bloomberg Finance L.P. For more information on terms of use, please contact sales.bnef@bloomberg.net. Copyright and Disclaimer notice on page 59 applies throughout.
© Bloomberg Finance L.P.2023

চিত্র ৭: বাংলাদেশের নতুন বিদ্যুৎ কেন্দ্রে গড় উৎপাদন খরচ, ২০২৩



উৎস: ব্লুমবার্গএনইএফ। দ্রষ্টব্য: কয়লা, সিসিজিটির ক্ষেত্রে গড় উৎপাদন সক্ষমতাকে (ফ্লিট-লেভেল ক্যাপাসিটি) বিবেচনা করা হয়েছে। পিভি (ফটোভোল্টাইকস) ও স্থলে বায়ু বিদ্যুতের সঙ্গে ৪ ঘণ্টা বৈদ্যুতিক শক্তি সংরক্ষণ করতে সক্ষম এমন ব্যাটারি যুক্ত করে মডেলটি করা হয়েছে।

২০৩০ সালের মধ্যে নবায়নযোগ্য বিদ্যুৎ প্রতিদ্বন্দ্বিদের তুলনায় সুবিধাজনক অবস্থানে চলে আসবে

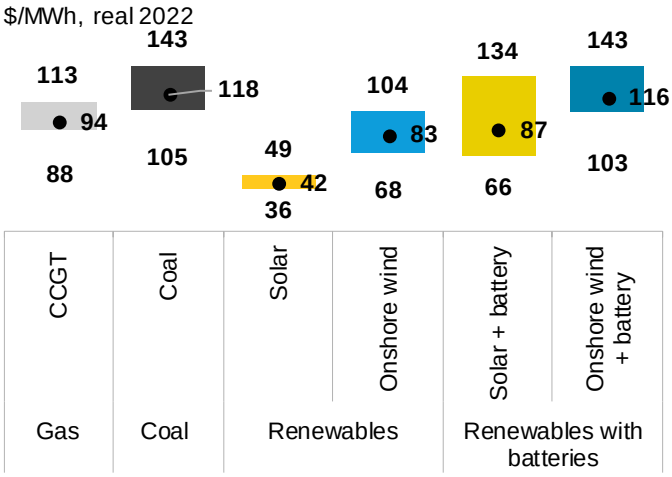
২০৩০ সাল নাগাদ সৌর বিদ্যুৎ সস্তা হবে। বিদ্যুৎ উৎপাদন প্রযুক্তির খরচ এবং প্রতিযোগিতায় সৌর বিদ্যুতের অবস্থানেও বিরাট পরিবর্তন আসবে। তাপ বিদ্যুৎ কেন্দ্রগুলো এখনই উৎকর্ষতার প্রায় সর্বোচ্চ পর্যায়ে পৌঁছে গেছে, এখানে খরচ কমার সম্ভাবনা নেই বললেই চলে। উল্টোদিকে উৎপাদনের আকার বেড়ে যাওয়া এবং প্রযুক্তির আধুনিকায়নের ফলে সৌর বিদ্যুৎ, বায়ু বিদ্যুৎ ও ব্যাটারির খরচ কমে আসার সম্ভাবনাই বেশি। প্রযুক্তির কল্যাণে নতুন একটি সৌরবিদ্যুৎ কেন্দ্রের গড় উৎপাদন খরচ এখনকার তুলনায় ২০৩০ সালের দিকে ৬৩% কম হবে বলে ধারণা করা হচ্ছে। চলতি দশকের শেষ নাগাদ নতুন বায়ু বিদ্যুৎ কেন্দ্রের খরচও নতুন গ্যাস ও কয়লাভিত্তিক কেন্দ্রের তুলনায় কমে আসবে বলে প্রত্যাশা করা হচ্ছে।

২০৫০ সাল নাগাদ বিপুল পরিমাণ বিদ্যুৎ উৎপাদনের ক্ষেত্রে সৌর এবং বায়ু বিদ্যুৎ জীবাশ্ম-জ্বালানিভিত্তিক তাপ বিদ্যুৎ কেন্দ্রের তুলনায় অনেক সস্তা হয়ে দাঁড়াবে। সেসময় সৌর বিদ্যুৎ কেন্দ্রের গড় উৎপাদন খরচ নতুন একটি সিসিজিটি কেন্দ্রের এক চতুর্থাংশ এবং একটি কয়লা বিদ্যুৎ কেন্দ্রের এক-পঞ্চমাংশেরও কম হবে। স্থলভাগে বায়ু বিদ্যুৎ কেন্দ্রের এলসিওই সৌরবিদ্যুৎ কেন্দ্রের চেয়ে খানিকটা বেশি হলেও তা জীবাশ্ম-জ্বালানিতে বিদ্যুৎ উৎপাদনের চেয়ে লাভজনক হবে।

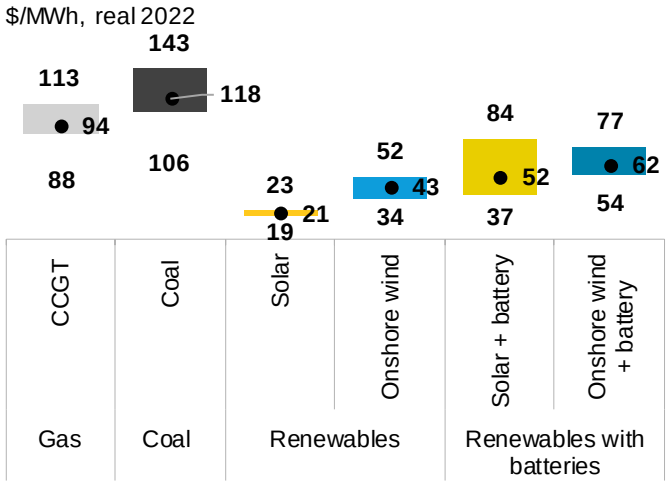
© Bloomberg Finance L.P.2023

No portion of this document may be reproduced, scanned into an electronic system, distributed, publicly displayed or used as the basis of derivative works without the prior written consent of Bloomberg Finance L.P. For more information on terms of use, please contact sales.bnef@bloomberg.net. Copyright and Disclaimer notice on page 59 applies throughout.

চিত্র ৮: বাংলাদেশে নতুন বিদ্যুৎ কেন্দ্রে উৎপাদনের গড় খরচ, ২০৩০



চিত্র ৯: বাংলাদেশে নতুন বিদ্যুৎ কেন্দ্রে উৎপাদনের গড় খরচ, ২০৫০



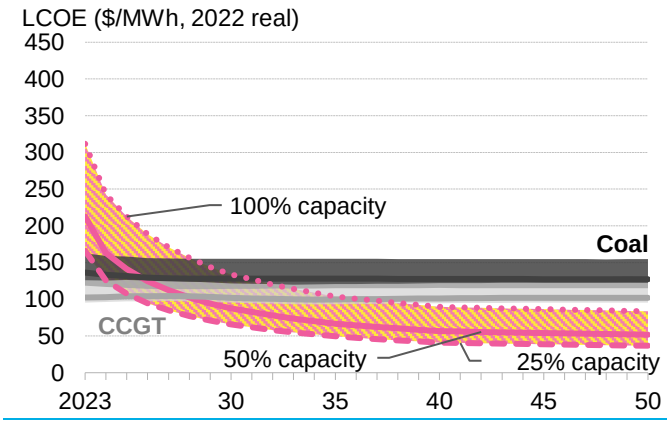
উৎস: বলুমবার্গএনইএফ। দ্রষ্টব্য: কয়লা, সিসিজিটির ক্ষেত্রে গড় উৎপাদন সক্ষমতাকে (ফ্লিট-লেভেল ক্যাপাসিটি) বিবেচনা করা হয়েছে। পিভি (ফটোভোল্টাইকস) ও স্থলে বায়ু বিদ্যুতের সঙ্গে ৪ ঘণ্টা বৈদ্যুতিক শক্তি সংরক্ষণ করতে সক্ষম এমন ব্যাটারি যুক্ত করে মডেলটি করা হয়েছে।

২০৩০ এর দশকের প্রথম ভাগেই ব্যাটারিযুক্ত বায়ু বিদ্যুৎ নতুন কয়লা ও গ্যাসবিদ্যুতের তুলনায় সস্তা হয়ে যাবে।

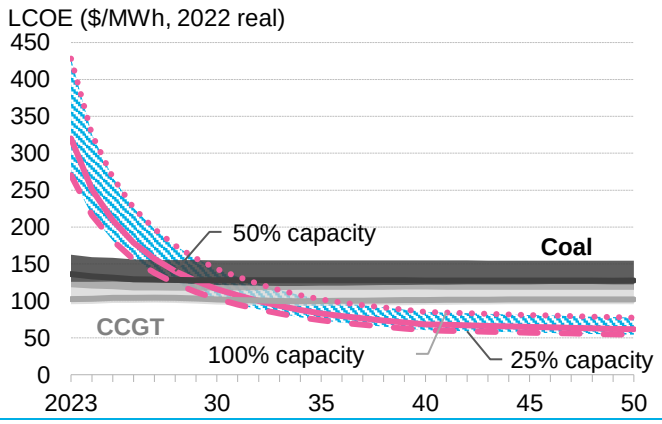
২০৩০ সাল নাগাদ ব্যাটারিযুক্ত সৌর বিদ্যুৎ তাপ বিদ্যুৎ কেন্দ্রের তুলনায় সস্তা হবে

জ্বালানির দাম বেশি হওয়ায় এখনই ডিজেল ও তেলে উৎপাদিত বিদ্যুৎ, দামের দিক থেকে ব্যাটারিযুক্ত সৌর বিদ্যুতের সঙ্গে (পিভিএস) প্রতিদ্বন্দ্বিতাপূর্ণ অবস্থানে চলে এসেছে। চলতি দশকের শেষ নাগাদ এই পিভিএস সিস্টেম নতুন কয়লা ও গ্যাসভিত্তিক বিদ্যুৎ কেন্দ্রের সঙ্গেও প্রতিদ্বন্দ্বিতায় চলে আসবে (চিত্র ১০ ও ১১)। লিথিয়াম-আয়ন ব্যাটারির দাম কমে গিয়ে পিভিএস সিস্টেমের এলসিওই ২০৩০ এর মধ্যে ৬৬-১৩৪ ডলার/মেগাওয়াটঘণ্টা এবং ২০৫০ নাগাদ ৩৭-৮৪ ডলার/মেগাওয়াটঘণ্টায় নেমে আসবে বলে আশা করা যায়। সৌর বিদ্যুতের সঙ্গে ব্যবহৃত ব্যাটারির আকারের ভিত্তিতে এই মূল্যসীমা অনুমান করা হচ্ছে। একইভাবে ২০৩০ এর দশকের প্রথম ভাগে ব্যাটারিযুক্ত বায়ু বিদ্যুৎও নতুন কয়লা ও গ্যাসবিদ্যুতের তুলনায় সস্তা হবে বলেই ধারণা করা হচ্ছে।

চিত্র ১০: বাংলাদেশে নতুন কয়লা ও গ্যাসভিত্তিক বিদ্যুৎ কেন্দ্রের তুলনায় ব্যাটারিযুক্ত সৌর বিদ্যুৎ প্রকল্পের এলসিওই



চিত্র ১১: বাংলাদেশে নতুন কয়লা ও গ্যাসভিত্তিক বিদ্যুৎ কেন্দ্রের তুলনায় স্থলভাগে ব্যাটারিযুক্ত বায়ু বিদ্যুৎ প্রকল্পের এলসিওই



© Bloomberg Finance L.P.2023

No portion of this document may be reproduced, scanned into an electronic system, distributed, publicly displayed or used as the basis of derivative works without the prior written consent of Bloomberg Finance L.P. For more information on terms of use, please contact sales.bnef@bloomberg.net. Copyright and Disclaimer notice on page 59 applies throughout.

উৎস: বলুমবার্গএনইএফ। দ্রষ্টব্য: ব্যাটারিযুক্ত সৌর বিদ্যুৎ কেন্দ্রের এলসিওই-র সীমা। এখানে ব্যাটারির স্টোরেজের আকার সৌর বিদ্যুৎ কেন্দ্রের উৎপাদন সক্ষমতার ২৫% থেকে ১০০% এর মধ্যে। ব্যাটারির জন্য স্থানীয়ভাবে যুক্ত কোনো অতিরিক্ত খরচ বিবেচনায় নেওয়া হয়নি।

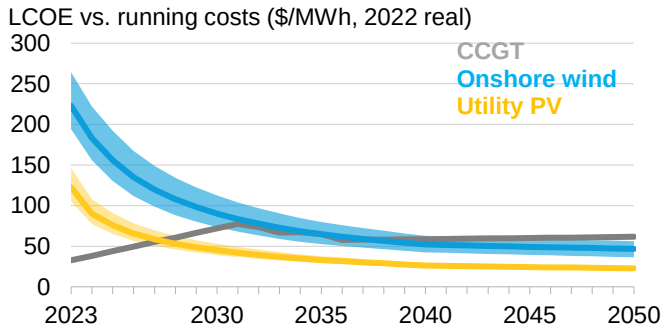
২০৩৩ থেকে ২০৩৮ পর্যন্ত বিদ্যমান কয়লা ও গ্যাসভিত্তিক কেন্দ্রের শর্ট-রান মার্জিনাল কস্টের চেয়েও সস্তা হবে নতুন সৌরবিদ্যুতের এলসিওই

সৌর ও বায়ু-বিদ্যুৎ সংশ্লিষ্ট প্রযুক্তির খরচ প্রত্যাশা অনুযায়ী কমে এলে তাদের গড় উৎপাদন খরচ (এলসিওই) এতটাই সস্তা হবে যে তা এখন বাংলাদেশে যেসব তাপ বিদ্যুৎ কেন্দ্র চলছে সেগুলোকে প্রতিযোগিতা থেকে ছিটকে ফেলবে। অভ্যন্তরীণ পর্যায়ে গ্যাস সরবরাহ বাড়াতে এলএনজির ওপর নির্ভরতা বৃদ্ধির ফলে বাংলাদেশে বিদ্যুৎ উৎপাদনে ব্যবহৃত গ্যাস জ্বালানির মূল্য ২০২৩ সালের ৩ দশমিক ৭ ডলার/এমএমবিটিইউ (মেট্রিক মিলিয়ন ব্রিটিশ থার্মাল ইউনিট, প্রাকৃতিক গ্যাস মাপার ইউনিট) থেকে ১২৩ শতাংশ বেড়ে ৮ দশমিক ৩ ডলার/এমএমবিটিইউ-তে যাবে বলে অনুমান করা হচ্ছে। এটি এখনকার যে কোনো সিসিজিটি কেন্দ্রের ২০২৩ থেকে ২০৩০ পর্যন্ত মার্জিনাল কস্টের দ্বিগুণেরও বেশি।

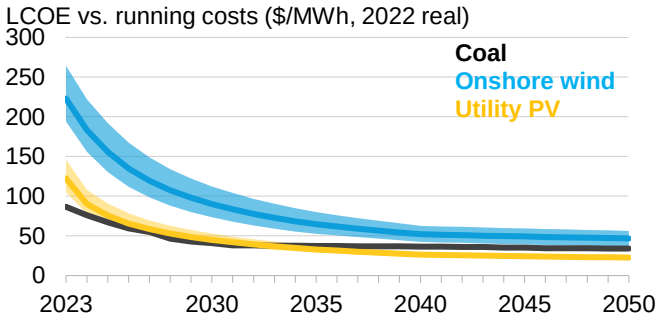
বিএনইএফের অনুমান, ২০২৮ সালে নতুন একটি বৃহদাকার সৌর বিদ্যুৎ কেন্দ্রের এলসিওই ৫৩ ডলার/মেগাওয়াটঘণ্টা হতে পারে, একইবছর বিদ্যমান একটি সিসিজিটি কেন্দ্রের মার্জিনাল কস্ট হবে ৬১ ডলার/মেগাওয়াটঘণ্টা, যা সৌরবিদ্যুৎ (পিভি) কেন্দ্রের তুলনায় অনেক বেশি (চিত্র ১২)। সিসিজিটি কেন্দ্রের এই স্বল্পমেয়াদী মার্জিনাল কস্টের অনুমান ঠিক থাকলে, ২০৩৮ সালের মধ্যে স্থলভাগে নতুন বায়ু বিদ্যুৎ কেন্দ্রের খরচও তাদের সঙ্গে প্রতিদ্বন্দ্বিতায় চলে আসবে বলেই মনে হচ্ছে।

২০৩৩ সালের মধ্যে নতুন সৌর বিদ্যুৎ কেন্দ্রের এলসিওই এসে দাঁড়াবে ৩৭ ডলার/মেগাওয়াটঘণ্টায়, যা বিদ্যমান কয়লা বিদ্যুৎ কেন্দ্র চালাতে লাগা মার্জিনাল কস্টের থেকে কম হবে। ২০৪০ এর দশকের শেষভাগে সবচেয়ে সস্তা নতুন বায়ু-বিদ্যুৎ কেন্দ্রের খরচও বিদ্যমান কয়লা বিদ্যুৎ কেন্দ্রের মার্জিনাল কস্টের কাছাকাছি চলে আসবে (চিত্র ১৩)।

চিত্র ১২: নতুন সৌর ও স্থলে বায়ু বিদ্যুৎ কেন্দ্রের এলসিওই বনাম বাংলাদেশে বিদ্যমান সিসিজিটি কেন্দ্রের এসআরএমসি



চিত্র ১৩: নতুন সৌর ও স্থলে বায়ু বিদ্যুৎ কেন্দ্রের এলসিওই বনাম বাংলাদেশে বিদ্যমান কয়লাভিত্তিক বিদ্যুৎ কেন্দ্রের এসআরএমসি



উৎস: বলুমবার্গএনইএফ। দ্রষ্টব্য: এসআরএমসি অর্থ শর্ট-রান মার্জিনাল কস্ট।

© Bloomberg Finance L.P.2023

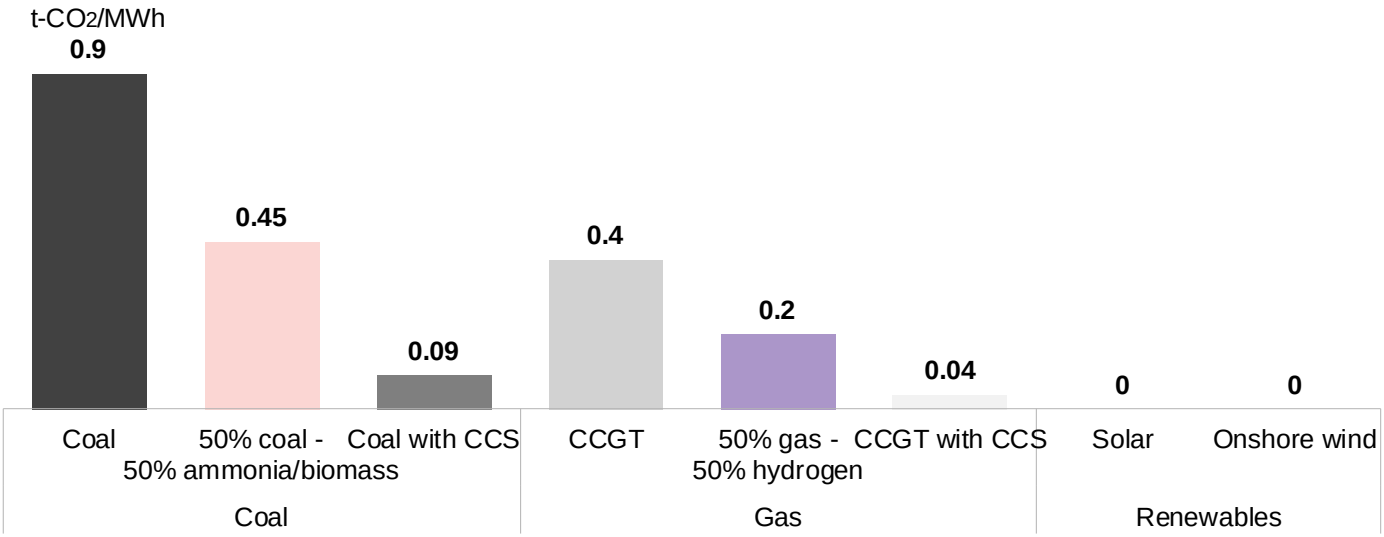
No portion of this document may be reproduced, scanned into an electronic system, distributed, publicly displayed or used as the basis of derivative works without the prior written consent of Bloomberg Finance L.P. For more information on terms of use, please contact sales.bnef@bloomberg.net. Copyright and Disclaimer notice on page 59 applies throughout.

3.2. হাইড্রোজেন ও অ্যামোনিয়া ব্যবহারে তাপ বিদ্যুৎ কেন্দ্রগুলোর পরিমার্জন

দূষণ কমাতে সংস্কার করা তাপ বিদ্যুৎ কেন্দ্রগুলোর ঝুঁকি বেশি থাকে এবং খরচও নবায়নযোগ্য বিদ্যুতের চেয়ে

জাপান ও দক্ষিণ কোরিয়ার মতো অল্প কিছু দেশ কয়লার সঙ্গে অ্যামোনিয়া পুড়িয়ে এবং হাইড্রোজেনের সঙ্গে প্রাকৃতিক গ্যাস মিশিয়ে তাপ বিদ্যুৎ কেন্দ্রের দূষণ কমানোর কথা ভাবছে। বাংলাদেশও এই কৌশল অবলম্বনের লক্ষ্য নিয়েছে। হাইড্রোজেন ও অ্যামোনিয়ায় আনবিক গঠনে কার্বনের উপস্থিতি না থাকায় দহনপ্রক্রিয়ায় এগুলো কার্বন ডাই অক্সাইড নির্গমন করে না। এরপরও এই প্রক্রিয়ায় ঝুঁকি থাকে বেশি এবং এর মাধ্যমে বিদ্যুৎ উৎপাদনের খরচ নবায়নযোগ্য বিদ্যুতের চেয়ে বেশি। বর্তমানে কয়লার সঙ্গে ২০ শতাংশ অ্যামোনিয়া পুড়িয়ে বিভিন্ন পাইলট প্রকল্প চালানো হচ্ছে। এত কম পরিমাণ অ্যামোনিয়া ব্যবহারে কয়লা বিদ্যুৎ কেন্দ্রগুলোর কার্বন ডাই অক্সাইড নির্গমন পরিস্থিতির খুব সামান্যই উন্নতি হবে।

চিত্র ১৪: বিদ্যুৎ উৎপাদনকালে কার্বন নির্গমনের তীব্রতা



উৎস: বলুমবার্গএনইএফ। দ্রষ্টব্য: শক্তির পরিমাণের ভিত্তিতে মিশ্রণ অনুপাত। গ্রিন হাইড্রোজেন ও গ্রিন অ্যামোনিয়া ব্যবহার করা হয়েছে ধরে নিয়ে। কার্বন ধারণ ও সংরক্ষণ (সিসিএস) প্রযুক্তির ক্ষেত্রে ৯০ শতাংশ ধারণের হার ধরে নিয়ে।

বিদ্যুৎ উৎপাদনে হাইড্রোজেন ও অ্যামোনিয়ার ব্যবহারে পরিবেশের উপকার হবে সীমিত

গ্রে হাইড্রোজেন দহনে গ্যাস পোড়ানোর চেয়েও বেশি কার্বন ডাই অক্সাইড নির্গত

তাপ বিদ্যুৎ কেন্দ্রগুলো থেকে কার্বন ডাই অক্সাইড নিঃসরণ উল্লেখযোগ্য হারে কমাতে চাইলে প্রাকৃতিক গ্যাসের সঙ্গে মেশানো হাইড্রোজেন ও কয়লার সঙ্গে পোড়ানো অ্যামোনিয়ার অনুপাত অনেক বেশি হতে হবে। এর সঙ্গে ওই হাইড্রোজেন এবং এর যৌগ অ্যামেনিয়াও উৎপন্ন করতে হবে খুবই স্বল্প মাত্রার দূষণ প্রক্রিয়ায়। যেমন গ্রিন হাইড্রোজেন- যেখানে হাইড্রোজেন পাওয়া যাবে কার্বনমুক্ত বিদ্যুৎ ব্যবহার করে পানির তড়িৎ বিশ্লেষণের সাহায্যে; কিংবা ব্লু হাইড্রোজেন বা কার্বন ধারণ ও সংরক্ষণ পদ্ধতিতে কার্বন নির্গমনের ব্যবস্থা করে জীবাশ্ম জ্বালানি থেকে হাইড্রোজেনকে অবমুক্ত করে।

উচ্চ তাপমাত্রায় হাইড্রোজেন বা অ্যামোনিয়ার মতো জ্বালানি পোড়ালে তা থেকে নাইট্রোজেন অক্সাইড নির্গত হবে। হাইড্রোজেন ও অ্যামোনিয়া জীবাশ্ম জ্বালানি থেকে বেশি উত্তপ্ত হয়, দহনের সময় সেখানকার বাতাসে থাকা নাইট্রোজেন ও অক্সিজেন আরও উচ্চমাত্রায় প্রতিক্রিয়া দেখায়, যার ফলে আরও নাইট্রোজেন অক্সাইড নির্গত হয়। এই নাইট্রোজেন অক্সাইড খুবই সুপরিচিত বায়ু দূষণকারী, যা পরোক্ষভাবে গ্রিনহাউজ গ্যাসের ওপর প্রভাব ফেলে, পাশপাশি বৃষ্টিতে এসিডের মাত্রাও বাড়িয়ে দেয়। হাইড্রোজেন ও অ্যামোনিয়ার

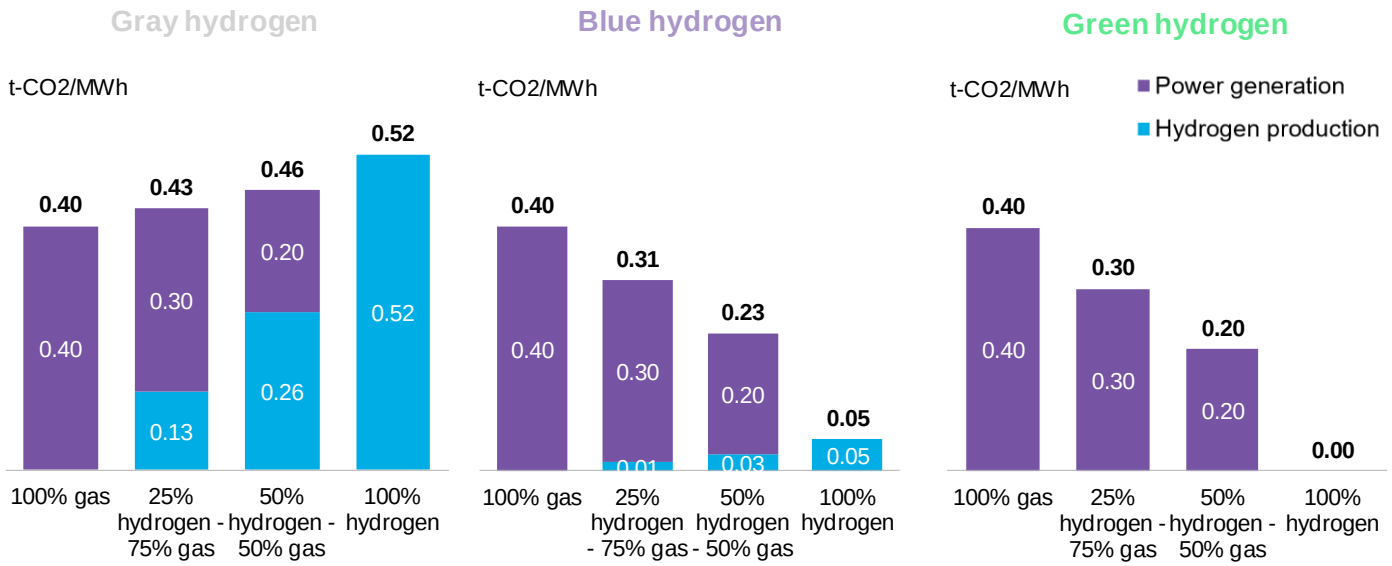
© Bloomberg Finance L.P.2023

No portion of this document may be reproduced, scanned into an electronic system, distributed, publicly displayed or used as the basis of derivative works without the prior written consent of Bloomberg Finance L.P. For more information on terms of use, please contact sales.bnef@bloomberg.net. Copyright and Disclaimer notice on page 59 applies throughout.

দহন প্রক্রিয়ায় নাইট্রাস অক্সাইডও নির্গত হয়, যা একটি গ্রিনহাউজ গ্যাস। ১০০ বছরের সময়কাল বিবেচনায় নিলে, বৈশ্বিক উষ্ণতা বৃদ্ধিতে নাইট্রাস অক্সাইড কার্বন ডাই অক্সাইডের তুলনায় ২৭৩ গুণ বেশি অবদান রাখে।

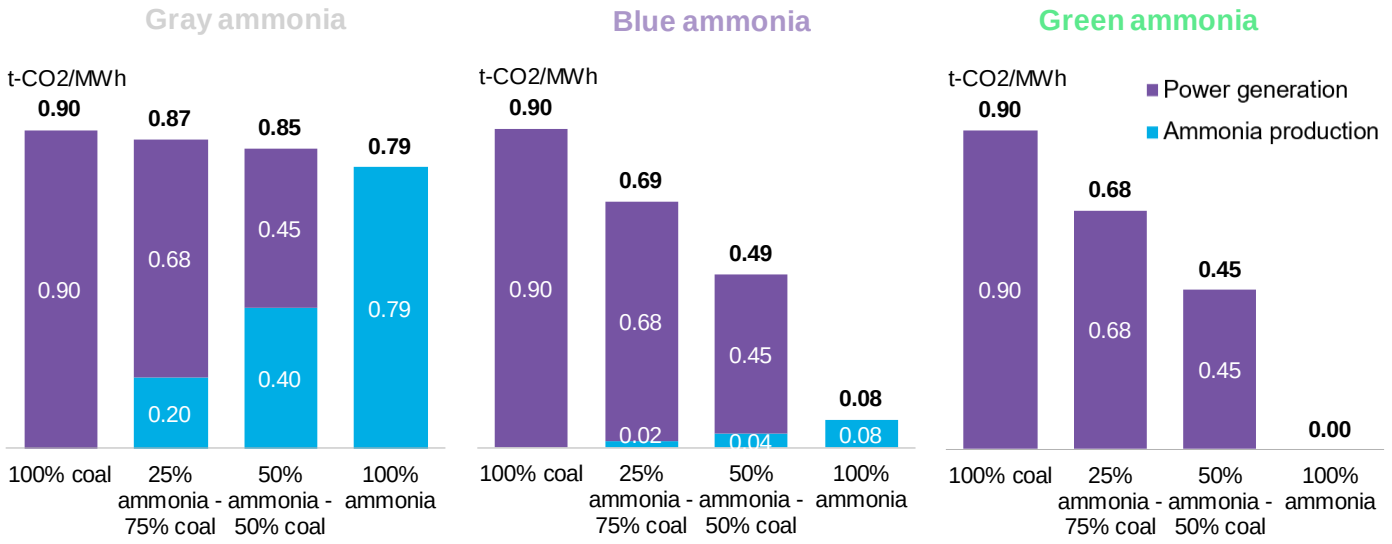
গ্রিনহাউজ গ্যাস নিঃসরণ কমানোর উপকারিতা নিশ্চিত করতে চাইলে হাইড্রোজেন বা অ্যামোনিয়া জ্বালানোর জন্য তাপ বিদ্যুৎ কেন্দ্রগুলোর পরিমার্জন বা সংস্কারের সময় এই নাইট্রোজেন অক্সাইড ও নাইট্রাস অক্সাইডকে ধারণ করতে পারে এমন প্রযুক্তিতে বিনিয়োগ করতে হবে। যা এই প্রক্রিয়ায় বিদ্যুৎ উৎপাদন কৌশলের অর্থনৈতিক কার্যকারিতাকে আরও দুর্বল করে দেয়।

চিত্র ১৫: জ্বালানির ধরনের ভিত্তিতে বিদ্যুৎ উৎপাদনের সময় সিসিজিটিতে কার্বন নির্গমন



উৎস: বলুমবার্গএনইএফ। দ্রষ্টব্য: শক্তির পরিমাণের ভিত্তিতে মিশ্রণ অনুপাত।

চিত্র ১৬: জ্বালানির ধরনের ভিত্তিতে বিদ্যুৎ উৎপাদনের সময় কয়লা বিদ্যুৎ কেন্দ্রের কার্বন নির্গমন



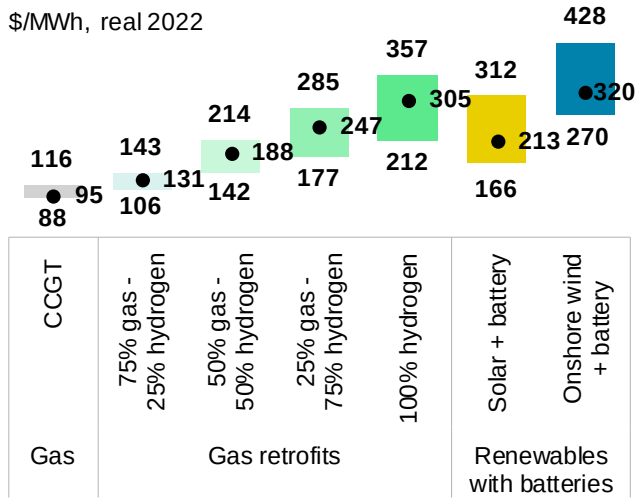
উৎস: বলুমবার্গএনইএফ। দ্রষ্টব্য: শক্তির পরিমাণের ভিত্তিতে মিশ্রণ অনুপাত।

© Bloomberg Finance L.P.2023
No portion of this document may be reproduced, scanned into an electronic system, distributed, publicly displayed or used as the basis of derivative works without the prior written consent of Bloomberg Finance L.P. For more information on terms of use, please contact sales.bnef@bloomberg.net. Copyright and Disclaimer notice on page 59 applies throughout.

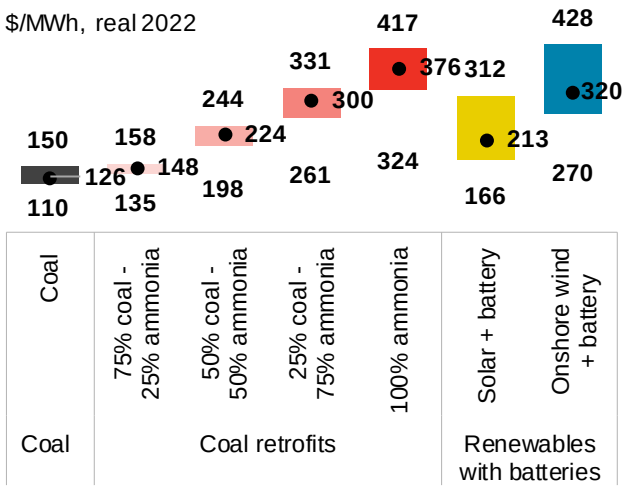
হাইড্রোজেন ও অ্যামোনিয়ার তুলনায় নবায়নযোগ্য বিদ্যুৎ কেন্দ্রের মাধ্যমে কার্বন কমানো বেশি সাশ্রয়ী

অল্প মাত্রায় পোড়ানো বা মেশানোর ক্ষেত্রে, পরিচ্ছন্ন অ্যামোনিয়া ও হাইড্রোজেন (চিত্র ১৭ ও ১৮) সংযোজিত তাপ বিদ্যুৎ কেন্দ্রগুলো দৃশ্যত এখনকার নবায়নযোগ্য বিদ্যুতের তুলনায় বেশি সস্তা মনে হবে। তবে উল্লেখ করার মতো দূষণ কমানোর ক্ষেত্রে এই তাপ বিদ্যুৎ কেন্দ্রগুলোকে অবশ্যই অন্তত ৫০ শতাংশ হাইড্রোজেন বা অ্যামোনিয়া দহনের উপযুক্ত প্রযুক্তি বা সরঞ্জাম সংযোজন করতে হবে, যার খরচ অনেক বেশি। ওই প্রক্রিয়ায় উৎপাদিত বিদ্যুৎ অবশ্যই নবায়নযোগ্য বিদ্যুতের চেয়ে অনেক বেশি দামি হবে।

চিত্র ১৭: বাংলাদেশে হাইড্রোজেনের জন্য পরিমার্জিত গ্যাসভিত্তিক বিদ্যুৎ কেন্দ্র ও নবায়নযোগ্য বিদ্যুতের এলসিওই-র তুলনা, ২০২৩



চিত্র ১৮: বাংলাদেশে অ্যামোনিয়ার জন্য পরিমার্জিত তাপবিদ্যুৎ কেন্দ্র ও নবায়নযোগ্য বিদ্যুতের এলসিওই-র তুলনা, ২০২৩



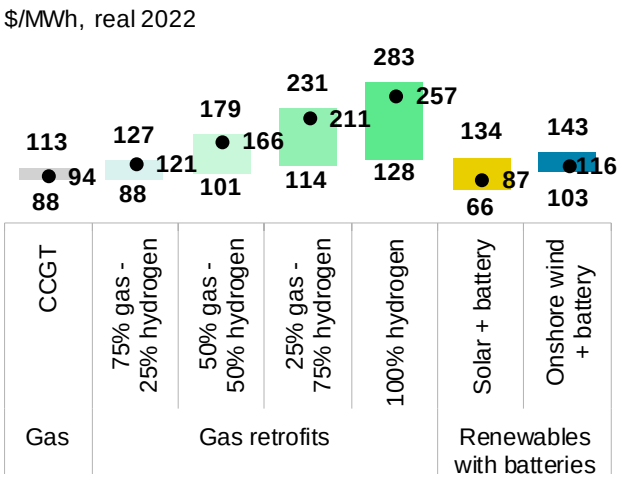
উৎস: ব্লুমবার্গএনইএফ। দ্রষ্টব্য: শক্তির পরিমাণের ভিত্তিতে মিশ্রণ অনুপাত। কয়লা, সিসিজিটির ক্ষেত্রে গড় উৎপাদন সক্ষমতাকে (ফ্লিট-লেভেল ক্যাপাসিটি) বিবেচনা করা হয়েছে। পিভি (ফটোভোল্টাইকস) ও স্থলে বায়ু বিদ্যুতের সঙ্গে ৪ ঘণ্টা বৈদ্যুতিক শক্তি সংরক্ষণ করতে সক্ষম এমন ব্যাটারি যুক্ত করে মডেলটি করা হয়েছে।

২০৩০ সাল নাগাদ, ব্যাটারিযুক্ত সৌর বিদ্যুৎ হবে বিদ্যমান সব প্রযুক্তির মধ্যে সবচেয়ে সস্তা (চিত্র ১৯ ও ২০)। একইভাবে ব্যাটারিযুক্ত বায়ু-বিদ্যুৎও ২৫ শতাংশ হাইড্রোজেন মেশানোর প্রযুক্তি সংযোজিত গ্যাসভিত্তিক সিসিজিটি এবং ২৫ শতাংশ অ্যামোনিয়া সহযোগে কয়লা পোড়ানোর প্রযুক্তি সংযোজিত কেন্দ্রগুলোর সঙ্গে প্রতিদ্বন্দ্বিতায় চলে আসবে। এই প্রবণতা ২০৫০ সাল পর্যন্ত চলমান থাকবে, যা দীর্ঘমেয়াদে হাইড্রোজেন বা অ্যামোনিয়া পুড়িয়ে বিদ্যুৎ উৎপাদনের সঙ্গে ব্যাটারিযুক্ত নবায়নযোগ্য বিদ্যুতের অর্থনৈতিক প্রতিদ্বন্দ্বিতাপূর্ণ অবস্থানকেই দেখাচ্ছে (চিত্র ২১ ও ২২)।

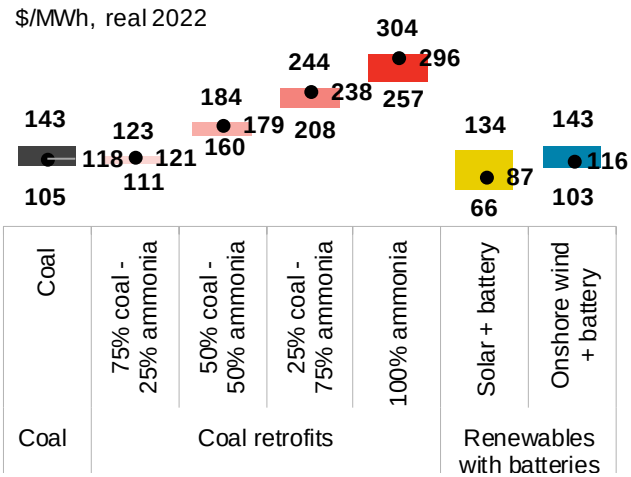
© Bloomberg Finance L.P.2023

No portion of this document may be reproduced, scanned into an electronic system, distributed, publicly displayed or used as the basis of derivative works without the prior written consent of Bloomberg Finance L.P. For more information on terms of use, please contact sales.bnef@bloomberg.net. Copyright and Disclaimer notice on page 59 applies throughout.

চিত্র ১৯: বাংলাদেশে হাইড্রোজেনের জন্য পরিমার্জিত গ্যাসভিত্তিক বিদ্যুৎ কেন্দ্র ও নবায়নযোগ্য বিদ্যুতের এলসিওই-র তুলনা, ২০৩০



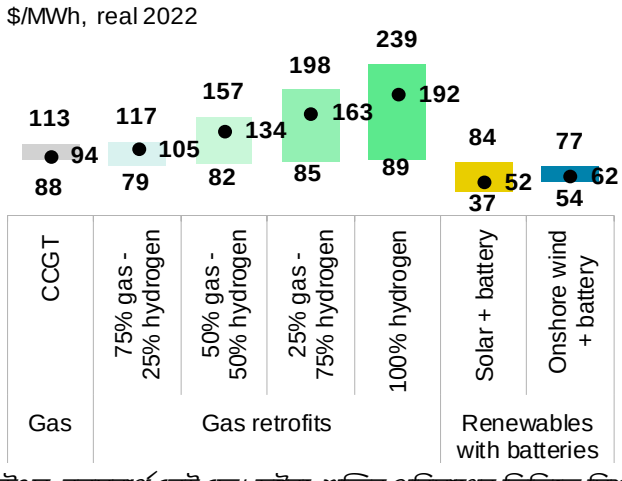
চিত্র ২০: বাংলাদেশে অ্যামোনিয়ার জন্য পরিমার্জিত তাপবিদ্যুৎ কেন্দ্র ও নবায়নযোগ্য বিদ্যুতের এলসিওই-র তুলনা, ২০৩০



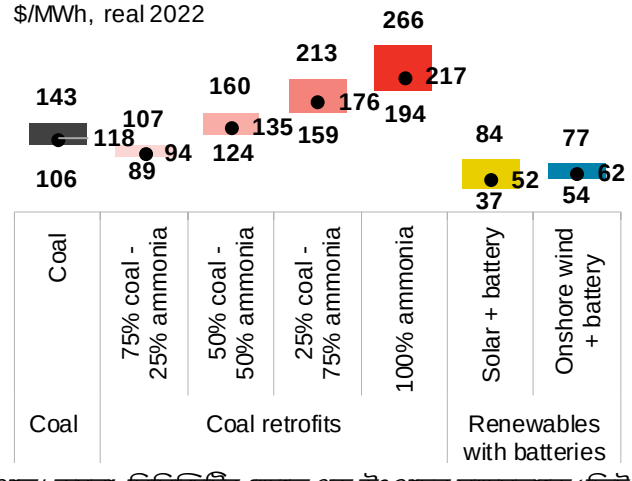
উৎস: ব্লুমবার্গএনইএফ। দ্রষ্টব্য: শক্তির পরিমাণের ভিত্তিতে মিশ্রণ অনুপাত। কয়লা, সিসিজিটির ক্ষেত্রে গড় উৎপাদন সক্ষমতাকে (ফ্লিট-লেভেল ক্যাপাসিটি) বিবেচনা করা হয়েছে। পিভি (ফটোভোল্টাইকস) ও স্থলে বায়ুবিদ্যুতের সঙ্গে ৪ ঘণ্টা বৈদ্যুতিক শক্তি সংরক্ষণ করতে সক্ষম এমন ব্যাটারি যুক্ত করে মডেলটি করা হয়েছে।

বাংলাদেশের জন্য হাইড্রোজেন ও অ্যামোনিয়ার ব্যবহারে কী কী হতে পারে তার আরও বিস্তারিত দেখতে পরিশিষ্ট B (হাইড্রোজেন ও অ্যামেনিয়ার সর্বমোট ব্যয়), পরিশিষ্ট C (হাইড্রোজেন ও অ্যামোনিয়ার উৎপাদন খরচ) এবং পরিশিষ্ট D (মিশ্রিত পরিচ্ছন্ন জ্বালানির দাম) দেখুন।

চিত্র ২১: বাংলাদেশে হাইড্রোজেনের জন্য পরিমার্জিত গ্যাসভিত্তিক বিদ্যুৎ কেন্দ্র ও নবায়নযোগ্য বিদ্যুতের এলসিওই-র তুলনা, ২০৫০



চিত্র ২২: বাংলাদেশে অ্যামোনিয়ার জন্য পরিমার্জিত তাপবিদ্যুৎ কেন্দ্র ও নবায়নযোগ্য বিদ্যুতের এলসিওই-র তুলনা, ২০৫০



উৎস: ব্লুমবার্গএনইএফ। দ্রষ্টব্য: শক্তির পরিমাণের ভিত্তিতে মিশ্রণ অনুপাত। কয়লা, সিসিজিটির ক্ষেত্রে গড় উৎপাদন সক্ষমতাকে (ফ্লিট-লেভেল ক্যাপাসিটি) বিবেচনা করা হয়েছে। পিভি (ফটোভোল্টাইকস) ও স্থলে বায়ু বিদ্যুতের সঙ্গে ৪ ঘণ্টা বৈদ্যুতিক শক্তি সংরক্ষণ করতে সক্ষম এমন ব্যাটারি যুক্ত করে মডেলটি করা হয়েছে।

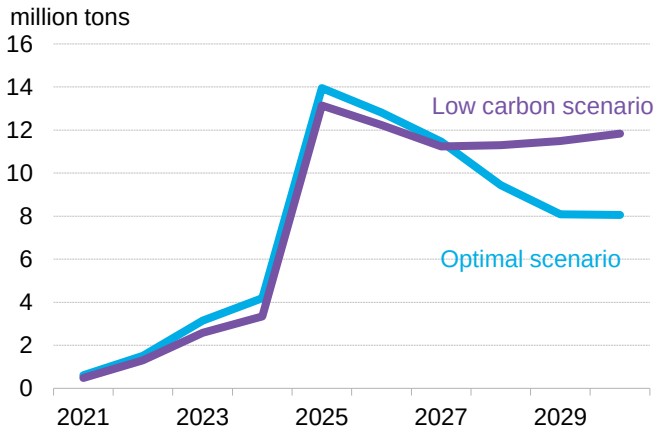
© Bloomberg Finance L.P.2023

No portion of this document may be reproduced, scanned into an electronic system, distributed, publicly displayed or used as the basis of derivative works without the prior written consent of Bloomberg Finance L.P. For more information on terms of use, please contact sales.bnef@bloomberg.net. Copyright and Disclaimer notice on page 59 applies throughout.

কয়লার সঙ্গে বায়োমাস পোড়াতে কয়লা বিদ্যুৎ কেন্দ্রগুলোর পরিমার্জন

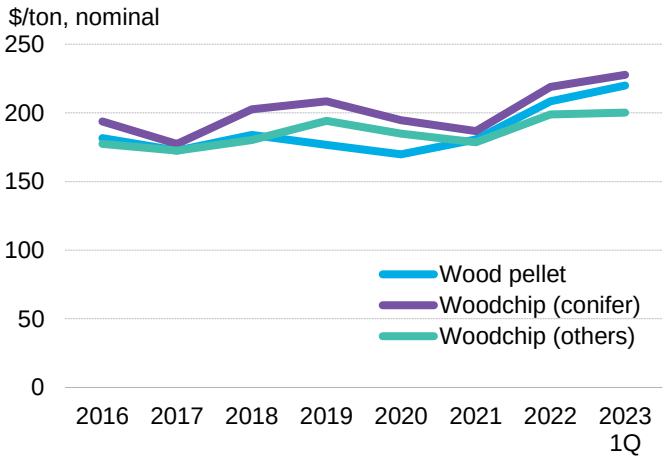
কয়লার সঙ্গে বায়োমাস (জৈব জ্বালানি) পোড়ানোর ক্ষেত্রেও কয়লার সঙ্গে অ্যামোনিয়া পোড়ানোর মতোই সব প্রতিবন্ধকতার দেখা মেলে। কয়লার তুলনায় কম অনুপাতে বায়োমাস পোড়ালে দূষণ কমার হার হবে সীমিত। আর বেশি অনুপাতে পোড়াতে হলে কয়লা বিদ্যুৎ কেন্দ্রগুলোতে বড় ধরনের আধুনিকায়নের প্রয়োজন হবে।

চিত্র ২৩: ইন্দোনেশিয়ার বায়োমাস জ্বালানির প্রয়োজনীয়তা



উৎস: ইন্দোনেশিয়ার জ্বালানি ও খনিজ সম্পদ মন্ত্রণালয়, পিএলএন এর RUPTL 2021-30

চিত্র ২৪: জাপানের বায়োমাস আমদানির খরচ



উৎস: জাপানের কাস্টমস, ব্লুমবার্গএনইএফ। দ্রষ্টব্য: দামগুলি CIF-এর ভিত্তিতে হয়।

নিয়মিত পর্যাপ্ত পরিমাণ বায়োমাস সরবরাহ নিশ্চিত করা হবে চ্যালেঞ্জিং

কয়লার সঙ্গে উচ্চ অনুপাতে পোড়ানোর জন্য ধারাবাহিকভাবে পর্যাপ্ত বায়োমাস সংগ্রহ করাও বাংলাদেশের জন্য চ্যালেঞ্জিং হয়ে দাঁড়াবে। কারণ জ্বালানির কাঁচামালের সীমিত প্রাপ্যতা। যদি আমরা কয়লার সঙ্গে বায়োমাস পুড়িয়ে বিদ্যুৎ উৎপাদনের কৌশল নেওয়াই মনস্থির করি, তাহলে পর্যাপ্ত জ্বালানির জন্য আমাদেরকে অভ্যন্তরীণ পর্যায়ে ওই জ্বালানির কাঁচামাল সংগ্রহের হার অনেকগুণ বাড়াতে হবে কিংবা আমদানির দিকে তাকিয়ে থাকতে হবে। আমদানির ক্ষেত্রে বাংলাদেশকে অবশ্য বেশ ভালো ধরনের প্রতিদ্বন্দ্বিতাতেই পড়তে হবে। এখন এশিয়ায় যারা বায়োমাস রপ্তানি করে তাদের মধ্যে ইন্দোনেশিয়া আর ভিয়েতনাম নিজেরাই নিজেদের বিদ্যুৎ কেন্দ্র থেকে কার্বন কমানোর কৌশল হিসেবে কয়লার সঙ্গে বায়োমাস পোড়াচ্ছে।

ইন্দোনেশিয়ার রাষ্ট্রীয় পরিষেবা সংস্থা পিটি পেরুসাহান লিস্ট্রিক নেগারার ২০২১ সালে বায়োমাস লেগেছিল ৫ থেকে ৬ লাখ টন, নিজেদের চাহিদা মেটাতে ২০২৫ সাল নাগাদ তাদেরকে আগের চেয়ে ২৩ থেকে ২৫ গুণ বায়োমাস সংগ্রহ করতে হবে (চিত্র ২৩)। এ কারণে তারা ভবিষ্যতে বায়োমাস রপ্তানি কমিয়ে দিতে পারে। বায়োমাসর জন্য বাংলাদেশকে জাপান ও দক্ষিণ কোরিয়ার মতো অন্যান্য আমদানিকারকদের সঙ্গে প্রতিদ্বন্দ্বিতায়ও নামতে হবে, যেখানে আমাদের হোঁচট খাওয়ার সম্ভাবনাই বেশি (চিত্র ২৪)।

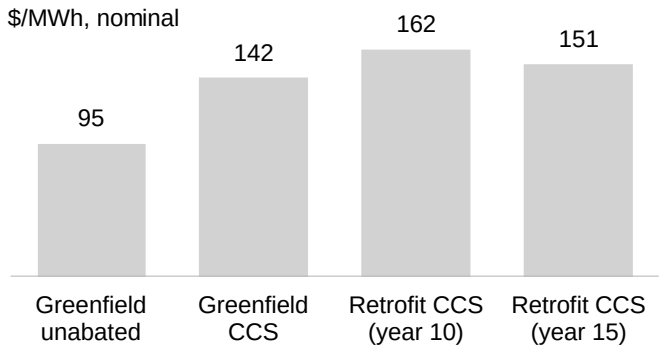
© Bloomberg Finance L.P.2023
No portion of this document may be reproduced, scanned into an electronic system, distributed, publicly displayed or used as the basis of derivative works without the prior written consent of Bloomberg Finance L.P. For more information on terms of use, please contact sales.bnef@bloomberg.net. Copyright and Disclaimer notice on page 59 applies throughout.

3.3. কার্বন ধারণ ও সংরক্ষণ পদ্ধতির ব্যবহার

বিদ্যমান বিদ্যুৎ কেন্দ্রগুলোতে সিসিএস সরঞ্জাম সংযোজন বেশ খরচের হবে, তাছাড়া এটি জীবাশ্ম জ্বালানির ওপর নির্ভরশীলতাও কমাবে না।

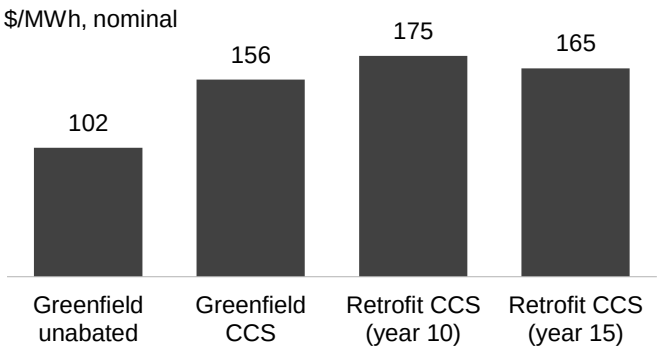
তাপ বিদ্যুৎ কেন্দ্রগুলোর দূষণ কমাতে অনেক দেশই কার্বন ধারণ ও সংরক্ষণ পদ্ধতি (সিসিএস) ব্যবহারের কথা ভাবছে, যদিও এখন পর্যন্ত এ ধরনের খুব বেশি প্রকল্প দেখা যাচ্ছে না। BNEF সিসিএস সংক্রান্ত একাধিক দৃশ্যপটের গড় উৎপাদন খরচ বের করার চেষ্টা করেছে, যার মধ্যে সিসিএসসহ নতুন তাপ বিদ্যুৎ কেন্দ্র যেমন আছে, তেমনি আছে বাণিজ্যিকভাবে যাত্রা শুরুর ১০ ও ১৫ বছর পর বিদ্যমান তাপ বিদ্যুৎ কেন্দ্রগুলোতে সিসিএসের জন্য নতুন সরঞ্জাম সংযোজন করার প্রেক্ষিত। BNEF এর বিশ্লেষণ ইঙ্গিত করছে, পরের দিকে বেশি ব্যয়ে সরঞ্জাম সংযোজনের চেয়ে আগেভাগে সিসিএসসহ একটি নতুন কয়লা বা গ্যাস বিদ্যুৎ কেন্দ্র নির্মাণই তুলনামূলকভাবে বেশি সাশ্রয়ী হবে। সিসিএস সরঞ্জামের দাম কমবে- এমনটা প্রত্যাশায় নিলে বিদ্যমান কেন্দ্রগুলোতে ১০ বছরের তুলনায় ১৫ বছর পর ওই সরঞ্জাম যুক্ত করা খানিকটা লাভজনক হবে। সিসিএসের এই দৃশ্যপটগুলোতে এ প্রযুক্তিকে কয়লার সঙ্গে অধিক হারে অ্যামোনিয়া পোড়ানো কিংবা প্রাকৃতিক গ্যাসের সঙ্গে অধিক হারে হাইড্রোজেন মেশানোর চেয়ে লাভজনক মনে হলেও এটি বাংলাদেশে সৌর বা বায়ু-বিদ্যুৎ প্রকল্পের চেয়ে এখনও অনেক বেশি খরুচে। বাংলাদেশে সম্ভাব্য কার্বন সংরক্ষণের পরিমাণ এবং সেইসাথে বিদ্যমান তাপ বিদ্যুৎ কেন্দ্রগুলো থেকে ধারণ করা কার্বন সংরক্ষণাগারে নিয়ে যাওয়ার সম্ভাব্যতাও এখন পর্যন্ত অজানা।

চিত্র ২৫: বাংলাদেশে একটি নতুন সিসিজিটি বিদ্যুৎ কেন্দ্র এবং কার্বন ক্যাপচার ও স্টোরেজ সহ সিসিজিটি বিদ্যুৎ কেন্দ্রের এলসিওই



উৎস: ব্লুমবার্গএনইএফ। দ্রষ্টব্য: গ্রীনফিল্ড বিদ্যুৎ কেন্দ্রের ক্ষেত্রে এখন বিনিয়োগ করা হয়েছে এবং ২০২৫ সালে এটি চালুর জন্য প্রস্তুত হবে বলে ধরা হয়েছে। ১০ এবং ১৫ বছর বলতে সুনির্দিষ্টভাবে ২০৩৫ ও ২০৪০ সালকে বোঝানো হয়েছে।

চিত্র ২৬: বাংলাদেশে একটি নতুন কয়লা বিদ্যুৎ কেন্দ্র এবং কার্বন ক্যাপচার ও স্টোরেজসহ কয়লা বিদ্যুৎ কেন্দ্রের এলসিওই



উৎস: ব্লুমবার্গএনইএফ। দ্রষ্টব্য: গ্রীনফিল্ড বিদ্যুৎ কেন্দ্রের ক্ষেত্রে এখন বিনিয়োগ করা হয়েছে এবং ২০২৬ সালে এটি চালুর জন্য প্রস্তুত হবে বলে ধরা হয়েছে। ১০ এবং ১৫ বছর বলতে নির্দিষ্টভাবে ২০৩৬ ও ২০৪১ সালকে বোঝানো হয়েছে।

© Bloomberg Finance L.P.2023

No portion of this document may be reproduced, scanned into an electronic system, distributed, publicly displayed or used as the basis of derivative works without the prior written consent of Bloomberg Finance L.P. For more information on terms of use, please contact sales.bnef@bloomberg.net. Copyright and Disclaimer notice on page 59 applies throughout.

Section 4. বিদ্যুৎ উৎপাদনে জ্বালানি হিসেবে হাইড্রোজেনের চ্যালেঞ্জসমূহ

আগের অধ্যায়ে আমরা হাইড্রোজেন থেকে প্রাপ্ত পরিচ্ছন্ন জ্বালানি এখনকার জ্বালানির সঙ্গে পোড়াতে নতুন সরঞ্জাম সংযোজিত তাপ বিদ্যুৎ কেন্দ্রের গড় উৎপাদন খরচ খতিয়ে দেখেছি। এখানে আমরা তার সঙ্গে পরিচ্ছন্ন জ্বালানির জন্য তাপ বিদ্যুৎ কেন্দ্রগুলোর পরিমার্জনে নিরাপত্তা, জ্বালানি সুরক্ষা ও ক্রয়ক্ষমতার চ্যালেঞ্জগুলো পরীক্ষা-নিরীক্ষা করে দেখবো।

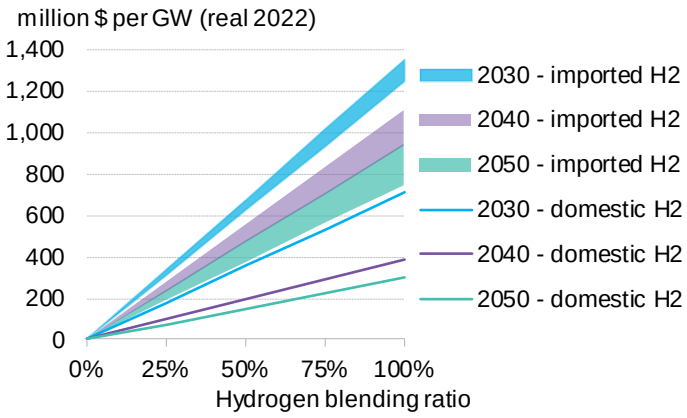
বিদ্যুতের জন্য জ্বালানি হিসেবে হাইড্রোজেনের ওপর নির্ভরশীলতা বাংলাদেশের খরচের বোঝা বাড়াবে

আয়তনভিত্তিক তুলনামূলক কম শক্তি ধারণ করায় হাইড্রোজেন ও অ্যামোনিয়া জ্বালানি হিসেবে গ্যাস ও কয়লার চেয়ে বেশ দামি। বেশি অনুপাতে হাইড্রোজেন ও অ্যামোনিয়া ব্যবহারে বিদ্যুৎ কেন্দ্রগুলোর গড় উৎপাদন খরচ বেড়ে যাওয়া কারণও এটাই। এই ধরনের জ্বালানির ওপর নির্ভরশীলতা বিদ্যুতের দাম এবং/অথবা করদাতাদের ওপর চাপ বাড়াবে। অবশ্য এটা নির্ভর করছে এই পরিচ্ছন্ন জ্বালানির উচ্চমূল্য মেটাতে সরকার বিদ্যুতের দাম বা কর কোনটা বাড়ানোর কথা ভাবছে, তার ওপর।

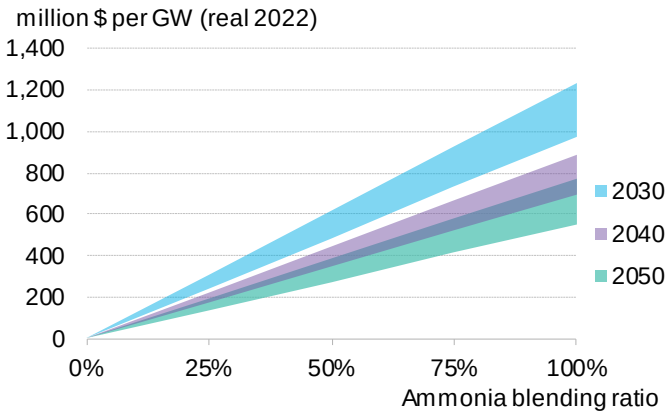
হাইড্রোজেন আমদানি করতে গ্যাস কেনার ব্যয়ের ৪ থেকে ৫ গুণ বেশি খরচ হবে

BNEF এর হিসাব বলছে, ১০০% হাইড্রোজেনে পরিচালিত পরিমার্জিত ১ গিগাওয়াট গ্যাস বিদ্যুৎ কেন্দ্রে বছরে ২ লাখ ৪৬ হাজার ৩০০ টন হাইড্রোজেন লাগবে। স্থানীয়ভাবে এই পরিমাণ হাইড্রোজেন সংগ্রহ করতে গেলে প্রতি গিগাওয়াটের জন্য হাইড্রোজেন ক্রয়ে ২০৩০ সালে লাগবে ৭০৬ মিলিয়ন মার্কিন ডলার, ২০৪০ এ ৩৯০ মিলিয়ন আর ২০৫০-এ ৩০২ মিলিয়ন ডলার (চিত্র ২৭)। তাও হাইড্রোজেন আমদানির চেয়ে এটা সস্তা হবে। আমদানি করতে প্রতি গিগাওয়াটের জন্য হাইড্রোজেনের খরচ পড়বে ২০৩০ সালে এক হাজার ২৪২ থেকে এক হাজার ৩৫০ মিলিয়ন ডলার, ২০৪০ এ ৯৩২ থেকে এক হাজার ১০৩ মিলিয়ন, ২০৫০-এর দিকে ৭৪৬ থেকে ৯৪৭ মিলিয়ন ডলার। অথচ একই পরিমাণ বিদ্যুৎ উৎপাদনে বাংলাদেশের সিসিজিটি কেন্দ্রগুলোকে বছরে গ্যাস কেনা বাবদ ২০৩০ সালে খরচ করতে হবে মাত্র ২৫৩ মিলিয়ন ডলার, ২০৪০ এ ২১২ এবং ২০৫০-এ ২২৯ মিলিয়ন ডলার। হাইড্রোজেন আমদানি করতে গ্যাস কেনার ব্যয়ের ৪ থেকে ৫ গুণ বেশি খরচ হবে, যার ধাক্কা সামলাতে বিদ্যুতের মূল্য বাড়ানো দরকার হয়ে পড়বে।

চিত্র ২৭: মিশ্রণ অনুপাত ও বছরের ভিত্তিতে বাংলাদেশে সিসিজিটি বিদ্যুৎ কেন্দ্রে প্রতি গিগাওয়াটের জন্য বার্ষিক হাইড্রোজেন সংগ্রহের খরচ



চিত্র ২৮: মিশ্রণ অনুপাত ও বছরের ভিত্তিতে বাংলাদেশে কয়লা বিদ্যুৎ কেন্দ্রে প্রতি গিগাওয়াটের জন্য বার্ষিক অ্যামোনিয়া সংগ্রহের খরচ



© Bloomberg Finance L.P.2023
No portion of this document may be reproduced, scanned into an electronic system, distributed, publicly displayed or used as the basis of derivative works without the prior written consent of Bloomberg Finance L.P. For more information on terms of use, please contact sales.bnef@bloomberg.net. Copyright and Disclaimer notice on page 59 applies throughout.

উৎস: বলুমবার্গএনইএফ। দ্রষ্টব্য: আমাদের হিসাবে ১ মেগাওয়াটঘণ্টা বিদ্যুৎ উৎপাদনে ০.০৬ টন হাইড্রোজেন প্রয়োজন। সিসিজিটি বিদ্যুৎ কেন্দ্র ৪৯% ক্যাপাসিটি ফ্যাক্টর বা ২০২২ সালের ফ্লিট-লেভেল গড়ে চলে বলে ধরে নেওয়া হয়েছে। শক্তির পরিমাণের ভিত্তিতে মিশ্রণ অনুপাত।

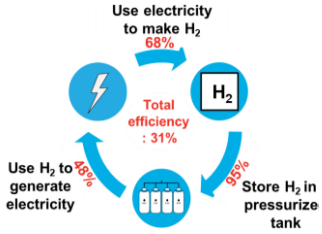
উৎস: বলুমবার্গএনইএফ। দ্রষ্টব্য: আমাদের হিসাবে ১ মেগাওয়াটঘণ্টা বিদ্যুৎ উৎপাদনে ০.৫ টন অ্যামোনিয়া প্রয়োজন। কয়লা বিদ্যুৎ কেন্দ্র ৩৬% ক্যাপাসিটি ফ্যাক্টর বা ২০২২ সালের ফ্লিট-লেভেল গড়ে চলে বলে ধরে নেওয়া হয়েছে। শক্তির পরিমাণের ভিত্তিতে মিশ্রণ অনুপাত।

কয়লা সংগ্রহের চেয়ে অ্যামোনিয়া সংগ্রহে ৭ থেকে ৯ গুণ বেশি খরচ পড়বে

অ্যামোনিয়া পোড়ানো যাবে এমন পরিমার্জিত এক গিগাওয়াট কয়লা বিদ্যুৎ কেন্দ্রে কয়লার সঙ্গে ৫০% অ্যামোনিয়া পোড়াতে বছরে লাগবে ৭ লাখ ৯০ হাজার ৯০০ টন অ্যামোনিয়া; আর ১০০%-র জন্য লাগবে ১ দশমিক ৫৮ মিলিয়ন টন। BNEF এর হিসাব বলছে, ২০৪০ সালে ১ গিগাওয়াট বিদ্যুতের জন্য কয়লার সঙ্গে ৫০% অ্যামোনিয়া পোড়াতে বছরে খরচ হবে ৩৪৫ থেকে ৪৪২ মিলিয়ন মার্কিন ডলার (চিত্র ২৮)। একই পরিমাণ বিদ্যুতের জন্য একই কেন্দ্রে ১০০% অ্যামোনিয়া পোড়ানোর খরচ পড়বে ২০৩০ সালে ৯৭৮ থেকে ১,২২৮ মিলিয়ন ডলার, ২০৪০ এ ৬৯১ থেকে ৮৮৫ মিলিয়ন ডলার, আর ২০৫০ সালে ৫৪৮ থেকে ৭৭৬ মিলিয়ন ডলার। উল্টোদিকে ১ গিগাওয়াট কয়লা বিদ্যুৎ কেন্দ্রে কেবল কয়লা পোড়াতে ২০৩০ সালে বাংলাদেশের খরচ হবে মাত্র ১৩৫ মিলিয়ন ডলার, ২০৪০ এ ১২০ মিলিয়ন ডলার আর ২০৫০-এ ১১১ মিলিয়ন ডলার। অর্থ্যাৎ, কয়লা সংগ্রহের চেয়ে অ্যামোনিয়া সংগ্রহে ৭ থেকে ৯ গুণ বেশি খরচ পড়বে।

4.1. হাইড্রোজেন ও অ্যামোনিয়া ব্যবহারে তাপ বিদ্যুৎ কেন্দ্রের পরিমার্জনে প্রান্তিক প্রত্যাহার খরচ

চিত্র ২৯: বিদ্যুৎ উৎপাদনে হাইড্রোজেনের সক্ষমতা



উৎস: বলুমবার্গএনইএফ

স্থানীয়ভাবে উৎপন্ন গ্রিন হাইড্রোজেন ব্যবহার করলে তাত্ত্বিকভাবে দূষণ কমানোর খরচ কম হওয়ার কথা (চিত্র ৩০)। তবে এই ধরনের জ্বালানি উৎপাদনের ক্ষেত্রে স্থানীয় পর্যায়ে নবায়নযোগ্য বিদ্যুতের ওপরই নির্ভর করতে হবে। ওই নবায়নযোগ্য বিদ্যুৎ ব্যবহার করে হাইড্রোজেন প্রস্তুত করার পর সেই হাইড্রোজেন দিয়ে ফের বিদ্যুৎ তৈরি হবে। এভাবে ঘুরিয়ে-পেঁচিয়ে নবায়নযোগ্য বিদ্যুতের ব্যবহার, সরাসরি নবায়নযোগ্য প্রযুক্তি থেকে বিদ্যুৎ উৎপাদনের চেয়ে কম কার্যকর ও বেশি খরচের।

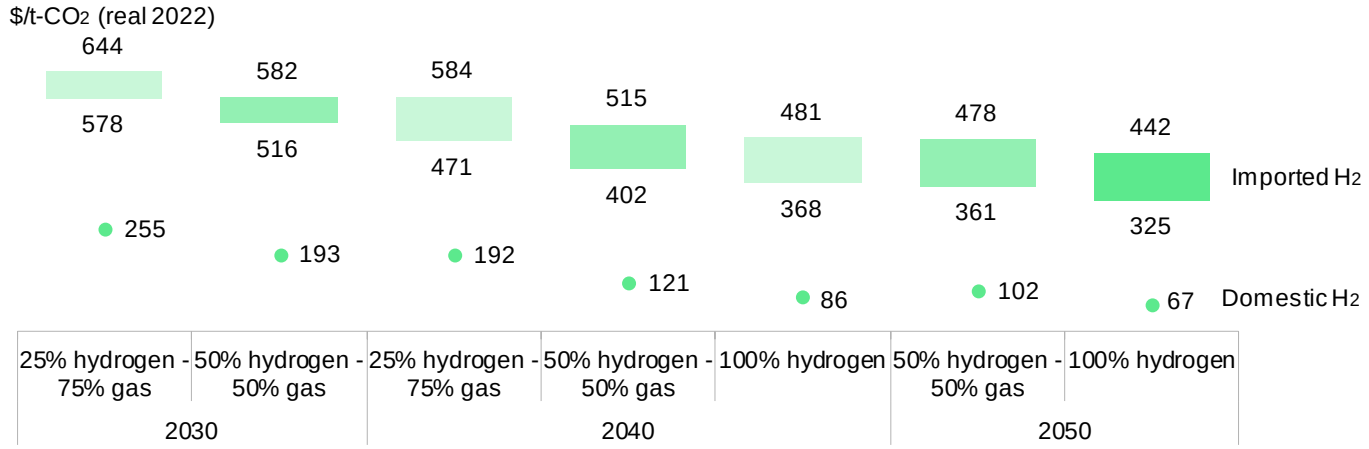
হাইড্রোজেনের জন্য পরিমার্জিত ১ গিগাওয়াট সিসিজিটি কেন্দ্রে স্থানীয়ভাবে যে পরিমাণ হাইড্রোজেন সরবরাহ করতে হবে, তার জন্য বাংলাদেশকে ৯ দশমিক ৩ গিগাওয়াটের সৌর বিদ্যুৎ প্রকল্প নিতে হবে।[2] অথচ ২ দশমিক ৮ গিগাওয়াটের সৌর বিদ্যুৎ কেন্দ্রই এই পরিমাণ বিদ্যুৎ উৎপাদন করতে পারবে। একই রকমভাবে অ্যামোনিয়া ব্যবহারের জন্য পরিমার্জিত ১ গিগাওয়াট কয়লা বিদ্যুৎ কেন্দ্রে স্থানীয়ভাবে অ্যামোনিয়া উৎপাদনে বাংলাদেশকে ৯ দশমিক ৯ গিগাওয়াট সক্ষমতার নতুন সৌরবিদ্যুৎ প্রকল্প নিতে হবে। অথচ সমপরিমাণ বিদ্যুৎ পেতে বাংলাদেশের লাগবে মাত্র ২ দশমিক ১ গিগাওয়াট সক্ষমতার সৌর বিদ্যুৎ কেন্দ্র, যা অ্যামোনিয়া উৎপাদনের জন্য বানানো সৌর বিদ্যুৎ কেন্দ্রের সক্ষমতার ৪ ভাগের একভাগ।

[2] এক কেজি হাইড্রোজেন উৎপাদনে ৫৩ কিলোওয়াট-ঘণ্টা (ইউনিট) বিদ্যুৎ লাগবে ধরে নিয়ে এই হিসাব করা হয়েছে।

No portion of this document may be reproduced, scanned into an electronic system, distributed, publicly displayed or used as the basis of derivative works without the prior written consent of Bloomberg Finance L.P. For more information on terms of use, please contact sales.bnef@bloomberg.net. Copyright and Disclaimer notice on page 59 applies throughout.

© Bloomberg Finance L.P.2023

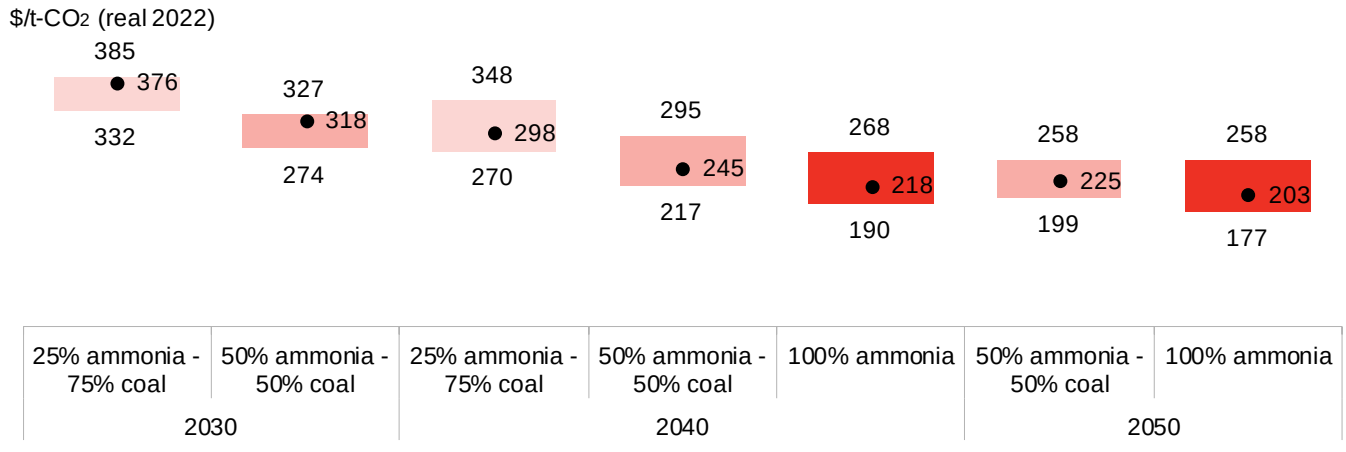
চিত্র ৩০: হাইড্রোজেনের জন্য পরিমার্জিত সিসিজিটি কেন্দ্রের প্রান্তিক প্রত্যাহার খরচ



উৎস: বলুমবার্গএনইএফ। দ্রষ্টব্য: শক্তির পরিমাণের ভিত্তিতে মিশ্রণ অনুপাত।

BNEF এর হিসাব বলছে, কয়লার সঙ্গে ২৫% অ্যামোনিয়া পোড়ানোর প্রেক্ষিতে দূষণ কমানোর খরচ ২০৩০ সালে থাকবে ৩৩২ থেকে ৩৮৫ ডলার/টন-কার্বন ডাই অক্সাইডের মধ্যে (চিত্র ৩১)। ৫০% অ্যামোনিয়া পোড়ালে ২০৪০ সালে এ খরচ হবে ২১৭ থেকে ২৯৫ ডলার/টন-কার্বন ডাই অক্সাইড, ২০৫০-এ ১৯৯ থেকে ২৫৮ ডলার/টন-কার্বন ডাই অক্সাইড। এই বিপুল ব্যয় শেষ পর্যন্ত বিদ্যুতের গ্রাহকদের কাঁধে বাড়তি খরচের বোঝা চাপাবে। বাংলাদেশ যদি কার্বন নির্গমনের জন্য এর ধারে-কাছেও কর ধার্য করে, তাহলে বিদ্যুৎ কেন্দ্রগুলোর মালিকরা সম্ভবত তাদের বিদ্যমান তাপ বিদ্যুৎ কেন্দ্রগুলো বন্ধ করে দেবেন এবং সস্তা নবায়নযোগ্য বিদ্যুৎ কেন্দ্র বানানোর পথেই হাঁটবেন।

চিত্র ৩১: অ্যামোনিয়া পোড়াতে পরিমার্জিত কয়লা বিদ্যুৎ কেন্দ্রের মার্জিনাল অ্যাবেটমেন্ট কস্ট



উৎস: বলুমবার্গএনইএফ। দ্রষ্টব্য: শক্তির পরিমাণের ভিত্তিতে মিশ্রণ অনুপাত।

© Bloomberg Finance L.P.2023
No portion of this document may be reproduced, scanned into an electronic system, distributed, publicly displayed or used as the basis of derivative works without the prior written consent of Bloomberg Finance L.P. For more information on terms of use, please contact sales.bnef@bloomberg.net. Copyright and Disclaimer notice on page 59 applies throughout.

4.2. নিরাপত্তা

চিত্র ৩২: ২০০৭ সালে মার্কিন যুক্তরাষ্ট্রে হাইড্রোজেন সংশ্লিষ্ট দুর্ঘটনা

উৎস: WHA International

উচ্চ মাত্রার দাহ্য হওয়ায় হাইড্রোজেন ও অ্যামেনিয়াকে বেশ সাবধানতার সঙ্গে কাজে লাগাতে হবে (টেবিল ১)। ২০১৩ সালে চীনের জিনলিন প্রদেশে অ্যামোনিয়া লিকেজের কারণে সৃষ্ট অগ্নিকাণ্ডে ১২০ জনের মৃত্যু হয়েছিল। একই বছর চীনেরই সাংহাইতে একটি হিমায়িত সামুদ্রিক খাবার কারখানায় অ্যামোনিয়া লিকেজের ঘটনায় ১৫ জন নিহত ও ২৫ জন আহত হয়। ২০১৭ সালে যুক্তরাষ্ট্রে ওহাইওতে একটি কয়লাচালিত বিদ্যুৎ কেন্দ্রের কুল্যান্ট (তাপমাত্রা কমাতে বা নিয়ন্ত্রণে ব্যবহৃত পদার্থ যেখানে থাকে) থেকে হাইড্রোজেন লিকেজের ঘটনায় সৃষ্ট বিস্ফোরণ এক জনের প্রাণ কেড়ে নিয়েছিল, আহত হয়েছিল ১০ জন। হাইড্রোজেনের কোনো গন্ধ বা বর্ণ না থাকায় এর লিকেজ শনাক্ত করা বেশ কষ্টসাধ্য।

অ্যামোনিয়াও উচ্চ মাত্রার বিষাক্ত গ্যাস; এর অনু পানির সঙ্গে বিক্রিয়া করে অ্যামোনিয়াম হাইড্রোক্সাইড বানাতে পারে যা ক্ষতিকারক এবং স্পর্শ লাগা মাত্র শরীরের ক্ষতি করতে পারে। গন্ধের কারণে অ্যামোনিয়ার লিকেজ শনাক্ত করা তুলনামূলক সহজ, তবে এর সংস্পর্শ প্রাণঘাতী হতে পারে।

টেবিল ১: অ্যামোনিয়া, হাইড্রোজেন এবং প্রাকৃতিক গ্যাসের নিরাপত্তাজনিত তুলনা

	অ্যামোনিয়া	হাইড্রোজেন	প্রাকৃতিক গ্যাস (মিথেন)
দাহ্যতা	দাহ্য	দাহ্য	দাহ্য
বিস্ফোরণ ক্ষমতা	তাপে বিস্ফোরিত হতে পারে	তাপে বিস্ফোরিত হতে পারে	তাপে বিস্ফোরিত হতে পারে
বিষাক্ততা	শ্বাসের সঙ্গে নিলে তীব্র বিষক্রিয়া সৃষ্টি করতে পারে, ত্বক/চোখ/শ্বাসযন্ত্রের ক্ষতি হয়।	বিষাক্ত নয়। তবে, হাইড্রোজেনের উচ্চ মাত্রা শরীরে অক্সিজেনের অভাব সৃষ্টি করতে পারে।	বিষাক্ত নয়। তবে, হাইড্রোজেনের উচ্চ মাত্রা শরীরে অক্সিজেনের অভাব সৃষ্টি করতে পারে।
গন্ধ	তীব্র (সহজেই বোঝা যায়)	নেই (সহজে বোঝা যায় না)	নেই (বুঝতে পারা কঠিন); গ্যাস কোম্পানিগুলি সাধারণত কৃত্রিম গন্ধ যোগ করে।
দৃশ্যমানতা (রং)	রংহীন (শনাক্ত করা কঠিন)	রংহীন (শনাক্ত করা কঠিন)	রংহীন (শনাক্ত করা কঠিন)

উৎস: ব্লুমবার্গএনইএফ, জিএইচএস শ্রেণিবিভাগ। লাল রং বিপদের সঙ্কেত। সবুজ রংয়ের অর্থ ক্ষতিকারক নয়।

© Bloomberg Finance L.P.2023

No portion of this document may be reproduced, scanned into an electronic system, distributed, publicly displayed or used as the basis of derivative works without the prior written consent of Bloomberg Finance L.P. For more information on terms of use, please contact sales.bnef@bloomberg.net. Copyright and Disclaimer notice on page 59 applies throughout.

Section 5. বাংলাদেশের অগ্রযাত্রার পথ

ক্রমবর্ধমান বিদ্যুতের চাহিদা মেটাতে নবায়নযোগ্য, বিশেষ করে সৌর বিদ্যুৎই হতে যাচ্ছে বাংলাদেশের জন্য সবচেয়ে সাশ্রয়ী পছন্দ। বিদ্যমান তাপ বিদ্যুৎ কেন্দ্রগুলোকে হাইড্রোজেন ও অ্যামোনিয়া পোড়ানোর উপযোগী করে পরিমার্জন আমাদের জন্য অর্থনৈতিকভাবে লাভবান হবে না। জ্বালানি নিয়ে ত্রিমুখী দোলাচলের সমাধানে, বাংলাদেশের উচিত হবে নবায়নযোগ্য শক্তির বিস্তারে গতি বাড়ানো, পাশাপাশি তাপ বিদ্যুৎ কেন্দ্রের বিস্তৃতি কমিয়ে আনা।

5.1. নবায়নযোগ্য শক্তির বিস্তার ত্বরান্বিত করা

বৃহদাকার সৌরবিদ্যুৎ কেন্দ্রের জন্য নিলাম পদ্ধতিকে কাজে লাগানো যেতে পারে

জনসংখ্যার উচ্চ ঘনত্বের কারণে বাংলাদেশে বিদ্যুৎ কেন্দ্র বানাতে জমি অধিগ্রহণই সবচেয়ে বড় চ্যালেঞ্জ। বাংলাদেশে এখন ১০০ বিঘার বেশি জমির মালিকানা রাখা যায় না, তার মধ্যে প্রত্যেক পরিবার সর্বোচ্চ ৬০ বিঘা কৃষি জমি রাখতে পারে। এর সঙ্গে জাতীয়ভাবে জমি নিবন্ধন প্রক্রিয়ায় যে দুরাবস্থা বিদ্যমান, তাতে বিদ্যুৎ প্রকল্পে আগ্রহীদের জন্য জমি অধিগ্রহণ আরও দুরূহ। জমি অধিগ্রহণ ও গ্রিড সংযোগসহ নবায়নযোগ্য বিদ্যুতের নিলাম করার ক্ষেত্রে বাংলাদেশ প্রতিবেশী ভারত ও কম্বোডিয়ার মতো অন্যান্য দেশের অভিজ্ঞতা নিতে পারে।

সঠিকভাবে করা নিলাম, তার সঙ্গে স্বচ্ছ নিয়মকানুন এ খাতে প্রতিযোগিতা বাড়াবে, তাতে নবায়নযোগ্য বিদ্যুতের দামও কমে আসবে। গ্রিড ও জমিতে প্রবেশাধিকার পাওয়ায় প্রকল্প নির্মাতাদের ঝুঁকির মাত্রা অনেক কমে যাবে, ফলশ্রুতিতে অর্থায়নের খরচও কমবে।

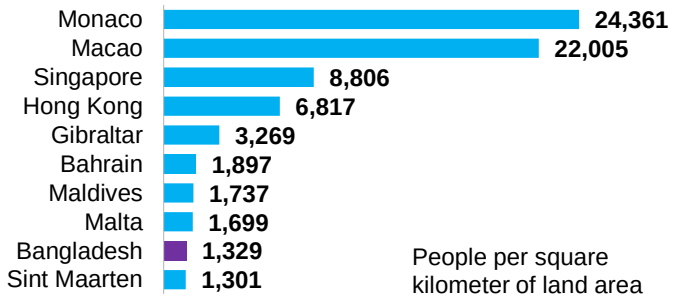
কেস স্টাডি: কম্বোডিয়ায় সোলার পার্ক নিলাম

কম্বোডিয়ায় প্রথম সৌর বিদ্যুতের নিলাম হয় ২০১৯ সালে। ১০০ মেগাওয়াট সোলার পার্ক বানানোর প্রথম ধাপে ৬০ মেগাওয়াট বিদ্যুৎ উৎপাদনের এই নিলামে আন্তর্জাতিক বিভিন্ন কোম্পানিসহ ২৬টি কোম্পানি অংশ নেয়। এই পার্কের জমি অধিগ্রহণ ও প্রয়োজনীয় গ্রিড অবকাঠামো নির্মাণ সরকারই করেছিল। এই পদক্ষেপ বিনিয়োগকারীদের দুটি বড় ঝুঁকি সরিয়ে নেয়। থাইভিত্তিক প্রাইম রোড অল্টারনেটিভ কোম্পানি ঘণ্টায় প্রতি মেগাওয়াট বিদ্যুতের জন্য ৩৮ দশমিক ৭৭ মার্কিন ডলার হেকে নিলামে বিজয়ী হয়ে যায়। অথচ নিলামের শুরুর দর ছিল ঘণ্টায় প্রতি মেগাওয়াট বিদ্যুতের জন্য ৭৬ ডলার।

এশীয় উন্নয়ন ব্যাংকের সঙ্গে মিলে করা ওই নিলাম ছিল দেশটির প্রথম সোলার বিদ্যুৎ ক্রয় প্রকল্প, যাতে ব্যাপক প্রতিযোগিতা দেখা যায়। ফলশ্রুতিতে থাইল্যান্ড দক্ষিণপূর্ব এশিয়ার দেশগুলোর মধ্যে সবচেয়ে কম দামে সৌরবিদ্যুৎ উৎপাদনে যেতে পারে। এই নিলাম দেখাচ্ছে, এমনকি একটি নতুন বাজারেও সরাসরি নিলাম পদ্ধতি বিনিয়োগকারীদের ঝুঁকি কমাতে যেমন সাহায্য করতে পারে, তেমনি নবায়নযোগ্য বিদ্যুতের দাম কমানোও ত্বরান্বিত করতে পারে।

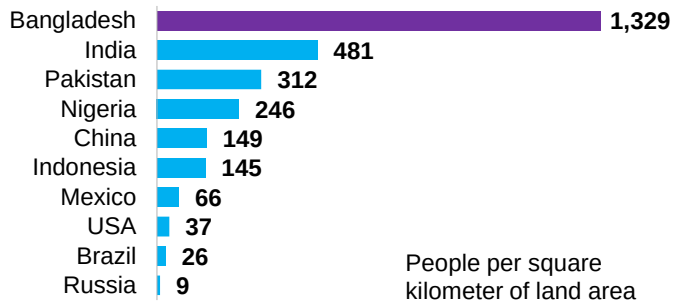
© Bloomberg Finance L.P.2023
No portion of this document may be reproduced, scanned into an electronic system, distributed, publicly displayed or used as the basis of derivative works without the prior written consent of Bloomberg Finance L.P. For more information on terms of use, please contact sales.bnef@bloomberg.net. Copyright and Disclaimer notice on page 59 applies throughout.

ছবি ৩৩: ২০২৩ সালে শীর্ষ ১০ ঘনবসতিপূর্ণ অর্থনীতি



উৎস: ইউনাইটেড ন্যাশনালস পপুলেশন ডিভিশন, ব্লুমবার্গএনইএফ

ছবি ৩৪: শীর্ষ ১০ জনবহুল দেশের জনসংখ্যার ঘনত্ব, ২০২৩



উৎস: ইউনাইটেড ন্যাশনালস পপুলেশন ডিভিশন, ব্লুমবার্গএনইএফ

ভবনের ছাদে ও ভাসমান সোলারে সহায়তা বাড়ানো

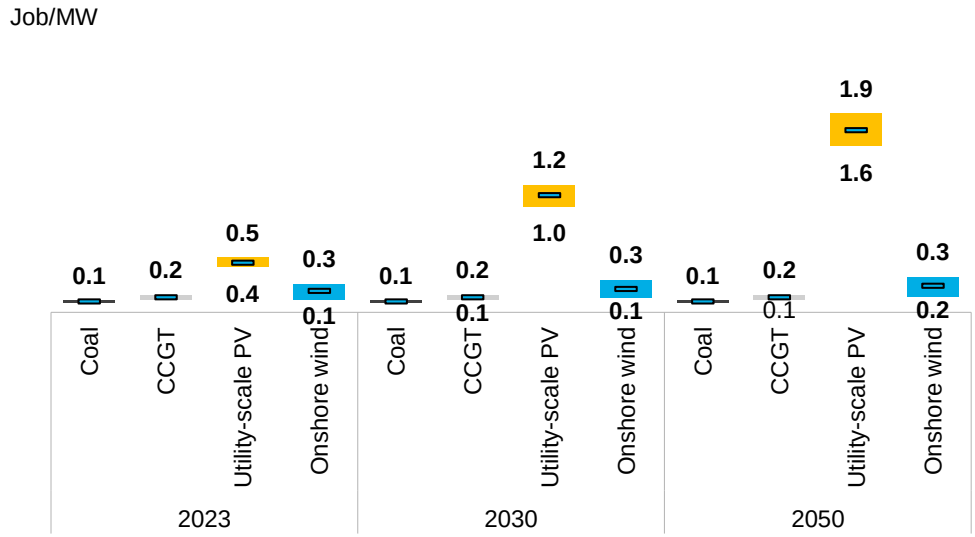
জমির স্বল্পতার কারণে বাংলাদেশের দরকার সম্ভাব্য সকল জায়গায় সৌর বিদ্যুৎ উৎপাদনের ব্যবস্থা করা। এর মধ্যে আছে ভবনের ছাদে ছোট আকারে সৌরবিদ্যুৎ উৎপাদনের যন্ত্রপাতি বসানো কিংবা পানির উপরের পৃষ্ঠে ভাসমান সৌরবিদ্যুৎ সিস্টেম (floating solar) স্থাপন করা। ভবনের ছাদে সোলারের যন্ত্রপাতি বসানোর ক্ষেত্রে বাংলাদেশ এরই মধ্যে মধ্যম মাত্রার সফলতা অর্জন করেছে, এজন্য সরকারের মালিকানাধীন একটি আর্থিক প্রতিষ্ঠান (ব্যাংক নয়) ইডকলের (IDCOL) সহায়তায় হওয়া নানান প্রকল্প ধন্যবাদ পেতে পারে। সরকারের নেট মিটারিং নীতিমালাও বিভিন্ন বাণিজ্যিক ও শিল্প-প্রতিষ্ঠানকে ভবনের ছাদে সৌরবিদ্যুৎ সিস্টেম স্থাপনের সঠিক পথে নিয়ে যাচ্ছে। নেট মিটারিংয়ের আওতায় সব ভবনকে আনা এবং থার্ড-পার্টি বিদ্যুৎ উৎপাদকদেরকে একাধিক কেন্দ্র স্থাপনের অনুমতি দিয়ে বাংলাদেশ ভবনের ছাদে সৌর বিদ্যুৎ উৎপাদনের গতি বাড়াতে পারে। বাংলাদেশের সরকারের উচিত ভাসমান সৌর বিদ্যুতের (Floating Solar PV System) ক্ষেত্রে কোন কোন জায়গার পানি ব্যবহার করা যাবে, তা নির্ধারণ ও সুনির্দিষ্ট করে দেওয়া। বাংলাদেশে ভাসমান সৌর বিদ্যুৎ সিস্টেম তুলনামূলক দ্রুতগতিতে এগিয়ে যাচ্ছে; এখন পর্যন্ত প্রায় ৩৫০ মেগাওয়াট ছাদ-ভিত্তিক সৌরবিদ্যুৎ সিস্টেমও স্থাপিত হয়েছে।

প্রযুক্তি সংশ্লিষ্ট চাকরির জন্য প্রশিক্ষণ কর্মসূচির পরিকল্পনা

নবায়নযোগ্য বিদ্যুৎ প্রকল্পগুলো দীর্ঘমেয়াদী কাজের সুযোগ সৃষ্টি করলে, তা বাংলাদেশের বিপুল বেকার যুবকের কর্মসংস্থানে ভূমিকা রাখবে। BNEF এর বিশ্লেষণ বলছে, তাপ বিদ্যুৎ কেন্দ্রের চেয়ে নবায়নযোগ্য বিদ্যুৎ কেন্দ্রে স্থানীয়দের চাকরি হওয়ার হার বেশি। নবায়নযোগ্য বিদ্যুৎ প্রকল্প ও সংশ্লিষ্ট প্রযুক্তিগুলোতে নতুন চাকরি সৃষ্টির সুযোগ পুরোপুরি কাজে লাগাতে সরকারকে এ বিষয়ক প্রশিক্ষণ চালু করতে হবে। নবায়নযোগ্য বিদ্যুতের বাজার বিকশিত হওয়ার সঙ্গে সঙ্গে এই প্রশিক্ষণ কর্মসূচিগুলোর আওতা যেন বাড়ে, তাও নিশ্চিত করতে হবে তাদের।

© Bloomberg Finance L.P.2023
No portion of this document may be reproduced, scanned into an electronic system, distributed, publicly displayed or used as the basis of derivative works without the prior written consent of Bloomberg Finance L.P. For more information on terms of use, please contact sales.bnef@bloomberg.net. Copyright and Disclaimer notice on page 59 applies throughout.

চিত্র ৩৫: প্রতি ১ মিলিয়ন ডলার ক্যাপেক্স বিনিয়োগে পরিচালন ও রক্ষণাবেক্ষণ কাজে অনুমিত চাকরি



উৎস: ব্লুমবার্গএনইএফ। দ্রষ্টব্য: ১ মিলিয়ন ডলার ক্যাপেক্স বিনিয়োগ ধরা হয়েছে ২০২২ এর হিসাবে।

5.2. তাপ বিদ্যুৎ কেন্দ্রের বিস্তার রোধ

বাংলাদেশ যতই তাপ বিদ্যুতের উৎপাদন বাড়াচ্ছে, ততই তারা জীবাশ্ম-জ্বালানি আমদানির ওপর নির্ভরশীল হয়ে পড়ছে। ফলশ্রুতিতে খরচও বাড়ছে। বাংলাদেশকে এ বছরের ফেব্রুয়ারিতে বিদ্যুৎ উৎপাদনে ব্যবহৃত প্রতি কিউবিক মিটার গ্যাসের দাম বাড়িয়ে ১৪ টাকা (৩ দশমিক ৮ ডলার/এমএমবিটিইউ) করতে হয়েছে, গত বছরের জুনেও এটা ছিল ৫ দশমিক ০২ টাকা (১ দশমিক ৫ ডলার/এমএমবিটিইউ)। ক্যাপটিভ পাওয়ারের (বা নিজস্ব উৎপাদন) ক্ষেত্রেও গ্যাসের মূল্য একই সময়ের ব্যবধানে ১৬ টাকা (৪ দশমিক ৭ ডলার/এমএমবিটিইউ) থেকে বাড়িয়ে প্রতি কিউবিক মিটারের জন্য ৩০ টাকা (৮ দশমিক ২ ডলার/এমএমবিটিইউ) করা হয়েছে।

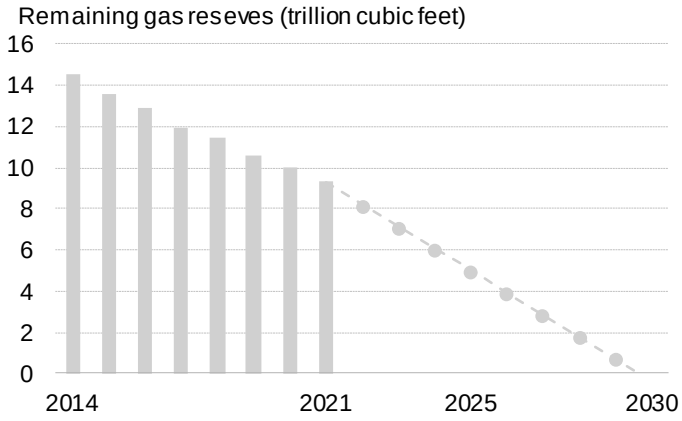
এখন যে গতিতে[3] গ্যাস লাগছে তাতে নতুন গ্যাসক্ষেত্র আবিষ্কার বা আধুনিকায়ন ছাড়া ২০৩০ পরবর্তী সময়ে বাংলাদেশকে পুরোদমে আমদানি করা তরলীকৃত প্রাকৃতিক গ্যাসের (এলএনজি) ওপর নির্ভরশীল হয়ে পড়তে হবে। আমাদের সেনসিটিভিটি বিশ্লেষণ দেখাচ্ছে, জ্বালানির দাম কমলে নবায়নযোগ্য বিদ্যুৎ ও তাপ বিদ্যুৎ কেন্দ্রের খরচের মধ্যে যে অসমতা বিদ্যমান, তা কয়েক বছর দীর্ঘায়িত হলেও দীর্ঘমেয়াদে বাংলাদেশের বিদ্যুৎ খাতের জন্য যে সৌর এবং বায়ুবিদ্যুৎই সবচেয়ে লাভজনক হবে, সেই গতিপথে কোনো পরিবর্তন হবে না। আরও বিস্তারিত জানতে পরিশিষ্ট E দেখুন।

[3] ২০১৭ থেকে ২০২১ সাল পর্যন্ত বাংলাদেশের প্রতিদিনের গড় গ্যাস উৎপাদন ছিল ২ হাজার ৯৪০ মিলিয়ন কিউবিক ফিট। (link)

No portion of this document may be reproduced, scanned into an electronic system, distributed, publicly displayed or used as the basis of derivative works without the prior written consent of Bloomberg Finance L.P. For more information on terms of use, please contact sales.bnef@bloomberg.net. Copyright and Disclaimer notice on page 59 applies throughout.

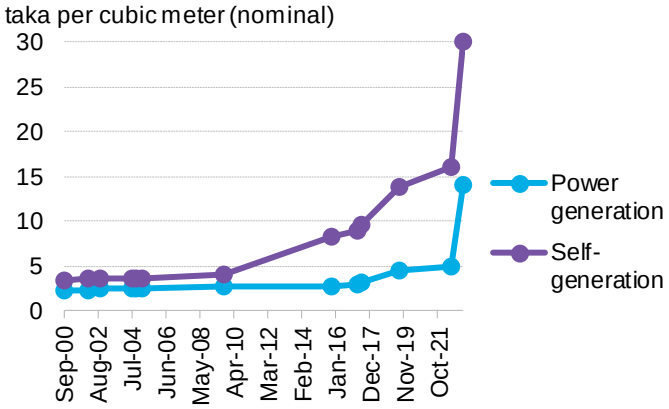
© Bloomberg Finance L.P.2023

চিত্র ৩৬: বাংলাদেশের গ্যাসের মজুদ, পুরনো ট্রেন্ড এবং মজুদ শেষ হওয়ার অনুমান



উৎস: ব্লুমবার্গএনইএফ, পেট্রোবাংলা। দ্রষ্টব্য: ২০১৭ থেকে ২০২১ সাল পর্যন্ত বার্ষিক গ্যাস উৎপাদনের গড় ব্যবহার করে স্থানীয় গ্যাসের মজুদ কবে শেষ হতে পারে তা অনুমান করা হয়েছে।

চিত্র ৩৭: বাংলাদেশে বিদ্যুৎ উৎপাদনে ব্যবহৃত গ্যাসের দাম



উৎস: পেট্রোবাংলা।

জীবাশ্ম-জ্বালানি আমদানির বিপুল খরচ, তার সঙ্গে মহামারীর ঋণাত্মক প্রভাব, বাংলাদেশের বৈদেশিক মুদ্রার রিজার্ভও হু হু করে কমাচ্ছে, যার দরুন দেশটির মুদ্রার মান দুর্বল হয়ে পড়ছে। এজন্য জীবাশ্ম জ্বালানি আমদানির বিল মেটানোও কঠিন হয়ে যাচ্ছে। উদাহরণস্বরূপ, কয়লা আমদানির বিল মেটাতে না পারায় পায়রা কয়লাচালিত বিদ্যুৎ কেন্দ্রের দুটি ৬৬০ মেগাওয়াট ইউনিটের একটিকে এ বছরের ২৫ মে বন্ধ করে দিতে হয়েছিল। বাংলাদেশে বিদ্যমান অনেক তাপ বিদ্যুৎ কেন্দ্র বানানো হয়েছে বেসরকারি বিনিয়োগকারীদের সঙ্গে অংশীদারিত্বের ভিত্তিতে, সেসব বিদ্যুৎ কেন্দ্রে ক্যাপাসিটি পেমেন্টসহ বিদ্যুৎ ক্রয়ের ক্ষেত্রে নানান শক্তিশালী বিদ্যুৎ ক্রয় চুক্তি আছে। এর মানে হচ্ছে, ওই কেন্দ্রগুলোর পুরো সক্ষমতা কাজে লাগানো না গেলেও, তারা আংশিক পেমেন্ট পেতেই থাকবে। এ ধরনের পদ্ধতি বিদ্যুৎ কেন্দ্রে বিনিয়োগের পথ সুগম করলেও তা দেশের ওপর আর্থিক বোঝা এবং এইসব চুক্তি ভবিষ্যতে নবায়নযোগ্য বিদ্যুতের বিস্তারেও বাধা হয়ে আছে।

তাপ বিদ্যুৎ কেন্দ্রের সংখ্যা সীমিত করে এবং আরও বেশি নবায়নযোগ্য বিদ্যুৎ কেন্দ্র স্থাপনের মাধ্যমে বাংলাদেশ তাদের বিদ্যুতের খরচ ও দূষণ কমিয়ে আনতে পারে, জ্বালানি নিরাপত্তার উন্নতি ঘটাতে পারে। নবায়নযোগ্য বিদ্যুতে বিনিয়োগ দেশটির অর্থনৈতিক উন্নয়নে সহায়তা এবং আরও নানান সুযোগ সৃষ্টি করতে পারে।

© Bloomberg Finance L.P.2023

No portion of this document may be reproduced, scanned into an electronic system, distributed, publicly displayed or used as the basis of derivative works without the prior written consent of Bloomberg Finance L.P. For more information on terms of use, please contact sales.bnef@bloomberg.net. Copyright and Disclaimer notice on page 59 applies throughout.

পরিশিষ্ট

Appendix A. গড় উৎপাদন খরচ (LCOE) অনুমান

টেবিল ২: এলসিওই অনুমান, ন্যূনতম

প্রযুক্তি	সূচক	একক	২০২৩	২০৩০	২০৫০
কয়লা	ক্যাপেক্স (মূলধনী ব্যয়)	$/MW	১,৭০০,০০০	১,৯৬১,১০৩	২,৯৩৩,৫৭০
	স্থির পরিচালন ব্যয়	$/MW/বছর	৩৪,০০০	৩৮,১৭৯	৫৬,৪৪২
	পরিবর্তনশীল পরিচালন ব্যয়	$/MW	২.৪৩	২.৭	৪.০৩
	ক্যাপাসিটি ফ্যাক্টর	%	৩৬	৩৭	৩৭
	হার্ডল IRR	%	১৪	১৪	১৪
	ঋণের খরচ	bps	৮১০	৮১০	৮১০
	ঋণ-ইক্যুইটি অনুপাত	%	৭৫	৫৬	৪৯.৩
	ঋণের মেয়াদ	বছর	১৭	১৭	১৭
সিসিজিটি	ক্যাপেক্স (মূলধনী ব্যয়)	$/MW	১,২০০,০০০	১,৩৮৪,৩০৮	২,০৭০,৭৫৫
	স্থির পরিচালন ব্যয়	$/MW/বছর	৩৬,০০০	৪০,৪২৫	৫৯,৭৬২
	পরিবর্তনশীল পরিচালন ব্যয়	$/MW	১.৭১	১.৯	২.৮৪
	ক্যাপাসিটি ফ্যাক্টর	%	৪৯	৫০	৫০
	হার্ডল IRR	%	১৪	১৪	১৪
	ঋণের খরচ	bps	৮১০	৮১০	৮১০
	ঋণ-ইক্যুইটি অনুপাত	%	৭৫	৬৮	৬৫
	ঋণের মেয়াদ	বছর	১৭	১৭	১৭
বৃহদাকার সৌরবিদ্যুৎ	ক্যাপেক্স (মূলধনী ব্যয়)	$/MW	১,২০০,০০০	৫৮০,৯১৬	৫৩৩,৮৫২
	স্থির পরিচালন ব্যয়	$/MW/বছর	১২,০০০	১১,৪৯৫	১৫,১৭০
	পরিবর্তনশীল পরিচালন ব্যয়	$/MW	-	-	-
	ক্যাপাসিটি ফ্যাক্টর	%	১৬	১৬	১৬
	হার্ডল IRR	%	১৪	১২	৭
	ঋণের খরচ	bps	৮১০	৫৩৪	৪৫৩
	ঋণ-ইক্যুইটি অনুপাত	%	৭৫	৭৫	৭৫
	ঋণের মেয়াদ	বছর	১৫	১৫	১৫
স্থলভাগে বায়ুবিদ্যুৎ	ক্যাপেক্স (মূলধনী ব্যয়)	$/MW	১,৯০১,৯০০	১,৮৮৪,৭৫০	২,৩১২,২৬৯

© Bloomberg Finance L.P.2023
No portion of this document may be reproduced, scanned into an electronic system, distributed, publicly displayed or used as the basis of derivative works without the prior written consent of Bloomberg Finance L.P. For more information on terms of use, please contact sales.bnef@bloomberg.net. Copyright and Disclaimer notice on page 59 applies throughout.

	স্থির পরিচালন ব্যয়	$/MW/বছর	৩৭,৫০০	৩৬,৫৭৮	৪৫,৬৫৫
	পরিবর্তনশীল পরিচালন ব্যয়	$/MW	-	-	-
	ক্যাপাসিটি ফ্যাক্টর	%	১৭	২৯	৩৪
	হার্ডল IRR	%	১৪	১২	৭
	ঋণের খরচ	bps	৮১০	৫৩৪	৪৫৩
	ঋণ-ইক্যুইটি অনুপাত	%	৭৫	৭৫	৭৫
	ঋণের মেয়াদ	বছর	১৫	১৫	১৫

উৎস: বলুমবার্গএনইএফ

জীবাশ্ম-জ্বালানিভিত্তিক বিদ্যুৎ কেন্দ্র পরিমার্জনে সংযোজন

হাইড্রোজেন, অ্যামোনিয়া বা বায়োমাস মেশাতে তাপ বিদ্যুৎ কেন্দ্রগুলোর পরিমার্জনের ক্ষেত্রে সেগুলোতে নতুন উপকরণ বা ব্যবস্থা সংযোজনের প্রয়োজন হবে। গুরুত্বপূর্ণ অংশীজনের সাক্ষাৎকার এবং নানান অনুসন্ধানী প্রতিবেদনের ভিত্তিতে আমাদের গবেষণায় বিদ্যুৎ কেন্দ্র পরিমার্জনে প্রকল্প ব্যয় ও সক্ষমতায় কী ধরনের পরিবর্তন আসবে সে সম্পর্কিত অনুমানের সারসংক্ষেপ নিচে টেবিল ৩-এ দেওয়া হল।

টেবিল ৩: হাইড্রোজেন, অ্যামোনিয়া বা বায়োমাস পোড়াতে জীবাশ্ম-জ্বালানিভিত্তিক কেন্দ্র আধুনিকায়নের প্রভাব

	অ্যামোনিয়ার জন্য কয়লা বিদ্যুৎ কেন্দ্রে সরঞ্জাম সংযোজন	বায়োমাসের জন্য কয়লা বিদ্যুৎ কেন্দ্রে সরঞ্জাম সংযোজন	হাইড্রোজেনের জন্য গ্যাসভিত্তিক সিসিজিটি বিদ্যুৎ কেন্দ্রে সরঞ্জাম সংযোজন
ক্যাপেক্স (মূলধনী ব্যয়)	কয়লা ক্যাপেক্সের ১১%	কয়লা ক্যাপেক্সের ৪.৫%	সিসিজিটি ক্যাপেক্সের ২০%
পরিবর্তনশীল পরিচালন ব্যয়	প্রযোজ্য নয়	প্রযোজ্য নয়	সিসিজিটির পরিবর্তনশীল পরিচালন ব্যয় থেকে +২০%
স্থির পরিচালন ব্যয়	কয়লার স্থির পরিচালন ব্যয় থেকে +১০%	প্রযোজ্য নয়	সিসিজিটির স্থির পরিচালন ব্যয় থেকে +১২.৫%
কর্মক্ষমতা	কয়লা বিদ্যুৎ কেন্দ্রের কর্মক্ষমতা থেকে -১২%	কয়লা বিদ্যুৎ কেন্দ্রের কর্মক্ষমতা থেকে -৪%	সিসিজিটি কেন্দ্রের কর্মক্ষমতা থেকে
-৭.৫%			
নির্গমন হ্রাস	জ্বালানিতে অ্যামোনিয়া মিশ্রণের অনুপাতের মতো	জ্বালানিতে বায়োমাসের মিশ্রণের অনুপাতের মতোই	জ্বালানিতে হাইড্রোজেন মিশ্রণ অনুপাতের মতো
জীবদ্দশা	২০ বছর	২০ বছর	২০ বছর

উৎস: বলুমবার্গএনইএফ। দ্রষ্টব্য: মূল বিদ্যুৎ কেন্দ্রের উপযোগিতা পুরোপুরি শেষ হওয়ার পর নতুন সরঞ্জাম সংযোজিত হবে বলে ধরে নেওয়া হয়েছে।

অ্যামোনিয়ার জন্য কয়লা বিদ্যুৎ কেন্দ্র পরিমার্জনে চুল্লির আধুনিকায়ন করতে হবে; এর সঙ্গে অ্যামোনিয়া গ্রহণ ও সংরক্ষণেও অতিরিক্ত খরচ হবে। প্রতিটি কেন্দ্রের দহন কৌশলে বেরিয়ে আসা নাইট্রোজেন অক্সাইডের নির্গমন নিয়ন্ত্রণও বেশ গুরুত্ব পাবে। কয়লার সঙ্গে ২০% -র বেশি অ্যামোনিয়া পোড়ানোর মতো পরিমার্জন এখন পর্যন্ত পরীক্ষা করে দেখা হয়নি, বাণিজ্যিকভাবেও দেখা যায়নি। জাপানে কয়লার সঙ্গে ২০% অ্যামোনিয়া পোড়ানোর জন্য কেন্দ্র পরিমার্জনে যে খরচ, আমাদের গবেষণায় তা ব্যবহার করেই ২৫%, ৫০%, ৭৫% ও ১০০% অ্যামোনিয়া পোড়ানোর খরচ হিসাব করা হয়েছে। বাস্তবে, কয়লার সঙ্গে বেশি পরিমাণে অ্যামোনিয়া পোড়াতে বেশি খরচ হবে, কেননা, এক্ষেত্রে চুল্লিগুলোর বড়সড়

No portion of this document may be reproduced, scanned into an electronic system, distributed, publicly displayed or used as the basis of derivative works without the prior written consent of Bloomberg Finance L.P. For more information on terms of use, please contact sales.bnef@bloomberg.net. Copyright and Disclaimer notice on page 59 applies throughout.
© Bloomberg Finance L.P.2023

আধুনিকায়ন লাগবে, এমনকী সেগুলো বদলানোও লাগতে পারে। উচ্চ অনুপাতে অ্যামোনিয়া পোড়ানোর ক্ষেত্রে অ্যামোনিয়া সংরক্ষণে ব্যবহৃত ট্যাংকও বড় লাগবে। নির্গত হওয়া নাইট্রোজেন অক্সাইড আটকাতে আরও আধুনিক যন্ত্রপাতির দরকার হবে। বিস্তারিত জানতে দেখুন-*Japan's Costly Ammonia Coal Co-Firing Strategy* (ওয়েব | টার্মিনাল)।

পরিমার্জিত কয়লা বিদ্যুৎ কেন্দ্রে বায়োমাস পোড়ানোর ক্ষেত্রে, বিশেষ করে কম মিশ্রণ অনুপাতে, বায়োমাসের ফিডস্টক (কাঁচামাল) সংরক্ষণে সক্ষম এমন আচ্ছাদিত নতুন সাইলোর মতো সামান্য আধুনিকায়ন লাগবে। এর কারণ, কম অনুপাতে মিশ্রণের সুবাধে, মিশ্রিত বায়োমাসের পরিমাণ হবে যৎসামান্য। অ্যামোনিয়ার মতোই, উচ্চ অনুপাতে বায়োমাস মিশ্রণেও বড় ধরনের খরচাপাতি লাগবে, কেননা এক্ষেত্রে মিশ্রণের আগে বিপুল পরিমাণ বায়োমাসকে আলাদা আলাদাভাবে প্রক্রিয়াজাত করতে হবে।

হাইড্রোজেন দহনের ক্ষেত্রেও কেন্দ্রগুলোতে নতুন সরঞ্জামাদি লাগবে, যার মধ্যে আছে উচ্চ দহন তাপমাত্রায় টিকে থাকতে সক্ষম উপকরণ। এই উচ্চ দহন তাপমাত্রার সঙ্গে সামঞ্জস্যপূর্ণ নানান কার্যক্রম ও রক্ষণাবেক্ষণ লাগবে, সরঞ্জামাদি ঠাণ্ডা করতে পানির ব্যবহারও বাড়াতে হবে। এতসব ব্যবস্থার জন্য একদিকে বাড়তি খরচ লাগবে, অন্যদিকে সময়ের সঙ্গে সঙ্গে এই ব্যবস্থাপনার কর্মদক্ষতাও কমতে থাকবে। BNEF তাদের বিশ্লেষণের ক্ষেত্রে ২০১৯ থেকে ২০৪০ সালের মধ্যে হাইড্রোজেন গ্যাস টারবাইনের তুলনায় অত্যাধুনিক প্রাকৃতিক গ্যাস টারবাইনের প্রাক্কলিত ব্যয় ও কর্মদক্ষতার তুলনা দেখতে বলেছে। বাড়তি খরচ ও সংযোজিত কেন্দ্রগুলোর কম কর্মদক্ষতা বের করতে তারা আলাদা করে এই দুই ক্যাটাগরির গড় নিয়েছে এবং তা সিসিজিটি কেন্দ্রের ক্ষেত্রে প্রয়োগ করেছে। বিস্তারিত জানতে দেখুন- *Hydrogen: The Economics of Power Generation* (ওয়েব | টার্মিনাল)।

সরঞ্জাম সংযোজিত কয়লা বিদ্যুৎ কেন্দ্রে সাধারণত যে বায়োমাস পোড়ানো হয়, তার মিশ্রণ অনুপাত থাকে খুবই কম। অবশ্য কিছু কিছু কেন্দ্র ১০০% বায়োমাসও পোড়ায়। কয়লার সঙ্গে কম অনুপাতে বায়োমাস পোড়ানোর উপযোগী বিদ্যুৎ কেন্দ্রের ক্ষেত্রে বায়োমাস সংরক্ষণে উপযোগী নতুন আচ্ছাদিত সাইলোর মতো সামান্য আধুনিকায়নই দরকার হবে।

© Bloomberg Finance L.P.2023
No portion of this document may be reproduced, scanned into an electronic system, distributed, publicly displayed or used as the basis of derivative works without the prior written consent of Bloomberg Finance L.P. For more information on terms of use, please contact sales.bnef@bloomberg.net. Copyright and Disclaimer notice on page 59 applies throughout.

Appendix B. বাংলাদেশের জন্য পরিচ্ছন্ন জ্বালানির অনুমিত খরচ

হাইড্রোজেন লেবেলিং

হাইড্রোজেন উৎপাদনের পদ্ধতি অনুযায়ী হাইড্রোজেনের আগে গ্রিন বা ব্লু-র মতো লেবেলিং ব্যবহার করা হয়। আলাদা আলাদা উৎপাদন পদ্ধতিতে নির্গত গ্রিনহাউজ গ্যাসের পরিমাণও আলাদা হয়। হাইড্রোজেনের ক্ষেত্রে সবচেয়ে কমন যেসব লেবেল ব্যবহৃত হয়, সেগুলো হচ্ছে-

- গ্রিন: এই পদ্ধতিতে নবায়নযোগ্য বিদ্যুতের সাহায্যে পানির তড়িৎ বিশ্লেষণ করে হাইড্রোজেনকে আলাদা করা হয়। এতে যৎসামান্য পরিমাণ কিংবা একেবারেই কোনো গ্রিনহাউজ গ্যাস নির্গত হয় না।
- ব্লু: মিথেনের স্টিম রিফর্মিং বা কার্বন ডাই অক্সাইড ধারণ ও সংরক্ষণ পদ্ধতির (সিসিএস) সাহায্যে কয়লাকে গ্যাসে রূপান্তর করে হাইড্রোজেন উৎপাদন করা। এতে যে পরিমাণ গ্রিনহাউজ গ্যাস নির্গত হয়, তা গ্রিনের তুলনায় বেশি হলেও গ্রে হাইড্রোজেনের তুলনায় কম।
- গ্রে: এই পদ্ধতিতে সিসিএস পদ্ধতি ছাড়াই মিথেনের স্টিম রিফর্মিং বা কয়লাকে গ্যাসে রূপান্তর করে হাইড্রোজেন উৎপাদন করা হয়। বর্তমানে এটিই হাইড্রোজেন উৎপাদনের সবচেয়ে কমন পদ্ধতি, এতে বিপুল পরিমাণ কার্বন ডাই অক্সাইড গ্যাস নির্গত হয়।

BNEF এর গবেষণায় তিনটি আলাদা প্রকারের পরিচ্ছন্ন গ্যাসকে বিবেচনায় নেওয়া হয়েছে: বাংলাদেশে প্রস্তুতকৃত গ্রিন হাইড্রোজেন/অ্যামোনিয়া, অস্ট্রেলিয়া থেকে আমদানিকৃত গ্রিন হাইড্রোজেন/অ্যামোনিয়া এবং মধ্য প্রাচ্য থেকে আমদানিকৃত ব্লু হাইড্রোজেন/অ্যামোনিয়া। অস্ট্রেলিয়া এবং মধ্য প্রাচ্য উভয়েই পরিচ্ছন্ন হাইড্রোজেন রপ্তানিকারক হতে চাইছে। অস্ট্রেলিয়ার আছে সস্তা সৌর বিদ্যুৎ, সঙ্গে বিস্তীর্ণ ভূমি। আর মধ্য প্রাচ্যের আছে তেল-গ্যাসের প্রাচুর্য, পাশাপাশি সেখানে কার্বন সংরক্ষণাগার বানানোর সম্ভাবনাও ব্যাপক। এসব সুবিধাকে কাজে লাগিয়ে এই দুই অঞ্চলের অনেক কোম্পানিই হাইড্রোজেনের সরবরাহ চেইন গড়ে তুলতে অন্যান্য দেশের হাইড্রোজেন ক্রেতাদের সঙ্গে অংশীদারিত্বের সম্পর্ক তৈরি করছে।

BNEF এর গবেষণায় কার্বন নির্গমন কমানো ছাড়া জীবাশ্ম-জ্বালানিভিত্তিক হাইড্রোজেন বা অ্যামোনিয়াকে বিবেচনায় নেওয়া হয়নি। অবশ্য বর্তমানে উৎপাদিত প্রায় সব হাইড্রোজেন আর অ্যামোনিয়াই গ্রে। কার্বন নির্গমন না কমিয়ে এ ধরনের গ্যাসের ব্যবহার শুরুতেই বাদ দেওয়া যায়। অনেক দেশ এখন 'লোকার্বন' হাইড্রোজেন বা অ্যামোনিয়া নামে পরিচ্ছন্ন গ্যাস ব্যবহারে উৎসাহও দিচ্ছে।

হাইড্রোজেন/অ্যামোনিয়া জ্বালানির দাম আমরা অনুমান করেছি হাইড্রোজেন উৎপাদনের খরচ, অ্যামোনিয়াতে রূপান্তর, (প্রয়োজন হলে ফের হাইড্রোজেনে রূপান্তর) এবং বাংলাদেশে পাঠানোর খরচ বিবেচনায় নিয়ে।

হাইড্রোজেন উৎপাদন

অ্যামোনিয়া যেহেতু হাইড্রোজেন থেকেই উৎপাদিত হয়, তাই আমরা BNEF হাইড্রোজেন প্রজেক্ট ভ্যালুয়েশন মডেলে হাইড্রোজেনের উৎপাদন খরচ যা দেখানো হয়েছে, তার ওপরই নির্ভর করছি। নিচে হাইড্রোজেন উৎপাদনে ব্যবহৃত বিভিন্ন প্রযুক্তি সম্বন্ধে অনুমান করা হল-

- বাংলাদেশ: অ্যালকালাইন ইলেক্ট্রোলাইসিস (পানির তড়িৎ বিশ্লেষণ), যাতে সৌর বিদ্যুৎ প্রকল্প ও চীনা ইলেক্ট্রোলাইজার ব্যবহার করা হবে (গ্রিন হাইড্রোজেন)

© Bloomberg Finance L.P.2023
No portion of this document may be reproduced, scanned into an electronic system, distributed, publicly displayed or used as the basis of derivative works without the prior written consent of Bloomberg Finance L.P. For more information on terms of use, please contact sales.bnef@bloomberg.net. Copyright and Disclaimer notice on page 59 applies throughout.

- অস্ট্রেলিয়া: ট্র্যাকিং সৌর বিদ্যুৎ প্রকল্প ও পশ্চিমা ইলেক্ট্রোলাইজার ব্যবহার করে অ্যালকালাইন ইলেক্ট্রোলাইসিস (গ্রিন হাইড্রোজেন) ব্যবহার করা হবে
- মধ্য প্রাচ্য: প্রাকৃতিক গ্যাস ব্যবহার করে স্টিম মিথেন রিফর্মিং (ব্লু হাইড্রোজেন) পদ্ধতি ব্যবহার করা হবে

হাইড্রোজেন থেকে অ্যামোনিয়ায় রূপান্তর

এরপর, আমরা হাইড্রোজেন থেকে অ্যামোনিয়ায় রূপান্তরে নিচের অনুমিত খরচ যোগ করেছি। আমরা ধারণা করছি, ২০২৭ পরবর্তী সময়ে এর চাহিদা ব্যাপক বাড়বে এবং রূপান্তরের খরচ ক্রমাগত নামতে থাকবে।

টেবিল ৪: হাইড্রোজেন থেকে অ্যামোনিয়ায় রূপান্তরের খরচ

	ডলার/কেজি হাইড্রোজেন, ২০২২ এর হিসাবে
২০২৭ পর্যন্ত	১.৬১
২০২৮-২০৪৯	২০২৭ এবং ২০৫০ সালের মান ব্যবহার করে প্রতি বছরের ক্ষেত্রে লিনিয়ার ইন্টারপোলেশন
২০৫০	১.০০

উৎস: ব্লুমবার্গএনইএফ

অ্যামোনিয়া পরিবহন

বাইরে উৎপাদিত অ্যামোনিয়া বাংলাদেশে আনতে হবে। অস্ট্রেলিয়া এবং মধ্য প্রাচ্যে উৎপাদিত অ্যামোনিয়া বাংলাদেশে জাহাজে করে আনতে বাড়তি কী খরচ লাগতে পারে, তার একটা অনুমান নিচে দেওয়া হয়েছে। জাহাজে করে অ্যামোনিয়া পরিবহনের দূরত্ব হিসাবে এলএনজি আমদানির পথকে বিবেচনায় নেওয়া হয়েছে। সেই হিসাবে অস্ট্রেলিয়ার ডেম্পিয়ার থেকে বাংলাদেশের দূরত্ব দাঁড়ায় ৩ হাজার ৮৪ নটিক্যাল মাইল, আর সংযুক্ত আরব আমিরাতের দাস আইল্যান্ড থেকে বাংলাদেশের দূরত্ব হয় ৩ হাজার ২৬৬ নটিক্যাল মাইল। জাহাজে করে অ্যামোনিয়া পরিবহনের চল আছে, সেইসব খরচ ধরেই এ মডেলিং করা হয়েছে-

- অস্ট্রেলিয়া থেকে পরিবহনে: ০. ২১ মার্কিন ডলার/কেজি হাইড্রোজেন (২০২২ এর হিসাবে)
- মধ্য প্রাচ্য থেকে পরিবহনে: ২.২২ মার্কিন ডলার/কেজি হাইড্রোজেন (২০২২ এর হিসাবে)

ফের অ্যামোনিয়া থেকে হাইড্রোজেনে রূপান্তর

শেষ পর্যন্ত যেখানে ব্যবহৃত হবে, সেখানে যদি অ্যামোনিয়া না লেগে হাইড্রোজেন লাগে, তাহলে জাহাজে পরিবহন করা অ্যামোনিয়াকে ফের হাইড্রোজেনে রূপান্তর করতে হবে। অ্যামোনিয়ার মতোই, নিচে হাইড্রোজেনে রূপান্তরের খরচ দেখানো হলো।.

টেবিল ৫: অ্যামোনিয়া থেকে হাইড্রোজেনে রূপান্তরের খরচ

	ডলার/কেজি হাইড্রোজেন, ২০২২ এর হিসাবে
২০২৭ পর্যন্ত	১.৬৩
২০২৮-২০৪৯	২০২৭ এবং ২০৫০ সালের মান ব্যবহার করে প্রতি বছরের ক্ষেত্রে লিনিয়ার ইন্টারপোলেশন

© Bloomberg Finance L.P.2023
No portion of this document may be reproduced, scanned into an electronic system, distributed, publicly displayed or used as the basis of derivative works without the prior written consent of Bloomberg Finance L.P. For more information on terms of use, please contact sales.bnef@bloomberg.net. Copyright and Disclaimer notice on page 59 applies throughout.

২০৫০	১.০৭

উৎস: ব্লুমবার্গএনইএফ

© Bloomberg Finance L.P.2023

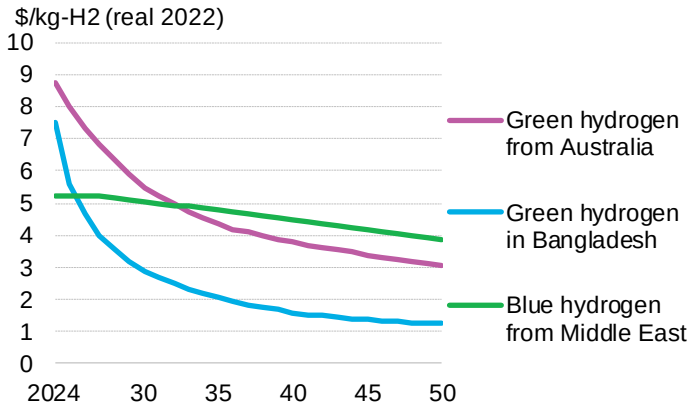
No portion of this document may be reproduced, scanned into an electronic system, distributed, publicly displayed or used as the basis of derivative works without the prior written consent of Bloomberg Finance L.P. For more information on terms of use, please contact sales.bnef@bloomberg.net. Copyright and Disclaimer notice on page 59 applies throughout.

Appendix C. হাইড্রোজেন ও অ্যামোনিয়ার উৎপাদন খরচ

২০২৬ ও তার পরবর্তী সময়ে দেশে উৎপাদিত গ্রিন হাইড্রোজেই হবে সবচেয়ে সস্তা

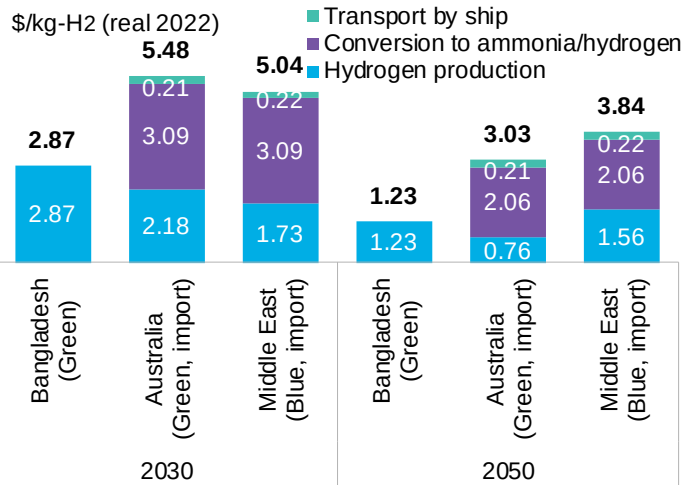
BNEF এর গবেষণায় হাইড্রোজেনের যেসব ধরন বিবেচনায় নেওয়া হয়েছে, তার মধ্যে ২০২৫ সাল পর্যন্ত মধ্য প্রাচ্য থেকে আমদানি করা ব্লু হাইড্রোজেনই বাংলাদেশের জন্য সবচেয়ে সাশ্রয়ী হবে (চিত্র ৩৮)। ২০২৬ সালে বাংলাদেশে উৎপাদিত গ্রিন হাইড্রোজেন মধ্য প্রাচ্যের ব্লু হাইড্রোজেনের উৎপাদন খরচ থেকে সস্তা হয়ে দাঁড়াবে। মূলত নবায়নযোগ্য বিদ্যুৎ ও ইলেক্ট্রোলাইজারের খরচ কমে আসায় দেশে গ্রিন হাইড্রোজেনের উৎপাদন খরচ কমবে (চিত্র ৩৯)। অস্ট্রেলিয়া ও মধ্য প্রাচ্য থেকে পরিচ্ছন্ন হাইড্রোজেন আমদানির খরচ বাংলাদেশে গ্রিন হাইড্রোজেন উৎপাদনের চেয়ে দুই বা তিন গুণ বেশি পড়বে।

চিত্র ৩৮: বাংলাদেশের সরবরাহ করা হাইড্রোজেনের উৎপাদন খরচ, ২০২৪-২০৫০



উৎস: ব্লুমবার্গএনইএফ

চিত্র ৩৯: বাংলাদেশে হাইড্রোজেন সরবরাহে খরচ



উৎস: ব্লুমবার্গএনইএফ

হাইড্রোজেন আমদানির ক্ষেত্রে খরচের বড় অংশটাই মূলত হবে এর রূপান্তর প্রক্রিয়ায়। BNEF এর বিশ্লেষণে ধারণা করা হয়েছে, অস্ট্রেলিয়া বা মধ্য প্রাচ্য থেকে বাংলাদেশে যে হাইড্রোজেন আসবে, তা আসবে মূলত অ্যামোনিয়ার আকারে, কেননা জাহাজে এভাবে পরিবহনই সবচেয়ে লাভজনক হবে[4]। এজন্য হাইড্রোজেন ব্যবহার করে অ্যামোনিয়া সংশ্লেষণের (সিনথেসিস) প্রয়োজন পড়বে। এরপর বাংলাদেশে আনার পর অ্যামোনিয়া সিনথেসিসের বিপরীত প্রক্রিয়া থার্মোলাইসিসের সাহায্যে সেই অ্যামোনিয়া থেকে ফের হাইড্রোজেন (ও নাইট্রোজেন) বানাতে হবে। এই রূপান্তর প্রক্রিয়া বেশ খরুচে, যার কারণে আমদানিকৃত হাইড্রোজেনের খরচ বেড়ে যায়।

[4] তরল অ্যামোনিয়ায় হাইড্রোজেনের ঘনত্ব থাকে অনেক বেশি (প্রতি কিউবিক মিটারে ১০৭-১২১ কেজি), তরল হাইড্রোজেনের চেয়েও বেশি (প্রতি কিউবিক মিটারে ৭০ দশমিক ৮ কেজি)। এছাড়াও, অ্যামোনিয়াকে তরল অবস্থায় মাইনাস ৩৩ ডিগ্রি সেলসিয়াসে পরিবহন করা যায়, অন্যদিকে তরল হাইড্রোজেনকে শীতল রাখতে দরকার হয় মাইনাস ২৫৩ ডিগ্রি সেলসিয়াসের, যা তুলনামূলকভাবে জটিল।

© Bloomberg Finance L.P.2023

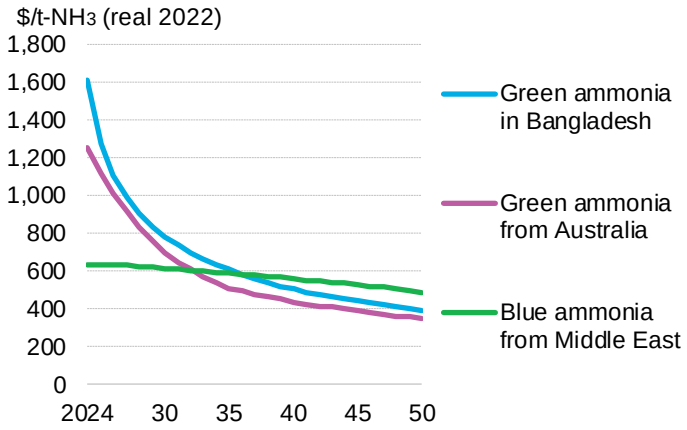
No portion of this document may be reproduced, scanned into an electronic system, distributed, publicly displayed or used as the basis of derivative works without the prior written consent of Bloomberg Finance L.P. For more information on terms of use, please contact sales.bnef@bloomberg.net. Copyright and Disclaimer notice on page 59 applies throughout.

BNEF বাংলাদেশে ব্লু হাইড্রোজেন উৎপাদনের দৃশ্যপট বিবেচনায় নেয়নি। আমদানিকৃত এলএনজি বা কয়লাকে হাইড্রোজেন বা অ্যামোনিয়ায় রূপান্তরের সময় নির্গত কার্বন ডাই অক্সাইড নিয়ন্ত্রণে আনতে সেসময় কার্বন ধারণ ও সংরক্ষণ পদ্ধতির (সিসিএস) ব্যবহার এবং পরে সেই ব্লু হাইড্রোজেন/অ্যামোনিয়া তাপ বিদ্যুৎ কেন্দ্রে ব্যবহারের চেয়ে বিদ্যুৎ কেন্দ্র থেকে নির্গত কার্বন ডাই অক্সাইড নিয়ন্ত্রণে সরাসরি সিসিএস ব্যবহারে খরচ অনেক কম পড়বে। তাপ বিদ্যুৎ কেন্দ্রে সরাসরি সিসিএস প্রয়োগ, হাইড্রোজেন উৎপাদনের সময় সিসিএসের প্রয়োগ এবং সেই হাইড্রোজেন বা তা থেকে উদ্ভূত যৌগ দিয়ে বিদ্যুৎ কেন্দ্র চালানোর চেয়ে বেশি কার্যকরও হবে।

২০৩৬ সাল নাগাদ মধ্য প্রাচ্য থেকে ব্লু অ্যামোনিয়া আমদানি হবে সবচেয়ে ব্যয়বহুল

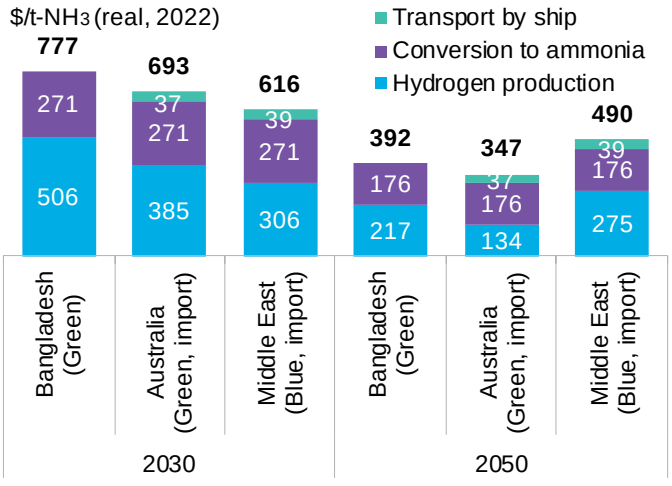
বাংলাদেশে নবায়নযোগ্য বিদ্যুতের দাম তুলনামূলক বেশি হওয়ায় সামনের অনেকগুলো দিন স্থানীয়ভাবে গ্রিন অ্যামোনিয়ার উৎপাদন হবে বেশ ব্যয়বহুল (চিত্র ৪০ ও ৪১)। অস্ট্রেলিয়া থেকে আমদানিকৃত গ্রিন অ্যামোনিয়া, বাংলাদেশে স্থানীয়ভাবে উৎপাদিত গ্রিন অ্যামোনিয়ার চেয়ে সস্তা হলেও তা মধ্য প্রাচ্য থেকে আমদানি করা ব্লু অ্যামোনিয়ার চেয়ে দামি হবে। অস্ট্রেলিয়া থেকে আমদানি করা গ্রিন অ্যামোনিয়া এবং স্থানীয়ভাবে উৎপাদিত গ্রিন অ্যামোনিয়ার উৎপাদন খরচ মধ্য প্রাচ্যের ব্লু অ্যামোনিয়ার খরচের নিচে নামবে যথাক্রমে ২০৩৩ ও ২০৩৬ সালে। ২০৩৬ সাল থেকে মধ্য প্রাচ্য থেকে ব্লু অ্যামোনিয়া আমদানিই হবে সবচেয়ে ব্যয়বহুল। ভবিষ্যতে জীবাশ্ম-জ্বালানির খরচ কমার সম্ভাবনা সীমিত হওয়ায় এই ব্লু অ্যামোনিয়ার (পাশাপাশি ব্লু হাইড্রোজেনেরও) খরচ কমার সম্ভাবনা নেই বললেই চলে।

চিত্র ৪০: বাংলাদেশে সরবরাহ করা অ্যামোনিয়ার উৎপাদন খরচ, ২০২৪-২০৫০



উৎস: ব্লুমবার্গএনইএফ

চিত্র ৪১: বাংলাদেশের জন্য প্রযোজ্য অ্যামোনিয়ার উৎপাদন খরচ



উৎস: ব্লুমবার্গএনইএফ

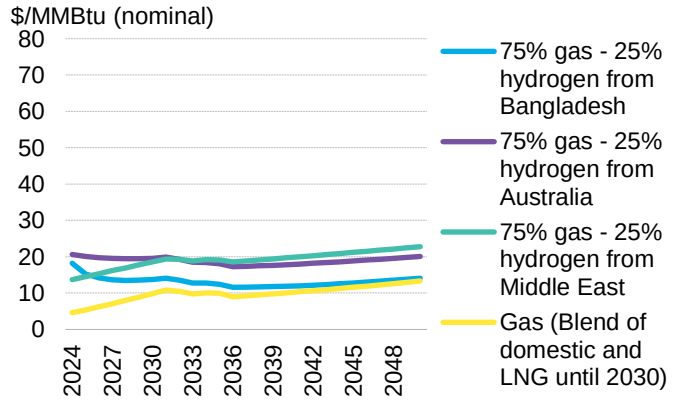
© Bloomberg Finance L.P.2023

No portion of this document may be reproduced, scanned into an electronic system, distributed, publicly displayed or used as the basis of derivative works without the prior written consent of Bloomberg Finance L.P. For more information on terms of use, please contact sales.bnef@bloomberg.net. Copyright and Disclaimer notice on page 59 applies throughout.

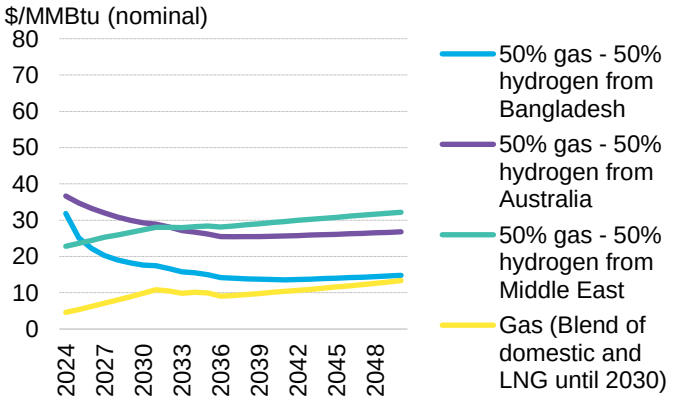
Appendix D. মিশ্রিত পরিচ্ছন্ন জ্বালানির দাম

হাইড্রোজেন-গ্যাস মিশ্রিত জ্বালানির দাম, মিশ্রণ অনুপাতের ভিত্তিতে

চিত্র ৪২:২৫% হাইড্রোজেন মেশানোর ক্ষেত্রে মিশ্রিত জ্বালানির দাম

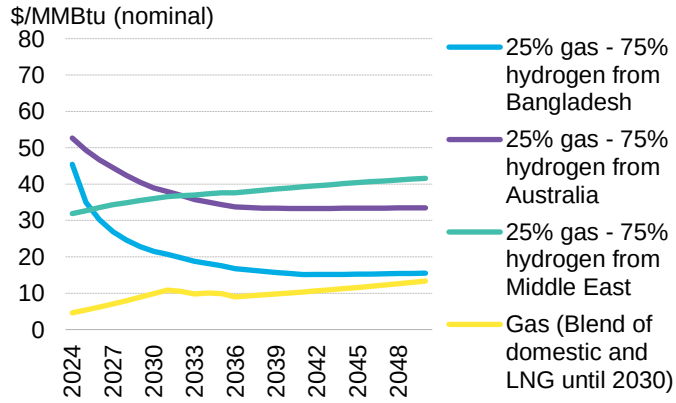


চিত্র ৪: ৫৩% হাইড্রোজেন মেশানোর ক্ষেত্রে মিশ্রিত জ্বালানির দাম

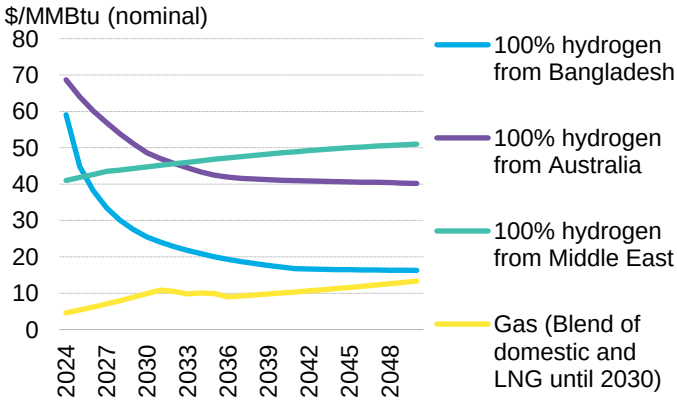


উৎস: ব্লুমবার্গএনইএফ। দ্রষ্টব্য: শক্তির পরিমাণের ভিত্তিতে মিশ্রণ অনুপাত।

চিত্র ৪৪: ৭৫% হাইড্রোজেন মেশানোর ক্ষেত্রে মিশ্রিত জ্বালানির দাম



চিত্র ৪৫: ১০০% হাইড্রোজেনের ক্ষেত্রে জ্বালানির দাম



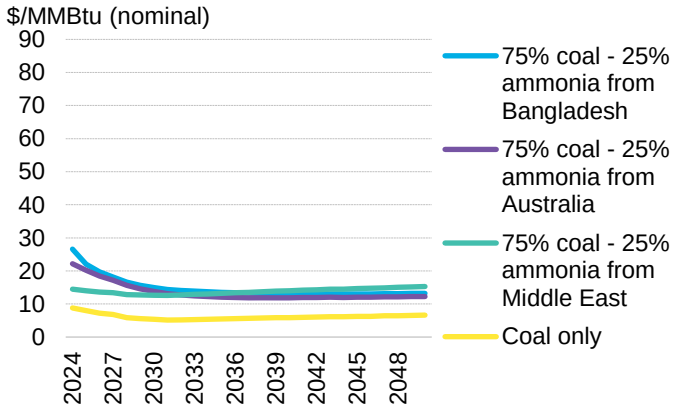
উৎস: ব্লুমবার্গএনইএফ। দ্রষ্টব্য: শক্তির পরিমাণের ভিত্তিতে মিশ্রণ অনুপাত।

© Bloomberg Finance L.P.2023

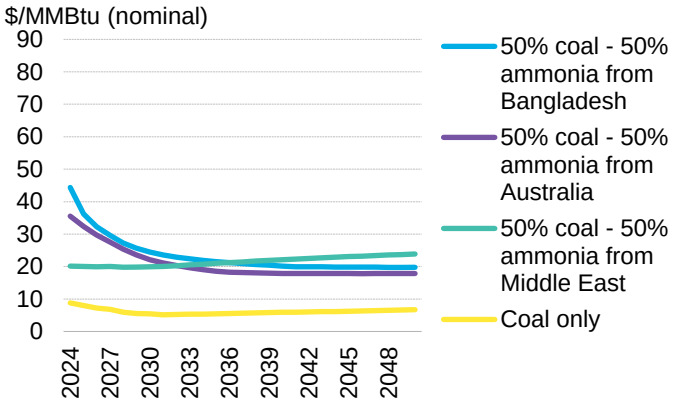
No portion of this document may be reproduced, scanned into an electronic system, distributed, publicly displayed or used as the basis of derivative works without the prior written consent of Bloomberg Finance L.P. For more information on terms of use, please contact sales.bnef@bloomberg.net. Copyright and Disclaimer notice on page 59 applies throughout.

অ্যামোনিয়া-কয়লা মিশ্রিত জ্বালানির দাম, মিশ্রণ অনুপাতের ভিত্তিতে

চিত্র ৪৬: ২৫% অ্যামোনিয়া মেশানোর ক্ষেত্রে মিশ্রিত জ্বালানির দাম

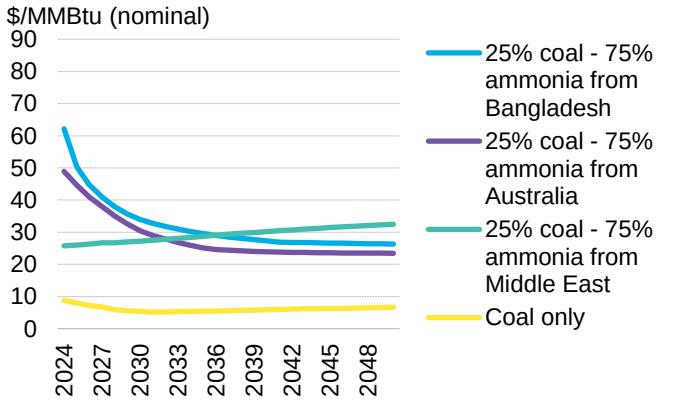


চিত্র ৪৭: ৫০% অ্যামোনিয়া মেশানোর ক্ষেত্রে মিশ্রিত জ্বালানির দাম

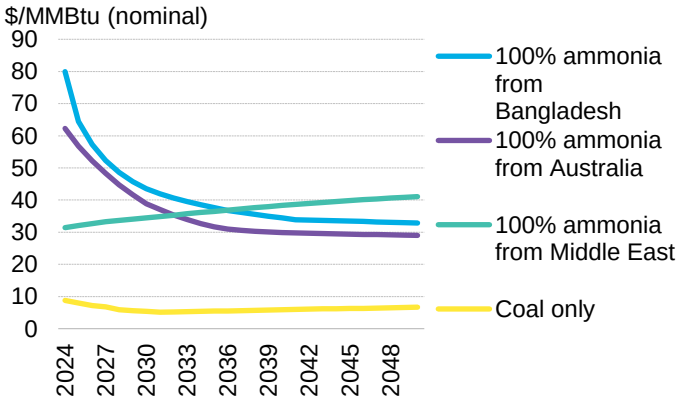


উৎস: ব্লুমবার্গএনইএফ। দ্রষ্টব্য: শক্তির পরিমাণের ভিত্তিতে মিশ্রণ অনুপাত।

চিত্র ৪৮: ৭৫% অ্যামোনিয়া মেশানোর ক্ষেত্রে মিশ্রিত জ্বালানির দাম



চিত্র ৪৯: ১০০% অ্যামোনিয়ার ক্ষেত্রে জ্বালানির দাম



উৎস: ব্লুমবার্গএনইএফ। দ্রষ্টব্য: শক্তির পরিমাণের ভিত্তিতে মিশ্রণ অনুপাত।

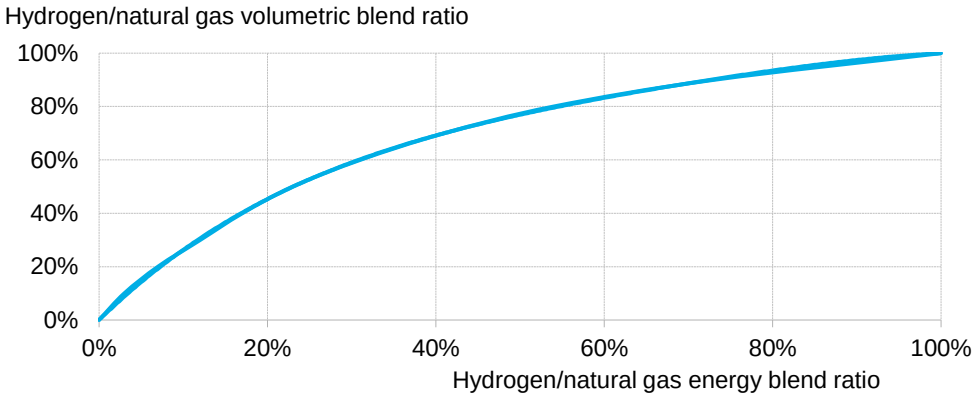
হাইড্রোজেনে শক্তির ঘনত্ব

আয়তন বিবেচনায় প্রাকৃতিক গ্যাসের তুলনায় হাইড্রোজেনে শক্তির ঘনত্ব কম হওয়ায় একই পরিমাণ শক্তি পেতে প্রাকৃতিক গ্যাসের তুলনায় বেশি হাইড্রোজেন লাগে। এই কারণে, সিসিজিটি থেকে উল্লেখযোগ্য মাত্রায় কার্বন ডাই অক্সাইড নির্গমন কমাতে প্রাকৃতিক গ্যাসের তুলনায় অনেক বেশি হাইড্রোজেন ব্যবহার করা লাগবে। এই পুরো প্রতিবেদনজুড়ে মিশ্রণের অনুপাতে শক্তির পরিমাণকে বিবেচনায় নেওয়া হয়েছে।

© Bloomberg Finance L.P.2023

No portion of this document may be reproduced, scanned into an electronic system, distributed, publicly displayed or used as the basis of derivative works without the prior written consent of Bloomberg Finance L.P. For more information on terms of use, please contact sales.bnef@bloomberg.net. Copyright and Disclaimer notice on page 59 applies throughout.

চিত্র ৫০: হাইড্রোজেন মিশ্রণের ক্ষেত্রে শক্তি ও আয়তনের মধ্যে সম্পর্ক



উৎস: ব্লুমবার্গএনইএফ, GE Power to Gas: Hydrogen for Power Generation

© Bloomberg Finance L.P.2023
No portion of this document may be reproduced, scanned into an electronic system, distributed, publicly displayed or used as the basis of derivative works without the prior written consent of Bloomberg Finance L.P. For more information on terms of use, please contact sales.bnef@bloomberg.net. Copyright and Disclaimer notice on page 59 applies throughout.

Appendix E. সেনসিটিভিটি বিশ্লেষণ

ক্রমহ্রাসমান জ্বালানি খরচও বিদ্যমান কেন্দ্রগুলোকে নতুন সৌর বিদ্যুৎ ও স্থলভাগে বায়ু বিদ্যুৎ কেন্দ্রের সঙ্গে প্রতিযোগিতায় টিকিয়ে রাখতে পারবে না

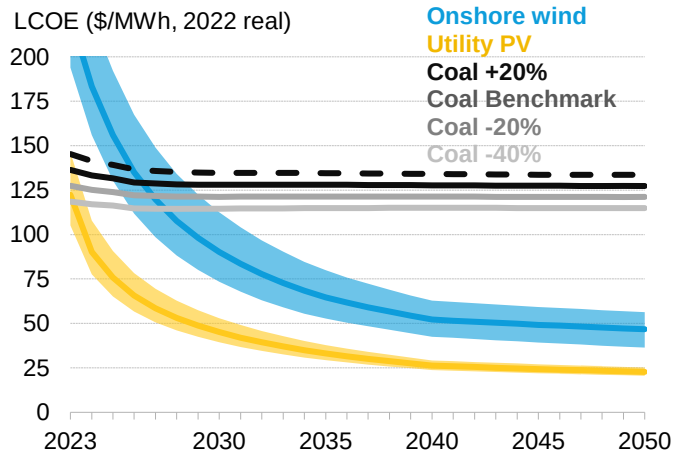
খরচের দিক দিয়ে প্রতিযোগিতায় থাকা নবায়নযোগ্য বিদ্যুতের ক্রমবিকাশ কয়লা ও গ্যাসভিত্তিক বিদ্যুৎ উৎপাদনকে হটিয়ে দিচ্ছে। বৈশ্বিক চাহিদা কমে যাওয়ায় কয়লা ও গ্যাসের দাম পড়ে যেতে পারে, ফলশ্রুতিতে জীবাশ্ম-জ্বালানিভিত্তিক বিদ্যুৎ কেন্দ্রগুলোর এলসিওই এবং ন্যূনতম পরিচালন ব্যয়ও কমে আসবে। আবার, ভূ-রাজনৈতিক উত্তেজনায় জ্বালানির দাম বেড়েও যেতে পারে, সেক্ষেত্রে এলসিওই আরও বাড়বে। আলাদা আলাদা বিদ্যুৎ উৎপাদন প্রযুক্তির মধ্যে প্রতিদ্বন্দ্বিতামূলক দৃশ্যপট কেমন হয়, তা খতিয়ে দেখতে বেঞ্চমার্ক মূল্যের তুলনায় জ্বালানির দাম ২০% বেশি থেকে ৪০% মূল্যছাড় পর্যন্ত নতুন একটি কয়লা ও সিসিজিটি কেন্দ্রের এলসিওই কত হয়, তা হিসাব করে দেখা হয়েছে, এই পুরো বিষয়টা আমরা অধ্যায় ৩ দশমিক ১ এ দেখেছি।

সমুদ্রপথে পরিবহন করা কয়লার দাম ৪০ শতাংশ নামলে পুরো সময়কালজুড়ে নতুন একটি কয়লা বিদ্যুৎ কেন্দ্রের বেঞ্চমার্ক এলসিওই ১০ দশমিক ৩ শতাংশ কম হবে (চিত্র ৫১)। এটি সেই সময়কে খানিকটা দেরি করিয়ে দিতে পারে, যেখানে নতুন একটি বৃহদাকার সৌর বিদ্যুৎ এবং স্থলভাগে বায়ু বিদ্যুৎ কেন্দ্র উভয় প্রযুক্তির খরচই নতুন একটি কয়লা বিদ্যুৎ কেন্দ্রের খরচের কাছাকাছি বা তাকে টপকে যাওয়ার মতো অবস্থানে যাবে। এখনকার বেঞ্চমার্ক দৃশ্যপটে এই সন্ধিক্ষণ আসার কথা সৌর বিদ্যুতের জন্য ২০২৩ সালে, বায়ু বিদ্যুতের জন্য ২০২৭ সালে। কয়লার দাম কমলে সেই সন্ধিক্ষণে পৌঁছাতে দুই প্রযুক্তিরই বছরখানেকের মতো দেরি হতে পারে।

গ্যাসের দাম কমলে তা নতুন একটি সিসিজিটি কেন্দ্রের গড় উৎপাদন খরচ বা এলসিওই-তে আরও বড় ধরনের প্রভাব ফেলবে। পূর্বাভাসের পুরো সময়কালে নতুন একটি সিসিজিটি কেন্দ্রের এলসিওই বেঞ্চমার্ক দৃশ্যপটের তুলনায় গড়ে ২০ দশমিক ৫ শতাংশ কম হতে পারে (চিত্র ৫২)। কয়লার মতো, এক্ষেত্রেও গ্যাসের দাম কমলে তা কেবল ওই সময়কেই খানিকটা দেরি করিয়ে দিতে পারবে, যেখানে নতুন একটি বৃহদাকার সৌরবিদ্যুৎ কেন্দ্রের খরচ নতুন একটি সিসিজিটি কেন্দ্রের খরচের কাছাকাছি বা তাকে টপকে যাওয়ার মতো অবস্থানে যাবে। এখনকার বেঞ্চমার্ক দৃশ্যপটে ওই সন্ধিক্ষণ আসার কথা ২০২৫ সালে, গ্যাসের দাম পড়ে গেলে সেটি বড়জোর এক বছর পেছাতে পারে। তবে গ্যাসের দাম কমলে সিসিজিটি কেন্দ্র স্থলভাগে নতুন বায়ু বিদ্যুৎ কেন্দ্রের তুলনায় আরও বেশ কয়েকটি বছর লাভজনক অবস্থানে থাকবে। এখনকার হিসাবে ২০২৯ সালে নতুন বায়ু বিদ্যুৎ কেন্দ্রের খরচ নতুন সিসিজিটি কেন্দ্রের সঙ্গে জোর প্রতিদ্বন্দ্বিতাপূর্ণ অবস্থানে পৌঁছানোর কথা; গ্যাসের দাম কমলে এই সন্ধিক্ষণে আসতে আরও তিন বছর, অর্থ্যাৎ ২০৩২ সাল লেগে যেতে পারে; তারপরও দীর্ঘমেয়াদে বায়ু বিদ্যুৎই লাভজনক অবস্থানে থাকবে।

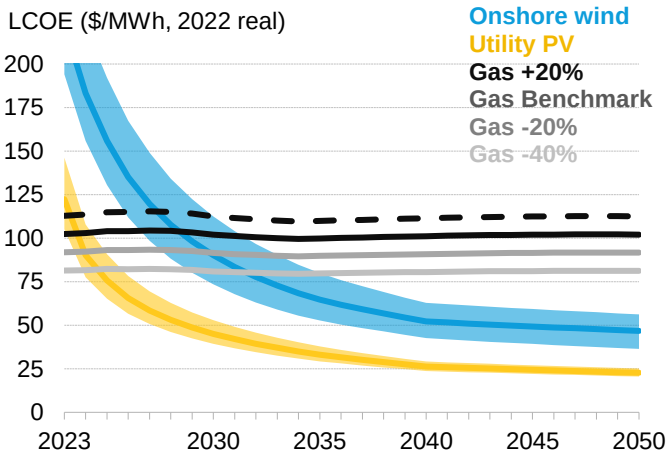
© Bloomberg Finance L.P.2023
No portion of this document may be reproduced, scanned into an electronic system, distributed, publicly displayed or used as the basis of derivative works without the prior written consent of Bloomberg Finance L.P. For more information on terms of use, please contact sales.bnef@bloomberg.net. Copyright and Disclaimer notice on page 59 applies throughout.

চিত্র ৫১: বাংলাদেশের একটি নতুন সৌর ও বায়ু বিদ্যুৎ কেন্দ্রের এলসিওই বনাম নতুন একটি কয়লা বিদ্যুৎ কেন্দ্রের এলসিওই-র সীমা



উৎস: বলুমবার্গএনইএফ

চিত্র ৫২: বাংলাদেশের একটি নতুন সৌর ও বায়ু বিদ্যুৎ কেন্দ্রের এলসিওই বনাম নতুন একটি গ্যাসভিত্তিক বিদ্যুৎ কেন্দ্রের এলসিওই-র সীমা

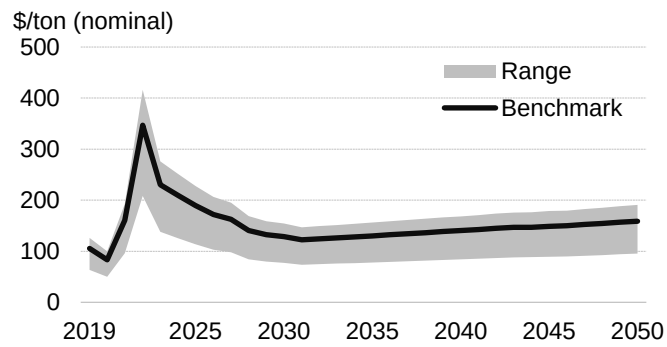


উৎস: বলুমবার্গএনইএফ

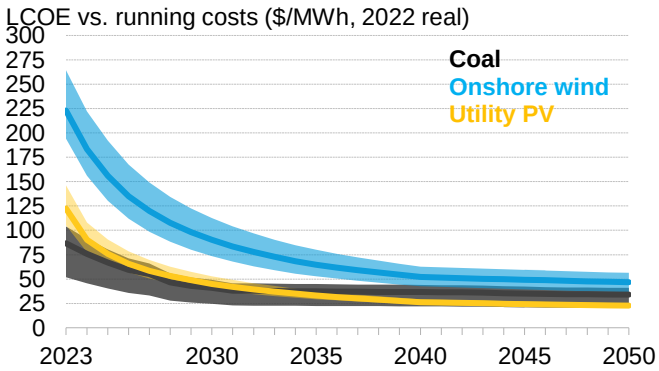
বিদ্যমান কয়লা ও গ্যাস কেন্দ্রগুলোকে প্রতিযোগিতায় রাখতে জ্বালানির দাম ব্যাপক কমাতে হবে

নবায়নযোগ্য বিদ্যুৎ খরচের দিক দিয়ে ক্রমশ লাভজনক হয়ে ওঠায়, ভবিষ্যতে জীবাশ্ম-জ্বালানিভিত্তিক কেন্দ্রগুলো বিদ্যুৎ উৎপাদনের ব্যয়বহুল উৎসের তকমায় আটকে থাকতে পারে। জ্বালানির দাম ব্যাপক হারে না কমলে, বাংলাদেশের বিদ্যুৎ ব্যবস্থাপনায় তাপ বিদ্যু কেন্দ্রগুলো আর অর্থনৈতিকভাবে সাশ্রয়ী থাকবে না। উদাহরণস্বরূপ, বিদ্যমান কয়লা কেন্দ্রের শর্ট-রান মার্জিনাল কস্ট একটি নতুন বৃহদাকার সৌর বিদ্যুৎ কেন্দ্রের তুলনায় সস্তা হতে গেলে কয়লা জ্বালানির দাম আমাদের বেঞ্চমার্ক দামের তুলনায় অন্তত ৩৩ শতাংশ কমতে হবে (২০২৩ থেকে ২০৩০ সালের মধ্যে ন্যূনতম শর্তে গড় দাম হতে হবে প্রতি টন ৭১ দশমিক ১ ডলার)।

চিত্র ৫৩: সেনসিটিভিটি বিশ্লেষণে ব্যবহৃত কয়লার দামের সীমা



চিত্র ৫৪: বাংলাদেশে একটি নতুন পিভি ও স্থলভাগে বায়ু বিদ্যুৎ কেন্দ্রের এলসিওই বনাম বিদ্যমান একটি সিসিজিটি কেন্দ্রের এসআরএমসি



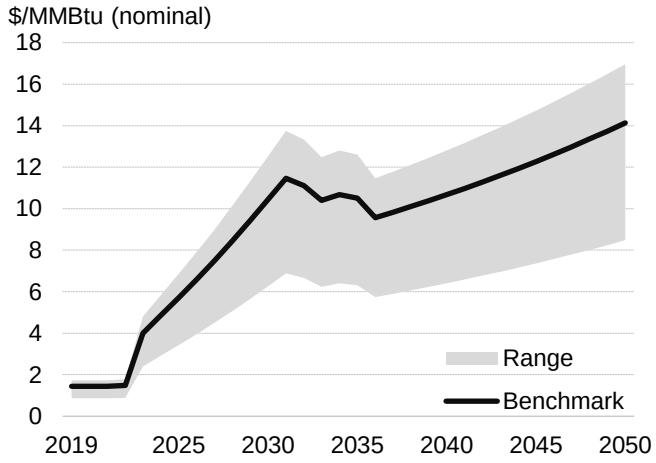
© Bloomberg Finance L.P.2023
No portion of this document may be reproduced, scanned into an electronic system, distributed, publicly displayed or used as the basis of derivative works without the prior written consent of Bloomberg Finance L.P. For more information on terms of use, please contact sales.bnef@bloomberg.net. Copyright and Disclaimer notice on page 59 applies throughout.

উৎস: ব্লুমবার্গএনইএফ। দ্রষ্টব্য: কয়লার দামের সীমার উপরের প্রান্তে বেঞ্চমার্ক দামের বিপরীতে ২০% বেশি এবং নিচের প্রান্তে ৪০% ছাড় দেখানো হয়েছে।

উৎস: ব্লুমবার্গএনইএফ। দ্রষ্টব্য: এসআরএমসি (SRMC) হল শর্ট-রান মার্জিনাল কস্ট। কয়লার এলসিওই-র ক্ষেত্রে উপরের সীমায় জ্বালানির মূল্য বেঞ্চমার্ক মূল্যের তুলনায় +২০% বেশি এবং নিচের সীমায় বেঞ্চমার্ক মূল্যের চেয়ে জ্বালানি -৪০% ছাড়ে মেলার দৃশ্যপট দেখানো হয়েছে।

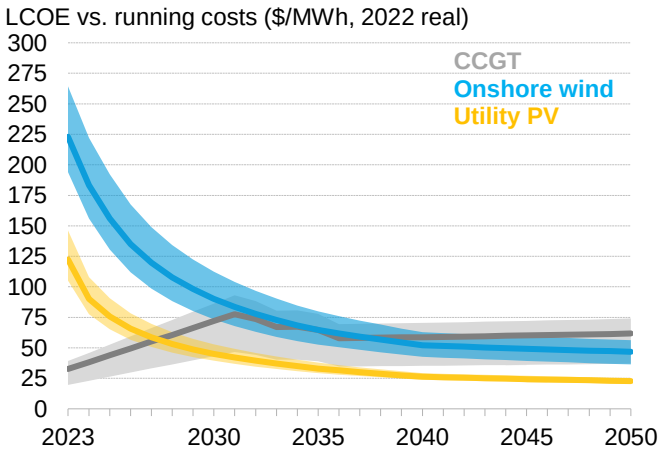
জ্বালানির খরচ অনেক কমে গেলেও বিদ্যমান সিসিজিটির এসআরএমসি-র তুলনায় একটি নতুন সৌর বিদ্যুৎ কেন্দ্রের খরচ কম হতে পারে। এখনকার বেঞ্চমার্ক দৃশ্যপটে, ২০২৮ সালের দিকে নতুন একটি বৃহদাকার সৌর বিদ্যুৎ কেন্দ্রের খরচ বিদ্যমান সিসিজিটির ন্যূনতম পরিচালন ব্যয় থেকে কম হওয়ার কথা, কিন্তু জ্বালানির দাম ৪০ শতাংশ কমলে, এই দৃশ্যপট আসতে তিন বছর বেশি, অর্থ্যাৎ ২০৩১ সাল লেগে যাবে। ২০২৩ ও ২০২৫ সালের মধ্যে পূর্বাভাসের পুরো সময়জুড়ে স্থলভাগে নতুন একটি বায়ু বিদ্যুৎ কেন্দ্রের সঙ্গে প্রতিদ্বন্দ্বিতায় থাকতে বিদ্যমান সিসিজিটি কেন্দ্রের জ্বালানি বাবদ ব্যয় বেঞ্চমার্ক দৃশ্যপটের চেয়ে ২৫ শতাংশ কম করতে হবে।

চিত্র ৫৫: সেনসিটিভিটি বিশ্লেষণে ব্যবহৃত গ্যাসের দামের সীমা



উৎস: ব্লুমবার্গএনইএফ। দ্রষ্টব্য: গ্যাসের দামের সীমার উপরের প্রান্তে বেঞ্চমার্ক দামের বিপরীতে ২০% বেশি এবং নিচের প্রান্তে ৪০% ছাড় দেখানো হয়েছে।

চিত্র ৫৬: বাংলাদেশে একটি নতুন পিভি ও স্থলভাগে বায়ু বিদ্যুৎ কেন্দ্রের এলসিওই বনাম বিদ্যমান একটি সিসিজিটি কেন্দ্রের এসআরএমসি



উৎস: ব্লুমবার্গএনইএফ। দ্রষ্টব্য: এসআরএমসি (SRMC) হল শর্ট-রান মার্জিনাল কস্ট। সিসিজিটির এলসিওই-র ক্ষেত্রে উপরের সীমায় জ্বালানির মূল্য বেঞ্চমার্ক মূল্যের তুলনায় +২০% বেশি এবং নিচের সীমায় বেঞ্চমার্ক মূল্যের চেয়ে জ্বালানি -৪০% ছাড়ে মেলার দৃশ্যপট দেখানো হয়েছে।

অন্যান্য কিছু বিষয় এই জ্বালানি খরচ কমার প্রভাবকে খারিজও করে দিতে পারে। এর মধ্যে আছে জীবাশ্ম-জ্বালানিভিত্তিক বিদ্যুৎ কেন্দ্রে বিনিয়োগ ব্যয় প্রত্যাশার চেয়ে বেশি হওয়া, কিংবা নিকট ভবিষ্যতে বাংলাদেশে কার্বন কর আরোপিত হওয়া।

ক্যাপাসিটি ফ্যাক্টরে পরিবর্তন এলসিওই-র ওপর সর্বাধিক প্রভাব ফেলে

আলাদা বিদ্যুৎ উৎপাদন প্রযুক্তির প্রতিদ্বন্দ্বিতামূলক খরচ বিবেচনায় নেওয়ার পাশাপাশি সেগুলোর প্রত্যেকটির সম্ভাব্য বাস্তবিক ক্যাপাসিটি ফ্যাক্টরকেও (সক্ষমতাকে) বিবেচনায় নেওয়া জরুরি, কেননা

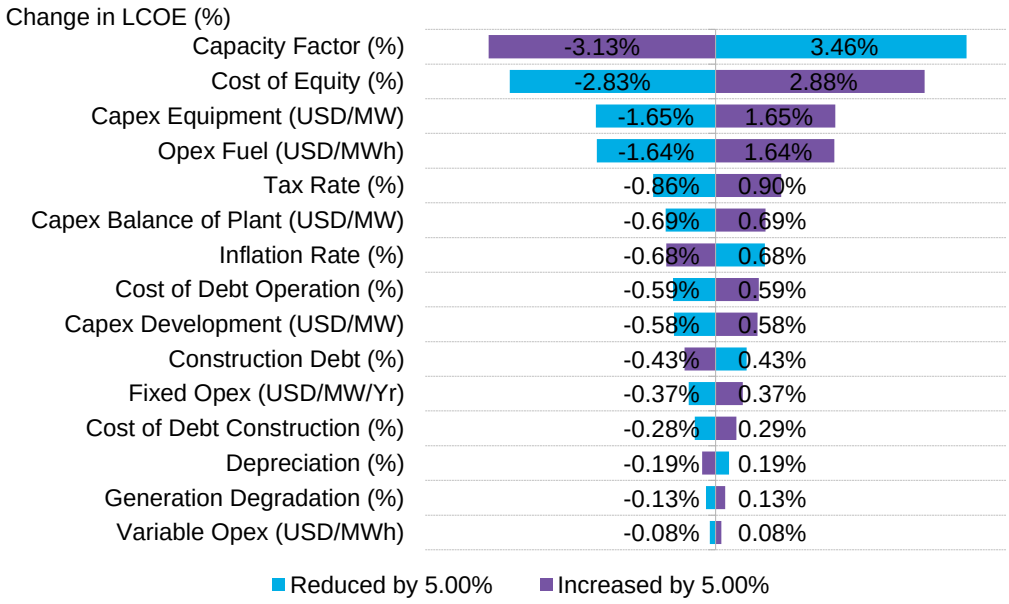
© Bloomberg Finance L.P.2023

No portion of this document may be reproduced, scanned into an electronic system, distributed, publicly displayed or used as the basis of derivative works without the prior written consent of Bloomberg Finance L.P. For more information on terms of use, please contact sales.bnef@bloomberg.net. Copyright and Disclaimer notice on page 59 applies throughout.

এলসিওই-র ওপর এই ফ্যাক্টরের মারাত্মক প্রভাব রয়েছে; বিশেষ করে জীবাশ্ম-জ্বালানিভিত্তিক বিদ্যুৎ কেন্দ্রের ক্ষেত্রে কেন্দ্রটির প্রযুক্তিগত সম্ভাবনার চেয়েও ক্যাপাসিটি ফ্যাক্টর বেশি গুরুত্বপূর্ণ।

BNEF বিশ্লেষণ দেখাচ্ছে, কয়লা বিদ্যুৎ কেন্দ্রের এলসিওই-র ওপর ক্যাপাসিটি ফ্যাক্টরের রয়েছে সবচেয়ে বড় প্রভাব। ক্যাপাসিটি ফ্যাক্টর ৫ শতাংশ বাড়লে একটি কয়লা বিদ্যুৎ কেন্দ্রের এলসিওই কমে ৩ দশমিক ১৩ শতাংশ, অন্যদিকে ক্যাপাসিটি ফ্যাক্টর ৫ শতাংশ কমলে এলসিওই বেড়ে যায় ৩ দশমিক ৪৬ শতাংশ (চিত্র ৫৭)।

চিত্র ৫৭: একটি কয়লা বিদ্যুৎ কেন্দ্রের এলসিওই-র সেনসিটিভিটি বিশ্লেষণ



উৎস: ব্লুমবার্গএনইএফ। দ্রষ্টব্য: বেঞ্চমার্ক ব্যয়ের দৃশ্যপটের সঙ্গে প্রতিটি সূচকের +/-৫% পার্থক্যে বাংলাদেশে একটি কয়লা বিদ্যুৎ কেন্দ্রের এলসিওই-র ওপর কী প্রভাব পড়ে, চিত্রে তা দেখানো হয়েছে।

বাংলাদেশে এখন চাহিদার তুলনায় বিদ্যুৎ উৎপাদন সক্ষমতা বেশি, যা দেশটির কয়লা ও সিসিজিটি কেন্দ্রগুলোর কর্মঘণ্টাকে সীমিত করেছে। অতীত বিদ্যুৎ ব্যবস্থাপনার তথ্য অনুযায়ী, ২০২২ সালে বাংলাদেশের কয়লা ও সিসিজিটি বিদ্যুৎ কেন্দ্রগুলোর গড় ক্যাপাসিটি ফ্যাক্টর ছিল যথাক্রমে ৩৩ ও ৪৫ শতাংশ।

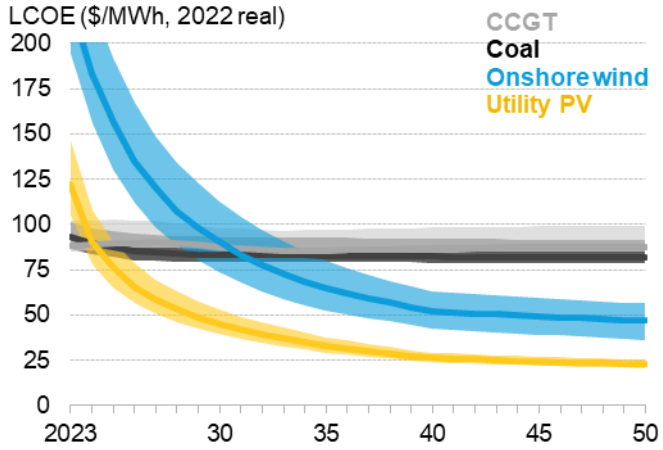
বাংলাদেশের কয়লা বিদ্যুৎ কেন্দ্রগুলোর প্রকৃত ব্যবহার হার বিবেচনায় নিয়ে, আমরা দুই সেট ক্যাপাসিটি ফ্যাক্টর সহযোগে একটি নতুন কয়লা ও একটি সিসিজিটি কেন্দ্রের এলসিওই হিসাব করেছি। এই দুই সেটের মধ্যে এক সেটে ধরা হয়েছে ৬৫-৭৫% ক্যাপাসিটি ফ্যাক্টর, অন্য সেটে প্রত্যেক প্রযুক্তির গত ৫ বছরের গড় ক্যাপাসিটি ফ্যাক্টর।

BNEF এর বিশ্লেষণে অনুমান করা হয়েছে, ২০৩৫ সালে উৎপাদনের জন্য পুরোপুরি প্রস্তুত হওয়া ৩৭% ক্যাপাসিটি ফ্যাক্টরের (২০২২ এর হিসেবে প্রতি মেগাওয়াটঘণ্টায় ১২৮ মার্কিন ডলার) একটি নতুন কয়লা বিদ্যুৎ কেন্দ্রের এলসিওই একটি ৭২% ক্যাপাসিটি ফ্যাক্টরের (২০২২ এর হিসেবে প্রতি মেগাওয়াটঘণ্টায় ৮৩ ডলার) কয়লা বিদ্যুৎ কেন্দ্রের এলসিওই-র চেয়ে ৫৪% বেশি। একই বছর (২০৩৫ সাল) উৎপাদনে আসা একটি নতুন সিসিজিটি কেন্দ্রের ক্যাপাসিটি ফ্যাক্টর ৫০% হলে তার এলসিওই ৭২% ক্যাপাসিটি ফ্যাক্টরের একটি কেন্দ্রের চেয়ে ১৭% বেশি হবে। এটিও নতুন সৌর বিদ্যুৎ ও স্থলভাগে বায়ু বিদ্যুতের সঙ্গে

© Bloomberg Finance L.P.2023
No portion of this document may be reproduced, scanned into an electronic system, distributed, publicly displayed or used as the basis of derivative works without the prior written consent of Bloomberg Finance L.P. For more information on terms of use, please contact sales.bnef@bloomberg.net. Copyright and Disclaimer notice on page 59 applies throughout.

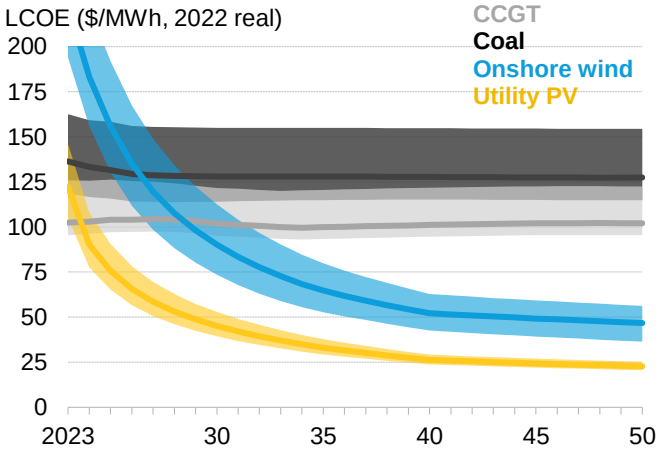
নতুন কয়লা ও সিসিজিটিভিত্তিক বিদ্যুৎ কেন্দ্রের মধ্যকার খরচকেন্দ্রিক প্রতিযোগিতায় বড় পরিবর্তন আনছে (চিত্র ৫৮ ও ৫৯)।

চিত্র ৫৮: বাংলাদেশে ৬৫% থেকে ৭৫% সক্ষমতাধারী (ক্যাপাসিটি ফ্যাক্টর) একটি নতুন কয়লা বিদ্যুৎ ও গ্যাস বিদ্যুৎ কেন্দ্রের এলসিওই



উৎস: বলুমবার্গএনইএফ।

চিত্র ৫৯: অতীত গড় সক্ষমতার (ক্যাপাসিটি ফ্যাক্টর) ভিত্তিতে বাংলাদেশে একটি নতুন কয়লা ও গ্যাস বিদ্যুৎ কেন্দ্রের এলসিওই



উৎস: বলুমবার্গএনইএফ। দ্রষ্টব্য: একটি নতুন কয়লা এবং সিসিজিটি বিদ্যুৎ কেন্দ্রের ক্যাপাসিটি ফ্যাক্টর গড়ে যথাক্রমে ৩৭% ও ৫০.৪% ধরে নেওয়া হয়েছে।

কয়লা এবং সিসিজিটি কেন্দ্র থেকে বিদ্যুৎ ক্রয়ে বাংলাদেশে যে চুক্তি আছে, তাতে প্রায়ই নির্দিষ্ট পরিমাণ বিদ্যুৎ মিলবে এই নিশ্চয়তার শর্তে ক্যাপাসিটি চার্জ দেওয়ার বিধান যুক্ত করা থাকে। অর্থ্যাৎ, কেন্দ্রটি চালু থাকুক বা না থাকুক, বিদ্যুৎ দিক বা না দিক, বাংলাদেশ বিদ্যুৎ উন্নয়ন বোর্ড ওই কেন্দ্রকে এই ক্যাপাসিটি চার্জ দিতে বাধ্য থাকবে। এই বিধান প্রকল্প মালিকদের আয়ের সুরক্ষা দেয়। তবে এখনকার এই অত্যধিক উৎপাদন সক্ষম পরিস্থিতিতে, একই রকমের চুক্তিতে আরও কয়লা ও গ্যাস বিদ্যুৎ নিশ্চিত করতে চাইলে তা বাংলাদেশের রাষ্ট্রীয় পরিষেবা প্রতিষ্ঠান বিদ্যুৎ উন্নয়ন বোর্ডের ওপর বাড়তি খরচের বোঝা যোগ করবে, কেননা তাদেরকেই ওই ক্যাপাসিটি চার্জ দিতে হবে। এ চাপ কাটাতে খুব সম্ভবত তাদের বিদ্যুতের দাম আরও বাড়াতেই হবে।

বিনিয়োগ খরচ বাড়লে তা নতুন বিদ্যুৎ ও গ্যাসভিত্তিক কেন্দ্রের অর্থনীতিকে আরও হুমকির মুখে ফেলবে

জীবাশ্ম-জ্বালানি, বিশেষত কয়লার দিক থেকে বিশ্ব মুখ ফিরিয়ে নেওয়ায় নতুন কয়লা ও ক্রমবর্ধমান গ্যাসভিত্তিক বিদ্যুৎ কেন্দ্রে বিনিয়োগ কমে যাওয়ার হার লক্ষ্য করা যাচ্ছে। ক্রমবর্ধমান এ অনীহার কারণে জীবাশ্ম-জ্বালানিভিত্তিক নতুন বিদ্যুৎ প্রকল্পগুলোতে ঋণের খরচ বাড়ার সম্ভাবনা প্রকট হয়ে দেখা দেবে।

BNEF এর বিশ্লেষণে ধারণা করা হয়েছে, ওয়েইটেড অ্যাভারেজ কস্ট অব ক্যাপিটাল (ডব্লিউএসিসি)[5] এক শতাংশ বেড়ে গেলে তা ২০৩৫ সালে উৎপাদনের জন্য পুরোপুরি প্রস্তুত একটি নতুন কয়লা বিদ্যুৎ কেন্দ্রের এলসিওই

প্রতি মেগাওয়াটঘণ্টায় প্রায় ৮ দশমিক ০২ মার্কিন ডলার বাড়িয়ে দেবে (৪ দশমিক ৫ শতাংশ বৃদ্ধির সমান)। একই বছর উৎপাদনে আসা একটি নতুন সিসিজিটির ক্ষেত্রে একই ঘটনা ঘটলে কেন্দ্রটির

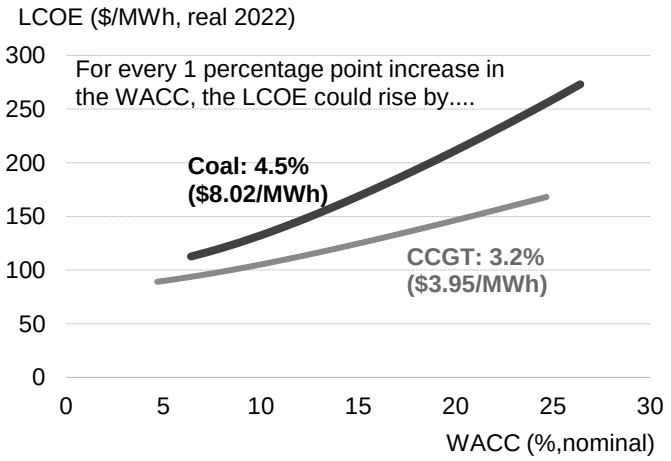
[5] বর্তমানে একটি নতুন কয়লা বিদ্যুৎ কেন্দ্রের ডব্লিউসিসি ৭ দশমিক ৬ শতাংশ।

No portion of this document may be reproduced, scanned into an electronic system, distributed, publicly displayed or used as the basis of derivative works without the prior written consent of Bloomberg Finance L.P. For more information on terms of use, please contact sales.bnef@bloomberg.net. Copyright and Disclaimer notice on page 59 applies throughout.
© Bloomberg Finance L.P.2023

এলসিওই বাড়বে প্রতি মেগাওয়াটঘণ্টায় ৩ দশমিক ৯৫ ডলার (৩ দশমিক ২ শতাংশ বৃদ্ধির সমান)। বাড়তি বিনিয়োগ খরচের পাশাপাশি কয়লা ও গ্যাসভিত্তিক বিদ্যুৎ কেন্দ্রগুলো কম ঋণ-ইক্যুইটি অনুপাত, ঋণের সংক্ষিপ্ত মেয়াদসহ ক্রমবর্ধমান নানান আর্থিক চ্যালেঞ্জের মুখেও পড়তে পারে, যা খরচের ওপর চাপ আরও বাড়াবে।

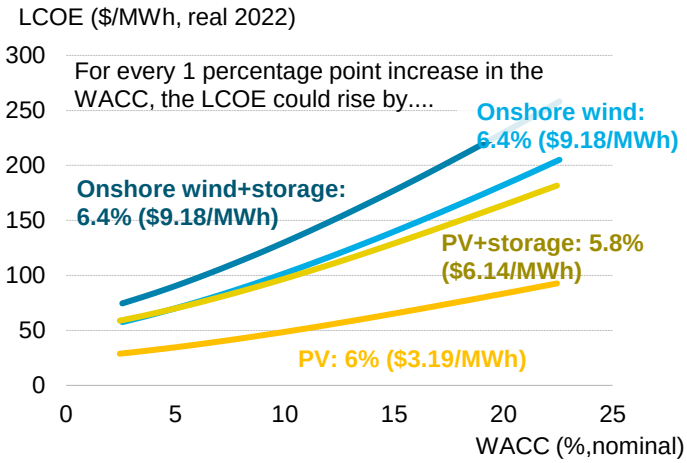
ডব্লিউএসিসি এক শতাংশ বাড়লে একটি নতুন বৃহদাকার সৌর বিদ্যুৎ কেন্দ্র (পিভি) এবং পিভি+স্টোরেজ কেন্দ্রের এলসিওই যথাক্রমে ৩.১৯ মার্কিন ডলার/মেগাওয়াটঘণ্টা (৬% বৃদ্ধির সমপরিমাণ) ও ৬ দশমিক ১৪ ডলার/ মেগাওয়াটঘণ্টা (৫ দশমিক ৮% বৃদ্ধির সমপরিমাণ) বাড়বে, যা কয়লার বাড়তি এলসিওই খরচের (মেগাওয়াটঘণ্টায় প্রায় ৮ দশমিক ০২ মার্কিন ডলার) চেয়ে কম। ২০৩৫ সালে নতুন একটি পিভি কেন্দ্রের যন্ত্রপাতির খরচ ও বেঞ্চমার্ক এলসিওই কম থাকায়, অন্য সব প্রযুক্তির তুলনায় টাকার অঙ্কে বিনিয়োগ খরচ বাড়ার প্রভাব সবচেয়ে কম দেখা যাবে এই সৌর বিদ্যুৎ কেন্দ্রে। অবশ্য, বিনিয়োগ খরচ বাড়লে স্থলভাগে নতুন একটি বায়ু বিদ্যুৎ কেন্দ্র এবং বায়ু বিদ্যুৎ+স্টোরেজ কেন্দ্রের ওপর ভালো প্রভাব পড়বে বলেই দেখা যাচ্ছে। ডব্লিউসিসি এক শতাংশ বাড়লে নতুন বায়ু বিদ্যুৎ ও বায়ু বিদ্যুৎ+স্টোরেজ উভয় কেন্দ্রের এলসিওই ৬ দশমিক ৪ শতাংশ বা প্রতি মেগাওয়াটঘণ্টায় আনুমানিক ৯ দশমিক ১৮ মার্কিন ডলার বেড়ে যাবে।

চিত্র ৬০: আলাদা বিনিয়োগ খরচের ভিত্তিতে বাংলাদেশে একটি নতুন কয়লা বিদ্যুৎ বা গ্যাস বিদ্যুৎ কেন্দ্রের এলসিওই



উৎস: ব্লুমবার্গএনইএফ। দ্রষ্টব্য: WACC হল ওয়েইটেড অ্যাভারেজ কস্ট অব ক্যাপিটাল। চিত্রে ২০৩৫ সালে বিদ্যুৎ উৎপাদনের জন্য পুরোপুরি প্রস্তুত একটি বিদ্যুৎ কেন্দ্রের এলসিওই দেখানো হয়েছে।

চিত্র ৬১: আলাদা বিনিয়োগ খরচের ভিত্তিতে বাংলাদেশে নবায়নযোগ্য বিদ্যুৎ কেন্দ্রের এলসিওই



উৎস: ব্লুমবার্গএনইএফ। দ্রষ্টব্য: WACC হল ওয়েইটেড অ্যাভারেজ কস্ট অব ক্যাপিটাল। ৪ ঘণ্টা ব্যাটারি সক্ষমতা ব্যবস্থাপনার ভিত্তিতে স্টোরেজের খরচ ধরা হয়েছে। চিত্রে ২০৩৫ সালে বিদ্যুৎ উৎপাদনের জন্য পুরোপুরি প্রস্তুত একটি বিদ্যুৎ কেন্দ্রের এলসিওই দেখানো হয়েছে।

© Bloomberg Finance L.P.2023
No portion of this document may be reproduced, scanned into an electronic system, distributed, publicly displayed or used as the basis of derivative works without the prior written consent of Bloomberg Finance L.P. For more information on terms of use, please contact sales.bnef@bloomberg.net. Copyright and Disclaimer notice on page 59 applies throughout.

Appendix F. প্রযুক্তিগত ফ্যাক্টশীট

© Bloomberg Finance L.P.2023
No portion of this document may be reproduced, scanned into an electronic system, distributed, publicly displayed or used as the basis of derivative works without the prior written consent of Bloomberg Finance L.P. For more information on terms of use, please contact sales.bnef@bloomberg.net. Copyright and Disclaimer notice on page 59 applies throughout.

জলি িয়ভরি িরেবিরি প্রমলে ভহিো উজ গ্যাসার ভগ্নেস অভদ্রিু কমালে প্রলষ্ঠজে।

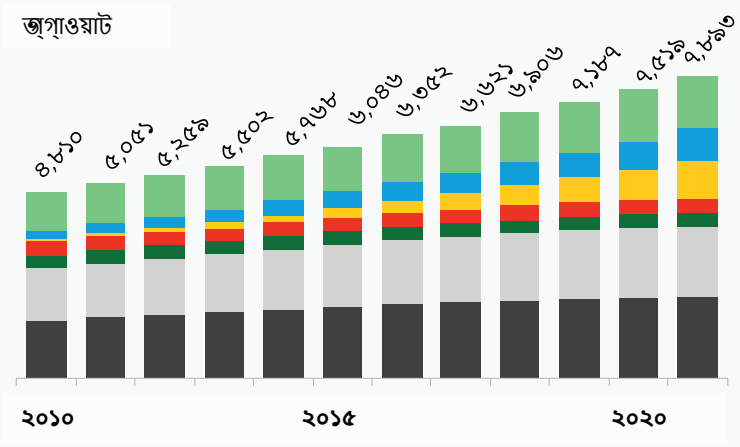
জীশ্মি জ্বালভরে উপর যিাপক ভি িশীলরি কারলে এককালি িকাি তে ভঃিসরলে সলিচলয়ড়ি উৎস হলয়দাঁভড়য়ে ভদ্রিষ্যউৎপাদ্লে।

প্রযবক্রেরিচ কলমআসায়, কস্ট িয়িযভদ্রিষ্য এখে কভিশরগ্রি কদ্লহয়ভদ্রিষ্যরি সলিচলয় সস্তা উৎলসপভরণি হিলয়লে।

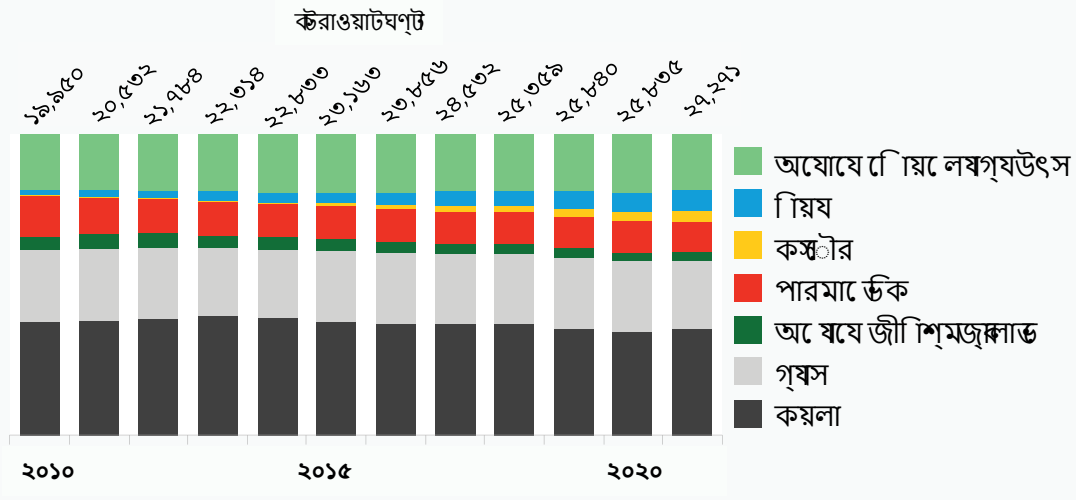
বিদ্যুৎ খাতের রূপান্তর

কয়লা ও গ্যাসভিত্তিক ভদ্রিষ্য কল্পনাগুলো ঐভহিাভকালি িই ভদ্রিষ্য উৎপাদ্লে প্রধি ি ভস্তার কলর আসলে। লি িসাশ্রয়ীহওয়ায় এং সহায়ক ীতি মালার কলযালএখে ভদ্রিষ্যউৎপাদ্লে ভদ্রু ভদ্রু কস্ট িয়িযভদ্রিষ্যলরি মাদ্রি ি ড়লে।

বিশ্বব্যাপী স্থাপিত বিদ্যুৎ কেন্দ্রের উৎপাদন সক্ষমতা



বিশ্বজুড়ে উৎপাদনে উৎস ও প্রযুক্তির সংমিশ্রণ



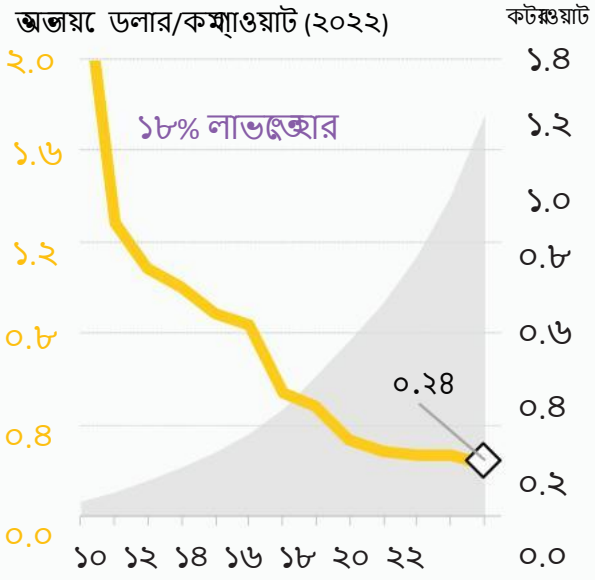
ি িথ্যসূত্র ি িযমিগ্রএ ইএফ

BloombergNEF

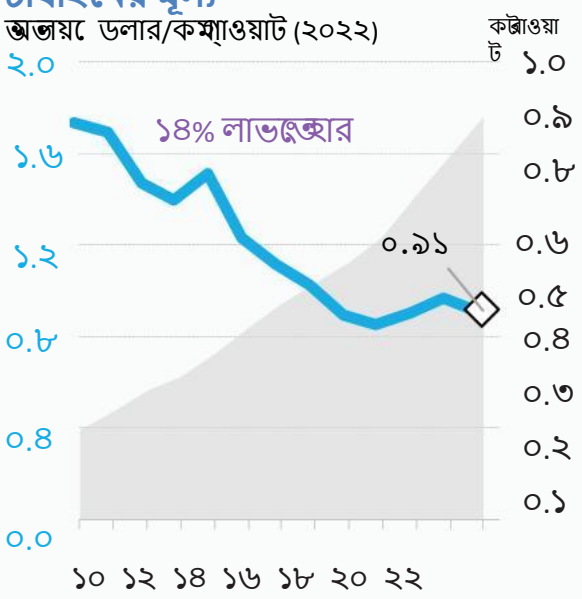
বিদ্যুৎ খাতের রূপান্তর

উদীয়মান উৎপাদন প্রযুক্তিগুলির ২০% কম খরচে প্রচলিত উৎপাদন প্রযুক্তির সাথে প্রতিযোগিতা করতে পারে (পরিমাপ হিসাবে ভবিষ্যৎ উৎপাদনের হিসাবের সমতা লেভেলাইজড কস্ট অফ এনার্জি, বা এলসিওই, এখানে সবচেয়ে সস্তা উৎস। যে বিন্দুতে প্রযুক্তিগুলি কম খরচে উৎপাদন শুরু করে সেটি প্রায়শই উদীয়মান প্রযুক্তির খরচ উল্লেখযোগ্যভাবে কমানোর পরামর্শ দেয়।

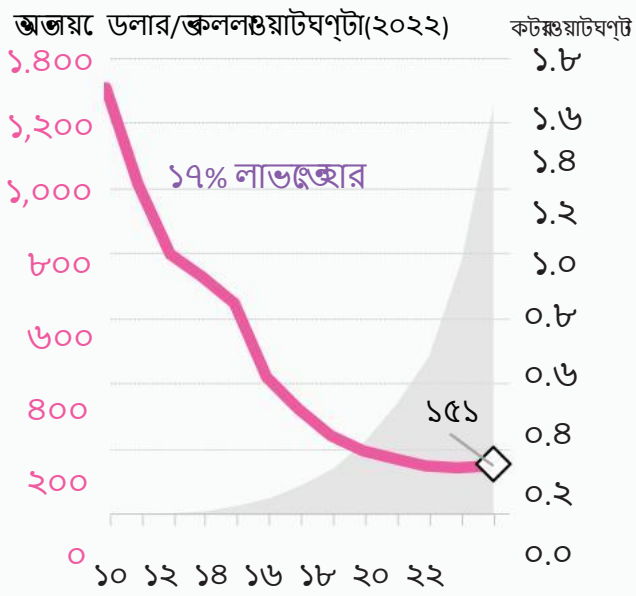
সোলার মডিউল মূল্য



স্থলভাগের বায়ু বিদ্যুৎ টার্বাইনের মূল্য



লিথিয়াম আয়ন ব্যাটারি প্যাক মূল্য



থিযসূত্র লিযমাগ্রহে ইএফ

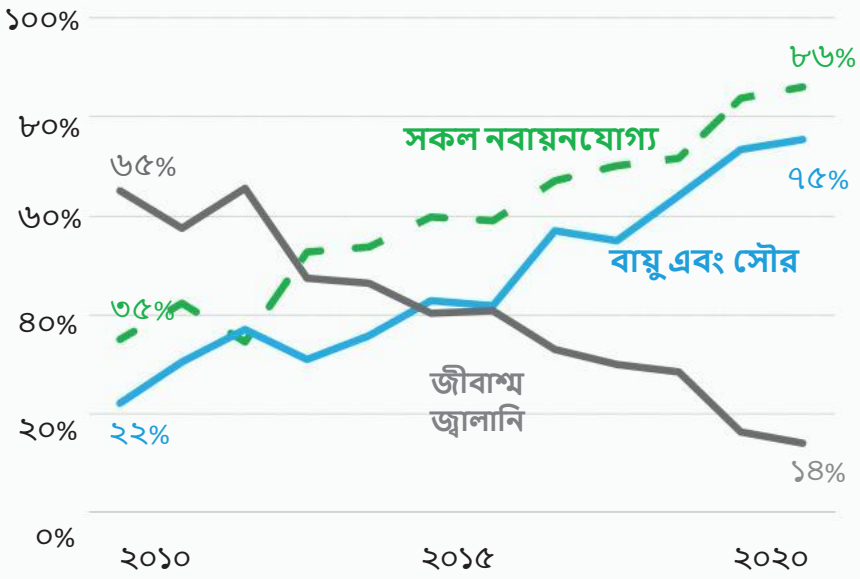
দ্রষ্টব্য ধূসর রংয়ের ভবিষ্যৎ অংশ পূর্বাভাসকৃত হ্রাসের মধ্যে ভবিষ্যৎ উৎপাদন সক্ষমতার ভলদশ করে।

BloombergNEF

বিদ্যুৎ খাতের রূপান্তর

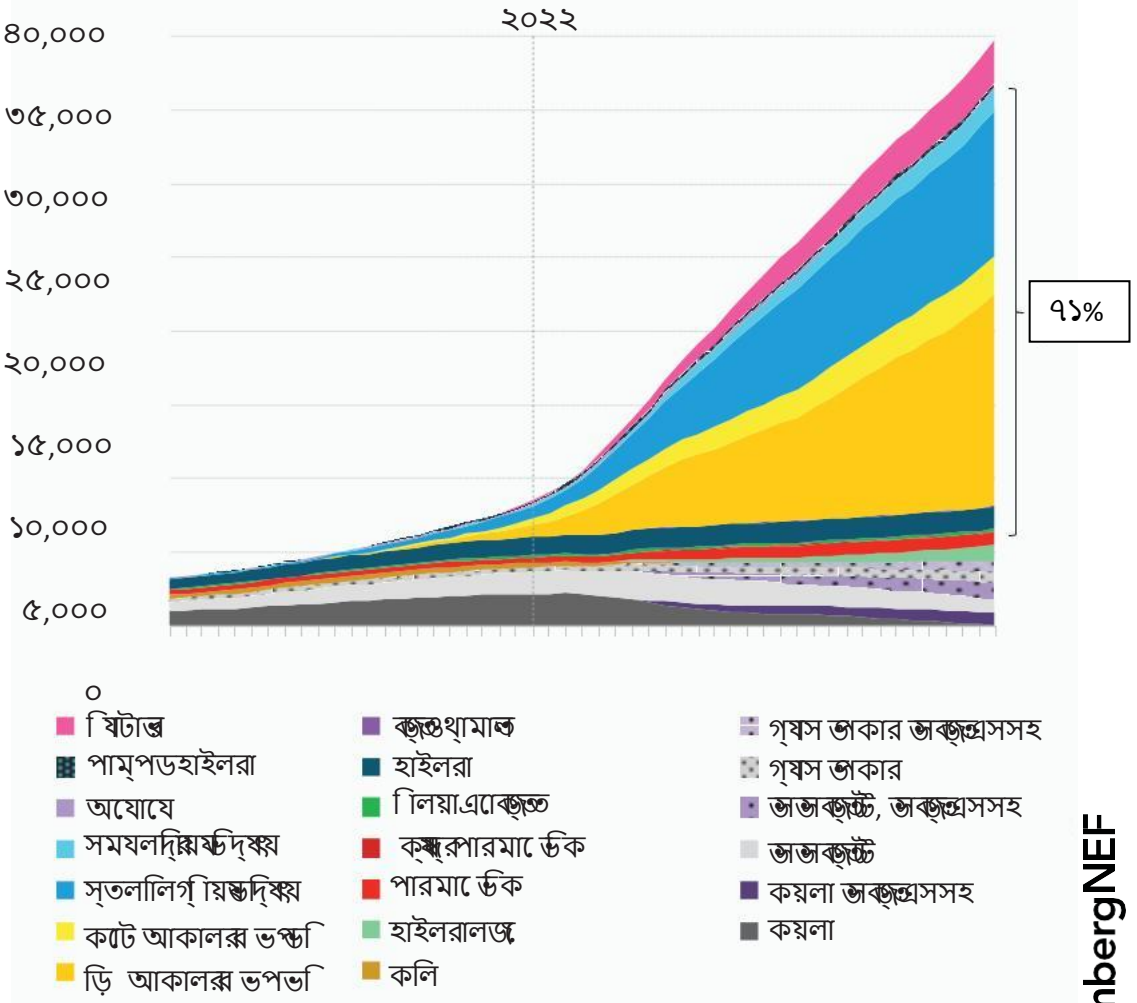
২০১৭ সালজুড়ে ভূ্বিব্যাপী যযা হওয়া েুি ভদ্যিযলরি৫০ শাি ংলশ্ব কভিই ভলো কসরে ও ি িয়য-ভদ্যিষ্যয় ২০৫০ সালল বভি্বকক্ষমট ভদ্যিষ্যয়উৎপাদ্ সক্ষমাি র ৭১ শাি ংশ থাকলি কসরে ও ি িয়য ভদ্যিষ্যয় কক্ষদ্রগুললার দ্খলল্ লি লে ভরি ইএলফরকটেক্তরগুলশ্পট।

বিশ্বব্যাপী সংযোজিত বিভিন্ন প্রযুক্তির বিদ্যুৎ উৎপাদনের অনুপাত



থি যসূত্র্লিযমগ্রি: ইএফ

বৈশ্বিক বিদ্যুৎ উৎপাদন সক্ষমতা, নেট জিরো দৃশ্যপট



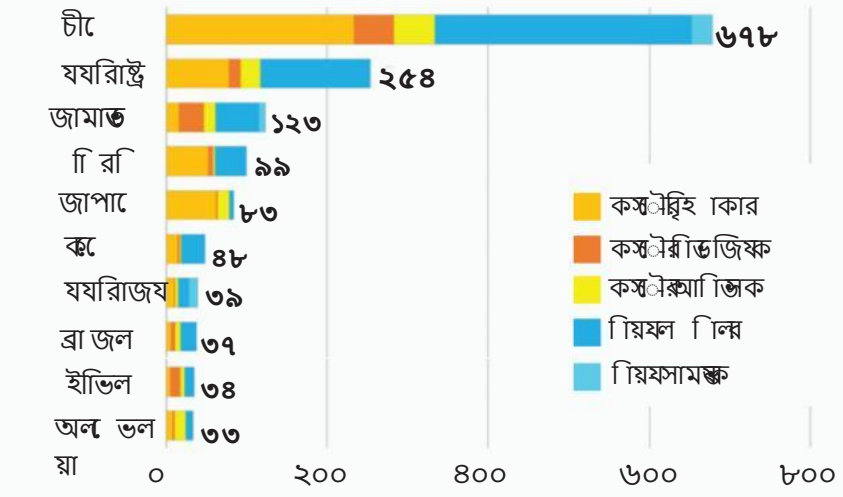
থি যসূত্র্লিযমগ্রি: ইএফ ভউেএে বোভআউটলক ২০২২

BloombergNEF

বিদ্যুৎ ব্যবস্থাপনায় সৌর ও বায়ু—বিদ্যুৎকে যুক্ত করা

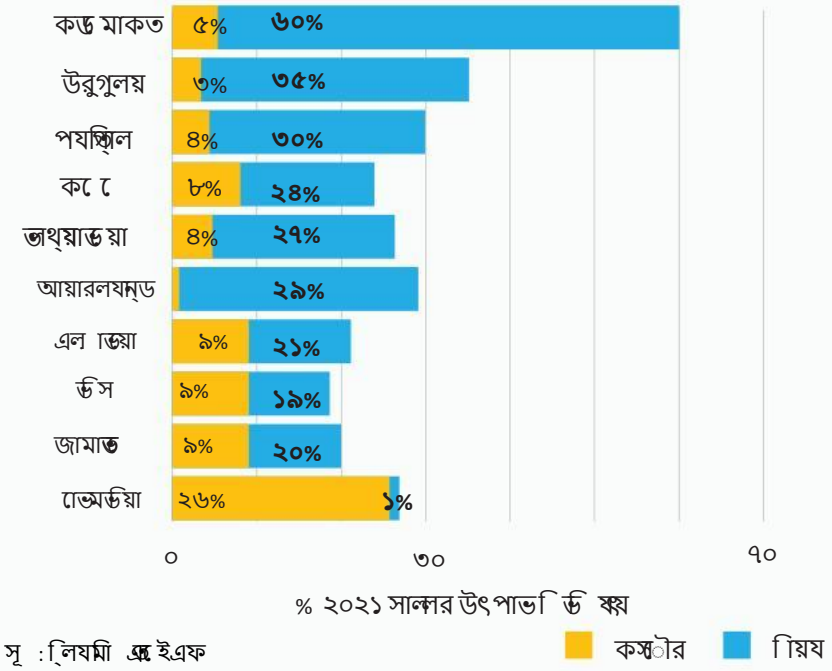
ভরেক্তনিধরি রাহ ও চাভহাদ্অযেযায়ী উৎপাদ্ ভয়েন্ত্রেক্ষ্মা পি ভদ্যিষ্ককনত্রয়ালস্তদ্যিষ্মিল প্রচলি জি ার গ্লড়ওঠায়, সূলষ্যতআলো ও য়িযরপ্রবি তৌলি ি ভলিডায়িযও কসতৈরদ্যিষ্যসংলযলগ্রকবক্ষ্মত্র প্রবাহ উলগ্যে বি ভরকলরএলস্ন। লি এখে বভিচ্ছ্রি করামইভদ্যিষ্য যিি স্তাভারে গুরুত্বপূ অযেষে হলয়উঠল, ে িয়লেযাগ্যভদ্যিষ্যক্ষ ভদ্যিমাযিি স্তাব সলে সমভি করলি াগে সফটওয়ার ও হাডওয়ারও ইভমিলধযজি ালরচললএলস্ন।

২০২১ সালে সৌর এবং বায়ু বিদ্যুৎ সক্ষমতা বাড়ানো শীর্ষ ১০ দেশ



সূ : লিযমি এে ইএফ ভ াওয়াট

বিদ্যুৎ খাতে সৌর ও বায়ু বিদ্যুতের অবদানে শীর্ষ ১০ দেশ, ২০২১ সাল



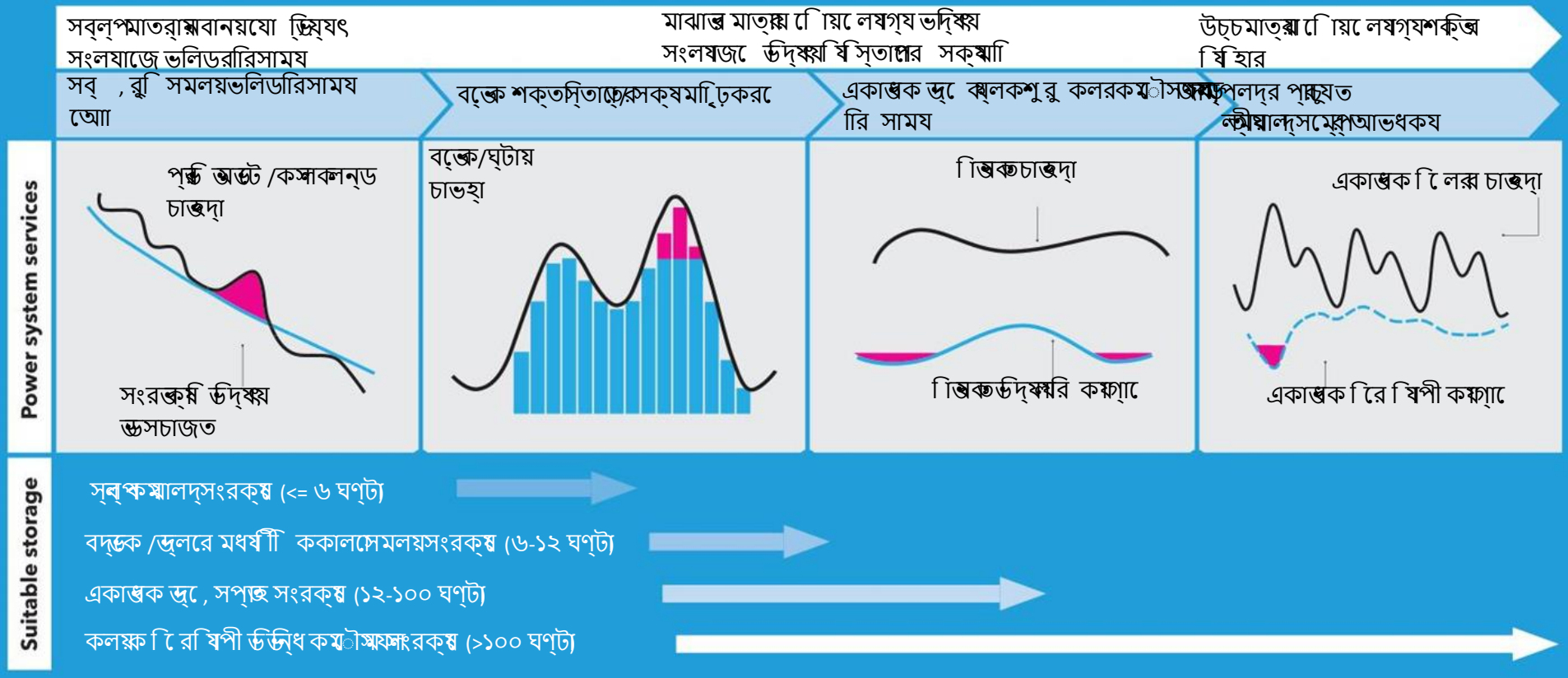
সূ : লিযমি এে ইএফ

ভভিন্নিক দ্বাশইভমিলধযইভষ্যত ভদ্যিষ্যউৎপাদ্লে কস্তৌরিয়য—ভদ্যিষ্যিল অদ্যি ে এক চ্যিাল্তা ভেড়লয়ক্গ্লে

BloombergNEF

কসটের িয়ষভদ্িযযল্রাপ্িরযযক্তযিাজে

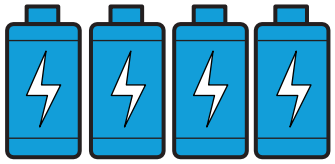
আলাদ্া রিমাসয কাল প্রলয়াজে



ি থ্যসূত্র লিযমিাগ্রে ইএফ

BloombergNEF

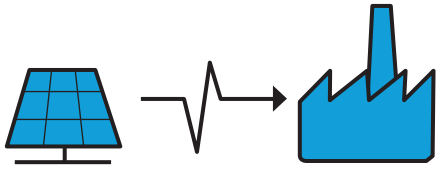
বিদ্যুৎ ব্যবস্থাপনায় সৌর ও বায়ু–বিদ্যুৎকে যুক্ত করা



যিাটাভর

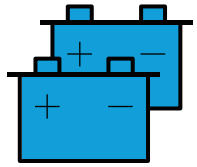
কস োস্ত য়িযভদ্িষ্যযর পভরি তেীলারি কবক্ষত্র ভলথিয়াম আয়ে যিাটাভরর দ্রুি সাড়া কদ্ওয়ার সক্ষমিা, ভদ্িষ্যযৎ উৎপাদ্লরে ওঠা-নামা সামলালি কশি কাযকরী। যিাটাভরর প্রস্তাকিতব্যয়ধযআলে ভলিকালয়ক্তভয়েন্ত্রণথেলকগুরু কলরঘণ্টায়ঘণ্টায় শক্তসাি োন্তলরনলি কাজ। লিযমগি্রএই এ লফর ভহসাভে যযায়ী২০২২ সাললরকশষ্ে াগাদ্ ভশ্বিবযিী ১৬ ভগ্গাওয়াট/৩৫ ভগ্গাওয়াটঘন্ট ভদ্িষ্যযসংরক্ষাে মাধযম ভহসালিযিাটাভরযিহি হলয়লে।

চাভহদ্াকম এিং /অথ্যি মূল ভলিড ভদ্িষ্যযসরবি াহ কভিশ্থাকললযিাটাভর য়িে লযাগ্যউৎলস্র উদ্বৃি ভদ্িষ্যযসংরক্ষ করল পারলি। চাভহদ্া ড়লল এিং /অথ্যি ভলিড ভদ্িষ্যযকম থ্াকললযিাটাভরলি সংরভক্ষভদ্িষ্যযসহলজই যিহার করা যালি। এই প্রক্তক্রয়িাটাভরভদ্িষ্যযউৎপাদ্ে ভয়েন্ত্রল প্রনায়াজনীয়ি হ্রাসকলরভসালে ম পভরচালে কারী ও ে োয়ে লযাগ্যভদ্িষ্যযপ্রকল্পগুরা মাভলকলদ্র সহায়ি করল, একইসলে ভলিডর উন্ধযিহিালরর মাধযলম সামভকি ভদ্িষ্যযযিস্তপে োর খরচও কমালি।



চাভহদ্া-কযাগুলরে পাশ্বত যিস্তপে

প্রযক্তযিহির কলর ভভেষ্টসমলয়ভদ্িষ্যযর চাভহদ্া ও উৎপাদ্লরে পূি তিাস— ে োয়ে লযাগ্য ভদ্িষ্যযর পভরমাে ভলয় অভয়েি কমালি এিং ভডি পভরচালে সহায়ক হল পালর। িুলস্র াল পাওয়ার প্লান্টর মলি ভয়েন্ত্রলযাগ্যলড উপকরলে যিহির, ভলিডর ওপর চাপ কমালি কক োলা আর ভপক আওয়ালর কম ভদ্িষ্যয যিহিালর ে োে প্রনাদ্ো প্রকল্পভডিলকি রসামযপূ ে আখলি এিং প্রনায়াজলর মযূল দ্রুি ও কাযকরী লি চাভহদ্া-কযাগুলরে সমলিয় সযলযাগুলরকদ্লি



দ্ীঘস্তায়ীদ্িষ্য সংরক্ষে যিস্তি

অভধকমাত্রায়ে ে োয়ে লযাগ্যভদ্িষ্যযর যিহির ভক্ত্রে করল হলআলাদ্া আলাদ্া সময়কালর ভভিলি (কল্পক ভমভনসলক ন্যথেলকগুরু কলর কল্পক ি র পযন্ত) সহায়ি ভদ্লসিক্ষমএমে ে োে উৎলস্র সময়ি ঘটালি হলি। স্বল্পস্থায়ী যিাটাভরর ুলে োয় পাম্পডহাইলরা ও কমল্পরাড এয়ালর মলি দ্ীঘস্তায়ী সংরক্ষ যিস্তি ভলিডর যিাপক উপকালর আসলি।

অশি যএখে পযন্তকভিশরাগ্ প্রযক্তইভন্দথ্যয়া যিাটাভরকলায়যিয়হি ল, কসকারলে অথ্নভকিলি কস্গুললা খযএকটা গুরু ত্ব পালি ে।

BloombergNEF

তাপ বিদ্যুৎ থেকে কার্বন নির্গমন কমাতে পারে যেসব প্রযুক্তি

ভদ্যিষ খাল কাতেভগ্ মহ কমালারে সলিচলয়সাশ্রয়ীপথ্ হলি ে িয়লেযাগ্যভদ্যিযলরিউৎপাদ্ ড়িা লো—যা এখইে করা সম্ব।

দ্হে প্রক্তয়রঞ্জ্বাবভরে ককফায়াভর্ ি ভমশ্রভক

কয়লাভিত্তিক বিদ্যুৎ কেন্দ্রে

কয়লার সলে পভরনি্ধভকিল্প জ্বাবভরে ককফায়াভরংি কযৌদ্ধি দ্হলরে মালে হলি - ভদ্যিযউৎপাদ্লে জ্বাবভে ভহলালি ককলি কয়লালকযিহার ো কলর কয়লার একাংলশরদ্লিল কস্যালে অযলমাভয়োি লিয়ামাস ভদ্লয় ভদ্যিযউৎপাদ্ করা।

গ্যাসভিত্তিক বিদ্যুৎ কেন্দ্রে

গ্যস টাি্হলে প্রাকৃভকি গ্যলসর সলে হাইলরালজলরে ভমশ্রযিহি হয়। স্বল্পাচ্রায়ককফায়াভরধি ককে্তন্দ্রগুভ ককষলত্রদ্যিযাে পিি ভদ্যিয বকন্দ্রগুলালি খাভকেটা পভরাি্তে আলেই চললি। লিি এই স্বল্পাচ্রায়ককে্তন্দ্রগুভি ককফায়াভরংস্বাকাি তেভাংসির খযসিামাে যই কমলি।

অযলমাভয়োি লিয়ামাসর সলে কয়লার ককা-ফায়াভরংএং প্রাকৃভকি গ্যলসর সলে হাইলরালজলরে ককে্তন্দ্রগুভি পালর আয়ি অথ্যি শক্তভি অলে যালি। প্রভটিজ্বাবভরে আলাদ্া আলাদ্া আয়ি ভভিকি শক্তযিি ত্ব থ্যালক। পভরনি্ধ জ্বাবভেসমূলহর (হাইলরালজে, অযলমাভয়ো লিয়ামাস) আয়ি ভভিকি শক্তযিি ত্বজীশ্মি জ্বাবভরে কলায়কম। হি একই পভরমাভেদ্যিযউৎপাদ্ করলি কয় পভরমাজৌশ্মি জ্বাবভলোগ্লি, পভরনি্ধজ্বাবভলোগ্লি ারি কলায়অলকে কভিশ।

কয়লাভভিক ভদ্যিযকক্নদ্রগুণ্টায় প্রভি কম্যাওয়াট ভদ্যিয উৎপাদ্লে গ্লড় ০.৯ টে কি তেডাইঅক্সাইড ভংিসরে কলর কম্বাইন্ড সাইলকল গ্যস টাি্হলে (ভসভসজটি) এই ভংিসরারে গ্ড় ঘণ্টায় কম্যাওয়াট প্রভি ০.৪ টে। ভসভসসটিজ্লোয় কয়লাভভিক ভদ্যিযককন্দ্রগুলালি কম কি তেভাংিসর লক্ষমাত্রাঅজতে করলি হলা ৫০%--র কভিশ শক্তযিি লেত্রআয়ি ভভিকি ভমশ্রঅে যালি প্রায় ৮০%) অযলমাভয়েককফায়ার করলি হলি।

ে িয়লেযাগ্যভদ্যিযউৎপাদ্লে ককলো কি তেভাংিসরে ো হওয়ালি, কি তেভাংমহ হ্রাসে য়ি লেযাগ্যজ্বাবভভিকি প্রকল্পালরে ভিলকায় প্রথ্মভাকরলয়লে

জীবাশ্ম জ্বা লানিভিত্তিক তাপ বিদ্যুৎ ে কন্দ্রগুলো থেকে নিঃসরণ ক মাতে ি কছু দেশ ও কোম্পানি হাইড্রোজেনের মতো কার্বনহীন বিকল্প জ্বালানি ব্যবহার এবং/অথবা কার্বন ধারণ ও সংরক্ষণ (সিসিএস) পদ্ধতি ব্য বহারের কথা ভাবছে।

এসব পদ্ধতির প্র য়োগ নানান নবীন ও জটিল প্রযুক্তির বাণিজ্যিক উৎপাদন এ বং বিশ্বব্যাপী নতুন সরবরাহ ব্যবস্থা প্রতিষ্ঠার ওপর নির্ভরশীল।

কার্বন সংরক্ষণের সক্ষমতা নিয়ে প্রতিদ্বন্দ্বিতার পাশপাশি এসব পদ্ধতিকে বিমান ও জাহাজ চলাচলের মতো খাত, যেগুলো পরিচ্ছন্ন জ্বালানির ওপর নির্ভরশীল হতে পারে ও কার্বনমুক্ত হতে যাদের হাতে বিকল্প উপায় কম, তাদের সঙ্গে প্রতিযোগিতায় নামতে হতে পারে।

BloombergNEF

তাপ বিদ্যুৎ থেকে কার্বন নি সরক্ষমাতে পারে যেসব পরযুতেক্ত

কযসপ্রিযযক্তগে

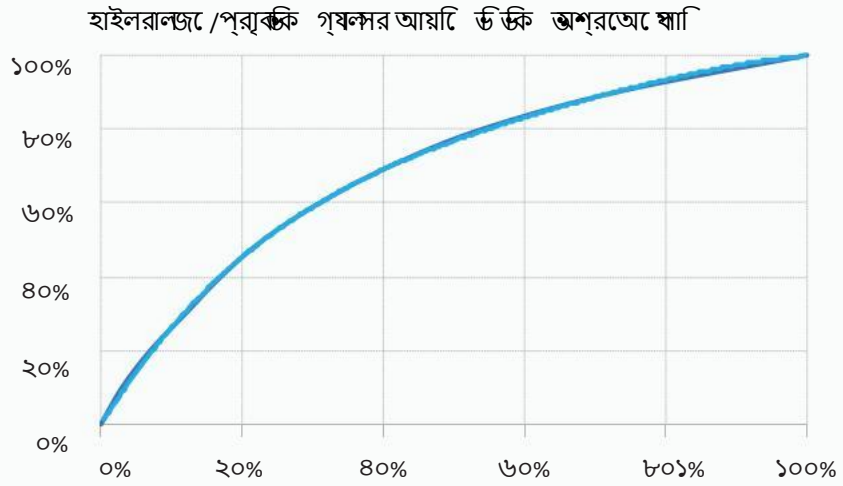
কয়লা ও অ্যামোনিয়া (NH3) কো-ফায়ারিং

গ্যাস ও হাইড্রোজেনের মিশ্রণ (H2)

কয়লা ও বায়োমাস কো-ফায়ারিং

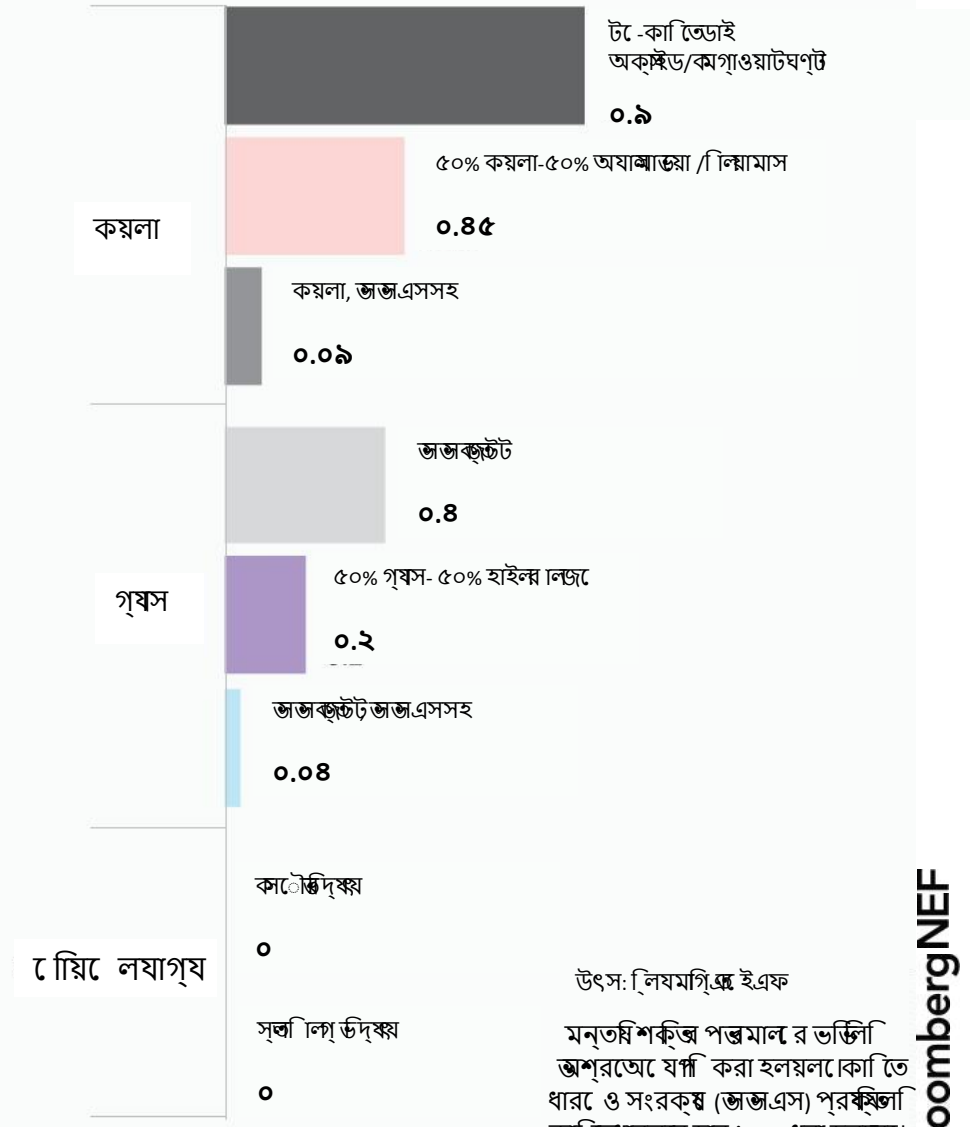
কার্বন ধারণ ও সংরক্ষণ (সিসিএস)

হাইলরালজে কেক্ে ভন্নায়াক্তত আয়লিরে মলধযসম্পকত



উৎস: লিযমাগ্রিএনইএফ, ক্তজাইওয়ার টু গ্যাস: হাইলরালজে ফর পাওয়ার কজা লরশ

ভদ্রিষযউৎপাদ্লে যিহ্রি ভভিন্নি ধ্রায়যবর্ন কাি তেভগ্মেলে র হার



উৎস: লিযমাগ্রিএনইএফ

মন্তযি শক্তি পত্রমালে র ভভত্তিি ভাশ্রয়ে যপা করা হলয়লে কাি তে ধারে ও সংরক্ষে (ভভসএস) প্রবর্ষিলা কাি তেধারলরে হার ৯০% ধরা হলয়লে।

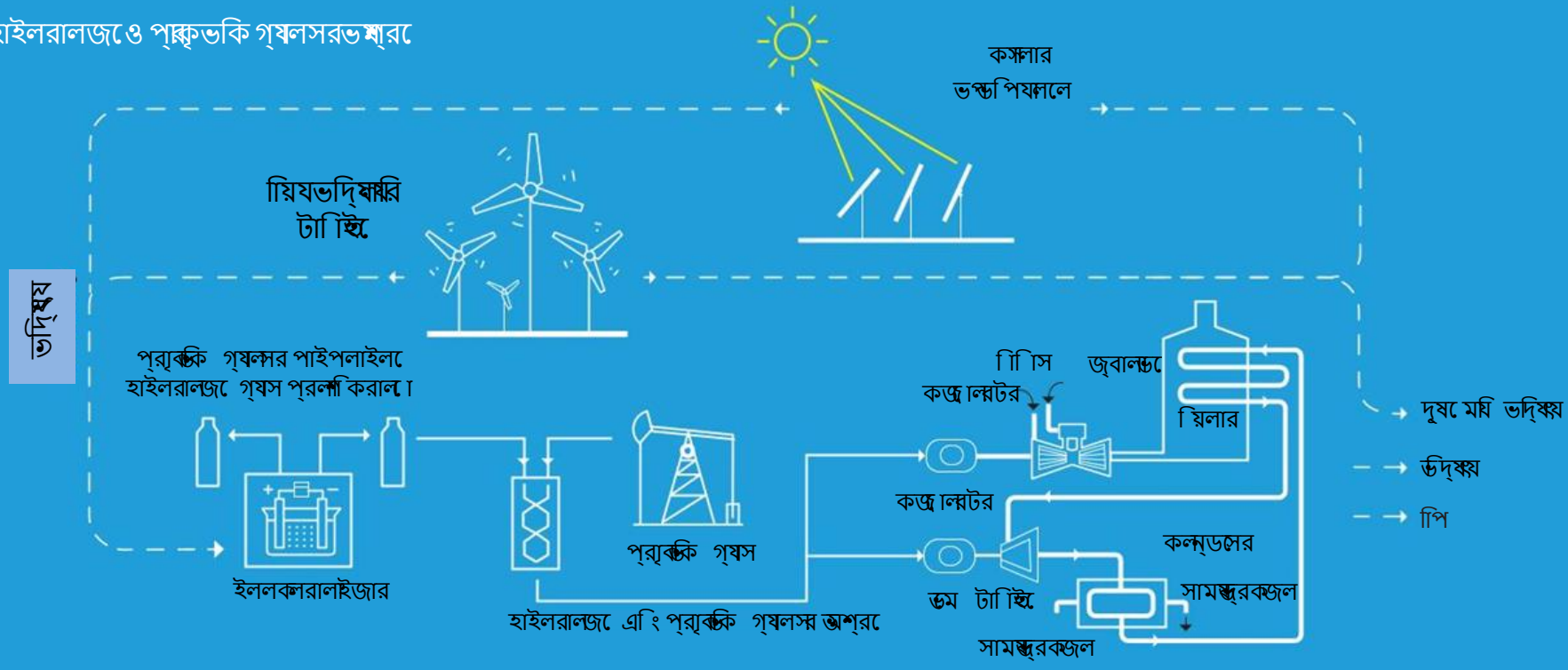
BloombergNEF

হাইড্রোজেন ব্যবহারে গ্যাসভিত্তিক বিদ্যুৎ কেন্দ্রে পরিবর্তন

কাি তেভগ্যমহ কমালাি কশি ভকু কদ্শও কক্মপাভে কস্বাইন্ড্সাইকল গ্যাস টাি হিলে (ভসভসভ) প্রযুক্তজি উদ্ভাবভে ভহসাি প্রাকৃভকি গ্যালসর সলে হাইলরালজে কমালারে কথা ভলিচি। করল। লি শূ্য কাি তে ভিঃসরলে লক্ষ্যমাত্রা অজলে ভসভসভ প্রযুক্তকি অশি ফ জ্বাল্ভে হসাি শিগি্ হাইলরালজে যিহিলর সক্ষম হলি হলি।

হাইলরালজে জ্বাল্ভে উৎপাদ্লওে কাি তেভগ্যমলক শূলযে কক্ঠায় োমালি হলি। হাইলরালজে একটট পলরাক্ষভহোউ জ গ্যাস, বভিশ্বব্যাপী ড়ি লারে কক্ষলত্র্ট কাি তে ডাই অক্সাইডর কভায়ও কভিশ ূভমক রাখলি পালর হিি উৎপাদ্, পভরহিি ও যিহিলরর সময় হাইলরালজে মযি হলয় কয় পভরলশি র সালথ্ ভমশা কযলি ো পালর কস্ভদ্কও কক্ষ্যাল রাখলি হলি।

অভধক মাত্রায় হাইলরালজে জ্বাল্ভে যিহিলরর উপলযাগী কলর ভসভসভক্ প্রযুক্তকি গ্ল্ড় ুলি লি যিাপক ভভিলয়ালগ্র প্রলয়াজে। এর সল্ দূষে মযি হাইলরালজে উৎপাদ্, পভরহিি ও সংরক্ষলাও লাগ্লি কাভড়কাভড়টাকা।



হালইরালজে যিহালর য়াসভভিকি ভিযক্ষকরা পভরাি তে

হাইলরালজে কল্পাভিং

কীলিি হাইলরালজে প্রি হল্পলে ি দ্রি ও সহলজ কাঝিালি, হাইলরালজে ভালল্প ভিি ি লিষ্ক মলি কললভিং যিহার করা হয়। আলা া আলা া উৎপা ে পভিলিি ভ তিভিহে াউজ যলসস্র পভরমাণে আলা া হয়। হাইল্রা ালজলে র সলিচয় সযপভরচি কললিি ললা হল :

গ্রিন (সবুজ)

ে ায়েলেষ য ভি ষ্কয় যিহার কলর ভিড়ৎ ভলিষেলরে সাহালয্যপাভ কে লক হাইল্রা ালজে অমিযি করা –এলি ভিহে াউজ যস ভসর লরে পভরমাে হয় শূযে ভক্রংি অভি ে য

ব্লু (নীল)

ভাল লরে ভ ম ভরফভাংক্তকষটাভালে র উপভলিি উ পি মা ায়িলিরে সলে হাইলরাকাি ন্নরে ভিয়ি া ঘটালে) ি কাি তেডাই আইড ধারে ও সংরক্ষে (ভাভাএস) প্রযযি সহল্যাল কয়লালক যলস পা ন্তর কলরহাইলরালজে উৎপা ে করা। এলি কয পভরমাে ভিহে াউজ যস ভ তিহয়, ি ভলিরে ি লিয়ে কতি হলাও কি হাইলরালজলরে ি লিয়ে কম।

গ্রে (ধূসর)

এই পভিলিি ভাভাএস পভি ে াড়াই ভাল লরে ভমে ভরফভাংক্তি কয়লালক যলস পা র কলর হাইলরালজে উৎপা ে করা হয়। ি ভাল ভাংহি ক্ষল এলি ি হাইলরালজে উৎপা ে করা হয়, এলি ভিপযলপভরমাে কাি তে ডাই আইড ভ তিহয়।

কাি তেঅপসারলে হাইলরালজলরেউপলযা ককা ায় কভিশ্কলি পালর

অ্যামোনিয়া উৎপাদনে কার্বন অপসারণ

পভরি ন (ূষে মযি) হাইল্রা ালজে ক লকউৎপাভি ভিি অযালমেয়া সার উৎপা ে ও কৃভষ খাি ক লক কাি তেঅপসারলে যিহার করা যালি; পাশাপাভশ এটটপ্রাকৃভিক যলসস্র াম ক লকসালর্র াম লক্ষ আলা াও করলি।

দূষণ কমানো কঠিন এমন খাতে কার্বন অপসারণ

ভপকআওয়ালরভিলশষভাি ভি ষ্কয়সর রিালহর(ভাভক্তং পাওয়ার) পাশাপাভশ ূষে মযি হাইলরালজে এমে সি রিি ভাল যিহার করা যায় কষ্মালে সরাসভ্র ভি ষ্কয় ক ওয়া যসধযি অসম্ভি। কষ্মালে ভমালে উৎপা ে, ইলি ও অযালমেয়া াম উৎপা ে, জাহাজ ও ভিমালে চলাচল খাি।

কি ূ ভকি য ালসরসলে হাইলরালজে ভমলে র ঝষ্ক ও ভলিচি েসমূহ

জ্বালানি ও অবকাঠামো ব্যয়

সময়পল কষ্যাে যিহার করা কষ্কি ে ককে হাইলরালজলরে পভরি হি যিি এলএজে র ি লিয়ে অলকে কতিই হলি। সময়পল হাইলরালজে পভরি হি ে ি ধরলরে অি কাঠালমরও প্রলয়জে পড়লি।

বিদ্যুতের দামে প্রভাব

ালাভে যিি যি কতি হলি, ভি ষ্কয়রি া মও ি ি ড়লি। এর ফলল উ য়শীল কশ লালি জলে র সাম ষ্ক্রয় ক্ষমি ঝষ্কর মষ্যখপড়লি।

নিঃসরণ হ্রাসে সুফল

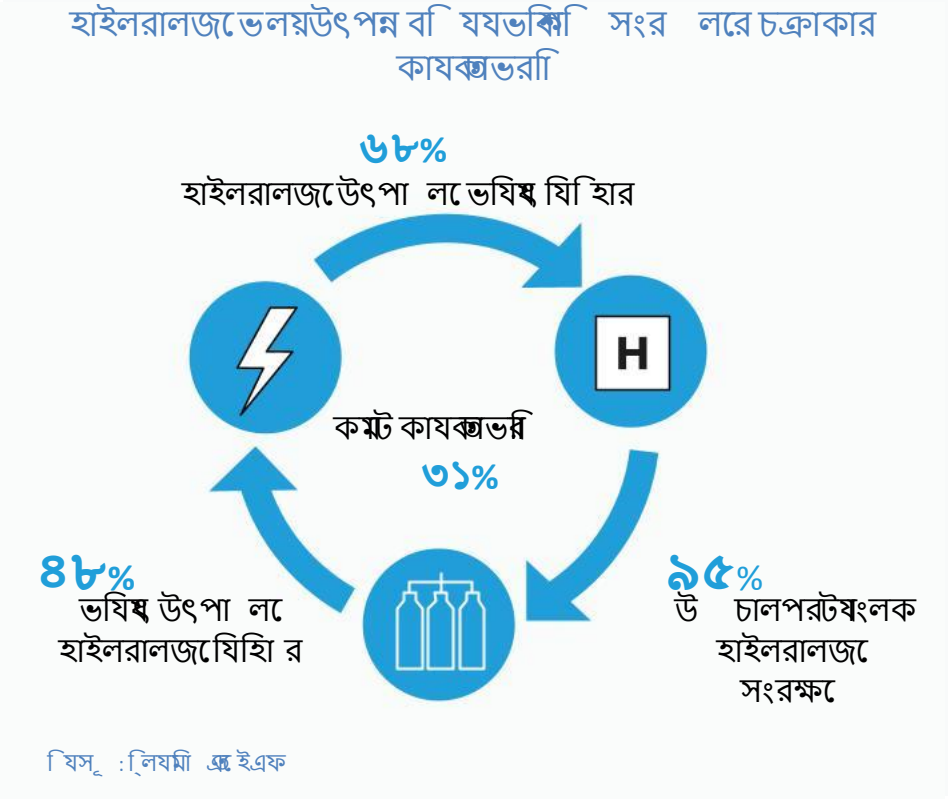
আয়ি ভলিচি েয় হাইলরালজলরে শ ি ঘে কম হওয়ায় উলখেলয যমা ায় ভসর ে া স ককলি খি ই সম্ভি যখে াল াড ভালে হাইলরালজলরে অযেপা ৫০ শি াংলশরকতি হলি, ি কস্ট ভি ি লিষ্যা-ই কষ্কি ে ককে। এই ভিপযলপভরমাে হাইলরালজলরে জযে খরচও কতি হলি। কভিশ অযেপলরি হাইলরালজে কষ্মালে াল ভিভেলয় ভাভাজিট চালালে এখওে পরীক্ষামূলক পযাষ্যয়ই রলয়লে।

নিরাপত্তা

প্রাকৃভিক যলসস্র মলি হাইলরালজেও উমা া য় াহয আে ভিক ঠে কাটে হওয়ায়, ককালরেং ও ে াকায় হাইলরালজে ভালকজশলে ি করা অযি যহ। হাইলরালজলরে কারলক্ষে ি কখা ভলি পালর এই আশায় ভি ষ্মালে প্রাকৃভিক যলস পাইপলাইলরে অি কাঠালমর কতিরি অংশই উ মা ার হাইলরালজলরে কলিায় যিি হার করা যালি ে।

BloombergNEF

হাইড্রোজেন ব্যবহারে গ্যাসভিত্তিক বুস্টিং কেন্দ্রে পরিবর্তন



হাইলরালজকে লকভবিষ্যি উৎপাল ে। লাভোি , ে।য়িলেযায ককক লকসরাসভরভবিষ্যি যিহিালরর ক লক কম হলি।

প্রলম ূষে মযভবিষ্যি যিহিা র কলর হাইলরালজে, পলরকসহাইলরালজলেক ভসভসজটটবিহির কলরভবিষ্যি উৎপা লরে ুলে।মূলক কম াল ভে দক্ষ প্রয়াটট অ নত্রভকিি লিসা য়ী য়ে।

হাইলরালজভেলয়ভভেষ্ট পভরমাভেবিষ্যি উৎপা লে কহাইলরালজলোলি , ি উৎপল ওই ভভেষ্ট পভরমালর ৩-৫ ে কভিশমারি কস্ত্রভবিষ্যি লালি ।

ে।য়ি েলেযায কক্রে কলক ভলিড ভসংরি ভবিষ্যি সরবি াহ করার কল যিকআপ কসি ভলি সম এমে ওলপে সাইক্লকল য াস টাি হলে (ওভসজটট) সামাে য পভরমাে পভরি হাইলরালজে াল ভে যিহির ভিষি ক্ষালি অ নত্রভকিি লি কাযকত্র হলি পালর। ভসভসজটটলি ভপিযল পভরমাে াল ভে লাল । এ কারলে কাি তে অপসারলে 'কহিসললাড ভবিষ্যি কক্রে ল লালি পভরি হাইলরালজলরে যিহির কমটও লাি জে কে হলি ে।

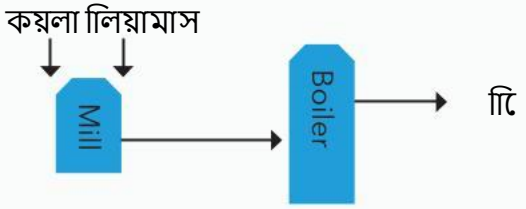
BloombergNEF

কো-ফায়ারিংয়ের জন্য কয়লাভিত্তিক বিদ্যুৎ কেন্দ্রে পরিবর্তন

কয়লার সলে লিয়ামালসরককফায়াভরং

কয়লার সলে লিয়ামালসরককফায়াভরংলকয়লার একাংশ লিয়ামাস রো পর্ভস্তিাভপ্রয়ি। যযরিা র্ ও ইউলরালপরমলি অলকে জায়ায় ভিস্যৃি পযান্তয়লিয়ামাস ককফায়াভরচলল। পযলরাপযাভয়লায় চাভলভিযযক্কুললাক্লক্কপভরমাভেহোউজ্ যাস ভস্যৃি হয়, কয়লার ভকঅংশ লিয়ামাস ভ্লস্মার্ভস্তিাপকেরলল কসস্থৃি লায়ে ভসেরে কম হয়।

সরাসরি কো-ফায়ারিং

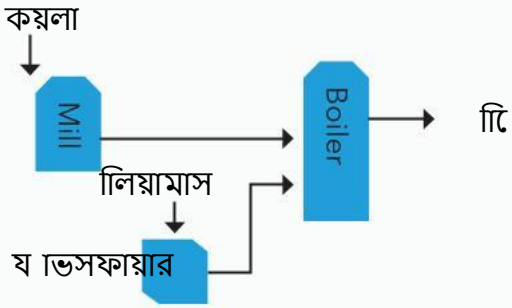


লিয়ামাস প্রক্রিয়াজা কলরলয়াজ ে হলল কয়লার সলে অতালয়সরাসভ্রি য়িলাল্র যি হার করা যায়।

এলি খযাই সামাে যপভ্রা লিস্তরে লয়াজ ে হয়। কয়লার সলে স্বল্পমাা রলিয়ামাস অলে র ক ল ভি ক্ষয়ককল লিয়ামাল্সর অডকে সংরক্ষে করলি পারলি এমে েি আলি ভি সাইললয় মলি অ স্বল্প সংল্যাজে করললই চলল।

লিয়ামাসলককয়লার সলে সরাসভ্র কপাড়ালো ই উৎপন্ন হলয়উপভি সৃষ্টি হলি পাল্র, যা ককফায়াভ্রংলয়এর অে যগা ি ড়াল্ে ার কল ভি কি ি ভস্মসলাি কাজ করলি।

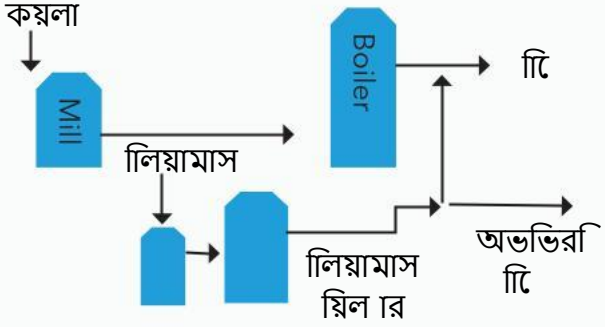
বায়োমাসের গ্যাসে রূপান্তর



ভি ক্ষয় উৎপালে র জে য কাঠে লিয়ামাসলক য াভফায়াল্র ঢুক্কল্য় ভালে ভস য ালস পভ্রা করা হয়।

য়িলাল্র সরাসভ্র লিয়ামাস ে কওয়ায় ভপভি কলম লি এজে যআলা একটি য াভফায়ার যযি করলি হয়, কযপভ্রা তি সং ালর লিড় যিয়।

সমান্তরাল কো-ফায়ারিং



ভি একটি য়িলাল্র লিয়ামাস প্রক্রিয়াজা কলরও পযুদ্ভয় গি উৎপন্ন করা হয়, গি রপর কস্টলককয়লাভি ক ককল ভি ক্ষয়উৎপালে ি যি হার করা হয়।

এই য যি যি হালরককফায়াভ্রংল্য় আরও কভিশ্মা য় লিয়ায় াস যি হার করা যালি, ক্ত অভভিরি অকিাঠালম ভ মাতেলয়াজ ে পড়ায় এটটকশি খ লচ যিপার হলয় ড়ালি। এই ধরলরে পভ্রা মাজতে আলে সৌ ক্তো, গি ভি ক্ষমাে কক্কললা র কেশার ওপরও ভি রকরলে।

BloombergNEF

কো-ফায়ারিংয়ের জন্য কয়লাভিত্তিক বিদ্যুৎ কেন্দ্রে পরিবর্তন

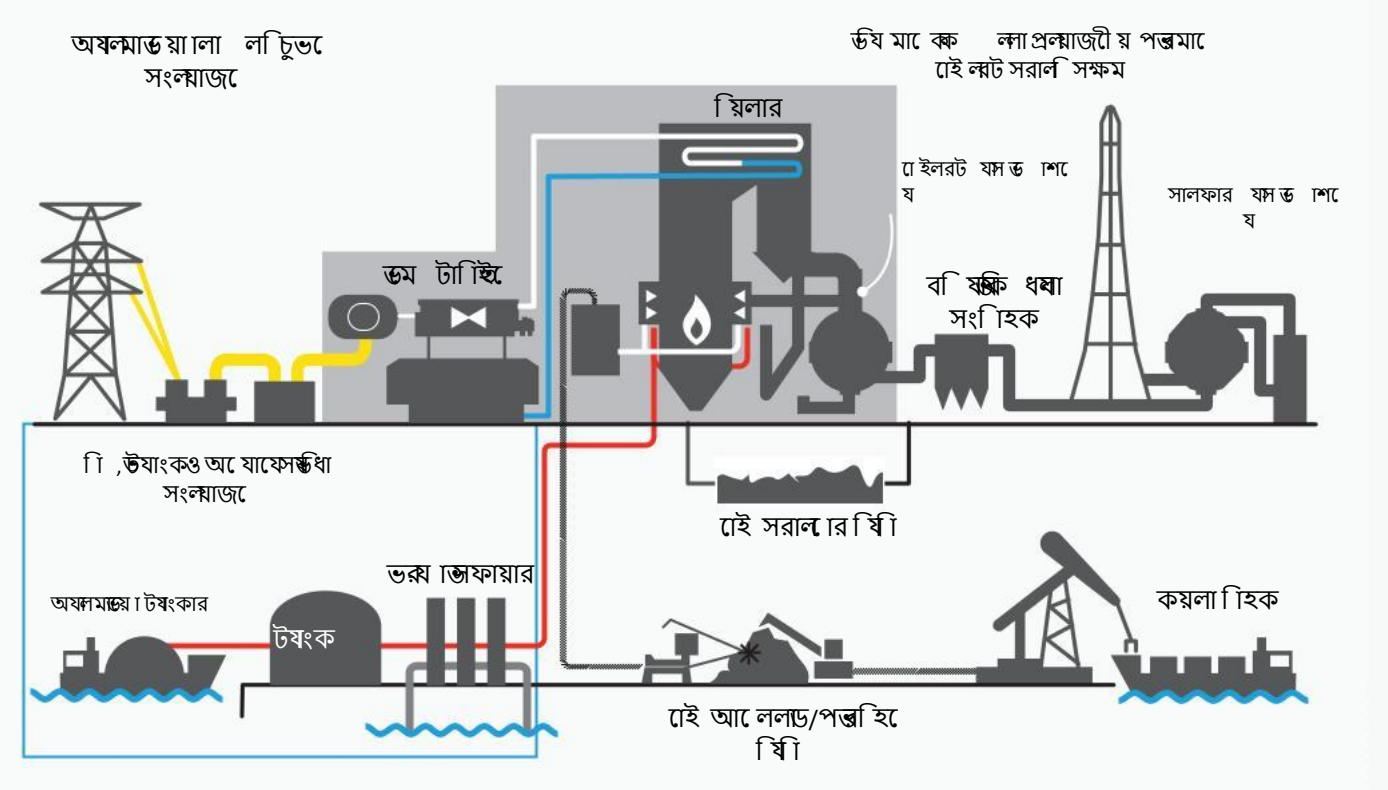
কয়লার সলে অযালমড়য়োককফায়াভর

কয়লার সলে অযালমড়য়া ককফায়াভরংলয়র মালে হল ি ড ষয় উৎপা ল ে ি ি কয়লার একাংশ অযালমড়য়া ো প্রড ভি প ি হওয়া। ল ি আজ পযন্ত, ককালো ি ভিজিফ ড ষয়কক ই শ ি অযেপা ি ২০% এর কচলয় কতি অযালমড়য়া কয়লার সলে ককফায়াভরং (সলে পযড়লায় কলরড ষয়উৎপা লরে পরীক্ষা চালায়ড।

ককফায়াভরংলয়অযালমড়য়ার অে যপাি ি ড়ালারে জে য কয়লা ড ষয়ককলর য়িলালর মালে য়ে জভর । এর সলে অযালমড়য়া সংরক্ষে এি ং ড তিই লরলজে আইড আটকালি অিযিধযক্তে যপাভ ওি লা লি ি যার জযে ড পযলপভরমাে অ ত্তিয় করল ি হল ি।

অযালমড়য়া কপাড়ালারে সময় ককালকোি তেড সরে ো হওয়ায় এলকপ্রায়ই "কলাকি তে াল াড ি লা হয়। কয়লার সলে অযালমড়য়া র ককফায়াভরংলয়কাি তেড সরে হ্রাস কখিাভে কমল ি, ি ড ি ককরল অযালমড়য়া উৎপা লরে প্রয়ি া ও উৎলসরওপর।

ক অযালমড়য়া কহাইলরালজে ক লকউৎপন্ন হয়, ি আলস জীি াল াড ক লকল এ প্রয়ি ায় কাি তেড সর ে কমালরে ি ি ালকো। এই ক অযালমড়য়া যভ ককফায়াভরংলয় ১০০% অযেপা ও ি ি হার করা হয়, লি ও ূষে মে মা কমল ি। এই প্রযি ি লককয়লা ড ষয়কক আজী ি ট্টভকলয় রাখার ককলৌশ লিলওঅলল্কে সমাললচো কলর ।



বায়োমাস ফিডস্টকরে উপযুক্ততা

উপযি ি লিয়ামাস এি ং ভক্তডে ক (কাচামাল) য়ি জাকি রলরে ধরে (কযম - কে ার আকার) ড ষয কককরা কয়লা হে যযি ভে যাযী আলা া হলি পালর।

স ম্ভিাবিতা বিবেচনা

ি লিয়ামাসলক্ক ায়শই ভসর ে ভের লপড ভলিচো করা হয়। অি শযএখেড ষযককল সরি রাহ করা ি লিয়মাস াল াড ের মাে ভলেয় যাচাই-ি াি ই ি ড়ল ; এস ি যাচাই ি াি ইলয়ি াল ভধলে র বয়স্তসহ ি লিয়ামাস াল াড ের উৎলসরাভ য় ও পভরলিশ ভিক খড ভলিয় ক খা হল ি।

রসদ

ক ও অি াল ি ল কয়লার সলে ি লিয়মাস ককম ফায়াভরংলয়র অ নুড ক সাি ি ি আলা া হল পালর। আয়ি ি ভলিচে ায় জী ি াল াড ের কচলয় ি লিয়মালস র শ ঘি কম, কফারলে রস জভ খরচও অলেক হল ি।

কো-ফায়ারিংয়ের জন্য কয়লাভিত্তিক বিদ্যুৎ কেন্দ্রে পরিবর্তন

অ্যামোনিয়া লেবেলিং

কীভাবে হাইড্রোজেন উৎপন্ন হয়েছে তা দ্রুত ও সহজে বোঝাতে, অ্যামোনিয়া শিল্পে গ্রিন বা ব্লু-র মতো লেবেলিং ব্যবহার করা হয়। আলাদা আলাদা উৎপাদন পদ্ধতিতে নির্গত গ্রিনহাউজ গ্যাসের পরিমাণও আলাদা হয়। অ্যামোনিয়ার সবচেয়ে সুপরিচিত লেবেলগুলো হচ্ছে-

গ্রিন (সবুজ)
নবায়নযোগ্য বিদ্যুতের সাহায্যে পানির তড়িৎ বিশ্লেষণে পাওয়া হাইড্রোজেন থেকে উৎপন্ন।

ব্লু (নীল)
মিথেনের স্টিম রিফর্মিং বা কয়লাকে গ্যাসে রূপান্তর করে, কার্বন ধারণ ও সংরক্ষণ প্রক্রিয়ার (সিসিএস) সহায়তায় পাওয়া হাইড্রোজেন থেকে উৎপন্ন।

গ্রে (ধূসর)
কার্বন ধারণ ও সংরক্ষণ প্রক্রিয়া (সিসিএস) ছাড়া মিথেনের স্টিম রিফর্মিং বা কয়লাকে গ্যাসে রূপান্তর করে পাওয়া হাইড্রোজেন থেকে উৎপন্ন- এটাই বর্তমানে সবচেয়ে বেশি প্রচলিত পদ্ধতি। এতে বিপুল পরিমাণ কার্বন ডাই।

কার্বন অপসারণে অ্যামোনিয়ার উপযোগ কোথায় বেশি?

জীবাশ্ম জ্বালানিনির্ভর অ্যামোনিয়ার স্থানচ্যুতি
খাদ্যের উৎপাদন বাড়াতে ব্যবহৃত সার তৈরির মূল উপাদানই হল অ্যামোনিয়া। বিশ্বব্যাপী উৎপাদিত অ্যামোনিয়ার ৮১% ই লাগে সার তৈরিতে। বাকি অংশ ব্যবহৃত হয় অন্যান্য শিল্পে। সার উৎপাদন ও কৃষি খাত থেকে কার্বন অপসারণে গ্রিন অ্যামোনিয়া ব্যবহার করা যেতে পারে, এতে প্রাকৃতিক গ্যাসের দামের ওপর সারের দামের নির্ভরশীলতাও কমবে।

দূষণ কমানো সহজ নয় এমন খাতের কার্বন অপসারণে
সরাসরি বিদ্যুৎ দেওয়া দুঃসাধ্য কিংবা অসম্ভব, এমন ভারী শিল্পখাতে অ্যামোনিয়া ব্যবহার করা যেতে পারে। যেমন জাহাজ ও বিমান চলাচল খাত।

কয়লার সঙ্গে অ্যামোনিয়ার কো-ফায়ারিংয়ের ঝুঁকি ও বিবেচনাসমূহ

জ্বালানি ব্যয়
বিএনইএফের এখনকার হিসাব বলছে, স্বল্প অনুপাতে কো-ফায়ারিংয়ের ক্ষেত্রে কয়লা ও অ্যামোনিয়ার মিলিত জ্বালানি ব্যয়, জ্বালানি হিসেবে কেবল কয়লা ব্যবহারের চেয়ে অনেক বেশি। অ্যামোনিয়া আমদানির ক্ষেত্রে, এর লজিস্টিকাল ব্যয় (জাহাজে পরিবহন, সংরক্ষণ ও রূপান্তর) মোট খরচের ওপর বড় ধরনের প্রভাব ফেলবে। সব মিলিয়ে অ্যামোনিয়া চূড়ান্ত গন্তব্যে পৌঁছাতে এখন যে ব্যয় দাঁড়াচ্ছে, তা হাইড্রোজেনের উৎপাদন ব্যয়ের দ্বিগুণেরও বেশি হতে পারে।

বিদ্যুতের দামে প্রভাব
জ্বালানি ব্যয় বাড়লে বিদ্যুতের দামও বাড়বে, যা উন্নয়নশীল দেশগুলোতে জনগণের ক্রয়ক্ষমতা ও সামর্থ্যকে ঝুঁকির মুখে ফেলবে।

নিঃসরণ হ্রাসের সুফল
আয়তন বিবেচনায় অ্যামোনিয়ার শক্তি ঘনত্ব নিম্ন হওয়ায় উল্লেখযোগ্য মাত্রায় নিঃসরণ হ্রাস কেবল তখনই সম্ভব যখন মিশ্রণে অ্যামোনিয়ার অনুপাত ৫০ শতাংশের বেশি হবে, তা সে গ্রিন বা ব্লু যে অ্যামোনিয়াই হোক না কেন। এই জন্য প্রচুর পরিমাণে অ্যামোনিয়া প্রয়োজন হবে, যা খুবই ব্যয়বহুল।

নিরাপত্তা
অ্যামনিয়া খুবই দাহ্য এবং তাপে বিস্ফোরিত হয়। বিষাক্ততার কারণে অ্যামোনিয়াকে সতর্কতার সঙ্গে সংরক্ষণ করা আবশ্যক। এর অনু মানব স্বাস্থ্যের জন্য বড় হুমকি হয়ে দেখা দিতে পারে। অ্যামোনিয়া অণু পানির সঙ্গে বিক্রিয়া করে অ্যামোনিয়াম হাইড্রোঅক্সাইড তৈরি করে, যা ক্ষয়কারী (দ্রাবক) এবং এর সংস্পর্শে শরীরের কোষের ক্ষতি হয়। গন্ধের কারণে খুব সহজেই অ্যামোনিয়া শনাক্ত করা যায়, স্পর্শে এটি প্রাণঘাতী হয়ে উঠতে পারে।

BloombergNEF

কার্বন ধারণ ও সংরক্ষণ

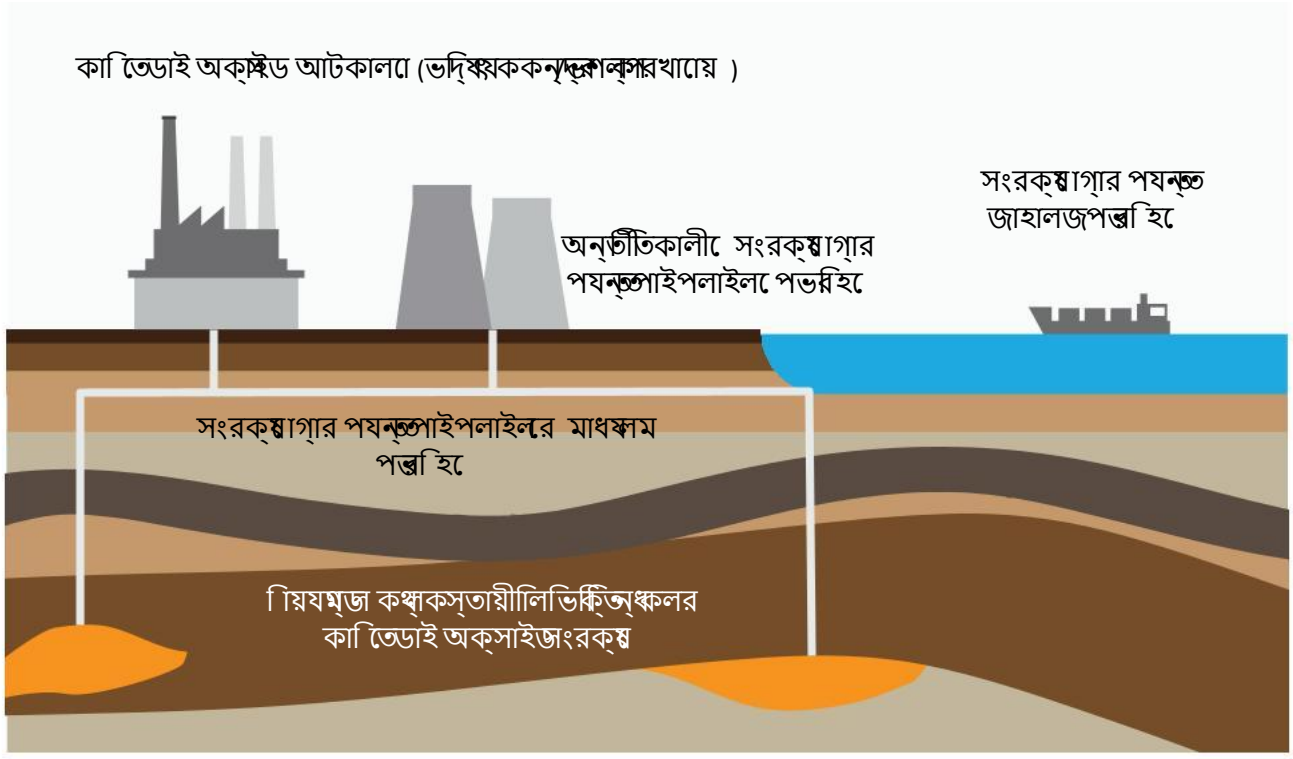
কা তেসংরক্ষা গার কথ্বাকদূরত্বভলিচিে য়ে অলকে া প ভদ্বিষ্যকক ন্দ্রাইভস সএলসরউপলযগ্ী কলরপত্রমাজতে করা অযিন্ত যিয়হি ল হলি পালর এখে কার ভস সএস প্রযযিুলতা ভগে্তিশাি গ্ কা তেআটকালও পালরে।

কা তেধারে ও সংরক্ষলে ককষ্লভ্রিচিসেমূহ

কারিগরি সম্ভাব্যতা
প্রাথ্ভমকবকেশা র ওপর ভত্তি কলরভভমতিভদ্বিষ্যাে পি ভদ্বিষ্যকক ন্দ্রগুলালালি ি ককালেঅংশ সংলষজলে কাত্রগ্ত্র ও অি কাঠালমগ্ি জটলি কথ্বা ভ্রলি পালর এই সীমাি িরি কারলে সি পি ভদ্বিষ্যকক ন্দ্রভস এলসর উপযযি কলরপত্রমাজতে করা আভ্রবলি লাজি কে হলি।

কার্বন সংরক্ষণাগারের প্রাপ্যতা
এই পভি ি িস্তবায়লে েগ্ালার মলধযপূলি তিযি হৃি এি উপযযি গ্ীরি য়ি কলি ি গ্যাস কক্ষত্রভংি কাে পাত্রর অযাক্ষফায়ালর মলি কা তে সংরক্ষাগার থ্াকলি হলি।

কার্যকারিতা
কা তেধারে ও সংরক্ষ পভি ি সাধারে ি উৎপন্নহওয়া কা িরে ৯০% আটকালরে লক্ষযমাত্রভলেয় কাজ কলর লি, ভদ্বিষযমাে পভিলি ি ওই আটকালরে হার ৯০ শি ংলশরও কম।



BloombergNEF

About us

Contact details

Client enquiries:

- Bloomberg Terminal: press <Help> key twice
- Email: support.bnef@bloomberg.net

ক্যারোলিন চুয়া (Caroline Chua)	দক্ষিণপূর্ব এশিয়া বিশ্লেষক
ইশু কিকুমা (Isshu Kikuma)	জাপান বিশ্লেষক
আলি ইজাদি (Ali Izadi)	এপিএসি গবেষণা বিভাগের প্রধান
অমর ব্যাসদেব (Amar Vasdev)	জ্বালানি অর্থনীতি বিশ্লেষক

Copyright

© Bloomberg Finance L.P. 2023. This publication is the copyright of Bloomberg Finance L.P. in connection with BloombergNEF. No portion of this document may be photocopied, reproduced, scanned into an electronic system or transmitted, forwarded or distributed in any way without prior consent of BloombergNEF.

Disclaimer

The BloombergNEF ("BNEF"), service/information is derived from selected public sources. Bloomberg Finance L.P. and its affiliates, in providing the service/information, believe that the information it uses comes from reliable sources, but do not guarantee the accuracy or completeness of this information, which is subject to change without notice, and nothing in this document shall be construed as such a guarantee. The statements in this service/document reflect the current judgment of the authors of the relevant articles or features, and do not necessarily reflect the opinion of Bloomberg Finance L.P., Bloomberg L.P. or any of their affiliates ("Bloomberg"). Bloomberg disclaims any liability arising from use of this document, its contents and/or this service. Nothing herein shall constitute or be construed as an offering of financial instruments or as investment advice or recommendations by Bloomberg of an investment or other strategy (e.g., whether or not to "buy", "sell", or "hold" an investment). The information available through this service is not based on consideration of a subscriber's individual circumstances and should not be considered as information sufficient upon which to base an investment decision. You should determine on your own whether you agree with the content. This service should not be construed as tax or accounting advice or as a service designed to facilitate any subscriber's compliance with its tax, accounting or other legal obligations. Employees involved in this service may hold positions in the companies mentioned in the services/information.

The data included in these materials are for illustrative purposes only. The BLOOMBERG TERMINAL service and Bloomberg data products (the "Services") are owned and distributed by Bloomberg Finance L.P. ("BFLP") except (i) in Argentina, Australia and certain jurisdictions in the Pacific islands, Bermuda, China, India, Japan, Korea and New Zealand, where Bloomberg L.P. and its subsidiaries ("BLP") distribute these products, and (ii) in Singapore and the jurisdictions serviced by Bloomberg's Singapore office, where a subsidiary of BFLP distributes these products. BLP provides BFLP and its subsidiaries with global marketing and operational support and service. Certain features, functions, products and services are available only to sophisticated investors and only where permitted. BFLP, BLP and their affiliates do not guarantee the accuracy of prices or other information in the Services. Nothing in the Services shall constitute or be construed as an offering of financial instruments by BFLP, BLP or their affiliates, or as investment advice or recommendations by BFLP, BLP or their affiliates of an investment strategy or whether or not to "buy", "sell" or "hold" an investment. Information available via the Services should not be considered as information sufficient upon which to base an investment decision. The following are trademarks and service marks of BFLP, a Delaware limited partnership, or its subsidiaries: BLOOMBERG, BLOOMBERG ANYWHERE, BLOOMBERG MARKETS, BLOOMBERG NEWS, BLOOMBERG PROFESSIONAL, BLOOMBERG TERMINAL and BLOOMBERG.COM. Absence of any trademark or service mark from this list does not waive Bloomberg's intellectual property rights in that name, mark or logo. All rights reserved. © 2023 Bloomberg.

Get the app

On IOS + Android
about.bnef.com/mobile

No portion of this document may be reproduced, scanned into an electronic system, distributed, publicly displayed or used as the basis of derivative works without the prior written consent of Bloomberg Finance L.P. For more information on terms of use, please contact sales.bnef@bloomberg.net. Copyright and Disclaimer notice on page 59 applies throughout.