



جمهوری اسلامی ایران
وزارت نیرو

معاونت امور انرژی

بررسی اقتصادی استفاده از زغالسنگ در نیروگاه و صادرات گاز طبیعی

دفتر برنامه‌ریزی انرژی

خرداد ماه ۱۳۸۳

E = ۱-۴۴۴-۴-۹/ب

استفاده از زغالسنگ در نیروگاه و صادرات گاز طبیعی

تنوع حاملهای انرژی در دسترس، از جمله مزیت‌های کشور در بخش انرژی محسوب میشود. تنوع حاملهای انرژی شامل گاز طبیعی، فرآورده‌های نفتی، زغالسنگ و منابع تجدیدپذیر، می‌تواند گزینه‌های مختلفی را به منظور تامین سوخت مورد نیاز نیروگاه‌های برق مطرح نماید.

در این بررسی سعی شده است تا استفاده از نیروگاه بخاری در دو حالت استفاده از سوخت زغالسنگ و صادرات گاز طبیعی و حالت عکس آن یعنی استفاده از سوخت گاز طبیعی و صادرات زغالسنگ مطالعه شود. بدین منظور، محاسبات برای یک نیروگاه نمونه ۱۰۰۰ مگاواتی با ضریب تولید ۶۰ درصد و با فرض سایر مشخصات فنی - اقتصادی مطابق جداول (الف) تا (د) ضمیمه، انجام گرفته است.

محاسبه سود حاصل از صادرات سوخت مصرف نشده:

یک نیروگاه با مشخصات فوق الذکر دارای تولید سالیانه ۵۲۵۶ میلیون کیلووات ساعت برق است و از آنجا که برای تولید هر کیلووات ساعت برق ۰/۴۰۶ کیلوگرم زغالسنگ با ارزش حرارتی 23012 kJ/kg و یا ۰/۲۳۴ مترمکعب گاز طبیعی با ارزش حرارتی 39982 kJ/m^3 مورد نیاز است، لذا سوخت لازم به منظور تولید برق سالیانه نیروگاه مطابق جدول (۱) تعیین می‌گردد.

جدول (۱): تولید برق و سوخت سالیانه مورد نیاز نیروگاه نمونه بخاری

تولید برق	زغالسنگ مورد نیاز	گاز طبیعی مورد نیاز
۵۲۵۶ میلیون کیلووات ساعت	۲۱۳۳/۹۳۶ کیلو تن	۱۲۲۹/۹۰۴ میلیون متر مکعب

بر اساس اطلاعات جدول (۱)، جداول (۲) و (۳)، سود حاصل از صادرات گاز طبیعی مصرف نشده در صورت استفاده از زغالسنگ در نیروگاه و یا سود حاصل از صادرات زغالسنگ مصرف نشده در صورت استفاده از گاز طبیعی در نیروگاه را در دو حالت قیمت صادرات گاز طبیعی ۹ سنت و ۴ سنت نشان می‌دهد.

جدول (۲): سود حاصل از صادرات سوخت مصرف نشده
(قیمت گاز صادراتی ۹ سنت بر متر مکعب)

(میلیارد ریال در سال)

۸۸۵/۵	درآمد حاصل از صادرات گاز طبیعی	گاز طبیعی
۲۴۶	هزینه پرداختی برای مصرف در نیروگاه	
۶۳۹/۵	سود حاصل از صادرات	
۵۹۷/۵	درآمد حاصل از صادرات زغالسنگ	زغالسنگ
۵۹۷/۵	هزینه پرداختی برای مصرف در نیروگاه	
۰	سود حاصل از صادرات	

سود برابر در آمد منهای هزینه است.

جدول (۳): سود حاصل از صادرات سوخت مصرف نشده
(قیمت گاز صادراتی ۴ سنت بر متر مکعب)

(میلیارد ریال در سال)

۳۹۳/۶	درآمد حاصل از صادرات گاز طبیعی	گاز طبیعی
۲۴۶	هزینه پرداختی برای مصرف در نیروگاه	
۱۴۷/۶	سود حاصل از صادرات	
۵۹۷/۵	درآمد حاصل از صادرات زغالسنگ	زغالسنگ
۵۹۷/۵	هزینه پرداختی برای مصرف در نیروگاه	
۰	سود حاصل از صادرات	

سود برابر در آمد منهای هزینه است.

لازم به توضیح است که بدلیل بالا بودن هزینه تولید داخل زغالسنگ که تقریباً برابر قیمت‌های جهانی آن است، سود حاصل از صادرات زغالسنگ صفر منظور شده است.

با توجه به نتایج جداول فوق ملاحظه می گردد که:

(۱) با فرض قیمت صادرات گاز طبیعی ۹ سنت بر متر مکعب:

هزینه‌ای که برای تولید گاز مورد نیاز نیروگاه در طول یک سال پرداخت می گردد، برابر ۲۴۶ میلیارد ریال است که اگر این مقدار را با درآمد حاصل از صادرات گاز طبیعی (در صورت استفاده از زغالسنگ در نیروگاه) یعنی ۸۸۵/۵

میلیارد ریال در سال، مقایسه نماییم، سود سالیانه ۶۳۹/۵ میلیارد ریال حاصل می‌گردد که نه تنها تمام هزینه‌های مربوط به سوخت زغالسنگ مورد نیاز نیروگاه را در هر سال تامین می‌نماید، بلکه مبلغی حدود ۴۲ میلیارد ریال نیز باقی خواهد ماند.

(۲) با فرض قیمت صادرات گاز طبیعی ۴ سنت بر متر مکعب:

هزینه‌ای که برای تولید گاز مورد نیاز نیروگاه در طول یک سال پرداخت می‌گردد، برابر ۲۴۶ میلیارد ریال است که اگر این مقدار را با درآمد حاصل از صادرات گاز طبیعی (در صورت استفاده از زغالسنگ در نیروگاه) یعنی ۳۹۳/۶ میلیارد ریال در سال، مقایسه نماییم، سود سالیانه ۱۴۷/۶ میلیارد ریال حاصل می‌گردد که در این صورت تنها ۲۵ درصد از هزینه‌های مربوط به سوخت زغالسنگ مورد نیاز نیروگاه در هر سال تامین می‌گردد.

اما با توجه به اینکه هزینه‌های لازم برای سرمایه گذاری نیروگاه‌های زغالسوز بیشتر از نیروگاه‌های بخاری با سوخت گاز طبیعی بوده و در نتیجه هزینه تولید برق این نیروگاه‌ها نیز بیشتر است، لذا در این قسمت به مقایسه قیمت‌های تولیدی برق در گزینه های مختلف استفاده از نیروگاه های گازسوز و زغالسوز با یکدیگر پرداخته شده است.

جدول (۴) : هزینه تولید یک واحد برق

(ریال بر کیلووات ساعت)

با احتساب کنترل آلودگی	با احتساب هزینه های اجتماعی	هزینه خالص تولید	مولفه های هزینه					هزینه سوخت	سناریو	نوع نیروگاه
			هزینه کنترل آلودگی	هزینه های اجتماعی	هزینه تعمیر و نگهداری	هزینه استهلاک سرمایه				
						ارزی	ریالی			
۱۷۷/۹	۳۳۵/۹	۱۶۶/۵	۱۱/۳	۱۷۲/۴	۸	۶۹/۰۴	۴۴	۴۶/۸	قیمت گاز طبیعی مصرفی ۲۰۰ ریال بر متر مکعب	بخاری با سوخت گاز طبیعی
۲۰۵/۹	۳۶۶/۹	۱۹۴/۶	۱۱/۳	۱۷۲/۴	۸	۶۹/۰۴	۴۴	۷۴/۸	قیمت گاز طبیعی مصرفی ۳۲۰ ریال بر متر مکعب	بخاری با سوخت گاز طبیعی
۲۹۹/۵	۴۶۰/۵	۲۸۸/۱	۱۱/۳	۱۷۲/۴	۸	۶۹/۰۴	۴۴	۱۶۸/۴	قیمت گاز طبیعی مصرفی ۷۲۰ ریال بر متر مکعب	بخاری با سوخت گاز طبیعی
۲۸۸/۲	*۵۸۹/۵	۲۵۰/۷	۳۷/۴	*۳۳۸/۸	۱۰/۹	۱۱۱/۰۴	۱۶/۹	۱۱۳/۸	قیمت زغالسنگ مصرفی ۲۸۰ ریال بر کیلوگرم	زغالسوز

* بدون در نظر گرفتن CO₂

با توجه به جدول (۴) هزینه های تولید برق یک نیروگاه ۱۰۰۰ مگاواتی در طول یک سال برای نیروگاه های با سوخت گاز و یا با سوخت زغالسنگ مطابق جدول (۵) می باشد.

جدول (۵): هزینه های سالانه تولید برق

کل هزینه تولید برق در یکسال	هزینه تولید یک کیلووات ساعت برق	
۸۷۵/۱ میلیارد ریال	RL/kwh ۱۶۶/۵	نیروگاه با سوخت گاز طبیعی (قیمت گاز ۲۰۰ ریال بر متر مکعب)
۱۰۲۲/۸ میلیارد ریال	RL/kwh ۱۹۴/۶	نیروگاه با سوخت گاز طبیعی (قیمت گاز ۳۲۰ ریال بر متر مکعب)
۱۵۱۴/۲ میلیارد ریال	RL/kwh ۲۸۸/۱	نیروگاه با سوخت گاز طبیعی (قیمت گاز ۷۲۰ ریال بر متر مکعب)
۱۳۱۷/۷ میلیارد ریال	RL/kwh ۲۵۰/۷	نیروگاه با سوخت زغالسنگ

لذا می توان نتیجه گرفت که استفاده از نیروگاه با سوخت گاز طبیعی حتی با در نظر گرفتن قیمت سوخت مصرفی ۲۰۰ ریال و ۳۲۰ ریال بر متر مکعب به ترتیب دارای هزینه ای به میزان ۴۴۲/۶ میلیارد ریال و ۲۹۴/۹ میلیارد ریال کمتر از استفاده از نیروگاه با سوخت زغالسنگ در یکسال است. با توجه به موارد ارائه شده نتایج کلی در جدول (۶) و (۷) نشان داده شده اند.

جدول (۶): مقایسه دو گزینه (با توجه به هزینه های تولید برق و امکان صادرات سوخت)

(میلیارد ریال در سال)

تفاوت	درآمدهای حاصل از صادرات سوخت		مولفه های هزینه		شرح	
			کل	سوخت سرمایه گذاری و بهره برداری		
-۲۷۷/۱	۵۹۸	با فرض قیمت صادراتی ۳۵ دلار بر تن	۸۷۵/۱	۶۲۹/۱	استفاده از نیروگاه با سوخت گاز طبیعی با قیمت ۲۰۰ ریال بر متر مکعب	
-۴۲۴/۱			۱۰۲۲/۱		استفاده از نیروگاه با سوخت گاز طبیعی با قیمت ۳۲۰ ریال بر متر مکعب	
-۹۱۶/۲			۱۵۱۴/۲		استفاده از نیروگاه با سوخت گاز طبیعی با قیمت ۷۲۰ ریال بر متر مکعب	
-۴۳۲/۱	۸۸۵/۵	با فرض قیمت گاز صادراتی ۹ سنت بر متر مکعب	۱۳۱۷/۶	۷۱۹/۶	۵۹۸	استفاده از نیروگاه با سوخت زغالسنگ با قیمت ۲۸۰ ریال بر کیلوگرم

جدول (۷): مقایسه دو گزینه (با توجه به هزینه های تولید برق و امکان صادرات سوخت)

(میلیارد ریال در سال)

تفاوت	درآمدهای حاصل از صادرات سوخت		مولفه های هزینه			شرح
			کل	سرمایه گذاری و بهره برداری	سوخت	
-۲۷۷/۱	۵۹۸	با فرض قیمت زغالسنگ صادراتی ۳۵ دلار بر تن	۸۷۵/۱	۶۲۹/۱	۲۴۶	استفاده از نیروگاه با سوخت گاز طبیعی با قیمت ۲۰۰ ریال بر متر مکعب
-۴۲۴/۱			۱۰۲۲/۱		۳۹۳	استفاده از نیروگاه با سوخت گاز طبیعی با قیمت ۳۲۰ ریال بر متر مکعب
-۹۱۶/۲			۱۵۱۴/۲		۸۸۵	استفاده از نیروگاه با سوخت گاز طبیعی با قیمت ۷۲۰ ریال بر متر مکعب
-۹۲۴	۳۹۳/۶	با فرض قیمت گاز صادراتی ۴ سنت بر متر مکعب	۱۳۱۷/۶	۷۱۹/۶	۵۹۸	استفاده از نیروگاه با سوخت زغالسنگ با قیمت ۲۸۰ ریال بر کیلوگرم

همانگونه که از جداول (۶) و (۷) ملاحظه می گردد، با فرض قیمت صادرات گاز برابر ۹ سنت بر مترمکعب، در حالتی که از نیروگاه های بخاری با سوخت گاز استفاده نماییم، با در نظر گرفتن قیمت گاز مصرفی نیروگاه برابر ۲۰۰، ۳۲۰ و ۷۲۰ ریال بر متر مکعب، هزینه تولید برق در یک سال به ترتیب برابر با ۸۷۵/۱، ۱۰۲۲/۱ و ۱۵۱۴/۲ میلیارد ریال خواهد بود. این در حالی است که درآمد حاصل از صادرات زغالسنگ (به مقداری که برای تامین سوخت نیروگاه برای یک سال مورد نیاز است)، ۵۹۸ میلیارد ریال می باشد. بنابر این در هر یک از سناریوهای قیمت گاز طبیعی مورد استفاده در نیروگاه ها، به ترتیب نیازمند هزینه ای برابر ۲۷۷/۱، ۴۲۴/۱ و ۹۱۶/۲ میلیارد ریال خواهیم بود. با مقایسه اعداد فوق با حالتی که از نیروگاه زغالسوز استفاده می نماییم، ملاحظه می گردد که نیروگاه های زغالسوز تنها در حالتی که قیمت سوخت نیروگاه های بخاری گاز سوز، ۷۲۰ ریال بر مترمکعب باشد توجیه پذیر است. و در سایر موارد اولویت با نیروگاه های گاز سوز است. این مقایسه در حالتی که قیمت صادرات گاز برابر ۴ سنت بر متر مکعب باشد، در تمام موارد به نفع نیروگاه های بخاری گاز سوز است.

بنابراین ملاحظه می گردد که اگر قیمت سوخت تحویلی به نیروگاه ها را قیمت های با یارانه (۲۲/۴ ریال بر متر مکعب در سال ۸۱) در نظر بگیریم، استفاده از نیروگاه های بخاری گازسوز دارای ارجحیت است.

همچنین استفاده از نیروگاه‌های با سوخت زغالسنگ با راندمان ۳۳ درصد نیز در مقایسه با نیروگاه‌های بخاری با سوخت گاز طبیعی (با توجه به مفروضات در این گزارش) به غیر از حالتی که قیمت گاز مصرفی نیروگاهها، ۷۲۰ ریال بر متر مکعب و قیمت گاز صادراتی ۹ سنت باشد، دارای ارجحیت است.

اما اگر نرخ تنزیل در نظر گرفته شده را (۱۶ درصد ریالی و ۸ درصد ارزی) تغییر یابد (۱۲ درصد ریالی و ۵ درصد ارزی)، همچنین به جای در نظر گرفتن "درآمد حاصل از صادرات سوخت" در محاسبات، "سود حاصل از صادرات سوخت" را در نظر بگیریم نتایج متفاوت خواهد بود.

به طور کلی می‌توان نتایج بدست آمده از این گزارش را به شرح زیر خلاصه نمود:

حدافل قیمت گازی که باید به نیروگاه داده شود تا نیروگاه زغالسوز توجیه پذیر باشد (ریال بر متر مکعب)	نرخ تنزیل (درصد)		قیمت صادرات گاز (سنت بر متر مکعب)	
	ارزی	ریالی		
۳۲۶	۸	۱۶	۹	با در نظر گرفتن درآمد حاصل از صادرات سوخت
۳۰۶/۷	۵	۱۲		
۷۲۵/۹۹	۸	۱۶	۴	با در نظر گرفتن سود حاصل از صادرات سوخت
۷۰۶/۶	۵	۱۲		
۳۹/۸	۸	۱۶	۹	با در نظر گرفتن سود حاصل از صادرات سوخت
۲۰/۴۸	۵	۱۲		
۴۳۹/۸	۸	۱۶	۴	با در نظر گرفتن سود حاصل از صادرات سوخت
۴۲۰/۴	۵	۱۲		

Moghadami-83 *30/3/83

$$E = 1 - 444 - 4/9 - 9/b$$

ضمیمه :

مفروضات فنی - اقتصادی

جدول (الف): سرمایه بری و مشخصات فن آوری نیروگاه ها

ارزش اسقاطی (درصد)	بازده (درصد)	هزینه کنترل آلودگی			هزینه تعمیر و نگهداری پرسنی			ضریب واحد (درصد)	مدت زمان ساخت (سال)	عمر مفید (سال)	ارزش حرارتی سوخت	سرمایه گذاری اولیه		نوع نیروگاه		
		متغیر		ثابت		ثابت						ریالی	ریالی		ریالی	ریالی
		R/KWH	C/KWH	ازری	ریالی	R/KWH	C/KWH									
۲۰	۳۸/۵	-	-	۱۲/۵	۱/۴۱	۰/۱۰۱۸۸	۰/۵۹	۰/۵۹	۳۰	۳۹۹۸۲ KJ/LIT	۱۰۳۸/۲۸۰	۳۳۵	بخاری با سوخت گاز طبیعی			
۲۰	۳۸/۵	-	-	۲۵	۰/۹۵	۰/۰۴	۰/۵۹	۰/۵۹	۳۰	۳۳۰۱۲ KJ/KG	۴۰۰	۷۰۰	زغالسوز			

جدول (ب): قیمت سوخت

گاز طبیعی	زغالسنگ	نوع سوخت
۲۰۰ ریال بر متر مکعب	۲۸۰۰۰۰ ریال بر تن	هزینه تمام شده تولید سوخت در کشور
۹ سنت بر متر مکعب	۳۵ دلار بر تن	قیمت سوخت صادراتی

جدول (ج): نرخ تنزیل

ارزی	ریالی
۸ درصد	۱۶ درصد

جدول (د): نرخ تبدیل ارز

۸۰۰۰ ریال بر دلار آمریکا	نرخ تبدیل ارز
--------------------------	---------------

