

# بررسی هزینه انرژی مصرفی برق در یک کارخانه سیمان

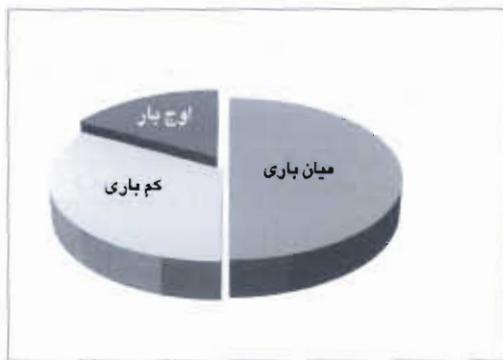
مهندس نظام ضمامی املشی<sup>۱</sup>  
مهندس سعید افشاری بهبهانی زاده<sup>۲</sup>

ولت شهرک صنعتی ساوه به طول ۴۵ کیلومتر پست ۶۳ کیلوولت  
کارخانه را تغذیه می کند.

کارخانه سیمان خاکستری ساوه با دو خط تولید هر کدام با  
ظرفیت تولید ۳۶۰۰ تن کلینکر در روز دارای یک دپارتمان سنگ  
شکن و یک سالن خاک مشترک برای دو خط تولید و سه آسیاب  
سیمان هر کدام با قدرت مصرفی ۶ مگاوات در مجموع دارای توان  
نصب شده مصرفی در حدود ۴۰ مگاوات می باشد.

برای آشنائی با روش محاسبات انجام شده توجه به موارد زیر  
ضروری است:

بهای مصرف انرژی برق در ساعات شبانه روز و ساعات اوج  
بار جمعه



نمودار (۱) منحنی نسبت زمانی انواع تعرفه ها در طول شبانه روز

در سال های اخیر مسئله انرژی و مدیریت مصرف آن اهمیت  
بیشتری یافته است و هزینه ناشی از مصرف انرژی به عنوان یکی از  
بزرگترین هزینه های تولیدات صنعتی محسوب شده و بار مالی  
سنگینی را به تولیدکنندگان صنعتی تحمیل می کند. بنابراین  
مدیریت و کاهش هزینه های انرژی، محصول تولیدی را ارزان تر و  
در بازار رقابتی موفق تر می سازد. با توجه به برنامه های دولت برای  
افزایش قیمت حامل های انرژی در آینده نزدیک، لزوم بازنگری در  
مدیریت کاربردی انرژی به صورت روز افزونی افزایش می یابد.  
انرژی به دو صورت، مصرف سوخت فسیلی و مصرف انرژی  
الکتریکی در کارخانجات سیمان مطرح می باشد که در اینجا به  
بررسی هزینه مصرف انرژی الکتریکی بعنوان یک Case Study  
پرداخته می شود و توجه خوانندگان محترم را به این نکته معطوف  
می داریم که مدیریت هزینه برق مصرفی به صورت جداگانه مورد  
بررسی قرار گرفته است و ارتباطی با میزان تولید و Kwh/t ندارد و  
مبنای تحقیق در این مقوله بر اساس وضعیت شبکه قدرت،  
صورت حساب های برق مصرفی ماهانه و رعایت یک برق در مصرف  
کننده های بزرگ در کارخانه سیمان خاکستری ۷۲۰۰ تنی ساوه  
می باشد.

جهت آشنائی بیشتر به معرفی شبکه قدرت کارخانه سیمان  
خاکستری ساوه می پردازیم:

خط انتقال دو مداره قدرت ۶۳ کیلو ولت از پست ۲۳۰/۶۳ کیلو

ساعات میان باری	ساعات اوج بار	ساعات کم باری	بهاء هر KWH به ریال
۱۳۴/۵۱	۴۴۳/۹۶	۳۳۷/۴۱	۳۳/۶۸

جدول (۱) بهای برق مصرفی در تعرفه های مختلف روزانه



### جدول زمانبندی تعرفه های برق

زمانبندی تعرفه های برق	ساعات میان باری	ساعات اوج بار	ساعات کم باری
نیمه اول سال	۷-۱۹	۱۹-۲۳	روز بعد ۷-۲۳
نیمه دوم سال	۵-۱۷	۱۷-۲۱	روز بعد ۵-۲۱

### جدول (۲) زمان انواع تعرفه در دو نیمسال

شاخص مصرف انرژی؛ میانگین قیمت تمام شده انرژی الکتریکی به ازای هر کیلو وات ساعت.  
شاخص مصرف انرژی ماهیانه از رابطه زیر بدست می آید:

صورت پذیرفته است لذا در این زمینه مکاتبات متعددی با مسئولین برق منطقه ای جهت کالیبره دیماند متر و اطمینان از صحت قرائت و ثبت دیماند صورت پذیرفت و جهت اطمینان بیشتر، واحد برق اقدام به مونیتورینگ دیماند در کنترل مرکزی کارخانه نمود از طرفی دیگر مدیریت دقیقی بر روی سوئیچینگ در خطوط انتقال قدرت در پست ۶۳ کیلو ولت کارخانه و استارت غیر همزمان موتورهای با توان بالا اعمال شد.  
جدول زیر وضعیت دیماند مصرفی کارخانه را در سال ۸۷ و هشت ماه نخست سال ۸۸ نشان می دهد:

ماه های سال	دیماند ۸۷	دیماند ۸۸
فروردین	۳۸	۳۴,۶
اردیبهشت	۴۲,۰۱	۴۲,۳
خرداد	۴۱,۰۹	۳۹,۹۵
تیر	۴۱,۹۷	۲۷
مرداد	۳۷,۶	۲۷
شهریور	۳۷,۶۷	۳۵,۴۹
مهر	۴۹,۵۷	۳۹,۱۲
آبان	۳۹,۷۶	۳۸,۳
آذر	۳۹,۷۵	-
دی	۴۰,۱۷	-
بهمن	۴۰,۶	-
اسفند	۴۴,۰۳	-

جدول (۳) وضعیت دیماند مصرفی کارخانه سیمان خاکستری زرنديه

ملخ هزینه انرژی برق ماهیانه	شاخص مصرف انرژی الکتریکی ماهیانه -
کیلووات ساعت انرژی الکتریکی ماهیانه	

با توجه به الزام کاهش هزینه های ناشی از مصرف برق واحد برق و کنترل کارخانه سیمان خاکستری ساوه از ابتدای سال ۸۸ به بررسی دقیق و مدیریت مصرف برق پرداخت و پس از مطالعه وضعیت شبکه قدرت و صورت حساب های برق در سال ۸۷ به این نتیجه رسید که بحث مدیریت هزینه مصرف برق را در دو فاز زیر دنبال نموده و عملیاتی نماید:  
فاز ۱: مدیریت دیماند  
فاز ۲: مدیریت مصرف برق در دیارتمان های با قابلیت مانور در ساعات پیک

۱- فاز (۱) مدیریت دیماند: با بررسی وضعیت شبکه انتقال قدرت و دیماند مصرفی و صورت حساب های برق از ابتدای راه اندازی کارخانه در سال ۸۶ نتیجه گیری شد که دیماند مصرفی بسیار خارج از تعادل، غیر خطی و تقریباً بدون مدیریت دقیقی



بطوریکه در جدول (۳) ملاحظه می‌شود از خرداد ماه سال جاری روند روبه کاهشی وجود داشته است و باید در نقطه بهینه ۳۸ تا ۳۹ مگاوات که توان مصرفی حقیقی با احتساب تلفات خط انتقال می‌باشد، تثبیت شود. با توجه به اینکه بهای دیماند مصرفی در حدود ۲۳۵٪ کل بهای برق ماهیانه را شامل می‌شود مبلغ قابل توجهی می‌باشد.

بطوریکه در جدول (۳) ملاحظه می‌شود در تیر و مرداد سال ۸۸ دیماند ۲۷ مگاوات بوده است که علت آن تعمیرات خطوط تولید در دو ماه ذکر شده می‌باشد و چون کاهش بار با پیش‌بینی قبلی و مکاتبات قبلی با شرکت برق منطقه‌ای صورت پذیرفت لذا مبلغ ۵۹۶۰۸۱۰۰۰ ریال بابت تخفیف ویژه ناشی از مدیریت مصرف در ماه‌های گرم سال شامل گردید علاوه بر اینکه با پیش‌بینی تعمیرات و کاهش مصرف در تابستان ضریب فصل نیز تاثیر کمتری در هزینه برق مصرفی خواهد گذاشت.

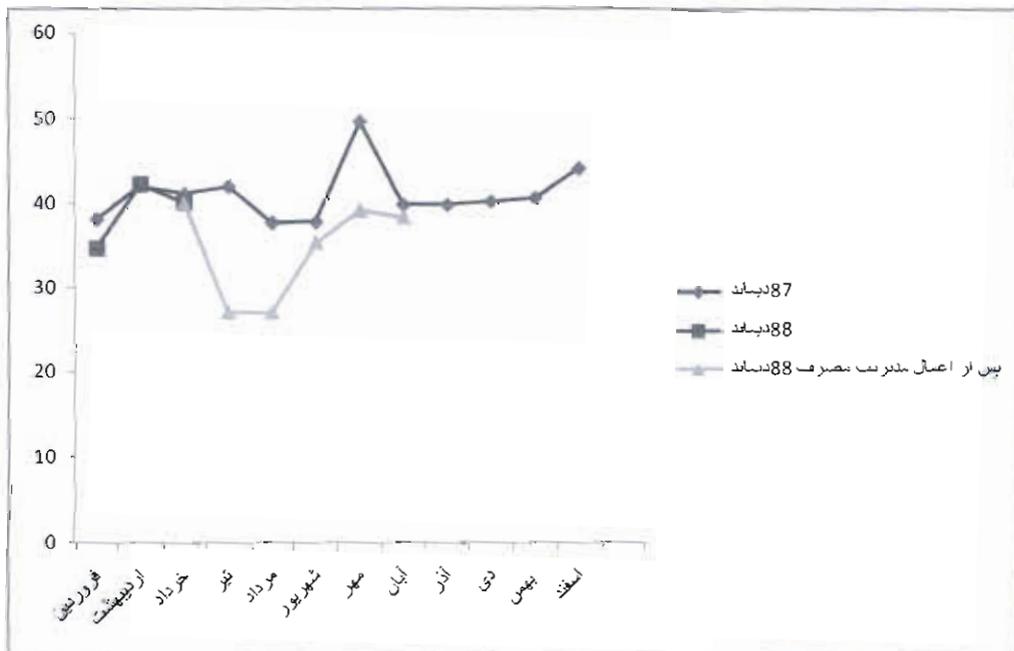
نمودار (۲) وضعیت دیماند مصرفی را پس از مدیریت دیماند نشان می‌دهد:

## ۲- فاز (۲) مدیریت مصرف برق در دیارتمان‌های با قابلیت مانور در ساعات پیک:

در فاز دوم مدیریت هزینه برق، واحد برق و کنترل با شرایط موجود اقدام به مدیریت در دیارتمان‌های دارای قابلیت مانور در ساعات پیک نمود. با توجه به پیوسته بودن پروسس سیمان عملاً مدیریت هزینه مصرف برق در قسمت کوره‌ها غیر ممکن می‌باشد. با توجه به این نمودار تمام تلاش در جهت کاهش تا حد ممکن مصرف در ساعات پیک استوار شد و پس از بررسی در گام اول مدیریت مصرف در آسیاب‌های سیمان به عنوان مناسب‌ترین و منعطف‌ترین بخش مصرف برق که توانی در حدود ۴۰٪ کل توان

مصرفی کارخانه را شامل می‌شود متمرکز گردید و مدیریت مصرف در آسیاب‌های مواد در گام بعدی و پس از رفع مشکلات در برنامه قرار خواهد گرفت.

با برنامه ریزی که از سوی واحد برق ارائه گردید و همکاری واحد تولید، کل بار مصرفی این دیارتمان از ساعت پیک بار بیرون کشیده شد و استارت در ساعات کم باری تاکید



نمودار (۲) وضعیت دیماند مصرفی کارخانه سیمان خاکستری زرنده

### ۳- نتایج ناشی از مدیریت مصرف برق و صرفه جویی ریالی حاصل از آن:

با توجه به محاسبات بالا که شرح آن آمد و با مقایسه شاخص ها و تناظر ماه به ماه میزان صرفه جویی مالی در سال ۸۸ نسبت به ماه های مشابه در سال ۸۷ به شرح زیر می باشد. (به عبارت دیگر اگر در سال ۸۸ بدون مدیریت هزینه انرژی برق مانند سال ۸۷ و با همان شاخص ادامه داده می شد مقدار محاسبه شده در زیر باید تا کنون پرداخت می گردید.)

در مجموع مبلغ ۲۷۹۲۷۵۵۰۴۶ ریال از ابتدای سال ۸۸ تا پایان آبان نسبت به سال ۸۷ صرفه جویی شده است که اگر مبلغ ۵۹۶۰۸۱۰۰۰ ریال را که بابت تخفیف ناشی از مدیریت مصرف در تابستان را به مبلغ بالا بیفزاییم مبلغ ۳۳۸۸۸۳۶۰۴۶ ریال صرفه جویی ریالی صورت پذیرفته است.

و اجرا گردید و در صورت تامین سیمان در سیلوهای سیمان متناسب با خروجی سیمان در بارگیرخانه، استارت آسیاب های سیمان در حداقل زمان میان باری و کل ساعات کم باری مدیریت شد.

با توجه به روابط قبلی، جدول زیر مصرف دوره، بهای انرژی پرداخت شده و شاخص مصرف را در ۱۲ ماه سال ۸۷ نشان می دهد: جدول (۵) نیز موارد جدول (۴) را در ۸ ماه نخست سال ۸۸ نشان می دهد:

● برای درک بهتر نمودارها باید شاخص ها با ماه های مشابه در سال قبل مقایسه شوند.

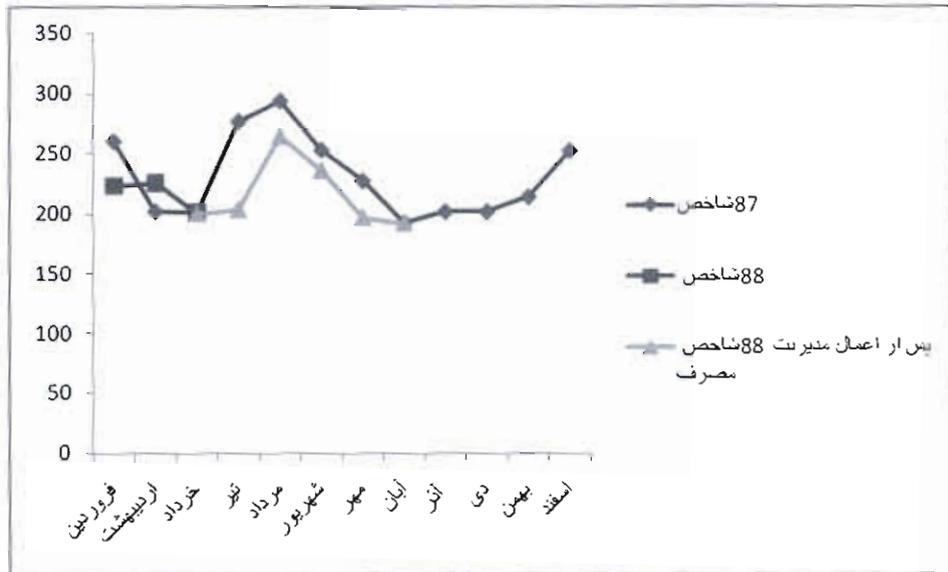
● باید این نکته در نظر گرفته شود که در ماه مرداد ۳۰٪ و در ماه های تیر و شهریور ۱۵٪ به بهای برق به عنوان ضریب فصل اضافه می شود.

مال ۸۷	مصرف دوره (کیلووات ساعت)	بهای انرژی الکتریکی (ریال)	شاخص مصرف انرژی
فروردین	۱۷۵۵۷۷۹۷	۴۵۶۶۵۵۵۸۸۹	۲۶۰/۰۸
اردیبهشت	۲۲۳۹۷۴۳۰	۴۵۲۱۶۱۴۶۸۶	۲۰۱/۸۸
خرداد	۲۲۸۰۸۵۸۰	۴۵۸۰۱۵۹۸۰۰	۲۰۰/۸۰
تیر	۲۲۷۳۵۵۲۰	۶۲۹۳۶۵۵۹۵۶	۲۷۶/۸۲
مرداد	۱۶۳۶۰۵۶۰	۴۸۰۷۵۰۷۶۰۲	۲۹۳/۸۴
شهریور	۲۲۷۹۳۴۷۰	۵۷۵۸۵۵۶۵۲۳	۲۵۲/۶۴
مهر	۱۷۸۵۰۴۱۰	۴۰۵۰۸۹۶۰۱۷	۲۲۶/۹۳
آبان	۲۲۱۲۴۸۱۰	۴۲۵۱۹۷۷۷۹۸	۱۹۲/۱۸
آذر	۲۰۱۹۱۶۵۰	۴۰۶۶۱۰۵۱۶۸	۲۰۱/۳۷
دی	۲۰۵۰۴۲۴۰	۴۱۳۰۳۳۷۳۴۵	۲۰۱/۴۳
بهمن	۱۶۹۶۸۶۳۰	۳۶۲۶۲۳۶۱۶۳	۲۱۳/۷۰
اسفند	۱۸۷۵۸۹۹۰	۴۷۲۹۸۵۷۰۳۲	۲۵۲/۱۳

جدول (۴) بهای انرژی الکتریکی پرداخت شده و شاخص مصرف انرژی (سال ۸۷ سیمان خاکستری)

سال ۸۸	مصرف دوره (کیلووات ساعت)	بهای انرژی الکتریکی (ریال)	شاخص مصرف انرژی
فروردین	۱۲۷۷۱۶۴۰	۲۸۴۴۷۷۲۸۰۲	۲۲۲/۷۴
اردیبهشت	۱۳۴۶۰۰۰۰	۳۰۳۰۲۲۷۶۳۷	۲۲۵/۱۲
خرداد	۱۹۵۴۹۷۴۰	۳۹۱۰۸۵۴۲۰۹	۲۰۰/۰۴
تیر	۲۰۰۴۸۵۰۰	۴۰۷۵۱۰۰۱۴۳	۲۰۳/۲۶
مرداد	۱۰۸۹۶۳۲۰	۲۸۱۱۳۶۰۳۵۷	۲۶۴/۴۳
شهریور	۱۶۲۵۱۲۰۰	۳۸۳۱۲۲۶۸۶۴	۲۳۵/۷۵
مهر	۱۷۷۷۱۲۱۰	۳۴۹۶۱۵۴۶۹۹	۱۹۶/۷۳
آبان	۱۹۳۳۵۹۳۰	۳۷۰۸۰۲۹۸۴۳	۱۹۱/۷۷

جدول (۵) بهای انرژی الکتریکی پرداخت شده و شاخص مصرف انرژی (سال ۸۸ سیمان خاکستری)



نمودار (۳) رفتار شاخص مصرف قبل و بعد از اعمال مدیریت مصرف

مشاهده می‌شود که شاخص‌ها در سال ۸۸ خصوصاً از خرداد ۸۸ کاهش قابل محسوسی را دارند.

ماه‌های سال	بهای انرژی در سال ۸۸ (محاسبه با الگوی سال ۸۷)	بهای انرژی در سال ۸۸ (پرداختی)	میزان کاهش بهای انرژی ناشی از اصلاح شاخص مصرف
فروردین	۳۳۲۱۷۳۸۳۶۳	۲۸۴۴۷۷۲۸۰۲	۴۷۶۹۶۵۵۶۱
اردیبهشت	۲۷۱۷۳۱۷۷۳۱	۳۰۳۰۲۲۷۶۳۷	-۳۱۲۹۰۹۹۰۶
خرداد	۳۹۲۵۷۵۶۵۹۰	۳۹۱۰۸۵۴۲۰۹	۱۴۹۰۲۳۸۱
تیر	۵۵۴۹۸۳۳۹۸۰	۴۰۷۵۱۰۰۱۴۳	۱۴۷۴۷۳۳۸۳۷
مرداد	۳۲۰۱۸۵۵۰۲۴	۲۸۸۱۳۶۰۳۵۷	۳۲۰۴۹۴۶۶۷
شهریور	۴۱۰۵۷۱۳۳۳۶	۳۸۳۱۲۲۶۸۶۴	۲۷۴۴۸۶۴۷۲
مهر	۴۰۳۲۲۸۷۵۴۹	۳۴۹۶۱۵۴۶۹۹	۵۳۶۱۳۲۸۵۰
آبان	۳۷۱۵۹۷۹۰۲۷	۳۷۰۸۰۲۹۸۴۳	۷۹۴۹۱۸۴

جدول (۶) میزان کاهش بهای انرژی الکتریکی ناشی از اصلاح شاخص مصرف

زیرنویس:

- ۱- مدیر برق، کنترل شرکت سیمان ساوه
- ۲- رئیس برق صنعتی شرکت سیمان ساوه